

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİNA DUVARLARINDA UYGULANAN ISI YALITIM  
SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş. Müh. Davut PARALI**

**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**  
**Enstitü Bilim Dalı : YAPI MALZEMESİ**  
**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Kemalettin YILMAZ**

**Haziran 2009**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİNA DUVARLARINDA UYGULANAN ISI YALITIM  
SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

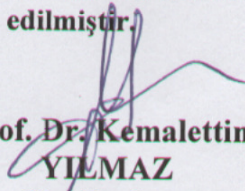
YÜKSEK LİSANS TEZİ

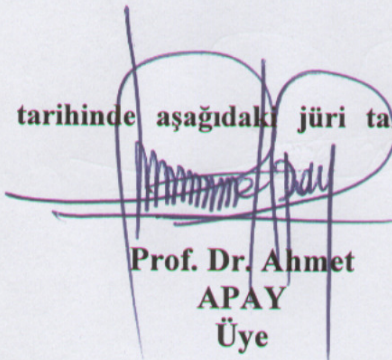
İnş. Müh. Davut PARALI

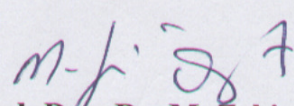
Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI MALZEMESİ

Bu tez 05/06/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

  
Prof. Dr. Kemalettin  
YILMAZ  
Jüri Başkanı

  
Prof. Dr. Ahmet  
APAY  
Üye

  
Yrd. Doç. Dr. M. Zeki  
ÖZYURT  
Üye

## **TEŞEKKÜR**

Yapmıő olduđum yűksek lisans çalıőmasında bana yardımlarımı esirgemeyen; yűksek lisans eđitimi boyunca iő ve okul hayatının birlikte yűrűtűlmesinden dođan sıkıntılarda bana destek olan kıymetli hocam Prof. Dr. Kemalettin YILMAZ'a teőekkűrlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Davut PARALI

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	2
BÖLÜM 2.	
ISI YALITIMI VE ÖNEMİ.....	4
2.1. Isı Yalıtımı.....	4
2.2. Isı Yalıtımının Önemi.....	5
2.3. Türkiyede ve Dünyada Isı Yalıtım Bilinci, Malzeme Kullanım Oranı.....	13
BÖLÜM 3.	
ISI YALITIM MALZEMELERİ.....	17
3.1. Isı Yalıtım Malzemelerinden İstenilen Özellikler.....	17
3.1.1. Basınç mukavemeti ( $\sigma$ ).....	18
3.1.2. Çekme mukavemeti ( $\sigma$ ).....	19
3.1.3. Buhar difüzyon direnci ( $\mu$ ).....	19
3.1.4. Su ve nemden etkilenmezlik.....	19



3.1.5. Yanmazlık ve alev geçirmezlik.....	20
3.1.6. Birim hacim ağırlıkları ( $\rho$ ).....	20
3.1.7. Isı tutuculuk.....	20
3.1.8. Sıva tutuculuk.....	20
3.1.9. Kimyasal etkenlere dayanıklılık.....	20
3.1.10. Boyutsal kararlılık.....	21
3.1.11. İşlenebilirlik.....	21
3.1.12. Kokusuzluk.....	21
3.1.13. İnsan sağlığına ve çevreye zararlı Olmaması.....	21
3.1.14. Uzun ömürlü olması.....	22
3.1.15. Parazitleri barındırmama ve parazitlere karşı dayanıklılık....	22
3.1.16. Ekonomiklik.....	22
3.2. Isı Yalıtım Malzemesi Çeşitleri ve Sınıflandırılması.....	22
3.2.1. Pamuk keçeleri.....	25
3.2.2. Odun lifi levhaları.....	25
3.2.3. Mantar ısı yalıtım levhaları.....	27
3.2.4. Cam yünü.....	28
3.2.5. Taş yünü.....	32
3.2.6. Seramik yünü.....	36
3.2.7. Cam köpüğü.....	36
3.2.8. Isı yalıtım tuğlaları.....	37
3.2.9. Hafif beton elemanlar.....	38
3.2.10. Poliüretan köpük.....	41
3.2.11. Genleştirilmiş polistren (EPS).....	44
3.2.12. Ekstrüde polistren köpük (XPS).....	49
3.2.13. Fenol köpüğü.....	53
3.3. Isı Yalıtımda Kullanılan Yardımcı Malzemeler.....	54
3.3.1. Yapıştırıcılar.....	54
3.3.2. Dübeller.....	55
3.3.3. Sıva donatı filesi.....	57
3.3.4. Yalıtım levhası sıvası.....	57
3.3.5. Köşe profili.....	58
3.3.6. Subasman profili.....	59

3.3.7. Son kat dekoratif kaplama.....	60
<b>BÖLÜM 4.</b>	
<b>BİNA DUVARLARINDA UYGULANAN ISI YALITIM SİSTEMLERİ....</b>	<b>61</b>
4.1. Duvarlardaki Isı Kayıplarına Genel Bakış.....	61
4.2. Duvarlarda Isı Yalıtımı.....	63
4.2.1. Duvarlarda dıştan yalıtım uygulaması.....	64
4.2.1.1. Mantolama sistemi.....	65
4.2.1.2. Havalandırılmalı dış duvar yalıtım uygulamaları.....	91
4.2.2. Duvarlarda içten ısı yalıtımı uygulanması.....	93
4.2.2.1. Duvarların içten yalıtımı uygulamalarında dikkat edilecek hususlar.....	98
4.2.3. Dış Duvarlarda ısı yalıtımının içten ve dıştan uygulamalarının karşılaştırılması.....	99
4.2.4. Duvarlarda ortadan ısı yalıtımı uygulanması.....	100
4.2.4.1. Duvarların ortadan yalıtılması (sandviç duvar) uygulamasında dikkat edilecek hususlar.....	106
4.2.5. Toprak altı dış duvar ve subasman yalıtımı.....	107
<b>BÖLÜM 5.</b>	
<b>ÖRNEK BİR BİNA ÜZERİNDE ISI YALITIM ÇÖZÜMLERİ VE MALİYET ANALİZLERİ.....</b>	<b>110</b>
5.1. Örnek Konut Projesinin Yalıtım Yapılmadan Analiz Edilmesi.....	110
5.2. Örnek Konut Projesinin Duvarlarında Isı Yalıtım Çözümleri.....	111
5.2.1. EPS ile duvarlarda dıştan yalıtım sistemi ve maliyeti.....	112
5.2.2. XPS ile duvarlarda dıştan yalıtım sistemi ve maliyeti.....	114
5.2.3. Gaz betonla duvarlarda yalıtım sistemi ve maliyeti.....	115
5.3. Isı Yalıtım Sistemlerinin Maliyet Analizlerinin Karşılaştırılması...	117
<b>BÖLÜM 6.</b>	
<b>SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>119</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>122</b>

EKLER.....	124
ÖZGEÇMİŞ.....	244

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

W	: Watt
K	: Kelvin
h	: Entalpi
$\mu$	: Buhar Geçirgenlik Direnci
$\lambda$	: Isı İletim Katsayısı
$\rho$	: Yoğunluk
EURIMA	: Avrupa Mineral ve Yün Yalıtım Malzemeleri Üreticileri Birliği
KEP	: Kilogram Petrol Eşdeğeri
ISO	: Uluslararası Standartlar Birliği
CEN	: Avrupa Norm Sertifikasyonu
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Sektörlere Göre Enerji Tüketimi.....	5
Şekil 2.2.	Binalarda Isı Kayıpları.....	11
Şekil 2.3.	Yalıtımsız Bir Binada Isı Kayıpları.....	12
Şekil 3.1.	Pamuk Keçeleri.....	25
Şekil 3.2.	Odun Lifi Levhaları.....	26
Şekil 3.3.	Mantar Isı Yalıtım Levhaları.....	27
Şekil 3.4.	Şilte Halinde Cam Yünü .....	32
Şekil 3.5.	Camtülü Kaplı Taşyünü Levha ve Bağlayıcısız Taşyünü Elyafı.....	34
Şekil 3.6.	Seramik Yünü.....	36
Şekil 3.7.	Cam Köpüğü.....	37
Şekil 3.8.	İzotuğla.....	38
Şekil 3.9.	Çeşitli Boyutlarda Gazbeton Blokları.....	39
Şekil 3.10.	Bims Betondan Yapılmış Tuğla.....	40
Şekil 3.11.	Köpük ve Levha Halinde Üretilmiş Poliüretan Ürünler.....	42
Şekil 3.12.	Aerosol Şeklinde Poliüretan Köpükler.....	42
Şekil 3.13.	Poliüretan Köpüğünün Dış Çeperlerinin Kaplanması.....	42
Şekil 3.14.	EPS'nin Yoğunluğa Göre Isı İletkenliği.....	46
Şekil 3.15.	EPS'nin Yoğunluklarına Göre Su Alma Yüzdeleri.....	47
Şekil 3.16.	EPS'nin Uygulama Şekli.....	49
Şekil 3.17.	Levhalar Halinde Üretilmiş XPS Ürünler.....	49
Şekil 3.18.	Isı Yalıtım Levhalarının Yapıştırılmasında Kullanılan Yapıştırma Harcı.....	54
Şekil 3.19.	Dübelleme İşleminde Kullanılan Havşa Başları.....	55
Şekil 3.20.	Uygulama Yüzeylerine Göre Dübel Çeşitleri.....	56
Şekil 3.21.	Donatı Filesi.....	57

Şekil 3.22.	Isı Yalıtım Levhalarının Dış Katmanına Uygulanan Sıva Harcı...	58
Şekil 3.23.	Isı Yalıtımında Kullanılan Profil Çeşitleri.....	59
Şekil 3.24.	Su Basman Profili.....	60
Şekil 4.1.	Binalarda Isı Kaybının Yaşandığı ve Isı Yalıtımın Yapılması Gereken Bölgeler.....	61
Şekil 4.2.	Dış Yalıtımı Yapılmamış Duvar.....	62
Şekil 4.3.	Dış Yalıtım İşlemi Yapılmış Duvar ( Isı Köprüleri Oluşumu Engellenmiş).....	62
Şekil 4.4.	Yapılarda Isı Köprüleri Kolon-Kiriş-Taban-Tavan Bağlantı Bölgelerinde Oluşur.....	63
Şekil 4.5.	Duvarlarda Isı Yalıtımının Isı Kaybını Engellemedeki Rolü.....	63
Şekil 4.6.	Mantolama Uygulaması .....	65
Şekil 4.7.	Binalarda Mantolama İşlemi ve İşlemi Takip Eden Yüzey Kaplama İşlemi.....	66
Şekil 4.8.	Levha Halindeki Isı Yalıtım Malzemelerin Duvara Uygulanışı....	70
Şekil 4.9.	Dış Cephe Kaplamasının Detayları.....	71
Şekil 4.10.	Başlangıç Profilinin Duvara Uygulanması.....	71
Şekil 4.11.	Yalıtım Levhalarının Profillere Oturtulması.....	72
Şekil 4.12.	Yapıştırıcı Harcın Yalıtım Levhasına Noktasal Olarak Uygulanması.....	73
Şekil 4.13.	Düzgün Yüzeyle Levha Yüzeyine Tırtıklı Mala İle Yapıştırıcı Uygulaması.....	73
Şekil 4.14.	Isı Yalıtım Levhalarının Kapı ve Pencere Bölgelerinde Uygulanması.....	74
Şekil 4.15.	Isı Yalıtım Levhalarının Törpülenmesi.....	75
Şekil 4.16.	Tam Yapışmayı Sağlamak İçin Levha Yüzeylerine Master Uygulaması.....	75
Şekil 4.17.	Delik Delme ve Dübelleme İşlemi.....	76
Şekil 4.18.	Yalıtım Levhalarına Dübel Uygulama Düzenleri.....	78
Şekil 4.19.	Köşe Profillerinin Uygulanması.....	78
Şekil 4.20.	Alüminyum Köşe Profilinin Uygulanması.....	79
Şekil 4.21.	Kendinden Donatı Fileli Köşe Profilinin Uygulanması.....	80
Şekil 4.22.	Profilsiz Köşelerin Oluşturulması.....	80

Şekil 4.23. Donatı Filesinin Pencere Köşesine Yatayla 45 <sup>0</sup> 'lik Açık Yapar Konumunda Uygulanması.....	81
Şekil 4.24. Dilatasyon Profillerinin Uygulanması.....	82
Şekil 4.25. Fuga Profillerinin Uygulanması.....	83
Şekil 4.26. Kapı Üzerine Damlalık Profillerinin Uygulanması.....	83
Şekil 4.27. Isı Yalıtım Levhasının Yüzeyine İlk Kat Sıva Uygulanması.....	84
Şekil 4.28. Donatı Filesinin İlk Sıva Katmanı Üzerine Uygulanması.....	84
Şekil 4.29. İkinci Kat Sıva Uygulanması.....	85
Şekil 4.30. İkinci Kat Yalıtım Sıvası Uygulanması.....	86
Şekil 4.31. Dekoratif Amaçlı Son Kaplama Uygulamaları.....	86
Şekil 4.32. Tuğla Bitirilişli Son Dekoratif Kaplama.....	87
Şekil 4.33. Tuğlaların Arasına Özel Yapıştırıcıların Uygulanması.....	88
Şekil 4.34. Giydirme Cephe Sistemlerde Dıştan Havalandırılmalı Yalıtım Detayı.....	92
Şekil 4.35. Duvarlarda İçten Yalıtım Detayları.....	94
Şekil 4.36. Duvarların İçten Yalıtılması Uygulanması.....	95
Şekil 4.37. Levhalara Yapıştırma Harcının Uygulanması.....	96
Şekil 4.38. Isı Yalıtım Levhalarının Duvar İç Yüzeyine Uygulanması.....	96
Şekil 4.39. Isı Yalıtım Levhasına İlk Kat Sıva Uygulanması.....	97
Şekil 4.40. İçten ve Dıştan Isı Yalıtım Uygulamalarına Ait Detay Resimleri.	100
Şekil 4.41. Duvarlarda Ortadan Isı Yalıtımı Uygulanması ve Detayları.....	101
Şekil 4.42. Subasman Uygulanması.....	107
Şekil 4.43. (a) Toprak Temaslı Beton Perde Duvarlar (Koruma Duvarlı) – (b) Toprak Temaslı Beton Perde Duvarlar (Koruma Duvarsız)...	108
Şekil 4.44. Toprak Altı Dış Duvar ve Subasmanı Yalıtımı.....	108

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Örnek Binanın Yalıtımlı ve Yalıtımsız Durumda Tüketebilecek Yıllık Yaklaşık Yakıt Miktarı ve Maliyeti.....	6
Tablo 2.2.	Örnek Binanın Yalıtımlı ve Yalıtımsız Durumda Olası Hava Kirletici Atık Miktarları.....	6
Tablo 2.3.	Yalıtım Derecelerine Göre Isı İhtiyacı.....	7
Tablo 2.4.	Türkiye’de Birinci Enerji Kaynakları Toplam Üretim ve Tüketimi.....	8
Tablo 2.5.	Konutlardan Çıkan Yıl Bazında Toplam CO <sub>2</sub> Emisyonları.....	9
Tablo 2.6.	Konutlarda Yıllık Enerji Kaybı.....	10
Tablo 2.7.	Duvarlarda Enerji Kaybı.....	10
Tablo 2.8.	Isı Yalıtımının Enerji Tasarrufu Sağlamadaki Önemi.....	14
Tablo 2.9.	Kişi Başına Düşen Enerji Yalıtım Malzemesi.....	15
Tablo 3.1.	Yalıtkanın Yapılışı Ana Maddeye Göre Sınıflandırılması.....	23
Tablo 3.2.	Yalıtkanın İç Yapısına Göre Sınıflandırılması.....	24
Tablo 3.3.	Tahta Lifli Yapı Levhalarının Isı İletim Katsayıları .....	26
Tablo 3.4.	Bakaliteli Camyününün Sıcaklık ve Yoğunluğa Göre Isı İletim Katsayılarının Değişimi.....	29
Tablo 3.5.	Bakalitsiz Camyününün Sıcaklık ve Yoğunluğa Göre Isı İletim Katsayılarının Değişimi.....	29
Tablo 3.6.	Cam Yünü Isı İletkenlik Katsayısının Sıcaklıkla Değişimi.....	30
Tablo 3.7.	Düşük Yoğunluklu Taş Yününün Sıcaklığa ve Yoğunluğa Bağlı Isı İletim Katsayıları Değişimi.....	35
Tablo 3.8.	Yüksek Yoğunluklu Taş Yününün Sıcaklığa ve Yoğunluğa Bağlı Isı İletim Katsayıları.....	35
Tablo 3.9.	Rulo Tipindeki, 160 kg/m <sup>3</sup> Yoğunluktaki Seramik Yününün Sıcaklığa Bağlı Olarak Isı İletim Katsayısının Değişimi.....	36



Tablo 3.10.	EPS'nin Yoğunluğa Göre Buhar Geçirimsizliği.....	47
Tablo 3.11.	Polistrenin Karakteristik Özellikleri.....	48
Tablo 3.12.	XPS 'lerin Yoğunluğa Bağlı Olarak Isıl İletkenlik Katsayıları.....	50
Tablo 3.13.	XPS ve EPS'nin Karşılaştırılması.....	52
Tablo 4.1.	Yalıtım Malzemelerin Yoğunluk ve Isı İletim Katsayıları.....	67
Tablo 4.2.	Bina Yüksekliğine Göre Dübel Uygulama Düzenleri.....	76
Tablo 4.3.	Rüzgar Hızı ve Yerleşim Bölgelerine Göre Levha Üzerine Uygulanacak Dübel Sayıları.....	77
Tablo 5.1.	Örnek Projede Uygulanacak Isı Yalıtım Sistemleri.....	111
Tablo 5.2.	EPS İle Oluşturulan Isı Yalıtım Sisteminin Maliyet Analizi.....	112
Tablo 5.3.	XPS İle Oluşturulan Isı Yalıtım Sisteminin Maliyet Analizi.....	114
Tablo 5.4.	Gaz Beton İle Oluşturulan Isı Yalıtım Sisteminin Maliyet Analizi.....	116
Tablo 5.5.	Örnek Projede Uygulanan Isı Yalıtım Sistemlerinin Kıyaslanması.....	118

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Isı Yalıtımı, Enerji Tasarrufu, Isı Köprüsü

Bu çalışmada; yapılardaki ısı yalıtımında kullanılan ısı yalıtım malzemeleri ve ısı yalıtımının yapılarda uygulanması beş ana bölümde incelenmiştir. İkinci bölümde, ısı yalıtımının yapılar, ülke ekonomisi ve çevre kirliliği bakımından önemi ve gerekliliği incelenmiştir. Buna göre yapılarda ısı yalıtımı yapılması ile binalarda ısıtma veya soğutma amaçlı yakıt sarfiyatı azalacaktır. Bu azalma ile yakıt maliyetlerinde düşme, atmosfere bırakılan zararlı gazlarda azalma meydana gelecektir. Böylece ısı yalıtımının ülke ekonomisine katkısının yanında çevre kirlenmesini de önleyici etkisi de meydana gelecektir.

Üçüncü bölümde ise, ısı yalıtımında kullanılan malzemeler ve özellikleri incelenmiş ve ısı yalıtımında malzeme seçim kriterleri belirtilmiştir. Yapılarda konfor şartlarının artması ve çeşitlenmesi ısı yalıtım malzemelerinin çeşitlenmesini sağlamıştır. Yapılan ısı yalıtımının amacına ulaşması için malzeme seçiminin çok titiz yapılması ve birçok teknik özelliğinin analiz edilmesi, ortama en iyi uyum sağlayacak malzemenin seçilmesi gerekmektedir.

Dördüncü bölümde malzeme seçimine müteakip ısı yalıtım işleminin yapılarda uygulanması konusu incelenmiştir. Yapıyı oluşturan çatı, duvar ve döşemelerde ısı yalıtımı konusu tek tek, resimli detaylarla açıklanmaya çalışılmıştır. Isı yalıtımı yapıyı oluşturan çatı, duvar ve döşeme gibi bölgelere ya tek başına ya da ses/su yalıtımı gibi diğer yalıtım işleri ile beraber uygulanmaktadır. Çatılarda ısı yalıtımının tipini çatının cinsi ve kullanım amacı belirlemektedir. Duvarlarda ise ısı yalıtımında en iyi sonuç alınan uygulama mantolama işlemidir ki bu yöntem ile ısı köprülerinin oluşması önlenmektedir.

Beşinci bölümde ise örnek bir konut ele alınarak farklı ısı yalıtım sistemlerine göre ısı yalıtım ve maliyet analizleri yapılmış; böylelikle ısı yalıtım sistemlerinin kıyaslanması mümkün olmuştur.

# **THE STUDY OF THERMAL INSULATION SYSTEMS APPLIED ON BUILDING WALLS.**

## **SUMMARY**

Keywords: Thermal Insulation, Energy Saving, Heat Bridge

In this study, the thermal insulation materials applied for buildings and applications of thermal insulation for buildings have been searched in five chapters. In the second chapter, the importance and necessity of thermal insulation for buildings, national economy and environmental pollution have been searched and explained. As far as it is concerned, implementation of thermal insulation for buildings will reduce the consumption of fuel, natural gas and electricity etc. for heating and cooling. Hence, the reduction of costs for heating-cooling and decreasing for the harmful exhaust gas that is harmful for nature will be obtained. As a result thermal insulation will contribute to national economy and will help the reduction of environmental pollution.

In the third chapter, the materials used for thermal insulation and their characteristics have been determined as well. In addition, the criterions of evaluation for materials used for thermal insulation have been issued in this chapter. In terms of variation of confort conditions sense, thermal insulation materials is varied as well as. Performing the evaluation for materials fastidiously and analysing their lots of characteristics are must so that thermal insulation could get its aim.

In the fourth chapter following the material evaluation, the application of thermal insulation for buildings has been explained. Furthermore, thermal insulation applied for the components of buildings such as walls, roofs and floors etc. has been illustrated one by one with the help of application figures. The thermal insulation applied for walls, roofs and floors is implemented alone or implemented with the coordination view of water-sound insulation. The kind of application of thermal insulation for roofs is determined by the kind of roofs and their usage style. Thermal coating of buildings is the best technique that best results can be obtain by the means of exterminating heat bridges.

In the fifth chapter thermal isolation techniques and cost analysis was made by taking a sample house; thereby a comparison between discrete thermal isolation systems could be possible.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Bütün dünyada, mevcut birincil enerji kaynaklarının azalması, enerjinin, yüzyılın en büyük savaşlarının bilinçaltındaki neden olması, tüm dünyada mevcut enerji kaynaklarının etkin ve verimli olarak kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Enerjinin adından sıkça söz ettirdiği bu dönemde, ısı izolasyon kavramı ve binaların sahip olmaları gereken ısı yalıtım seviyeleri bir çözüm olmakla birlikte, bir zaruriyet haline gelmiştir.

Isı yalıtımın sonuçları genel anlamda üç boyut olarak karşımıza çıkmaktadır. Birinci boyut, enerji tasarrufu boyutudur. İkinci boyut çevre kirliliğinin engellenmesi boyutu olup, üçüncüsü ise ısı konfordur.

Bu üç boyuttan ayrı ayrı yada birlikte baktığımızda gerek yeni yapılan, gerekse daha önceden yapılmış binalarda ısı yalıtım üzerinde yoğunlaşmak gerekmektedir. Ülkemiz gibi enerji kaynakları açısından dışa bağımlı ve çok sayıda yalıtımsız ya da eksik yalıtımlı binaya sahip bir ülke için, enerjinin etkin kullanımı ve korunumu amacıyla sadece yeni inşaa edilen binalarda yalıtım uygulamaları yeterli değildir. Mevcut binaların da mutlaka bu kapsamda ısı yalıtım açısından değerlendirilerek uygun yalıtım sistemi ile çözüme kavuşturulmalıdır.

Bu çalışmada öncelikle binaların dış duvar yalıtım çalışmalarında, uygun ısı izolasyon malzemesi seçiminin yapılabilmesi için, malzemelerin genel özellikleri anlatılmış ve birbirlerine göre üstün ve eksik yönleri vurgulanmıştır.

Binaların iç hacimlerini dış ortamdaki ayıran elemanlar olan dış duvarlarda karşılaşılan sorunlardan nem problemleri ve sonuçları, ısı yalıtımı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle detaylıca ele alınmıştır. Nem taşınma tipleri arasında olağan koşullarda, sürekli olarak meydana gelen ve en etkili olan buhar



difüzyonudur. Geleneksel yapı ve yapım sistemlerinde kullanılan, homojen ve kalın yığma duvarlarda veya hava ve nem geçişine kolaylıkla izin veren, ahşap iskelet duvarlarda, buhar difüzyonu, hemen hiçbir sorun yaratmamaktadır. Ancak çok katmanlı duvarlarda kullanılan farklı malzemelerin, farklı nem geçirgenlik özelliklerine sahip olmaları nedeni ile taşınan nemin bazı katmanlardan hızlı bir şekilde geçerken, bazı nem geçirgenlik direnci yüksek katmanların önünde birikmesi söz konusu olabilmektedir.

Bundan başka, dış duvar katmanlarında olağan şartlardaki nemin dışında, çevre şartlarının etkisi ile veya tasarım ve uygulama hatalarından ötürü, olağan dışı nem birikimi, yani yoğuşma meydana gelebilmektedir. Bunun sonucunda ise dış duvarın kendisinden beklenen performansı yerine getirememesi ve taşıyıcı elemanlardaki demir donatının korozyona uğrayıp paslanması söz konusu olabilmektedir. Bina yapımı tamamlandıktan sonra, duvarın kendisinden beklenen performansı yerine getirememesi durumunda, bu tür sorunların ortadan kaldırılmasının çok zor, hatta bazı durumlarda olanaksızdır.

Bu nedenle önlemlerin alınması, dış duvarın kendisinden beklenen performansı sürekli olarak yerine getirebilmesi açısından, önemlidir. Tasarım aşamasında, özellikle 20. yüzyıldaki teknolojik gelişmelere koşut olarak üretilen yeni yapı malzemelerinin çeşitliliğinin de etkisiyle, temelde aynı işlevi yerine getirebilecek, bir çok dış kabuk seçeneğinin geliştirilebilmesi olanaklıdır. Seçenekler arasında ısı ve nem ile ilgili performans ölçütleri doğrultusunda, bir değerlendirme yapılarak, en uygun olanın seçilmesi, tasarım sürecinin önemli bir aşamasını oluşturmaktadır.

### **1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı**

Ülkemizde son olarak 1999'dan beri enerji krizi yaşanmaktadır. Yerli kaynaklı enerji üretimimizin tüketimi karşılama oranı ise %30 olup, 2020'de %25'e düşeceği saptanmıştır. 1999 verilerine göre enerji tüketimi dağılımı, %37 sanayi, %32 konut, %23 ulaşım, %5 tarım ve %3 diğer sektörlerinde olmuştur. 1999'da sadece elektrik dış alımına 1,525 milyar USD ödenmiş olup, petrol ile doğalgaz için de yaklaşık 6

milyar USD giderimiz vardır [1]. Bu tablo enerji tasarrufunun önemini ortaya koymaktadır. Konutlardaki enerji sarfiyatının %80'i ısıtma gayesiyle harcanması yanında; sanayide lojmanların, sosyal tesislerin ve idare binalarının ısıtılmaları da göz önüne alındığında ısıtma amaçlı ısı yalıtımı daha da önem kazanmaktadır.

Başta gelişmiş ülkeler olmak üzere, tüm dünyada enerjinin üretimi ve tüketimi sonucunda oluşan çevre kirliliğinin ve enerji tüketiminin azaltılması için bir dizi çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda, ülkemizde de bina ve bileşenlerinin yapım ve uygulama esaslarını içeren birtakım standart ve kurallar çıkartılmıştır. Ancak sürekli gelişen teknoloji koşulu ile yeni ısı yalıtım malzemelerinin geliştirilmesi ve enerjinin giderek daha pahalı hale gelmesi, standartların revizyonunu ve güncellenmesini sürekli kılmaktadır. Son olarak ülkemizde revizyona uğratılıp yenileştirilen TS 825 Isı Yalıtım Standartları ve Yönetmelikleri bu kapsamda yapılan çalışmaların bir sonucu niteliğindedir.

Bu çalışma, enerji tasarrufunun sağlanabilmesi, doğal kaynakların verimli kullanılarak çevre kirliliğinin azaltılabilmesi, ayrıca, yapı konfor koşullarının iyileştirilip, taşıyıcı sistemin ömrünün uzatılabilmesi amacından hareketle, ısı yalıtım malzemeleri özelliklerini ortaya koyan bir çalışmadır.

## **BÖLÜM 2. ISI YALITIMI VE ÖNEMİ**

### **2.1. Isı Yalıtımı**

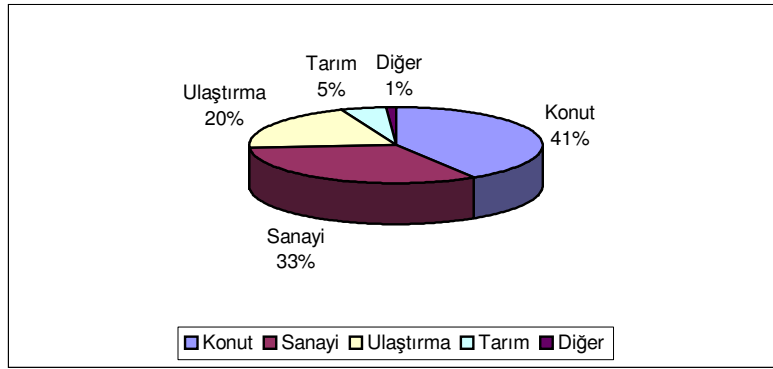
Kapalı mekânların iç sıcaklıklarını istenilen düzeyde tutabilmek, dış iklim koşullarına karşı yapılan ısıtma-soğutma işlemlerinde kullanılan enerjinin tasarrufunu sağlamak, ısı konforu sağlamak ve hava kirliliğini azaltmak için yapılarda alınan her türlü önlemler bütününe ısı yalıtımı denir. Isı yalıtımı; tüm bunların yanında yapıyı dış etkilerden koruyarak durabilitesini arttırmakta ve yapı fiziği şartları da yerine getirildiği için işletme maliyetlerini düşürmektedir [2].

Yapılarda ısı yalıtımı, enerji tasarrufu sağlamak, hava kirliliğini azaltmak, rahat ve konforlu yaşam ortamlarının sağlanması ve ısı kayıplarının yol açacağı olumsuz fiziksel sorunların yaşanmaması için yapılması gereken bir uygulamadır. Binalarda ısı kayıplarının olması gereken düzeyleri TS 825, Bayındırlık Bakanlığı Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliğince belirlenmiş ve bu düzeylere uymak yasal bir zorunluluk sayılmıştır. Malzeme teknolojisindeki hızlı gelişimle birlikte yapıların kalın boyutlu ve ağır malzemelerden, narin-ince boyutlu hafif malzemelere geçişleri hızlanmıştır. Bu geçişin sağladığı birçok yararların yanında yapı fiziği ve ısı yalıtımı konularında daha dikkatli davranma zorunluluğu gündeme gelmiştir. Binaların ısı yalıtımı; yapıların gerek kış aylarında gerekse yaz aylarında maruz kalacağı dış şartları güvenle karşılayabilecek şekilde düşünülmelidir. Binanın ısı etkilerine karşı yalıtılmasındaki bir diğer amaç; yapının zararlı boyutlarda ısı hareketleri ve buhar yoğunlaşması sonucu zaman içinde görülen; don hasarı, nem hasarı, küflenme, bozulma, demir aksamının çürümesi ve korozyonu gibi yapı hasarlarının ortaya çıkmasını önlemektir. Bir başka deyişle ısı yalıtımının amacı; yapının bakım masraflarını sınırlamak, yapının durabilitesini arttırmak, kışın ısıtma, yazın soğutma enerjisinden tasarruf sağlayarak aile ve ulusal ekonomimize katkıda bulunmaktır [2]. Bu nedenle

ısı yalıtımında, ulusal ekonomi ve çevre ilişkisinin ortaya konulması ve rasyonel çözümlere varılabilmesi için ekonomi, fizik, kimya, makine, inşaat, mimarlık vb. bilim dalları ortak bir çalışma içerisinde olmalıdırlar.

## 2.2. Isı Yalıtımının Önemi

Ülkemizin enerjideki dışa bağımlılığı ve enerji fiyatlarındaki yükselişinde göz önünde bulundurulmasıyla, ısı konforunun minimum enerji kullanarak sağlanması büyük bir önem taşımaktadır. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de gelişen teknoloji ve sanayileşme ülkelerin enerji ihtiyaçlarını her geçen gün arttırırken, enerji kaynaklarımız ve enerji üretimimiz azalmaktadır. Türkiye’de üretilen toplam enerjinin kullanım dağılımı aşağıdaki grafikte verilmiştir.



Şekil 2.1. Sektörlere Göre Enerji Tüketimi

Şekil 2.1’de görüldüğü gibi enerji tüketimi sektörlerinin dağılımına bakıldığında % 41’lik pay ile konut sektörü ilk sırayı alır. Bu oranı, % 33 pay ile sanayi sektörü izliyor. Isı yalıtımının, uygulandığı yere ve uygulama tekniğine bağlı olarak, % 85 oranında enerji tasarrufu sağladığı tespit edilmiştir [3]. Konut ve sanayi sektörlerinin toplam % 74 ’lük enerji tüketim payına sahip olduğu düşünüldüğünde, yalnızca bu iki sektör üzerinde ısı yalıtım tedbirleri uygulayarak ülke ekonomisine büyük ölçüde katkı sağlanabilmek mümkündür.

Konunun daha net şekilde anlaşılabilmesi için, İstanbul ve Elazığ’ da 10x12x2.6 m ölçülerinde müstakil ısıtmalı (fuel-oil), duvarlarında toplam 20 m<sup>2</sup> cam yüzey olan

bir bina konu olarak seçilmiş, mevcut ısı yalıtımsız ve yalıtımlı durumun sonuçları alınmıştır [9]. Söz konusu yapıda; 10 cm cam yünü çatı şiltesi çatıya uygulanmış, 5 cm XPS (Ekstrüde Polistren) ısı yalıtım levhası duvarlara içten uygulanmış ve 5 cm XPS ısı yalıtım levhası döşemeye uygulanarak ısı yalıtım işlemi gerçekleştirilmiştir. Isı yalıtım toplam maliyeti Şubat 2006 birim fiyatlarına göre K.D.V., işçilik, nakliye ve malzeme bedeli dahil olmak üzere yaklaşık 7.500 YTL 'dir. Isı yalıtım sonucu sağlanan yakıt tasarrufu ve hava kirletici atıklardaki azalma miktarı hesaplandığında Tablo 2.1 ve Tablo 2.2 'deki sonuçlar elde edilmiştir. Tablo 2.1 ve Tablo 2.2 verilerine göre; bir yılda yaklaşık % 70 yakıt tasarrufu yapılmakta, ısı yalıtımına yapılan yatırım İstanbul 'da 1.5 yılda, Elazığ 'da ise 1 yılda kendini amorti edebilmektedir. (Fuel-oil: 1,500 YTL/Litre - 2006) Hava kirliliğindeki azalma ise % 75 mertebesinde [2]. Tablo 2.1 'de verilen % 70 kazanç, hem enerjisi büyük oranda dışa bağımlı olan ülkemiz için, hem de bina kullanıcıları için küçümsenemeyecek bir rakamdır. Yalıtım için yapılan yatırımlar ise, sağlanan bu tasarrufun yanında önemsiz kalmaktadır. Bu nedenle, ısı yalıtımının önemini ve getirdiği kazançların, toplumun her kesimine çok iyi anlatılması ve bu konuda bilinçli bir toplumun oluşturulmasına çalışılmalıdır.

Tablo 2.1. Örnek Binanın Yalıtımlı ve Yalıtımsız Durumda Tüketebilecek Yıllık Yaklaşık Yakıt Miktarı ve Maliyeti

	YALITIMSIZ		ISI YALITIMLI		BİR YILDAKİ MUHTEMEL TASARRUF	
	İSTANBUL	ELAZIĞ	İSTANBUL	ELAZIĞ	İSTANBUL	ELAZIĞ
Miktar (ton)	3,70	5,60	1,00	1,40	2,70	4,20
Maliyet (YTL/Yıl)	5.500	8.400	1.500	2.100	4.050	6.300

Tablo 2.2. Örnek Binanın Yalıtımlı ve Yalıtımsız Durumda Olası Hava Kirletici Atk Miktarları

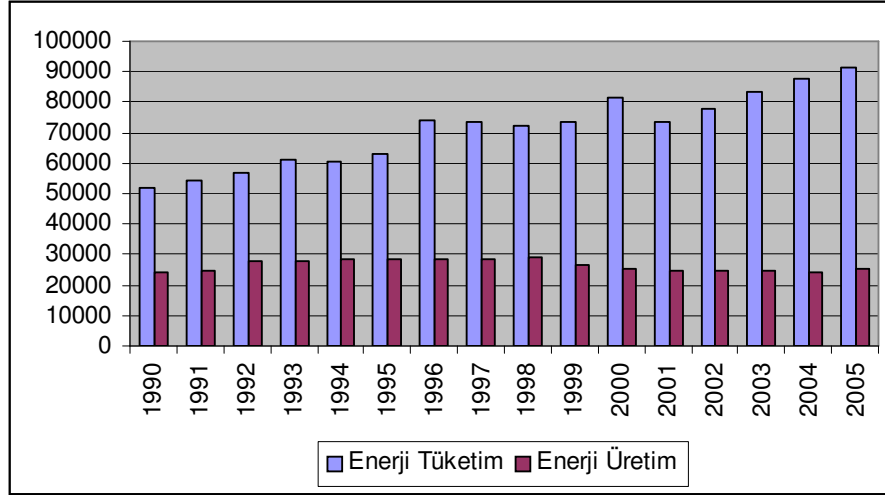
ZARARLI MADDELER	YALITIMSIZ		ISI YALITIMLI	
	İSTANBUL	ELAZIĞ	İSTANBUL	ELAZIĞ
CO <sub>2</sub> Ton/Yıl	11	16,6	2,9	4,1
SO <sub>2</sub> Kg/Yıl	1,8	2,8	0,5	0,7
Nox Kg/Yıl	21	31,9	5,7	7,9
CO Kg/Yıl	7,2	10,9	1,9	2,7
CxHy Kg/Yıl	1,5	2,4	0,4	0,6
Partikül Kg/Yıl	5,3	8	1,4	2

Konu üzerinde yapılan analitik hesaplara göre, iyi bir ısı yalıtımı ile enerji tüketiminden % 70-80 tasarruf sağlamak mümkün görünmektedir. Basit bir ısı yalıtımı durumunda ise bu kazanç yaklaşık % 50 düzeyindedir. Yine iyi bir yalıtım ve enerji yönetimiyle 150 kWh/Yıl olan enerji tüketimi 70 kWh/Yıl 'a düşürülebilir. Bu durum Tablo 2.3' de yalıtım derecelerine göre belirtilmiştir. Tablo 2.3 incelendiğinde binanın yalıtım derecesinin "yetersiz" düzeyden "iyi" düzeye getirilmesi durumunda ısı ihtiyacında % 74.7 gibi oldukça önemli düzeyde bir azalma söz konusudur. Diğer bir deyişle, yalıtım düzeyi yükseldikçe enerji tüketimi azalmakta, yaklaşık % 75 gibi önemli boyutlarda enerji tasarrufu sağlanmaktadır [2]. Tablo 2.4'te yıllara bağlı olarak Türkiye'deki birincil enerji kaynakları toplam üretim ve tüketimini vermektedir. Tablo'dan görüldüğü gibi enerji üretiminin azalmasına karşı enerji tüketimi artmakta, tüketilen enerjiyi karşılamak için üretilen enerji yetersiz kalmaktadır.

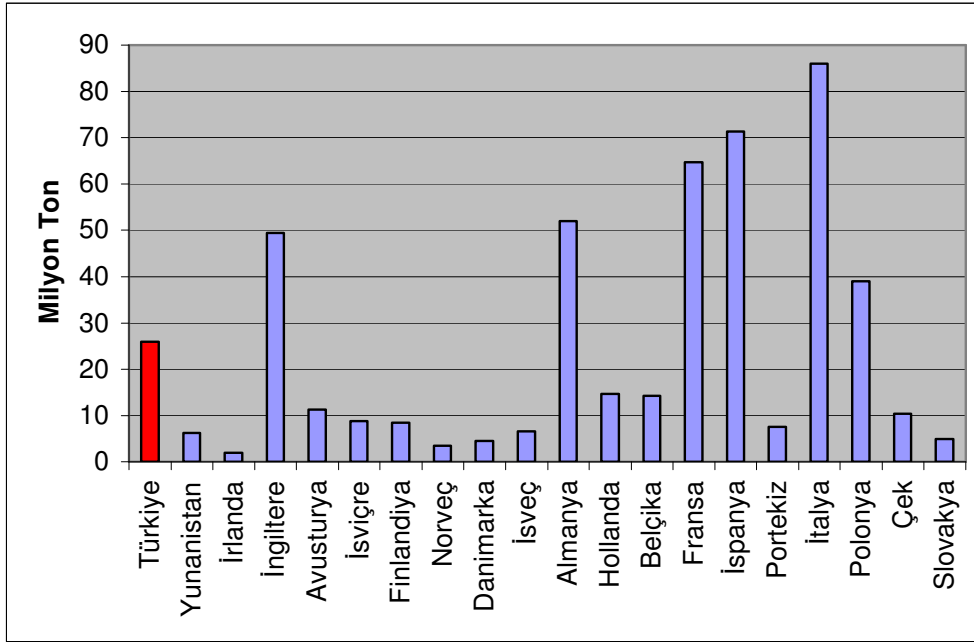
Tablo 2.3. Yalıtım Derecelerine Göre Isı İhtiyacı

YALITIM DERECESESİ	DIŞ KAPILAR VE PENCERELER	ÇATI	DIŞ DUVAR	DÖŞEME	ISI İHTİYACI kWh/YIL
YETERSİZ	Çift Cam	18 cm Beton	30 cm Delikli Tuğla	18 cm Beton	34,79
ORTA	Çift Cam	+5 cm Yalıtım	+5 cm Yalıtım	+5 cm Yalıtım	15,28
İYİ	Üç Cam	15 cm Yalıtım	12 cm Yalıtım	10 cm Yalıtım	8,79

Tablo 2.4. Türkiye’de Birinci Enerji Kaynakları Toplam Üretim ve Tüketimi



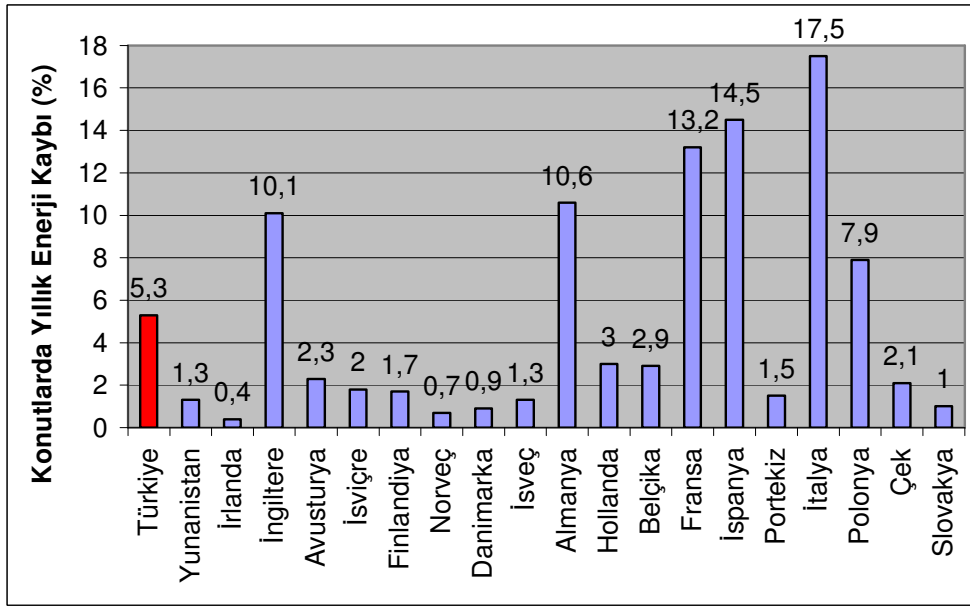
Binalarda enerji gereksiniminin artması, bunun sonucunda binalarda kullanılan tükenbilir enerji kaynaklarının azalması, binalarda enerji korunumunun sağlanmasını ve dolayısıyla ısı yalıtımını gerekli kılmaktadır. Aksi halde karşımıza çıkması olası sorunların başında; yapıların ömürlerinin azalması, havaya bırakılan SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve CO<sub>2</sub> parçacıkları ve diğer emisyonlara bağlı olarak insan sağlığının bozulması ve küresel ısınma, ısı kayıplarına bağlı olarak harcanan yakıt giderlerinin artması gibi sorunlar çıkmaktadır. Yukarıda belirtilen sorunlardan biri olan hava kirliliği ‘Avrupa Mineral Yün Yalıtım Malzemeleri Üreticileri Birliği’ EURIMA tarafından araştırılmış ve konutlardan çıkan yıl bazında toplam CO<sub>2</sub> emisyonlarının miktarları belirlenmiştir (Bkz. Tablo 2.5). Buna göre yapılardaki enerji kullanımının Avrupa’daki CO<sub>2</sub> emisyonlarının ortalama % 40’ına sebep olduğu bilinmektedir. Ülkemizde toplumun küresel ısınma ve iklim değişikliği ya da binalarda ısı yalıtımının çevre için taşıdığı önemi konusunda yeterli bilgisi olmadığı görülmektedir. İnsanların, binalarda yalıtımı geliştirme konusunda gösterecekleri kişisel çabaların CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmak açısından taşıyacağı önemin farkında olmadıkları açıkça ortadadır. Bu nedenle binalarda yalıtım standartlarının yükseltilmesi için yoğun bir çaba gösterilmesi gerekmektedir [4].

Tablo 2.5. Konutlardan Çıkan Yıl Bazında Toplam CO<sub>2</sub> Emisyonları

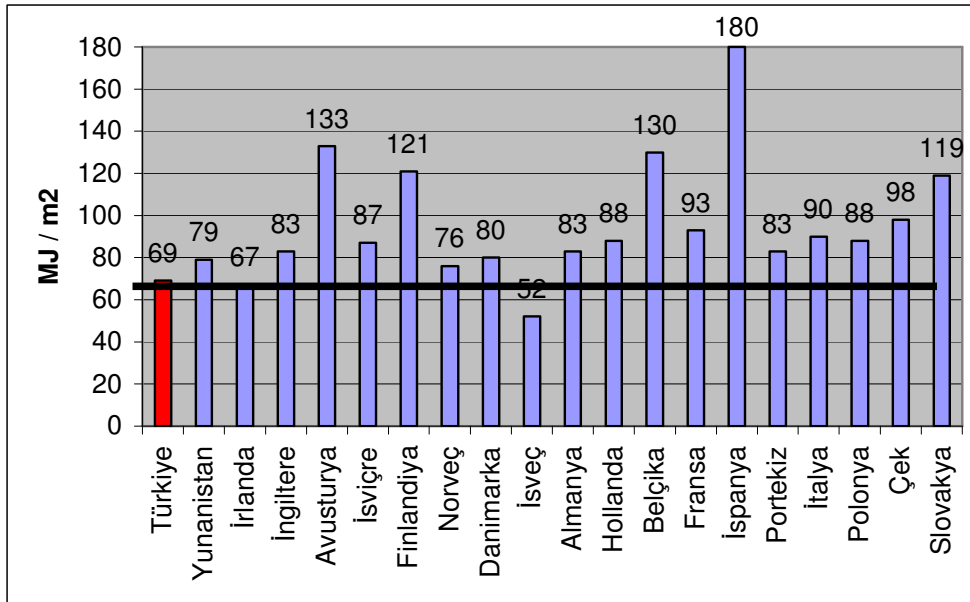
Tablo 2.6’da EURIMA’dan alınan, konut başına düşen yıllık enerji kaybı, Tablo 2.7 ise duvarlardan meydana gelen enerji kaybını vermektedir. Tablo 2.7’de görüldüğü gibi Türkiye’de duvarlardan meydana gelen enerji kaybı tavsiye edilen azami enerji tüketiminin üzerindedir. Yukarıdaki açıklamaların ışığında enerji harcamalarının azaltılması için bina kabuğundan ısı kayıplarının azaltılması zorunludur. Bu nedenle kabukta ısı yalıtımının kullanımı giderek artması beklenmektedir. Türkiye’de 1970 yılında ortaya konulan ve 1998’de revizyon çalışmaları yapılan ısı yalıtım standardının (TS 825) ısıtma enerjisi harcamalarına sınırlama getirdiği bilinmektedir. Bu standart ile kabukta kullanılan ısı yalıtımı ile ısı kayıpları minimize edilerek daha az yakıt enerjisi harcanması çalışılmaktadır.



Tablo 2.6. Konutlarda Yıllık Enerji Kaybı



Tablo 2.7. Duvarlarda Enerji Kaybı



————— Tavsiye edilen azami enerji tüketimi

Yapıların ısıtılma ihtiyaçları insan konforunun etkisinde olduğu gibi coğrafi yapı ve iklim koşullarına da bağlıdır. Buna göre aşağıda Türkiye'nin ve diğer ülkelerin bir ısıtma mevsiminde harcadıkları ortalama yıllık ısı miktarları verilmiştir.

- Tüm İsveç yerleşim birimleri arasında; 20.000–30.000 Kcal / m<sup>2</sup> yıl
- Tüm İngiltere yerleşim birimleri arasında; 20.000–40.000 Kcal / m<sup>2</sup> yıl
- Tüm Almanya yerleşim birimleri arasında; 40.000–60.000 Kcal / m<sup>2</sup> yıl

olurken Türkiye'de;

- Alanya'da 20.475 Kcal / m<sup>2</sup> yıl
- İzmir'de 61.425 Kcal / m<sup>2</sup> yıl
- İstanbul'da 70.200 Kcal / m<sup>2</sup> yıl
- Ankara'da 91.425 Kcal / m<sup>2</sup> yıl
- Kars'da 165.200 Kcal / m<sup>2</sup> yıl'dır.

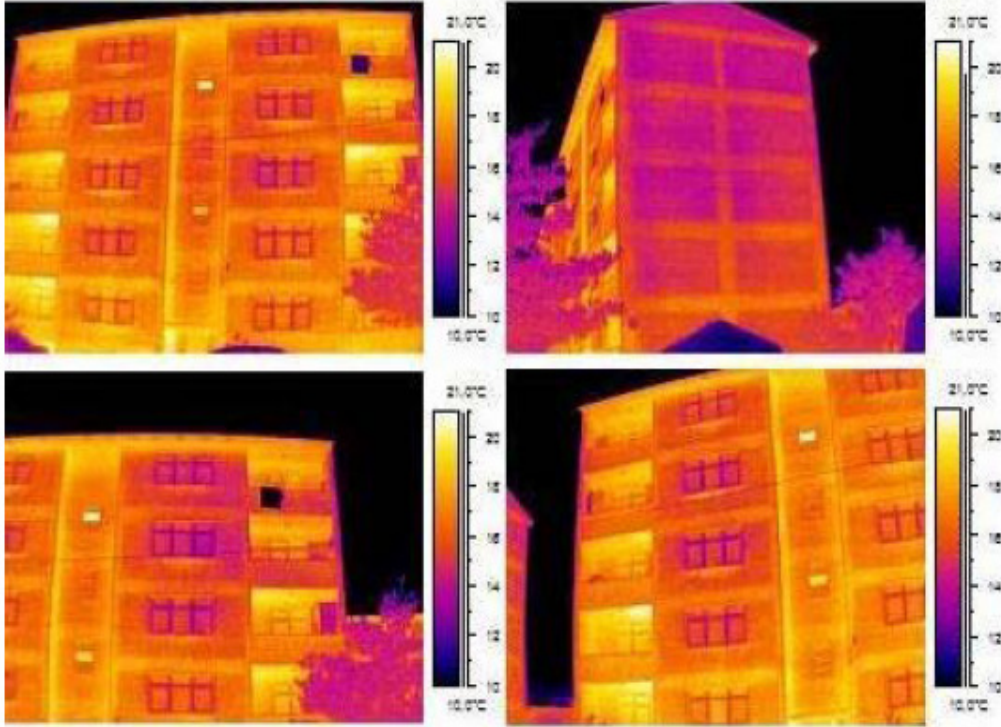
Bilindiği gibi binalar; dış duvarlar, tavanlar, merdivenler, pencereler, ısıtılmayan hacimler üzerindeki döşemeler, zemine oturan döşemeler ve açık geçitler üzerindeki döşemelerden ısı kaybedilmekte ve bu yüzden binaların yakıt tüketimi yükselmektedir. Yapılardaki toplam ısı kayıplarının; % 10'u döşemelerde (temeller), % 10-15'i pencerelerde, % 25'i tavanlarda, % 15-25'i dolgu duvarlarda, % 20-50'si ısı köprülerinde oluşmaktadır (Bkz. Şekil 2.2 – Şekil 2.3 ) [4].



Şekil 2.2. Binalarda Isı Kayıpları

Isı yalıtımı ile ısı kayıplarının önüne geçildiği gibi yapılar; nem, rutubet ve korozyona karşı da korunur. Böylece binada ısı yalıtımı; binanın ömrüne olumlu yönde etki ederek bina ömrünü arttırır. Isı yalıtımı ile binalarda taşıma ve destek görevi gören elemanların iç ve dış yüzeylerinde meydana gelebilecek ısı farklılıklarına bağlı olan termal gerilmelerin önüne geçilir. Bu sayede bu elemanlarda termal gerilmeye bağlı oluşabilecek olası çatlakların oluşması önlenir. Bu durum; ülkemizin deprem kuşağında olması gerçeği göz önüne alınması durumunda dikkat ve hassasiyet gösterilmesi gereken bir konu olarak da karşımıza çıkmaktadır [5].

Bunların yanı sıra ısı yalıtımı, ekonomik avantajlar sunar. Yapı durabilitesine katkı sağlar. Isı yalıtımı için harcanan maliyetler; az yakıt kullanımı sayesinde yapılan tasarruf ile kendini 1–2 sene gibi zaman içerisinde amorti eder.



Şekil 2.3. Yalıtımsız Bir Binada Isı Kayıpları

Sağladığı bu faydalardan dolayı gelişmiş ülkelerde ısı yalıtımı devlet tarafından teşvik edilmekte ve bağlayıcı yönetmeliklerle uygulama sağlanmaktadır. Örneğin Almanya'da, İngiltere'de, Fransa'da ve İsveç'te ısı yalıtımı yaptıracak kişiler, ister

mal sahibi olsun, ister kiracı olsun ısı yalıtımı malzemesi alımı için kredi verilmekte ve uzun vadeler tanınmaktadır. Bu sayede; ülkenin döviz ile alınan enerji ithali azalmakta, kişilerin yakıt masrafı düşmekte ve hava kirliliği de o oranda azalmaktadır [2].

### **2.3. Türkiye’de ve Dünyada Isı Yalıtım Bilinci ve Malzemenin Kullanım Oranı**

Türkiye’de 1970’lerden günümüze kadar ısı korunumuyla ilgili olarak çıkarılmış olan ve yürürlükte bulunan çeşitli yönetmelikler mevcuttur. Bu konudaki ilk çalışma TSE tarafından 1970 yılında çıkarılan TS 825 ‘‘Binalarda Isı Yalıtım Kuralları’’ standardıdır. Isı ve enerji korunumuyla ilgili diğer yönetmelikler arasında, 3 Kasım 1977 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nca çıkarılan ‘‘Isıtma ve Buhar Tesislerinin Yakıt Tüketiminde Ekonomi Sağlaması ve Hava Kirliliğinin Azaltılması Yönetmeliği’’, 30 Ekim 1981 tarihinde Bayındırlık ve İskan Bakanlığı’nca çıkarılan ‘‘Bazı Belediyelerin İmar Yönetmeliklerinde Değişiklik Yapılması ve Bu Yönetmeliklere Yeni Maddeler Eklenmesi Hakkında Yönetmelik’’ ve bu yönetmeliğin 16 Ocak 1985 tarihinde revize edilmiş şekli, 9 Kasım 1984’te Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nca çıkarılan ‘‘Mevcut Binalarda Isı Yalıtımı ile Yakıt Tasarrufu Sağlanması ve Hava Kirliliğinin Azaltılmasına Dair Yönetmelik’’, 11 Kasım 1985’te yine aynı bakanlıkça çıkarılan ‘‘Sanayi Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğinin Arttırılması için Alacakları Önlemler Hakkındaki Yönetmelik’’ sayılabilir.

Türk Standartları Enstitüsü 1998 yılında TS 825 Standardında kapsamlı bir revizyon yapmış ve bu revizyon şekliyle TS 825 Standardını zorunlu standart olarak Bayındırlık ve İskan Bakanlığı’na sunmuştur. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı da teklifi uygun görerek söz konusu standardın zorunlu uygulama kararını 1999 yılında Resmi Gazete’de yayımlamış ve uygulamayı başlatmıştır (Bkz. EK-2). Böylece yapı denetim sisteminin içine dahil edilen bu standart, 2000 yılından bu yana yeni ruhsat alınan ve inşa edilen binalarda uygulanmaktadır [2]. 2000 yılından sonra yapılan yeni binalardan elde edilen enerji tasarrufunun yıllık parasal değeri yaklaşık olarak aşağıdaki Tablo 2.8 ‘de verilmiştir.

Tablo 2.8. Isı Yalıtımının Enerji Tasarrufu Sağlamadaki Önemi

YILLAR	Bina Sayıları	Parasal Tasarruf(\$)
2002(son 6 ay)	49.000	140.000.000
2003	125.000	340.000.000
2004	170.000	470.000.000
2005	220.000	625.000.000
2006(ilk 6 ay)	250.000	720.000.000

Türkiye'nin yalıtım konusunda çok gerilerde olduğu fikrini destekleyecek çok sayıda veri vardır. Devlet İstatistikleri Enstitüsü verilerine göre, Türkiye'de 8 milyon bina vardır ve bu binaların yaklaşık % 60'ı ruhsatsız binalardan oluşmaktadır. Bu binaların % 95'inin güncel standartlara göre yalıtılmadığı tahmin edilmektedir. Yine 2000 yılından sonra yapılan yapılarda tespit edilen standartlarla ısı yalıtımı zorunlu hale getirilmesine rağmen, bu tarihten itibaren yapılan binaların sadece %8'inde kurallara uygun ısı yalıtımı yapıldığı tahmin edilmektedir. Devlet İstatistik Enstitüsü verilerine göre konutların yalnızca % 10'u çatı yalıtımı sistemine ve yalnızca % 9'u çift cam uygulamasına sahiptir [6].

Tablo 2.9. Kişi Başına Düşen Enerji Yalıtım Malzemesi

Bölge	Ülke	Enerji Tüketimi (*KEP*/Kişi)	Isı Yalıtım Malzemesi Tüketimi m <sup>3</sup> /kişi)
Kuzey Avrupa	Finlandiya	3.985	0,66
	İsveç	3.503	0,35
	Danimarka	3.742	0,63
	Norveç	4.748	0,84
Kuzey Amerika	Kanada	6941	0,78
	ABD	6679	0,49
	Almanya	3936	0,40
Orta Avrupa	İsviçre	2656	0,31
	Fransa	2604	0,29
	Avusturya	2813	0,37
	Hollanda	5084	0,24
	Belçika	3892	0,24
	İngiltere	3575	0,18
	İtalya	2499	0,06
Akdeniz Ülkeleri	İspanya	1474	0,06
	Yunanistan	1716	0,05
	Türkiye	782	0,04
	Avustralya	4792	0,17
Tropik Bölgeler	Kuveyt	6434	0,12
	Arjantin	1338	0,02
	Güney Afrika	1971	0,019
	Brezilya	537	0,008

\*KEP: Kilogram Petrol Eşdeğeri

Avrupa ülkeleriyle yapılan kıyaslamalar, Türkiye'nin yalıtım konusundaki vahim durumunu göstermek açısından yararlıdır. Fransa'da yalıtım ürünleri pazarının büyüklüğü 30 milyon m<sup>3</sup> iken, Türkiye'de bu rakam 2,5–3 milyon m<sup>3</sup>'tür. Pazarın

parasal büyüklüğü 300 milyon \$; kişi başına yalıtım tüketimi ise 0,04 m<sup>3</sup>'tür. Avrupa'da kişi başına yalıtım malzemeleri tüketimi 0,4 m<sup>3</sup>'tür. Amerika'da ise 1 m<sup>3</sup> seviyesindedir. Kişi başına ısı yalıtım ürünleri bakımından yapılan kıyaslamada; Almanya'nın Türkiye'ye göre 10 kat, Fransa'nın ise 7 kat daha fazla olduğu görülür (Bkz Tablo 2.9) [4].

Enerji bilânçomuz içinde önemli bir paya sahip olan binalar için harcanan enerjinin korunması, diğer bir deyişle yalıtım konusunda daha çok yapılması gereken işimizin olduğunu görmekteyiz. Binalarımızın ısı yalıtım seviyesini Avrupa standartlarına yükseltmekle ve bunu yürürlükteki TS 825 standardına göre uygulamakla ısıtma giderlerinden aile ve devlet bütçelerinden en az % 50 tasarruf sağlamak, hava kirliliğinde de iyileşme sağlamak mümkün görünmektedir. Bu yoldan sağlanacak tasarruf ile oluşacak fonların, ülke yararına başka yatırımlara yönlendirilebilmesi mümkün olabilecektir.

## **BÖLÜM 3. ISI YALITIM MALZEMELERİ**

Tabiattaki birçok malzemenin birden fazla tanımı olduğu gibi ısı yalıtım malzemelerinin de birden fazla tanımı vardır. En genel anlamıyla ısı yalıtım malzemeleri farklı sıcaklığa sahip iki ortam arasında ısı geçişini azaltmak için yapılan, yalıtım işleminde kullanılan malzemelerdir. Diğer bir tarifile; ısı kayıp ve kazançlarının azaltılmasında kullanılan, yüksek ısı dirence sahip özel malzemelere ısı yalıtım malzemeleri denir [2]. ISO (Uluslar arası Standartlar Örgütü) ve CEN (Avrupa Standardizasyon Komitesi)' ne göz attığımızda ise ısı iletim katsayısı 0,065 W/mK değerinden küçük olan malzemeler ısı yalıtım malzemeleri, diğerleri ise yapı malzemesi olarak kabul edilir [3]. Isı transferine karşı koyarak mevcut ısının uzun süre korunmasını sağlayan düşük ısı iletkenliğine sahip malzemelere ısı yalıtım malzemeleri denir [6].

Isı yalıtım malzemeleri heterojen yapılı kompozit malzemelerdir. Çoğunlukla hava dolu hücreleri saran, katı bir çeperden oluşan bir iskelet şeklindedirler. Bu bünye yapısının doğal sonucu olarak ısı yalıtım malzemeleri hafiftir.

Isı yalıtım malzemeleri, yalıtılacak bölgenin özelliklerine göre seçilir ve imal edilir. Artık yalıtım işleminin evlerden, denizaltılarına, uçaklara, gökdelenlere kadar bir çok alanda uygulandığını ele alırsak bu malzemelerin tasarımı, üretimi ve uygulamasında çok dikkat edilmesi gerekliliği karşımıza çıkar.

### **3.1. Isı Yalıtım Malzemelerinden İstenilen Özellikler**

Isı yalıtım malzemeleri, genellikle havayla dolu hücreleri saran katı bir çeperden oluşan bir iskelet şeklindedir. Isı yalıtım malzemeleri, gerek üretim sürecinin gerekse bu malzemeyi oluşturan ana maddelerin kimyasal bileşimi ve yapısının bir sonucu olarak, ya kapalı ya da açık boşluklu hava/gaz içeren maddelerdir. Bu özellik, buhar



akımı yönünden malzemenin kullanımını etkileyen çok önemli yapısal bir özelliktir. Bilindiği gibi, kapalı gözenekli yalıtkanlar bünyeleri bir süreklilik gösterdiği için hiçbir tür gaz ve buharı geçirmez; buna karşılık açık gözenekliler, bir süreklilik söz konusu olmadığından her türlü gaz ve buharın geçişine açıktır [7].

Isı yalıtım malzemelerinin bünyesinde hava boşluklarının olması, yalıtkanlık değerini artırsa da diğer özelliklerini farklı yönlerde etkileyebilir. Mesela, gözeneklerin çok artması ısı tutuculuk değerini artırmakta, ancak basınç dayanımını azaltmaktadır. Bu nedenle, ısı yalıtım malzemeleri, ısı iletkenlik değerinin küçük olmasının yanı sıra, yapıda kullanmak için gerekli olan niteliklere de sahip olmasıdır. Bu nitelikler, kullanım yerinin koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterir. Ancak ısı yalıtım malzemelerinin seçiminde ve malzeme aranacak özelliklerin belirlenmesinde, kullanım yerindeki geçerli koşulların birinci etmen olduğunu söyleyebiliriz. Isı yalıtım malzemelerinde iyi bir seçim yapabilmenin en önemli şartı, kullanılacak malzemeyi her yönü ile tanımak ve bu malzemenin uygulama özelliklerini iyi bilmektir [2]. Buna göre ısı yalıtım malzemelerinden istenen özellikler şunlardır ( Bkz. EK-4 ).

### **3.1.1. Basınç mukavemeti ( $\sigma$ )**

Isı yalıtım malzemeleri, yalıtım görevlerini yerine getirirken maruz kalacakları basınç gerilmelerine karşı koyabilecek mukavemete sahip olmalıdırlar. Isı yalıtım malzemesinin yeterli basınç mukavemetine sahip olmaması durumunda malzeme, dış ortamdan üzerine etkiyecek kuvvetler karşısında hasara uğrayacak ve kendisinden beklenen görevi yerine getiremeyecektir [8]. Isı yalıtım elemanlarının genellikle plakalar halinde oldukları düşünüldüğünde, özellikle yatay ya da az eğimli yapı elemanlarının oluşturulmasında yeterli basınç mukavemetine sahip ısı yalıtım malzemelerine gereksinim duyulur. Mukavemetin yetersiz olduğu durumda, malzemenin basınç mukavemetini arttırmaya yönelik önlemler alınmalıdır. Düşey yapı elemanlarında ısı yalıtım malzemelerinin kullanılmasında mukavemeti arttırmaya yönelik önlemler almaya ya da yüksek mukavemetli ısı yalıtım malzemesi kullanmaya gerek yoktur [7].

### 3.1.2. Çekme mukavemeti ( $\sigma$ )

Isı yalıtım malzemeleri, yalıtım görevlerini yerine getirirken maruz kalacakları çekme gerilmelerine de karşı koyabilecek mukavemete sahip olmalıdırlar. Isı yalıtım malzemelerinin yalıtıdığı her iki ortama bakan yüzleri arasındaki sıcaklık farklılıkları, ısı yalıtım malzemesinde termal gerilmeler ve çekme gerilmeleri oluşturur. Bu nedenle genişmeye karşı dayanıklılık ve özellikle eğilmeden kaynaklanan çekme gerilmelerinin karşılanabilmesi için ısı yalıtım malzemelerinin yeterli bir çekme dayanımına sahip olması şarttır [8].

### 3.1.3. Buhar difüzyon direnci ( $\mu$ )

Su buharı sıcaklığa ve bağıl neme bağlı olarak, kısmi buhar basıncı yüksek olandan düşük olana doğru ilerler ve ilerlerken de bir direnç ile karşılaşır. Her malzeme, kalınlığına bağlı olarak buhar difüzyonuna karşı koyar. Bu direncin, havanın su buharı difüzyon direncine oranı, su buharı difüzyon direnç katsayısıdır. Malzemenin su buharını tamamen geçirmesi halinde  $\mu=1$ , hiç geçirmemesi halinde ise  $\mu= \infty$  (sonsuz) dur. Buhar difüzyon direnci  $\mu=10.000-100.000$  arasındaki malzemelere de 'buhar kesici' malzeme denir [3]. Buhar direncinin hangi seviyede olacağı ısı yalıtım malzemesinin kullanılacağı yerin koşullarına bağlı olarak belirlenir. Ancak ısı yalıtım malzemelerinde genellikle buhar difüzyon direncinin yüksek olması idealdir [8].

### 3.1.4. Su ve nemden etkilenmezlik

Isı yalıtım malzemelerinin boşluklu bir yapıya sahip olduğunu daha önce belirtmiştik. Bu malzemelerin ıslanmaları durumunda, bünyelerindeki kuru ve hareketsiz hava içeren boşlukları su ile dolacağından, yalıtım görevini yerine getiremez hale gelirler. Isı yalıtım malzemelerinin işlevlerini yerine getirebilmeleri için nemlenmemeleri ve ıslanmamaları gerekmektedir. Bu durumdan kaçınmak için, su emme özelliklerinin hiç olmaması istenir [8].

### 3.1.5. Yanmazlık ve alev geçirmezlik

Isı yalıtım malzemeleri yapılarda genellikle ya açıkta yada birkaç santimetrelik örtü tabakası altında yer almaktadır. Bu durum ısı yalıtım malzemesinin yanmaz olmasını ve yangının yayılmasına neden olmayacak nitelikte olmasını gerektirir. Malzemelerin yancılık özellikleri deneysel olarak Almanya'da DIN 4102, İngiltere'de BD 476 standardı ile belirlenmiştir [19,20]. Isı yalıtım malzemelerinden ileride özelliklerini inceleyeceğimiz, EPS ve XPS gibi yalıtım malzemeleri yangına karşı dayanıklı değilken, taş yünü isimlendirilen malzeme ise yangına karşı oldukça dayanıklıdır.

### 3.1.6. Birim hacim ağırlıkları ( $\rho$ )

Isı yalıtım malzemelerinin boşluklu yapıya sahip olmalarının neticesi olarak birim hacim ağırlıklarının ( yoğunluklarının) düşük olması ( $\rho = 10-1000 \text{ kg/m}^3$ ) beklenir. Malzeme bünyesindeki boşlukların çokluğu, yalıtımı yapan esas etmendir [9]. Dolayısıyla birim hacim ağırlıkları düşük olan malzemelerin ısı yalıtım özelliği, birim hacim ağırlıkları fazla olan malzemelere göre daha iyidir.

### 3.1.7. Isı tutuculuk

Isı yalıtım malzemelerinin temel işlevi olan ısı geçişlerini engellemesi için ısı tutuculuğunun yüksek olması gereklidir.

### 3.1.8. Sıva tutuculuk

Isı yalıtım malzemeleri, kullanılan yerlerde mekanik etkilere açık olmaları ve bitirme malzemeleri olmadıkları için, bu malzemelerinin başka bir malzeme ile korunması gereklidir. Bundan dolayı ısı yalıtım malzemeleri üzerine, kaplama tabakası uygulanır. Uygulamada genellikle sıva tabakası olarak görülen bu kaplama tabakası ile, ısı yalıtım malzemesi kuvvetli bir aderans oluşturmak zorundadır.

### 3.1.9. Kimyasal etkenlere dayanıklılık

Isı yalıtım sistemleri bir anlamda yapının durabilitesini arttırmak için uygulanır. Bu nedenle, ısı yalıtım sistemlerinde kullanılan malzemelerinde durabilitesinin yüksek

olması beklenir. Bütün diğer yapı malzemeleri gibi ısı yalıtım malzemeleri de kimyasal etkilere maruz kalır, ancak ısı yalıtım malzemesinin zamanla niteliğini yitirmemesi ve dayanıklı olması beklenir.

### **3.1.10. Boyutsal kararlılık**

Isı yalıtım malzemeleri, özellikle uygulama sürecinde yoğun dış etkenlere maruz kalmaktadır. Uygulama takviminin yaz aylarında olması, malzemenin güneş ışınlarına maruz kalmasına neden olur. Uygulandıktan sonra ise malzeme, mevsim değişikliklerinde yüksek sıcaklık farklarına maruz kalmaktadır. Isı yalıtım malzemelerinin değişik dış etkenlerde hacim ve şeklini değiştirmemesi beklenir. Islandığı zaman şişen ve üzerine basıldığı zaman ezilen malzeme özelliğini yitirecektir. Bunun yanı sıra üretim sonrası malzeme kullanıma hazır hale geldikten sonra da zaman içinde deformasyona uğramamalıdır.

### **3.1.11. İşlenebilirlik**

Malzemenin istenilen yerde kullanılabilmesi için değişik aletlerle kesilebilmesi, delinebilmesi, çakılabilmesi, yapıştırılabilmesi, oyulabilmesi vb. işlemlerin kolaylıkla yapılabilmesine elverişli olması istenir.

### **3.1.12. Kokusuzluk**

Isı yalıtım malzemelerinde herhangi rahatsız edici bir kokunun, gerek uygulama esnasında, gerekse de uygulamadan sonra olmaması gerekir.

### **3.1.13. İnsan sağlığına ve çevreye zararlı olmaması**

Günümüzde yapılan her uygulamada göz ardı edilmemesi gereken bir konu da insan sağlığı ve çevre korumasıdır. Kullanılan ısı yalıtım malzemeleri genelde insanların yaşam alanlarında kullanıldığından dolayı, ısı yalıtım malzemeleri insan sağlığına tehdit oluşturacak tehlikeli maddeler içermemelidir. Ayrıca ısı yalıtım malzemeleri gerek kullanım sırasında, gerekse de kullanımdan sonra imhaları sırasında doğaya da zarar vermemelidir [8].

### **3.1.14. Uzun ömürlü olması**

Tüm malzemelerin bir ekonomik ömrü vardır. Yapılarda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri kullanıldığı yerin ömrü ile uygun bir ömre sahip olmalıdır. Isı yalıtım malzemesi, ilk yatırım maliyetini çıkarmadan ekonomik ömrünü kesinlikle doldurmamalıdır. Isı yalıtım malzemeleri uzun süreler boyunca görevini yerine getirecek nitelikte olmalı ve çeşitli etmenler karşısında çürümemelidir.

### **3.1.15. Parazitleri barındırmama ve parazitlere karşı dayanıklılık**

Isı yalıtım malzemelerinin gerek türlerine, gerekse de bünye yapılarına bağlı olarak çeşitli hayvan, böcek, parazit vb canlıları barındırmaması ve bunların etkisiyle niteliklerini kaybetmemesi gerekir.

### **3.1.16. Ekonomiklik**

Yapılan bir ısı yalıtım işleminin optimum olabilmesi için en önemli etmen, en az maliyetle en iyi ısı yalıtımını sağlamaktır. Yukarıda sayılan özelliklerin hepsini tek bir ısı yalıtım malzemesinde bulmak pratik olarak zordur. Isı yalıtım malzemesinden istenen özellikler arttıkça, malzemenin fiyatı artmakta buna bağlı olarak da maliyetler yükselmektedir. Ayrıca yapılan bir işlemin mühendislik çalışması olabilmesi için maliyetlerin de göz önüne alınması gerekir. Bu bağlamda ısı yalıtımı yapılacak bölge çok iyi analiz edilmeli, o bölgeden istenen özellikler belirlenmeli bu sayede en iyi ısı yalıtımı en az maliyetle yapılmalıdır [8].

## **3.2. Isı Yalıtım Malzemesi Çeşitleri ve Sınıflandırılması**

Birincil enerji kaynaklarının tükenmesiyle birlikte, enerji fiyatlarındaki artış, yapılardaki yalıtım işlemlerinin büyük önem kazanmasına neden olmuştur. Bu önemin neticesi olarak, ısı yalıtım malzemeleri üzerinde yapılan çalışmalar ve araştırmalar sonucu, bu malzemeler geniş bir şekilde çeşitlendirilmiştir. Isı yalıtım malzemeleri temel olarak;

- Yalıtkanın Yapıldığı Ana Maddeye Göre
- Yalıtkanın İç Yapısına Göre

olmak üzere iki grupta incelenir ( Bkz Tablo 3.1 - Tablo 3.2 ) [3].

Tablo 3.1. Yalıtkanın Yapılığı Ana Maddeye Göre Sınıflandırılması

<b>Bitkisel ve Hayvansal Kökenli Yalıtkanlar:</b>	
	<p>Mantar</p> <p>Ahşap</p> <p>Talaş ve Lif Levhalar</p> <p>Hayvansal Dokumalık Lifler ( Yün, Tiftik Keçe vb.)</p> <p>Bitkisel Dokumalık Lifler ( Keten, Pamuk, Palmiye Lifleri)</p> <p>Saman</p> <p>Yosunlar vb.</p>
<b>Mineral Kökenli Yalıtkanlar :</b>	
	<p>Asbest (Amyant) Lifleri</p> <p>Cam Elyafı ( Cam Yünü, Cam Pamuğu)</p> <p>Taş Yünü ( Tüm Mineral Yünler)</p> <p>Seramik Yünü</p> <p>Cam Köpüğü</p> <p>Fosil Silisler</p> <p>Genleştirilmiş Mikalar (Vernikülit)</p> <p>Genleştirilmiş Taşlar ( Perlit, Bazalt) vb.</p>
<b>Sentetik Yalıtkanlar:</b>	
	<p>Polietilen</p> <p>Polivinilklorür Köpükleri ( PVC )</p> <p>Polistren Köpükleri ( PS )</p> <p>Poliüretan Köpükleri ( PU )</p> <p>Fenolformaldehit Köpükleri vb.</p>
<b>Yüksek Performanslı Yalıtkanlar:</b>	
	<p>Saydam Yapılı Yalıtkanlar</p> <p>Vakumlanmış Yalıtım Panelleri</p> <p>Komposit Yalıtkanlar</p>

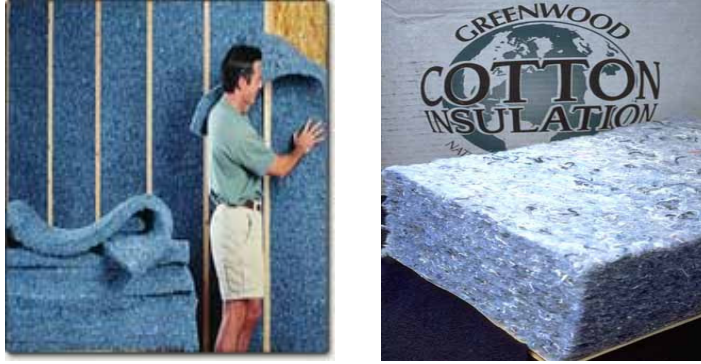
Tablo 3.2. Yalıtkanın İç Yapısına Göre Sınıflandırılması

<b>Taneli Yapıya Sahip Yalıtkanlar :</b>	
	Genleştirilmiş Granüle Mantar Fosil Silisli Taneler ( Diatome Tipi ) Perlit ( Genleştirilmiş Küçük Camsı Bilyalar Şeklinde ) Genleştirilmiş Mikalar ( Vermusilit ) Vb.
<b>Elyafı Yalıtkanlar :</b>	
	Asbest Lifleri Cam Elyafı ( Cam Yünü, Cam Pamuğu ) Taş Yünü Ahşap Lifli Levhalar Vb.
<b>Köpük ve Sünger Yapılı Yalıtkanlar :</b>	
<b>Sentetik Köpük Yalıtkanlar :</b>	Polivinilklorür ( PVC ) Köpükler ( Açık- Kapalı Gözenekli ) Polistren Köpükleri ( PS ) ( Kapalı Gözenekli ) Poliüretan Köpükleri ( PU ) ( Kapalı Gözenekli ) Ürefoaldehyit ( UF ) Köpükleri ( Açık Gözenekli ) Vb.
<b>Mineral Köpük Yalıtkanlar :</b>	Hafif Betonlar ( Gaz Betonlar, Hafif Agregalı Betonlar ) Sünger Taşı ( Bims ) Cam Köpüğü ( Cam Kontrollü Olarak Köpürtülmüştür ) Vb.
<b>Polimer Bağlayıcı Yalıtkanlar :</b>	
	Bitümlü Maddeler Plastikler Boyalar Vb.

Isı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılmasını net bir şekilde görebilmek için verdiğimiz bu tablolardan sonra, çalışmamızın asıl konusu olan bina duvarlarında kullanılan ısı yalıtım malzemeleri, aşağıda detaylıca açıklanmıştır. Unutulmaması gereken husus şudur ki; yapılarda ısı kayıplarının büyük bir bölümü duvarlar üzerinden gerçekleşmektedir. Bina duvarlarında ve pratikte kullanılan ısı yalıtım malzemelerini tanımak, özelliklerini iyi bilmek; yapılacak ısı yalıtım uygulamasının çok daha sağlıklı olmasını sağlayacaktır.

### 3.2.1. Pamuk keçeleri

Pamuk artıklarının keçemsi hale getirilmesi sonucu elde edilen yalıtım malzemesidir. Bu malzeme  $\lambda=0,103$  W / mK ısı iletim katsayısı değerine,  $\rho = 0,5$  g / cm<sup>3</sup> yoğunluk değerine sahip bir malzemedir.(Bkz. Şekil 3.1). Levha halindeki keçe düz ve eğik sathlar ile hava akımına mani olacak yerlerde tercih edilirler. Yoğuşan suların birikme tehlikesi varolduğunda ve yoğuşmanın sık görüldüğü soğutma sistemlerinde kullanılmalıdır [10].



Şekil 3.1. Pamuk Keçeleri

### 3.2.2. Odun lifi levhaları

Odun lifi levhaları, odunlaşmış liflerin katkı maddesi eklenerek yada katkı maddesi eklenmeyerek elde edilen bir üründür. Odunlaşmış lifler, bitkilerin odunlaşmış kısımlarından mekanik veya kimyasal olarak elde edilmiş selülozlu lifler veya lif gruplarıdır (Bkz. Şekil 3.2).

Katkı maddesi olarak, odun lifleri ve yapıştırıcı unsurlardan başka emdirilerek doyurma yoluyla ve bünyeyi tamamlamak maksadı ile levhaya katılan çeşitli organik ve anorganik bağlayıcı maddeler kullanılır.

Bu malzemelerin yapımı genellikle şu şekilde olur; köknar kıymıkları eleklerde ayrılarak buhar ile yumuşatılır ve lifli yapı haline getirilir. Lifler, su ve fenol reçinesi uygun bir oranda karıştırılarak merdaneler arasından geçirilip belli bir kalınlıkta



levha halinde elde edilir. Elde edilen bu malzemenin kalınlıkları 6 ile 13 mm arasında olup,  $\lambda$  ısı iletim katsayısı ise neme bağılı olarak değişir ve Tablo 3.3’de verilen değerleri alır. Binaların iç dekorasyonunda kullanımlara uygundur.



Şekil 3.2. Odun Lifi Levhaları

Tablo 3.3. Tahta Lifli Yapı Levhalarının Isı İletim Katsayıları -  $\lambda=$  (W / mK)

Ortama Sıcaklık $^{\circ}\text{C}$	0	10	20	30
Ağırlıkça % 7,6 Nem	0,060	0,067	0,075	0,086
Kuru	0,053	0,060	0,068	0,075

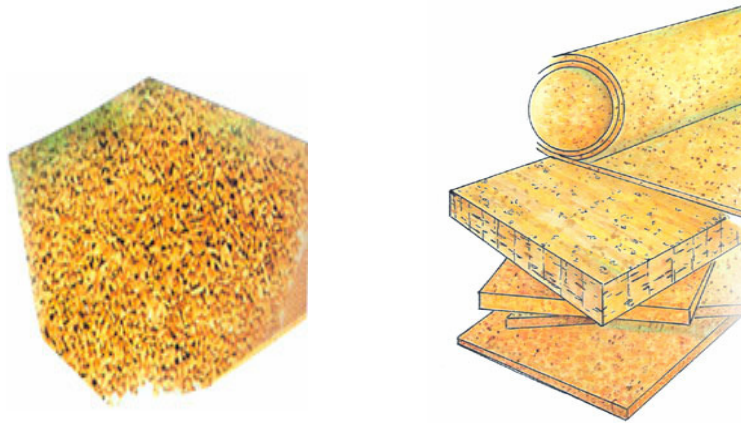
Tahta kıymıklarının eleklerde ayrılarak portlant çimentosu veya diğer anorganik bağlama elemanı kullanılmasıyla hafif yapıya sahip olması sağlanır. Bu levhaların basma zorlamalarına mukavemetleri yüksek olup, prefabrik evlerde yaygın olarak kullanılır. Ortalama olarak  $\rho = 326 \text{ kg / m}^3$  ve  $\lambda = 0,117 \text{ W / mK}$  değerindedir [3].

Yalıtım malzemesi olarak kullanılan odun levhaları gözenekli olup yoğunlukları  $230 \text{ kg / m}^3$  ile  $400 \text{ kg / m}^3$  arasında olmalıdır. Yoğunlukları  $\rho = 850 \text{ kg / m}^3$  ve daha fazla olan levhalara sert odun lif levhaları denir. Odun lifi levhaları ile ilgili test metotları TS 64 standardı ile belirlenmiştir [13].

### 3.2.3. Mantar ısı yalıtım levhaları

Kuzey Afrika kıyıları ile Sicilya, Korsika, Sardunya Adalarında yetişen ağacın kabuklarından elde edilir. Daha önceleri yalıtım amacıyla kullanılırken günümüzde daha çok dekorasyon amacı ile ve şişe mantarı olarak kullanılmaktadır. Ham mantarın yoğunluğu  $120-190 \text{ kg / m}^3$  arasındadır. Isıl iletkenliği  $0,040 \text{ W / mK}$  olup, homojen gözenekli bir yapıya sahiptir ( Bkz. Şekil 3.3) [10].

Mantar levhası, doğal mantarın kırılması veya öğütülmesi ile meydana gelen parçacıkların fırınlanması ve bunların bitümlü, reçine vb, bağlayıcı madde kullanılarak veya kendi yapısındaki doğal yapıştırıcı madde ile ısı ve/veya basınç altında birleştirilmesi suretiyle şekillendirilmesinden elde edilen mamuldür. Taneli yalıtım malzemelerinin en önemlisi mantardır. Meşe mantarı tabii haliyle hava gözenekli taneler halindedir. Öğütme, ayırma, suya bastırma gibi işlemlerle kalite yükselir.  $400^{\circ} \text{C}$ ' de hava gönderilerek hem gözenekler hem de küflenmenin önüne geçilir [11].



Şekil 3.3. Mantar Isı Yalıtım Levhaları

Mantar levhalar kimyevi maddelere dayanıklıdır. Halojenlere, amonyağa, eter yağlarına dayanıksızdır. Yanıcıdır ve is çıkararak yanar. Tanelenmiş hali dökme mantarı oluşturur. Dökme mantar higroskopiktir. Haşarat barındırmaya müsaittir ve küflenebilir. Ancak sayılan bu kötü özellikler mantara basınç altında bitüm gibi bağlayıcı malzemeler ilave edilerek ortadan kaldırılabılır. Pratikte bilhassa işçilik ve konstrüksiyon bakımlarında kolaylık sağlaması için; levha ve boru gibi şekle

getirilmiş mantar kullanılır. Mantar tanelerine zift emdirilerek istenilen şekilde preslenirler. Bu şekilde elde edilen levha veya şekillendirilmiş haldeki mantarın yoğunlukları  $\rho = 120-150 \text{ kg / m}^3$  arasında değişir ve ısı iletim katsayıları da  $\lambda = 0,051-0,065 \text{ W / mK}$  değerini alır. Şayet izole edilecek kısımda hava geçirgenliği de önlenmek isteniyorsa, yoğunluk  $\rho = 250 \text{ kg / m}^3$  olacak şekilde preslenir. Bu halde mantar en fazla  $110 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar kullanılabilir. Şayet alt kısmına kizelgur tabakası konursa  $140 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar yükselen sıcaklıklarda da kullanılabilirler [10]. Uygulamada özellikle soğuk hava tesislerinde, terleme olan duvar, döşeme ve tavanlarda, havalandırma kanallarında, ısıtma ve sıcak su devrelerinde, alçak basınç kazanlarında pres edilmiş mantar tercih edilir. Mantar levhaların döşenmelerinde önce temas edilecek yüzeylere bitüm ihtiva eden harç kullanılır. Mantar ısı yalıtım levhaları genellikle 20, 30, 40, 50, 100, 150, 200 mm kalınlığında imal edilirler.

#### 3.2.4. Cam yünü

Cam, yalıtım malzemesi olarak; çapları 3-5 mikron boyutunda olan ince lifler haline getirilerek kullanılır. Lifli yapıda olan cam yününün, kapiler emicilikleri yüksektir. Temelde bakalitli (sarı) ve bakalitsiz (beyaz) olmak üzere iki tipi vardır (Bkz Tablo 3.4 – 3.5). Bakalitsiz olanları genellikle kümes teline veya oluklu mukavva gibi malzemelere tel ile dikilerek şilte halinde kullanılır. Bakalitsiz camyünleri piyasaya 5-25 mm kalınlıklarda sunulurken, bakalitli camyünleri ise 20-150 mm kalınlıklarında sunulur [3].

Suya duyarlılık bakımından bakalitsiz camyününde su, malzemenin gözeneklerini kapayarak ısı köprüsü oluşturacağından, malzemenin izolasyon etkisini azaltır veya yok eder. Bakalitli camyününde ise, suyun etkisi ile cam yününde bağlayıcılık görevi gören bakalit çözünür. Böylece bakalitin liflerinin birbirine yapıştırıcılık görevi kalmayacağından dolayı malzemenin kalınlığının azalmasının yanı sıra ısı yalıtkanlık özelliği de azalır [12].

Özel formülüne göre uygun tarzda karıştırılan hammaddelerden teşkil edilen harman  $1400 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de özel fırında ergitilir. Ergimiş cam, platin bir çubuktan akararak hızla dönen ve kenarında küçük delikler bulunan platin bir sepete çarpar ve bu arada tazyikli hava

verilir. Bu suretle merkezkaç kuvvetle çok ince lif haline gelen camyünü, bakalitiz olup renksizdir. Cam yünün belirli bir kalınlıkta tutulabilmesi maksadıyla malzemeye yapıştırıcılık ve elastikiyet kazandırmak için bakalit ilave edilmektedir. Bunun için camyününe sıvı bakalit püskürtülür ve bakalitlenmiş malzeme etüvde kurutulur. Bakalitlenmiş cam yünü koyu sarı renktedir [10].

Tablo 3.4. Bakalitli Camyününün Sıcaklık ve Yoğunluğa Göre Isı İletim Katsayılarının Değişimi

Ortalama Sıcaklık (°C)	Yoğunluğa Göre Isı İletkenlik Katsayıları ( W / mK )		
	16 kg / m <sup>3</sup>	48 kg / m <sup>3</sup>	80 kg / m <sup>3</sup>
-20	0,031	0,028	0,028
10	0,037	0,030	0,031
20	0,040	0,032	0,032
50	0,047	0,035	0,035
100	0,065	0,044	0,042

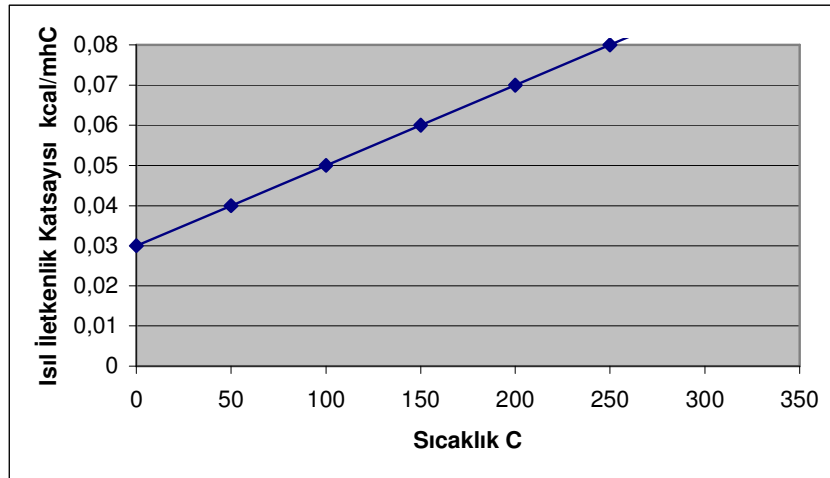
Tablo 3.5. Bakalitsiz Camyününün Sıcaklık ve Yoğunluğa Göre Isı İletim Katsayılarının Değişimi

Ortalama Sıcaklık (°C)	Yoğunluğa Göre Isı İletkenlik Katsayıları ( W / mK )
	130 kg / m <sup>3</sup>
0	0,035
50	0,045
100	0,056
250	0,073
350	0,096
500	0,141

İmal usulüne bağlı olarak takriben 3-40 mikron çapındaki liflerden meydana gelmiş olup 500 °C gibi yüksek sıcaklıklara kadar kullanılır. Özel olarak imal edilip 700 °C

sıcaklığa kadar kullanılan cinsleri de mevcuttur. Daha yüksek sıcaklıklar için arada ya hava boşluğu bırakılır ya da kizelgur gibi daha yüksek sıcaklıklara dayanıklı malzemeler araya yerleştirilir. Ancak genelde bakalitsiz camyünleri 550 °C' den daha yüksek ısılarda eriyerek cam topakçığı haline gelir ve malzemenin izolasyon özelliği kalmaz. Bakalitli cam yünlerinde ise, 250 °C' de bakalit koku çıkararak yanmaya başlar ve malzemenin izolasyon özelliği kalmaz. Yanma sonucu bakalitin bağlayıcılık görevi yapamamasından dolayı liflerin bağlayıcılığı yok olur. Yani malzeme şekilsiz (amorf) olur. Sıcaklığın daha da artması durumunda malzemenin sarı rengi, önce koyulaşır kahverengine dönüşür; sıcaklığın 500-550 °C'yi bulması halindeyse bakalit tamamen yok olur ve renk de beyaz olur. Beyaz ve sarı mamuller 550 °C'den fazla sıcaklıklarda eriyerek cam topakçığı haline gelir. Bu durumdaki malzemenin artık yalıtım fonksiyonu kalmamıştır. Camyününde kullanılan bakalit, 'fenol-formaldehit' bakalitidir. Yoğunluk  $\rho = 15-200 \text{ kg / m}^3$  arasında değişip optimum yoğunluk değeri  $60-65 \text{ kg / m}^3$  dür. Isı iletim katsayıları 0 °C sıcaklıkta  $\lambda = 0,048 \text{ W / mK}$  değerinden 450 °C sıcaklıkta  $\lambda = 0,193 \text{ W / mK}$  değerine kadar artar (Bkz. Tablo 3.6). Özgül ısı  $0,18 \text{ kcal / kg } ^\circ\text{C}$  gibi çok küçük değerde olduğundan aralıklı çalışmalar için uygundur [2].

Tablo 3.6. Cam Yünü Isı İletkenlik Katsayısının Sıcaklıkla Değişimi



Camyünün yangın sınıfı ( DIN 4102 standartlarına göre ) A sınıfı yanmaz bir malzeme olarak tanımlanır. Su emme miktarı hacimce % 3-10 değerlerindedir.

Suyun ısı iletkenliği camyününden 14 kat daha kötü (  $\lambda = 0,555 \text{ W / mK}$  ) olduğundan, camyünü içindeki boşlukların su ile dolması halinde camyünün ısı iletkenlik özelliği kaybolur. Ancak ıslanan cam yünü kurutulursa yalıtım özelliğini tekrar kazanır. Mekanik dayanımı 1,5-6,5 ton / m<sup>2</sup> dir. Ancak rulo halindeki yoğunluğu az olan camyünün basınca hiç mukavemeti yok iken, yoğunluk arttıkça muayyen bir basınç mukavemeti oluşur. Kullanım ömrü normal çevresel koşullar altında 40-50 yıldır. Çekme dayanımları ise, rulo veya levha olmasına göre değişir. Lif doğrutusunda kopma mukavemeti fazladır. Cam yünlerinin düşük yoğunluklu olanları rulo, yüksek yoğunluklu olanları ise levha halinde kullanılır (Bkz. Şekil 3.4).

Cam yünü aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- Yanıcı değildir.
- Dış kuvvetler tesiri ile kolayca deformasyona uğrar.
- Higroskopik değildir.
- Kimyasal olarak nötrdür.
- Atmosferik şartlara dayanıklıdır.
- Asitlere karşı ( hidroflorik asit hariç ) dayanıklıdır.
- Küf tutmaz
- Haşerelerin yuvası olmaz.
- Bıçakla kolayca istenilen şekilde kesilebilir.
- İşçiliği kolaydır.
- Deri ile temas edince kaşındırır, bu sebeple eldiven kullanılması tavsiye edilir.
- Sarsıntı ve ufalanmaya karşı dayanıklıdır [56].



Şekil 3.4. Şilte Halinde Cam Yünü

Cam yünleri yalıtım malzemesi olarak dış cephelerde, binalarda, giydirme cephe uygulamalarında kullanılabilir. İçerden yalıtım yapılacağı zaman cam yününün sıcak yüzeyi buhar kesici ile kaplanmalıdır. Cam yünün kapalı çatılarda mertek aralarında kullanımı, buhar kesici kullanılması şartı ile mümkündür. Ayrıca camyünü iki duvar arasında, su itici silikon içermesi halinde kullanılabilir. Basınç dayanımı az olduğu için yürüyen çatı veya teraslarda kullanımı doğru değildir [13].

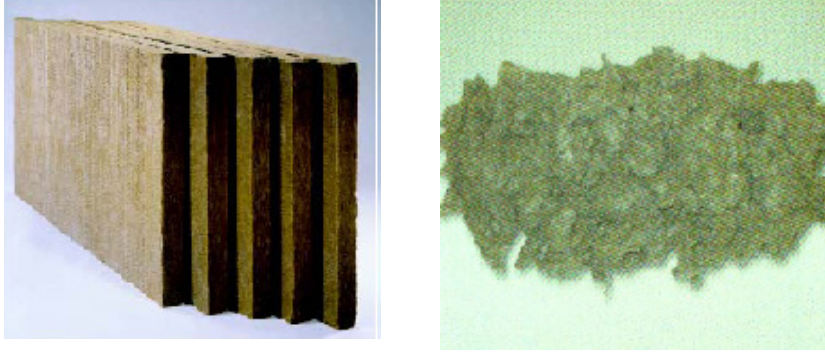
Cam yününün geleneksel sıva ile aderansı zayıftır. Dolayısı ile tek başına kullanıldığında dıştan yalıtım ile sorunlar yaşanmaktadır. Malzeme içinde buhar oluşması sorun yarattığı için içerden yalıtımda tek başına kullanılması doğru değildir. Ayrıca içerden yalıtım döşemelerin dış duvara bağlandığı kısımlarda ısı köprüleri oluşturduğu için, mecbur kalınmadıkça tavsiye edilmez [3].

### 3.2.5. Taşyünü

Bazalt veya diabez taşının yüksek sıcaklıklarda ergitilerek elyaf haline getirilmesi ile elde edilen bir ısı yalıtım malzemesidir. İlk defa 1897'de Amerika' da yapılmış, yalıtım amacı ile 1927'de kullanılmaya başlanmıştır [58]. Elyaf haline getirme işleminde hammadde, kireç taşı ile karıştırılır ve 1600 °C' de ergitilir. Eriyik kaya çok hızlı dönen bir diskin üzerine damlatılır. Buradan çok uzun iplikler halinde çıkar. Lif çapları 5 mikron civarındadır. İplikler toplandıktan sonra yapıştırıcı özellikteki sentetik reçine ve yağ ilavesi ile kaya yünü malzemeleri şilte şekline getirilir. Rengi

koyu gri renkli olup şiltelerin özellikleri şekillerine bağlı olarak değişmektedir (Bkz Şekil 3.5). Taş yünü; düşük yoğunluklu olanları rulo halinde, yüksek yoğunluklu olanları ise şilte halinde piyasaya sürülür. Kükürt esaslı ve kalsiyum esaslı olmak üzere iki çeşittir. 10 °C' de ki ısı iletkenliği 0,033-0,002 W/mK' dir. En iyi ısı iletim performansı 100-120 kg/m<sup>3</sup> yoğunluk değerinde elde edilir. Yoğunluğu 30-200 kg/m<sup>3</sup> arasındadır. Ancak lifli malzemelerde malzemenin yoğunluğunun kesin bir sayı ile belirtilmesi, üreticiler açısından çeşitli sakıncalar doğurur. Bu nedenle üreticiler ürettikleri malın onlarca çeşidinde kg / m<sup>3</sup> olarak yoğunluk belirtmek yerine her malzemeye başka isimler koyarak tanımlamayı tercih ederler. Bu nedenle katalog incelemesinde yapılacak işe uygun malzemeyi yoğunluğa değil, malzeme kod adına göre seçmek zorunluluğu ortaya çıkar. Taş yünü, cam yününe göre daha yüksek sıcaklıklarda (1000 °C) kullanılabilir. DIN 4102' e göre A yangın sınıfında olup yanmaz bir malzemedir. Bu özelliğinden dolayı yangın yalıtımında da kullanılır. Ancak malzeme; kağıt, mukavva, bitümlü karton veya kraft kağıdı kaplıysa kaplama yüzeyindeki sıcaklığın kaplama malzemesinin dayanabileceği sıcaklığı aşmaması gerekir. Bu sıcaklık da 80-100 °C civarındadır. Taş yününün yapısında bakalit varsa maksimum kullanma sıcaklığı 200-250 °C'dir. Cam yününde olduğu gibi taş yününde de basınç, kopma mukavemeti gibi özellikler yoğunluğa göre değişmektedir. Bu mukavemetler düşük yoğunlukta az, yüksek yoğunlukla genellikle fazladır. Taş yününde liflerin her yöne dağılmış olmasından dolayı dayanımı cam yününe göre daha fazladır çünkü cam yününde lifler yatay doğrultuda sıralanmıştır. Buna göre taş yünü, 1,5-6,5 ton / m<sup>2</sup> arasında basma dayanımına sahiptir. Taş yünü hacminin % 2,5-10'u arasında su emme özelliğine sahiptir. Su emme özelliğinin yüksek olmasının nedeni, taş yünün lifli yapıda ve gözenekli (% 99'u hava boşluğu) olmasıdır [10]. Ancak taş yünü ıslandığı zaman yalıtma özelliği kaybolur.





Şekil 3.5. Camtülü Kaplı Taşyünü Levha ve Bağlayıcısız Taşyünü Elyafı

Bu nedenle bazı taş yünü tiplerinde malzemenin içine su itici silikon sıkılır. Böylece malzeme ıslanmaya karşı korunarak yalıtım özelliğini kaybetmesi engellenir. Kalsiyum esaslı taş yünleri sert asitlere karşı dayanıklıdır. Kükürt esaslı taş yünleri ise temas ettikleri yüzeylerde korozyon yaparlar. Taş yününün buhar geçirimsizliği direnci düşük olduğundan dolayı ( yaklaşık  $\mu = 1-1,4$  ) ve duvarın iç kısmına yakın teşkil etmek yoğunlaşma riskini artırır. Bu nedenle ısı yalıtımı amaçlı yapılan taş yünü kaplamanın sıcak yüz tarafına buhar- su yalıtımı amaçlı alüminyum folyo, bitümlü karton, PVC, polietilen konulmalıdır. Taş yünü noktasal yüklere karşı dayanıksız olduğundan uygulamada bu tür yüklere maruz kalması önlenmelidir. Taşyünü piyasada düşük ( 20-100 kg / m<sup>3</sup> ) ve yüksek yoğunluklu ( 100-200 kg / m<sup>3</sup> ) olarak bulunur ( Bkz. Tablo 3.7, Tablo 3.8 ). Düşük yoğunluklu taşyünü piyasaya 20-120 mm kalınlıklarında, yüksek yoğunluklu taşyünü ise piyasaya 20-150 mm kalınlıklarında sunulur [2].

Tablo 3.7. Düşük Yoğunluklu Taşyününün Sıcaklığa ve Yoğunluğa Bağlı Isı İletim Katsayıları

Ortalama Sıcaklık (°C)	Yoğunluğa Göre Isı İletim Katsayıları ( W / mK )				
	23 kg / m <sup>3</sup>	33 kg / m <sup>3</sup>	45 kg / m <sup>3</sup>	60 kg / m <sup>3</sup>	80 kg / m <sup>3</sup>
10	0,037	0,035	0,033	0,033	0,033
50	-	0,043	0,039	0,038	0,038
100	-	0,055	0,047	0,045	0,045
200	-	-	0,07	0,066	0,066
300	-	-	-	-	-
400	-	-	-	-	-

Tablo 3.8. Yüksek Yoğunluklu Taşyününün Sıcaklığa ve Yoğunluğa Bağlı Isı İletim Katsayıları

Ortalama Sıcaklık (°C)	Yoğunluğa Göre Isı İletkenlik Katsayıları ( W / mK )		
	100 kg / m <sup>3</sup>	140 kg / m <sup>3</sup>	200 kg / m <sup>3</sup>
10	0,033	0,033	0,034
50	0,037	0,037	0,038
100	0,044	0,044	0,043
200	0,064	0,060	0,059
300	0,088	0,081	0,079
400	0,112	0,106	0,100

### 3.2.6. Seramik yünü

Seramik yünü çok yüksek sıcaklarda kullanılan lifli bir yalıtım malzemesidir. Taş yününün kullanılmadığı 1200–1400 °C sıcaklıklar için kullanılır. Rulo, levha ve dökme şeklinde bulunup beyaz renklidir(Bkz. Şekil 3.6). Yoğunluğu malzemenin

şekline göre 100–150 kg / m<sup>3</sup> arasında değişir. Yumuşak bir malzeme olması sebebiyle, levha tiplerinin bile basınca dayanımları çok düşüktür. En önemli özelliği yüksek sıcaklığa dayanabilmesidir [11]. 160 kg / m<sup>3</sup> yoğunluğundaki rulo tiplerinin ısı iletkenlikleri aşağıda verilmiştir (Bkz Tablo 3.9). Seramik yünü yanmaz özelliktedir. Hidroflorik asit ve fosforik asit dışında diğer asitlerden etkilenmez. Islanma ve diğer özellikler bakımından lifli malzemelere benzer nitelikler taşır. Ülkemizde üretimi olmayıp, ithal edilmektedir. Dolayısıyla da fiyat yönünden tüm lifli malzemelere oranla en pahalı olanıdır [10]. Seramik yünü diğer lifli malzemelerde olduğu gibi rulo, levha, halat vs. şeklinde bulunur. Prefabrik boru halinde üretilmez [13].



Şekil 3.6. Seramik Yünü

Tablo 3.9 Rulo Tipindeki, 160 kg / m<sup>3</sup> Yoğunluğundaki Seramik Yünüün Sıcaklığa Bağlı Olarak Isı İletim Katsayısının Değişimi

°C	400	600	800	1000	1200
$\lambda$ ( W / mK )	0,0688	0,0946	0,1376	0,1806	0,2752

### 3.2.7. Cam köpüğü

Cam köpüğü, borlu sisli camdan üretilir. Cam pulvarize edilip toz haline getirilir. Karbonla karıştırıldıktan sonra kalıplarda 1000 °C 'a kadar ısıtılır. Bu işlem sırasında karbon oksijen ile birleşip gaz kabarcıkları oluşur. Cam eriği böylece orijinal hacminin 20 katı kadar büyütülerek köpük haline dönüştürülmüş olur ve katı halde daha sıkı yapı elde etmek için soğutulabilir (Bkz. Şekil 3.7) [2].

Elde edilen malzemenin gözenek yüzdesi % 93-94 dolaylarındadır. Soğutma işleminden sonra bloklar, tabakalar ve levhalar halinde kesilir. Cam köpüğü ezilmeye karşı dayanıklı olan güçlü ve sert bir malzemedir. Cam köpüğü kolay kırılabilir sürtünmeye dayanıksızdır ve yüzeyi sürtünmeye karşı kolay tozlaşabilir. Su sızıntılarına ve korozyona karşı da dirençlidir. Su emme özelliği olmadığından dolayı su absorpsiyon yüzdesi % 0'dır. Bu bakımdan cam köpüğü buharı hiç geçirmeyen yegane yalıtım malzemesidir. Higroskopik ve kapiler olmayıp ancak devamlı suya maruz kalması durumunda malzeme az miktarda korozyona uğrar( hidroliz olayından dolayı), çürümez, küflenmez ve haşarat barındırmaz. Bilhassa soğutucu imalat sektöründe boru hatlarının örülmesinde ve soğutma depolarının yalıtımında kullanılır. Yoğunlukları  $100-500 \text{ kg / m}^3$  arasında değişim göstermekte olup ısı iletkenlikleri ise  $20^{\circ} \text{ C}$  'de  $0,045-0,060 \text{ W / mK}$  arasındadır. Kullanım sıcaklıkları  $-260$  ile  $+430^{\circ} \text{ C}$  arasındadır. Sıcaklık karşısında lineer genişleme katsayısı  $8,5 \times 10^{-6}$  dir [2].

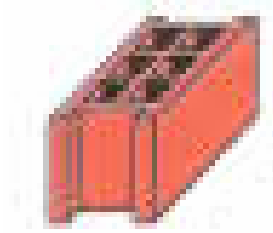


Şekil 3.7. Cam Köpüğü

### 3.2.8. Isı yalıtım tuğlaları

Yalıtım özelliği yüksek olan bu tuğlaların binalarda uygulanışı diğer yalıtım malzemelerinden daha basittir. Bu nedenle izotuğlalar sadece duvarların yalıtımında uygulama alanı bulmuştur. Özel ve klasik çimento harcıyla örülen bu tuğlalar duvarı oluşturur (Bkz. Şekil 3.8). Dış cephelerin sıvanması gerektiği hallerde özel sıvalar veya klasik çimento-kireç sıvasıyla sıvanır. İçindeki boşlukla yalıtım özelliği daha da artmış ve profili gereği ısı iletim yolu artmıştır. Ayrıca kenarlarındaki girintiler

dolayısıyla ısı iletim katsayısı daha yüksek olan harcın teması önlenmiştir. Uygulamada bazı tip izotuğlalar için düşey derzlerde harç kullanılmaz yalnızca yatay derzlerde harç kullanılır. Böylece yapıda meydana gelecek olası ısı köprülerinin önüne geçilir. Isı yalıtım tuğlaları ikinci bir yalıtım malzemesi uygulanmaksızın ikinci iklim bölgesinde gereken yalıtımı sağlar.



Şekil 3.8. İzotuğla

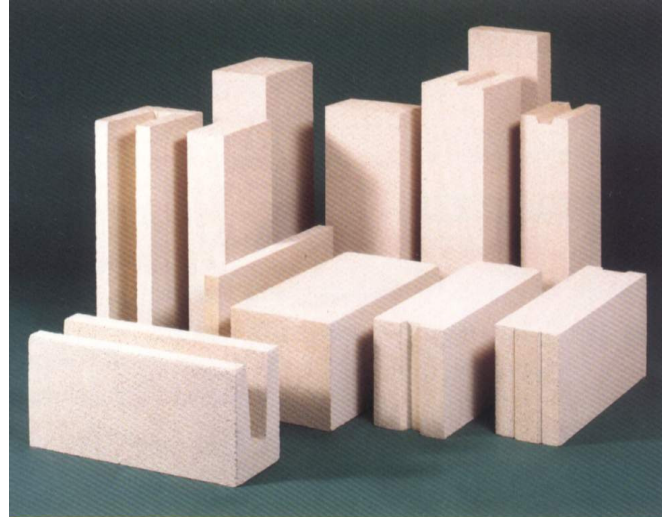
Kışın soğuk geçtiği ülkemizde ısı depolama özelliği yüksek olan bu tuğlalar vasıtasıyla daha konforlu bir yaşam sürülebilir. Yalıtım tuğlalarının uygulandığı duvar sistemi, insan için uygun olan nem oranını da sağlar.

### 3.2.9. Hafif beton elemanlar

Bugün inşaat yapımında kullanılan elemanlar hafifliğinin yanı sıra ısı iletimlerinin de göz önüne alınarak üretilmektedir. Bunun için doğadaki uygun malzemeler bulunup, katkı maddeleriyle birleştirilerek, değişik nitelikte değişik hafif yapı elemanları bulunmuştur. Bunların ortak özelliği, kumların hafif olması ve çimento kullanılmasıdır. Bazılarında da sadece doğadan alınan malzemelerle yetinilmiştir.

'Gaz Beton' gözenekli bir beton yapı malzemesi olup ısı iletim katsayısı  $0,55 \text{ W/mK}$  dir. Hammaddeleri, yüksek silisli dolgu maddesi olan kum, kumtaşı, baca külü, fırın cürufu ile bağlayıcısı kireç-çimentodur. Son yıllarda ülkemizde çok fazla rağbet gören gaz beton elemanı ısı tutuculuğu ile tanınmış bir malzeme olarak üretilmekte ve kullanılmaktadır (Bkz. Şekil 3.9). Pratikte ve teorik olarak kullanımda sağladığı faydaları ve özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz.

- Yüksek bir ısı yalıtım özelliğine sahip olduğundan ikinci bir ısı yalıtım malzemesi kullanımına gerek duyulmaz.
- Yamacı değildir.
- Basınca karşı yüksek mukavemetlidir.
- Çekme, eğilme ve kaymaya karşı mukavemetlidir.
- Erime noktası yüksektir.
- Uygun hacim sabitliği
- Uygun denge rutubeti, su emme kurulama, buhar ve hava geçirgenlik özelliklerine sahiptir.
- Pasa karşı korunmalıdır.
- Kimyasal etkenlere karşı dirençlidir.
- Yüksek işlenebilme özelliğine sahiptir.
- Yüksek ses yalıtımı özelliği vardır.



Şekil 3.9. Çeşitli Boyutlarda Gaz beton Blokları

'Bims Beton' , çatı döşeme plakları taşıyıcı, demir donatılı olarak çatı ve döşemeler için TS 453 Gaz beton Standardına uygun imal edilmiş prefabrik yapı elemanıdır. Çatıda yekpare bir kabuk teşkil ettiğinden ayrıca rüzgar bağlantılarına lüzum kalmaz. Statik yönden olumlu olan birim ağırlığa sahiptir. Kolay monte edilirler, bu nedenle beton hazırlanması, beton dökümü, beton priz müddeti gibi işlemleri ortadan

kaldırarak önemli ölçüde işçilik, zaman ve her türlü hava şartlarında inşaat yapabilme olanağı sağlar (Bkz. Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Bims Betondan Yapılmış Tuğla

Birbirine bağlantısız, gözenekli sünger görünümünde, yoğunluğu 500 kg/m<sup>3</sup> civarında volkanik amorf bir madde olan bims bu yalıtım elemanının özünü teşkil eder. Binalarda sağladığı faydaları ve özelliklerini şöyle sıralayabiliriz.

- Yüksek ısı yalıtım özelliği.
- Yüksek ısı depo etme özelliği.
- Yüksek ses yalıtımı özelliği.
- Hafif oluşu dolayısıyla bina yükünü azaltışı
- Basınca mukavemetli.
- Su tutmaz
- Yanıcı değildir
- Kimyasal etkilere karşı mukavemetli.

Yoğunluğunun çok düşük oluşu ve yapısındaki çok sayıda gözeneklerden dolayı yüksek ısı yalıtımı sağlar. Gözenekleri içindeki durgun havanın ısı iletim özelliği çok düşüktür. Isı iletim katsayısı 0,25 W/mK dir. Kışın ısıtma alanındaki ısının aşırı yükselmesini önler. Bu yapı sonucu yüksek ses emicilik özelliğine de sahiptir [11].

### 3.2.10. Poliüretan köpük

İzosiyanat bileşiğin alkol ile reaksiyonu sonucu alkolün hidrojen atomu izosiyanata kayarak poliüretan elde edilir. Dizosiyanatın ve reaksiyonu kolaylaştıran OH gruplu uygun polialkolün kullanılmasıyla da yüksek molekülü poliüretan meydana gelir. Poliüretanlar, kapalı gözenekli gevrek ve açık gözenekli yumuşak elastik olmak üzere iki tipte yapılırlar. Ana hammadde olarak (desmodur) poliizosiyanat ile OH grupları ihtiva eden (desmofen) polialkol kullanılır. Kimyasal yoldan elde edilmelerinde su ile izosiyanat reaksiyonu sonucunda açığa çıkan CO<sub>2</sub> köpürmeyi sağlar. Fiziksel yoldan elde edilmelerinde ise düşük sıcaklıkta buharlaşan Freon 11 köpük hammaddesine ilave olunarak ekzotermik reaksiyonla sıcaklığın yükselmesi sonucu buharlaşması ile köpürme meydana gelir. Genellikle levha halinde bulunmakla birlikte, prefabrik boru gibi şekil verilmiş formlarda da bulunabilirler (Bkz Şekil 3.11). Ayrıca dar ve ulaşılmaz güç noktalarda yerinde imalat yöntemi prensibi gereği aerosol kutusu içinde imal edilen çeşitleri de vardır (Bkz Şekil 3.12). Bu tip uygulamada malzeme bölgeye uygulandıktan sonra, malzemenin bünyesinde meydana gelen reaksiyonlar sonucu hacimce genişleyeceği ve bu genişleme ile de uygulanan bölgede bir basınç meydana getireceği unutulmamalıdır. Poliüretan sarı renktedir. Hücrelerinin % 95'i kapalı gözeneklidir. Ayrıca poliüretan köpükleri açık gözenekli, yumuşak veya sert, ve küçük hacim ağırlıklı olarak da üretilmektedirler. 30-200 kg / m<sup>3</sup> yoğunluklarda kullanılır [11]. Levhaların tek taraflı ısınması halinde şekil deformasyonu görülür. Bu yüzden her iki yüzünün de başka bir malzeme ile (kağıt, bitümlü kağıt, PVC, alüminyum folyo vb.) kaplanması gerekmektedir (Bkz Şekil 3.13). Poliüretanın ısı iletkenliği çok düşüktür. Hatta bazı üreticiler  $\lambda = 0,012-0,013 \text{ W / mK}$  gibi ısı iletkenlik değerleri vermektedir. Oysa bu değer, malzemenin ilk üretildiği anda, içindeki itici gazın  $\lambda$  değerinin çok düşük olması nedeniyle, malzemenin  $\lambda$  değeri de çok küçük çıkar. Ancak zamanla itici gaz difüzyon yoluyla dışarı çıkar ve yerini hava doldurur. Böylece  $\lambda$  değeri de yükselir. Bu nedenle standartların belirlediği değerler esas alınmalıdır. Öte yanda son yıllarda sera etkisi nedeniyle poliüretan köpük yapımında itici gaz olarak kullanılan ve CFC içeren R-11 gazı kullanılması bazı ülkelerde yasaklanmıştır, bunun yerine CFC içermeyen CO<sub>2</sub> kullanılır [14].

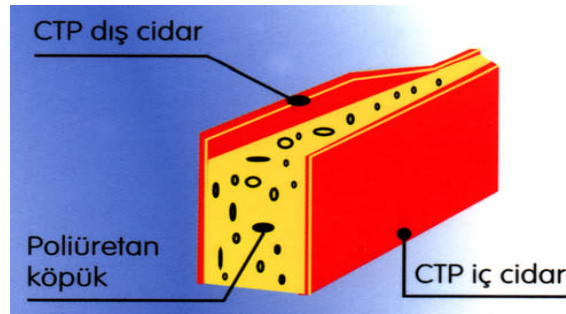




Şekil 3.11. Köpük ve Levha Halinde Üretilmiş Poliüretan Ürünler



Şekil 3.12. Aerosol Şeklinde Poliüretan Köpükler



Şekil 3.13. Poliüretan Köpüğünün Dış Çeperlerinin Kaplanması

Ancak bu üretimde maliyet % 10 kadar artarken  $\lambda$  değerinde küçük yükselmeler (kötüleşmeler) görülmektedir. Kaplamasız ve difüzyon geçirgen kaplamalı köpüklerde 0,060 W /mK değeri kullanılır. Eksi sıcaklıklarda soğutma tesisleri için 0,048 W / mK'lik bir hesap değeri pratikte uygundur [3].

Poliüretan köpüğünün yoğunluğu 30-200 kg/m<sup>3</sup> arasında ayarlanabilir. Yalıtım için kullanılan levhaların 32 kg/m<sup>3</sup>'den az olmaması önerilmektedir. Aksi halde şekil değişimleri görülebilir. Yapılarda kullanılan yoğunluklar genellikle 30-40 bazen de 50 kg/m<sup>3</sup>'tür. 30 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğun altındaki poliüretan köpüklerinin çıplak kullanımda çeşitli sorunlar beklenebilir. Bu gibi durumlarda plakalar, düşük sıcaklıklarda büzülme, gözeneklerdeki özel gazın sıcaklık tesiriyle genişlemesi neticesinde şekil ve uzunluk değişikliklerine uğramaktadır. 32 kg/m<sup>3</sup> 'ün üstünde yalıtım malzemesi kullanılması ve basit bir kaplama ile bu mahsur ortadan kalkar. Çıplak köpüğün sıcak bitüm ile yapıştırılması önemli zorluk çıkarmaktadır. Çünkü köpük kısa süreli 200 °C' a kadar sıcaklıklara dayanıklıdır. Yoğunluk arttıkça fiyat da önemli ölçüde artmaktadır [15].

Malzemenin bünyesine su alma durumu az olmakla birlikte EPS ile kıyaslandığında ondan daha fazladır (Bkz. EK-3). Buhar difüzyonu yolu ile ıslanma durumu söz konusu olduğunda ( $\mu=40-50$ ), levhalar ya buhar sızdırmaz şekilde kaplanmalı veya muhtemel gerilmelere karşı önceden önlem alınmalıdır. Yerinde püskürtme köpüklerinde  $\mu=3-8$ 'dir.

Poliüretan köpük hafif asitlere, benzine, mazota, alkalilere ve deniz suyuna karşı dayanıklıdır. Poliüretan köpüğün eskime ve çürümeye karşı dayanıklılığı oldukça fazladır. Poliüretan köpüğün hacim ve şekil dayanıklılığı ile özgül ağırlığı arasında yakın ilişki vardır. 32 kg/m<sup>3</sup>'ün altındaki kaplanmamış plakalarda soğuk etkisi ile bariz büzülme görülmektedir. Bunun yanında güneşin mor ötesi ışınları karşısında dayanıksızdır. Mor ötesi ışınlar karşısında rengi sarıdan kırmızı kahveye dönüşmekte, yüzeyinde pullanma dökülme bozulma olmaktadır [11].

Poliüretan levhalar 110-120 °C sıcaklığa kadar devamlı dayanıklıdır. Kısa süreli olarak ise 180 hatta 200 °C'ye kadar dayanıklıdır. Sıcaklığa dayanım açısından EPS' e göre önemli bir farkı vardır. -200 °C'ye kadar soğuk işlerde de kullanılabilir. Sert köpük plakalar, gözenek içindeki basınçlar ve gözenek şekline göre ısı altında genişleme ve deformasyona uğrayabilirler. Uzunluk değişimleri köpük istikametinde olmaktadır. Petrol türevi bir ürün olduğu için yanıcıdır. Üretim sırasında konulan alev almayı zorlaştırıcı maddelerle 'zor alev alabilen' (B1) hale getirilebilir.

Poliüretan köpükler salt yalıtım malzemesi olarak diğer yalıtım malzemelerine oranla ucuz sayılmasa dahi hazır prefabrik elemanlar olarak (metal kaplı sandviç paneller vb.) işçilikten ve zamandan çok kazandırır [15].

### 3.2.11. Genleştirilmiş polistren (EPS)

Polistren sert köpük, yapay organik bir ısı yalıtım malzemesi olup, ilk kez 1952 yılında Alman BASF firması tarafından üretilmiş ve 'Styropor' adı altında dünyaya yayılmıştır. Zamanla Shell, Höchst, CdF Chemie gibi diğer firmalar tarafından da üretilerek değişik marka adları almasına karşılık Türkiye'deki adı Styropor olarak kalmıştır.

Styropor termo-plastik bir malzemedir. Ülkemizde ilk olarak 1960'lı yılların başında soğuk hava depoları ile ticari buzdolabı üreticilerinin ihtiyacını karşılamak üzere üretilmeye başlanmış ve çok uzun yıllar ( 1986'ya kadar) kullanılmıştır.

Diğer ülkelerde başlangıcından itibaren inşaatlarda da kullanılan bu malzeme, Türkiye'de ancak 1986'dan sonra inşaatlara girebilmiştir. Bugün diğer ülkelerde olsun, Türkiye'de olsun inşaatlarda en çok kullanılan yalıtım malzemelerinin öncülerindedir. Bunun nedeni, her türlü ısı yalıtım malzemesinin en ucuzu oluşu ve sahip olduğu teknik özelliklerdir [3].

EPS (Expandable Polistren) mamülleri beyaz renkte olup beyaz renkli levhalar halindedir. Levha boyutları 500x1000 olabileceği gibi daha büyük ölçülerde de üretilmektedirler. Günümüzde piyasada çeşitli tür Styropor grupları mevcuttur. Her bir grupta bulunan tipler tane büyüklüğü, işlenme özellikleri ve kullanma maksatlarına göre değişiklik gösterir. Bunlar;

- Styropor P : Standart köpük maddesi için,
- Styropor F : Zor alev alan köpük maddesi için,
- Styropor H : Doymuş karbonhidratlara dayanıklı köpük maddesi için,
- Styropor G : Renkli köpük maddesi elde etmek için,

EPS 'nin başlıca tercih edilme nedenleri şunlardır;

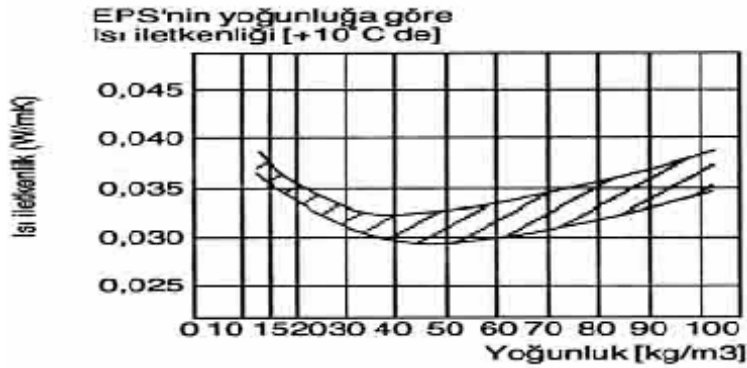
- Yüksek ısı yalıtımı sağlar. ( $k_{lab}=0,030$ ,  $k_{hesap}=0,058$  W /mK)
- En ekonomik yalıtım malzemesidir.
- Üstün teknik özelliklere sahiptir.
- Basınca çok dayanıklıdır. Yoğunluk arttıkça basınç dayanımı artar.
- Kapalı gözenekli olduğu için pratik olarak ıslanmaz, yalıtımı sürekli yapar.  
Kapiler ve higroskopik değildir.
- Kalınlığı zamanla incelmez, sabit kalır.
- Çevre dostu bir malzemedir. İçinde ozon tabakasına zarar verici CFC (kloroflorokarbon) yoktur. Geri dönüşümlü (Recycle) bir malzeme olup, üretim sonrası çevreyi kirletecek atık çıkarmaz.
- Sonsuz ömürlüdür. Bina durdukça yalıtım görevine devam eder.
- Çok hafiftir, kolay taşınır, kolay uygulanır.
- Buhar geçirimsizliği yüksektir. Yoğunluk arttıkça buhar geçirimsizliği de artar [10].

EPS'lerin diğer bir özelliği de imalinde kullanılan şişirici gazın (pentan) ozon tabakasına zarar vermez, iklim değişikliğine neden olmaz. EPS üretiminde şişirici gaz olarak kullanılan pentanın hava ile yer değiştirme hızı yüksektir. Üretimi takiben birkaç gün içerisinde ısı iletkenliği sabit değere ulaşır ve zamanla kötüleşmez. EPS'ler esnek hale getirilerek ses yalıtımında da kullanılır [3].

Styroporlar mükemmel ısı yalıtım özelliğini  $m^3$  başına düşen 3-6 milyar olan küçük kapalı gözeneklere borçludur. Malzemenin % 98'i havadır. Bu nedenle çok hafif malzemelerdir. Yoğunlukları  $10-30$   $kg/m^3$  arasında değişir. Ancak istenirse yoğunluk  $60$   $kg/m^3$ 'lük değerlere çıkarılabilir. Yapı sektöründe genellikle  $13-20$   $kg/m^3$  yoğunluğa sahip olanları kullanılır. Yoğunluğun artmasıyla basınç dayanımı, buhar geçirimsizliği ve fiyatı da artar. EPS'lerin en önemli özelliği ısı iletkenliklerinin düşük olmasıdır. EPS'ler için ortalama ısı iletim katsayısı  $0,035$  W/mK 'dir (Bkz Şekil 3.14).

Kimyasal maddelere duyarlılık bakımından ise EPS'ler, genel olarak tüm yapı malzemeleri ile kolayca bağdaşır. Ancak bazı çözücü maddelerle ( tiner vb.) asitlere karşı dayanıksızdır. Mikroorganizmalar için bir besin maddesi değildir. Küflenmez, çürümez, kokmaz. Aşırı şartlar altındaki şiddetli kirlenmelerde mikroorganizmalar yuvalanabilir. Ancak EPS burada sadece bir taşıyıcı olarak kalır ve biyolojik olayın dışındadır [15].

EPS'ler suya karşı duyarlılık bakımından ele alındığında; malzeme kapalı gözenekli olduğundan ve küreciklerin çeperleri suyu geçirmediğinden genel olarak suyu alma yüzdesi oldukça düşüktür. Ancak üretim sırasında küreciklerin birbirine iyi yapışmaması halinde ve bloktan levha kesilirken levha yüzeyinde kalan kesilmiş yarım küreler içerisinde ve arasında su kalabilir.



Şekil 3.14. EPS'nin Yoğunluğa Göre Isı İletkenliği

Yoğunluk arttıkça küreler birbirine daha sıkı yapışacağından su alma oranı gittikçe azalır. Bir yıl süreyle tamamen su içerisinde batırılmış EPS'nin (ki inşaatta böyle bir durum düşünülemez) hacimsel su alma yüzdeleri Şekil 3.15 'de verilmiştir. Verilen bu özelliklerinin dışında malzeme kapiler ve higroskopik değildir. EPS'lerin yoğunluğa göre buhar geçirimsizlikleri aşağıdaki Tablo 3.10'de verilmiştir [10].



Şekil 3.15. EPS'nin Yoğunluklarına Göre Su Alma Yüzdeleri

Tablo 3.10. EPS'nin Yoğunluğa Göre Buhar Geçirimsizliği

Yoğunluk (kg/m)	Buhar Geçirimsizliği ( $\mu$ )
10	15/30
15	20/50
20	30/70
30	40/100

EPS yanıcı bir malzemedir. Ancak içine özel maddeler karıştırarak zor alev alıcı veya kendi kendilerine sönen tiplerini de elde etmek mümkündür. En çok 80-85 °C'ye kadar kullanılabilir. Kullanım sıcaklığı aralığı olarak -180 ile +100 °C değerleri verilebilir. EPS'nin kullanıldığı bir yerde bir süre sonra kendi kendine yok olduğu şeklinde gerçeğe uymayan bir inanış vardır. Aslında EPS doğru yerde ve doğru yoğunlukta, kusursuz işçilikle uygulanırsa kendi kendine yok olması gibi bir durum bahis konusu olmaz. EPS termo-plastik bir malzeme olması sebebiyle tüm plastik maddeler gibi belirli bir sıcaklıktan sonra (85 °C) yumuşamaya başlar. Bu

yumuşama olayı düşük yoğunluklarda ( basınca dayanıksız veya az dayanıklı) daha belirgindir. Basınç altında kullanılmaması gereken en düşük yoğunluk olan  $10 \text{ kg/m}^3$ 'lük malzeme teras gibi yüksek sıcaklıklara maruz kalan yerlerde kullanılırsa doğal olarak basıncın da etkisi ile yumuşar ve kalınlık kaybeder. Bu tür yerlerde yüksek yoğunlukta ( $20-30 \text{ kg/m}^3$ ), basınca dayanımı fazla olan EPS kullanılırsa ne yumuşama ne de kalınlık kaybı meydana gelir [16]. Genleştirilmiş polistren tüm modern yalıtım malzemelerinin arasında fiyat yönünden en ucuz olanıdır. Yoğunluk oranı azaldıkça ucuzluk oranı da artmaktadır. Prensipte basınç gelmeyen yerlerde daha düşük yoğunluklu EPS kullanılabilirken, basınç gelen yerlerde yüksek yoğunluklu olanları kullanılmaktadır (Bkz Tablo 3.11). Yalıtım malzemelerinin yalıtım fiyatlarını karşılaştırabilmek için, malzemelerin  $\lambda_{\text{hesap}}$  değerlerine göre bulunacak eş değer kalınlıklar dikkate alınmalıdır [7].

Tablo 3.11. Polistrenin Karakteristik Özellikleri

Yoğunluk	13-40 $\text{kg/m}^3$
Isı iletkenlik katsayısı	0,035 W/mK
Basınç gerilimi	0,1-04 $\text{N/mm}^2$
Bükülme dayanımı	0,16-0,50 $\text{N/mm}^2$
Su absorpsiyon (1 yıl)	% 5,0-3,5 (hacimce)
Su buharı difüzyon direnci ( $\mu$ )	20/50-40/100
Kullanılabilir ısı sınır değeri	-180°C ,+100°C arası

EPS'nin kullanım yerleri,

- Soğuk hava depoları
- Dilatasyon fugaları
- Prefabrik beton elemanlar
- Teras çatılar
- İki duvar arası
- Dış duvarın içten yalıtımı
- Dıştan duvarların yalıtımı (Bkz Şekil 3.16)

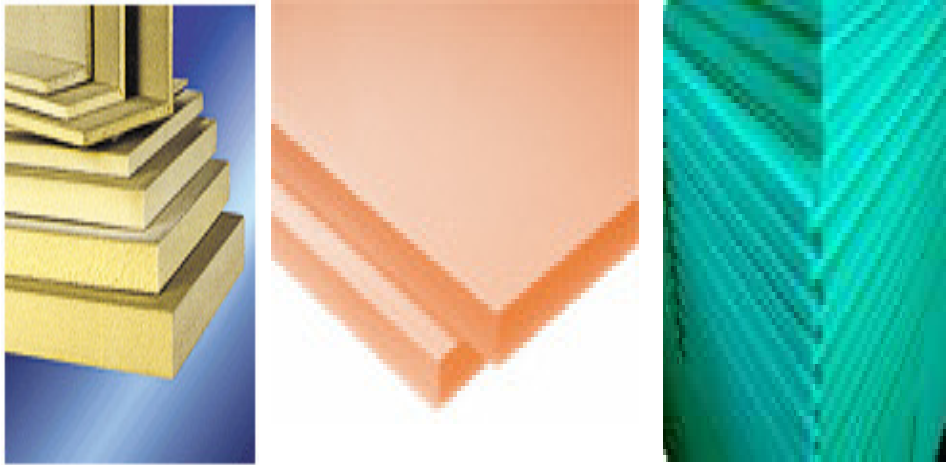
olarak sayılabilir.



Şekil 3.16. EPS'nin Uygulama Şekli

### 3.2.12. Ekstrüde polistren köpük (XPS)

Polistren sert köpüğün banttan çekilerek üretilen tipidir (Bkz Şekil 3.17). Bu malzemelerin hücre yapıları ve dağılımı homojendir. Levhaların kapalı hücre yapılarının şekilleri itibariyle su alma durumları daha da azdır. Yoğunlukları 25-45  $\text{kg/m}^3$  arasında değişmektedir. En önemli özelliklerinden biri basınca karşı olan mukavemetinin fazla olmasıdır. Ayrıca su buharı direnç faktörleri de yüksektir. Isıl iletkenlikleri bakımından; 33  $\text{kg/m}^3$  yoğunluğundaki XPS için  $\lambda_{\text{hesap}} = 0,026 \text{ W/mK}$  alınmalıdır. Yoğunluğun artması ile bu değer de değişir (Bkz. Tablo 3.12).



Şekil 3.17. Levhalar Halinde Üretilmiş XPS Ürünler



Tablo 3.12. XPS 'lerin yoğunluğa Bağlı Olarak Isıl İletkenlik Katsayıları

Ortalama Sıcaklık (°C)	Yoğunluğa Göre Isıl İletkenlik Katsayıları (W/mK)			
	28 kg/m <sup>3</sup>	32 kg/m <sup>3</sup>	38 kg/m <sup>3</sup>	45 kg/m <sup>3</sup>
10	0,025	0,026	0,027	0,028

XPS'lerin mekanik dayanımları yoğunluğa göre değişmekle birlikte şu şekilde özetlenebilir;

- 25 kg/m<sup>3</sup> için 0,15 N/mm<sup>2</sup>
- 35 kg/m<sup>3</sup> için 0,30 N/mm<sup>2</sup>
- 38 kg/m<sup>3</sup> için 0,50 N/mm<sup>2</sup>

Malzeme çok sıkı kapalı gözenekli bir yapıya sahip olduğundan dolayı su alma durumu fevkalade düşüktür. Tüm yoğunluklar için su alma yüzdesi hacminin % 1'i kadardır. Bu nedenle teras çatı sistemleri için iyi bir yalıtım malzemesidir. Malzeme higroskopik veya kapiler değildir [13].

XPS'ler plastik esaslı olduğu için birçok kimyasal maddeye karşı duyarlıdır. Özellikle tiner gibi çözücü maddelerle ve bazı yapıştırıcılarla birlikte kullanılmamalıdır [17].

XPS'nin içinde alevlenmeyi önleyici madde vardır. Bu nedenle zor yanıcı sınıfta yer almaktadır. Nakliye, depolama ve kullanım safhalarında malzemenin yanmaz olduğu sanılıp, ateşe ve aleve karşı tedbirsiz davranılmaktadır. Keza, uzun süreli açık olarak depolamadan kaçınılmalıdır ve güneşin direkt ultraviyole ışınlarının malzeme yüzeylerini tahrip edebileceği unutulmamalıdır. 75-80 °C'ye kadar rahatlıkla kullanılabilir [17].

Su buharı difüzyon direnç katsayısı yoğunluğa göre değişmektedir. En düşük yoğunluk 25 kg/m<sup>3</sup> için  $\mu=80-150$ ; en yüksek yoğunluk 45 kg/m<sup>3</sup> için  $\mu=150-220$  arasında olmaktadır [16].

Cephe kaplaması olarak, giydirme cephe de kullanılabilir. Duvarların içten ve dıştan yalıtımları ile toprak altı dış duvar yalıtımlarında kullanılabilir. Polimer esaslı ince sıva ile kullanılır. Su ve rutubetten direk olarak etkilenmez. Hatta dış duvardaki rutubeti içeri taşımayarak duvar iç yüzeyinin kurumasını sağlar. İçten yapılan yalıtımlarda malzeme üzerine alçı sıva veya alçı pano kullanılabilir. Teras çatı ve normal döşeme yalıtımında kullanılabilir [17].

Bina cephesinde kullanılırken; hava akımı, ısı yalıtım malzemesinin yüzeyini yalıtırsa, yangın güvenliği açısından kullanılması uygun değildir. Bu durumda yanmaz ısı yalıtım malzemelerini kullanmak daha uygundur. Geleneksel sıva ile aderansı zayıftır. Ses yalıtımı sağlamayacağı için ve yanıcı olduğu için bu gibi durumlarda önlem alınmadan kullanılmamalıdır. Aşağıdaki Tablo 3.13’de XPS ve EPS ‘nin karşılaştırılması gösterilmiştir [3].

Tablo 3.13. XPS ve EPS'nin Karşılaştırılması

TEKNİK ÖZELLİK	İlgili Standart	Birim	EPS		XPS	
Yoğunluk	DIN53420	Kg/m <sup>3</sup>	25	32	25	32
Isı iletkenlik	DIN 4108	W/mK	Lab:0,034	Lab:0,034	Lab:0,028	Lab:0,027
	DIN 52612		Hes:0,040	Hes:0,040	Hes:0,032	Hes:0,032
	TS 7316	Kcal/mhC	Lab:0,029	Lab:0,027	Lab:0,024	Lab:0,023
	TS 825		Hes:0,034	Hes:0,034	Hes:0,027	Hes:0,027
Basınç Dayanımı %10 deformasyonda	DIN 53121	N/mm <sup>2</sup> - kg/cm <sup>2</sup>	ortalama 0,14 – 1,4	ortalama 0,22 - 2,2	0,15 - 1,5	0,3 - 3
Basınç Dayanımı <%2 deformasyonda devamlı basınç altında		N/mm <sup>2</sup> - kg/cm <sup>2</sup>	ortalama 0,028 - 0,28	ortalama 0,049 - 0,49	0,06 - 0,6	0,11 - 1,1
Su alma durumu (1 yıl süre ile suya daldırılmış örnekte)	DIN 53428	hacim %si	4	3,5	0,1	0,1
Buhar difüzyon direnç katsayısı (kalınlığa göre değişir)	DIN 52615		30/70	40/100	80/150	100/200
Yanıcılık	DIN 4102	B1 zor alev alır. B2 normal alev alır.	B2 ve B1	B2 ve B1	B1	B1

Isıl iletkenlik ( $\lambda$ ): Isı iletkenliği açısından XPS biraz daha avantajlıdır. Ancak EPS kalınlığı %15-20 artırılırsa (5-10 mm) aynı ısı yalıtımı sağlanır. Yalıtım malzemelerinin ısı hesaplarında hesap değeri esas alınır.

Basınç dayanımı ( $\sigma$ ): Her iki malzemenin de basınç dayanımı çok yüksektir. XPS in basınç dayanımı daha fazla olmakla birlikte EPS de normal inşaatta karşılaşılabilecek yüklerden (500 kg/m<sup>2</sup>) çok daha fazlasını karşılayabilecek kapasitededir.

Su alma durumu: XPS hacmen daha az su almakla beraber, EPS 'in alabileceği su miktarının ısı iletkenliğine olumsuz etkisi fevkalade küçük olup, hesap değerinde bir değişikliğe yol açmaz. Esasen su alma deneyi 1yıl tamamen suya batırılmış örnekler üzerinden yapılmıştır. Oysa bir inşaatın 1yıl süre ile su içinde kalması pratik bir yaklaşım değildir.

Buhar difüzyon direnç katsayısı ( $\mu$ ): XPS in değeri daha yüksektir. Ancak aradaki fark EPS'nin kalınlığının artırılması ile veya herhangi bir buhar kesici malzemenin desteği ile kolayca kapanacak düzeydedir. Aslında buhar difüzyon olayı beklenen yapı kısımlarında her iki malzemenin de buhar dengeleyici ile takviyesi esastır.

Yanıcılık durumu: XPS sadece B1=Zor alev alıcı özelliğine sahiptir. EPS 'in ise hem B1 hem de B2 normal alev alıcı tipleri mevcuttur.

Fiyat durumu: Karşılaştırılan malzemeler arasında teknik özellik farklılıklarının çok az olmasına karşın EPS, XPS'den daha ekonomiktir [5].

### 3.2.13. Fenol köpüğü

Fenol köpüğü, fenol-formaldehit bakalitine anorganik şişirici ve sertleştirici maddeler katılarak elde edilir. Fenol köpüğü levhaları çeşitli yoğunlukta dırlar ve sert fakat kırılğan, küçük gözenekli, yüzeyi sürtünme ile tozlaşan bir yapıdır.

Fenol köpüğü diğer termoplastik köpüklere nazaran basınca daha az dayanımlı ancak, onlardan daha fazla sığağa dayanıklıdır. Kullanım sıcaklığı arası  $-180$  ile  $+120$  °C'dir. Yüksek sıcaklıklarda büzülür, çekme yapar. Sıcak bitümle temas halinde, büzülme oranı %1,5-2'yi bulur. Basınca dayanımı zamanla artar [3].

Fenol köpüğü kolay su alabilir, kapilerdir. Fiyat yönünden kıyaslanırsa EPS'den daha pahalıdır. Suya batırıldığında 14 gün içinde hacminin %9'u kadar su alır. Havadan aldığı su ise hacminin en fazla %7'si kadardır. Açık gözeneklerin çokluğu nedeniyle su buharı difüzyon direnç faktörü oldukça düşüktür.

Fenol köpüğü, haşarat barındırmaz, küflenmez. Bir çok kimyasal maddeye dayanmakla beraber potasyum ve südkostike karşı, bir anlamda yoğun asitlere karşı dayanıksızdır. Metalleri korozyona uğratabilir [11].

### 3.3. Isı Yalıtımında Kullanılan Yardımcı Malzemeler

Yapılarda ısı yalıtımı işlemlerinde, ısı yalıtımı görevi gören malzemelerin yanı sıra bu malzemelerin söz konusu bölgeye uygulanması sırasında yapıştırıcılar, dübeller, sıva donatı filesi, yalıtım levhası sıvası, köşe profili, su basman profili, son kat dekoratif kaplama gibi yardımcı malzemeler kullanılır [5].

#### 3.3.1. Yapıştırıcılar

Isı yalıtım levhalarının düşey veya yatay yüzeylere yapıştırılması amacı ile kullanılan organik polimer katkılı, mala ile uygulanan çimento (mineral) esaslı ısı yalıtım levhası harcıdır (Bkz. Şekil 3.18). Mineral esaslı yapıştırıcının uygun olmadığı durumlarda uygulama yüzeyleri üzerine sistem üreticisinin tavsiyesine bağlı olarak akrilik esaslı veya çimento-akrilik esaslı yapıştırıcı kullanılmalıdır.



Şekil 3.18. Isı Yalıtım Levhalarının Yapıştırılmasında Kullanılan Yapıştırma Harcı

Yapıştırıcı olarak genelsel harç veya fayans yapıştırıcısı kullanılmamalıdır. Yapıştırıcının ısı yalıtım levhalarına ve uygulama yüzeylerine yapışma dayanımı minimum 80 kPa olmalıdır [18].

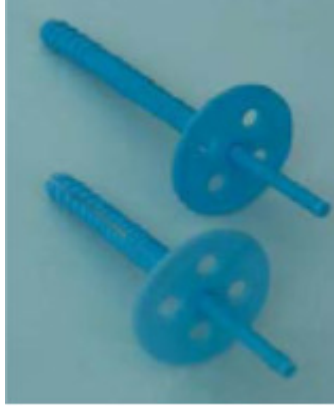
### 3.3.2. Dübeller

Isı yalıtım plakalarının gazbeton, beton, tuğla gibi yüzeylere montajında kullanılır. Böylece yalıtım yapılan cephedeki rüzgar ve türbülans etkilerini azaltır. Kaliteli dübel seçimi sistem açısından çok önemlidir. Yalıtım levhalarını uygulama yüzeyine mekanik olarak tespit etmek için kullanılan, geri dönüşüme uğramamış plastikten mamul veya tercihen polyamit esaslı, geniş başlıklı, minimum 0,20 kN çekme dayanımına sahip mekanik tespit elemanıdır. Standart bir uygulamada kullanılacak dübel adedi; 6 dübel/m<sup>2</sup> olarak kabul edilse de cephe yüksekliği ve çevre şartları metrekare başına kullanılacak dübel sayısını etkiler. Sağlıklı bir uygulama için dübellerin duvara en az 2 cm girmesi gereklidir. Dübeller levhalara uygulanırken levha yüzeyine tam oturması için havşa başları kullanılır (Bkz. Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Dübelleme İşleminde Kullanılan Havşa Başları

Dübellerin tutunacağı arka yüzeyin ( beton, gazbeton, tuğla, bims gibi malzemelere göre) gerekli tutunmayı sağlaması için, mutlaka sistem üreticisi firmaların görüşüne başvurulmalı, yüzeye göre plastik veya çelik çivili dübeller tercih edilmeli ve çelik çivilerin başlıkları ısı köprüsü oluşumunu önleyecek biçimde yalıtılmış olmalıdır (Bkz. Şekil 3.20).



(a)



(b)



(c)



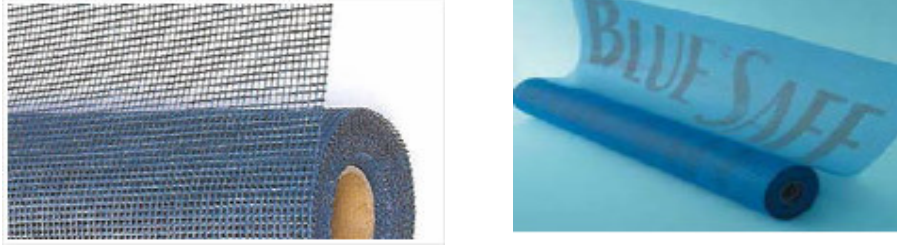
(d)

- a. Uygulaması Kolay Normal Sertlikteki Yüzeyler İçin Standart Dübel
- b. Betonarme vb. Sert Yüzeyler İçin Çelik Çivili Dübel
- c. Ahşap Yüzeyler İçin Vidalı Dübel
- d. Gazbeton Yüzeyler İçin Standart Dübel

Şekil 3.20. Uygulama Yüzeylerine Göre Dübel Çeşitleri

### 3.3.3. Sıva donatı filesi

Sıva filesi; ısı yalıtım levhalarının üzerine kaplanan sıvada oluşacak çekme gerilmelerini karşılamak ve çatlamasını önlemek amacı ile kullanılır (Bkz. Şekil 3.21). Örgü gözü, yani diğer adıyla mesh aralığı boyutları 3.5x3.5, 4x4 veya 5x5 olan, alkali ortama dayanıklı, 145-160 gr/m<sup>2</sup> ağırlıkta cam elyaf esaslı tekstil malzemesidir. Sıva donatı filesinin çekme mukavemeti en az 1500 N/ 5 cm olmalı, yaşlandırma prosesinde agresif ortamdaki çekme gerilmesi; ilk çekme gerilmesi değerinin %50'sinden büyük olmalıdır. Yüksek darbe dayanımı gereken yüzeylerde en az 340 gr/m<sup>2</sup> ağırlığındaki donatı fileleri kullanımı tavsiye edilir [16].



Şekil 3.21. Donatı Files

### 3.3.4. Yalıtım levhası sıvası

Isı yalıtım levhaları üzerine uygulanan ve ilk kat uygulamadan sonra içine sıva donatı filesi yerleştirilerek bir kat sıva ile sıvanarak tamamlanan organik polimer katkılı sıva malzemesidir (Bkz. Şekil 3.22). Yapıştırma harcı eğer üretici tarafından önerilmişse bu amaçla da kullanılabilir. Sıva, sentetik katkılarla kalitesi artırılmış, ıslak halde uzun işlenebilme süresi olan, priz aldıktan sonra yağmur darbelerine, donma çözünme döngülerine dayanıklı, su ile karıştırılarak hazırlanan çimento bazlı olmalıdır. Çatlama riskinin yüksek olduğu yerlerde, üreticinin tavsiyesine göre, akrilik esaslı veya çimento-akrilik yapıştırıcı kullanılmalıdır. Yalıtım levhası sıvanın yapışma dayanımı en az 80 kPa olmalıdır [16,18].





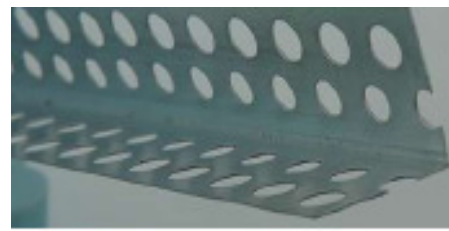
Şekil 3.22. Isı Yalıtım Levhalarının Dış Katmanına Uygulanan Sıva Harcı

### 3.3.5. Köşe profili

Bina köşeleri ve pencere kenarlarındaki dış köşeleri mekanik etkilerden korumak ve düzgün köşeler elde etmek için plastik veya alüminyumdan imal edilmiş, cam elyafı donatı filesi takviyeli veya takviyesiz, alkali ortama dayanıklı köşe profilleridir (Bkz. Şekil 3.23). Balkon, çıkma gibi bölümlerde yağmur vb. su akıntılarının yapı yüzeyine zarar vermeden uzaklaştırılmasında, plastik veya alüminyumdan imal edilmiş, cam elyafı donatı filesi takviyeli veya takviyesiz damlalıklı köşe profilleri kullanılır [14,18].



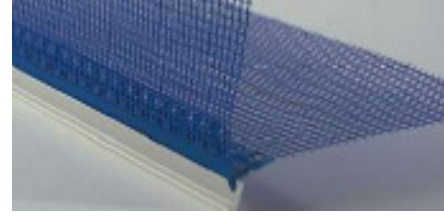
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

- a. Dış Etkilerden En Kolay Etkilenen Zayıf Bölgelerin Güçlendirilmesinde Kullanılan Fileli PVC Profil
- b. Dış Etkilerden En Kolay Etkilenen Zayıf Bölgelerin Güçlendirilmesinde Kullanılan Alüminyum Profil
- c. Çıkmalarda Cephenin Sudan Korunması Amacıyla Kullanılan Alüminyum Profil
- d. Çıkmalarda Cephenin Sudan Korunması Amacıyla Kullanılan Fileli PVC Profil
- e. Mevcut Yapılarda Mantolama Uygulamasında, Eski Denizliğin İşlevini Yitirmesi Nedeniyle Kullanılan Alüminyum Profil

Şekil 3.23. Isı Yalıtımında Kullanılan Profil Çeşitleri

### 3.3.6. Su basman profili

Isı yalıtım levhaların başladığı seviyede sistemi yağmur ve rüzgar gibi mekanik ve dış etkilerden korumak, sıva uygulamasında master görevi görmek amacıyla kullanılan ve başlangıç seviyesinde mekanik olarak tespit edilen alüminyum veya galvanize sacdan yapılmış referans profildir (Bkz. Şekil 3.24) [18].



Şekil 3.24. Su Basman Profili

Su basman profili kullanarak ısı yalıtım malzemesinin profil içine düzgün olarak oturtulması ve düzgün hat oluşturulması sağlanır.

### **3.3.7. Son kat dekoratif kaplama**

Yalıtım levhası sıvasının üzerine dekoratif ve dış etkilere karşı sistemi koruma amaçlı uygulanan TSE veya TSEK belgeli çimento, akrilik veya silikon esaslı cephe kaplama malzemeleridir. Solvent kaplı cephe kaplama malzemeleri kullanılmamalıdır. Dekoratif kaplamaların renklendirme veya yenileme amacı ile boyanması durumunda TS 5808'e uygun, solvent içermeyen dış cephe boyası kullanılmalıdır [18].

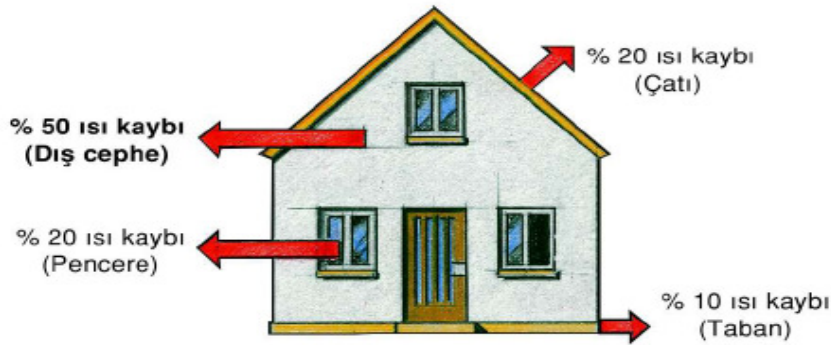
## BÖLÜM 4. BİNA DUVARLARINDA UYGULANAN ISI YALITIM SİSTEMLERİ

### 4.1. Duvarlardaki Isı Kayıplarına Genel Bakış

Enerji verimliliği, tüketilen enerji miktarının, sağlanan faydayı olumsuz etkilemeksizin azaltılması, dolayısıyla daha verimli kullanılmasıdır. Enerji verimliliği sağlamanın ana unsurlarından biri, enerji kayıplarını en aza indirmektir. Durum yapı sektörü açısından değerlendirildiğinde; inşa ettiğimiz ve içinde yaşadığımız yapılarda harcanan ısıtma ve soğutma enerjilerinin verimli kullanılması ve kayıpların önlenmesinin en önemli yolu yalıtımlı malzemeler kullanmaktır.

Ülkemizdeki kaçak ve kontrolsüz yapılaşmanın getirdiği bir sonuç olarak, yalıtımsız binaların sayısı çok büyük boyutlara ulaşmıştır. Bu durum ülke genelinde kullanılan enerjinin büyük bölümünün kaybolmasına neden olmakta, ülke ekonomisine ciddi zararlar vermektedir.

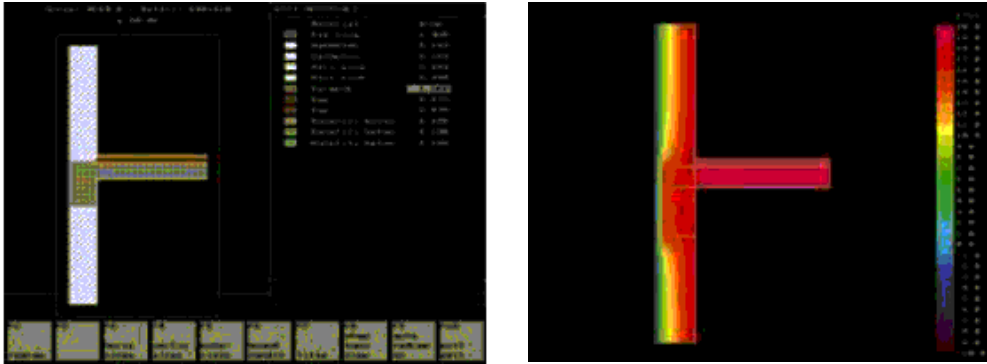
Yapılarda kullanılan enerjinin büyük bir kısmı dış duvarlardan kaybedilmektedir. Isı kayıplarında %40 gibi ciddi bir oran duvarlar yoluyla gerçekleşmekte olup, duvar ısı yalıtımı vazgeçilmez bir zorunluluktur (Bkz. Şekil 4.1) [19].



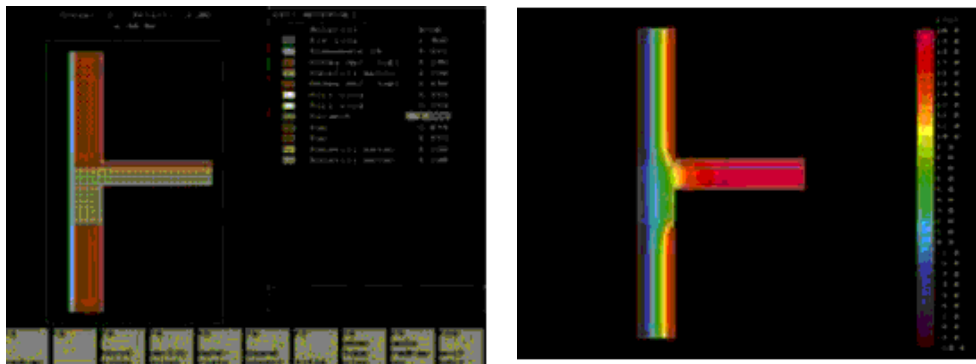
Şekil 4.1. Binalarda Isı Kaybının Yaşandığı ve Isı Yalıtımın Yapılması Gereken Bölgeler

Duvarlar ve duvarlarla iç içe olan kolon kiriş sistemleri bir bütün olarak ele alınmalı, ısı yalıtım uygulaması da kendi içerisinde bir bütünlük arz etmelidir. Yalıtım yatırımının boşa gitmemesi için uygulamanın doğru şekilde yapılması oldukça önemlidir.

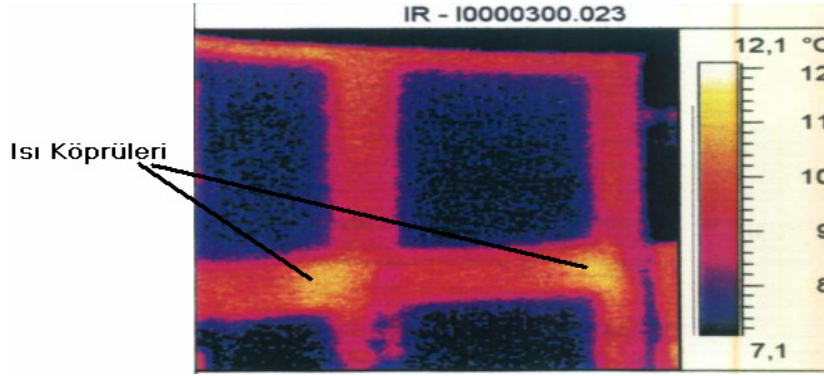
Yapılarda ısı yalıtım işlemi uygulanırken en çok dikkat edilmesi gereken husus ısı köprüleridir. Isı köprüsü, yapılarda iç yüzey sıcaklığı ile dış yüzey sıcaklığının farklı olmasından dolayı, ısı iletim katsayısı yüksek malzemeler üzerinden ısının az yoğun ortamdan çok yoğun ortama hareket etmesi sırasında izlediği yoldur. Isı köprülerinde meydana gelen ısı kaybı kimi zaman %20-50 değerlerine çıkmaktadır (Bkz. Şekil 4.2 - 4.3 - 4.4) [15].



Şekil 4.2. Dış Yalıtımı Yapılmamış Duvar ( Meydana Gelen Isı Köprüleri )



Şekil 4.3. Dış Yalıtım İşlemi Yapılmış Duvar ( Isı Köprüleri Oluşumu Engellenmiş )

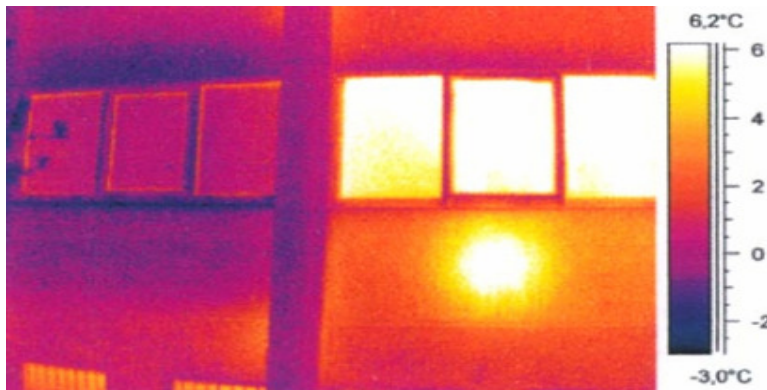


Şekil 4.4. Yapılarda Isı Köprüleri Kolon-Kiriş-Taban-Tavan Bağlantı Bölgelerinde Oluşur

Binalarda ısı köprüleri oluşumunun önüne geçilmemesi halinde duvar-kiriş-tavan birleşim bölgelerinde yoğuşma olma riski mevcut olmakla birlikte oluşan neme bağlı olarak küflenme, çatlama ve konfor şartlarının ortadan kalkması gibi durumlar meydana gelir. Ayrıca söz konusu bölgenin soğuk tarafında korozyon meydana gelme riski büyüktür.[2].

#### 4.2. Duvarlarda Isı Yalıtımı

Yapılarda ısı kayıplarının en büyük bölümünün duvarlarda gerçekleştiği düşünüldüğünde, duvarların yalıtımının ne kadar önemli olduğu bir kez daha ortaya çıkar. Şekil 4.5 de görüldüğü üzere yalıtımsız bir duvarda oluşan ısı köprüleri ile, mevcut ısı dışarıya kaçmaktadır [21].



Şekil 4.5. Duvarlarda Isı Yalıtımının Isı Kaybını Engellemedeki Rolü

Duvarlarda ısı yalıtımı temel prensipleri ise şunlardır;

- Duvarlarda dışardan ısı yalıtım tercih edilmelidir. Böylece hem kagir duvar malzemesinin ısı depolama kapasitesinden yararlanılır hem de ağır kütleli yüksek sıcaklıkta kalması nedeniyle duvar iç yüzeyi ile birlikte duvar kesiti içinde de yoğuşma riski azalır,
- Kısa sürede ısıtmanın söz konusu olduğu yerlerde içten yalıtım tercih edilir,
- Isı yalıtım malzemesi sudan etkilenmeyecek şekilde kapalı gözenekli ve yeterli basınç dayanımlı olmalıdır,
- Isıtılmayan bodrumların dış duvarlarında ısı yalıtım malzemesi, zeminden itibaren yer altı don seviyesi kadar, ısıtılan bodrumlarda ise temele kadar indirilir,
- Bodrum iç duvarlarında su yalıtımı var ise, ısı yalıtımı bunun üzerine konur. Isı yalıtım malzemesinin dış basınca karşı 1/2 tuğla kalınlıkta bir duvar veya özel koruma levhalarıyla korunmalıdır,
- Dış duvarda ısı yalıtım değeri yüksek olan bloklarla duvar örülüp üzerine sıva yapıldığında, döşeme alını ile kolon ve kiriş yüzeyleri ısı köprüsü oluşturacaktır. Bu bakımdan söz konusu yüzeylerin yalıtılması gerekir. Yapılacak yalıtımın duvarla aynı hizaya gelmesi için de duvar yalıtım kalınlığı kadar dışarıya çıkarılır. Bu çıkmadan dolayı duvarda stabilite sorunu olmaması için duvar kalınlığı çıkma miktarı kadar artırılır,
- Isı yalıtım malzemesi ve kagir malzemenin duvar cephesinde birlikte kullanılmasından dolayı sıva sorunları çıkacaktır. Bunu bertaraf etmek için yalıtım yüzeyleri sabit tel veya sıva filesi ile kaplanıp üzerine özel çimento esaslı sıva yapılmalıdır [13],

#### **4.2.1. Duvarlarda dıştan yalıtım uygulaması**

Bina kabuğu bir bütün halinde yalıtılarak, olası ısı köprülerinin önüne geçilen; Avrupa ve Amerika'da yaygın şekilde kullanılmakta olan dıştan yalıtım sistemi Türkiye'de son birkaç yıldır uygulanmaya başlanmıştır. Duvarların dıştan yalıtım uygulaması, diğer duvar yalıtım uygulamalarına nazaran daha avantajlı ve verimli olmaktadır.

Dıştan yapılan yalıtım yapı fiziği yönünden en uygun sistem olarak kabul edilmektedir. Bu sistem, hem kagir duvar malzemesinin ısı depolama kapasitesinden yararlanır hem de ağır kütleli yüksek sıcaklıkta kalması nedeniyle duvar iç yüzeyi ile birlikte duvar kesiti içinde de yoğuşma riski azalır [2].

Dıştan yapılan sistemin bir diğer avantajı da yeni yapılan binalara uygulandığı gibi, mevcut binalara da uygulanma imkanının olmasıdır. Mevcut binalarda uygulanacak dıştan yapılan ısı yalıtım sistemleri, tamamen binanın dışında gerçekleştiğinden yapının kullanımına engel olmamaktadır.

#### 4.2.1.1. Mantolama sistemi

Mantolama sistemi bina kabuğunu tamamen saran ve böylelikle ısı köprülerini engelleyen etkili bir yalıtım sistemidir (Bkz. Şekil 4.6 - 4.7). Genel olarak mantolama sistemleri EPS, XPS ve taşyünü malzemelerden oluşan ısı yalıtım levhaları üzerine, koruyucu kaplama tabakası ve onun üzerine dekoratif kaplama tabakasından oluşan kompozit bir yalıtım sistemidir.



Şekil 4.6. Mantolama Uygulaması





Şekil 4.7. Binalarda Mantolama İşlemi ve İşlemi Takip Eden Yüzey Kaplama İşlemi

Mantolama işlemlerinde kullanılan taş yünü, EPS ve XPS yalıtım levhaları özellikleri itibariyle farklı noktalarda kullanılmaktadırlar. Bu levhaların yapııştırılmasında kullanılan malzemeler ise özel kimyasallarla güçlendirilmiş çimento esaslı malzemelerdir. Bu malzemeler uzun ömürlü, suya, neme, güneş ışınlarına ve alkaliye dayanıklıdır. Ayrıca ısı yalıtım levhası ile yapıştırıcı malzeme arasında kuvvetli bir aderans söz konusudur.

Mantolama sistemlerinde kullanılan taşıyıcı EPS ve XPS malzemelerinin farklılıkları aşağıda maddeler halinde incelenmiştir;

a) Yoğunluk (  $\rho$  ) : TS 825 standardına göre mantolama da kullanılan EPS malzemelerinin yoğunluğunun minimum  $15 \text{ kg/m}^3$  olması gerekmektedir. Yine TS 825 standardına göre XPS ürünlerinin yoğunluğu  $20 \text{ kg/m}^3$  ve üzeri olacak şekilde belirlenmiştir. Taş yünü ürünlerde ise standardın öngördüğü herhangi bir yoğunluk kriteri bulunmamakla birlikte, uygulamanın sağlıklı olabilmesi için taş yünü mantolama levhalarının en az  $150 \text{ kg/m}^3$ , tercihen  $170 \text{ kg/m}^3$  yoğunlukta olması uygundur [2].

b) Isı iletim katsayısı (  $\lambda$  ) : Isı yalıtım malzemesi olarak kullanılan ve üç malzeme

için yoğunluk ve ısı iletim katsayıları Tablo 4.1’de görülmektedir.

Tablo 4.1. Yalıtım Malzemelerin Yoğunluk Ve Isı İletim Katsayıları

Malzeme	Yoğunluk ( $\rho$ ) kg/m <sup>3</sup>	Isı İletim Katsayısı ( $\lambda$ ) W/mK
Taşyünü	150-170	0,040
XPS (pürüzlü)	> 20	0,031
EPS	$\geq 15$	0,040

c) Yanıcılık sınıfı: EPS ve XPS, petrol türevi yalıtım malzemeleri olup maksimum kullanım sıcaklıkları 75°C’dir. Bu dezavantajları nedeni ile, yurtdışında yangın riskinin yüksek olduğu bitişik nizam veya çok katlı binalarda bu ürünler belirli sınırlar dahilinde kullanılmaktadır. Ülkemizde de 2002 yılı sonunda Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Yangında Korunma Yönetmeliği gereğince söz konusu malzemelerin kullanım alanları sınırlandırılmıştır. Bu malzemeler DIN 4102 standardına göre yanıcı malzemeler olup B1 sınıfı malzemelerdir. Taş yünü ise DIN 4102 standardına göre A sınıfı yanmaz malzeme olup 750 °C maksimum kullanım sıcaklığı ile yangına karşı üstün bir performans göstermektedir. Mantolamada EPS ve XPS kullanılsa bile, alev yalması ile yangının diğer hacimlere sıçramasını engellemek ve yangının yayılma hızını azaltmak için, pencere ve kapı kasalarının etrafının taş yünü ile yalıtılması gerekmektedir [2].

d) Buhar difüzyonu ( $\mu$ ) : TS 825 standardında EPS ve XPS yalıtım malzemelerinin buhar difüzyon dirençleri  $\mu=80-250$ , taş yününün buhar difüzyon direnci ise  $\mu=1$  olarak verilmektedir. Yapı fiziğinin büyük önem kazandığı günümüzde, bu çalışmaların önemli bir bölümünü yapı kesitlerinin nefes alabilir şekilde dizaynı oluşturmaktadır. Buhar difüzyon direnci düşük malzemelerin kullanılması ile yapı

kabuğunun nefes alabilir hale gelmesi mümkün olmaktadır. Bu nedenle taş yünü levhalar ile yapılan mantolama uygulamaları ile diğer ürünlere oranla daha düşük buhar difüzyon direncine sahip kesitler elde edilebilir [2].

f) Ses yalıtımı: EPS ve XPS levhaları kapalı gözenekli yapıları nedeni ile ses yalıtımı yapmazlar. Taş yünü ise açık gözenekli ve lifli yapısı ile iyi bir ses yalıtım malzemesidir.

Dış cephe mantolama uygulamalarında, uygulamanın kısa sürede ve doğru olarak yapılabilmesi için dikkat edilmesi gereken bazı konular vardır. Bu nedenle, planlama aşamasında özenli ve detaylı bir çalışma yapmak gereklidir. Öncelikle yalıtım uygulanacak yüzeyler düzgün olmalıdır. Yüzey eğriliği 2 cm'yi geçmemeli, bu değerden daha fazla olan eğrilikler ve yüzeyde bulunan büyük hasarlar ve çatlaklar, özel sıva uygulaması ile ortadan kaldırılmalıdır. Uygulamaya başlamadan önce yüzey, toz ve yağ gibi yapışmayı azaltıcı maddelerden arındırılmalı, döküntü ve kabarmış yüzeyler fırçalanarak temizlenmelidir. Uygulama yapılacak yüzey tamamen kurumuş olmalıdır. Uygulama yapılırken yağmur, rüzgar ve doğrudan güneş ışığına maruz kalmayacak şekilde korunması gerekmektedir. Cepheyi korumak için iskele ağı kurulması önerilir. Sağlıklı bir uygulama yapılabilmesi için uygulanacak duvarın ortam sıcaklığının +5 °C ile +30 °C sınır değerleri aralığında olmasına dikkat edilmelidir. Isı yalıtım levhaları duvar yüzeyine yapıştırma ve dübelleme yolu ile uygulanmadan önce, yüzeyin yeterli derecede yapışma kuvvetine sahip olduğu tespit edilmelidir. Cephede açık kalan bölgeler, pencere, kapı, denizlikler, çatı kenarları ve balkonlar sağlıklı bir şekilde yalıtılarak ısı yalıtım malzemesine herhangi bir yerden su sızarak ıslanması önlenmelidir. Özellikle tadilatlarda; cam, ahşap, alüminyum ve diğer mevcut yapı elemanlarının uygulama sırasında zarar görmemesi için örtülerek korunması; yağmur oluklarının, son katı uygulanmış sistemden en az 5 cm dışarıda olacak şekilde, yalıtım uygulamadan önce inşa edilmiş olması, iskele kullanımlarında, iskele kelepçelerinin uzunluğunun sistem kalınlığına uygun olması, işçi emniyeti açısından duvar ve iskele arasındaki mesafenin yeterli olması ve iskele kelepçeleri için açılan deliklerden (deliklerin eğri açılmaması) su sızmamasının dikkate alınması gerekmektedir [13].

Toprak altı, subasman veya suya maruz kalan kısımların hazırlığı: Binalardaki; toprak altı, subasman seviyesi veya suya maruz bölümlerde doğabilecek özel nem ve mekanik sorunlar düşünülerek gerekli önlemler alınmalı, bu bölümlerde uygulanacak katmanlar projede mutlaka en küçük ayrıntısına kadar belirlenmelidir. Özellikle subasman seviyeleri su sıçramasına ve birikmesine müsait ortamlar olduğu için yapısal önlemler alınması önerilir. Genelde bunun için bir çakıl yatağı kullanılabilir. Beton veya plaka kaplamalar ise eğimli olarak döşenmeli ve binadan yapısal olarak ayrılmalıdır.

Yüzey hazırlığı: Isı yalıtım levhalarının montajına başlamadan önce bina veya cephenin yüzeyine yatay ve dikey olarak ip çekilerek hizalanmalıdır. Sistemin ısı yalıtımı yapılmayacak bölümlerle kesiştiği noktalarda mutlaka uygun profiller kullanarak ya da sıva ile kapatarak ısı yalıtım kalitesini korumak gerekir.

Isı yalıtımı yapılacak yüzeyler işleme hazırlandıktan sonra mantolama işlemine geçilir. Mantolama işlemi subasman profillerinin çakılması, yüzeye ısı yalıtım levhalarını yapıştırılmasını sağlayan yapıştırma harcının hazırlanması, ısı yalıtım levhalarının yüzey uygulanması (yapıştırılması), dübelleme işlemi, ön sıva katmanının uygulanması, yalıtım filesinin uygulanması, sıva katmanının uygulanması, son kat kaplamanın uygulanması ve diğer dekoratif kaplamalar gibi işlemleri içerir. Ancak bu işlem basamakları zaman zaman yalıtım yapılacak yüzey ve yalıtım malzemesine bağlı olarak değişebilir [20].

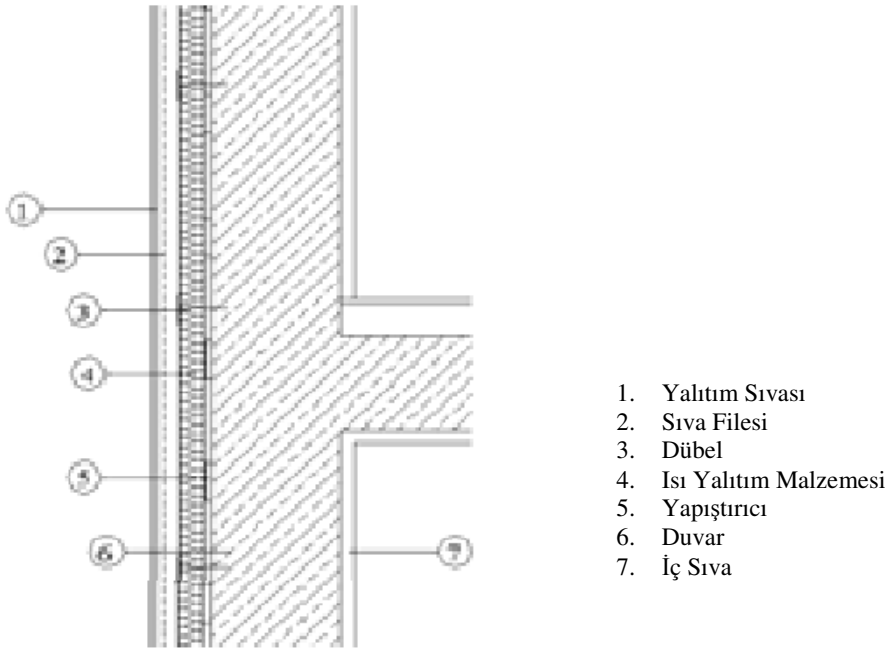
Aşağıdaki resimde levha halindeki ısı yalıtım malzemelerinin genel anlamda yüzeye uygulanış şekli verilmiştir (Bkz. Şekil 4.8-Şekil 4.9).



1. Dış Duvar
2. Yapıştırma Harcı
3. Isı Yalıtım Levhası
4. Plastik Dübel
5. Astar Sıva
6. Sıva Taşıyıcı File
7. Astar Sıva
8. Son Kat Hazır Sıva

Şekil 4.8. Levha Halindeki Isı Yalıtım Malzemelerin Duvara Uygulanışı

Levha halindeki ısı yalıtım malzemelerin yüzeye uygulanmasında önce başlangıç profili yüzeye yerleştirilir (Bkz. Şekil 4.10). Başlangıç profilin ölçüsü, tercih edilen yalıtım levhalarının kalınlığına ve uygulanacak olan sisteme göre belirlenir. Profiller, ipinde ve terazisinde olmasında dikkat edilerek duvarlara özel dübelleri ile 50 cm aralıklarla tespit edilir. Ayrıca duvar ile başlangıç profili arasındaki girinti ve çıkıntıları gidermek amacıyla farklı kalınlıktaki plastik takozlar kullanılabilir. Bodrum katı kullanılacak binalarda toprak altı seviyeden gelen ısı ve su yalıtım sistemi damlalıksız başlangıç profili ile birleştirilir [2].



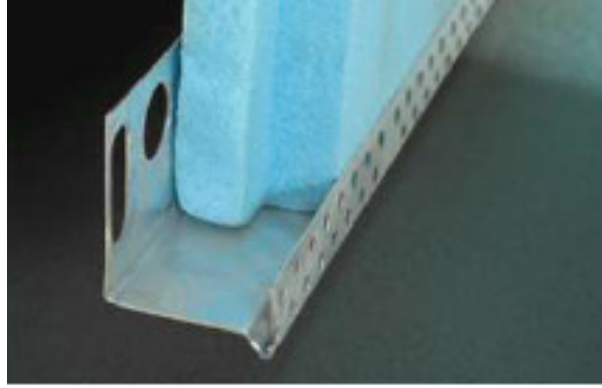
Şekil 4.9. Dış Cephe Kaplamasının Detayları



Şekil 4.10. Başlangıç Profilinin Duvara Uygulanması

Eğer bodrum katı yok ise veya kullanılmıyacaksa başlangıç profili su basman seviyesinin 20 cm altına kadar tespit edilir. Yatayda ve düşeyde profilin düzgün tespit edilmesi, tüm sistemin sağlıklı uygulanması için büyük önem taşır. Başlangıç profilin ölçüsü, tercih edilen yalıtım levhasının kalınlığına ve uygulanacak sisteme göre belirlenir. Duvar ile başlangıç profili arasındaki girinti ve çıkıntıları gidermek amacıyla farklı kalınlıktaki gönye elemanları kullanılabilir. Köşe bağlantılarında ise, başlangıç profillerinin köşeye uygun olarak açılı kesilmesi ile oluşturulur ( Bkz. Şekil 4.10) [13].

Yalıtım levhalarına yataklık edecek ve üzerine eklenecek levhalara başlangıç referans noktası olacak olan başlangıç profillerinin duvara uygulanmasından sonra levhalar yapıştırma harcı yardımıyla duvara yapıştırılır (Bkz. Şekil 4.11). Yapıştırma işleminden önce yüzeylerin temiz ve düzgün olmasına dikkat edilir. Levhaların duvara yapışmasını sağlayan yapıştırma harcının hazırlanmasında da gerekli özen gösterilmelidir. Şöyle ki ortalama 6 lt kadar su ile 25 kg 'lık çimento esaslı yapıştırma harcı, düşük devirli bir mikser veya mala ile topak kalmayacak şekilde karıştırılmalıdır. Hazırlanan yapıştırıcı hazırlanmayı müteakip 10 dakika kadar dinlendirildikten sonra levhalara uygulanmalıdır. Levhaların yüzeye yapıştırılmasında yüzeyin düzgünlüğüne göre iki yöntemden biri uygulanır.



Şekil 4.11. Yalıtım Levhalarının Profillere Oturtulması

Yalıtım levhalarını yapıştırılacak yüzeylerinin kenarları boyunca bir çerçeve oluşturacak şekilde yapıştırıcı sürülür. Orta kısımlara da noktasal olarak yapıştırıcı sürülür. Noktasal yapıştırıcı, dübel uygulanacak yüzeye denk gelecek şekilde ve minimum  $5 \text{ kg/m}^2$  olacak şekilde uygulanmalıdır (Bkz. Şekil 4.12). Yalıtım levhalarının birleşim derzlerine yapıştırıcı bulaştırarak ısı köprüleri ve düzensizlikler oluşturulmamalıdır. Levha yüzeyinin en az %40'ı 1-2 cm kalınlığında yapıştırıcı ile kaplanmış olmalıdır [15].



Şekil 4.12. Yapıştırıcı Harcın Yalıtım Levhasına Noktasal Olarak Uygulanması

Eğer uygulama yüzeyi çok düzgün ise yalıtım levhalarının yapıştırılacak yüzünü tamamen kaplayacak şekilde yapıştırıcı sürülür. Daha sonra bu yüzey dişli mala ile taranır. Yalıtım levhalarının yan kenarlarına yapıştırıcı bulaştırılmamalıdır (Bkz. Şekil 4.13).

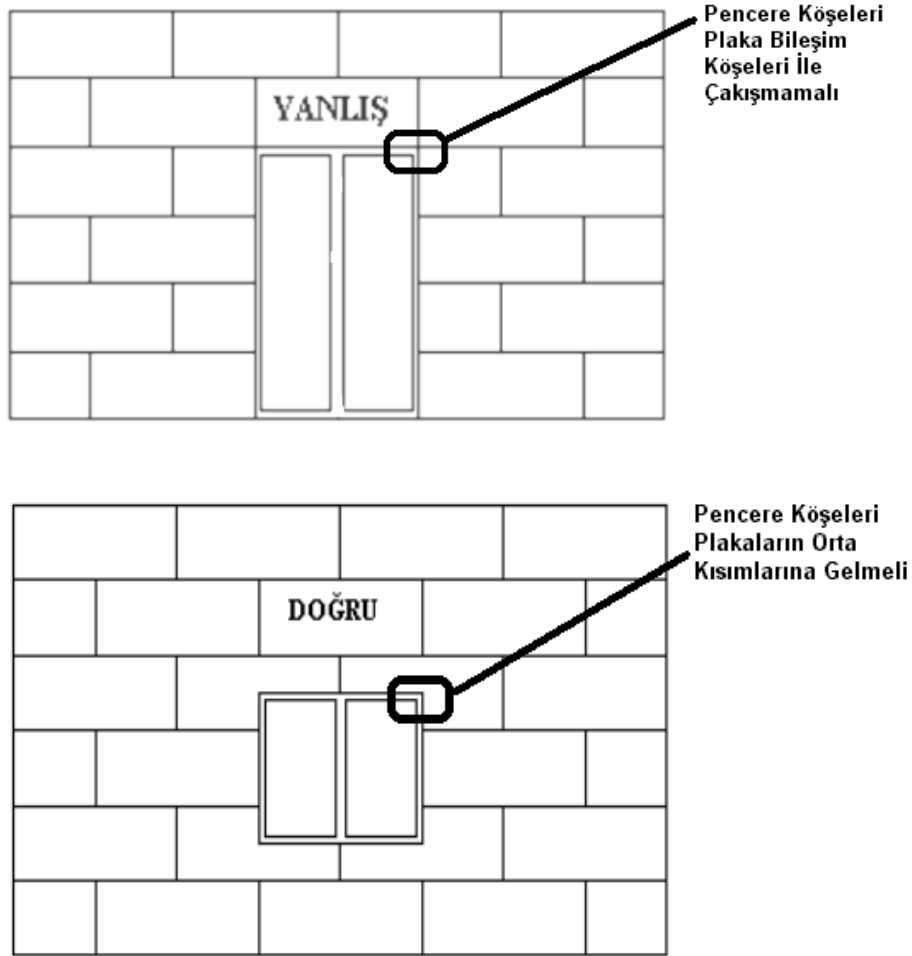


Şekil 4.13. Düzgün Yüzeyle Levha Yüzeyine Tırtıklı Mala İle Yapıştırıcı Uygulanması

Yapıştırıcı sürülmesinden sonra, ısı yalıtım levhaları su basman profiline oturtularak, hafifçe kaydırılıp duvara yapıştırılır. Levhaların duvara bastırılıp sıkıştırılması esnasında yanlardan taşan harç bir sonraki levha yerleştirilmeden önce mutlaka temizlenmeli ve levha aralarında ısı köprüsüne neden olabilecek derz

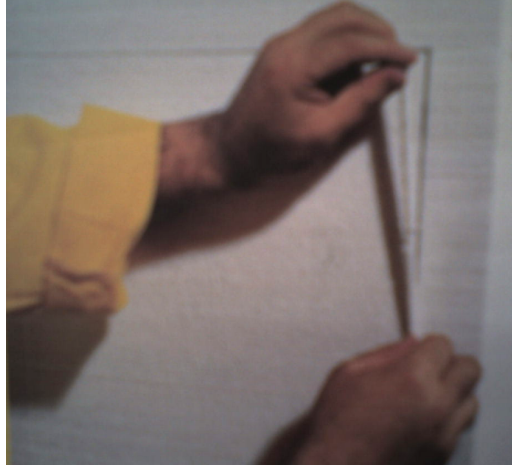


oluşturulmamalıdır. Cephelerde ve köşelerde levhalar şaşırtmalı olarak yerleştirilmelidir. Şaşırtma için kenarlarda sadece tüm ve yarım levhalar kullanılmalı, kenarlarda ayar yapılmamalı ve ek parçalar kesinlikle kullanılmamalıdır. Yüzeyin dışına çıkan levhaların kenarları, yapıştırıcı kurduktan sonra düzeltilmelidir. Yatay ısı yalıtım levhaları, ona dik gelen ısı yalıtım levhası ile örtülecek şekilde yerleştirilmelidir. Isı yalıtım levhaları yerleştirilirken duvardaki pencere vb. boşluklar dikkate alınmalıdır. Bu bölümler çatlama riskli bölgeler olduğundan uygulama Şekil 4.14’de gösterildiği gibi yapılmalıdır. Pencere ve kapı bölümlerinde, ısı yalıtım levhaları kaba yapının dışına taşacak şekilde yerleştirilmeli, yapıştırıcı kurduktan sonra cephe duvarları ile duvar arasına ısı yalıtım bandı yerleştirildikten sonra fazlalıklar kesilmelidir [15].



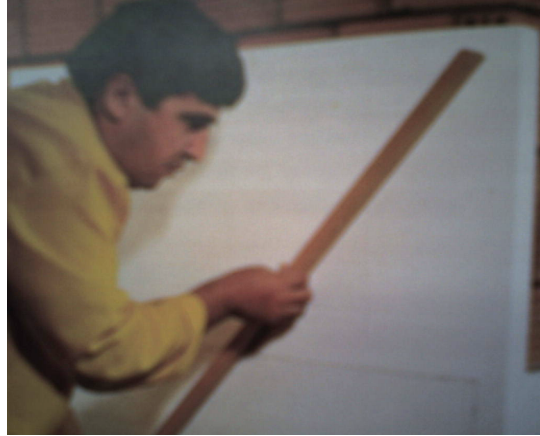
Şekil 4.14. Isı Yalıtım Levhalarının Kapı ve Pencere Bölgelerinde Uygulanması

Levhaların birleşim yerlerinde yüzeyin düzgün olması için törpüleme işlemi gerekebilir (Bkz. Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Isı Yalıtım Levhalarının Törpülenmesi

Levhaların yüzeye yapıştırılmasından sonra tam bir yapışma sağlayabilmek için yalıtım levhalarına geniş yüzeyli bir master ile vurulmalıdır (Bkz. Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Tam Yapışmayı Sağlamak İçin Levha Yüzeylerine Master Uygulaması

Isı yalıtım levhaları duvara yapıştırıldıktan sonra dübelleme işlemine geçilir. Ancak dübelle işlemine geçebilmek için levhaların yüzeyine uygulanan yapıştırma harcının tam kurumuş olmasına dikkat edilmelidir. Bu nedenle dübelle işlemi, yapıştırma

işleminin 24 saat sonra başlanmalıdır. Dübellemenin asıl amacı rüzgar ve türbülans etkilerini önlemektir. Dübellerin tespiti için duvar levha matkap ile delinir ( Bkz. Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Delik Delme ve Dübelleme İşlemi

Tablo 4.2’de verilen dübel yerleşimine uygun olacak biçimde dübeller levhalara yerleştirilir ve çivileri çakılır. Düzgün bir dış cephe yüzeyi elde edebilmek için, dübel kafaları yalıtım levhaları yüzeyi ile aynı seviyede olacak şekilde monte edilmelidir. Kullanılacak dübel ve açılacak deliğin derinlik seçimi, duvarın özelliklerine uygun olarak yapılmalıdır. Dübel yüzeyde en az 3 cm bir tutunma yüzeyine sabitlenmeli, gazbeton duvarlara en az 6 cm, tuğla duvarlara en az 5 cm, beton duvarlara en az 4 cm girmelidir. Delik boyu dübel boyundan en az 1 cm büyük olacak şekilde açılmalıdır.

Tablo 4.2. Bina Yüksekliğine Göre Dübel Uygulama Düzenleri

	Uygulama Yüksekliği H (m)					
	0 < H ≤ 8		8 < H ≤ 20		20 < H ≤ Kullanım sınırı	
	Kenar	Yüzey	Kenar	Yüzey	Kenar	Yüzey
Dübel / m <sup>2</sup>	6	6	8	6	10	6
Dübel şeması						

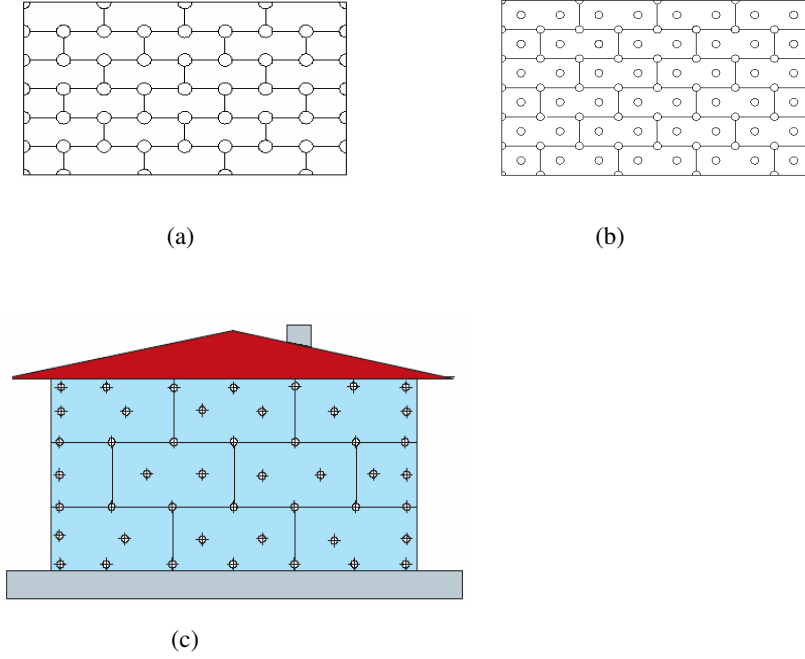
Genellikle uygulamalarda 6 dübel/ m<sup>2</sup> olarak kabul edilir. Ancak bina yüksekliği ve bina çevresindeki çevre koşulları dübel sayısını belirler. Özellikle kenar alanlarda rüzgarın kuvvetinde dolayı dübel sayısı önem taşır. Her binada kenar alanlar, her iki yandan en az 1 metre genişliğinde olarak kabul edilir. Bina cephe yüksekliği genişliğinden büyükse, kenar alanı genişliğinin %10'u olarak hesaplanır. Eğer yükseklik genişlikten küçük veya aynı ise, kenar alan yüksekliğinin %10'u olarak hesaplanır. Aşağıdaki tabloda (Bkz. Tablo 4.3) bilgiler yüksekliği 50 metreye kadar uzanan binalar içindir. Rüzgar hızı ise 135 km/h olarak sınırlandırılmıştır [16].

Tablo 4.3. Rüzgar Hızı ve Yerleşim Bölgelerine Göre Levha Üzerine Uygulanacak Dübel Sayıları

Rüzgarın Hız Değeri (km/h)	Müstakil ve az katlı binaların bulunduğu, göl-deniz kıyılarında şehir merkezinden uzaktaki yerleşim bölgeleri			Sık ağaçlıklı, bu nedenle rüzgara kapalı olabilecek, şehir merkezinden uzaktaki yerleşim bölgeleri			Bitişik nizam veya çok katlı binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri		
	Bina Yüksekliği (m)								
	<10	10-25	>25-50	<10	10-25	>25-50	<10	10-25	>25-50
< 85	6	6	6	6	6	6	6	6	6
85-115	8	10	12	8	8	10	6	8	10
>115-135	10	12*	12*	10	12	10	8	10	12

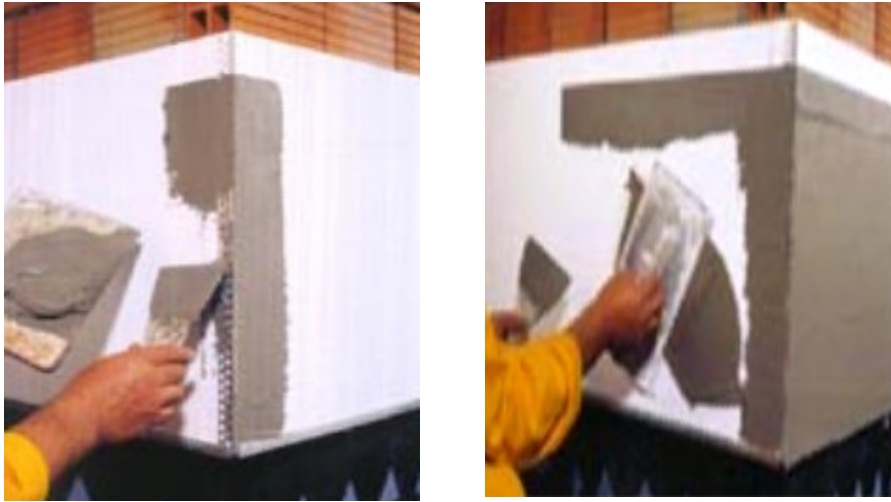
\*Bu tip binalarda taşıma gücü 0,20 kN olan dübeller tercih edilmelidir.

Dübel tespit işleminde problem olabilecek malzeme ile örülmüş yüzeyler veya duvarlar üzerine kaba sıva yapılamıyorsa, dübellerin yapıştırma harcı öbeği üzerine rastlayacak şekilde tespit edilmesi gerekir. Kenar bitişlerine (çatı saçakları, köşe vb..) güçlendirmek amacıyla tek sıra dübel uygulaması yapılır. Aşağıdaki şekilde çeşitli dübelleme düzenleri verilmiştir (Bkz. Şekil 4.18).



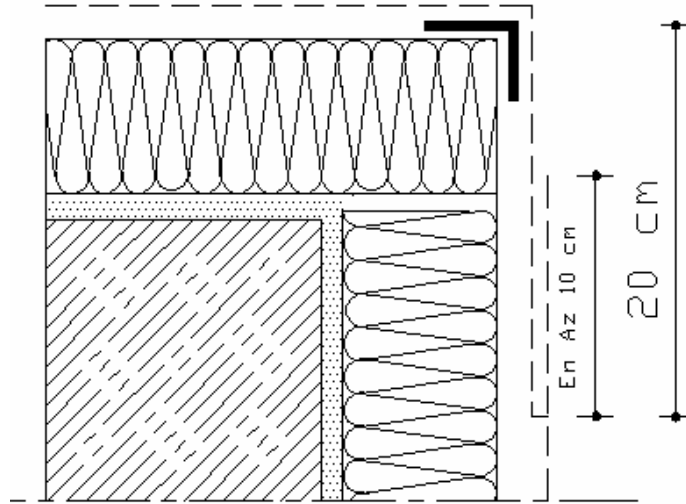
Şekil 4.18. Yalıtım Levhalarına Dübel Uygulama Düzenleri

Dış cephe ısı yalıtım uygulamalarında, pencere, kapı ve duvar yüzeylerinin oluşturduğu köşelerde düzgün bir kenar oluşturabilmek için köşe profilleri kullanılmalıdır. Ayrıca köşeler çatlama riski en yüksek olan ve aynı mekanik zorlamalara en fazla maruz kalan bölgelerdir. Bu nedenle bu bölgeleri korumak amacıyla profil kullanılmalıdır (Bkz. Şekil 4.19).



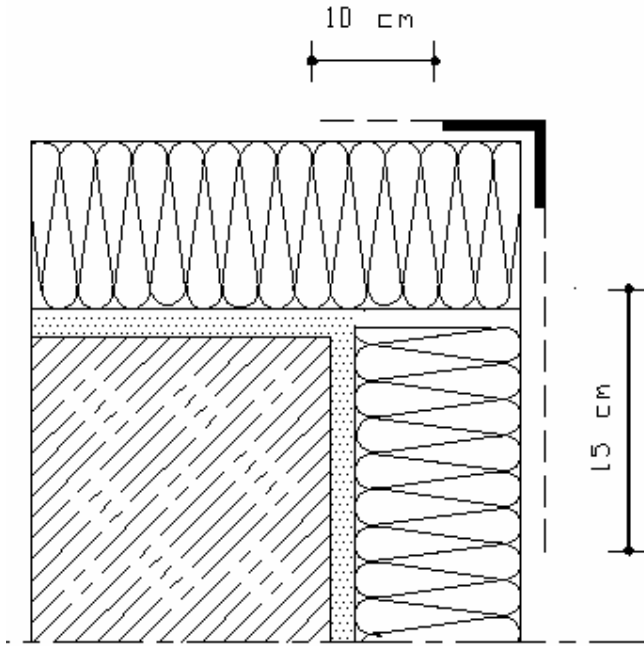
Şekil 4.19. Köşe Profillerinin Uygulanması

Bu amaçla; alüminyum ve kendinden fileli PVC köşe profilleri kullanılmaktadır. Kendinden fileli profilleri kullanmak işçilik ve zaman kazandırdığı kadar yanlış uygulama riskini de en aza indirmektedir. Köşe profilleri; sıva katmanının oluşturulmasından önce köşeye yerleştirilerek, üzeri sıva ile kapatılır. Köşe profillerinden başlamak üzere donatı sıvası tüm yüzeye mala ile uygulanmaya başlanır. Kenar ve köşelerin oluşturulmasında, köşe profillerinin daha iyi yapışması için bir miktar sıva ile birlikte tatbik edilmelidir. Alüminyum köşe profilleri, köşeye yüzey sıvası ile yerleştirilir ve üzerine donatı filesi köşelerden en az 20 cm dönecek şekilde uygulanır. Tüm yüzeye uygulanan donatı filesi, bu uygulamanın üzerine en az 10 cm bindirilmelidir (Bkz. Şekil 4.20) [21].



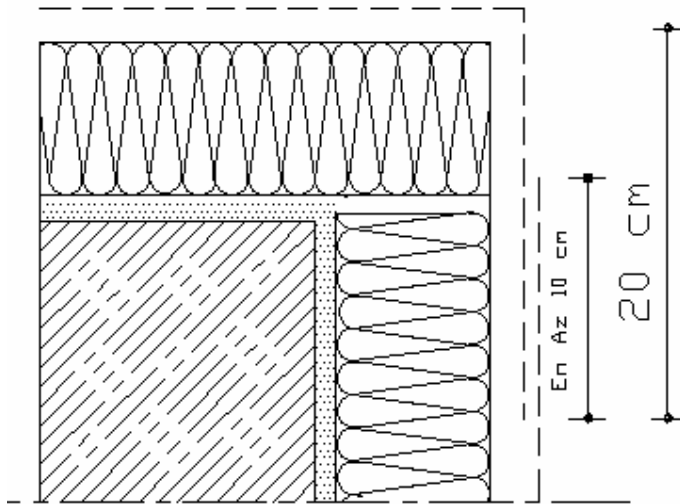
Şekil 4.20. Alüminyum Köşe Profilinin Uygulanması

Kendinden donatı fileli köşe profilleri yüzeye yerleştirilirken, köşe profilinin genişliğinde ince bir kat yüzey sıva uygulanır, profil üzerine yerleştirilir ve şekilde belirtildiği gibi (Bkz. Şekil 4.21) donatı filesi üzerine uygulanır.



Şekil 4.21. Kendinden Donatı Fileli Köşe Profilinin Uygulanması

Profilsiz köşelerin şekillendirilmesi sıva ile yapılır. Donatı filesinin yerleşimine bir kenardan başlanmalı ve köşeleri 20 cm kadar kapatmasına dikkat edilmelidir. Donatı fileleri birbiri üzerine bindirilerek yerleştirilmelidir (Bkz. Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Profilsiz Köşelerin Oluşturulması

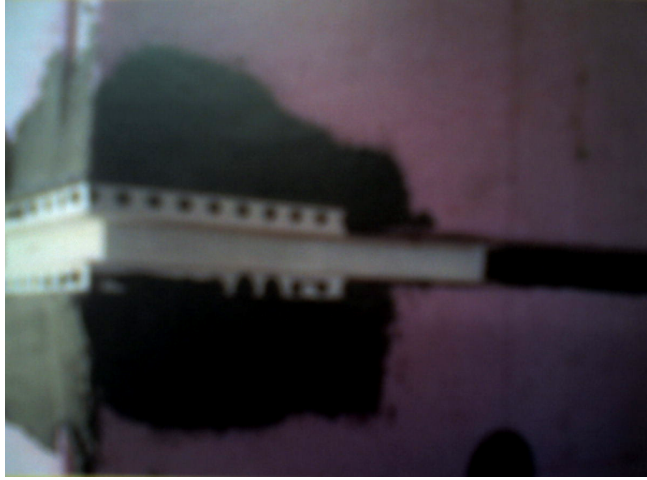
Sıva içerisine gömülecek olan donatı filesi, ilave olarak, pencere ve kapı köşelerinde yaklaşık 30x40 ebatlarında, yatayla  $45^{\circ}$  'lık açı yapacak şekilde diagonal uygulanmalıdır [21]. En doğru uygulama şekli ise tüm pencere çevresinin filelenmesidir (Bkz. Şekil 4.23).



Şekil 4.23. Donatı Filesinin Pencere Köşesine Yatayla  $45^{\circ}$ 'lık Açı Yapar Konumunda Uygulanması

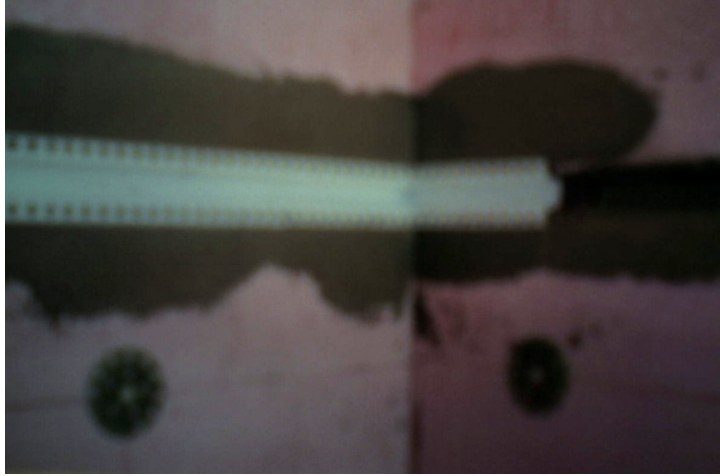
Binalarda dilatasyon bölgelerinin oluşturulması da dikkat edilmesi gereken bir konudur. Çünkü dilatasyon derzleri hem çatlama açısından hem de ısı iletkenliği açısından riskli bölgeler olarak adlandırılabilir. Yapıda açılması gereken dilatasyonun, dış cephe ısı yalıtım sistemi üzerinde de devam etmesi gerekir. Bunun için özel dilatasyon profilleri kullanılmalıdır. Ayrıca yalıtım levhasının kapı veya pencere doğramaları ile birleşim noktaları açık kalmayacak şekilde su sızdırmazlık bandı veya poliüretan esaslı dolgu mastiği ile kapatılmalıdır. Dilatasyon kesinlikle sıva, yapıştırıcı gibi malzemelerle kapatılmamalıdır, bu bölümlerde özel düz ve köşe detaylar için geliştirilmiş dilatasyon profilleri kullanılmalıdır. Profiller en az 10 cm üst üste bindirilerek uzatılabilir (Bkz. Şekil 4.24).





Şekil 4.24. Dilatasyon Profillerinin Uygulanması

Fuga profilleri ısı yalıtım levhalarının döşenmesi sırasında yerleştirilir. Fuga profillerinin boyutlarına karar verirken, ısı yalıtım levhasının kalınlığı göz önüne alınmalıdır. Fuga profili ile duvar arasında; ısı yalıtımını korumak amacıyla ısı yalıtım bandı kullanılmalıdır. Fuga profillerinin kullanımına, ısı yalıtım levhalarının döşenmesinden sonra karar verildiği takdirde, yalıtım levhası kalınlığının en az %25'i kadar kalınlık, fuga profilinin arkasında bırakılmalıdır. Bu uygulama, ısı yalıtım performansı açısından önem taşımaktadır. Yüzeydeki donatı filesi, profil kenarının üzerine bindirilir ve üzeri sıvanır. Dekoratif olarak problem yaratmaması için profillerin terazisinde ve özellikle köşelerde, gönyesinde olmasına dikkat edilir. Profillerin üzeri boyanarak dekoratif görünüm kazandırılır (Bkz. Şekil 4.25).



Şekil 4.25. Fuga Profillerinin Uygulanması

Damlalık profilleri, ısı yalıtımının kapı ve pencere lentoları, balkon ve cumba altlarındaki gibi riskli bölgelerde sudan korunması, aynı zamanda bu bölgelerde düzgün bitişler sağlanabilmesi için kullanılan ekipmanlardır. Profiller köşeye yüzey sıvası yardımıyla monte edilir ve üzerine donatı filesi yerleştirilir (Bkz. Şekil 4.26).



Şekil 4.26. Kapı Üzerine Damlalık Profillerinin Uygulanması

Duvarda yalıtım işleminde levhalar yüzeye uygulandıktan, dübellere sabitlendikten ve gerekli köşe profilleri yapıldıktan sonra yalıtım levhası sıvası uygulanır. Sistemin donatısını, bu katman oluşturmaktadır. Önce sıva hazırlanır. Bu işlem için özel imal edilmiş toz halindeki 25 kg'lık çimento esaslı sıva, ortalama 6 lt su ile tercihen düşük

devirli bir mikser yardımı veya mala ile topak kalmayacak şekilde karıştırılarak hazırlanır. Bu şekilde akrilik esaslı yüzey sıvası kullanıma hazır hale gelir. Sıva harcı hazırlandıktan sonra levhaların üzerine iki kat sıva yapılır.(Bkz. Şekil 4.27) [5].



Şekil 4.27. Isı Yalıtım Levhasının Yüzeyine İlk Kat Sıva Uygulaması

Birinci kat sıva sürüldükten sonra henüz kurumadan, üzerine sıva filesi çelik mala ile hafifçe bastırılarak tutturulur. Sıva filesinin yüzeyi boyunca ilk kat sıvanın içine hafifçe gömülmesi gereklidir. Sıva filesi, 3-4 mm'lik toplam sıva kalınlığının 2/3'ü filenin altında, 1/3'ü file üstünde kalacak şekilde uygulanır. Filenin yalıtım levhası ile temas etmemesine dikkat edilmelidir (Bkz. Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Donatı Filesinin İlk Sıva Katmanı Üzerine Uygulanması

Sıva filesi tabakalarının ek yerleri, birbirlerine yatayda ve düşeyde 10 cm bindirilmelidir. Alt kat sıvanın kurumaması beklenmeden, ikinci kat sıva uygulaması yapılarak düzgün bir yüzey elde edilir (Bkz. Şekil 4.29). İkinci kat sıva uygulaması,

geniş yzeylerde ara vermeden sdrdrmelidir. Bu nedenle, son kat uygulanırken yeterli iç gdcnün bulundurulmasına dikkat edilmelidir.



şekil 4.29. İkinci Kat Sıva Uygulaması

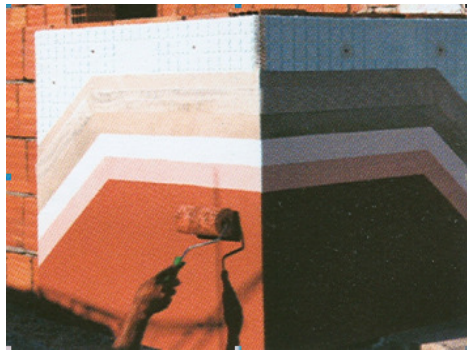
Yalıtım levhası sıvası kurduktan sonra, sistem üreticisinin tavsiyesine ve kişinin tercihine bağılı olarak üzerine dekoratif kaplama uygulanır. Uygulanacak kalınlık ve miktar kaplama türüne göre değışmektedir (Bkz. şekil 4.30).

Çeşitli yzey şekilleri, son kat sıva üzerinde çeşitli uygulama metotları ile oluşturulur. Uygulama +5 °C ile 30 °C sıcaklık aralığında yapılmalıdır. Güneşli, sıcak ve rüzgarlı ortamlarda gerekli koruma önlemleri alınmalıdır. Farklı kuruma sürelerine bağılı olarak oluşabilecek ton farklılaşmalarını önlemek için geniş cephelerde anolama yapılmalı veya iskelede yeterli eleman bulundurulmalıdır. Birbiri ile bağılantılı yzeylerde uygulama, ara verilmeden bitirilmelidir. Uygulanmış yzeyler, priz alma süresi içerisinde yağmur ve don gibi olumsuz hava koşullarına karşı korunmalıdır.



Şekil 4.30. İkinci Kat Yalıtım Sıvası Uygulanması

Son kat sıva kaplamasından sonra dış cephe üzerine dekoratif amaçlı boyama veya kaplama işlemleri yapılır (Bkz. Şekil 4.31). Dış cephe yalıtım sistemlerinde genellikle tekstürlü hazır renkli sıvalar tercih edilmelidir. Son kat kaplamanın, dekoratif amacının aynı sıra bir görevi de dış cepheyi ve yalıtım sistemini dış hava koşullarından korumaktır. Bu korumada, kaplamanın tanecik yapısı büyük önem taşır. Mimari nedenlerden ötürü 'düz' bir boya gerekiyorsa, normal uygulamanın üzerine 1-2 kat daha sıva yapılmalıdır. Son kat kaplamalar için renk seçiminde fazla koyu renkler tercih edilmemelidir. Açık renklere kıyasla güneş ışınlarını daha fazla çektikleri için yüzey fazla ısınarak, ısı gerilimle birlikte çatlaklar oluşabilir. Son kaplama uygulamasına, yüzey sıvası uygulanmasından en az yedi gün sonra geçilmelidir.



Şekil 4.31. Dekoratif Amaçlı Boyama ve Kaplama

En son yüzey kaplama işlemini yüzeyi tuğla ile kaplayarak da yapılabilir. Bu uygulamada Kilden imal edilmiş 15 mm kalınlığındaki tuğlalarla yapılan tuğla bitişli uygulamalar, mevcut ve yeni binalara uygulanabilen bir dış cephe kaplama sistemidir (Bkz. Şekil 4.32).



Şekil 4.32. Tuğla Bitişli Son Dekoratif Kaplama

Bu tür uygulamalarda; sistem üreticisinin tavsiyesi ile pürüzlü ön ve arka yüzeylerinin yanı sıra, tuğla tespitini kolaylaştırmak ve işçiliği hızlandırmak amacıyla önceden hazırlanmış, tuğla genişliğinde yatay oluklar açılmış ısı yalıtım levhaları kullanılır. Bu oluklar, yatayda taşıyıcı destek dişleri oluşturur ve derzlerin yatayda ve düşeyde düzgün oluşmasını sağlar. Yapıştırma ve mekanik tespit işlemleri tamamlanmış ısı yalıtım levhalarının üzerindeki hazır oluklar arasına son kat kaplama tuğlalar, özel yapıştırıcısı ile yapıştırılır (Bkz. Şekil 4.33) [16].



Şekil 4.33. Tuğlaların Arasına Özel Yapıştırıcıların Uygulanması

Kuruma işleminin tamamlanmasından sonra, olukların oluşturduğu derzler, uygun bir derz dolgu malzemesi ile doldurulup, düzeltilerek uygulama tamamlanır.

Mantolama sistemin uygulamalarında yapılan hatalar konusunda şunlar söylenebilir. Bazı uygulamalarda bilgi ve tecrübe eksikliğinden kaynaklanan hatalar sonucunda, ısı yalıtım sistemlerinin uygulandığı binalarda, ısı yalıtımından beklenen performansın aksine, performans kayıpları ve bazı hasarlar oluşmaktadır. Bu problemin ana kaynağı, pazarda yeteri kadar tecrübeli uygulamacı firmanın olmamasıdır. Tecrübesiz ve bilgisiz uygulamacıların, haksız fiyat rekabeti ile proje sahiplerini etkileyerek uygulama işlerini almaları, problemlü uygulamalara yol açmaktadır. Diğer bir neden de, ısı yalıtım sistemi üreticisi firmaların yanı sıra, pazarda toplama malzemeler ile yapılan uygulamalarda oluşan problemlerdir.

İnşaat sektöründe "deneme yanılma yöntemi" veya "olsa olsa böyle olur metodu" kullanılarak çok sık hatalar yapılmaktadır. Bunlardan biri, boyut stabilitesi olmayan levhaların altına ısı yalıtım levhalarının montajı ile yapılan uygulamalardır. Su buharı geçirgenlikleri, su emme değerleri, yapışma ve kopma değerleri ve genişleme özellikleri, kısacası birbiri ile uyumlulukları test edilmemiş malzemeler arasındaki ısı farklılıkları sonucu boyut değişimleri ve bu değişim sırasında malzemelerin birbirlerini itmesi nedeni ile hasarlar oluşmaktadır. İlk maliyeti ucuz gibi görünen bu uygulamada, hasar yıllar içinde devam edeceğinden yapılan tüm harcamalar boşunadır ve uygulama maliyetleri de yüksektir [5].



İç yüzeylerden yapılan yalıtımlarda, ısı köprüleri için önlem alınmadığında, özellikle ısı yalıtımı yapılan cephelere komşu kolon, kiriş ve döşemelerde yoğuşma oluşmakta, dolayısı ile ısı kayıpları kaçınılmaz hale gelmektedir.

Genel uygulama hataları şunlardır;

- Dübel montajlarının yanlış yapılması,
- Dübel deliğinin büyük açılması,
- Düşük sıcaklıklarda kırılğan, taşıma gücü zayıf kalitesiz dübellerin kullanılması,
- Bina rüzgar yüklerinin dikkate alınmaması sonucu eksik dübel kullanımı,
- Isı yalıtım levhası sıvasının ince yapılması sonucu sıvada dökülme problemleri,
- Isı yalıtım levhalarının şaşırtmalı olarak yerleştirilmemesi,
- Donatı filesinin kalitesiz olması, alkali dirençli olmaması,
- Donatı filesi uygulamasında file bindirmelerinin yapılmaması,
- Isı yalıtım levhalarının arasında 2-4 mm boşluk bulunması halinde bu boşluğun harç ve sıva ile doldurulması,
- Su yalıtımı ile ısı yalıtımının birleşim detaylarının iyi çözülmemesi,
- Binalardaki parapet üstlerinin bir harpuşa ile korunması,
- Ahşap, kiriş, sundurma direkleri gibi elemanlar ile ısı yalıtım sistemi birleşim detaylarının doğru çözülmemesi.

Detay eksikleri ve problemleri olarak;

- Yağmur borularının ve paratoner hatlarının sistemin içine gömülmesi,
- Balkon ve bina çıkmalarındaki detayların çözülememesi nedeni ile ısı köprülerinin oluşması,
- Dilatasyonlarda profil kullanılmaması veya yanlış ve uygun olmayan profillerin kullanılması,
- Yağmur ve kar sularının birikebileceği yanlış detayların sonucunda sistemin su emmesi, ısı yalıtım sisteminde hasarlar oluşturan problem kaynaklarıdır.

Uygun olmayan malzeme seçimi olarak;



- B1 yangın sınıfında olmayan EPS kullanılması,
- Isı yalıtım levhalarının mantolama sistemi için uygun olmaması;
- Standartlara uymayan, boyut stabilitesi kazanmamış yani dinlendirilmemiş EPS,
- Standartlara uymayan ve sıva tutucu bir emprenye sistemi olmayan taş yünü,
- Standartlara uymayan, düşük yoğunluklu, zırlı XPS,
- Ölçüleri uyumsuz profillerin kullanımı da ısı yalıtım sisteminin verimliliğini olumsuz etkileyen sorunlar arasındadır,

Zemin problemleri olarak ;

- Tozuyan, kirli, yağlı yüzeyler,
- Tuz kusması olan cepheler,
- Yosun ve bakteri üremiş cepheler,
- Düzgün olmayan, gevşek zeminler, ısı yalıtım uygulamalarından önce çözümlenmemeleri halinde sorun oluşturacak problem kaynaklarıdır.

Malzeme stoklama hataları olarak;

- Isı yalıtım levhaları, direkt güneş altında, yağmura karşı korunmasız halde stoklandığında,
- Isı yalıtım levhaları, gelişigüzel bir şekilde stoklandığında,
- Mineral lifli ısı yalıtım levhaları büküldüğünde hasar gördüklerinden, ısı yalıtım uygulamalarında kullanılmalrı sakıncalıdır [2].

Mantolama sistemi uygulamasında tavsiyeler olarak;

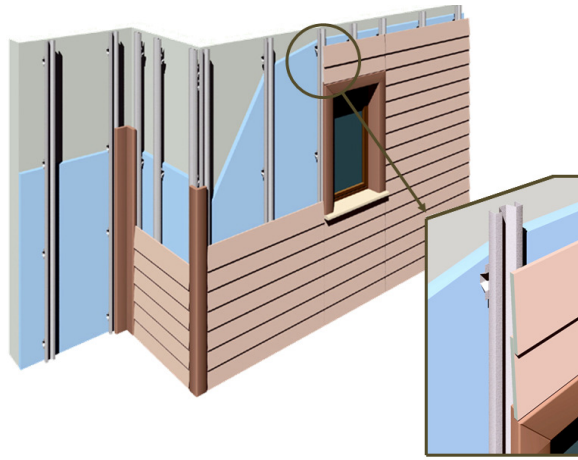
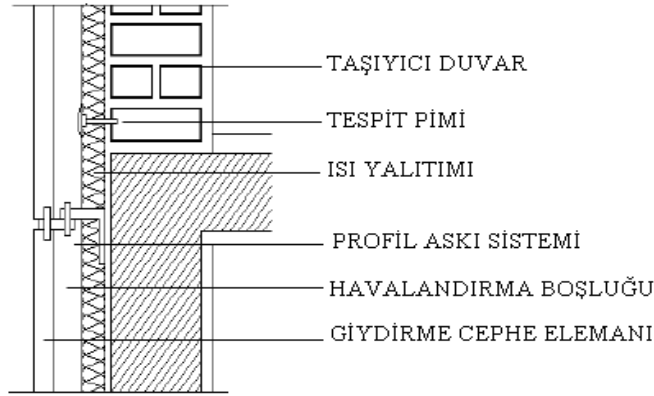
- Uygulamada kullanılacak ısı yalıtım malzemesi seçimi yapılmadan önce, bina yüksekliğinin yangın güvenliği açısından değerlendirilmesi yapılmalıdır.
- Cephelerde XPS veya EPS levhalar kullanılıyorsa, yangına karşı korunum sağlamak amacıyla, pencere gibi açık kısımların etrafını taş yünü levhalarla dönülmesi tavsiye edilir.
- XPS levhaların kullanımında yüzey pürüzlü, kenarları düz levhalar tercih edilmelidir.

- Uygulamalarda kullanılacak olan XPS ve EPS levhaların dinlendirilmiş olması gerekmektedir.
- Karışım oranlarına ve kullanılacak malzeme miktarına uyulmalıdır.
- Yapıştırıcının derzlere girmesini önlemek için yapıştırıcı, levhaların kenarlarına yakın sürülmemelidir.
- Levha, yapıştırıcı sürüldükten sonra hemen duvara tatbik edilmelidir.
- Yüzeyde kalabilecek açıklıklar yalıtım parçaları ile kapatılmalıdır.
- Cephelerde ve köşelerde levhalar şaşırtmalı olarak yerleştirilmelidir.
- Yapışmayı sağlamak için levhalara, geniş yüzeyli düzgün bir mala ile vurulmalıdır.
- Yalıtım levhalarının duvara dübellenmesi, yapıştırma işleminden en erken 24 saat sonra yapılmalıdır.
- Levhaların birleşim noktalarında oluşabilecek çıkıntılar törpülenmelidir.
- Donatı katmanının iyi hazırlanmasına dikkat edilmelidir.
- Son kat sıva uygulamasından önce donatı katmanının iyice kurduğu tespit edilmelidir.
- Uygulama sırasında sistem, yağmura karşı korunmalıdır.
- Uygulamalar, güneş ve kuvvetli rüzgar etkisinde kalan cephelerde yapılmamalıdır.
- Yüzey düzgünlüğünün sağlanması için veya açıklıkların doldurulması, alt veya son kat malzemelerle yapılmamalıdır.

#### **4.2.1.2. Havalandırılmalı dış duvar yalıtım uygulamaları**

Yapının mevcut duvarına uygulanan ısı yalıtım malzemesi ile kaplama malzeme arasında hava boşluğu bulunan sistemlerdir. Türkiye’de, özellikle büyük şehirlerimizde sayısı giderek artan ve büro yapısı dışında, günümüzde konut olarak da tercih edilen yüksek yapılarda uygulanan bu sistemde, yapı elemanlarından kaynaklanan ısı kaybı; pencereler ile parapet bölgesini oluşturan duvar elemanlarında meydana gelmektedir. Tuğla ya da betonarme parapetli sistemlerde kullanılacak yalıtım malzemesi; parapetin iç yüzünde ve parapetin dış yüzünde olmak üzere iki farklı konumda uygulanabilmektedir. Parapetsiz sistemde ısı yalıtımı uygulaması, parapet bölgesinde kullanılan panelin bünyesinde veya panelin iç kısmında

olmaktadır Doğru bir detaylandırmanın sağlanması halinde bu tür bir kesitte yoğuşma olmayacaktır ( Bkz. Şekil 4.34) [2].



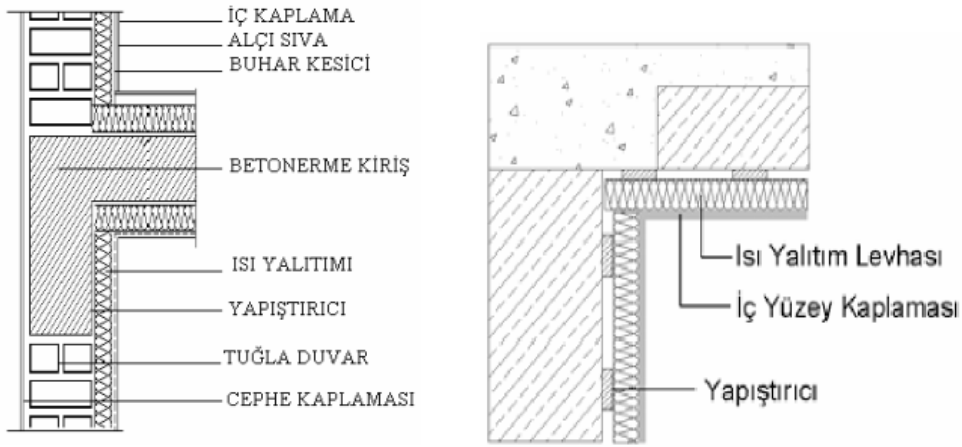
Şekil 4.34. Giydirme Cephe Sistemlerde Dıştan Havalandırılmalı Yalıtım Detay

Havalandırılmalı giydirme cephelerde, yanıcı ısı yalıtım malzemeleri kullanılıyorsa, her kat hizasındaki mineral yün yangın bariyerlerine ilave olarak her kat döşemesi hizasında metal yangın kesici bantlar kullanılması faydalı olacaktır. Geçirimsiz dış kaplama ile ısı yalıtım malzemeleri arasında mutlaka havalandırma boşluğu bulunmalı ve muhtemel yoğuşma suyu için, drenaj imkanı sağlanmalıdır. Yanıcılık sınıfı A1, A2 ve B1 sınıfı ısı yalıtım malzemeleri kullanılmalıdır. Yangına dirençli tespit elemanları ve her kat hizasında 100 mm 'lik bant halinde mineral yün yangın bariyerleri takviye edilmelidir. Yağmur suyu sızmasına karşı, kaplama arkasında bir

membran kullanılıyorsa mutlaka buharı dışarı atan, suyu iç tarafa geçirmeyen (nefes alan su yalıtım membranı) bir membran kullanılmalıdır [24].

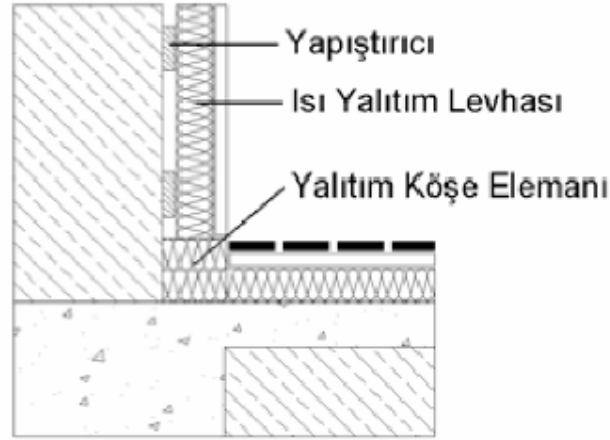
#### **4.2.2. Duvarlarda içten ısı yalıtımı uygulanması**

Günümüzde konutlarda da sıklıkla uygulanan bu sistem; büro binaları, konser ve sinema salonları gibi kısa süreli kullanılan, sürekli bir ısıtma gerektirmeyen mekânlarda uygulandığında daha olumlu sonuçlar vermektedir. Bu sistemde duvarların ısı depolama yeteneği az, ancak ön ısıtma süreleri kısadır. İç yüzeyden ısı yalıtımı yapılması durumunda, buhar difüzyonu sonucunda ısı izolasyon malzemesi içerisinde yoğuşma olasılığı oldukça yüksektir. Bu sebeple, yalıtım levhalarının sıcak tarafında mutlaka bir buhar kesici malzeme kullanılmalıdır [1]. İçeriden yapılan yalıtım, özellikle mevcut binaların ısı yalıtımında ve dıştan ısı yalıtımı tercih edilmeyen durumlarda uygulanmaktadır. Ancak bu uygulamalarda, döşemelerin, kolon, kiriş ve perdelerin dış duvara bağlandığı kısımlarda meydana gelen ısı köprülerini ortadan kaldıracak önlemlerin alınması gerekmektedir. Dıştan yalıtımlı duvarlarda görülen uygulama tekniğinin güçlüğü ve maliyet artışı gibi olumsuz özelliklere karşın, iç yüzeyden yalıtımlı duvarlarda uygulama kolaylığı ve maliyetin düşmesi olumlu özellikler arasında sayılmaktadır (Bkz. Şekil 4.35) [2].



(a) Kiriş-Duvar Birleşimi

(b) Duvar-Tavan Bileşimi

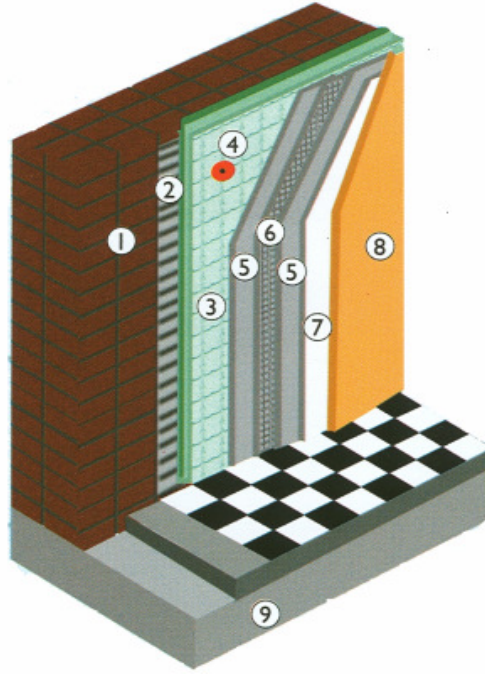


(c) Duvar-Döşeme Bileşimi

Şekil 4.35. Duvarlarda İçten Yalıtım Detayları

İçeriden yapılan yalıtımın avantajları arasında, bina dış görünüşüne etki etmemesi, iskele gerektirmemesi, uygulama sırasında dış hava durumundan etkilenmemesi, uygulama kolaylığı, istenilen mekân ya da duvar için uygulama olanağı vermesi, daha ekonomik olması sayılmaktadır. Ancak içeriden yalıtımda sıcaklık farkları sebebiyle oluşan ısıl gerilmeler sonucu iç yapıda bozulmalar ve çatlaklar oluşabilmekte, yazın iklimlendirme cihazı kullanılmaması durumunda iç ortam sıcaklığında yüksek artışlar olabilmekte ve iç hacimde alan kayıpları oluşmaktadır.

Duvarların iç kısımdan yalıtılması uygulamasında yapılan işlemler ana hatlarıyla, dıştan yalıtımda yapılan işlemlere benzer ( Bkz. Şekil 4.36) [5].



1. Dış Duvar İç Yüzeyi
2. İzolasyon Pano Yapıştırıcısı
3. Isı Yalıtım Levhası
4. Dübel
5. 1. Kat Yalıtım Sıvası
6. Elyaf Sıva Fılesı
7. Dekoratif Kaplama (2. Kat Sıva)
8. İç Cephe Boyası
9. Döşeme Betonu

Şekil 4.36. Duvarların İçten Yalıtılması Uygulaması

Aynen dıştan yalıtımda olduğu gibi içten yalıtımda da yalıtım uygulanacak yüzeyler toz, kir ve yapışmayı önleyecek maddelerden arındırılmalıdır. Bu işlemden sonra yapıştırma harcı mantolamada belirtildiği gibi hazırlanır. Harcın hazırlanmasından sonra ısı yalıtım levhalarına ya noktasal olarak ya da çerçevesi olarak uygulanır (Bkz. Şekil 4.37).



Şekil 4.37. Levhalara Yapıştırma Harcının Uygulanması

Levhaları yapıştırma işlemine iç köşelerden başlanmalı ve terazisinde şaşırtmalı olarak uygulanmalıdır. Isı yalıtım levhaları yüzeye uygulandıktan sonra dübelleme işlemine geçilir. Dübelleme işlemi aynen dış duvarlarda olduğu gibi yapılır. 3 metreden daha az yükseklikler için dübel kullanılmayabilir (Bkz. Şekil 4.38).



Şekil 4.38. Isı Yalıtım Levhalarının Duvar İç Yüzeyine Uygulanması

Yapıştırma, dübelleme ve törpüleme işlemlerinden sonra ilk kat sıvası hazırlanır. Hazırlanan sıva ısı yalıtım levhasının üzerine 2-3 mm kalınlığında uygulanır (Bkz. Şekil 4.39).



Şekil 4.39. Isı Yalıtım Levhasına İlk Kat Sıva Uygulaması

Uygulanan sıvanın prizi gerçekleşmeden donatı filesi mala yardımıyla yüzeye uygulanır. Donatı filesi uygulamalarında, filenin uç noktalarının birbirleri üzerine 10 cm bindirme yapılmasına dikkat edilmelidir. Uygulanan ikinci kat sıvadan sonra son kat sıva işlemine geçilir. Genellikle son kat sıva uygulaması olarak alçı kullanılır. Ancak zaman zaman alçı yerine lateks katkılı, çimento bazlı hazır sıvalar ile alçılar da kullanılabilir. Bu işlemlerden sonra yüzeye dekoratif amaçlı olarak çeşitli ( boya vb.) uygulamalar yapılabilir.

#### 4.2.2.1. Duvarların içten yalıtımı uygulamalarında dikkat edilecek hususlar

- Duvarların içten yalıtılması, yoğuşma riskinin yüksek olduğu uygulamadır. Kullanılan ısı yalıtım malzemesinin su buharı difüzyon direnci ve kalınlığına yoğuşma tahkiki yapılarak, buhar kesicinin sıcak tarafta kullanılıp kullanılmaması kararlaştırılır. Bu kesicinin ek yerlerinde geçirimsizliği sağlayacak buhar kesici bant kullanılmalı tespit elemanları ile delinmemelidir.
- Isı yalıtım malzemesi sürekli olarak uygulanmalı, ısı köprüsü oluşturacak profil vb. tespit elemanlarından kaçınılmalı veya gerekli önlemler alınmalıdır.

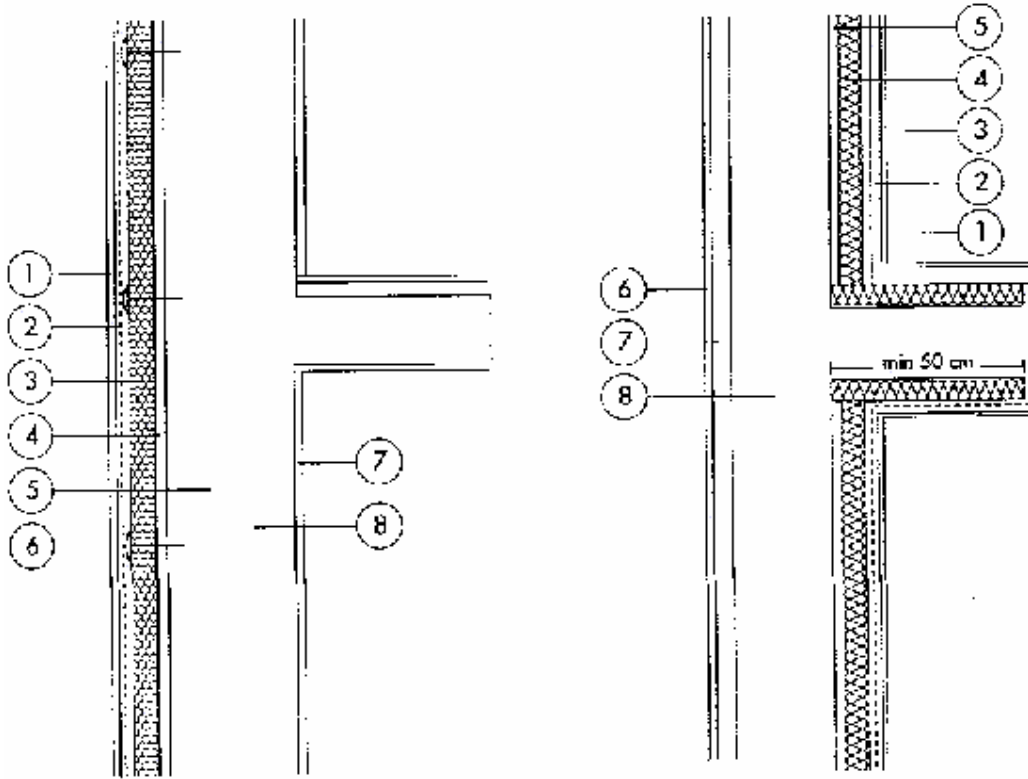


- Kat döşemeler ile bileşimlerinde ısı köprülerini yok edecek şekilde ısı yalıtımı uygulanmalıdır.
- Duvar döşemelerinde bulunan kolon, giriş hatıl vb. ısı köprüleri öncelikle dış yüzeyden, zorunluluk durumunda tavan-döşeme iç yüzeyine en az 50 cm dönülerek yalıtılmalıdır. Buhar kesici tabakalar, mümkünse tavan ve döşemelerde döndürülmelidir.
- Mutfak ve banyo gibi fazla miktarda buhar üretilen hacimli yerlerde kaynağa yakın noktada su buharının pasif bir baca veya havalandırma ile dışarı atılması sağlanmalıdır [2].

#### 4.2.3. Dış duvarlarda ısı yalıtımının içten ve dıştan uygulamalarının karşılaştırılması

DIŞ DUVARLARDA İÇTEN YALITMA	DIŞ DUVARLARDA DIŞTAN YALITMA
Masif dış kabuk aşırı ölçüde sıcaklık etkilerine maruz kalır. Kışın tamamen donar. Yazın ise ısı depolanması söz konusudur.	Masif dış kabuk sıcaklıktan korunmuştur. Don olayı duvar için sorun değildir.
Korunmayan dış kabuğun şekil değişiklikleri fazladır ve duvar malzemesinin yapısına göre kabarmabüzülme hareketlerine maruz kalır.	Sıcaklığa bağlı şekil değişiklikleri düşüktür. Korumalı kabuktaki önemsiz sıcaklık düşüşleri ve sıcaklık oynamalarıyla orantılıdır.
İç taraftaki buhar kesici dış kabuktan daha sızdırmaz olmalıdır ya da duvar sadece kuru odalar için kullanılmalıdır.	Burada buhar kesicinin önemi çok azdır. Isı yalıtım tabakası ile birlikte bir nem toplayıcı görevi oluşturmaz ve normal şartlar altında kullanılmasa da olur.
Duvar sisteminin ısı depolama yeteneği azdır. Bu odanın daha çabuk ısınmasını sağlar. Oda öte yandan da aynı şekilde çabuk soğuyacaktır.	Bu duvar sisteminin ısı depolama yeteneği fazladır. Yavaş ısınır ve yavaş soğur.
Duvar, arada bir kullanılan odalar, sürekli çalıştırılmayan, iyi ayarlanabilen ısıtma sistemleri için elverişlidir.	Duvar sürekli çalışan (ve ataleti olan) ısıtma sistemleri için elverişlidir.

Aşağıda içten ve dıştan yalıtım uygulamalarına ait detay resimleri verilmiştir (Bkz. Şekil 4.40) [13].



1. Cephe Kaplaması
2. File Taşıyıcılı İnce Sıva
3. Isı Yalıtımı
4. Yapıştırıcı
5. Dış Duvar
6. Dübel
7. İç Sıva
8. Dış Duvar

1. İç Kaplama
2. Alçı Sıva (Donatı Filesi ile) veya Alçı Plaka ( ek yerlerine file bandı konularak)
3. Buhar Kesici
4. Isı Yalıtımı
5. Yapıştırıcı
6. Dış Cephe Kaplaması
7. Sıva
8. Betonarme Perde

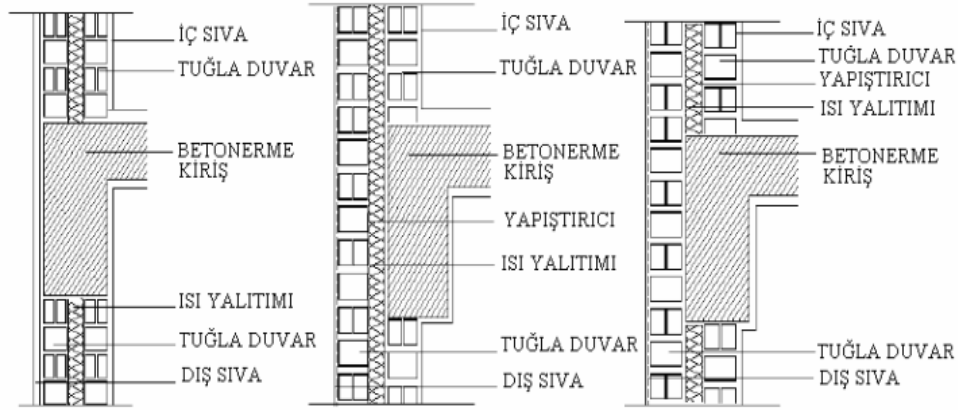
Şekil 4.40. İçten ve Dıştan Isı Yalıtım Uygulamalarına Ait Detay Resimleri

#### 4.2.4. Duvarlarda ortadan (sandviç duvar) ısı yalıtımı uygulanması

İki masif yapı kabuğu ve bunların arasında yer alan ısı yalıtım katmanının oluşturduğu çift kabuk dış duvar sistemi "ortadan ısı yalıtımlı dış duvar" olarak adlandırılabilir. Ortadan ısı yalıtımlı dış duvarlar iki değişik şekilde uygulanabilir.

Bunlar, birbirinden düşey hareketli bir hava katmanıyla ayrılmış iki masif duvar ve ısı yalıtım tabakasından oluşan çift kabuk dış duvar sistemi (havalandırmalı-Soğuk) ve iki masif duvar ve ısı yalıtım tabakasından oluşan, hava boşluğu içermeyen çift kabuk bir duvar sistemidir (Havalandırmaz-Soğuk) [2].

Her iki sistemde, dış ve iç kabuk aynı veya ayrı masif yapı malzemelerinden örülür veya yapılır. Genellikle beton blok ve briketler, dolu tuğla, pres tuğla, klinker tuğla vb. ile doğal taş, beton gibi alışılmamış malzemeler kullanılır. İç ve dış kabuk yalnız tuğlalardan oluşturulabildiği gibi kabuklardan birisi, tuğla vb. diğeri beton, briket vb. olabilir veya her iki kabuk betondan yapılır (Bkz. Şekil 4.41).



Şekil 4.41 Duvarlarda Ortadan Isı Yalıtımı Uygulaması ve Detayları

Ortadan ısı yalıtımlı dış duvarlarda, camyünü, taş yünü, ahşap yünü, koyun yünü, mineral lifli plak ısı yalıtım malzemeleri, EPS ve XPS sert köpük, poliüretan sert köpük, genleştirilmiş ürefoaldehit köpük vb. plak üreten ısı yalıtım malzemeleri,

cam köpüğü ya da genişletilmiş perlit veya vernikülit, bims vb. taneli yalıtkan dolgu malzemeleri ısı yalıtım malzemeleri olarak kullanılmaktadır. Ancak, taneli dolgu malzemeleri daha çok havalandırmasız dış duvarlar için uygun olan ısı yalıtım malzemesidir [2].

Ortadan ısı yalıtımlı dış duvarlarda, iç ve dış kabuk arasında yapısal bir bağlantı yoktur. Bununla beraber her iki kabuğun mekanik dayanım açısından birlikte çalışması gerekir. Bunun için, iç ve dış masif katman yeterli sıklıkta metal bağlarla birbirine bağlanır. Bağlanma, duvar örülürken, bağların bir ucu dış, diğer ucu iç katmana ve karşılıklı aynı düzlemdeki derzlere veya iç ve dış kabukta boşluklara sokularak bağlanır. Bağlar için en uygun metal, bakır, bronz, galvanizli demir ve paslanmaz çeliktir. Bağlantı için çok değişik boyut ve biçimlerde paslanmaz çelik köşebentler ve özel bağlantı elemanları üretilmektedir. Ancak ülkemizde uygulamada bu detay göz ardı edilmekte iç ve dış duvarlar bağlanmamaktadır. Bu nedenle olası bir deprem karşısında duvarlar farklı şekilde depreme tepki vermekte hatta yıkılmaktadır. Bu tür durumları önlemek için duvarlar 3 mm çaptaki galvanizli ankraj çubukları ile birbirine bağlanır. Ankraj çubukları yatayda 75 cm, düşeyde 30-40 cm mesafelerle şaşırtmalı olarak ve  $m^2$ 'ye ortalama 5 adet düşecek şekilde uygulanmalıdır [5,13]

Ortadan ısı yalıtımlı dış duvarlar hem iskelet ve hem de yığma yapılara uygulanmaktadır. İskelet yapılarda kabukların her ikisi ince olabileceği gibi biri kalın (iç kabuk), diğeri ince olabilir. Yığma yapılarda ise statik açıdan daha kalın duvarların yapımı gerektiğinden kabuklardan birisi özellikle iç kabuk diğerinden daha kalın olarak inşa edilmektedir.

Havalandırılmalı çift kabuk dış duvar sistemlerde yer alan katmanında herhangi bir hapsedilmişlik, durgunluk ve nem depolama niteliği olmayıp aksine bir serbestlik, sürekli bir hareket, dolayısıyla da nem taşıyıcılık ve yapıdan aldığı nemi beraberinde yapıdan uzaklaştırıcılık gibi olumlu nitelikler söz konusudur. Burada yapı bileşeni hem konstrüksiyon, hem de işlev yönünden hareketli hava katmanı tarafından ikiye bölünmüştür. İyi bir şekilde havalandırılan hava katmanının ısı şartları dış ortamları aynı kabul edilir.

Ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırılmalı çift kabuk dış duvarlarda; dış kabuk en az 9 cm, iç kabuk ise en az 11.5 cm kalınlığında olmalıdır. İki kabuk arası en fazla 15 cm 'dir. Hava tabakasının en az kalınlığı 4 cm 'dir. Isı yalıtım tabakası ise en fazla 11 cm kalınlığındadır [2].

Havalandırmasız dış duvarlarda, sistemi oluşturan tüm malzeme katmanlarına ait nemsel ve ısıl dirençler birbiri arkasından kesintisiz sıralanmaktadır. Bu tür dış duvarlarda rüzgar etkisi altındaki yağmur suyu geçirimli dış kabuk ve derzler yoluyla konstrüksiyona girebilir. Bu su, hem don hasarına ve hem de dış kabuğun iç yüzeyi ile temas halinde olan ısı yalıtım malzemesinin nemlenmesine neden olabilir. Isıl konfor şartları sağlanmış bu duvarlarda soğuk dönemde iç kabuk sıcak, don bölgesinde bulunan dış kabuk ise soğuktur. İç kabuk yavaş, dış kabuk ise hızla soğur. Çiğ noktası, ısı yalıtım tabakasının içindedir. Sıcak dönemde ise dış kabuk çok hızlı ısınır. Taşıyıcı nitelikteki iç kabuk dış kabuk tarafından korunduğu için yüksek sıcaklıkların etkisi altında değildir. Sıcak dönemde ısı akımına paralel olarak gelişen buhar akımı sonucu, su buharı ısı yalıtım tabakasında yoğunlaşır, yoğunlaşma genellikle düzlemseldir. Taşıyıcı duvar yıllık sıcaklık farkı nedeni ile çok az genişir. Dış kabuk, yüksek ısı genleşmelerinin etkisi altındadır ve iç kabuğun ısı depolama yeteneği yüksektir [5].

Havalandırılmalı sistemde dış kabuk için kullanılacak masif yapı taşlarının don etkisine dayanıklı olması ve su geçirmez (sıkmı) nitelik taşıması, buna karşılık iyi bir kılcal emicilik gücüne sahip olması, yani iyi bir nem depolayıcı olması gerekir. Bu malzemeler, buhar kesicilik özelliği de taşıyabilir. Bu durumda, kapalı ortamdan difüzyon yoluyla gelen su buharı hareketli hava katmanına erişir erişmez buradaki hava akımı ile derhal uzaklaştırılacaktır. Havalandırılmalı dış duvar sistemi, her yerde kolayca kullanılamayan en hassas ısı yalıtım malzemelerinin (örneğin: son derece düşük yoğunluktaki camyünü vb.) istenilen düzeyde ısı iletkenlik değerleri içinde ve sağlıklı olarak kullanılmasına imkan vermektedir. Burada kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin tam anlamıyla buhar geçirgen olmasında hiç bir sakınca yoktur. Ancak, bu sistemde cam köpüğü vb. difüzyon direnci yüksek ısı yalıtım malzemeleri kullanılacaksa, bunlar açık derzli olarak uygulanmalı ve iç kabuk iç yüzeyine yakın bir bölgede güçlü bir buhar kesici katman ile birlikte yer almalıdır. Ortadan ısı

yalıtlı ve havalandırılmalı dış duvarlarda boşluk tabanında, olası yoğuşma ve kabuktan sızabilecek yağmur sularının her iki kabuğa zarar vermeden serbestçe dışarı atılmasını sağlayan bir sızdırmazlık katmanı uygulanmalı ve bu katman, hava giriş delikleri ile optimum düzeyde bağdaştırılmalıdır [2].

Havalandırmasız sistemde genel olarak, su buharı difüzyon direnci yüksek yapı taşları dış kabukta kullanılmamalıdır. Buhar difüzyonuna imkan sağlayan bu yapı taşları suyu bünyesine almamaktadır. Isı yalıtım malzemeleri ise su buharı geçirgen özellikte olmalıdır. Bu tür dış duvarlarda, dış kabuk uygun nitelikte malzemeler ile oluşturulmamış ve derzler dahil, dış yüzeyi su geçirimsiz kılacak önlemler alınmamış ve uygulama hataları yapılmışsa rüzgar etkisi altındaki yağmur suyu geçirimli dış kabuk ve derzler yoluyla konstrüksiyona girebilir. Bu su, hem don hasarına yol açar hem de iç kabuğun iç yüzeyi ile temas halinde olan ısı yalıtım malzemesinin nemlenmesine neden olur. Poliüretan, ekstrüde veya ekspanded polistren sert köpük vb. gibi kapalı gözenekli ısı yalıtım malzemeleri, kuvvetli yağmur etkisinde, derzlerinin dışında pratik olarak bünyesine nem almaz. Taş yünü, cam yünü vb. mineral lifli plaklar, genleştirilmiş üreformaldehit köpüğü veya hidrofob genleştirilmiş perlit vb. gibi açık gözenekli ısı yalıtım malzemeleri ise bünyesine dış kabuğa komşu yüzeylerinden nem alabilir. Isı yalıtım malzemesinin tamamen nemlenmesi durumunda nem, bu tabakaya iç yüzünden, komşu iç kabuğa da girebilir ve onun da nemlenmesine yol açabilir. Bu açıdan bakıldığında, havalandırmasız dış duvarda, pratik olarak, su emmeyen kapalı gözenekli sert köpükler veya hidrofob (su itici) özelliği ile su emiciliği azaltılmış olan ısı yalıtım malzemeleri kullanılmalıdır. Her iki durumda da duvar tabanında sağlıklı bir sızdırmazlık katmanı uygulanmalı ve bu katman hava giriş delikleri ile ilişkilendirilmelidir [25].

Ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırmasız çift kabuk dış duvarlarda su buharı difüzyonu sonucu genellikle yoğuşma görülür. Isı iletim katsayısı aynı olan ısı yalıtım malzemelerinin yüksek buhar difüzyon direncine sahip olanlar, düşük dirençlilere göre daha az yoğuşma riski taşır. Yoğuşma sonucu oluşan nem miktarı, düşük buhar difüzyon dirençli mineral lifli plakalarda daha fazla, yüksek dirençli yapay sert köpük plaklarda ise daha azdır. Bu açıdan da, ısı yalıtım malzemesi

olarak, duvar bünyesinde yoğuşmaya izin verilse bile, kapalı gözenekli sert köpük plaklar kullanılabilir [2].

Plak türünden ısı yalıtım malzemelerinin kullanıldığı durumlarda atmosferik yüklerden koruyucu dış kabuk için, nispeten düşük difüzyon dirençli bir malzeme (1/2 normal dolu tuğla vb.) öngörülürken, ısı yalıtımının dökülerek veya doldurularak uygulandığı duvarlarda masif dış kabuğun difüzyon direnci nispeten yüksek malzemedan (1/2 dolu klinker tuğla vb.) seçilmesi gerekir. Isı yalıtım katmanının dolgu malzemesinden oluşması, duvar tabanında sağlıklı bir sızdırmazlık ve sudan arınım sisteminin uygulanmasını zorunlu kılar.

Ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırılmalı çift kabuk dış duvarlar, yağmur geçişinin önlenmesi ve yapı içindeki su buharının yoğuşmaya neden olmadan dışarı atılması yönünden uygun olan konstrüksiyonlardır. Bu sistem ısı geçirgenlik direnci yüksek, buhar geçirgenlik direnci düşük ısı yalıtım malzemeleri ile kullanılmalıdır. Yapım sırasında, hava giriş ve çıkış deliklerinin bırakılmış olması ve duvar diplerinin su geçirmezlik malzemeler ile donatılması gerekir.

Yağmur etkisi ve difüzyon tekniği açısından problemlili olan ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırmasız çift kabuk dış duvarlar pratikte çok, ancak bilinçsizce uygulanan bir detaydır. Bu sistemde yeterli performans ancak bir dizi önlem alınarak sağlanabilir. Hidrofob özellikteki dökme perlitli ısı yalıtım tabakasının kalınlığı en az 5 cm olmalıdır. Mineral lifli, yalıtım malzemeleri kullanılacaksa, konstrüksiyon, uygulama esnasında neme karşı korunmalıdır. Yağmur ve su buharı etkilerine karşı nem emmeyen kapalı gözenekli sert köpük plak veya su itici nitelikteki yalıtım malzemeleri kullanılmalıdır. Nemsal etkenlere açık dış kabuğun ısı geçirme değerinin hesaplanması ve bunun ısı korunum açısından değerlendirilmesi gerekir.

Yağmur suyu etkilerine karşı duvar diplerine sağlıklı bir sudan arınım sistemi oluşturulmalı ve bu bölgeye su geçirimsiz malzeme uygulanmalıdır. Havalandırmasız duvarların farklı iç ve dış kabuk ve farklı ısı yalıtım malzemesi seçenekleri ile difüzyon kontrolü yapılmalı ve alınan sonuçlara bağlı olarak kullanım açısından bir karara varılmalıdır [5].



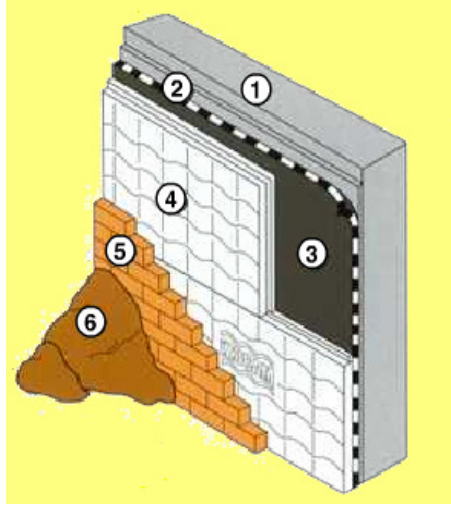
Sandviç duvar uygulaması yoğuşma riskinin az olduğu uygulamadır. Sandviç duvar uygulamalarında iç kaplama olarak alçı pano vb. kaplamalar kullanılacaksa tavan ve döşeme ile birleşme hatları panoların arkasına sürekli yapıştırma harcı ile duvara yapıştırılmalıdır. Bu yapıştırma sırasında altta ve üstte boşluk bırakılmaması durumunda, hava hareketinden dolayı ısı kayıpları ortaya çıkacaktır. Ayrıca yangın gazlarının duvara sızmalarını önlemek için yanıcı olmayan ısı izolasyon malzemeleri ile doldurup, duvar boşluğu üstünden kapatılmalıdır.

#### **4.2.4.1. Duvarların ortadan yalıtılması (sandviç duvar) uygulamasında dikkat edilecek hususlar**

- Isı yalıtımı, iki duvar arasına yerleştirilir. Isı yalıtımı iç duvarın dış yüz ile temas etmelidir. Dış duvar ile ısı yalıtımı arasında hava boşluğu olabilir. Bu boşluk olmadığında dış duvar buhar geçişini engellemeyecek malzeme yapısına sahip olmalıdır.
- Kullanılan ısı yalıtımı malzemesinin su buharı difüzyon direnci ve kalınlığına göre yoğuşma tahkiki yapılarak, buhar kesicinin sıcak tarafta kullanılıp kullanılmaması kararlaştırılmalıdır.
- İç duvar bünyesinde kalan kolon, kiriş, hatıl döşeme vb. ısı köprüsü oluşturabilecek tüm yapı elemanlarının tamamı ısı yalıtım tabakası ile dıştan kaplanmalıdır. Isı yalıtım tabakasının tüm cephe boyunca sürekli olması sağlanmalıdır. Aksi halde ısı köprüleri oluşarak ciddi ısı kayıpları ile yoğuşma ve küflenme gerçekleşir.
- Tuğla veya sıva dış yüzeyinde buhar direnci yüksek bir kaplama veya boya kullanılmamalıdır. Geçirimsiz tabaka başlangıçta duvarın kurumasını önler yoğuşma ve tuzlanma riskini arttırarak duvarın nefes almasını engeller.
- Isı yalıtım malzemesi ile iç duvar dış yüzeyi arasında boşluk bırakılmamalıdır.

#### 4.2.5. Toprak altı dış duvar ve subasman yalıtımı

Toprağın altında kalan bölgelerin ve toprağa yakın subasman bölgelerinin yalıtım sistemini oluşturmak için XPS levhalar veya EPS levhalar kullanılır. Kullanılacak XPS levhalarının en az  $30 \text{ kg/m}^3$  yoğunluk, %10 deformasyonla 300 kPa 'lık basma mukavemetine ve % 3'ün altında su emme özeliğine sahip olması gereklidir.

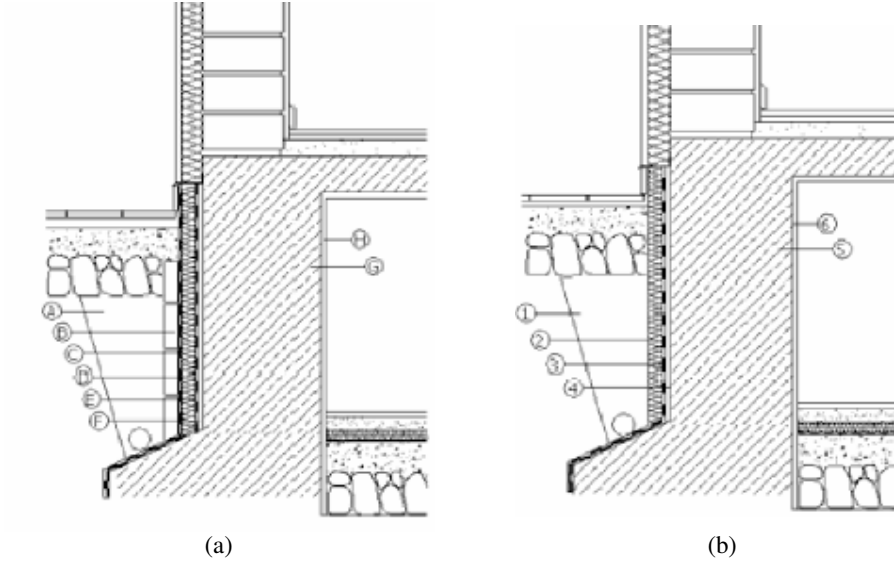


1. Bodrum Duvarı
2. Düzeltme Sıvası
3. Su yalıtım Örtüsü
4. Isı Yalıtım Örtüsü
5. Baskı Duvarı
6. Toprak Dolgu

Şekil 4.42. Subasman Uygulaması

Toprak altı dış duvarlarda yüzeyin düzeltilmesi için sıva yapıldıktan sonra, bitümlü su yalıtım örtüleri, kaynaklanarak dış duvar yüzeyine yapıştırılır (Bkz. Şekil 4.42-4.43). Bunun üzerine XPS veya EPS ısı levhaları serbest olarak su yalıtımı örtüsü üzerine yerleştirilir. Bu işlem, baskı duvarı ve toprak dolgu ile beraber yürütüldüğü takdirde levhaları yapıştırmaya gerek yoktur [13].

Diğer bir yöntem ise, ısı yalıtım levhalarının yer yer soğuk bitüm ile su yalıtımı üzerine yapıştırılmasıdır. Bundan sonra baskı duvarı örülerek ve toprak dolgu yapılarak uygulama tamamlanır.



- A. Toprak  
 B. Baskı Duvarı  
 C. Su Yalıtım Örtüsü  
 D. Isı Yalıtım Levhası (XPS)  
 E. Su Yalıtım Örtüsü  
 F. Düzeltme Sıvası  
 G. Betonarme Perde Duvar  
 H. İç Sıva

1. Toprak  
 2. Isı Yalıtımı (XPS)  
 3. Su Yalıtım Örtüsü  
 4. Düzeltme Sıvası  
 5. Betonarme Perde Duvar  
 6. İç Sıva

Şekil 4.43. (a) Toprak Temaslı Perde (Duvarlı) (b) Toprak Temaslı Perde (Duvarsız)

Duvarın toprağa yakın subasmanı bölgesinde ise cephede oluşturulan başlangıç bölgesinden başlama üzere ısı yalıtım levhaları, noktasal yapıştırma metodu ile bitüm örtü üzerine yapıştırılır. Levha yüzeyinin %40 oranına alt katmanda yapışması gerekir [22].



Şekil 4.44. Toprak Altı Dış Duvar ve Subasmanı Yalıtımı

Levhaların üzerine donatı katmanı oluşturulduktan sonra, son kat dekoratif dokulu sıva toprak hizasına kadar uygulanmalıdır. Subasman yüksekliği en az 30 cm olmalıdır. Gerek toprak altı dış duvarlarda, gerekse de subasmanında kullanılan ısı yalıtım levhalarının tespitinde, su yalıtım örtüsünü delmemek için dübel kullanılmamalıdır [21].

## **BÖLÜM 5. ÖRNEK BİR BİNA ÜZERİNDE ISI YALITIM ÇÖZÜMLERİ VE MALİYET ANALİZLERİ**

Bu bölümde bina duvarlarında uygulanan ısı yalıtım sistemlerinin, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Standardı esas alınarak, ısı yalıtım hesapları üzerinde durulacak ve maliyetler analiz edilecektir.

Hesaplarda kullanılacak olan örnek proje 1BK+1ZK+3NK olmak üzere toplam beş katlı bir konut projesidir. Örnek projenin uygulama planları, kesit ve görünüşleri çalışmamızın ekler bölümünde verilmiştir (Bkz. Ek-5).

Hesaplamalarda Türkiye Gaz Beton Üreticileri Birliğinin hazırlamış olduğu hesap programı kullanılmıştır. Bu bölümde yapı ilk önce yalıtım halde analiz edilmiş daha sonra ise, farklı ısı yalıtım malzemeleri kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz işleminin ilk adımı projenin dış duvar alanını, kapı-pencere alanını, kolon-kiriş yüzey alanını, toprağa temas eden duvar alanını ve ortam hacimlerini hesaplamakla başlamaktadır. Hesaplamalarda kullanılacak olan veriler çalışmamızın ekler bölümünde tablo halinde verilmektedir (Bkz. Ek-6).

### **5.1. Örnek Konut Projesinin Yalıtım Yapılmadan Analiz Edilmesi**

Bu bölümde örnek konut projesinin duvarlarının yalıtımsız olması durumundaki analizi yapılmıştır. Tablo A.1 de belirlenen verilerin ısı yalıtım hesap programına girilmesi ve analiz edilmesiyle birlikte; yapı bileşenlerinde iletim ve havalandırma yoluyla gerçekleşen toplam ısı kaybı  $H=1894,53$  W/K'dır. Söz konusu analizin raporları ekler bölümünde yer almaktadır (Bkz. Ek-7).

Analiz raporları incelendiğinde görülüyor ki örnek konut projesinin yalıtımsız durumu için gerekli yıllık ısıtma enerji ihtiyacı  $Q_{yıl}=88143$  kWh'dir. Bu alan ve hacimdeki bir konut için TS 825 Isı Yalıtım Standardı'nın sınırladığı enerji ihtiyacı

$Q'=17,5$  kWh olmasına karşın, bu yapı için hesaplanan ısı ihtiyacı ise  $Q=57,53$  kWh'tır. Hesaplanan ısı ihtiyacının, standardın sınırladığı değerden fazla olması yalıtımsız haldeki binanın standarda uygun olmadığını sayısal olarak ifade etmektedir.

Su buharının yapı bileşeni içerisinde gaz halinden sıvı hale geçmesi, yani yoğuşması ihtimali bulunmaktadır. Yoğuşma suyun yapı bileşenleri içinde kalması ve yer çekimi etkisiyle suyun akma ve damlamasına, küf ve mantar oluşumuna, betonarme kısımlarda korozyona neden olmaktadır. Bu nedenle yapı elemanı içerisinde yoğuşabilecek su miktarı belli sınırlar içerisinde kalmalıdır [23].

Yalıtımsız binanın analiz raporları içerisinde yer alan yoğuşma grafikleri incelendiğinde de görülüyor ki yapı yalıtımsız haliyle yoğuşma açısından da standarda uygun değildir.

## 5.2. Örnek Konut Projesinin Duvarlarında Isı Yalıtım Çözümleri

Çalışmamızın bu bölümünde yapının çatısı, toprağa temas eden tabanı, kapı ve pencere yüzeyleri sabit bir sistemle çözümlenmiş; teze konu olan duvarlar ise farklı yalıtım sistemleriyle çözümlenerek, bina duvarlarında uygulanan ısı yalıtım sistemleri karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.1. Örnek Projede Uygulanacak Isı Yalıtım Sistemleri

	Sistem 1	Sistem 2	Sistem 3
<b>Dış Havaya Açık Duvar</b>	EPS	XPS	Gaz Beton
<b>Toprağa Temas Eden Duvar</b>	XPS	XPS	XPS

Isı yalıtım hesaplarının yanı sıra, maliyet analizi üzerinde de durulacak bu bölümde 2009 yılı malzeme fiyatları esas alınarak, kullanılacak malzeme miktarına göre maliyet analizleri çıkarılacaktır.

### 5.2.1. EPS ile duvarlarda dıştan yalıtım sistemi ve maliyeti

Örnek konut projesinde havaya açık betonarme ve dolgu duvarlarda 6 cm ekspande polistren levha, toprağa temas eden duvarlarda ise 3 cm esktrüde polistren levha kullanılarak yapının duvarlarında ısı yalıtım işlemi tamamlanmıştır. Türkiye Gaz Beton Üreticileri Birliğinin hazırlamış olduğu hesap programı kullanılarak sistem analiz edilmiş ve uygulanan yalıtım sisteminin standarda uygunluğu hesaplanmıştır. Bu yalıtım sistemine ait analiz sonuçları tezin ekler bölümünde verilmiştir (Bkz. Ek-8).

Ekspande polistren levhalar kullanılarak hazırlanan yalıtım sistemine ait maliyet analizi ise aşağıda tablo halinde hesaplanmıştır (Bkz. Tablo 5.2).

Tablo 5.2. Ekspande polistren ile oluşturulan ısı yalıtım sisteminin maliyet analizi

	<b>BİRİM FİYAT (M<sup>2</sup>/TL)</b>	<b>TOPLAM SARFIYAT (M<sup>2</sup>)</b>	<b>TOPLAM MALİYET (TL)</b>
<b>TOPRAK TEMASLI</b>			
3 cm XPS levhası	5,18	12,58	65,16
<b>DUVARLAR</b>			
Yapıştırma harcı	2,10	579,46	1216,86
6 cm EPS levhası	3,87	579,46	2242,50
Yüzey sıvası	2,30	579,46	1332,75
Donatı filesi	1,65	579,46	956,10
Dübel	0,72	579,46	417,21
Alüminyum profil	0,17	579,46	98,50
Su bazlı astar	0,46	579,46	266,55
Son kat kaplama	4,84	579,46	2802
İşçilik	10	592	5950
İskele	0,65	592	385
<b>GENEL TOPLAM</b>			<b>15.700 TL</b>

Tezin ekler bölümünde yer alan ekspande polistren levhalar kullanılarak hazırlanan yalıtım sistemine analiz raporları incelendiğinde; yapı bileşenlerinde iletim ve havalandırma yoluyla gerçekleşen toplam ısı kaybı  $H=853,4$  W/K olduğu görülmektedir. (Bkz. Ek-8).

Analiz raporları yine gösteriyor ki örnek konut projesinin yalıtımsız durumu için gerekli yıllık ısıtma enerji ihtiyacı  $Q_{yıl}=31123$  kWh'dir. Bu alan ve hacimdeki bir konut için TS 825 Isı Yalıtım Standardı'nın sınırladığı enerji ihtiyacı  $Q'=20,34$  kWh olmasına karşın, bu yapı için hesaplanan ısı ihtiyacı ise  $Q=20,31$  kWh'tır. Hesaplanan ısı ihtiyacının, standardın sınırladığı değerden aşağıda olması bu yalıtım sisteminin standarda uygun olduğunu sayısal olarak ifade etmektedir.

Yoğuşma grafiklerinden de görüleceği üzere bu yalıtım sisteminde, su buharının yapı bileşeni içerisinde gaz halinden sıvı hale geçmesi, yani yoğuşması ihtimali bulunmamaktadır. Böylelikle suyun akma ve damlama, küf ve mantar oluşturma, betonarme kısımlarda korozyona neden olma gibi olumsuz etkilere karşı tedbir alınmış olur.

### **5.2.2. XPS ile duvarlarda dıştan yalıtım sistemi ve maliyeti**

Örnek konut projesinde havaya açık betonarme ve dolgu duvarlarda 5,5 cm ekstrüde polistren levha, toprağa temas eden duvarlarda ise 3 cm ekstrüde polistren levha kullanılarak yapının duvarlarında ısı yalıtım işlemi tamamlanmıştır. Türkiye Gaz Beton Üreticileri Birliğinin hazırlamış olduğu hesap programı kullanılarak sistem analiz edilmiş ve uygulanan yalıtım sisteminin standarda uygunluğu hesaplanmıştır. Bu yalıtım sistemine ait analiz sonuçları tezin ekler bölümünde verilmiştir (Bkz. Ek-9).

Ekstrüde polistren levhalar kullanılarak hazırlanan yalıtım sistemine ait maliyet analizi ise aşağıda tablo halinde hesaplanmıştır (Bkz. Tablo 5.3).



Tablo 5.3. Ekstrüde polistren ile oluşturulan ısı yalıtım sisteminin maliyet analizi

	<b>BİRİM FİYAT (M<sup>2</sup>/TL)</b>	<b>TOPLAM SARFIYAT (M<sup>2</sup>)</b>	<b>TOPLAM MALİYET (TL)</b>
<b>TOPRAK TEMASLI</b>			
3 cm XPS levhası	5,18	12,58	65,16
<b>DUVARLAR</b>			
Yapıştırma harcı	2,10	579,46	1216,86
5,5 cm XPS levhası	7,56	579,46	4380,71
Yüzey sıvası	2,30	579,46	1332,75
Donatı filesi	1,65	579,46	956,10
Dübel	0,72	579,46	417,21
Alüminyum profil	0,17	579,46	98,50
Su bazlı astar	0,46	579,46	266,55
Son kat kaplama	4,84	579,46	2804,58
İşçilik	10	592	5920
İskele	0,65	592	385
<b>GENEL TOPLAM</b>			<b>17.850 TL</b>

Tezin ekler bölümünde yer alan ekstrüde polistren levhalar kullanılarak hazırlanan yalıtım sistemine analiz raporları incelendiğinde; yapı bileşenlerinde iletim ve havalandırma yoluyla gerçekleşen toplam ısı kaybı  $H=839,29$  W/K olduğu görülmektedir. (Bkz. Ek-9).

Analiz raporları yine gösteriyor ki örnek konut projesinin yalıtımsız durumu için gerekli yıllık ısıtma enerji ihtiyacı  $Q_{yıl}=30397$  kWh'dir. Bu alan ve hacimdeki bir konut için TS 825 Isı Yalıtım Standardı'nın sınırladığı enerji ihtiyacı  $Q'=20,34$  kWh olmasına karşın, bu yapı için hesaplanan ısı ihtiyacı ise  $Q=19,84$  kWh'tir. Hesaplanan ısı ihtiyacının, standardın sınırladığı değerden aşağıda olması bu yalıtım sisteminin standarda uygun olduğunu sayısal olarak ifade etmektedir.

Yoğuşma grafiklerinden de görüleceği üzere bu yalıtım sisteminde, su buharının yapı bileşeni içerisinde gaz halinden sıvı hale geçmesi, yani yoğuşması ihtimali bulunmamaktadır. Böylelikle suyun akma ve damlama, küf ve mantar oluşturma, betonarme kısımlarda korozyona neden olma gibi olumsuz etkilere karşı tedbir alınmış olur.

### **5.2.3. Gaz betonla duvarlarda yalıtım sistemi ve maliyeti**

Bu bölümde ise örnek konut projesinde havaya açık betonarme kısımlarında 6 cm ekpande polistren levha; havaya açık dolgu duvar kısımlarında ise 23 cm kalınlığında gaz beton, toprağa temas eden duvarlarda ise 3 cm ekstrüde polistren levha kullanılarak yapının duvarlarında ısı yalıtım işlemi tamamlanmıştır. Türkiye Gaz Beton Üreticileri Birliğinin hazırlamış olduğu hesap programı kullanılarak sistem analiz edilmiş ve uygulanan yalıtım sisteminin standarda uygunluğu hesaplanmıştır. Bu yalıtım sistemine ait analiz sonuçları tezin ekler bölümünde verilmiştir (Bkz. Ek-10).

Gaz beton sisteminde, duvarlara ait yalıtım gaz beton malzemenin kendisi tarafından sağlanırken, kolon ve kiriş yüzleri ısı köprüsü oluşturacak noktalar haline gelir. Bunu önlemenin yolu ise gaz betondan imal edilen duvar sistemini gereği kadar dışarıdan inşa ederek, kolon kiriş yüzlerini birer yatak haline getirip, kolon ve kiriş yüzlerini hesaplanan kalınlıkta ısı yalıtım levhaları ile mantolamaktır. Uygulamada oldukça zor olan bu sistem, hem duvar iççiliği, hem iskele hemde, mantolama iççiliği gibi ekstra kalemler doğurmakta ve maliyetleri arttırmaktadır.

Gaz beton sistem ısı yalıtım özelliğinin yanı sıra hafif olması ile yapılarda avantajlı bir malzeme gibi görünse de, deprem esnasında kendini tutamaması ve tuğla duvarlardan daha önce dağılması olumsuz tarafları olarak belirtilmektedir.

Gaz beton sistemine ait maliyet analizi ise aşağıda tablo halinde hesaplanmıştır (Bkz. Tablo 5.4).

Tablo 5.4. Gaz beton ile oluşturulan ısı yalıtım sisteminin maliyet analizi

	<b>BİRİM FİYAT (M<sup>2</sup>/TL)</b>	<b>TOPLAM SARFIYAT (M<sup>2</sup>)</b>	<b>TOPLAM MALİYET (TL)</b>
<b>TOPRAK TEMASLI</b>			
3 cm XPS levhası	5,18	12,58	65,16
<b>KOLON KİRİŞ YÜZEYİ</b>			
Yapıştırma harcı	2,10	155,49	326,52
6 cm XPS levhası	3,87	155,49	601,74
Yüzey sıvası	2,30	155,49	357,62
Donatı filesi	1,65	155,49	256,55
Dübel	0,72	155,49	111,95
Alüminyum profil	0,17	155,49	26,43
Su bazlı astar	0,46	155,49	71,52
Son kat kaplama	4,84	155,49	752,57
İşçilik	10	155,49	1.554,9
İskele	0,65	155,49	101,06
<b>DUVARLAR</b>			
23 cm gaz beton	27	423,97	11.447,19
Su bazlı astar	0,46	423,97	195,02
Son kat kaplama	4,84	423,97	2.052,01
İşçilik	10	423,97	4.239,7
<b>GENEL TOPLAM</b>			<b>22.155 TL</b>

Tezin ekler bölümünde yer alan sandviç sisteme ait analiz raporları incelendiğinde; yapı bileşenlerinde iletim ve havalandırma yoluyla gerçekleşen toplam ısı kaybı  $H=847,04$  W/K olduğu görülmektedir. (Bkz. Ek-10).

Analiz raporları yine gösteriyor ki örnek konut projesinin yalıtımsız durumu için gerekli yıllık ısıtma enerji ihtiyacı  $Q_{yıl}=30795$  kWh'dir. Bu alan ve hacimdeki bir konut için TS 825 Isı Yalıtım Standardı'nın sınırladığı enerji ihtiyacı  $Q'=20,34$  kWh

olmasına karşın, bu yapı için hesaplanan ısı ihtiyacı ise  $Q=20,10$  kWh'tır. Hesaplanan ısı ihtiyacının, standardın sınırladığı değerden aşağıda olması bu yalıtım sisteminin standarda uygun olduğunu sayısal olarak ifade etmektedir.

Yoğuşma grafiklerinden de görüleceği üzere bu yalıtım sisteminde, su buharının yapı bileşeni içerisinde gaz halinden sıvı hale geçmesi, yani yoğuşması ihtimali bulunmamaktadır. Böylelikle suyun akma ve damlama, küf ve mantar oluşturma, betonarme kısımlarda korozyona neden olma gibi olumsuz etkilere karşı tedbir alınmış olur.

### **5.3. Isı Yalıtım Sistemlerinin Maliyet Analizlerinin Karşılaştırılması**

Örnek konut projesinin ilk ısı yalıtım uygulama sistemi olan, EPS ile yalıtım uygulamasında toplam maliyet 15.700 TL olarak hesaplanmışken, ikinci sistem olan XPS ile yalıtım sistemi 17.850 TL olarak hesaplanmış; son sistem olan gaz beton uygulamasında ise sistemin maliyeti 22.155 TL olarak hesaplanmıştır.

Dıştan binayı bir bütün olarak saran EPS ve XPS uygulamaları kıyaslandığı zaman ise, EPS ile oluşturulan sistemin daha ekonomik olduğu görülmektedir.

Aşağıda tablo olarak verilen değerlendirmede bu üç sistemin kendisini kaç yılda amorti ettiği, hangi sistemin daha ekonomik olduğu daha iyi anlaşılabilir (Bkz. Tablo 5.5).  $1 \text{ kWh}=860 \text{ kcal}$ ,  $1 \text{ m}^3 \text{ doğalgaz } 8250 \text{ kCal}$ ,  $1 \text{ m}^3 \text{ doğalgaz bedeli}=0,90 \text{ TL}$  olarak kabul edilmiş ve aşağıdaki tablo hazırlanmıştır [26]. Tablodan da anlaşılacağı üzere her üç ısı yalıtım sisteminin maliyeti de birbirine yakındır. Isı yalıtım sistemlerine harcanan paranın birkaç yıl içerisinde kendisini amorti edeceği de aşağıda tabloda rakamsal olarak ifade edilmiştir. Unutulmaması gereken husus şudur ki; yapılara harcanan paralardan, yalnızca ısı yalıtım sistemlerine harcanan paraların yatırımcıya geri dönüşü olmaktadır.

Tablo 5.5. Örnek projede uygulanan ısı yalıtım sistemlerinin kıyaslanması

	<b>Yalıtımsız Sistem</b>	<b>EPS</b>	<b>XPS</b>	<b>GazBeton</b>
Yıllık Enerji İhtiyacı (kWh)	88143	31123	30397	30817
Sınırlandırılan Isı İhtiyacı (kWh/ m <sup>3</sup> )	17,50	20,34	20,34	20,34
Hesaplanan Isı İhtiyacı (kWh/ m <sup>3</sup> )	57,53	20,31	19,84	20,11
Yıllık Enerji İhtiyacı (kCal)	75802980	26765780	26141420	26502620
Yıllık Doğalgaz İhtiyacı (m <sup>3</sup> )	9188	3244	3169	3212
Doğalgaz Yıllık Harcama (TL)	8269	2919	2850	2890
Doğalgaz Tasarruf Tutarı (TL)	-	5350	5417	5379
Yalıtım Sistem Maliyeti (TL)	-	15700	17850	22155
Geri Dönüş Süresi (yıl)	-	2,9	3,3	4

Yukarıdaki tablodan da anlaşılacağı üzere ısı yalıtım sistemlerine harcanan para ortalama 3 yıl gibi kısa bir zamanda kendisini amorti edebilmektedir.

## **BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Birincil enerji kaynaklarının hızla tükenmesiyle birlikte, enerji kaynakları ve bunların kullanımı tüm dünyanın ilgilendiği bir konu haline gelmiştir. Bu ilgi o kadar büyümüştür ki enerji kaynaklarına sahip ülkeler, başka ülkeler tarafından istila edilmiş; enerjiye sahip olma hırsı, insanların yaşama hakkından daha ağır basmıştır.

Dünya üzerinde bu gelişmeler yaşanırken, enerji kaynakları bu kadar önem arz etmişken bu kaynakların tasarrufu ve verimli kullanılması irdelenmesi gereken konulardan biri olmuştur. Özellikle insanların yaşama mekanı olan konutlarda enerji tasarrufu sağlanması noktasında, bilim adamlarınca birçok çalışmalar yapılmış ve enerji tasarrufu gerekliliği açıkça ortaya konmuştur.

Yaşanılan mekanlarımız olan konutlar irdelendiğinde ise ısı kayıplarının büyük bir bölümünün duvarlar üzerinden gerçekleştiği görülmüştür. Bu noktada çalışmamıza da konu olan bina duvarlarındaki ısı yalıtım sistemleri gerek ülke ekonomisi, gerek yaşam konforu gerekse çevre kirliliği bakımından oldukça önemli bir noktadadır. Temini ve uygulanması hiçte zor olmayan yalıtım sistemleri, hem yeni imal edilmekte olan hem de daha önce yapımı tamamlanmış yapılara kolaylıkla uygulanabilmektedir. Üstelik ekonomik anlamda 3-4 yıl arasında kendisini amorti edebilen bu sistemlerin uygulanması, bireysel olarak ta başarılı bir yatırım olarak değerlendirilmelidir.

Bina duvarlarında uygulanacak yalıtım sistemlerinin alternatifleri çalışmamız içerisinde etraflıca incelenmiştir. Burada önemli olan yapının özelliklerini iyi gözlemleyip, yapıyı en uygun yalıtım sistemi ile buluşturmadır. Yapıya uygun yalıtım sisteminin belirlenmesinden sonra, uygulamanın doğru bir şekilde yapılması da büyük önem arz etmektedir.

Genel olarak baktığımızda ise bina duvarlarında uygulanan ısı yalıtım sistemleri içerisinde mantolama işlemi, gerek ısı köprülerini engellediğinden gerekse binayı bir bütün olarak sarıp, durabilitesinin artmasına destek verdiği için en uygun yalıtım sistemidir.

Bina içerisinden uygulanan içten yalıtım uygulaması ise ısı yalıtımına katkı sağlasa da ısı köprülerine son veremediğinden dolayı yeterli performansı göstermiş sayılmaz. Sandviç duvar uygulaması ise genel olarak uygulama noktasında hatalar doğuran bir tekniktir. Bu sistemin hatalarının başında ısı köprülerinin engellenmemesi ve iç-dış duvarların birbirine bağlantılarının oluşturulmasıdır.

Isı yalıtım sistemleri, özellikle de mantolama sistemi yapının durabilitesine olumlu etkisi; kışın ısınma, yazın soğutmadaki tasarrufa katkısı, çevreye salınan gazların azaltılmasına olumlu katkısıyla bireylerin ve toplumun daha sağlıklı mekanlarda yaşamasını sağlamaktadır.

Isı yalıtım amacıyla uygulanan bu sistemlerin bir diğer olumlu etkisi ise yapılarda ses yalıtımında da oldukça başarılı olmalarıdır.

Son yıllarda gerek üniversitelerde yapılan çalışmalar, gerekse kanun ve yönetmelerin revizyonu ile birlikte ısı yalıtım süreci ülkemizde de gelişim göstermektedir. Gelinecek nokta yeterli olmayıp, hem yapı sahiplerine, hem de uygulama noktasında görev alan teknik eleman arkadaşlarımıza yardımcı olması amacıyla bu çalışmayı hazırlamış bulunmaktayız.

Sonuç olarak; enerjinin bütün dünya üzerinde azalması ve değerlendirilmesi, ülkemizin enerji üretimi bakımından zayıf olması, ülkemizdeki mevcut binaların teknik destekten yoksun olarak yapılması ve ısı yalıtım noktasında oldukça eksik olması gibi hususlar göz önünde bulundurulduğunda, yapılarda ısı yalıtım sistemlerinin bir bütün olarak uygulanması zaruriyettir.

Isı kayıplarının en fazla olduğu yer olan bina duvarları ise, ısı yalıtım çözümlerinde çok daha fazla irdelenmesi gereken kısımlardır. Yaptığımız bu çalışma ısı yalıtım

malzemeleri, uygulama sistemleri ve uygulama teknikleri detaylıca incelemiş olup; dış duvarların yalıtımında mantolama sisteminin önemi ve verimliliği bir kez daha ortaya koymuştur.



## KAYNAKLAR

- [1] ŞEN, A. O., 'Binalarda Uygulanan Yalıtım Sistemleri Dünyada ve Türkiye'de Yalıtım' Yüksek Lisans Tezi., Sakarya Üniversitesi, FBE, Sakarya, Haziran-2006 , s.1-4,8-19,36-43
- [2] AKINCI, H., 'Günümüzde Uygulanan Isı Yalıtım Malzememeleri Özellikleri Uygulama Teknikleri ve Fiyat Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, FBE,Sakarya, Ocak, 2007.
- [3] 'Yalıtım' TMMOB Makine Mühendisleri Odası, MMO Yayın No: 2005/399, 2005
- [4] KARAKOÇ, H. T., BİNYILDIZ, E., TURAN, O., ' Binalarda ve Tesisatta Isı Yalıtımı' ODE Teknik Yayınları , No: G20, Eylül, 1999
- [5] YILMAZ, R., 'Betonarme Karkas Yapılarda Kolon ve Kirişlerdeki Isı Kayıplarının Önlenmesi' Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, FBE, Sakarya, Haziran, 2006
- [6] ÖZEREN, Y., 'Para Kazandıran Konfor' , İnşaat&Malzeme Dergisi, Altan Matbaacılık, Ekim, 2005.
- [7] 'Isı + Ses + Yangın İzolasyon' IZOCAM A.Ş.
- [8] <http://arkitera.com/v1/malzemedosyasi/isiyalitim/genelozellik/turleri.htm> 'Isı Tutucu Malzemelerde Aranan Özellikler', Mart, 2009.
- [9] REMAN, O., 'Isı-Su İzolasyon Malzemelerinin Sınıflandırılması, Özellikleri, Soru ve Seçim Kriterleri' Balıkesir Üniversitesi Mimarlık Fak., Balıkesir, 2000.
- [10] [www.kimyamuhendisi.com/component/option,com\\_docman/task,doc\\_details/gid,207/itemid,28](http://www.kimyamuhendisi.com/component/option,com_docman/task,doc_details/gid,207/itemid,28) ' Isı Yalıtım Malzemeleri', Şubat, 2009.
- [11] [www.yapex.com/bultenbak.asp?id=483](http://www.yapex.com/bultenbak.asp?id=483), Mart, 2009.
- [12] Türk Yapı Sektörü Raporu 2004, 'Çatı Kaplama Malzemeleri', 2004.
- [13] [www.izoder.org.tr/izoder.asp?ID=171&ID2=175](http://www.izoder.org.tr/izoder.asp?ID=171&ID2=175), Ocak, 2009.
- [14] 'ODE ISIPAN' Ürün Katalogu, Arge İnşaat Mühendislik Yapı ve İzolasyon Mlz. LTD. ŞTİ, 2006.

- [15] [http://arkitera.com/v1/malzemedosyasi/duvar\\_elemanlari](http://arkitera.com/v1/malzemedosyasi/duvar_elemanlari), Mart, 2008.
- [16] ' terratherm-manto' Dış Cephe Isı Yalıtım Sistemleri Ürün Katalogu, Arge İnşaat Mühendislik Yapı ve İzolasyon Malz. LTD. ŞTİ, 2006.
- [17] KARACA, T., 'Ekstrüde Polistren Köpük Levhaların Dış Duvarlarda Kullanımı' Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi FBE, 2001.
- [18] SEZER, F., 'Metal Sandviç Panellerin Çatı ve Cephe Kaplama Malzemesi Olarak Yapıda Uygulanışı ve Görülen Uygulama Hataları' Yalıtım Dergisi, Ekim, 2005.
- [19] <http://www.sektorelfuarcilik.com/index.asp?sf=3>, Şubat, 2009.
- [20] <http://www.izolasyon-bilgi.com/isi-izolasyonu> 'Duvarlarda Isı Geçişi Olan Yerler ve Bazı Önlemler', Ocak, 2008.
- [21] Capatect Dalmaçyalı Dış Cephe Yalıtım Sistemleri Uygulama Detayları Katalogu'
- [22] ÖZER, M., 'Yapılarda Isı-Su Yalıtımları Yapı Fiziksel Tanım Hesaplama Esasları', İTÜ Mimarlık Fak., 1982.
- [23] ÜNAL, S., ' Bina Duvar Isı Yalıtım Sistemleri ve Ekstrüde Polistren İle TS 825'e Uygun Bina Yalıtım Çözümleri Üzerine Bir İnceleme' Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, 2002.
- [24] SÖZER, N., 'Türkiye'de İlgili Yönetmeliklere Uygun Isı, Su, Ses ve Yangın Yalıtımı Çözümleri, Yalıtım Malzemeleri ve Bir Bina Projesi Üzerinde Uygulama Örneği' Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, 2005.
- [25] EVCİL, N., 'Isı İzolasyonu ve Dış Duvarların Enerji Etkin Yenilenmesi' Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, 2000.

## **EKLER**

**EK-1 Isı Yalıtımında Kullanılan Terimler**

<b>ISI YALITIMINDA KULLANILAN TERİMLER</b>		
<b>NO</b>	<b>TERİM</b>	<b>AÇIKLAMA</b>
1	Isı	Belirli sıcaklıktaki bir sistemin sınırlarından, daha düşük sıcaklıktaki bir sisteme, sıcaklık farkı nedeniyle transfer edilen enerjidir.
2	Sıcaklık	Herhangi bir noktada ölçülebilen bir değer olup, sıcak veya soğuk hissini pozitif veya negatif bir büyüklük olarak belirler
3	Yoğunluk	Bir kütle için birim hacminin ağırlığıdır.
4	Isı İletkenliği	Homojen bir malzemenin kararlı hal şartları altında iki yüzeyi sıcaklıkları arasındaki fark $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğu zaman birim zamanda birim alan ve bu alana dik yöndeki birim kalınlıktan geçen ısı miktarına ısı iletkenliği denir. Bir ısı yalıtım malzemesinde aranması gereken en önemli özelliktir. Düşük ısı iletkenlik sabitine sahip malzeme yüksek ısı iletim direncine sahiptir.
5	Isı Geçirgenliği	Bir cismin birbirine paralel iki yüzeyinin sıcaklıkları arasındaki fark $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğu zaman birim zamanda "d" kalınlığındaki bu cismin birim alanından yüzeylere dik yönde geçen ısı miktarına ısı geçirgenliği denir.
6	Isı Kaybı	"d" kalınlığındaki yapı bileşeninin $1\text{ m}^2$ 'sinden 1 saatte havalandırma ve ısı iletimi ile kaybedilen toplam ısı kaybına denir.
7	Isı Geçirme Katsayısı	Herhangi bir "d" kalınlığındaki yapı bileşeninin her iki tarafındaki hava sıcaklıkları arasındaki farkın $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ olması halinde bileşenin $1\text{ m}^2$ 'sinden 1 saatte geçen ısı miktarına ısı geçirme katsayısı denir
8	Yüzeysel Isı İletim Katsayısı	Yüzeyler arasındaki sıcaklık farkının $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ olması halinde $1\text{ m}^2$ malzeme yüzeyinden havaya ve ya havadan malzeme yüzeyine 1 saatte geçen ısı miktarına yüzeysel ısı iletim katsayısı denir.
9	Buhar Difüzyonu	Yüksek kısmi basınçlı kısımdan alçak kısmi basınçlı kısma doğru su buharı moleküllerinin geçişine buhar difüzyonu denir.
10	Termal Konfor	İnsan vücudunun ürettiği ısı ile kaybettiği ısıyı eşitlediği sıcaklık ve nem aralığıdır.
11	Higroskopik Malzeme	Bünyesine nem çekme özelliği olan malzemelerdir.
12	Hidrofob	Su tarafından ıslatılmayan malzemelerdir.
13	Kapiler Malzeme	Malzeme yüzeyinde yoğunlaşma ile oluşan suyun veya malzeme yüzeyinin direk temas eden suyun, herhangi bir basınç etkisi olmadan malzeme bünyesindeki kılcal damarlara girerek malzeme içinde ilerlemesi durumudur. Bu özelliğe sahip malzemelere kapiler malzeme denir.

**EK-2 Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği****YÖNETMELİK**

Bayındırlık ve İskan Bakanlığından;

**BİNALARDA ISI YALITIMI YÖNETMELİĞİ****Amaç ve Kapsam**

MADDE 1 – Bu yönetmelik, binalardaki ısı kayıplarının azaltılması, enerji tasarrufu sağlaması ve uygulama esaslarının belirlenmesi amacıyla hazırlanmıştır.

Bu yönetmelik, 3030 sayılı Büyük Şehir Belediyelerinin Yönetimi Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun kapsamındaki belediyeler dahil, bütün yerleşim birimlerindeki binalarda uygulanacaktır.

Münferit olarak inşa edilen ve ısıtılmasına gerek duyulmayan depo, cephanelik, ardiye, ahır, ağıl ve benzeri binalarda bu yönetmelik hükümleri aranmaz.

Bu yönetmelik, 180 sayılı Bayındırlık ve İskan Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkındaki Kanun Hükmünde Kararnamenin 209 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile değişik 32. Maddesi kapsamına giren kamu kurum ve kuruluşları, katma bütçeli idareler, il özel idareleri ve belediyeler bu yönetmeliğe uymak ve uygulamakla yükümlüdürler.

## **Dayanak**

MADDE 2 – 180 sayılı Bayındırlık ve İskan Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkındaki Kanun Hükmünde Kararnamenin 209 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile değişik 2/n maddesine dayanılarak düzenlenmiştir.

## **Isı Bölgeleri**

MADDE 3 – Yurdumuz, binalarda ısı yalıtımı uygulamaları bakımından dört ısı bölgesine ayrılmış ve bu bölgelere giren il ve ilçeler EK 1-A'da ki listede ve EK 1-B'de harita üzerinde dört grupta gösterilmiştir. Listede yer almayan belediyeler, bağlı oldukları ilçe değerlerini esas alacaklardır. Birinci bölgede yapılacak olan binalarda, merkezi klima sistemi uygulanacak ise bu binalarda yapılacak olan ısı yalıtım projesinde ikinci bölge için verilmiş olan sınır değerler geçerli olacaktır.

## **Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı**

MADDE 4 - Binalar, ısı kayıpları bakımından çevre şart ve gereklerine uygun düzeyde yalıtılacaktır. Binaların hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, Tablo 1'de bölgelere göre verilen yıllık ısıtma enerjisi sınır değerlerini aşmamalıdır.

## **Isıl İletkenlik Değeri ve Isıl İletkenlik Direnci**

MADDE 5 - Hesaplamalarda kullanılacak çeşitli yapı malzeme ve bileşenlerinin ısı iletkenlik hesap değerleri ile iç ve dış yüzeysel ısı iletkenlik direnç değerleri TS 825'den, hava tabakalarının ısı geçirgenlik dirençleri ve pencere ve dış kapıların ısı geçirgenlik katsayıları TS 2164'den alınacaktır.

### **Zemine Oturan Döşemenin Isı Geçirgenlik Katsayısı**

MADDE 6 – ısı yalıtım hesabı yapılan yeni binalarda, ısıtılan hacimlerdeki toprağa oturan döşemeler için alınacak  $U_t$  değeri, standartta tavsiye edilen  $U_t$  değerinden en fazla % 25 düşük seçilebilir.

### **Proje Zorunluluğu**

MADDE 7 – Bu yönetmelik hükümleri uyarınca TS 825 standardında belirtilen hesap metoduna göre yetkili makine mühendisi tarafından hazırlanan "ısı yalıtımı projesi" imara ilişkin mevzuat gereğince yapı ruhsatı verilmesi aşamasında tesisat projesi ile birlikte ilgili idarelerce istenir.

### **Özel Durum**

MADDE 8 – Belediye hudutları ve mücavir alan sınırları dışında, köy nüfusuna kayıtlı ve köyde sürekli oturanların köy yerleşik alanları civarında ve mezralarda 2 kata kadar olan ve toplam döşeme alanı  $100 \text{ m}^2$ 'den küçük (dış havaya açık balkon, teras, merdiven, geçit, aydınlık vb. hariç) yeni binalar ile bu alanlardaki mevcut binalarda;

- a. Yapı bileşenlerinin ısıl geçirgenlik katsayılarının (U), Tablo 2’de belirtilen yapı bileşenlerine ait U değerlerine eşit veya daha küçük olması,
- b. b- Toplam pencere alanının, ısı kaybeden dış duvar alanının %12’sine eşit veya daha küçük olması,
- c. c - Bu şartları sağlayan konstrüksiyonlar ve detayların mimari projede gösterilmesi ve “Makine Tesisat Raporunda” belirtilmesi,

halinde 7’nci maddede belirtilen “Isı Yalıtım Projesi” yapılması şartı aranmaz. Bu durumda yukarıdaki şartların sağladığını gösteren bir “Isı Yalıtım Raporu” düzenlenmesi yeterli olacaktır. Ancak, herhangi bir “U” değerinin Tablo 2’de verilen

değerlerden daha büyük olması durumunda, bu binalar için ısı yalıtımı projesi hazırlanmalıdır.

### **Projede Bulunması İstenen Belgeler**

MADDE 9 - Isı yalıtım projesinde aşağıda belirtilen bilgiler bulunmalıdır.

a) Isı kayıpları, ısı kazançları, kazanç/kayıp oranı, kazanç kullanım faktörü ve aylık ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının büyüklükleri, TS 825’de verilen “Binanın Özgül Isı Kaybı” ve “Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı” çizelgelerindeki örneklerde olduğu gibi çizelgeler halinde verilmeli ve hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının (Q), Tablo 1’de verilen yıllık ısıtma enerjisi (Q<sup>l</sup>) formülünden elde edilecek olan sınır değerden büyük olmadığı gösterilmelidir.

b) Konutlar dışında farklı amaçlarla kullanılan binalarda yapılacak hesaplamalarda, binadaki farklı bölümler arasındaki sıcaklık farkı 4 K’den daha fazla ise ve bu binada birden fazla bölüm için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı yapılacaksa, bu bölümlerin sınırları şematik olarak çizilmeli, sınırların ölçüleri ve bölümlerin sıcaklık değerleri üzerinde gösterilmelidir.

c) Binanın ısı kaybeden yüzeylerindeki dış duvar, tavan ve taban/döşemelerde kullanılan malzemeler, bu malzemelerin eleman içindeki sıralanışı ve kalınlıkları, duvar, tavan ve taban/döşeme elemanlarının alanları ve “U” değerleri belirtilmelidir.

d) Pencere sistemlerinde kullanılan cam ve çerçevenin tipi, bütün yönler için ayrı ayrı pencere alanları ve “U” değerleri ile çerçeve sistemi için gerekli olan hava değişim sayısı (n<sub>h</sub>) belirtilmelidir.

e) Havalandırma tipi belirtilmelidir.

f) Isı yalıtım projesinde, binanın ısı kaybeden yüzeylerinde oluşabilecek yoğunlaşma TS 825-EK 6’da belirtildiği şekilde tahkik edilmelidir.



g) Dış yüzeylerde yer alan bütün betonarme elemanlar (kolon, kiriş, hatıl ve perde duvar vb.) mutlaka yalıtılmalıdır. Dolgu duvarlar ise hesap sonuçlarına göre gerekiyorsa yalıtılacaktır.

h) Binanın tümünde veya bağımsız bölümlerinde esaslı tamir, tadil ve eklemelerde de bu yönetmelik hükümleri uygulanır.

İ) Bitişik nizam olarak projelendirilmiş alanlarda (sıra evler, ikiz evler) yapılacak binaların, ısıtma enerjisi ihtiyacı (Q) hesabı yapılırken, bitişik duvar olan bölümleri de dış duvar gibi değerlendirilir ve hesaba katılır.

i) Bu yönetmelikte belirtilmeyen diğer hususlarda TS 825'e uyulacaktır.

### **Isı Yalıtımı Prensiplerinin Detayları**

**MADDE 10** – Isı yalıtımı prensip detayları EK: 2/1-24'de verilmiştir.

- a. Detaylar Isı Yalıtım Projesinin hazırlanmasında yol gösterici olması amacıyla verilmiştir.
- b. Yapılacak hesaplar sonucunda bulunacak malzeme kalınlıklarına göre detaylar kesinleştirilecektir.
- c. Detaylarda temel prensip, ısı köprülerinin oluşmasını önlemektir. Bunun için gereken tedbirler alınmalıdır.
- d. Teknolojik gelişmelere göre standartlarda yer alacak yeni malzemeler de detaylarda kullanılabilir.

**Mimari Uygulama Projesi**

**MADDE 11** - Mimari uygulama projesi ve sistem detayları, ısı yalıtım projesindeki malzemeler ve nokta detaylarına uygun olmalı ve ısı yalıtımında sürekliliği sağlayacak şekilde, çatı-duvar, duvar-pencere, duvar-taban ve taban/döşeme-duvar bileşim detaylarını ihtiva etmelidir.

**Isı İhtiyacı Kimlik Belgesi**

**MADDE 12** – Tablo 3’de örneği verilen “ısı ihtiyacı kimlik belgesi”, yetkili ısı yalıtımı projecisi ve uygulamayı yapan makine mühendisleri tarafından doldurulup imzalandıktan ve belediye veya valilikçe onaylandıktan sonra yapı kullanma izin belgesine eklenmelidir. Isı ihtiyacı kimlik belgesi, bina yöneticisinin dosyasında bulunmalı ve bir kopyası bina girişine asılmalıdır.

**ÜÇÜNCÜ BÖLÜM****Kaloriferli Binalarda Uygulama Esasları****Kazan Daireleri, Bacalar**

**MADDE 13** – Kazan dairesi ve bacaların yapımında aşağıdaki hususlara uyulur.

**A) Kazan Daireleri :**

**a-** Kazan daireleri yakıt cinsine göre boyutlandırılmalıdır.

**b-** Kazan daireleri içe ve dışa açılan iki adet kapısı olacak şekilde düzenlenmelidir.

**c-** Kazan dairesi kapıları yanmaz malzemeden yapılmalı ve direk merdiven boşluğuna açılmamalıdır. Koku, sızıntı ve yangın halinde dumanın bina içine girmesini engellemek için arada küçük bir giriş odası yapılmalı ve bu odanın kapıları sızdırmaz olmalı ve alta eşik konulmalıdır.

**d-** Kazanların önü ve arkası ile sağ ve sol yanında her türlü bakım-onarım ve müdahalenin yapılmasına imkan sağlayacak açıklık bulunmalıdır.

**e-** Kazan dairesinde yakıt türüne göre gerekli olan temiz havanın sağlanması ve egzost havasının atılabilmesi için gerekli havalandırma sağlanmalıdır. Bu işlemin sağlıklı yapılabilmesi için kuranglez yapılmalıdır. Bu uygulama ile gaz yakıtlı cihazlar için kanal yapma olanağı da sağlanmış olacaktır.

**f-** Kazan dairesinin dış duvarı olması veya ısı merkezinin ayrı bir binada bulunması halinde, kazan dairesi taban alanının 1/12'si kadar dış duvarlara pencere konulmalıdır.

**g-** Temiz hava giriş bacası ağzının zemin düzeyinde, pis hava atma bacası ağzının ise tavan düzeyinde olması sağlanmalıdır.

**h-** Katı ve sıvı yakıt kullanılan tesiste taze hava emiş menfez kesiti, duman bacası kesitinin % 50'sinden az olmamak üzere 50 kW'a (43 000 kCal/h) kadar 300 cm<sup>2</sup>, sonraki her kW için 2,5 cm<sup>2</sup> ilave edilerek bulunan değerde, egzost baca kesiti ise duman bacası kesitinin % 25'i kadar olmalıdır.

**ı-** Gaz yakıtlı kazanlarda ise taze hava emiş menfezi, duman bacası ve egzost bacası kesitleri gaz firmaları ve ilgili gaz dağıtım kuruluşlarının istediği hesap değerlerine göre belirlenmelidir. Kazan dairelerinde bu doğal havalandırmanın yapılamadığı durumlarda cebri havalandırma (fanlı taze hava emiş ve egzostu) uygulanmalıdır. Bu durumda;

1. Sıvı yakıtta bu havalandırma kapasitesi kazanın her kW'ı için 0,5 m<sup>3</sup>/h olmalıdır.
2. Cebri havalandırma sıvı yakıtlı kazan dairesinde;

Vantilatör kapasitesi = ( Brülör fan kapasitesi + aspiratör kapasitesi ) x 1,1 olmalı ve fanın brülörle aynı anda birlikte çalışması sağlanmalıdır.

3. Katı yakıtlarda mutlaka doğal havalandırma yapılmalıdır.
4. Gaz yakıtlı kazan dairelerinde bu seçimler, gaz firmaları ile gaz dağıtım kuruluşları kriterlerine göre yapılacaktır. Sadece emiş veya egzost yapılan yarı cebri havalandırma kazan dairelerinde negatif basınç oluşacağından bu tür sistem uygulanmaz.

**i-** Kazan dairesinde farklı yakıtlı kazan varsa, en yüksek değerdeki baca ve havalandırma kriterleri esas alınmalıdır.

**k-** Soğuk bölgelerde ve sürekli kullanılmayan kazan dairelerinde donma tedbiri olarak havalandırma panjurlarını otomatik kapayan donanım yapılmalıdır.

**l-** Kazan dairesi yüksekliği TS 2192'ye göre hesaplanmalıdır.

**m-** Kazan kullanıcılarının kullanılan yakıt cinsine göre eğitimleri yaptırılarak sertifikalandırılmaları sağlanmalıdır.

**n-** Sıvı ve gaz yakıt kullanılan durumlarda kazan daireleri, gerekli tedbirleri almak koşuluyla çatıda tesis edilebilir. Bu durumda;

1. Statik hesaplarda kazan dairesi etkisi dikkate alınmalıdır. (Yaklaşık 1000-2000 kg/m<sup>2</sup>)

2. Çatının altında ve yanındaki mahallere rahatsızlık verebilecek etkileri aktarmamak için uygun akustik yalıtım uygulanmalıdır.Kazanlara titreşim izoleli kaide yapılmalıdır.
3. Kazan dairesine çıkış için uygun merdiven yapılmalıdır. Kapı ve pencereler kaçış yönünde, kilitsiz ve kolay açılabilir şekilde düzenlenmelidir.
4. Yakıt boru hattı, doğal havalandırılmalı, kolay müdahale edilebilen bir shaft veya merdiven boşluğunda duvara yakın olacak şekilde düzenlenmelidir.
5. Havalandırma ve diğer kriterler bodrum kazan daireleri ile aynı olmalıdır.

#### **B) Bacalar :**

**a-** Her kazan için standardına uygun ayrı bir baca yapılmalıdır. Ancak gaz yakıtlı kazan bacalarında, gaz firmaları veya gaz dağıtım kuruluşlarınca önerilen kriterlere göre ortak baca uygulanabilir.

**b-** Kazan bacalarına, şofben,kombi, kat kaloriferi ve jeneratör gibi başka cihaz bacalarının bağlantısı yapılamaz.

**c-** Bacalar, mümkünse bina içinde olmalıdır. Zorunlu hallerde, bacanın bina dışında yapılması halinde, soğumaması için gerekli ısı yalıtımı ve dış koruması yapılmalıdır.

**d-** Katı ve sıvı yakıtlı bacalar dolu tuğla (içi sıvalı) veya ateş tuğlası ile gaz yakıtlı kazanlarda ise baca ısıya, yoğuşma etkilerine dayanıklı malzemelerden ve uygun üretim teknikleri ile yapılmalıdır. Metal bacalarda yanma sesinin yukarılara iletilmemesi için gerekli tedbirler alınacak ve baca topraklaması yapılmalıdır.

**e-** Bacaların en altında bir temizleme kapağı bulunmalıdır.

**f-** Gaz yakıtlı kazanlarda, temizleme kapağına ek olarak drenaj düzeni yapılmalıdır.

**g-** Bacalar, yanlarındaki bina ve engellerden etkilenmeyecek şekilde tesis edilmeli, bu engellerin en üst noktasından veya münferit binalarda mahya kotundan en az 1 metre yükseklikte ve üzerine şapka yapılmalıdır.

**h-** Bacalar mümkün olduğunca dik yapılmalı, zorunlu hallerde ise yatayla en az 60° açıda tek sapmaya izin verilmelidir.

**ı-** Duman kanalları, çelik malzemeden yapılacak ve izole edilmelidir. Gaz yakıtlı kazanlarda paslanmaz çelik tercih edilmelidir. Kanallar, kolayca temizlenecek şekilde düzenlenecek, gaz analizi için üzerinde ölçüm delikleri bırakılmalıdır. Duman kanallarının yatay uzunluğu dikey bacanın 1/4 ünden daha fazla olmamalı, kanal ana bacaya direk ve % 5 lik yükselen eğimle bağlanmalı, 2 adet 45° lik dirsekten fazla sapma olmamalı ve 90°lik dirsek kesinlikle kullanılmamalıdır.

**i-** Baca ve duman kanallarında TS 901'e uygun yalıtım malzemeleri kullanılmalıdır.

**k-**Yüksek bina bacalarında genleşme ve bacanın kendini taşıması için gerekli tedbirler alınmış olmalıdır.

**l-** Baca kesiti zorunlu olmadıkça dairesel olmalıdır.

### **Radyatörler**

**MADDE 14 –** Dış duvarlara monte edilen radyatörlerin arkasına üzeri yansıtıcı levha veya film kaplanmış yalıtım panelleri konulmalıdır.

## Otomatik Kontrol

**MADDE 15** – Yakıt tasarrufu için sıvı ve gaz yakıtlı kazanlarda otomatik kontrol sistemi tercih edilmelidir. Gaz firmaları ile ilgili gaz dağıtım kuruluşlarınca belirlenen esaslara göre ayrıca gaz kaçak kontrol sistemi oluşturulmalıdır.

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### Çeşitli Hükümler

#### Yapı ve Yalıtım Malzemelerinin Standarda Uygunluğu

**MADDE 16** – Yapı ve yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik hesap değerleri ( $\lambda_h$ ) TS 825’de verilmiştir. Bina yapımında kullanılacak olan yapı ve yalıtım malzemelerinde TSE markası ve Türk Standardına Uygunluk Belgesi aranmalı, kullanılacak malzemelere ait  $\lambda_h$  ısı iletkenlik hesap değerlerinin ısı yalıtım projesinde alınan  $\lambda_h$  değerine uygunluğu gerektiğinde TSE veya TSE tarafından akredite edilmiş laboratuvarlardan alınacak bir rapor ile belgelendirilmelidir. Ancak, bahsedilen kurumlardan alınacak olan ısı iletkenlik hesap değerleri TS 825 EK-5’deki değerlerden daha küçük olması durumunda hesaplamalarda TS 825 EK-5’deki  $\lambda_h$  değerleri kullanılacaktır.

**MADDE 17** – İnşaatın her safhasında ısı yalıtımı ile ilgili denetimler, belediye sınırları içinde ve mücavir alanlarda belediyeler, bu sınırlar dışındaki yerleşim birimlerinde valilikler tarafından yapılır. Binanın ısı yalıtımı ile ilgili teknik sorumlu, inşaatın taban/döşeme, duvar ve tavan aşamalarında, uygulanan yalıtımın projede verilen detaylara uygunluğunun kontrolünü yaparak belediye valiliğe rapor verir.

### Yürürlükten Kaldırma

**Madde 18** - Bu yönetmeliğin yürürlüğe girmesi ile; 16 Ocak 1985 tarih ve 18637 sayılı resmi gazetede yayımlanan, Bazı Belediyelerin İmar Yönetmeliklerinde Değişiklik Yapılması ve Bu Yönetmeliklere Yeni Maddeler Eklenmesi Hakkında Yönetmelik yürürlükten kaldırılmıştır.

**Geçici Madde 1** – 14/6/2000 tarihine kadar yapım işi ihalesi ilan edilmiş kamu binalarında ve inşaat ruhsatı alınmış özel yapılarda bu Yönetmelik hükümleri aranmaz.

### Yürürlük

**Madde 19** - Bu yönetmelik 14/6/2000 tarihinde yürürlüğe girer.

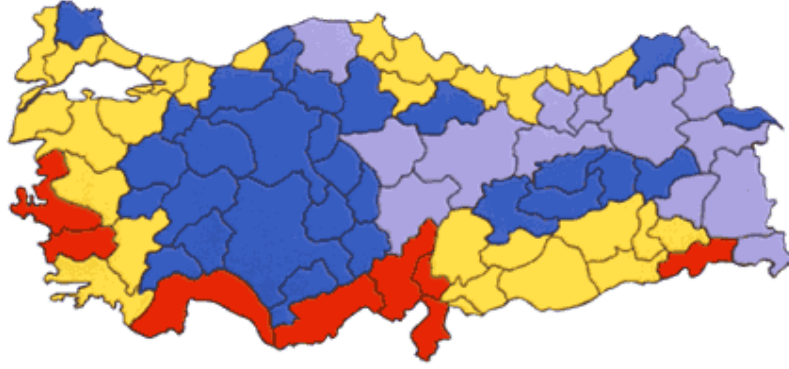
### Yürütme

**Madde 20** - Bu yönetmelik hükümlerini Bayındırlık ve İskan Bakanı yürütür.

**EK-2 Tablo 1** : Bölgelere göre  $A_{top}/V_{brüt}$  oranlarına bağlı olarak yıllık ısıtma enerjisi ( $Q'$ ) ihtiyacı sınır değerleri

<b>1. Bölge</b>	$A_N$ ile ilişkili	$Q' = 46,62 \frac{A}{V} + 17,38$	[kWh/m <sup>2</sup> ]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili	$Q' = 14,92 \frac{A}{V} + 5,56$	[kWh/m <sup>3</sup> ]
<b>2. Bölge</b>	$A_N$ ile ilişkili	$Q' = 68,59 \frac{A}{V} + 32,30$	[kWh/m <sup>2</sup> ]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili	$Q' = 21,95 \frac{A}{V} + 10,34$	[kWh/m <sup>3</sup> ]
<b>3. Bölge</b>	$A_N$ ile ilişkili	$Q' = 67,29 \frac{A}{V} + 50,16$	[kWh/m <sup>2</sup> ]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili	$Q' = 21,74 \frac{A}{V} + 16,05$	[kWh/m <sup>3</sup> ]
<b>4. Bölge</b>	$A_N$ ile ilişkili	$Q' = 82,81 \frac{A}{V} + 87,70$	[kWh/m <sup>2</sup> ]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili	$Q' = 26,5 \frac{A}{V} + 28,06$	[kWh/m <sup>3</sup> ]





**EK-2 Tablo 2** : Bölgelere göre tavsiye edilen ısı geçirgenlik kat sayıları ( U değerleri )

	$U_D$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U_T$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U_t$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U_P^*$ (W/m <sup>2</sup> K)
<b>1. Bölge</b>	0.80	0.50	0.80	2.80
<b>2. Bölge</b>	0.60	0.40	0.60	2.80
<b>3. Bölge</b>	0.50	0.30	0.45	2.80
<b>4. Bölge</b>	0.40	0.25	0.40	2.80

(\*) :  $U_p$  olarak verilen ısı geçirgenlik katsayıları Tablo 2’de özel birleştirilmiş çift cam türü için verilmiştir. Diğer kapı ve pencere türleri için ısı geçirgenlik katsayıları TS 2164’den alınarak hesaba katılır.

**EK-2 Tablo 3** Isı Hesap Kartı

	Müsaade Edilen Maksimum Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı	Hesaplanan Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
$A_{top} = m^2$ $V_{brüt} = m^3$ $A/V = m^{-1}$ $A_n = m^2$	$Q^I = kWh/m^3$ veya $Q^I = kWh/m^2$	$Q_{yıl} = kWh/m^3$ veya $Q_{yıl} = kWh/m^2$
<p align="center"><b>Birim hacim veya birim alan başına tüketilecek yakıt miktarı [kg, m<sup>3</sup>] :</b></p> <p><math>860 \times Q_{yıl} / (\text{Yakıtın kalorilik değeri} \times \text{Sistem verimi}) [Kcal / (kg, m^3)] = \dots\dots [kg \text{ veya } m^3 \text{ yakıt}]</math></p> <p><b>Önemli Not :</b> Buradaki hesaplama sonucu elde edilen yakıt miktarı, binanın TS 825'deki kabullere göre yalıtılması sonucu elde edilmektedir. Yerleşim birimlerindeki iklimsel koşullara göre değişiklik gösterebilecek olan bu değer her zaman gerçek tüketimi vermeyebilir.</p>		
<p><math>A_{top}</math> : Dış duvar, tavan, taban/döşeme, pencere, kapı vb. yapı bileşenlerinin ısı kaybeden yüzey alanlarının toplamı olup, dış ölçülere göre bulunur. Birimi "m<sup>2</sup>"dir.</p> <p><math>V_{brüt}</math> : Binayı çevreleyen dış kabuğun ölçülerine göre hesaplanan hacimdir. Birimi "m<sup>3</sup>"dür.</p> <p><math>A/V</math> : Isı kaybeden toplam yüzeyin (<math>A_{top}</math>) ısıtılmış yapı hacmine (<math>V_{brüt}</math>) oranıdır. Birimi "m<sup>-1</sup>"dir.</p> <p><math>Q^I</math> : <math>A/V</math> oranına bağlı olarak müsaade edilen maksimum yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacıdır. Birimi "kWh/m<sup>2</sup>, kWh/m<sup>3</sup>" dir.</p> <p><math>Q_{yıl}</math> : Bu bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı. Birimi "kWh/m<sup>2</sup>, kWh/m<sup>3</sup>" dir.</p> <p><math>A_n</math> : Binanın net kullanım alanıdır (<math>A_n = 0,32 \times V_{brüt}</math> formülü ile hesaplanır).</p>		
<b>Binanın enerji verimliliği indeksi</b>		
<input type="checkbox"/> C Tipi Bina <b>Normal enerji verimli bina</b>	<input type="checkbox"/> B Tipi Bina <b>İyi enerji verimli bina</b>	<input type="checkbox"/> A Tipi Bina <b>Süper enerji verimli bina</b>
<p><b>Not :</b> <math>Q_{yıl} \leq 0,99 \times Q^I</math> ise C Tipi Bina,  <math>Q_{yıl} \leq 0,90 \times Q^I</math> ise B Tipi Bina,  <math>Q_{yıl} \leq 0,80 \times Q^I</math> ise A Tipi Bina bölümü işaretlenmelidir.</p>		
<b>Düzenleyenler</b>		<b>ONAY</b>
Adı Soyadı, Unvanı	Adı Soyadı, Unvanı	
.....	.....	
.....	.....	
İmza : .....	İmza : .....	

**EK-2 Tablo 4** İllere Göre Derece Gün Bölgeleri

<b>1. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ</b>				
ADANA	AYDIN	İÇEL		
ANTALYA	HATAY	İZMİR		
İli 2. Bölgede olup da kendisi 1. Bölgede olan Belediyeler				
AYVALIK (Balıkesir)	DALAMAN (Muğla)	FETHİYE (Muğla)	MARMARİS (Muğla)	
BODRUM (Muğla)	DATÇA (Muğla)	KÖYCEĞİZ (Muğla)	MİLAS (Muğla)	GÖKOVA (Muğla)
<b>2. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ</b>				
ADAPAZARI	ÇANAKKALE	K.MARAŞ	Rize	TRABZON
ADIYAMAN	DENİZLİ	Kilis	SAMSUN	YALOVA
AMASYA	DİYARBAKIR	KOCAELİ	Siirt	ZONGULDAK
BALIKESİR	EDİRNE	MANİSA	SİNOP	
BARTIN	GAZİANTEP	MARDİN	ŞANLIURFA	
BATMAN	GİRESUN	MUĞLA	ŞİRNAK	
BURSA	İSTANBUL	ORDU	TEKİRDAĞ	
İli 3. Bölgede olup da kendisi 2. Bölgede olan belediyeler				
HOPA (Artvin)	ARHAVİ (Artvin)	DÜZCE (Bolu)		
İli 4. Bölgede olup da kendisi 2. Bölgede olan belediyeler				
ABANA (Kastamonu)	BOZKURT			ÇATALZEYTİN (Kastamonu)
(Kastamonu)				
CİDE (Kastamonu)	İNEBOLU (Kastamonu)			DOĞANYURT (Kastamonu)
<b>3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ</b>				
AFYON	BURDUR	KARABÜK	MALATYA	
AKSARAY	ÇANKIRI	KARAMAN	NEVŞEHİR	
ANKARA	ÇORUM	KIRIKKALE	NİĞDE	
ARTVİN	ELAZIĞ	KIRKLARELİ	TOKAT	
BİLECİK	ESKİŞEHİR	KIRŞEHİR	TUNCELİ	
BİNGÖL	İĞDIR	KONYA	UŞAK	
BOLU	ISPARTA	KÜTAHYA		
İli 1. Bölgede olup da kendisi 3. Bölgede olan belediyeler				
POZANTI (Adana)	KORKUTELİ (Antalya)			
İli 2. Bölgede olup da kendisi 3. Bölgede olan belediyeler				
MERZİFON (Amasya)	ULUS (Bartın)	DURSUNBEY (Balıkesir)		
İli 4. Bölgede olup da kendisi 3. Bölgede olan belediyeler				
TOSYA				
(Kastamonu)				
<b>4. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ</b>				
AĞRI	ERZURUM	KAYSERİ		
ARDAHAN	GÜMÜŞHANE	MUŞ		
BAYBURT	HAKKARİ	SİVAS		
BİTLİS	KARS	VAN		
ERZİNCAN	KASTAMONU	YOZGAT		
İli 2. Bölgede olup da kendisi 4. Bölgede olan belediyeler				
KELES (Bursa)	MESUDİYE (Ordu)	Ş.KARAHSAR (Giresun)		
ULUDAĞ (Bursa)	AFŞİN (K.Maraş)	GÖKSUN (K. Maraş)	ELBİSTAN (K.Maraş)	
İli 3. Bölgede olup da kendisi 4. Bölgede olan belediyeler				
KIĞI (Bingöl)	SOLHAN (Bingöl)	PÜLÜMÜR (Tunceli)		

**EK-3 EPS ve XPS'nin Karşılaştırılması**

<b>EPS ve XPS' NİN KARŞILAŞTIRILMASI</b>	
<b>GENLEŞTİRİLMİŞ POLİSTİREN KÖPÜK ISI YALITIM LEVHALARI (EXPANDED= EPS)</b>	<b>HADDEDEN ÇEKİLMİŞ POLİSTİREN ISI YALITIM LEVHALARI (EKSTRUDE = XPS)</b>
Isı iletkenliği düşüktür ve sabittir.Şişirici gaza ve zamana bağlı olarak değişmez.	Isı iletkenliği düşüktür,ancak şişirici gaza ve zamana bağlı olarak değişir.
EPS ısı yalıtım levhalarında köpük oluşturmak için kullanılan şişirici gaz (pentan) ozon tabakasına zarar vermez,iklim değişikliklerine sebep olmaz.	XPS ısı yalıtım levhalarında köpük oluşturmak için HCFC ler kullanılmaktadır.Bu gazların kullanımı ozon tabakası veya iklim üzerindeki istenmeyen etkileri sebebi ile yakın gelecekte terk edilecektir.Günümüzde Avrupa'daki tesislerde şişirici gaz olarak CO2 kullanımına geçilmiştir.XPS üretiminde kullanılan şişirici gazların çevreye verdikleri zarar azaldıkça ısı yalıtım levhalarının ısı iletkenlikleri artmaktadır.
EPS üretiminde şişirici gaz olarak kullanılan pentanın hava ile yer değiştirme hızı yüksektir.Üretimi takiben birkaç gün içerisinde ısı iletkenliği sabit değere ulaşır ve zamanla kötüleşmez.	XPS üretiminde kullanılan şişirici gazın hava ile yer değiştirmesi aylar sürer. Şişirici gazın yerini hava aldıkça levhaların ısı iletkenliği artar.
EPS üretim maliyeti ve dolayısı ile fiyatı daha düşüktür.Aynı ısı yalıtım düzeyi daha düşük maliyetle sağlanır.	Üretim teknolojisinden dolayı maliyeti ve dolayısı ile fiyatı daha yüksektir.Aynı ısı yalıtım düzeyi için daha yüksek fiyat ödenmesi gerekir.
EPS geniş bir yoğunluk aralığında üretilebilir.Uygulamaya en uygun seçeneği sunar,kaynak israfına sebep olmaz.	XPS ancak yüksek yoğunluklarda üretilebilir.Uygulamanın gerektirdiğinden daha yüksek yoğunluklarda kullanmak zorunda kalınabilir.Bu da maliyetin gerek siz yere artmasına ve kaynak israfına sebep olur.
EPS kapalı gözeneklidir. Su emme değeri düşüktür.Yüksek yoğunluklarda çok düşük değerlere çekilebilir.	XPS kapalı gözeneklidir. Kapalı gözenek oranı EPS den fazladır. Genel olarak su emme değeri çok düşüktür.
Buhar direnci geniş bir aralıkta değiştirilebilir.Uygulamaya uygun bir ürün seçilebilir. Dışarıdan uygulamalarda avantajlıdır.	Buhar direnci yüksektir. Dışarıdan uygulamalarda gereksiz bir direnç oluşturur. İçeriden uygulamalarda avantajlıdır.
Eğilme dayanımı vardır.	Eğilme dayanımı yoktur.
Esnek hale getirilerek ses yalıtım amaçlı da kullanılabilir.	Esnek kabiliyeti yoktur, ses yalıtım amaçlı kullanılmaz.
Uzun ömürlüdür.	Uzun ömürlüdür.
B1 sınıfı malzemedir.	B1 sınıfı malzemedir.
Avantajlı olduğu uygulamalar: Dışarıdan duvar yalıtımı. Klasik teras çatı yalıtımı-teraz çatıda kullanılmaz. Yüzer döşeme (özel üretim).	Avantajlı olduğu uygulamalar: Özellikle soğuk iklimlerde içeriden ısı yalıtımı. Klasik ve/veya ters çatı uygulaması. Ağır trafik yükü olan döşemeler. Basınçlı su etkisinde dışarıdan bodrum duvarı
Mümkün olan uygulamalar: Kiremit vb örtülü çatılarda kiremit üstü veya altı. Zemin yalıtımı.	Mümkün olan uygulamalar: Kiremit vb örtülü çatılarda kiremit üstü veya altı. Zemin yalıtımı.
Ters çatı uygulamalarında kullanılmaması uygundur. Basınçlı su etkisinde bodrum duvar uygulamalarında kullanılmaması uygun olur.	Yüzer döşeme uygulamalarında kullanılmaz. Dışarıdan yalıtım uygulamalarında tercih edilmemesi daha uygundur.

### EK-4 Yapı Malzeme ve Bileşenlerinin İletkenlikleri Ve Su Buharı Direnç Faktörleri

**EK-4 Tablo-1** Yapı Malzeme ve Bileşenlerinin 1511 iletkenliği Hesap Değerleri (Ah) ve Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörleri ( $\mu$ ) (TS 825'e uygun)

Sıra No	MALZEME VEYA BİLEŞENİN ÇEŞİDİ	Birim hacim kütlesi <sup>1)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Isıl iletkenlik Hesap değerleri $\lambda_h$ <sup>4)</sup> W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu$ <sup>6)</sup>
1	Doğal taşlar			
1.1	Kristal yapılı püskürük ve metaformik taşlar (granit, bazalt, mermer vb.)	>2800	3,5	
1.2	Tortul, sedimante taşlar (kum taşı, traverten, konglomeralar vb.)	2600	2,3	
1.3	Gözenekli püskürük taşlar	<1600	0,55	
2	Doğal zeminler (doğal nemlikte)			
2.1	Kum, kum - çakıl	1800	1,4	
2.2	Kil, sıkı toprak	2000	2,1	
3	Dökme malzemeler (hava kurusunda, üzeri örtülü durumda)			
3.1	Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)	1800	0,7	
3.2	Bims çakılı (TS 3234)	≤1000	0,19	
3.3	Yüksek fırınlcürufu	≤600	0,13	
3.4	Kömür cürufu	≤1000	0,23	
3.5	Gözenekli doğal taş mıcırları	≤1200	0,22	
		≤1500	0,27	
3.6	Genleştirilmiş perlit agregası (TS 3681)	≤50	0,046	
		≤100	0,058	
		≤150	0,070	
		≤200	0,081	
3.7	Genleştirilmiş mantar parçacıkları	≤200	0,05	
3.81	Polistren, sert köpük parçacıkları	15	0,045	
3.9	Testere ve plan ya talaşı	200	0,07	
3.10	Saman	150	0,058	
4	Sıvalar, şaplar ve diğer harç tabakaları			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	1800	0,87	15-35
4.2	Çimento harcı	2000	1,4	15-35
4.3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	1400	0,7	10
4.4	Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış Sıva	1200	0,35	10
4.5	Alçı harçlı şap	2000	1,2	15-35
4.6	Çimento harçlı şap	2000	1,4	
4.7	Dökme asfalt kaplama, kalınlık ≥15 mm	2300	0,9	15-35
4.8	Anorganik asıllı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	800 900 1000	0,30 0,35 0,38	

EK-4 Tablo 1 (devam)

Sıra No	MALZEME VEYA BİLEŞENİN ÇEŞİDİ	Birim hacim kütlesi <sup>1)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Isıl iletkenlik Hesap değerleri $\lambda_h$ <sup>4)</sup> W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu$ <sup>6)</sup>
4.9	Genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılan sıvalar ve harç ve tabakaları	400 500 600 700 800	0,14 0,16 0,20 0,24 0,29	
5	Büyük boyutlu yapı elemanları ve bileşenleri (kolon, kiriş, döşeme ve ısı iletkenliği hesabına esas yüzeyi 0,25 m <sup>2</sup> den büyük olan perde, panolar gibi)			
5.1	Normal beton, (TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	Donatılı 2400 Donatısız 2200	2,1 1,74	70-150 70-150
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'te uygun agregalarla) 3)	800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600 1800 2000	0,39 0,44 0,49 0,55 0,62 0,70 0,79 0,89 1,00 1,30 1,60	70-150 70-150 70-150 70-150 70-150 70-150 70-150 70-150 70-150 70-150 70-150
5.2.2	Yalnız genleştirilmiş perlit kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 3649'a uygun) 3)	300 400 500 600 700 800 900 1000 1200 1400 1600	0,10 0,13 0,15 0,19 0,21 0,24 0,27 0,30 0,35 0,42 0,49	

EK 4-Tablo 1 (devam)

Sıra No	MALZEME VEYA BİLEŞENİN ÇEŞİDİ	Birim hacim kütlesi <sup>1)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Isıl iletkenlik Hesap değerleri $\lambda_h$ <sup>4)</sup> W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu$ <sup>6)</sup>
5.3	Tuvenan halindeki hafif agregalarla yapılan hafif betonlar (agregalar arası boşluklu)			
5.3.1	Gözeneksiz agregalar kullanılarak yapılmış betonlar	1600 1800 2000	0,81 1,10 1,40	3-10 5-10
5.3.2	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak kuvarz kumu katılmadan yapılmış betonlar <sup>3)</sup>	600 700 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000	0,22 0,26 0,28 0,36 0,46 0,57 0,75 0,92 1,20	5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15
5.3.3	Yalnız doğal bims kullanılarak ve kuvarz kumu katılmadan yapılmış betonlar (TS 3234'e uygun) (TS 2823,e uygun yapı elemanları dahil)	500 600 700 800 900 1000 1200	0,15 0,18 0,20 0,24 0,27 0,32 0,44	5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15
5.4	Organik bazlı agregalarla yapılmış hafif betonlar			
5.4.1	Ahşap testere veya planya talaşı betonu	400 600 800 1000 1200	0,14 0,19 0,25 0,35 0,44	
5.4.2	Çeltik kapağı betonu	600 700	0,14 0,17	
5.5	Buharla sertleştirilmiş gaz betonlar (TS 453'e uygun yapı elemanları dahil)	400 500 600 700 800	0,14 0,16 0,19 0,21 0,23	5-10 5-10 5-10 5-10 5-10
6	Yapı plakları ve levhaları			
6.1	Gaz beton yapı levhaları (TS 453' uygun plaklar)			
6.1.1	Normal derz kalınlığında ve normal harçta yerleştirilen levhalar	500 600 700 800	0,22 0,24 0,27 0,29	5-10 5-10 5-10 5-10

EK 4- Tablo 1 (devam)

Sıra No	MALZEME VEYA BİLEŞENİN ÇEŞİDİ	Birim hacim kütlesi <sup>1)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Isıl iletkenlik Hesap değerleri $\lambda_h$ <sup>4)</sup> W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu$ <sup>6)</sup>
6.1.2	İnce derzli veya özel yapıstıncı kullanılarak yerleştirilen levhalar	500	0,19	5-10
		600	0,22	5-10
		700	0,24	5-10
		800	0,27	5-10
6.2	Hafif betondan duvar plakları	800	0,29	5-10
		900	0,32	5-10
		1000	0,37	5-10
		1200	0,47	5-10
		1400	0,58	5-10
6.3	Alçıdan duvar levhalar ve blokları (gözenekli, delikli, dolgu veya agregalı olanlar dahil) (TS 451, TS 452, TS 1474'e uygun)	600	0,29	5-10
		750	0,35	5-10
		900	0,41	5-10
		1000	0,47	5-10
		1200	0,58	5-10
6.4	Genleştirilmiş perlit agregası katılmış alçı duvar levhaları (TS 3682'ye uygun)	600	0,29	5-10
		750	0,35	5-10
		900	0,41	5-10
6.5	Alçı karton plakalar (TS 452'ye uygun)	900	0,21	8
7	Kagir duvarlar (Harç fugaları-derzleri dahil)			
7.1	Tuğla duvarlar			
7.1.1	TS 704, TS 705'e uygun tuğlalarla yapılan kagir duvarlar, dolu klinker, düşey delikli klinger, (TS 4562) seramik klinger (TS 2902)	1800	0,81	50-100
		2000	0,94	50-100
		2200	1,20	50-100
7.1.2	TS 704, TS 705'e uygun dolu veya düşey delikli tuğlalarla duvarlar	1200	0,50	5-10
		1400	0,58	5-10
		1600	0,68	5-10
		1800	0,81	5-10
		2000	0,96	5-10
7.1.3	Düşey delikli tuğlalarla duvarlar (TS 4377'ye uygun AB sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepli)			
7.1.3.1	Normal harç kullanarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	700	0,35	5-10
		800	0,38	5-10
		900	0,42	5-10
		1000	0,45	5-10
7.1.3.2	TS 4916'ya uygun harç kullanılarak AS B sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	700	0,30	5-10
		800	0,33	5-10
		900	0,36	5-10
		1000	0,39	5-10
7.1.4	Düşey delikli hafif tuğlalarla duvarlar (TS 4377'ye uygun W sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepli)			
7.1.4.1	Normal harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	≤700	0,30	5-10
		800	0,33	5-10
		900	0,36	5-10
		1000	0,39	5-10



EK 4- Tablo 1 (devam)

Sıra No	MALZEME VEYA BİLEŞENİN ÇEŞİDİ	Birim hacim kütlesi <sup>1)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Isıl iletkenlik Hesap değerleri $\lambda_h$ <sup>4)</sup> W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu$ <sup>6)</sup>
7.1.4.2	TS 4916'ya uygun harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	≤700	0,24	5-10
		800	0,27	5-10
		900	0,30	5-10
		1000	0,33	5-10
7.1.5	Düşey delikli hafif tuğlalarla duvarlar (TS 4377'ye uygun W sınıfı lamba zıvanalı tuğlalarla)			
7.1.5.1	Normal harç kullanılarak W sınıfı lamba zıvanalı tuğlalarla yapılan duvarlar	≤700	0,24	5-10
		800	0,27	5-10
		900	0,30	5-10
		1000	0,34	5-10
7.1.5.2	TS 4916'ya uygun harç kullanılarak W sınıfı lamba zıvanalı tuğlalarla yapılan duvarlar	≤700	0,18	5-10
		800	0,21	5-10
		900	0,24	5-10
		1000	0,28	5-19
7.1.6	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS 4563)	≤1000	0,45	5-10
7.2	Kireç kum taşı duvarlar (TS 808'e uygun)	700	0,35	5-10
		800	0,40	5-10
		900	0,44	5-10
		1000	0,50	5-10
		1200	0,57	5-10
		1400	0,70	5-10
		1600	0,79	5-25
		1800	0,99	5-25
		2000	1,10	5-25
2200	1,30	5-25		
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
		500	0,22	5-10
		600	0,24	5-10
		700	0,27	5-10
		800	0,29	5-10
7.3.2	İnce derzli (derz kalınlığı ≤3 mm) veya özel yapıştırıcısıyla yerleştirilmiş bloklarla duvarlar (blok uzunluğunun en az 500 mm olması şartıyla)	400	0,15	5-10
		500	0,17	5-10
		600	0,20	5-10
		700	0,23	5-10
		800	0,27	5-10
7.3.3	TS 4916' ya uygun harç kullanılarak gaz beton bloklarla yapılan duvarla)	400	0,14	5-10
		500	0,16	5-10
		600	0,18	5-10
		700	0,21	5-10
		800	0,23	5-10
7.4	Beton briket veya duvar blokları ile duvarlar			

EK-4 Tablo 1 (devam)

Sıra No	MALZEME VEYA BİLEŞENİN ÇEŞİDİ	Birim hacim kütlesi <sup>1)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Isıl iletkenlik Hesap değerleri $\lambda_h$ <sup>4)</sup> W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu$ <sup>6)</sup>
7.4.1	Hafif betondan dolu briket veya dolu bloklarla duvarlar (TS 406' ya uygun ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış briket ve bloklarla)	500 600 700 800 900 1000 1200 1400 1600 1800 2000	0,32 0,34 0,37 0,40 0,43 0,46 0,54 0,63 0,74 0,87 0,99	5-10 5-10 5-10 5-10 5-10 5-10 5-10 10-15 1 0-1 5 1 0-1 5 1 0-1 5
7.4.2	Doğal bims betondan dolu bloklarla duvarlar (TS 2823' e uygun DDB türü bloklarla, kuvars kumu katılmaksızın yapılmış)	500 600 700 800 900 1000 1200 1400 1600 1800 2000	0,29 0,32 0,35 0,39 0,43 0,46 0,54 0,63 0,74 0,87 0,99	5-10 5-10 5-10 5-10 5-10 5-10 5-10 10-15 1 0-1 5 10-15 1 0-1 5
7.4.3	Kuvars kumu katılmaksızın doğal bimsle yapılmış betondan özel yarıklı dolu duvar bloklarıyla duvarlar (TS 2823' e uygun SW türü bloklarla)	500 600 700 800 500 600 700 800	0,20 0,22 0,25 0,28 0,22 0,24 0,28 0,31	5-10 5-10 5-10 5-10 5-10 5-10 5-10 5-10
	Uzunluk $\geq 490$ mm			
	$240 \text{ mm} \leq \text{Uzunluk} < 490$ mm			
7.4.4	Genleştirilmiş perlit betonundan dolu bloklarla duvarlar (kuvartz kumu katılmaksızın yapılmış bloklarla) (TS 3681' e uygun agregayla TS 406' ya uygun olarak yapılmış bloklarla)	500 600 700 800	0,26 0,29 0,32 0,35	5-10 5-10 5-10 5-10
7.5	Boşluklu briket veya bloklarla duvarlar			
7.5.1.	Hafif betondan boşluklu bloklarla duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS 2823' e uygun BOB türü bloklarla)			

EK-4 Tablo 1 (devam)

Sıra No	MALZEME VEYA BİLEŞENİN ÇEŞİDİ	Birim hacim kütlesi <sup>1)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Isıl iletkenlik Hesap değerleri $\lambda_h$ <sup>4)</sup> W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu$ <sup>6)</sup>
7.5.1.1	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, 6 sıra boşluklu; genişlik $\leq$ 490 mm olan bloklarda	500 600 700 800 900 1000 1200 1400	0,29 0,32 0,35 0,39 0,44 0,49 0,60 0,73	5-10 5-10 5-10 5-10 5-10 5-10 5-10 5-10
7.5.1.2	2 sıra boşluklu; genişlik = 300 mm, 3 sıra boşluklu; genişlik = 365 mm olan bloklarda	500 600 700 800 900 1000 1200 1400	0,29 0,34 0,39 0,46 0,55 0,64 0,76 0,90	5-50 5-50 5-50 5-50 5-50 5-50 5-50 5-50
7.5.2	Normal betondan boşluklu briket ve bloklarla duvarlar (TS 406' ya uygun)			
7.5.2.1	2 sıra boşluklu; genişlik $\leq$ 240 mm, 3 sıra boşluklu; genişlik $\leq$ 300 mm, 4 sıra boşluklu; genişlik $\leq$ 365 mm olan bloklarda	$\leq$ 1800	0,92	20-30
7.5.2.2	2 sıra boşluklu; genişlik = 300 mm, 3 sıra boşluklu; genişlik = 365 mm olan bloklarda	$\leq$ 1800	1,3	20-30
7.6	Doğal taşlarla örülmüş moloz taş duvarlar Taşın birim hacim kütlesi; $<$ 1600 kg/m <sup>3</sup> $\leq$ 1600, $<$ 2000 kg/m <sup>3</sup> $\leq$ 2000, $<$ 2600 kg/m <sup>3</sup> $\leq$ 2600 kg/m <sup>3</sup>		0,81 1,16 1,74 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	40
8.2	Ahşap mamulleri			
8.2.1	Kontrplak (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	50-1 00
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)	600 800 1000	0,13 0,15 0,17	70 70 70

EK-4 Tablo 1 (devam)

Sıra No	MALZEME VEYA BİLEŞENİN ÇEŞİDİ	Birim hacim kütlesi <sup>1)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Isıl iletkenlik Hesap değerleri $\lambda_h$ <sup>4)</sup> W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu$ <sup>6)</sup>
9.1.1	Linolyum	1000	0,17	
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	250	0,07	
9.2	Suya karşı yalıtım kaplamaları			
9.2.1	Mastik asfalt kaplama $\geq 7$ mm	2000	0,70	
9.2.2	Bitüm ve bitüm emdirilmiş kaplamalar			
9.2.2.1	Armatürlü bitümlü pestiller (membranlar)			
	Bitümlü karton	1100	0,19	2000
	Cam tülü armatürlü bitümlü pestil	1200	0,19	14000
	0,01 mm Alüminyum folyolu bitümlü pestil	900	0,19	100000
	Cam tülü armatürlü polimer bitümlü membran	2000	0,19	14000
	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	2000-5000	0,19	20000
9.2.3	Armatürlü veya armatürsüz plastik pestil ve Folyolar			
	Polietilen folyo	1000	0,19	80000
	PVC örtü	1200	0,19	42000
	PIB polyisobütülen 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	Odun talaş levhalar (TS 305)			
	Levha kalınlığı $\geq 25$ mm	360-480	0,09	2-5
	Levha kalınlığı = 10 mm	570	0,15	2-5
10.2	Sentetik köpük malzemeler			
10.2.1	Polistren sert köpük levhalar (PS)			
10.2.1.1	Polistren-partiküler köpük (TS 7316)	$\geq 15$	0,040	20-250
10.2.1.2	Polistren-ekstrüde köpük XPS (TS 11989)			
10.2.1.2.1	Yüzeyi pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı levhalar	$>20$	0,031	8-250
10.2.1.2.2	Yüzeyi düzgün (ciltli) levhalar	$\geq 30$	0,028	8-250
10.2.2	Poliüretan sert köpük levhalar (PUR) (TS 2193) (TS 10981)	$\geq 30$	0,035	30-100
10.3	Fenol reçinesinden sert köpük levhalar	$\geq 30$	0,040	1 0-50
10.4	Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri TS 901	8-500	0,049	1
10.5	Cam köpüğü levhalar	100-500	0,052	10000
		80-160	0,040	10
10.6	Mantardan ısı yalıtım levhaları (TS 304)	$>160-250$	0,050	30
		$>250-500$	0,055	35
10.7	Kamıştan hafif levhalar		0,058	

1) Bu Ek'te verilen birim hacim kütleleri bir yapı malzeme veya bileşenin gerçek birim hacim kütlelerinden farklı olabilir. Bu gibi durumlarda göz önünde bulundurulacak ısı iletkenliği hesap değeri, esas malzemenin (mesela tuğla duvarda tuğlanın) kuru durumdaki birim hacim kütlelerine (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 bileşen için yalnız bir birim hacim kütlelerine bağlı olarak ısı iletkenliği hesap değeri verilmişse, malzeme veya bileşenin gerçek birim hacim kütlesi farklı da olsa bu ekteki değer geçerlidir. Gerektiğinde, yapı malzeme veya bileşenlerinin birim alan kütlelerinin hesabında da bu ekteki birim hacim kütleleri yukarıdaki esaslara göre göz önünde bulundurulur.

2) TS 4916'ya uygun hafif örgü hacı kullanılması durumunda, bu ek'te; briket ve bloklarla yapılan duvarlar için verilen ısı iletkenliği hesap değerleri 0,06 W/mK kadar azaltılabilir. Ancak bu harcın kullanılması halinde;

-Duvarların taşıyıcı olmaması,

-Kullanılacak harcın ilgili standartlarca üretilmiş olması ve şantiyelere ambalajlı olarak getirilmesi,

-Yapılacak azaltma sonucu bulunacak ısı iletkenliği hesap değerleri, duvar örgüsünde kullanılan briket ve blokların yapıldıkları betonlar için verilen ısı iletkenliği hesap değerlerinden daha küçük olmaması gereklidir.

3) Kuvartz kumu katılmadan yapılmış beton elemanlar için verilen ısı iletkenliği hesap değerleri, kuvartz kumu katılması durumunda %20 arttırılarak uygulanır.

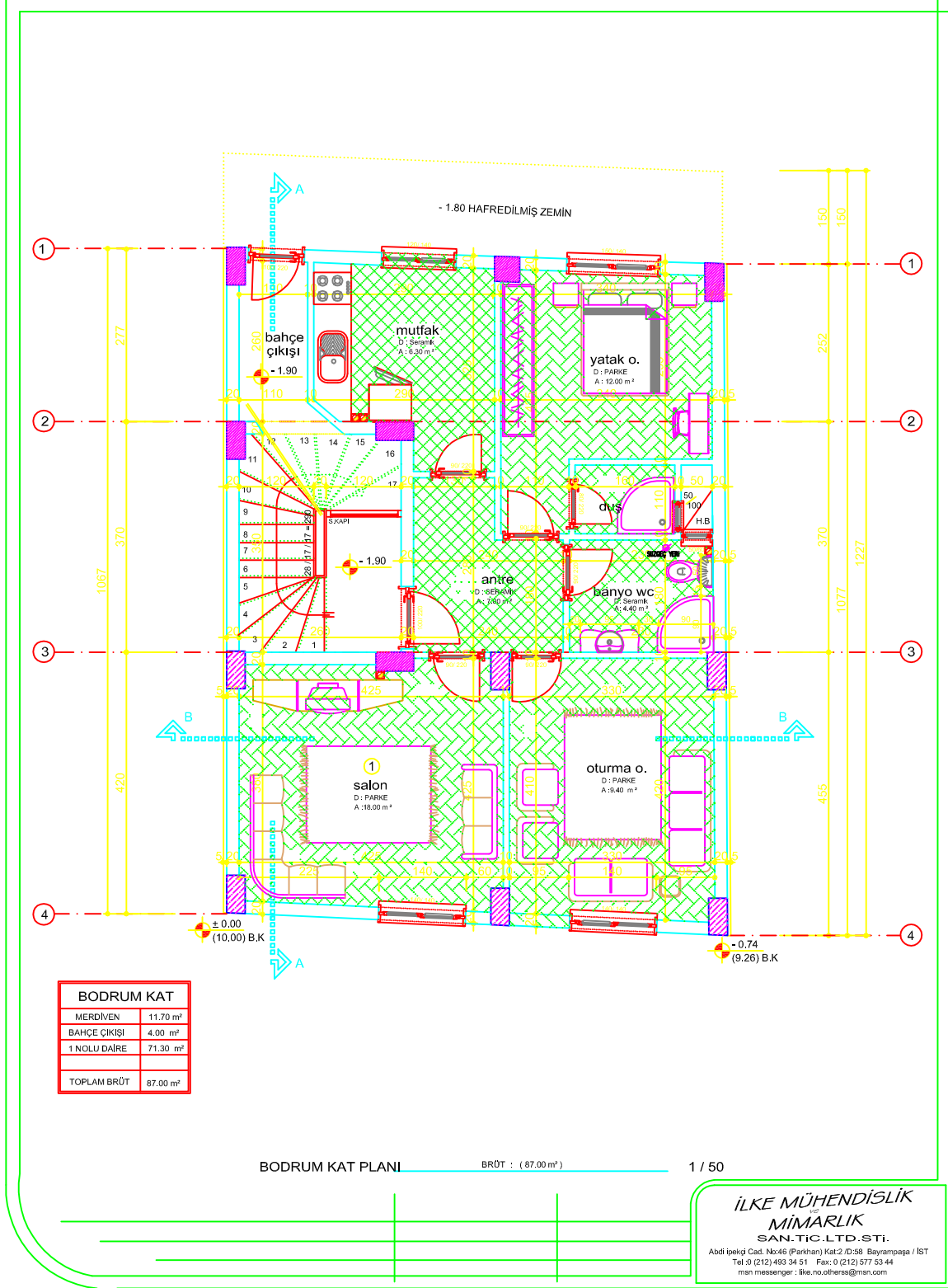
4) Bazı gevşek dokulu malzemeler kullanıldığı yerlerde, üzerine gelen yükler sonucu sıkışabilirler (örneğin döşeme kaplaması altındaki gevşek dokulu yalıtım tabakaları gibi). Bu gibi durumlarda malzemenin sıkışmış olarak birim hacim kütlesi, bu malzeme için bu ek'te verilen birim hacim kütlesi değerinden daha büyük değilse, verilen ısı iletkenlik hesap değerleri aynen geçerlidir. Ancak yapılacak ısı geçirgenlik direnci hesaplarında, malzemenin sıkışmış durumdaki kalınlığının göz önünde bulundurulması gerekir. Ayrıca, gevşek dokulu veya sıkışabilir malzemeler üzerine

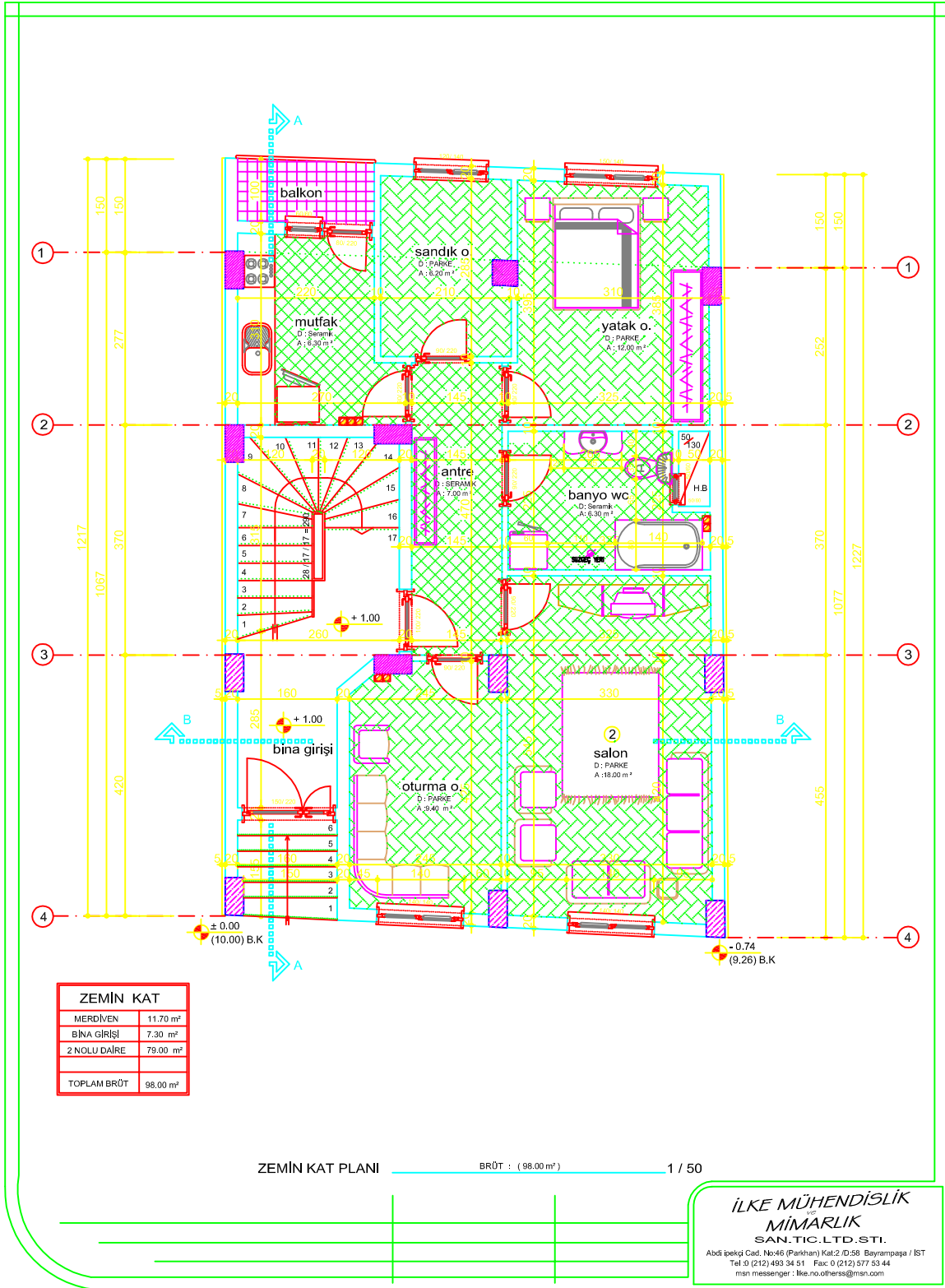
yapılacak kaplamaların, üzerlerine gelecek sabit ve hareketli yükleri, zarar görmeden taşıyacak şekilde seçilmesine ve uygulanmasına özen gösterilmelidir.

**5)** Bir yapı bileşeni veya elemanı birden fazla, değişik ısı iletkenliği hesap değerine sahip malzemenin meydana geliyorsa, o yapı bileşeni veya elemanının ısı iletkenliği hesap değeri; her bir malzemenin kalınlıkları ve alanları dikkate alınarak ısı geçirgenlik dirençleri hesaplanır böylece yüzey yüzde (%) oranlarına göre ortalama ısı iletkenlik değerleri bulunur ve bileşen veya elemanın boyutlarına göre derz durumları da göz önünde bulundurularak hesaplanır.

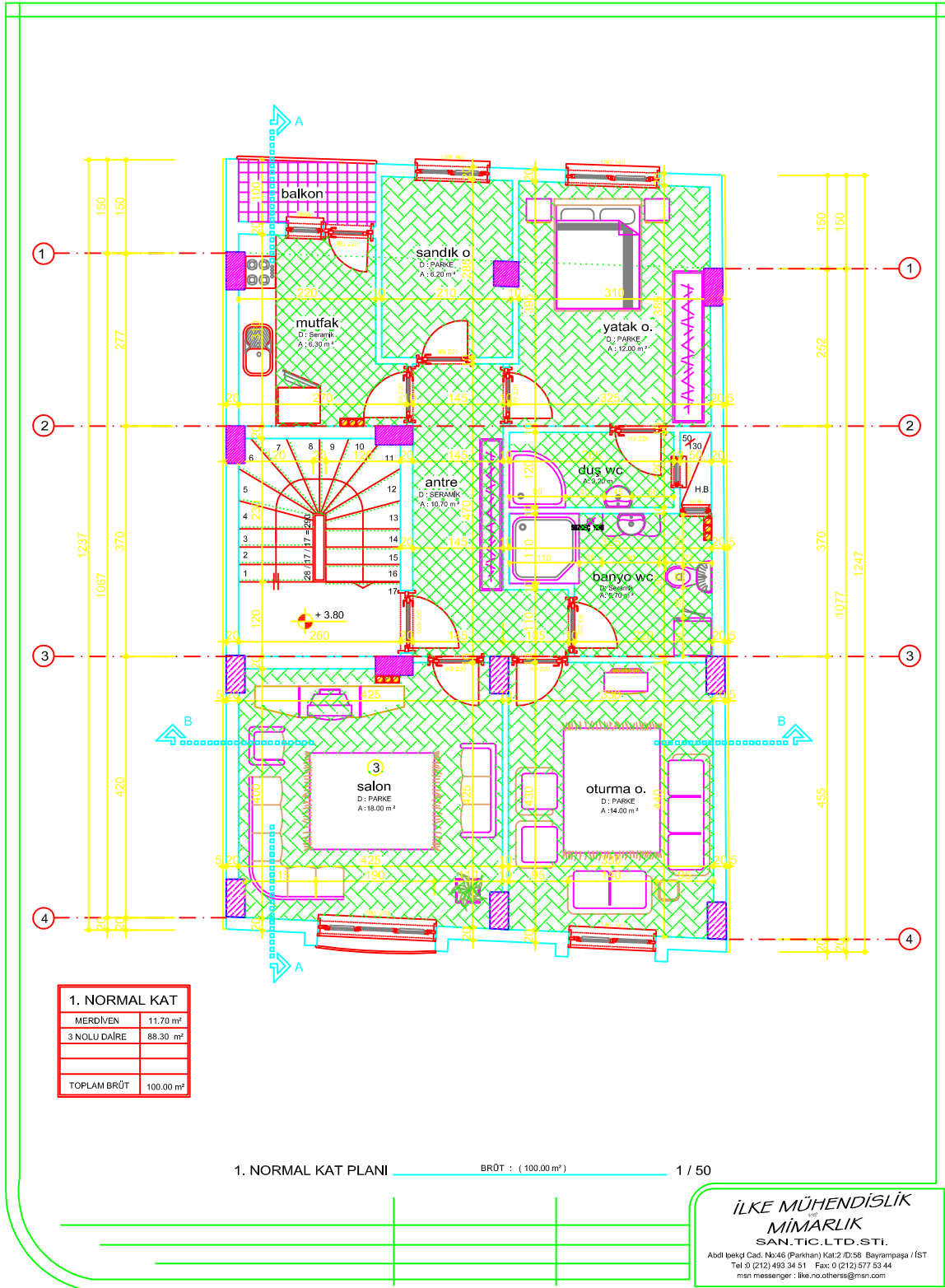
**6)** Yapı konstrüksiyonu için uygun olmayan değerler her defasında göz ardı edilir.

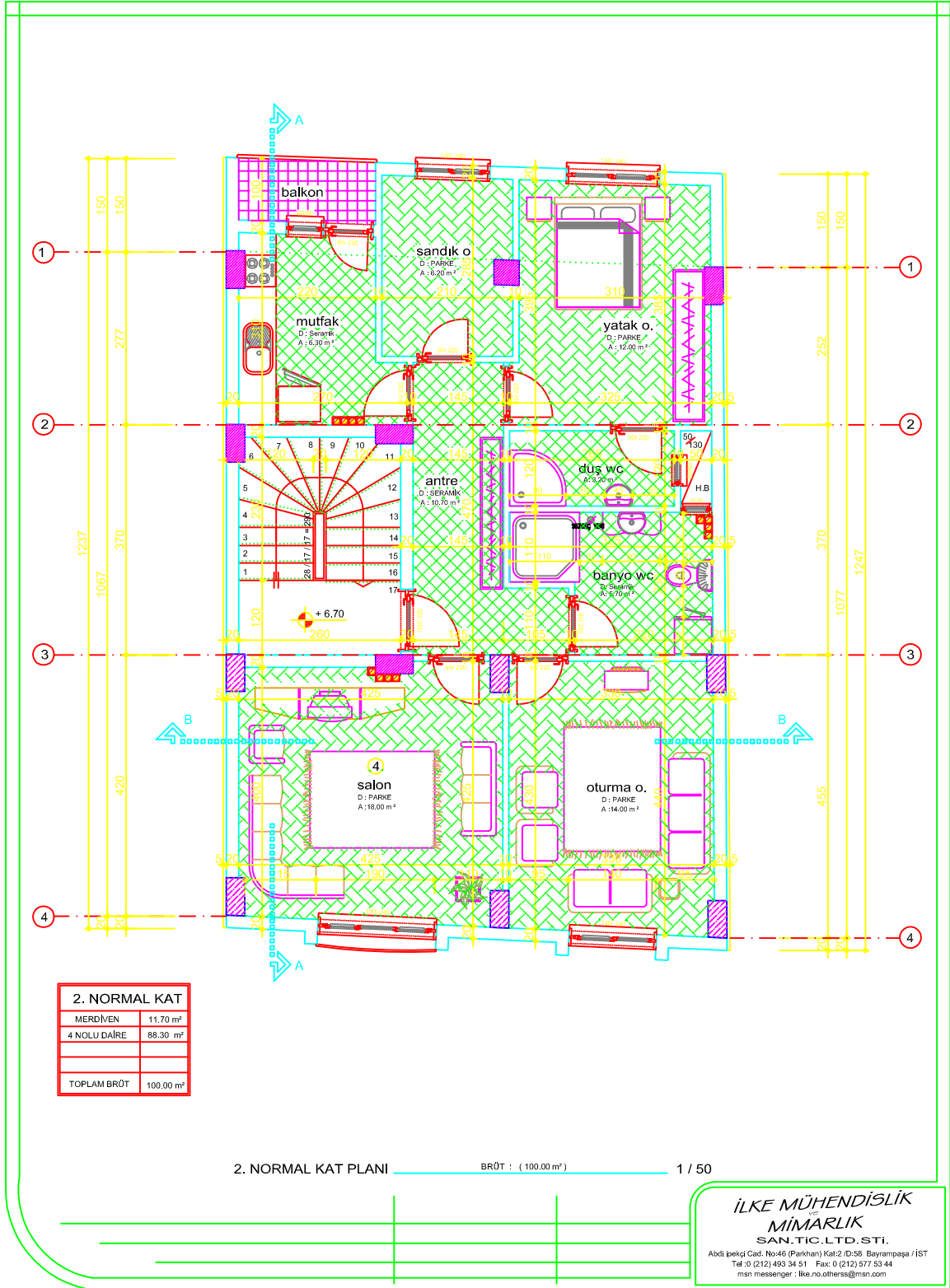
## EK-5 Örnek Konut Projesine Ait Plan-Kesit ve Görünüşler

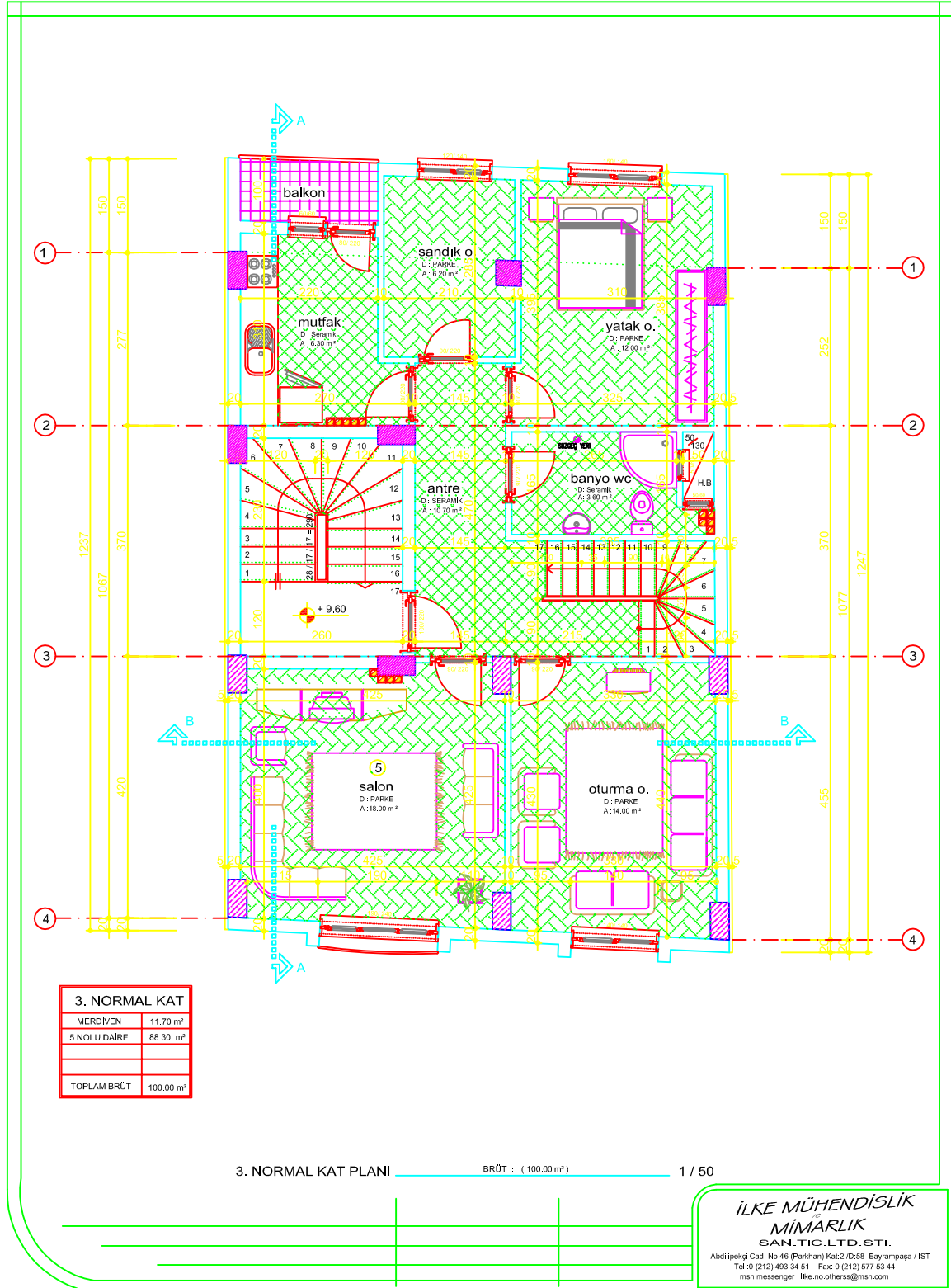




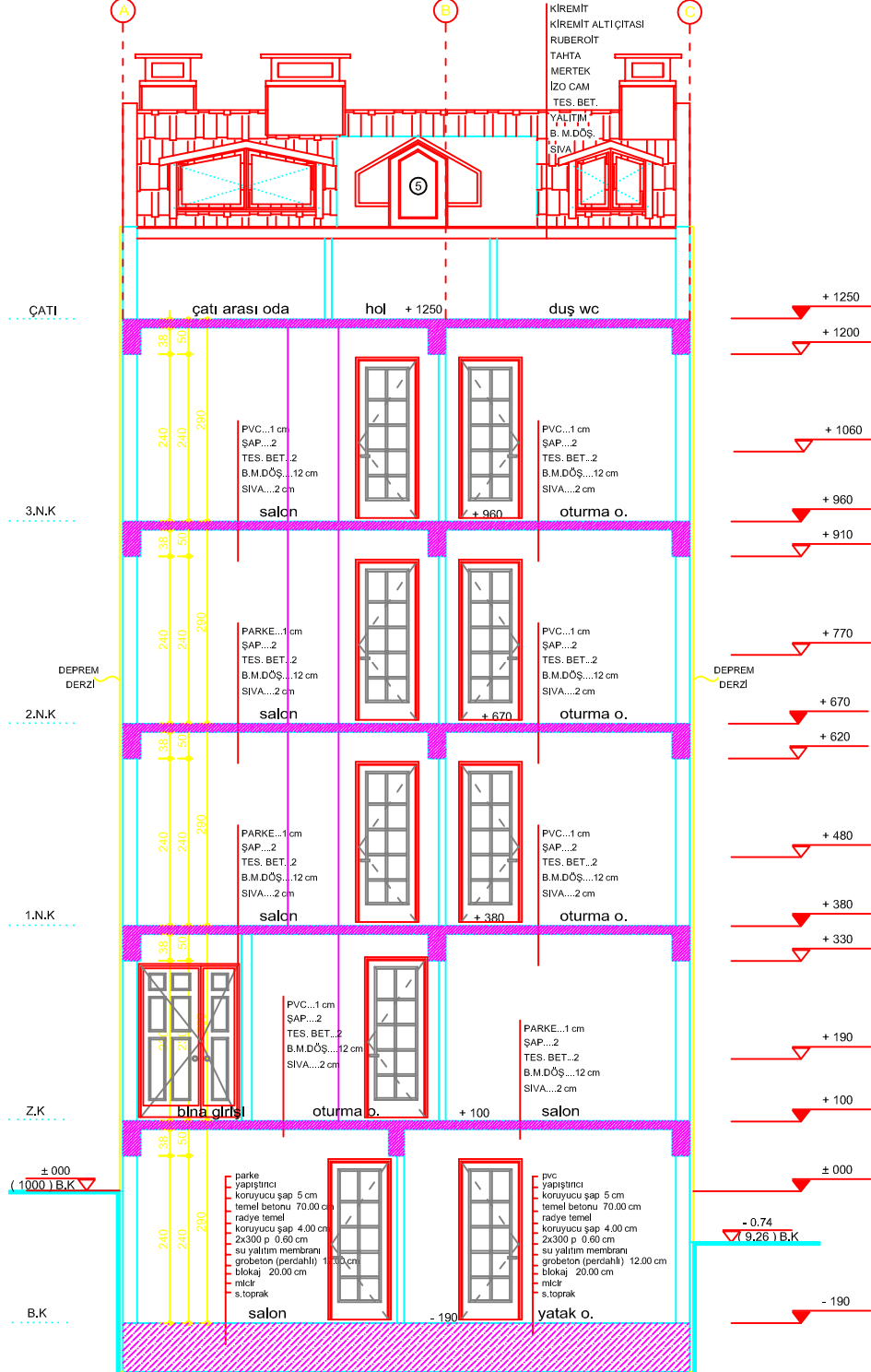










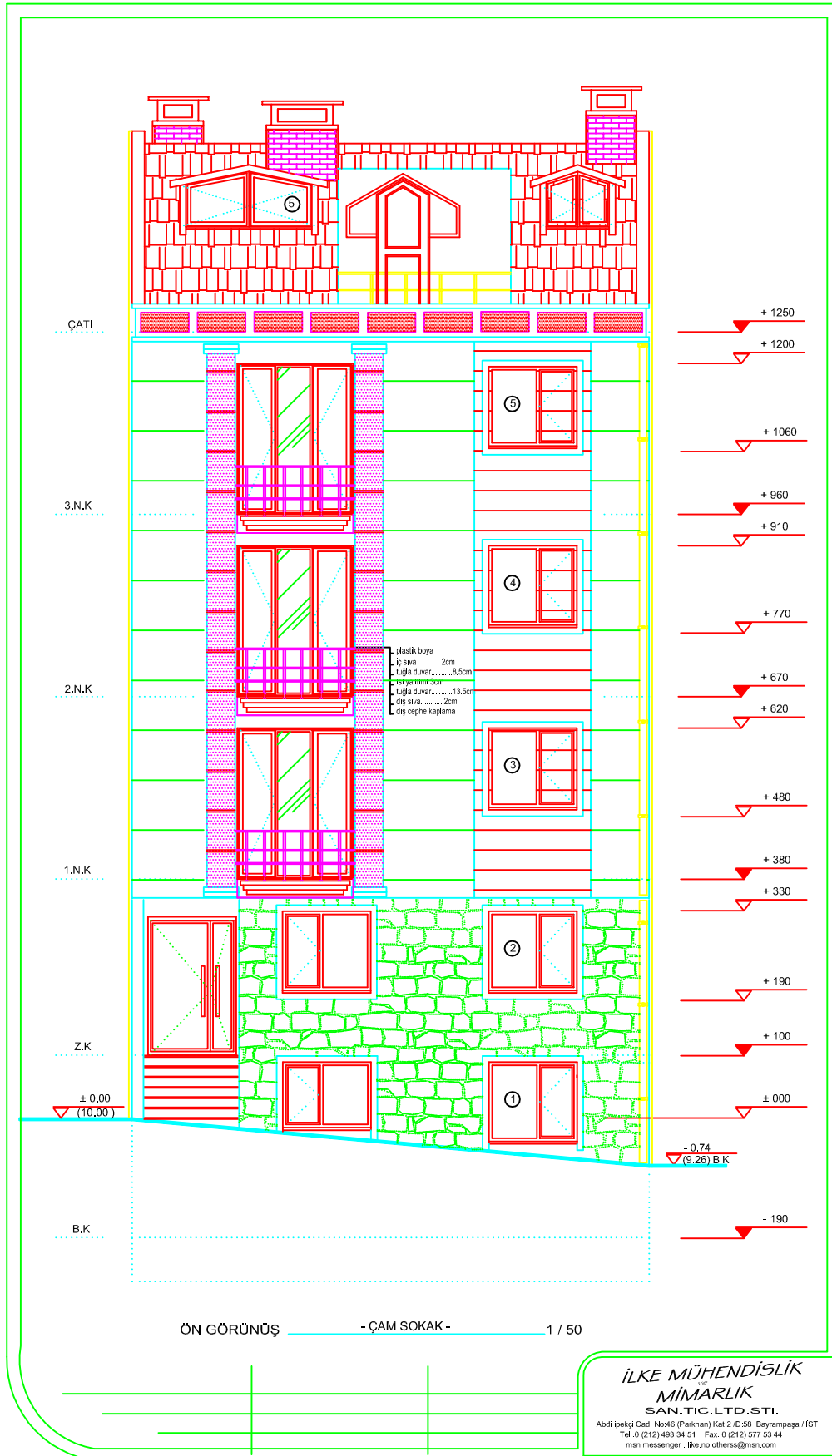


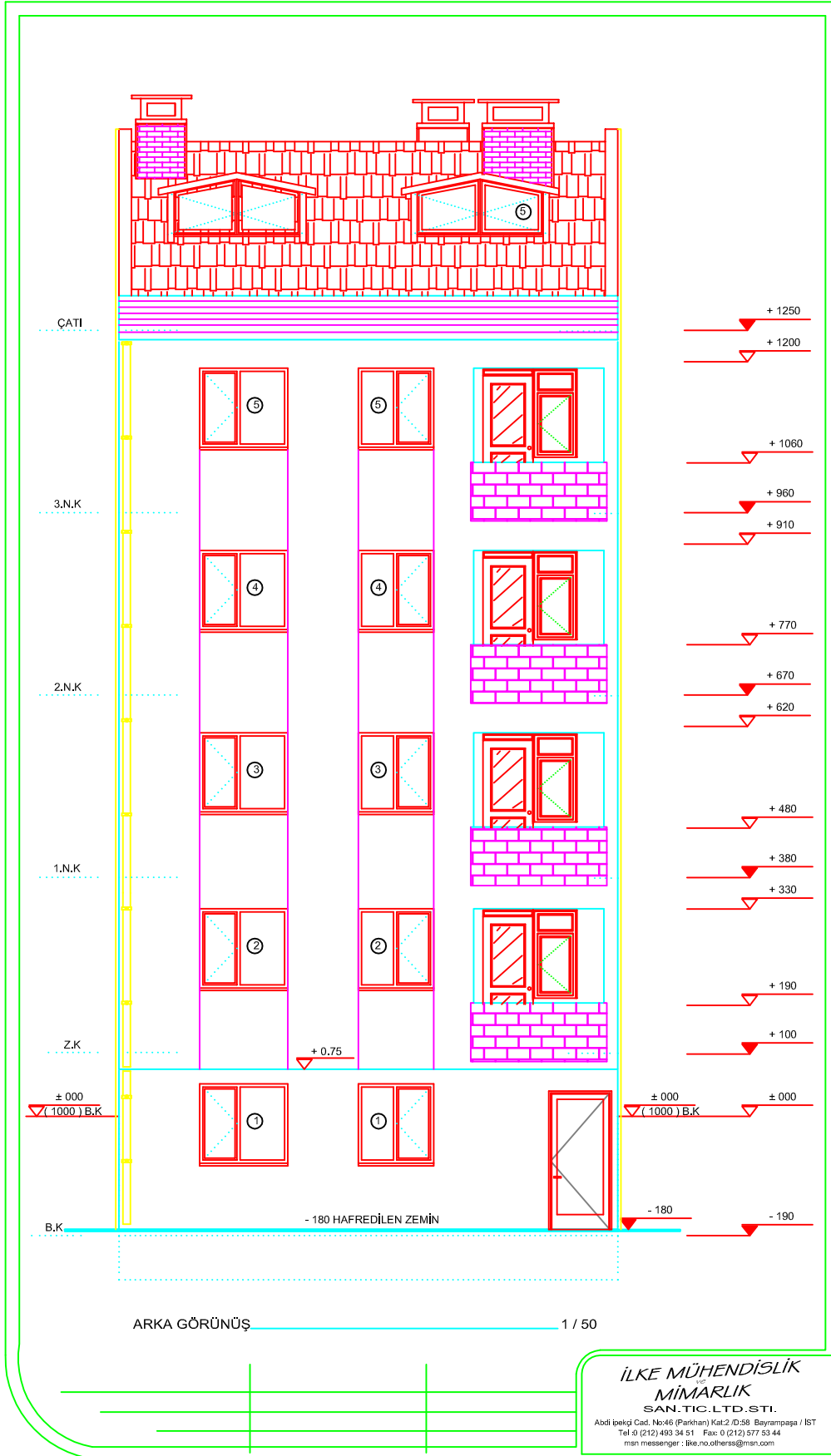
B - B KESİTİ

1 / 50

**İLKE MÜHENDİSLİK**  
**MİMARLIK**  
**SAN. TİC. LTD. STİ.**

Abdi İpekçi Cad. No:46 (Parkhan) Kat:2.D:58 Bayrampaşa / İST  
Tel: 0 (212) 493 34 51 Fax: 0 (212) 577 53 44  
msn messenger : ilke.no.otherse@msn.com









## Binanın Özgül Isı Kaybı Hesabı

Tarih : 08/04/2009

Sayfa : 1

Proje Adı : YALITIMSIZ TEZ ÇALIŞMASI

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI	Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d (m)	$\lambda_n$ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	U W/m <sup>2</sup> K	A m <sup>2</sup>	A x U W/K
<b>DH-1-Duvar( Dış Hava Temaslı )</b>						
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)		0,13			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0	0,02		
7.1.5.5	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1)	0,135	0,45	0,3		
4.2	Çimento harcı	0,03	1,6	0,02		
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)		0,04			
<b>TOPLAM</b>			<b>0,51</b>	<b>1,966</b>	<b>423,97</b>	<b>833,53</b>
<b>DH-2-Duvar( Dış Hava Temaslı )</b>						
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısı 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	0,25	2,5	0,1		
4.2	Çimento harcı	0,03	1,6	0,02		
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)		0,04			
<b>TOPLAM</b>			<b>0,31</b>	<b>3,239</b>	<b>155,49</b>	<b>503,63</b>
<b>DT-1-Duvar( Toprak Temaslı )</b>						
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısı 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	0,25	2,5	0,1		
4.2	Çimento harcı	0,03	1,6	0,02		
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)		0			
<b>TOPLAM</b>			<b>0,27</b>	<b>0,5x3,721</b>	<b>12,58</b>	<b>23,41</b>
<b>PENCERE 1</b>				<b>2,8</b>	<b>56,7</b>	<b>158,76</b>
<b>KAPI 1</b>				<b>3,5</b>	<b>14,74</b>	<b>51,59</b>

**İletim Yolu ile Gerçekleşen Isı Kaybı, H<sub>i</sub>** = **1570,92 W/K**

**Havalandırma Yolu ile Gerçekleşen Isı Kaybı, H<sub>v</sub>** = **323,61 W/K**

**Binanın Toplam Isı Kaybı, H = H<sub>i</sub> + H<sub>v</sub>** = **1894,53 W/K**

## YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI

Proje Adı : YALITIMSIZ TEZ ÇALIŞMASI

Tarih : 08/04/2009

Sayfa : 2

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H=H_i + H_v$	$T_i - T_d$	$H(T_i - T_d)$	$\Phi_i$	$\Phi_g$	$\Phi_T = \Phi_i + \Phi_g$			
	(W/K)	(K, °C)	(W)	(W)	(W)	(W)			
Ocak	1895	16,1	30.502	2.452	1.380	3.831	0,13	1	69.133.435
Şubat	1895	14,6	27.660	2.452	1.694	4.145	0,15	0,999	60.963.795
Mart	1895	11,7	22.166	2.452	2.044	4.495	0,20	0,993	45.886.869
Nisan	1895	6,2	11.746	2.452	2.045	4.496	0,38	0,927	19.646.407
Mayıs	1895	1	1.895	2.452	2.340	4.792	2,53	(-)	
Haziran	1895	Td yüksek	(-)	2.452	2.434	4.886	(-)	(-)	
Temmuz	1895	Td yüksek	(-)	2.452	2.380	4.831	(-)	(-)	
Ağustos	1895	Td yüksek	(-)	2.452	2.279	4.731	(-)	(-)	
Eylül	1895	Td yüksek	(-)	2.452	2.019	4.470	(-)	(-)	
Ekim	1895	4,9	9.283	2.452	1.702	4.154	0,45	0,893	14.447.230
Kasım	1895	10,5	19.893	2.452	1.319	3.771	0,19	0,995	41.837.254
Aralık	1895	15,2	28.797	2.452	1.212	3.664	0,13	1	65.147.754

Toplam  $Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 317.062.746$  kJ

$Q_{yıl} = 0,278 \times 1/1000 \times 317.062.746 = 88.143$  kWh

Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı  $Q' = 17,5$  kWh / m<sup>3</sup>

Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı  $Q = 57,53$  kWh / m<sup>3</sup>

**$Q > Q'$  olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi TS 825 standardına uygun değildir!**

Proje Adı : YALITIMSIZ TEZ ÇALIŞMASI

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi

### Duvar( Dış Hava Temaslı ) DH - 1

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)
EYLÜL	19,9	75
EKİM	14,1	80
KASIM	8,5	79
ARALIK	3,8	80
OCAK	2,9	79
ŞUBAT	4,4	76
MART	7,3	75
NİSAN	12,8	74
MAYIS	18,0	74
HAZİRAN	22,5	70
TEMMUZ	24,9	71
AĞUSTOS	24,3	74

Yapı elemanında TS 825'e göre yoğuşma oluşmamıştır.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden fazla olduğu için Standarda uygun değildir.

Proje Adı : YALITIMSIZ TEZ ÇALIŞMASI

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi

### Duvar( Dış Hava Temaslı ) DH - 2

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)
EYLÜL	19,9	75
EKİM	14,1	80
KASIM	8,5	79
ARALIK	3,8	80
OCAK	2,9	79
ŞUBAT	4,4	76
MART	7,3	75
NİSAN	12,8	74
MAYIS	18,0	74
HAZİRAN	22,5	70
TEMMUZ	24,9	71
AĞUSTOS	24,3	74

Yapı elemanında TS 825'e göre yoğuşma oluşmamıştır.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden fazla olduğu için Standarda uygun değildir.

1. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırdan yüksektir (1.83 > 1) kg/m<sup>2</sup>. Standarda uygun değildir.

Yoğuşma standart tabakalarda oluştu (Max.1,0 kg/m<sup>2</sup>)

Proje Adı : YALITIMSIZ TEZ ÇALIŞMASI

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi

### Duvar( Toprak Temaslı ) DT - 1

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)	my1(kg/m2)	my1(kg/m2) (küm.)	my2(kg/m2)	my2(kg/m2)(küm.)
ARALIK	3,8	100	-	-	-	-
OCAK	2,9	100	-	-	-	-
ŞUBAT	4,4	100	-	-	-	-
MART	7,3	100	-	-	-	-
NİSAN	12,8	100	-	-	-	-
MAYIS	18,0	100	-	-	-	-
HAZİRAN	22,5	100	-	-	0.04	0.04
TEMMUZ	24,9	100	-	-	0.1	0.14
AĞUSTOS	24,3	100	-	-	0.09	0.23
EYLÜL	19,9	100	-	-	0	0.23
EKİM	14,1	100	-	-	-0.08	0.15
KASIM	8,5	100	-	-	-0.11	0.04

Yapı elemanında birden fazla bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden fazla olduğu için Standarda uygun değildir.

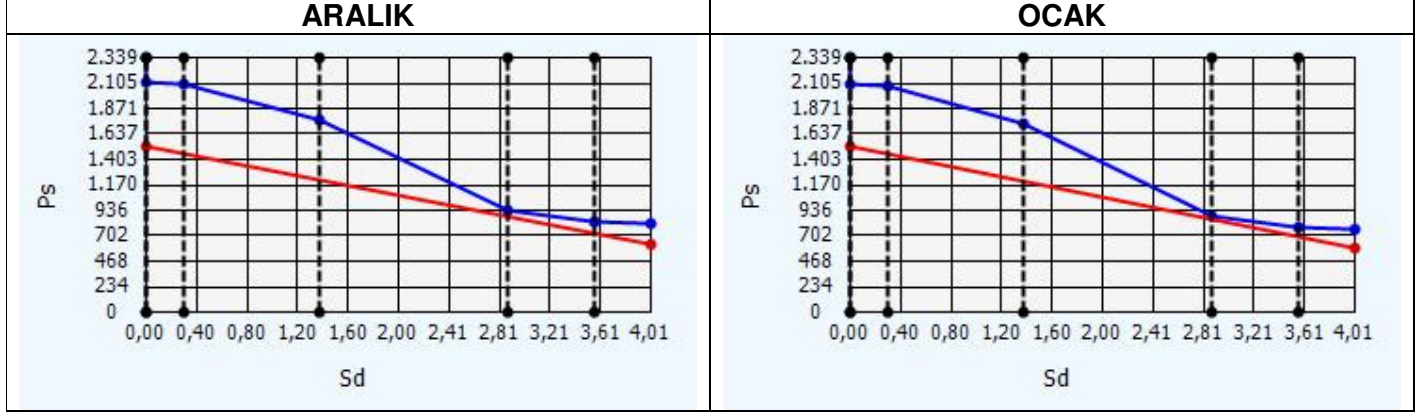
1. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırdan yüksektir (2.54 > 1) kg/m2. Standarda uygun değildir.

Yoğuşma standart tabakalarda oluştu (Max.1,0 kg/m2)

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

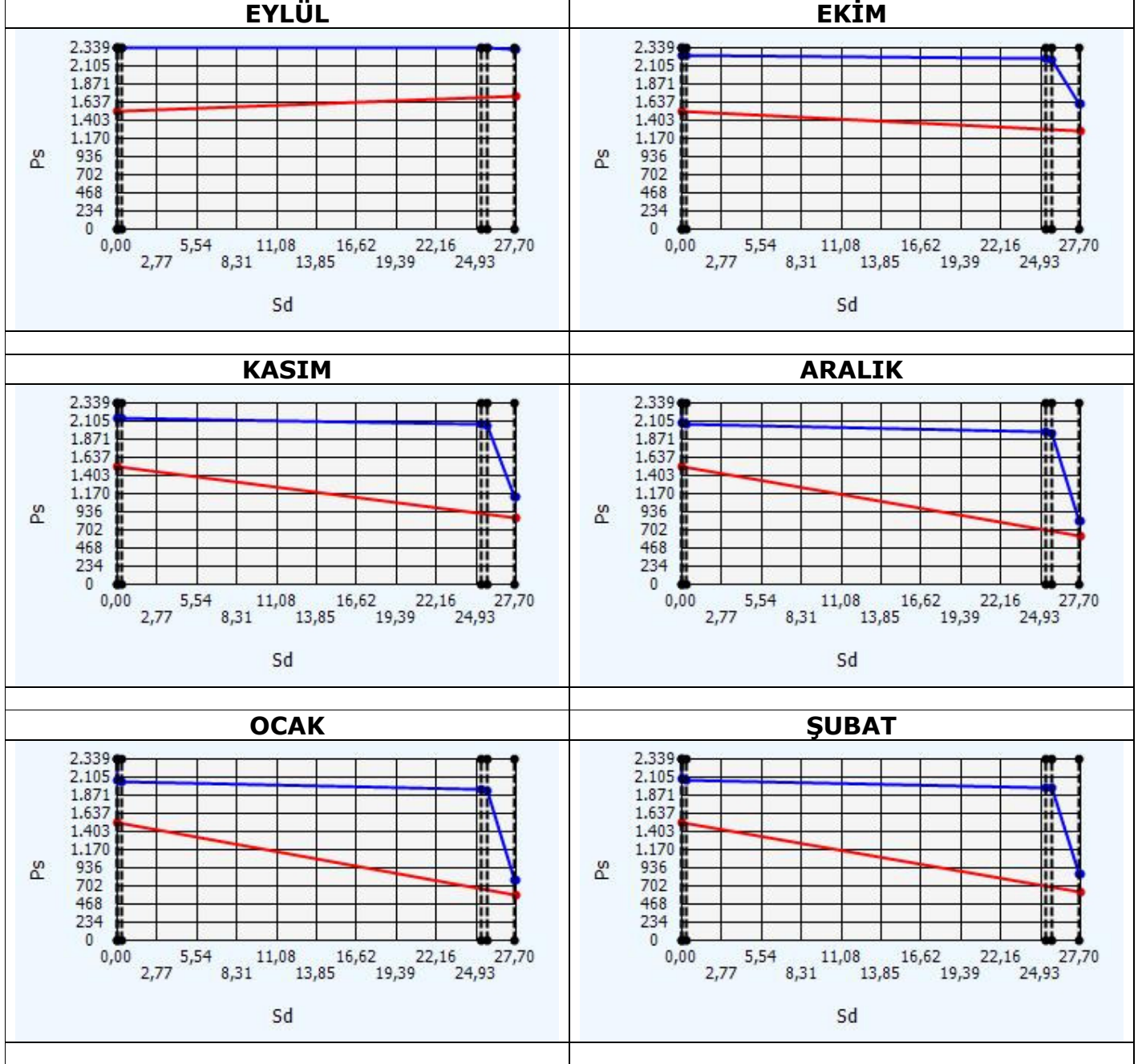
Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Büyüktür. Yoğuşma Standarda uygun değildir.

## Duvar( Dış Hava Teması ) DH - 1



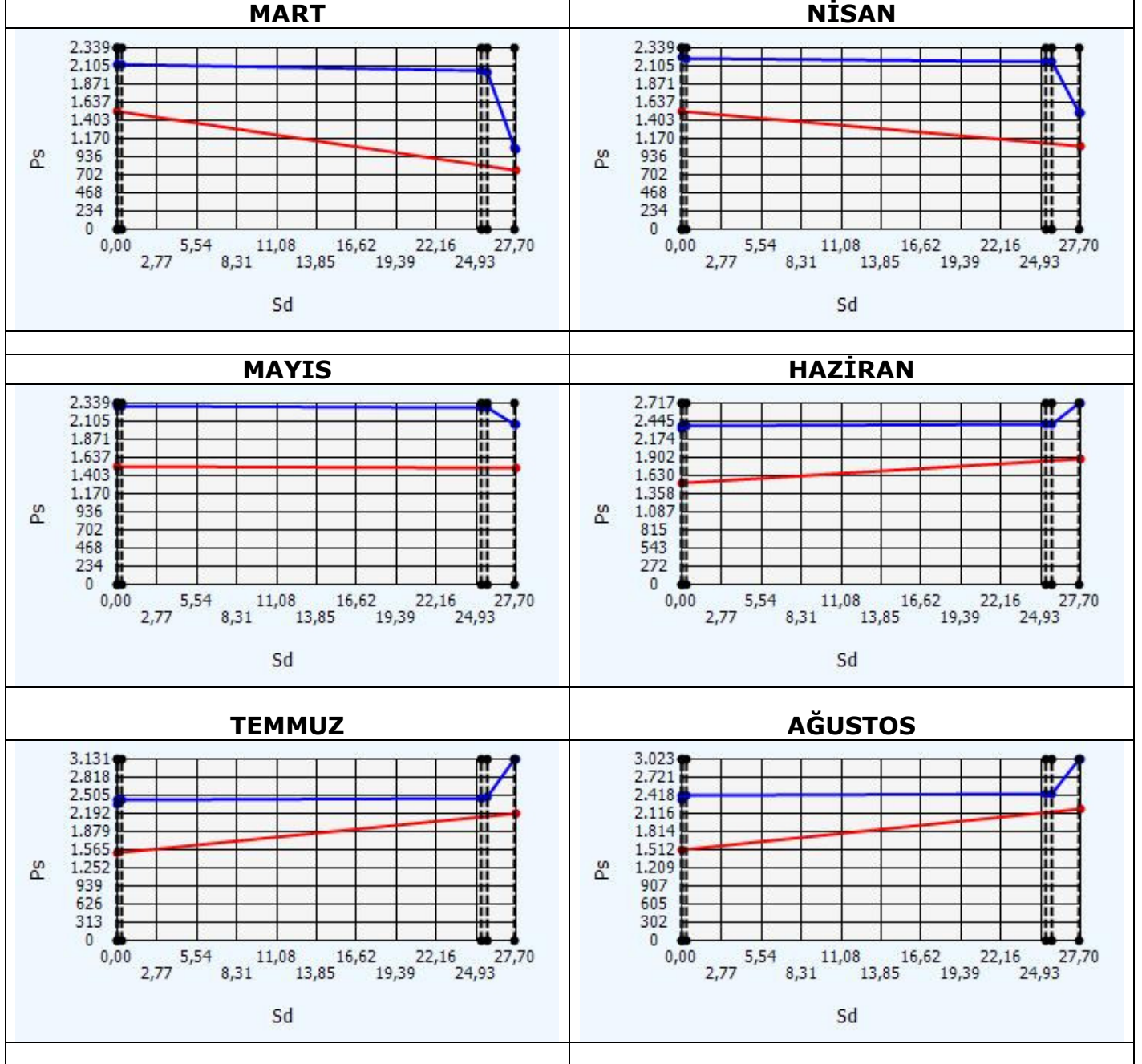
Proje Adı : YALITIMSIZ TEZ ÇALIŞMASI

## Duvar( Dış Hava Teması ) DH - 2



Proje Adı : YALITIMSIZ TEZ ÇALIŞMASI

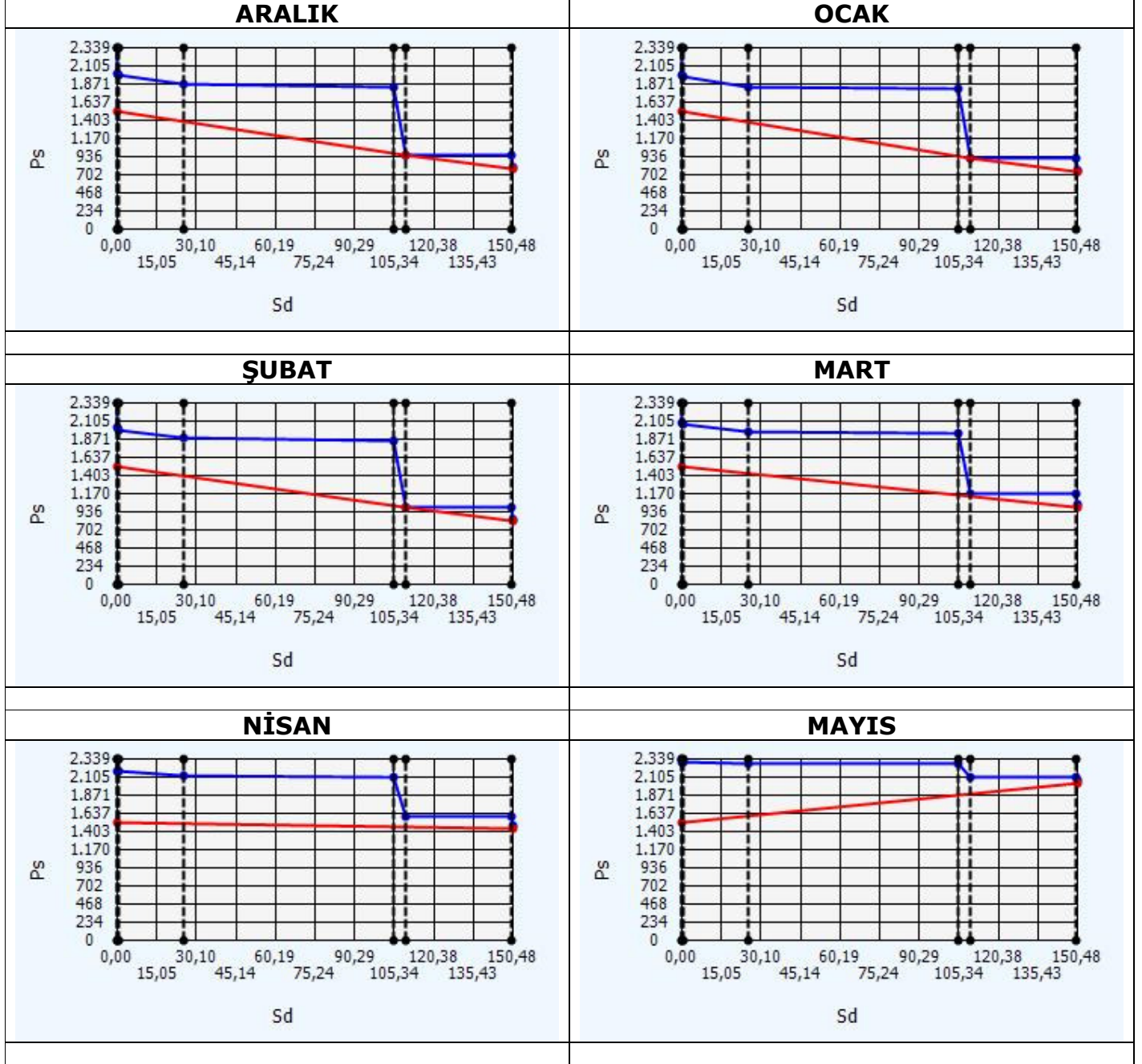
## Duvar( Dış Hava Teması ) DH - 2





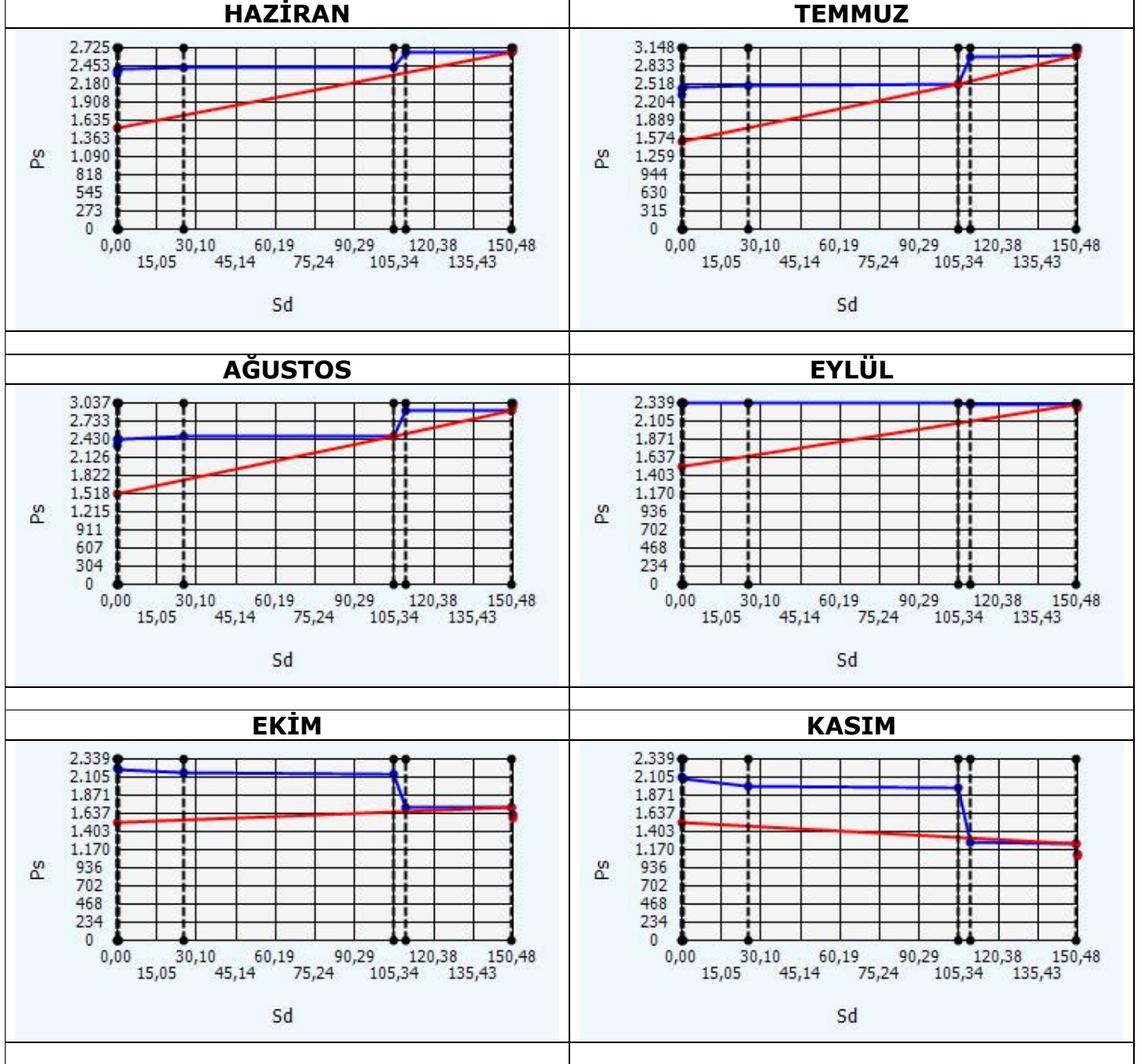
Proje Adı : YALITIMSIZ TEZ ÇALIŞMASI

## Duvar( Toprak Temaslı ) DT - 1



Proje Adı : YALITIMSIZ TEZ ÇALIŞMASI

## Duvar( Toprak Temaslı ) DT - 1



## Binanın Özgül Isı Kaybı Hesabı

Tarih : 08/04/2009

Sayfa : 1

Proje Adı : SİSTEM1 EPS

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı	Isıl	Isıl	Isıl	Isı	Isı
		Elemanının	İletkenlik	İletkenlik	Geçirgenlik	Kaybedilen	Isı
		Kalınlığı	Hesap	Direnci	Katsayısı	Yüzey	Kayıbı
		d	$\lambda_n$	R	U	A	A x U
		(m)	(W/mK)	(m <sup>2</sup> K/W)	W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup>	W/K
<b>DH-1-Duvar( Dış Hava Temaslı )</b>							
1/α <sub>i</sub>	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0	0,02			
7.1.5.5	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1)	0,135	0,45	0,3			
4.2	Çimento harcı	0,03	1,6	0,02			
10.3.1.1	Polistiren - parçacık köpüklü - TS 7316 EN 13163 e uygun; yoğunluk ≥15; ısı iletkenlik grubu 035	0,06	0,035	1,71			
4.2	Çimento harcı	0,01	1,6	0,01			
1/α <sub>d</sub>	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04			
<b>TOPLAM</b>				<b>2,23</b>	<b>0,449</b>	<b>423,97</b>	<b>190,36</b>
<b>DH-2-Duvar( Dış Hava Temaslı )</b>							
1/α <sub>i</sub>	Yüzeysel ısı 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	0,25	2,5	0,1			
4.2	Çimento harcı	0,03	1,6	0,02			
10.3.1.1	Polistiren - parçacık köpüklü - TS 7316 EN 13163 e uygun; yoğunluk ≥15; ısı iletkenlik grubu 035	0,06	0,035	1,71			
4.2	Çimento harcı	0,01	1,6	0,01			
1/α <sub>d</sub>	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04			
<b>TOPLAM</b>				<b>2,03</b>	<b>0,493</b>	<b>155,49</b>	<b>76,66</b>
<b>DT-1-Duvar( Toprak Temaslı )</b>							
1/α <sub>i</sub>	Yüzeysel ısı 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	0,25	2,5	0,1			
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; ısı iletkenlik grubu 030	0,03	0,030	1			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,01			
7.1.5.1	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1)	0,085	0,33	0,26			
1/α <sub>d</sub>	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0			
<b>TOPLAM</b>				<b>1,54</b>	<b>0,5x0,65</b>	<b>12,58</b>	<b>4,09</b>
<b>CC-1-Tavan( Üzeri Çatılı )</b>							
1/α <sub>i</sub>	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0	0,02			

## Binanın Özgül Isı Kaybı Hesabı

Tarih : 08/04/2009

Sayfa : 2

Proje Adı : SİSTEM1 EPS

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d (m)	$\lambda_n$ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	U (W/m <sup>2</sup> K)	A m <sup>2</sup>	A x U W/K
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya micir kullanılarak yapılmış betonlar	0,12	2,5	0,05			
4.2	Çimento harcı	0,03	1,6	0,02			
10.4.1.1	Fenolik sert köpük - TS EN 13166 ya uygun; yoğunluk $\geq 30$ ; ısıl iletkenlik grubu 030	0,15	0,030	5			
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,08			
<b>TOPLAM</b>				<b>5,3</b>	<b>0,8x0,189</b>	<b>16,85</b>	<b>2,55</b>
<b>CC-2-Tavan( Üzeri Çatılı )</b>							
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (iç)			0,13			
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,03	0,70	0,04			
10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10 a uygun; yoğunluk 8-500; ısıl iletkenlik grubu 035	0,05	0,035	1,43			
99.2.2.1	Hava Tabakası - Yatay (Isı akışı aşağıdan yukarıya) = 5 mm	0,05	0,036	1,39			
8.1.2	Kayın, meşe, dişbudak	0,02	0,20	0,1			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,02			
3.3	Yüksek fırın curufu; yoğunluk $\leq 600$	0,02	0,13	0,15			
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,08			
<b>TOPLAM</b>				<b>3,34</b>	<b>0,8x0,299</b>	<b>71,84</b>	<b>17,18</b>
<b>CA-1-Tavan( Üzeri Açık )</b>							
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (iç)			0,13			
4.2	Çimento harcı	0,02	1,6	0,01			
10.2.2.1	Reçine formaldehit köpüğü (UF) - (DIN 18159-2 ye uygun); yoğunluk $\geq 10$ ; ısıl iletkenlik grubu 035	0,06	0,035	1,71			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,02			
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 micir kullanılarak yapılmış betonlar	0,12	2,5	0,05			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0	0,02			
1.1.2	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar ( granit, bazalt, mermer, vb. )	0,02	2,3	0,01			
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,04			
<b>TOPLAM</b>				<b>2,01</b>	<b>0,496</b>	<b>8,3</b>	<b>4,12</b>
<b>TT-1-Taban( Toprak Temaslı )</b>							
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (iç)			0,17			
9.1.3	Sentetik malzemeden kaplamalar ( örnek:PVC )	0,01	0,23	0,04			
4.2	Çimento harcı	0,02	1,6	0,01			
10.2.2.1	Reçine formaldehit köpüğü (UF) - (DIN 18159-2 ye uygun); yoğunluk $\geq 10$ ; ısıl iletkenlik grubu 035	0,06	0,035	1,71			
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya micir kullanılarak	0,6	2,5	0,24			

## Binanın Özgül Isı Kaybı Hesabı

Tarih : 08/04/2009

Sayfa : 3

Proje Adı : SİSTEM1 EPS

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d	$\lambda_n$	R	U	A	A x U
		(m)	(W/mK)	(m <sup>2</sup> K/W)	W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup>	W/K
	yapılmış betonlar						
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,19	0,02			
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 katsayısı (dış)			0			
<b>TOPLAM</b>				<b>2,25</b>	<b>0,5x0,443</b>	<b>85,84</b>	<b>19,01</b>
<b>TG-1-Taban( Açık Geçit Üzeri )</b>							
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17			
9.1.3	Sentetik malzemeden kaplamalar ( örnek:PVC )	0,008	0,23	0,03			
4.2	Çimento harcı	0,02	1,6	0,01			
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,12	2,5	0,05			
4.2	Çimento harcı	0,01	1,6	0,01			
10.2.2.1	Reçine formaldehit köpüğü (UF) - (DIN 18159-2 ye uygun); yoğunluk $\geq 10$ ; ısı iletkenlik grubu 035	0,06	0,035	1,71			
4.2	Çimento harcı	0,02	1,6	0,01			
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04			
<b>TOPLAM</b>				<b>2,03</b>	<b>0,491</b>	<b>11,15</b>	<b>5,47</b>
<b>PENCERE 1</b>					<b>2,8</b>	<b>56,7</b>	<b>158,76</b>
<b>KAPI 1</b>					<b>3,5</b>	<b>14,74</b>	<b>51,59</b>

**İletim Yolu ile Gerçekleşen Isı Kaybı, H<sub>i</sub>** = **529,79** W/K

**Havalandırma Yolu ile Gerçekleşen Isı Kaybı, H<sub>v</sub>** = **323,61** W/K

**Binanın Toplam Isı Kaybı, H = H<sub>i</sub> + H<sub>v</sub>** = **853,4** W/K

## YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI

Proje Adı : SİSTEM1 EPS

Tarih : 08/04/2009

Sayfa : 4

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H=H_i + H_v$	$T_i - T_d$	$H(T_i - T_d)$	$\Phi_i$	$\Phi_g$	$\Phi_T = \Phi_i + \Phi_g$			
	(W/K)	(K, °C)	(W)	(W)	(W)	(W)			
Ocak	853	16,1	13.740	2.452	1.380	3.831	0,28	0,972	25.958.005
Şubat	853	14,6	12.460	2.452	1.694	4.145	0,33	0,95	22.082.865
Mart	853	11,7	9.985	2.452	2.044	4.495	0,45	0,892	15.493.256
Nisan	853	6,2	5.291	2.452	2.045	4.496	0,85	0,692	5.652.951
Mayıs	853	1	853	2.452	2.340	4.792	5,61	(-)	
Haziran	853	Td yüksek	(-)	2.452	2.434	4.886	(-)	(-)	
Temmuz	853	Td yüksek	(-)	2.452	2.380	4.831	(-)	(-)	
Ağustos	853	Td yüksek	(-)	2.452	2.279	4.731	(-)	(-)	
Eylül	853	Td yüksek	(-)	2.452	2.019	4.470	(-)	(-)	
Ekim	853	4,9	4.182	2.452	1.702	4.154	0,99	0,635	4.006.541
Kasım	853	10,5	8.961	2.452	1.319	3.771	0,42	0,907	14.360.141
Aralık	853	15,2	12.972	2.452	1.212	3.664	0,28	0,971	24.401.175

Toplam  $Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 111.954.934$  kJ

$Q_{yıl} = 0,278 \times 1/1000 \times 111.954.934 = 31.123$  kWh

Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı  $Q' = 20,34$  kWh / m<sup>3</sup>

Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı  $Q = 20,31$  kWh / m<sup>3</sup>

$Q < Q'$  olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi TS 825 standardına uygundur.

Proje Adı : SİSTEM1 EPS

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaştırma Miktarı Çizelgesi

### Duvar( Dış Hava Temaslı ) DH - 1

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)
EYLÜL	19,9	75
EKİM	14,1	80
KASIM	8,5	79
ARALIK	3,8	80
OCAK	2,9	79
ŞUBAT	4,4	76
MART	7,3	75
NİSAN	12,8	74
MAYIS	18,0	74
HAZİRAN	22,5	70
TEMMUZ	24,9	71
AĞUSTOS	24,3	74

Yapı elemanında TS 825'e göre yoğuşma oluşmamıştır.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

Proje Adı : SİSTEM1 EPS

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaştırma Miktarı Çizelgesi

### Duvar( Dış Hava Temaslı ) DH - 2

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)
EYLÜL	19,9	75
EKİM	14,1	80
KASIM	8,5	79
ARALIK	3,8	80
OCAK	2,9	79
ŞUBAT	4,4	76
MART	7,3	75
NİSAN	12,8	74
MAYIS	18,0	74
HAZİRAN	22,5	70
TEMMUZ	24,9	71
AĞUSTOS	24,3	74

Yapı elemanında TS 825'e göre yoğuşma oluşmamıştır.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.



## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi

### Duvar( Toprak Temaslı ) DT - 1

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)	my1(kg/m2)	my1(kg/m2) (küm.)	my2(kg/m2)	my2(kg/m2)(küm.)
ARALIK	3,8	100	-	-	-	-
OCAK	2,9	100	-	-	-	-
ŞUBAT	4,4	100	-	-	-	-
MART	7,3	100	-	-	-	-
NİSAN	12,8	100	-	-	-	-
MAYIS	18,0	100	-	-	-	-
HAZİRAN	22,5	100	-	-	0.04	0.04
TEMMUZ	24,9	100	-	-	0.1	0.14
AĞUSTOS	24,3	100	-	-	0.09	0.23
EYLÜL	19,9	100	-	-	0	0.23
EKİM	14,1	100	-	-	-0.08	0.15
KASIM	8,5	100	-	-	-0.11	0.04

Yapı elemanında birden fazla bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

4. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisinde (0 < 0.5) kg/m2. Standarda uygundur.

Yoğuşma ısı, su yalıtım veya hava tabakasında oluştu (Max. 0,5 kg/m2)

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

5. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisinde (0.23 < 0.5) kg/m2. Standarda uygundur.

Yoğuşma ısı, su yalıtım veya hava tabakasında oluştu (Max. 0,5 kg/m2)

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Büyüktür. Yoğuşma Standarda uygundur.

Proje Adı : SİSTEM1 EPS

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi

### Tavan( Üzeri Çatılı ) CC - 1

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)
EYLÜL	19,9	75
EKİM	14,1	80
KASIM	8,5	79
ARALIK	3,8	80
OCAK	2,9	79
ŞUBAT	4,4	76
MART	7,3	75
NİSAN	12,8	74
MAYIS	18,0	74
HAZİRAN	22,5	70
TEMMUZ	24,9	71
AĞUSTOS	24,3	74

Yapı elemanında TS 825'e göre yoğuşma oluşmamıştır.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

Proje Adı : SİSTEM1 EPS

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi

### Tavan( Üzeri Çatılı ) CC - 2

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)	my1(kg/m2)	my1(kg/m2) (küm.)	my2(kg/m2)	my2(kg/m2)(küm.)
KASIM	8,5	79	0.41	0.41	0.02	0.02
ARALIK	3,8	80	0.8	1.21	0.02	0.04
OCAK	2,9	79	0.86	2.07	0.02	0.06
ŞUBAT	4,4	76	0.75	2.82	0.02	0.08
MART	7,3	75	0.51	3.33	0.02	0.1
NİSAN	12,8	74	-0.03	3.3	0	0.1
MAYIS	18,0	74	-0.74	2.56	-0.25	-
HAZİRAN	22,5	70	-1.52	1.04	-	-
TEMMUZ	24,9	71	-2.01	-	-	-
AĞUSTOS	24,3	74	-	-	-	-
EYLÜL	19,9	75	-	-	-	-
EKİM	14,1	80	-	-	-	-

Yapı elemanında birden fazla bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

3. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırdan yüksektir (3.33 > 0.5) kg/m2. Standarda uygun değildir.

Yoğuşma ısı, su yalıtım veya hava tabakasında oluştu (Max. 0,5 kg/m2)

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

4. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisindedir (0.1 < 0.8) kg/m2. Standarda uygundur.

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

Proje Adı : SİSTEM1 EPS

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi

### Tavan( Üzeri Açık ) CA - 1

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)	$m_{y1}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$m_{y1}$ (kg/m <sup>2</sup> ) (küm.)
KASIM	8,5	79	-	-
ARALIK	3,8	80	-	-
OCAK	2,9	79	-	-
ŞUBAT	4,4	76	-	-
MART	7,3	75	-	-
NİSAN	12,8	74	-	-
MAYIS	18,0	74	-	-
HAZİRAN	22,5	70	0.03	0.03
TEMMUZ	24,9	71	-1.93	-
AĞUSTOS	24,3	74	-	-
EYLÜL	19,9	75	-	-
EKİM	14,1	80	-	-

Yapı elemanında bir bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

2. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisindedir (0.03 < 0.5) kg/m<sup>2</sup>. Standarda uygundur.

Yoğuşma ısı, su yalıtım veya hava tabakasında oluştu (Max. 0,5 kg/m<sup>2</sup>)

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

Proje Adı : SİSTEM1 EPS

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi

### Taban( Toprak Temaslı ) TT - 1

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)	my1(kg/m2)	my1(kg/m2) (küm.)	my2(kg/m2)	my2(kg/m2)(küm.)
ARALIK	3,8	100	-	-	-	-
OCAK	2,9	100	-	-	-	-
ŞUBAT	4,4	100	-	-	-	-
MART	7,3	100	-	-	-	-
NİSAN	12,8	100	-	-	-	-
MAYIS	18,0	100	-	-	-	-
HAZİRAN	22,5	100	-	-	-	-
TEMMUZ	24,9	100	-	-	-	-
AĞUSTOS	24,3	100	-	-	-	-
EYLÜL	19,9	100	-	-	-	-
EKİM	14,1	100	-	-	-	-
KASIM	8,5	100	-	-	-	-

Yapı elemanında birden fazla bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

3. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisinde (0 < 0.5) kg/m2. Standarda uygundur.

Yoğuşma ısı, su yalıtım veya hava tabakasında oluştu (Max. 0,5 kg/m2)

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

4. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisinde (0 < 1) kg/m2. Standarda uygundur.

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

Proje Adı : SİSTEM1 EPS

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaştırma Miktarı Çizelgesi

### Taban( Açık Geçit Üzeri ) TG - 1

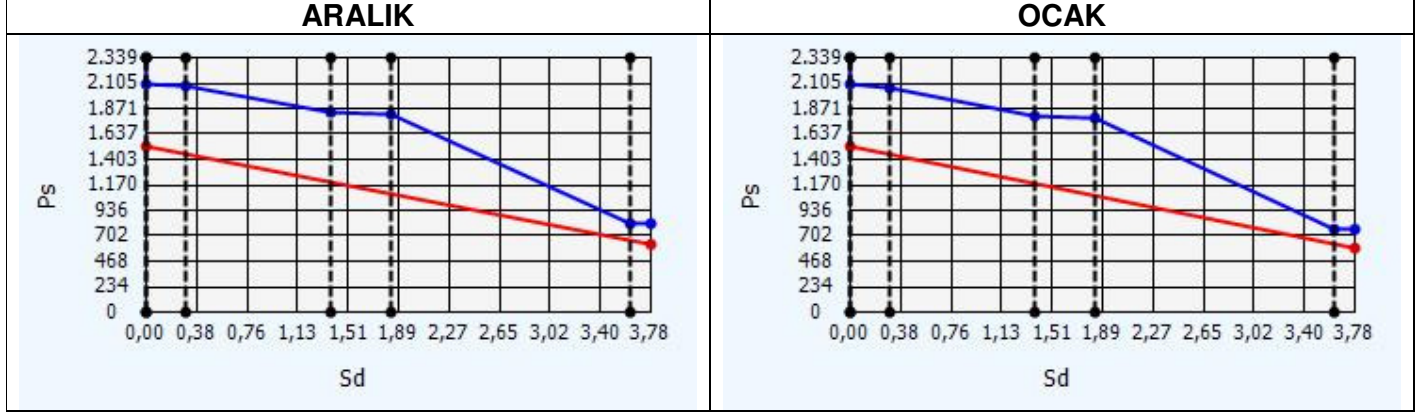
İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)
EYLÜL	19,9	75
EKİM	14,1	80
KASIM	8,5	79
ARALIK	3,8	80
OCAK	2,9	79
ŞUBAT	4,4	76
MART	7,3	75
NİSAN	12,8	74
MAYIS	18,0	74
HAZİRAN	22,5	70
TEMMUZ	24,9	71
AĞUSTOS	24,3	74

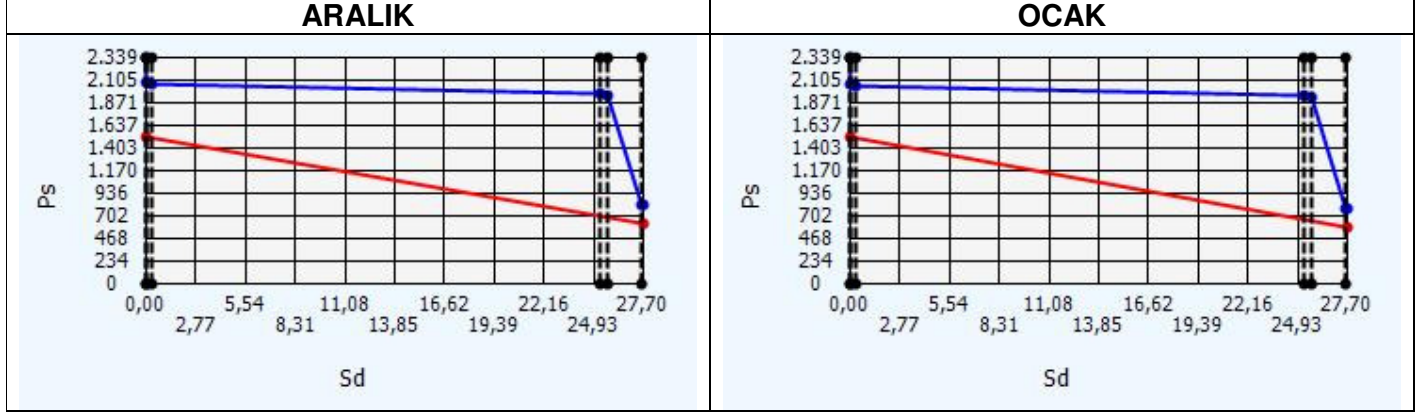
Yapı elemanında TS 825'e göre yoğuşma oluşmamıştır.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

## Duvar( Dış Hava Teması ) DH - 1

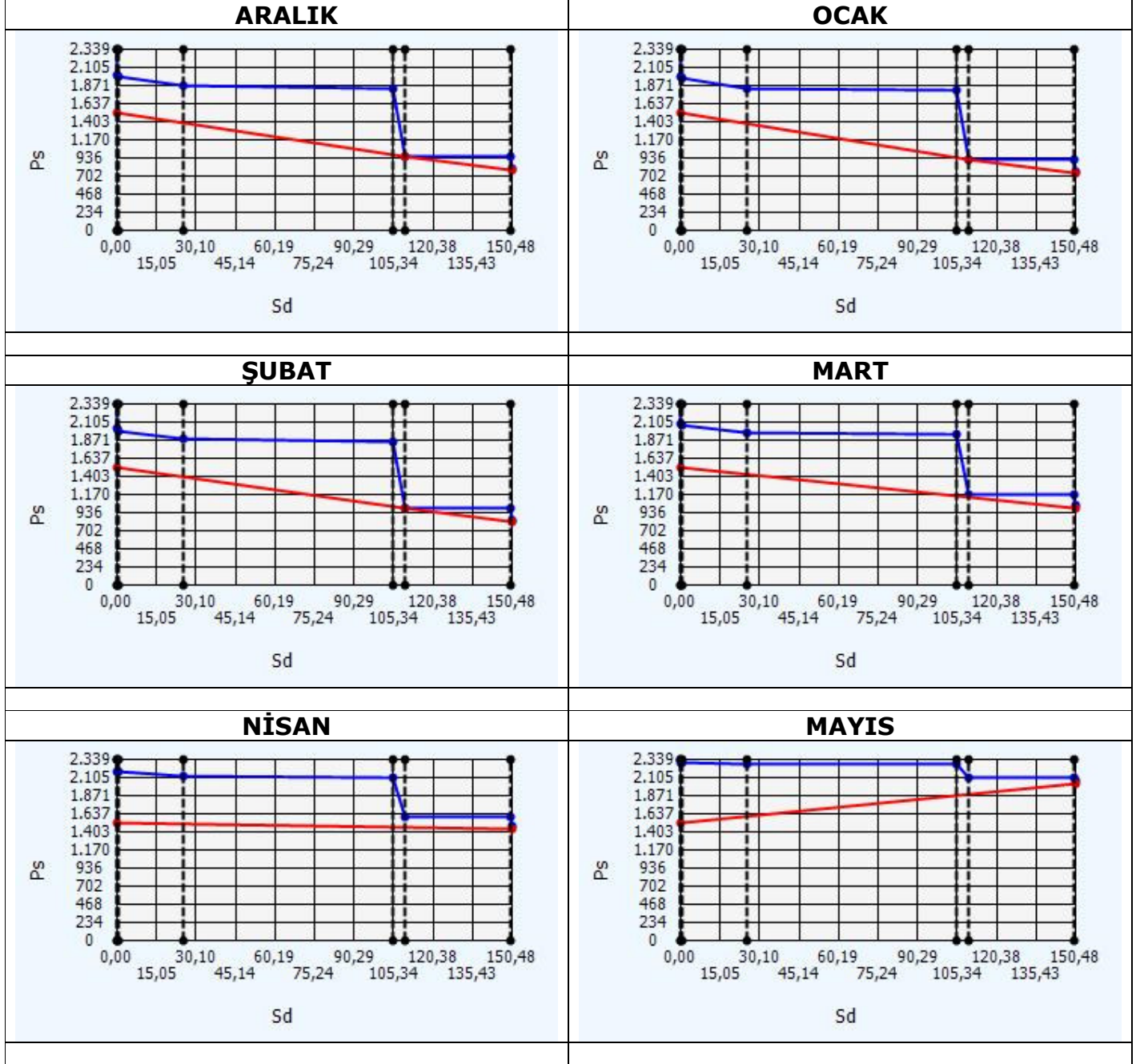


## Duvar( Dış Hava Teması ) DH - 2

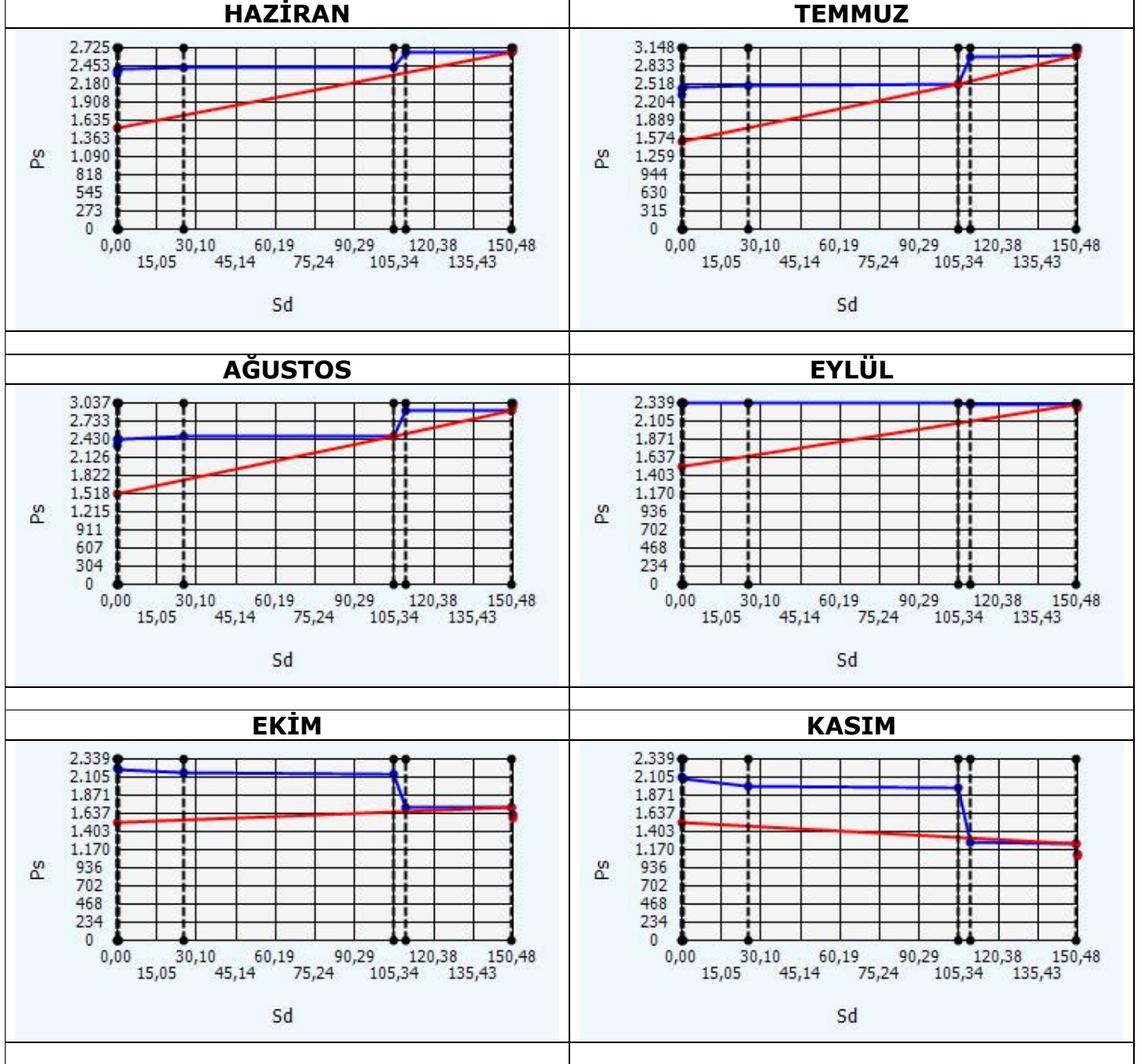




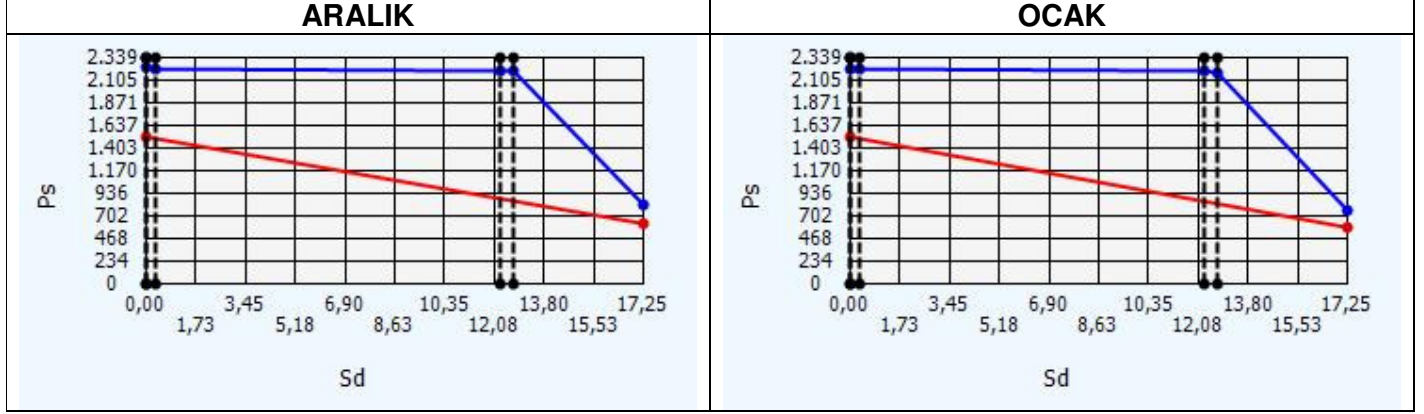
## Duvar( Toprak Temaslı ) DT - 1



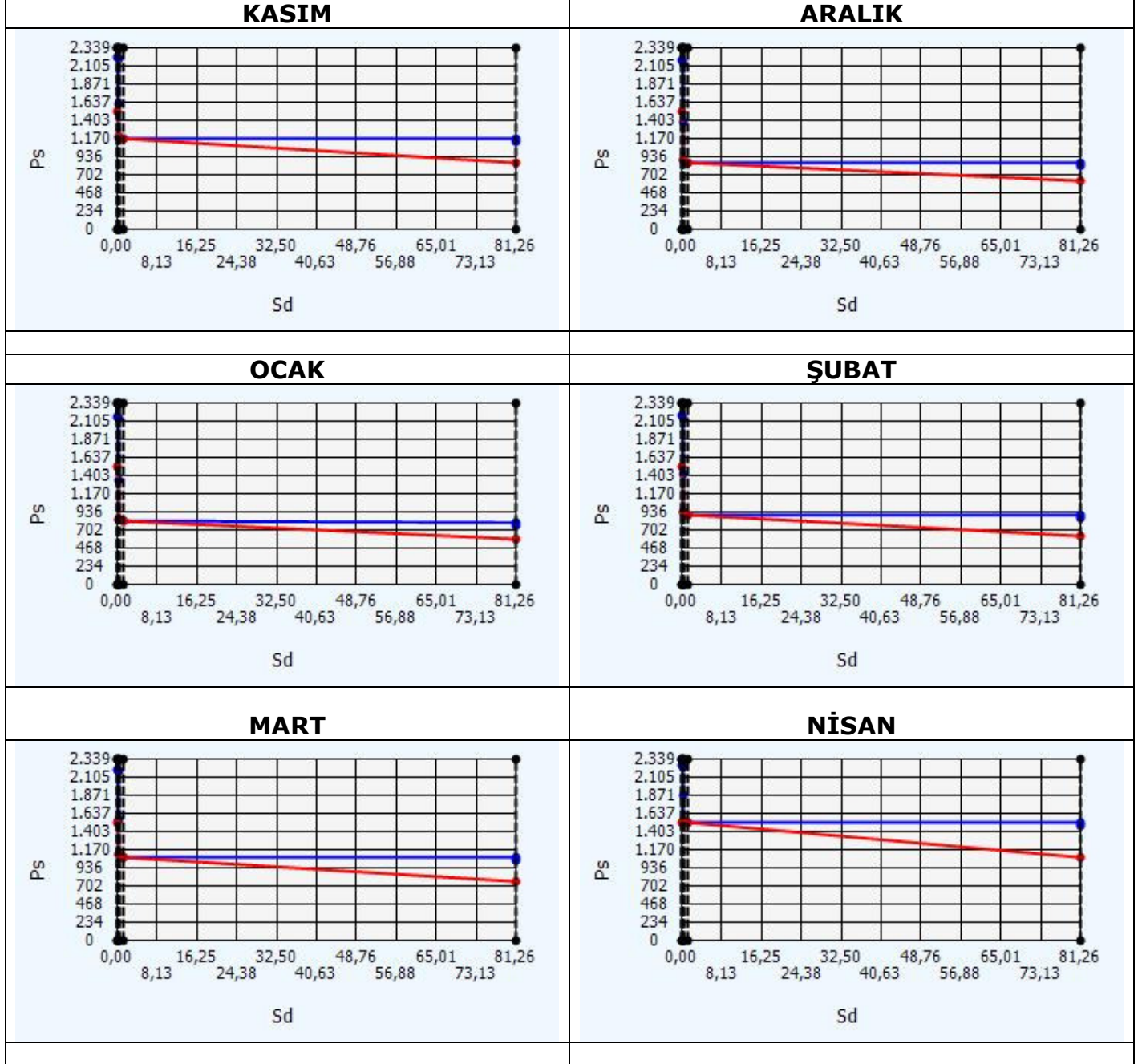
## Duvar( Toprak Temaslı ) DT - 1



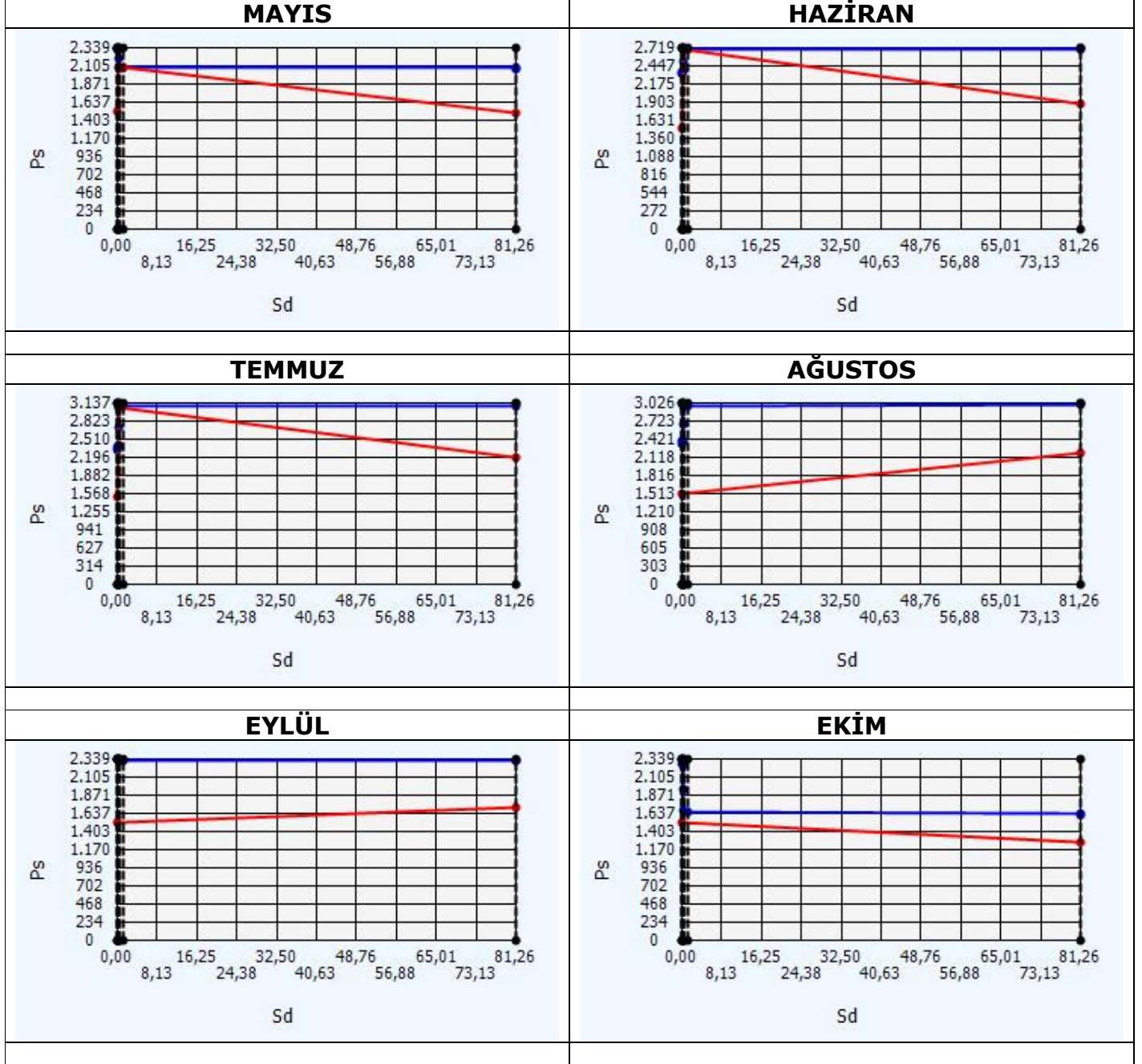
## Tavan( Üzeri Çatılı ) CC - 1



## Tavan( Üzeri Çatılı ) CC - 2

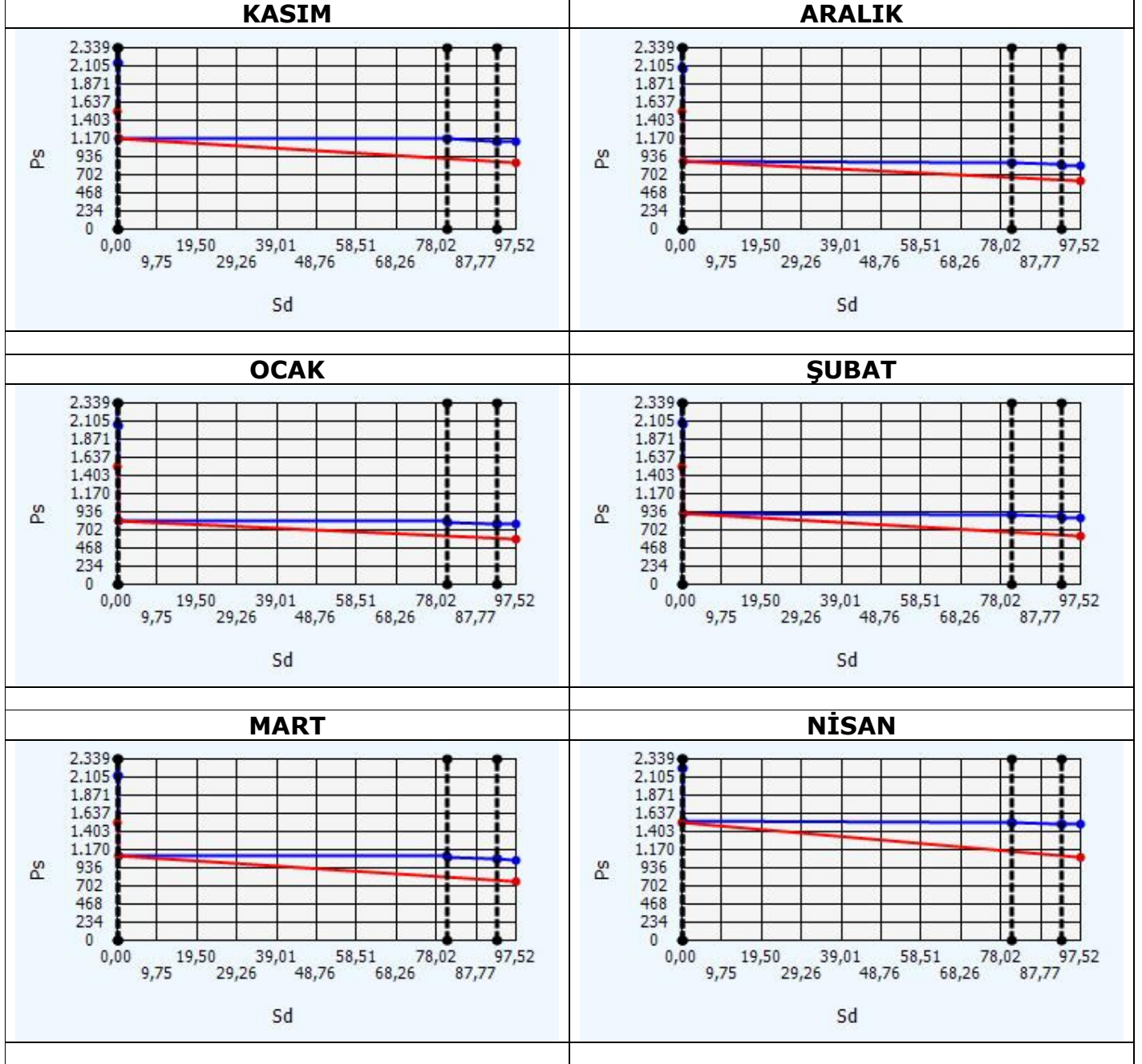


## Tavan( Üzeri Çatılı ) CC - 2

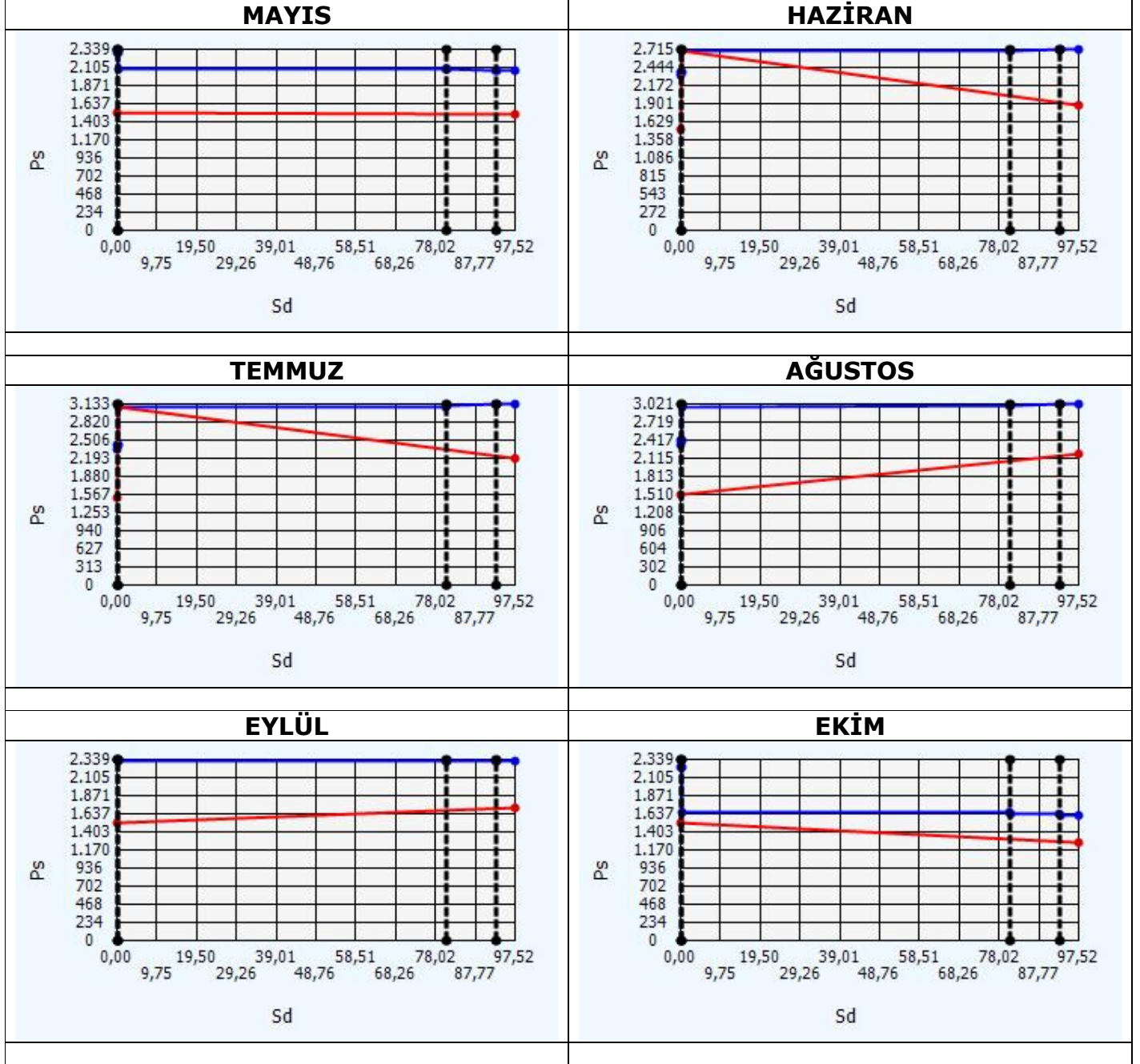




## Tavan( Üzeri Açık ) CA - 1

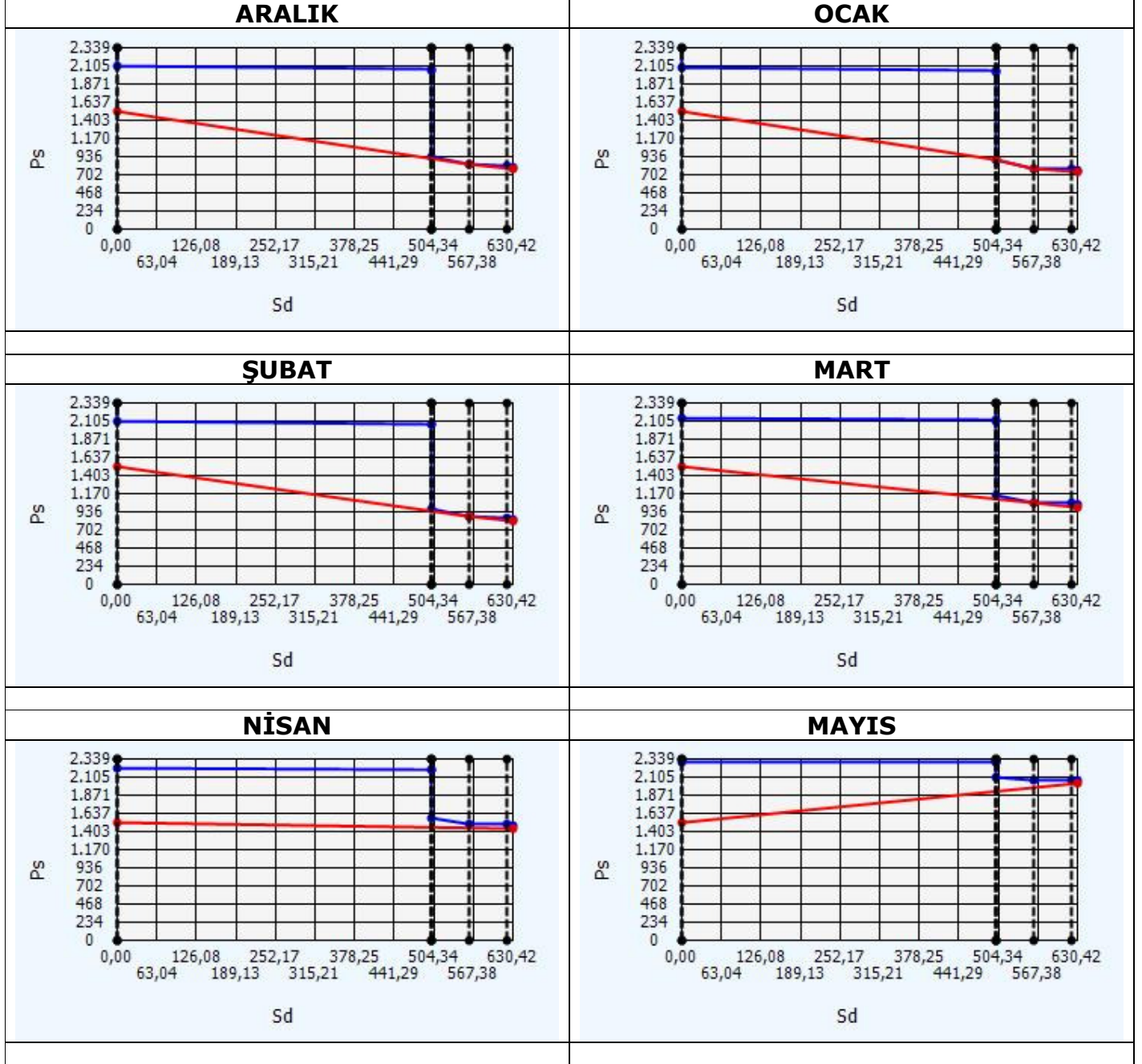


## Tavan( Üzeri Açık ) CA - 1



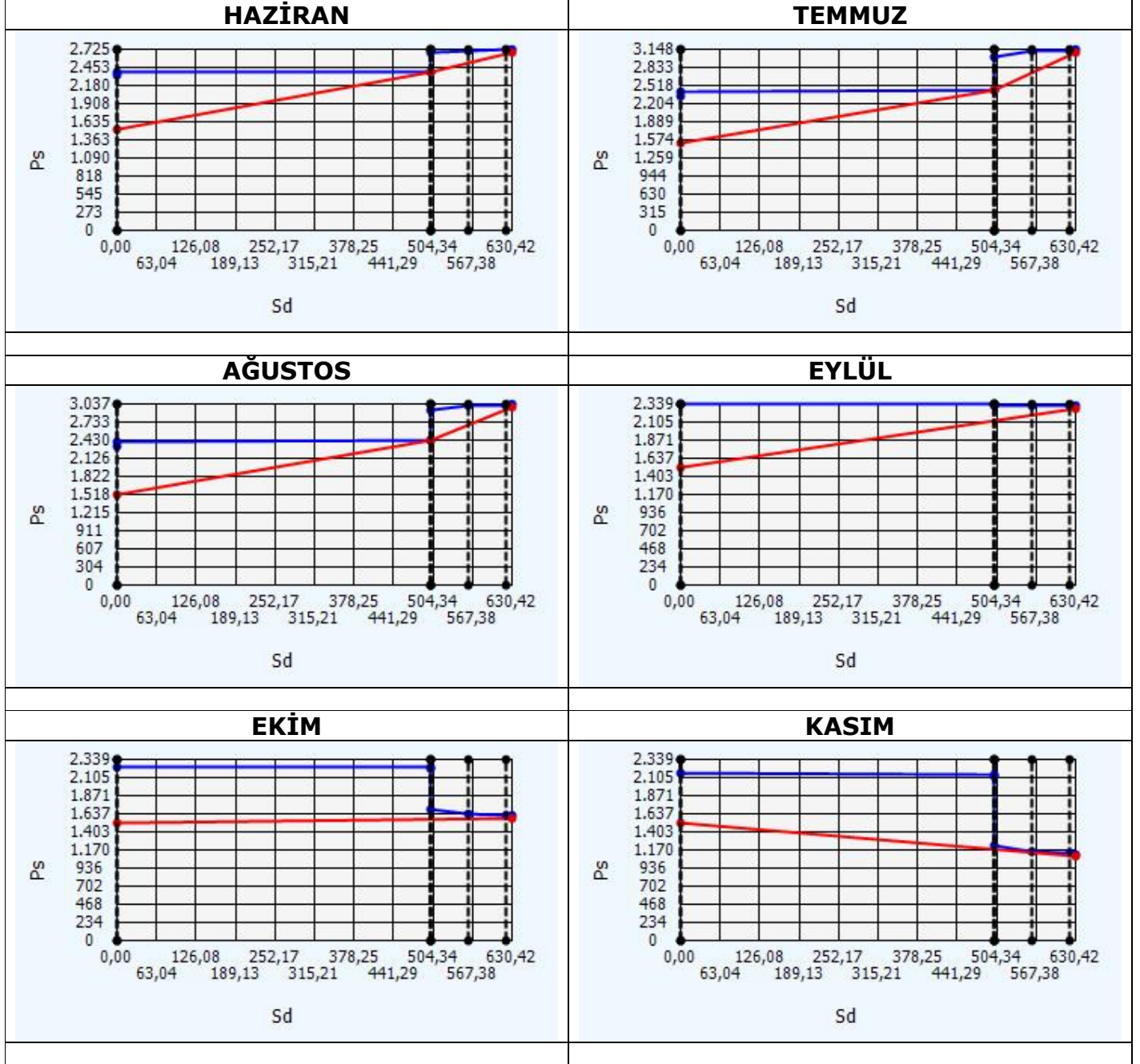
Proje Adı : SİSTEM1 EPS

## Taban( Toprak Temaslı ) TT - 1



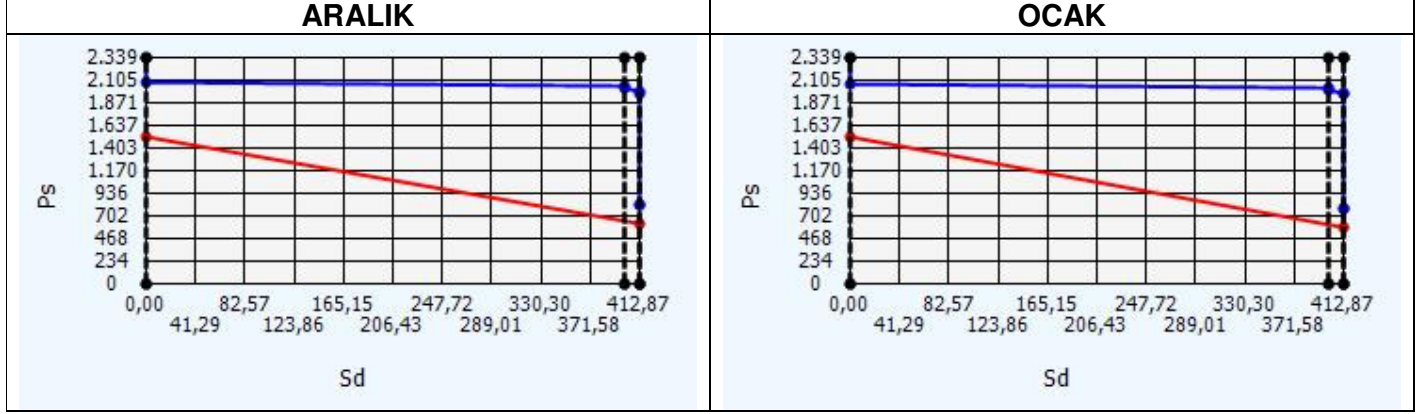


## Taban( Toprak Temaslı ) TT - 1



Proje Adı : SİSTEM1 EPS

## Taban( Açık Geçit Üzeri ) TG - 1



## Binanın Özgül Isı Kaybı Hesabı

Tarih : 08/04/2009

Sayfa : 1

Proje Adı : SİSTEM2 XPS

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı	Isıl	Isıl	Isıl	Isı	Isı
		Elemanının	İletkenlik	İletkenlik	Geçirgenlik	Kaybedilen	Isı
		Kalınlığı	Hesap	Direnci	Katsayısı	Yüzey	Kayıbı
		d	$\lambda_n$	R	U	A	A x U
		(m)	(W/mK)	(m <sup>2</sup> K/W)	W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup>	W/K
<b>DH-1-Duvar( Dış Hava Temaslı )</b>							
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0	0,02			
7.1.5.5	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1)	0,135	0,45	0,3			
4.2	Çimento harcı	0,03	1,6	0,02			
10.3.2.2.1	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk $\geq 30$ ; ısı iletkenlik grubu 030	0,055	0,030	1,83			
4.2	Çimento harcı	0,01	1,6	0,01			
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04			
<b>TOPLAM</b>				<b>2,35</b>	<b>0,426</b>	<b>423,97</b>	<b>180,61</b>
<b>DH-2-Duvar( Dış Hava Temaslı )</b>							
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısı 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	0,25	2,5	0,1			
4.2	Çimento harcı	0,03	1,6	0,02			
10.3.2.2.1	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk $\geq 30$ ; ısı iletkenlik grubu 030	0,055	0,030	1,83			
4.2	Çimento harcı	0,01	1,6	0,01			
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04			
<b>TOPLAM</b>				<b>2,15</b>	<b>0,465</b>	<b>155,49</b>	<b>72,3</b>
<b>DT-1-Duvar( Toprak Temaslı )</b>							
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısı 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	0,25	2,5	0,1			
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 $\geq 25$ ; ısı iletkenlik grubu 030	0,03	0,030	1			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,01			
7.1.5.1	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1)	0,085	0,33	0,26			
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0			
<b>TOPLAM</b>				<b>1,54</b>	<b>0,5x0,65</b>	<b>12,58</b>	<b>4,09</b>
<b>CC-1-Tavan( Üzeri Çatılı )</b>							
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0	0,02			

## Binanın Özgül Isı Kaybı Hesabı

Tarih : 08/04/2009

Sayfa : 2

Proje Adı : SİSTEM2 XPS

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d (m)	$\lambda_n$ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	U (W/m <sup>2</sup> K)	A m <sup>2</sup>	A x U W/K
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya micir kullanılarak yapılmış betonlar	0,12	2,5	0,05			
4.2	Çimento harcı	0,03	1,6	0,02			
10.4.1.1	Fenolik sert köpük - TS EN 13166 ya uygun; yoğunluk $\geq 30$ ; ısıl iletkenlik grubu 030	0,15	0,030	5			
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,08			
<b>TOPLAM</b>				<b>5,3</b>	<b>0,8x0,189</b>	<b>16,85</b>	<b>2,55</b>
<b>CC-2-Tavan( Üzeri Çatılı )</b>							
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (iç)			0,13			
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,03	0,70	0,04			
10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10 a uygun; yoğunluk 8-500; ısıl iletkenlik grubu 035	0,05	0,035	1,43			
99.2.2.1	Hava Tabakası - Yatay (Isı akışı aşağıdan yukarıya) = 5 mm	0,05	0,036	1,39			
8.1.2	Kayın, meşe, dişbudak	0,02	0,20	0,1			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,02			
3.3	Yüksek fırın curufu; yoğunluk $\leq 600$	0,02	0,13	0,15			
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,08			
<b>TOPLAM</b>				<b>3,34</b>	<b>0,8x0,299</b>	<b>71,84</b>	<b>17,18</b>
<b>CA-1-Tavan( Üzeri Açık )</b>							
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (iç)			0,13			
4.2	Çimento harcı	0,02	1,6	0,01			
10.2.2.1	Reçine formaldehit köpüğü (UF) - (DIN 18159-2 ye uygun); yoğunluk $\geq 10$ ; ısıl iletkenlik grubu 035	0,06	0,035	1,71			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,02			
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 micir kullanılarak yapılmış betonlar	0,12	2,5	0,05			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0	0,02			
1.1.2	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar ( granit, bazalt, mermer, vb. )	0,02	2,3	0,01			
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,04			
<b>TOPLAM</b>				<b>2,01</b>	<b>0,496</b>	<b>8,3</b>	<b>4,12</b>
<b>TT-1-Taban( Toprak Temaslı )</b>							
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (iç)			0,17			
9.1.3	Sentetik malzemeden kaplamalar ( örnek:PVC )	0,01	0,23	0,04			
4.2	Çimento harcı	0,02	1,6	0,01			
10.2.2.1	Reçine formaldehit köpüğü (UF) - (DIN 18159-2 ye uygun); yoğunluk $\geq 10$ ; ısıl iletkenlik grubu 035	0,06	0,035	1,71			
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya micir kullanılarak	0,6	2,5	0,24			

## Binanın Özgül Isı Kaybı Hesabı

Tarih : 08/04/2009

Sayfa : 3

Proje Adı : SİSTEM2 XPS

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d	$\lambda_n$	R	U	A	A x U
		(m)	(W/mK)	(m <sup>2</sup> K/W)	W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup>	W/K
	yapılmış betonlar						
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,19	0,02			
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 katsayısı (dış)			0			
<b>TOPLAM</b>				<b>2,25</b>	<b>0,5x0,443</b>	<b>85,84</b>	<b>19,01</b>
<b>TG-1-Taban( Açık Geçit Üzeri )</b>							
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17			
9.1.3	Sentetik malzemeden kaplamalar ( örnek:PVC )	0,008	0,23	0,03			
4.2	Çimento harcı	0,02	1,6	0,01			
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,12	2,5	0,05			
4.2	Çimento harcı	0,01	1,6	0,01			
10.2.2.1	Reçine formaldehit köpüğü (UF) - (DIN 18159-2 ye uygun); yoğunluk $\geq 10$ ; ısı iletkenlik grubu 035	0,06	0,035	1,71			
4.2	Çimento harcı	0,02	1,6	0,01			
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04			
<b>TOPLAM</b>				<b>2,03</b>	<b>0,491</b>	<b>11,15</b>	<b>5,47</b>
<b>PENCERE 1</b>					<b>2,8</b>	<b>56,7</b>	<b>158,76</b>
<b>KAPI 1</b>					<b>3,5</b>	<b>14,74</b>	<b>51,59</b>

**İletim Yolu ile Gerçekleşen Isı Kaybı, H<sub>i</sub> = 515,68 W/K**

**Havalandırma Yolu ile Gerçekleşen Isı Kaybı, H<sub>v</sub> = 323,61 W/K**

**Binanın Toplam Isı Kaybı, H = H<sub>i</sub> + H<sub>v</sub> = 839,29 W/K**

## YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI

Proje Adı : SİSTEM2 XPS

Tarih : 08/04/2009

Sayfa : 4

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H=H_i + H_v$	$T_i - T_d$	$H(T_i - T_d)$	$\Phi_i$	$\Phi_g$	$\Phi_T = \Phi_i + \Phi_g$			
	(W/K)	(K, °C)	(W)	(W)	(W)	(W)			
Ocak	839	16,1	13.513	2.452	1.380	3.831	0,28	0,971	25.386.185
Şubat	839	14,6	12.254	2.452	1.694	4.145	0,34	0,948	21.576.177
Mart	839	11,7	9.820	2.452	2.044	4.495	0,46	0,887	15.112.763
Nisan	839	6,2	5.204	2.452	2.045	4.496	0,86	0,686	5.496.838
Mayıs	839	1	839	2.452	2.340	4.792	5,71	(-)	
Haziran	839	Td yüksek	(-)	2.452	2.434	4.886	(-)	(-)	
Temmuz	839	Td yüksek	(-)	2.452	2.380	4.831	(-)	(-)	
Ağustos	839	Td yüksek	(-)	2.452	2.279	4.731	(-)	(-)	
Eylül	839	Td yüksek	(-)	2.452	2.019	4.470	(-)	(-)	
Ekim	839	4,9	4.113	2.452	1.702	4.154	1,01	0,628	3.893.408
Kasım	839	10,5	8.813	2.452	1.319	3.771	0,43	0,903	14.012.628
Aralık	839	15,2	12.757	2.452	1.212	3.664	0,29	0,969	23.862.059

Toplam  $Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 109.340.057$  kJ

$Q_{yıl} = 0,278 \times 1/1000 \times 109.340.057 = 30.397$  kWh

Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı  $Q' = 20,34$  kWh / m<sup>3</sup>

Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı  $Q = 19,84$  kWh / m<sup>3</sup>

$Q < Q'$  olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi TS 825 standardına uygundur.

Proje Adı : SİSTEM2 XPS

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaştırma Miktarı Çizelgesi

### Duvar( Dış Hava Temaslı ) DH - 1

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)
EYLÜL	19,9	75
EKİM	14,1	80
KASIM	8,5	79
ARALIK	3,8	80
OCAK	2,9	79
ŞUBAT	4,4	76
MART	7,3	75
NİSAN	12,8	74
MAYIS	18,0	74
HAZİRAN	22,5	70
TEMMUZ	24,9	71
AĞUSTOS	24,3	74

Yapı elemanında TS 825'e göre yoğuşma oluşmamıştır.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

Proje Adı : SİSTEM2 XPS

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaştırma Miktarı Çizelgesi

### Duvar( Dış Hava Temaslı ) DH - 2

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)
EYLÜL	19,9	75
EKİM	14,1	80
KASIM	8,5	79
ARALIK	3,8	80
OCAK	2,9	79
ŞUBAT	4,4	76
MART	7,3	75
NİSAN	12,8	74
MAYIS	18,0	74
HAZİRAN	22,5	70
TEMMUZ	24,9	71
AĞUSTOS	24,3	74

Yapı elemanında TS 825'e göre yoğuşma oluşmamıştır.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.



Proje Adı : SİSTEM2 XPS

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi

### Duvar( Toprak Temaslı ) DT - 1

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)	my1(kg/m2)	my1(kg/m2) (küm.)	my2(kg/m2)	my2(kg/m2)(küm.)
ARALIK	3,8	100	-	-	-	-
OCAK	2,9	100	-	-	-	-
ŞUBAT	4,4	100	-	-	-	-
MART	7,3	100	-	-	-	-
NİSAN	12,8	100	-	-	-	-
MAYIS	18,0	100	-	-	-	-
HAZİRAN	22,5	100	-	-	0.04	0.04
TEMMUZ	24,9	100	-	-	0.1	0.14
AĞUSTOS	24,3	100	-	-	0.09	0.23
EYLÜL	19,9	100	-	-	0	0.23
EKİM	14,1	100	-	-	-0.08	0.15
KASIM	8,5	100	-	-	-0.11	0.04

Yapı elemanında birden fazla bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

4. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisinde (0 < 0.5) kg/m2. Standarda uygundur.

Yoğuşma ısı, su yalıtım veya hava tabakasında oluştu (Max. 0,5 kg/m2)

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

5. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisinde (0.23 < 0.5) kg/m2. Standarda uygundur.

Yoğuşma ısı, su yalıtım veya hava tabakasında oluştu (Max. 0,5 kg/m2)

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Büyüktür. Yoğuşma Standarda uygundur.

Proje Adı : SİSTEM2 XPS

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi

### Tavan( Üzeri Çatılı ) CC - 1

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)
EYLÜL	19,9	75
EKİM	14,1	80
KASIM	8,5	79
ARALIK	3,8	80
OCAK	2,9	79
ŞUBAT	4,4	76
MART	7,3	75
NİSAN	12,8	74
MAYIS	18,0	74
HAZİRAN	22,5	70
TEMMUZ	24,9	71
AĞUSTOS	24,3	74

Yapı elemanında TS 825'e göre yoğuşma oluşmamıştır.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

Proje Adı : SİSTEM2 XPS

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi

### Tavan( Üzeri Çatılı ) CC - 2

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)	my1(kg/m2)	my1(kg/m2) (küm.)	my2(kg/m2)	my2(kg/m2)(küm.)
KASIM	8,5	79	0.41	0.41	0.02	0.02
ARALIK	3,8	80	0.8	1.21	0.02	0.04
OCAK	2,9	79	0.86	2.07	0.02	0.06
ŞUBAT	4,4	76	0.75	2.82	0.02	0.08
MART	7,3	75	0.51	3.33	0.02	0.1
NİSAN	12,8	74	-0.03	3.3	0	0.1
MAYIS	18,0	74	-0.74	2.56	-0.25	-
HAZİRAN	22,5	70	-1.52	1.04	-	-
TEMMUZ	24,9	71	-2.01	-	-	-
AĞUSTOS	24,3	74	-	-	-	-
EYLÜL	19,9	75	-	-	-	-
EKİM	14,1	80	-	-	-	-

Yapı elemanında birden fazla bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

3. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırdan yüksektir (3.33 > 0.5) kg/m2. Standarda uygun değildir.

Yoğuşma ısı, su yalıtım veya hava tabakasında oluştu (Max. 0,5 kg/m2)

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

4. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisindedir (0.1 < 0.8) kg/m2. Standarda uygundur.

Yoğuşma Ahşap Malzemede Oluştur. (Max. kütle artışı %5 )

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi

### Tavan( Üzeri Açık ) CA - 1

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)	my1(kg/m2)	my1(kg/m2) (küm.)
KASIM	8,5	79	-	-
ARALIK	3,8	80	-	-
OCAK	2,9	79	-	-
ŞUBAT	4,4	76	-	-
MART	7,3	75	-	-
NİSAN	12,8	74	-	-
MAYIS	18,0	74	-	-
HAZİRAN	22,5	70	0.03	0.03
TEMMUZ	24,9	71	-1.93	-
AĞUSTOS	24,3	74	-	-
EYLÜL	19,9	75	-	-
EKİM	14,1	80	-	-

Yapı elemanında bir bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

2. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisinde (0.03 < 0.5) kg/m2. Standarda uygundur.

Yoğuşma ısı, su yalıtım veya hava tabakasında oluştu (Max. 0,5 kg/m2)

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi

### Taban( Toprak Temaslı ) TT - 1

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)	my1(kg/m2)	my1(kg/m2) (küm.)	my2(kg/m2)	my2(kg/m2)(küm.)
ARALIK	3,8	100	-	-	-	-
OCAK	2,9	100	-	-	-	-
ŞUBAT	4,4	100	-	-	-	-
MART	7,3	100	-	-	-	-
NİSAN	12,8	100	-	-	-	-
MAYIS	18,0	100	-	-	-	-
HAZİRAN	22,5	100	-	-	-	-
TEMMUZ	24,9	100	-	-	-	-
AĞUSTOS	24,3	100	-	-	-	-
EYLÜL	19,9	100	-	-	-	-
EKİM	14,1	100	-	-	-	-
KASIM	8,5	100	-	-	-	-

Yapı elemanında birden fazla bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

3. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisinde (0 < 0.5) kg/m2. Standarda uygundur.

Yoğuşma ısı, su yalıtım veya hava tabakasında oluştu (Max. 0,5 kg/m2)

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

4. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisinde (0 < 1) kg/m2. Standarda uygundur.

Yoğuşma standart tabakalarda oluştu (Max.1,0 kg/m2)

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

Proje Adı : SİSTEM2 XPS

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi

### Taban( Açık Geçit Üzeri ) TG - 1

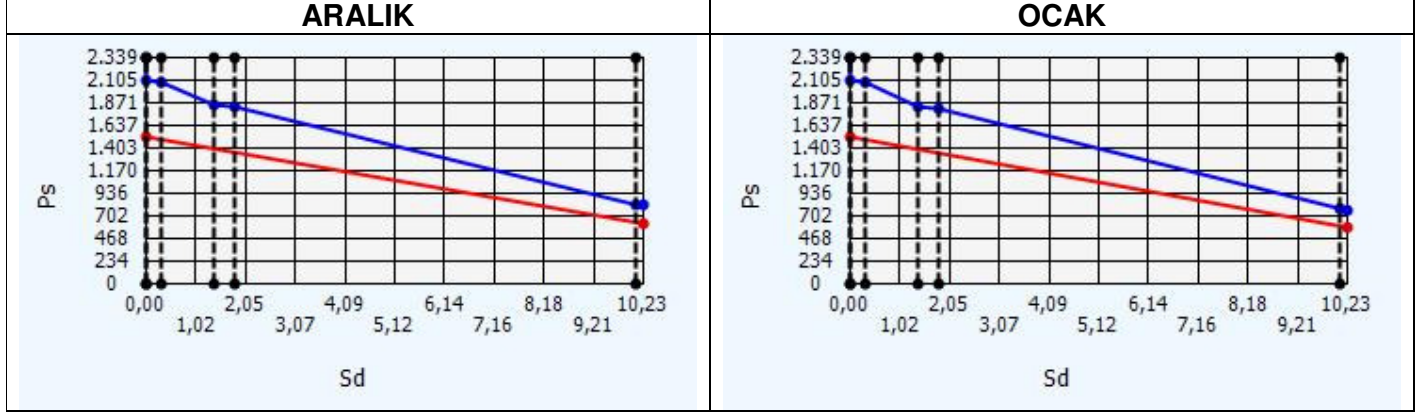
İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)
EYLÜL	19,9	75
EKİM	14,1	80
KASIM	8,5	79
ARALIK	3,8	80
OCAK	2,9	79
ŞUBAT	4,4	76
MART	7,3	75
NİSAN	12,8	74
MAYIS	18,0	74
HAZİRAN	22,5	70
TEMMUZ	24,9	71
AĞUSTOS	24,3	74

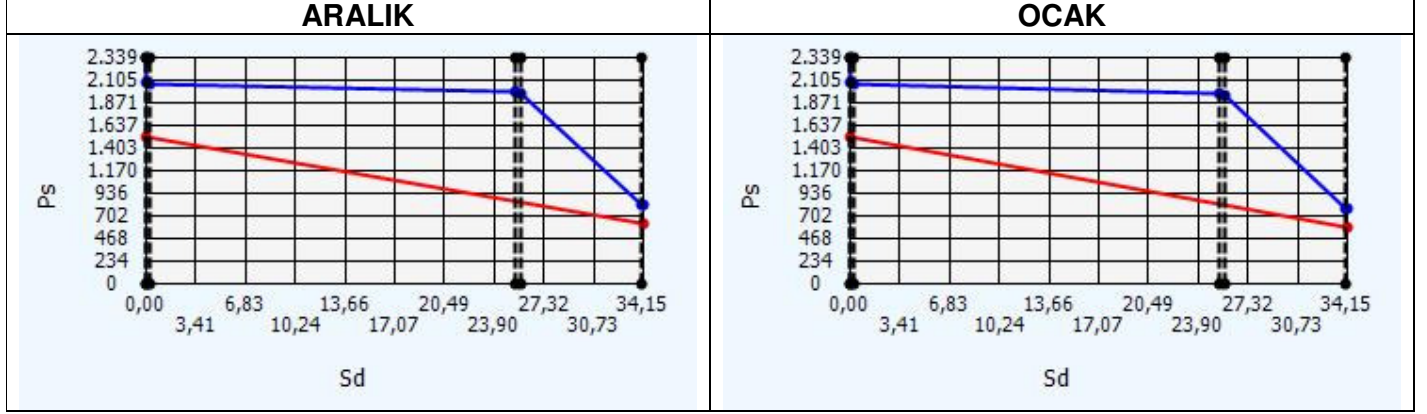
Yapı elemanında TS 825'e göre yoğuşma oluşmamıştır.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

## Duvar( Dış Hava Teması ) DH - 1

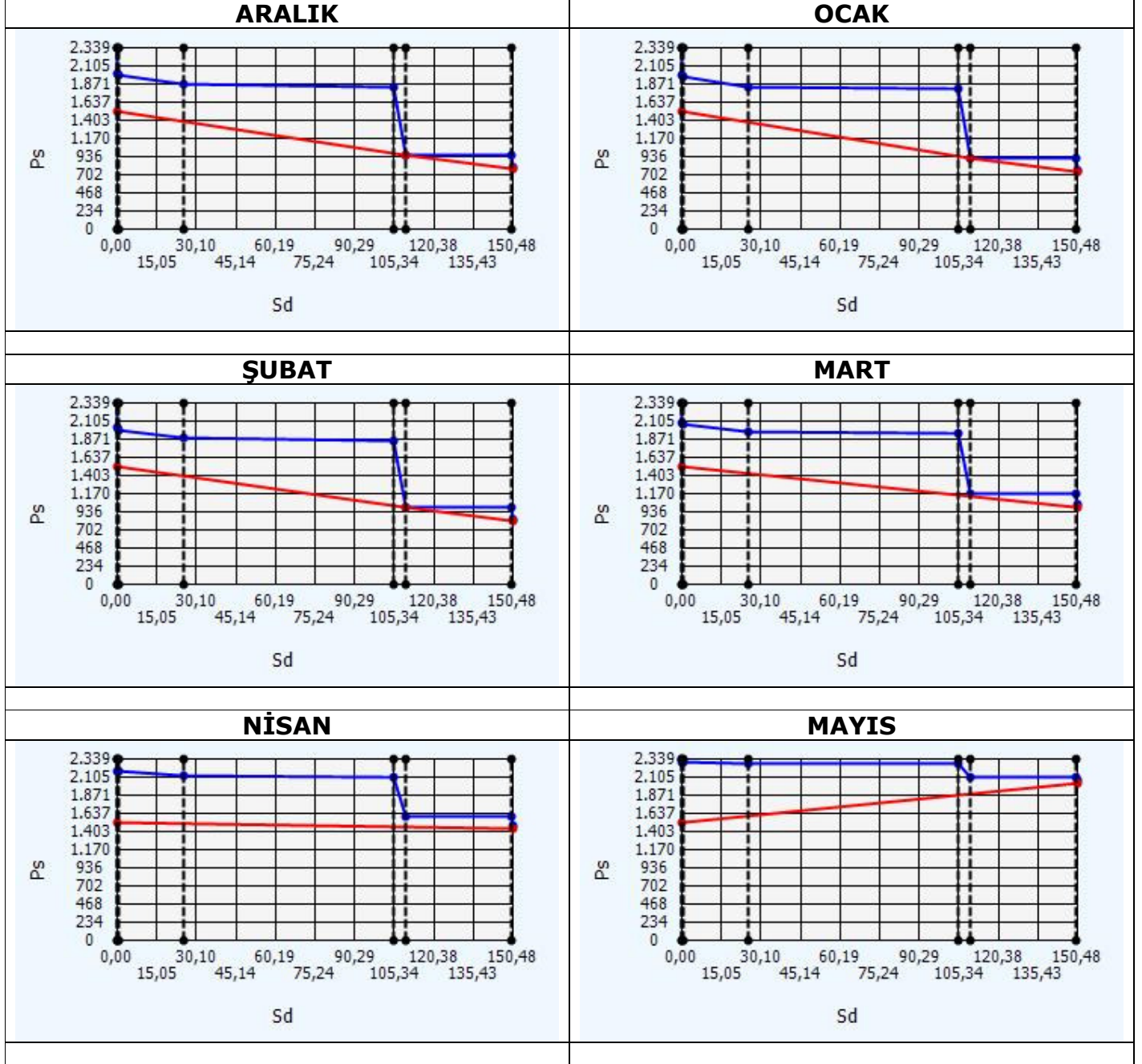


## Duvar( Dış Hava Teması ) DH - 2

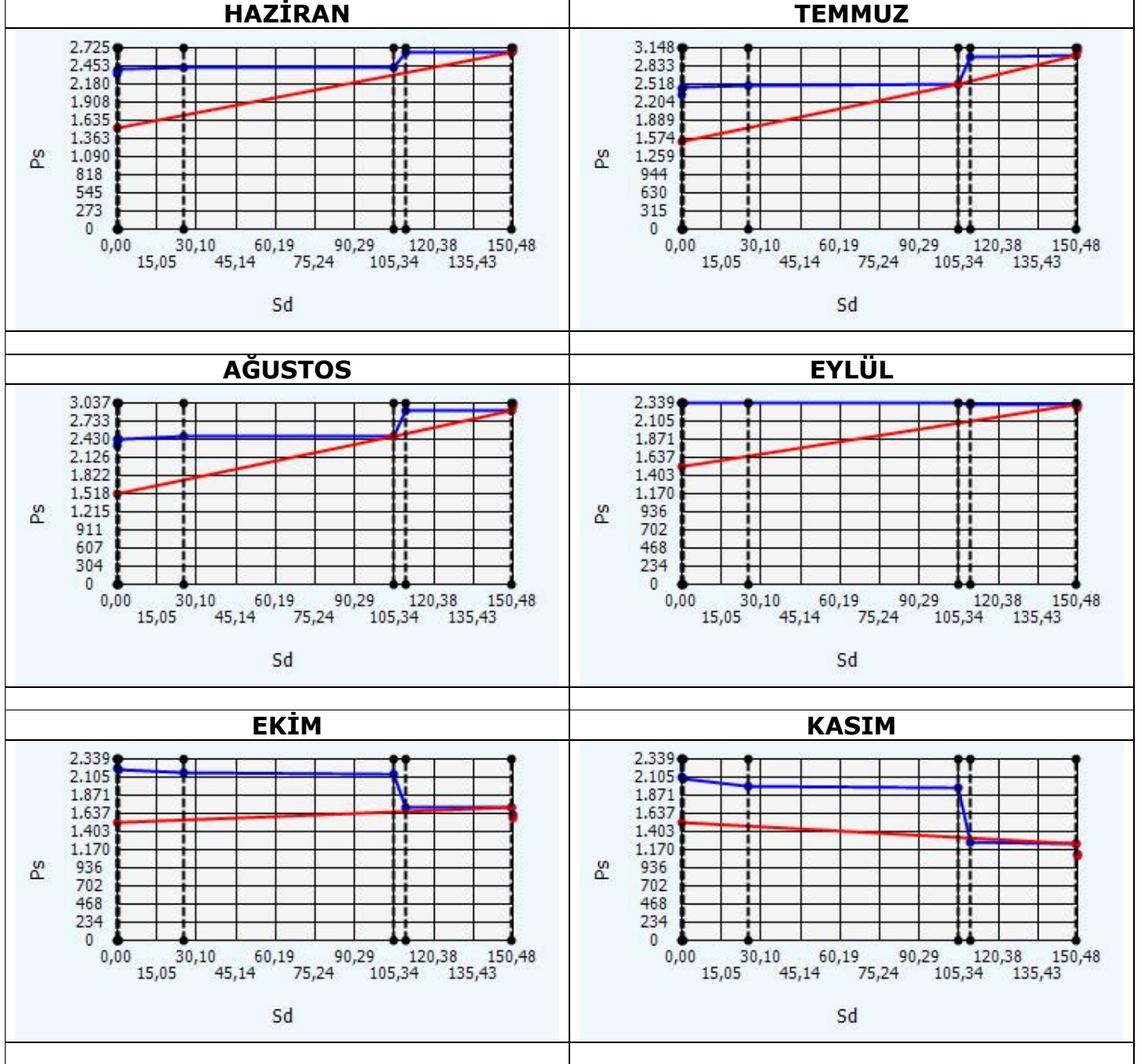




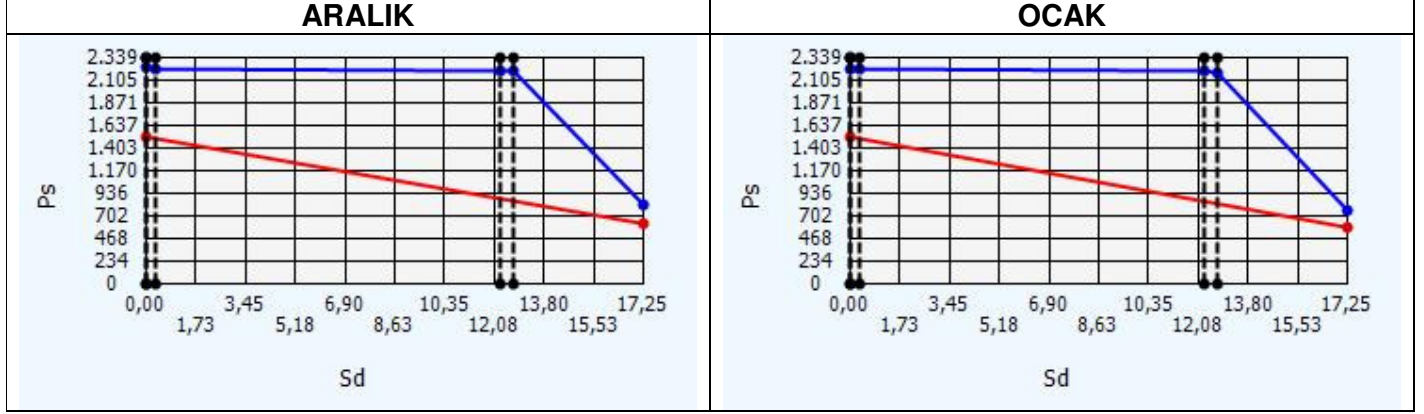
## Duvar( Toprak Temaslı ) DT - 1



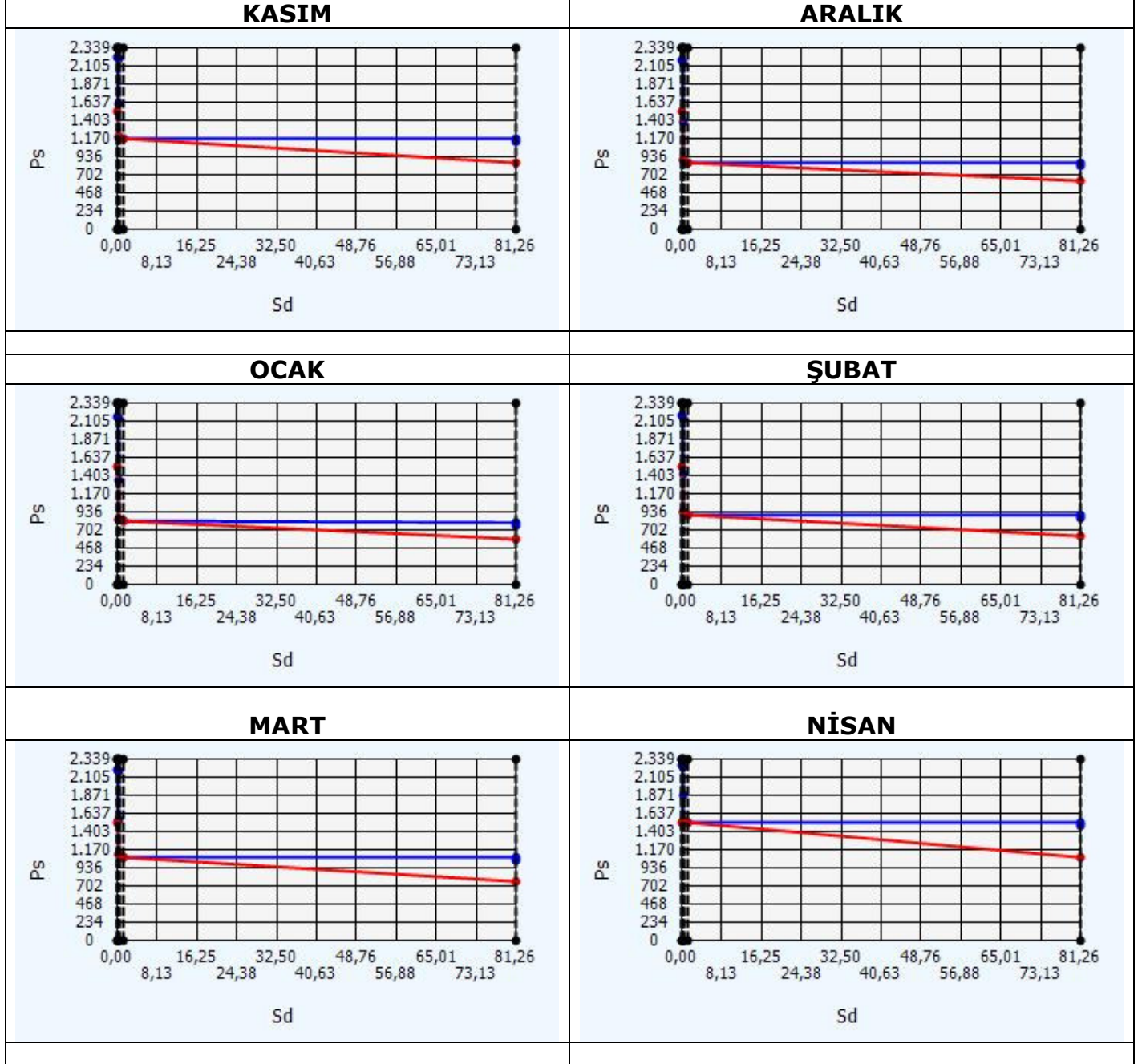
## Duvar( Toprak Temaslı ) DT - 1



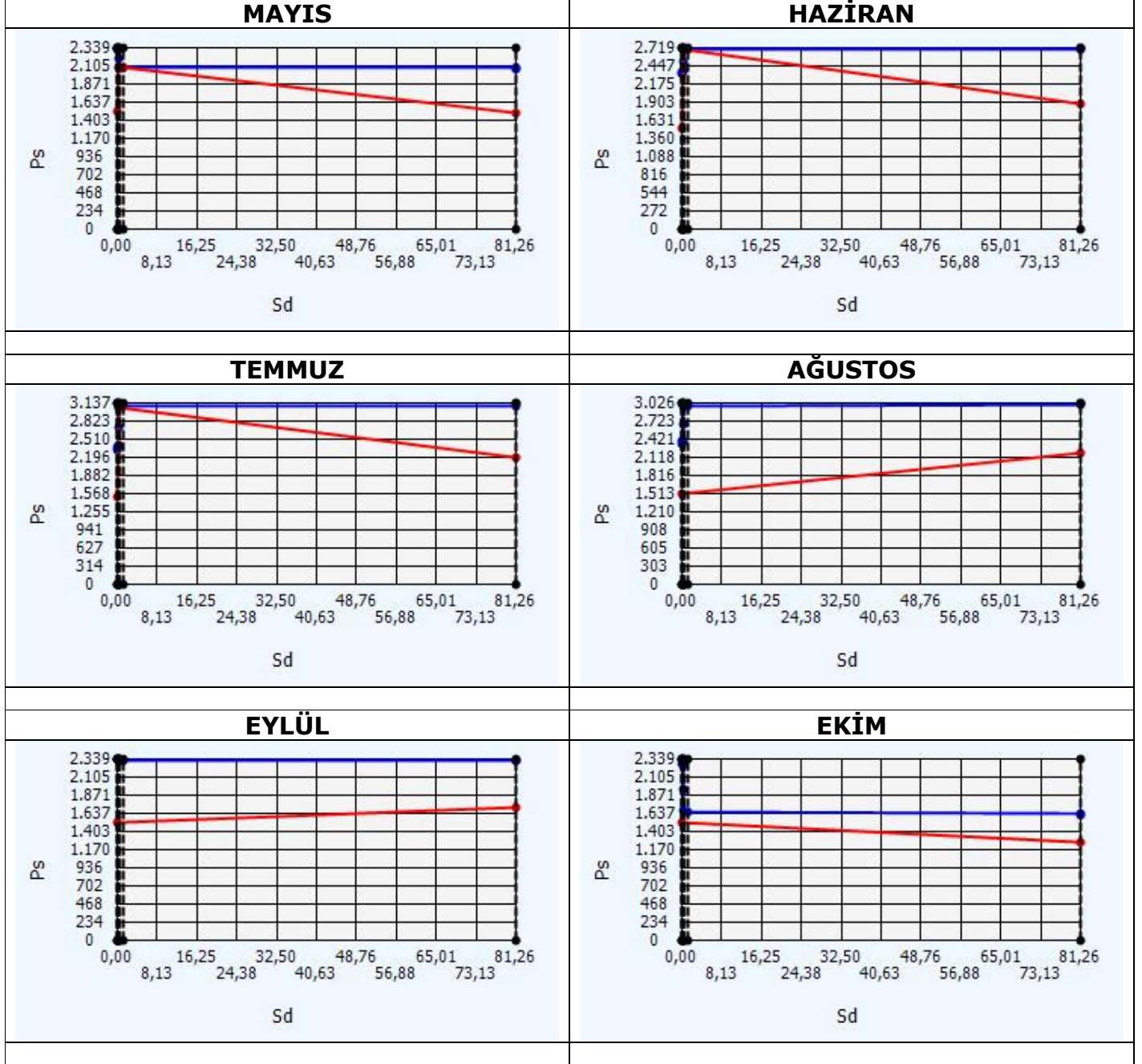
## Tavan( Üzeri Çatılı ) CC - 1



## Tavan( Üzeri Çatılı ) CC - 2



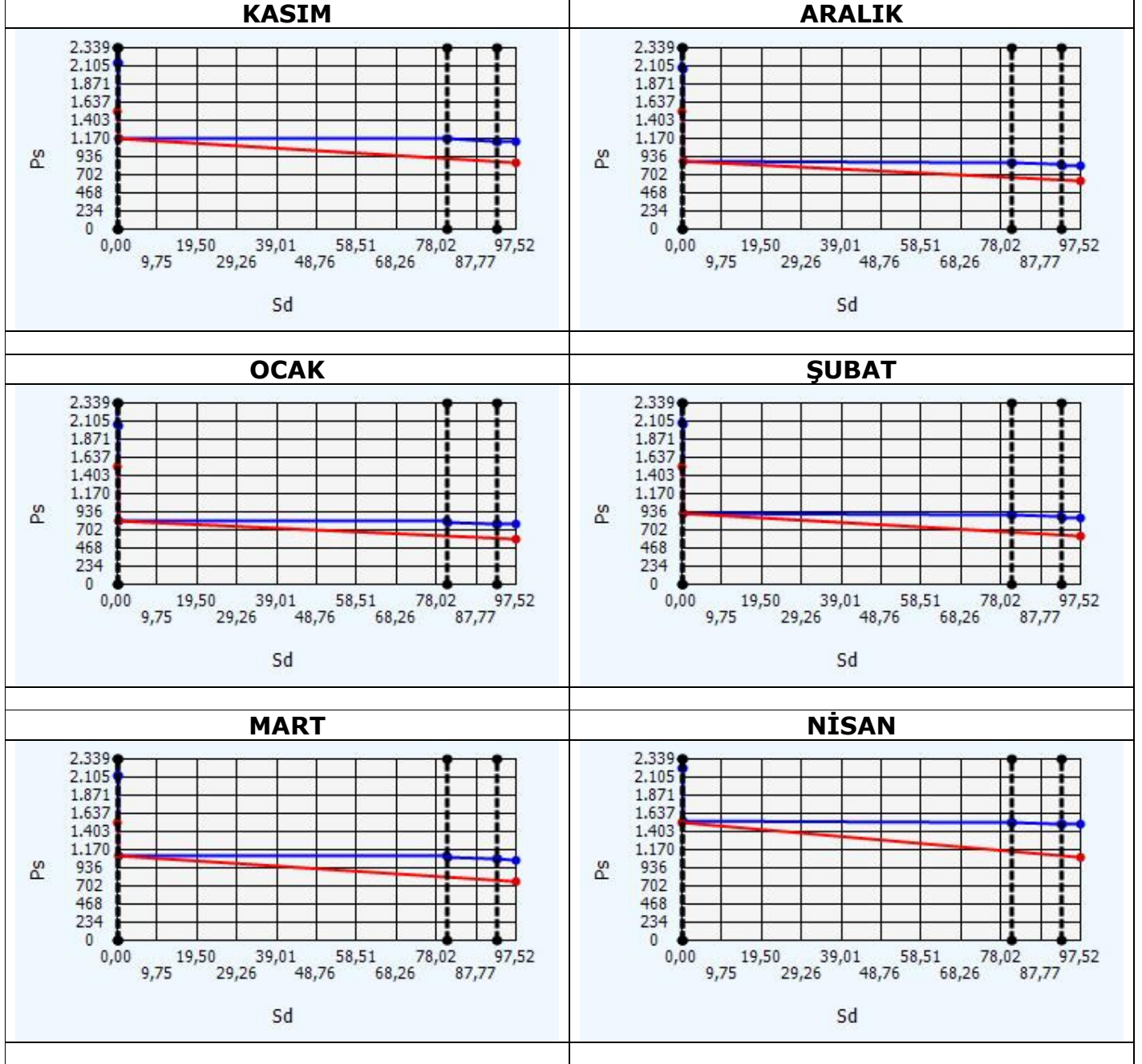
## Tavan( Üzeri Çatılı ) CC - 2



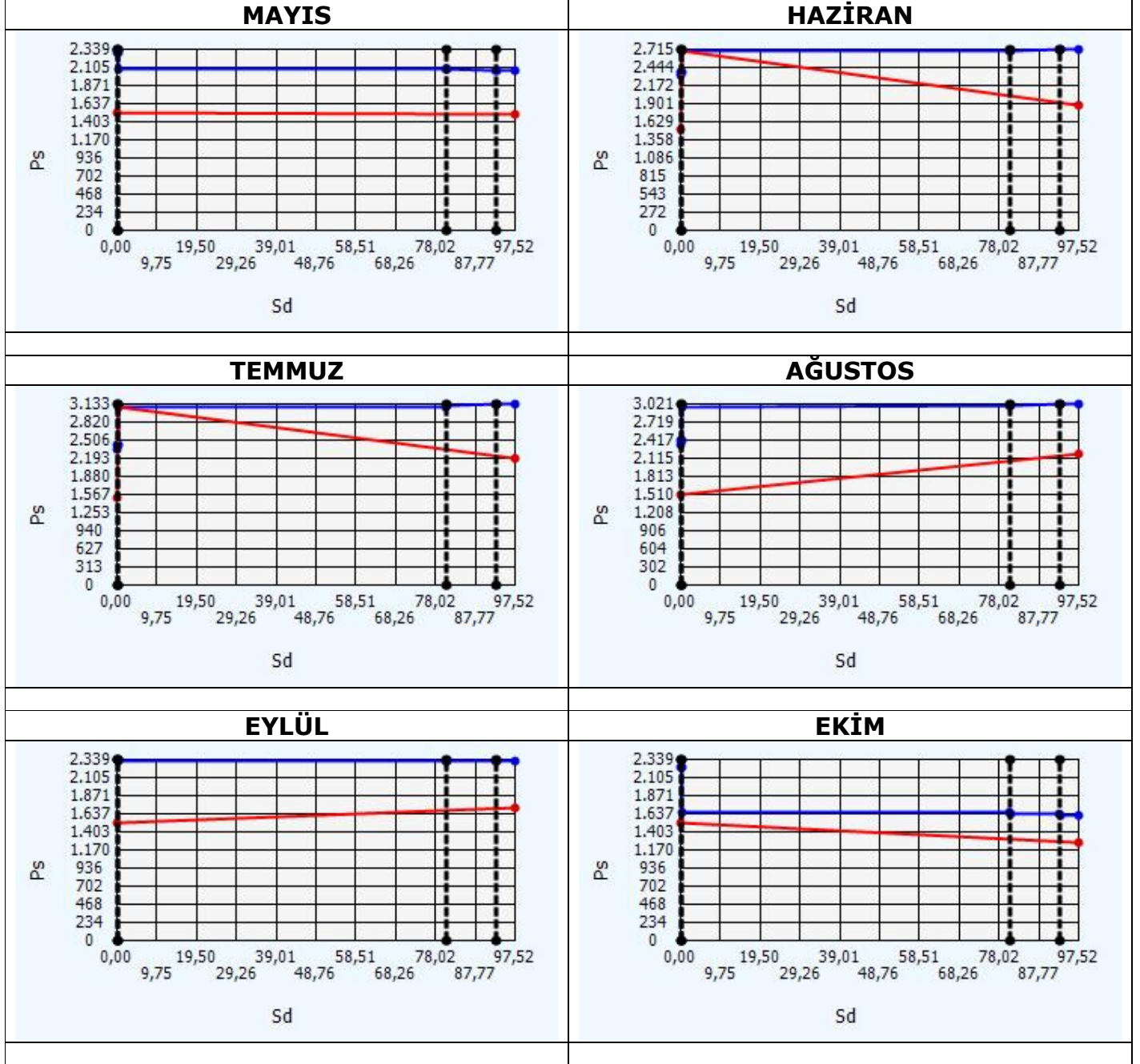


Proje Adı : SİSTEM2 XPS

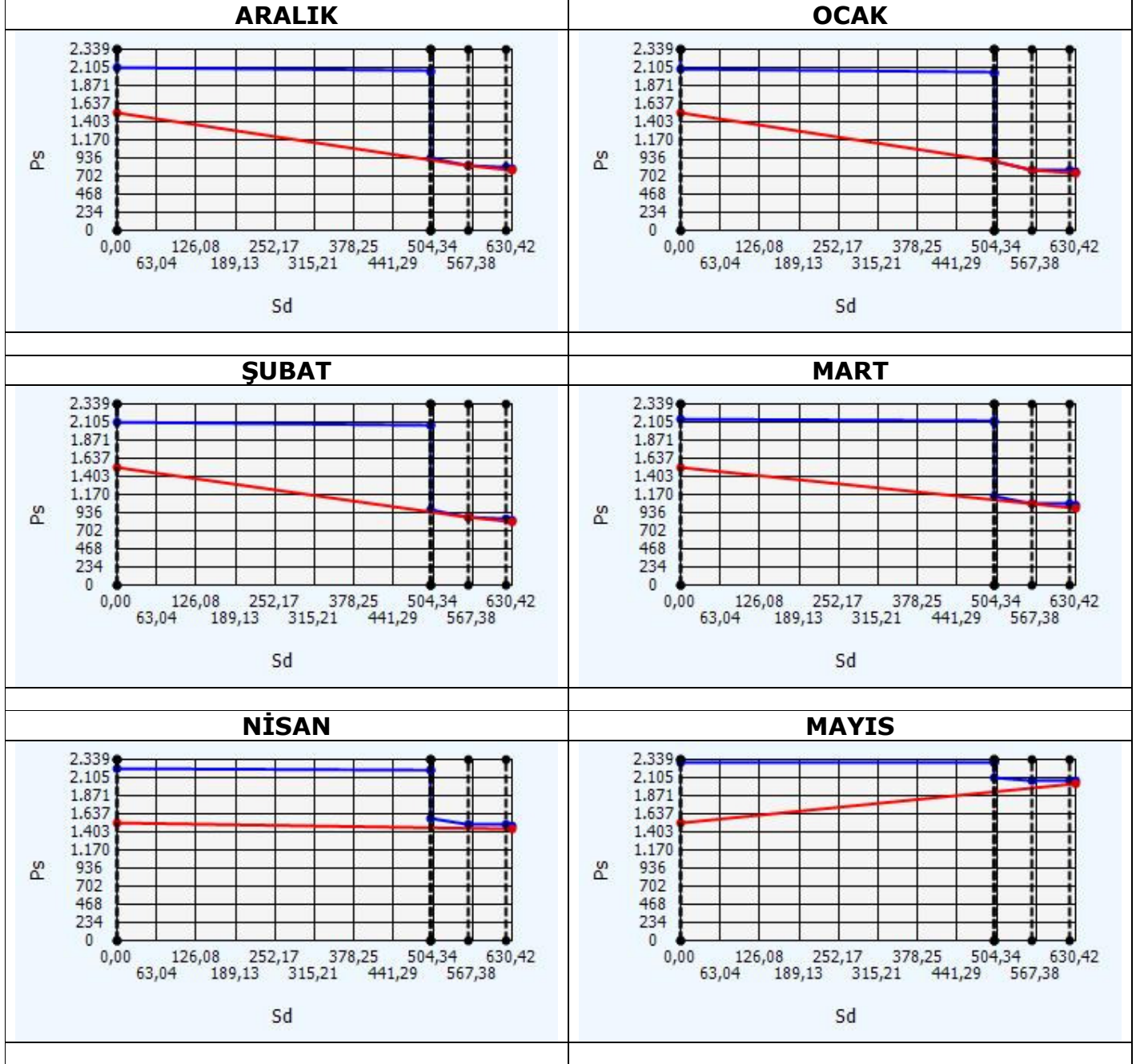
## Tavan( Üzeri Açık ) CA - 1



## Tavan( Üzeri Açık ) CA - 1

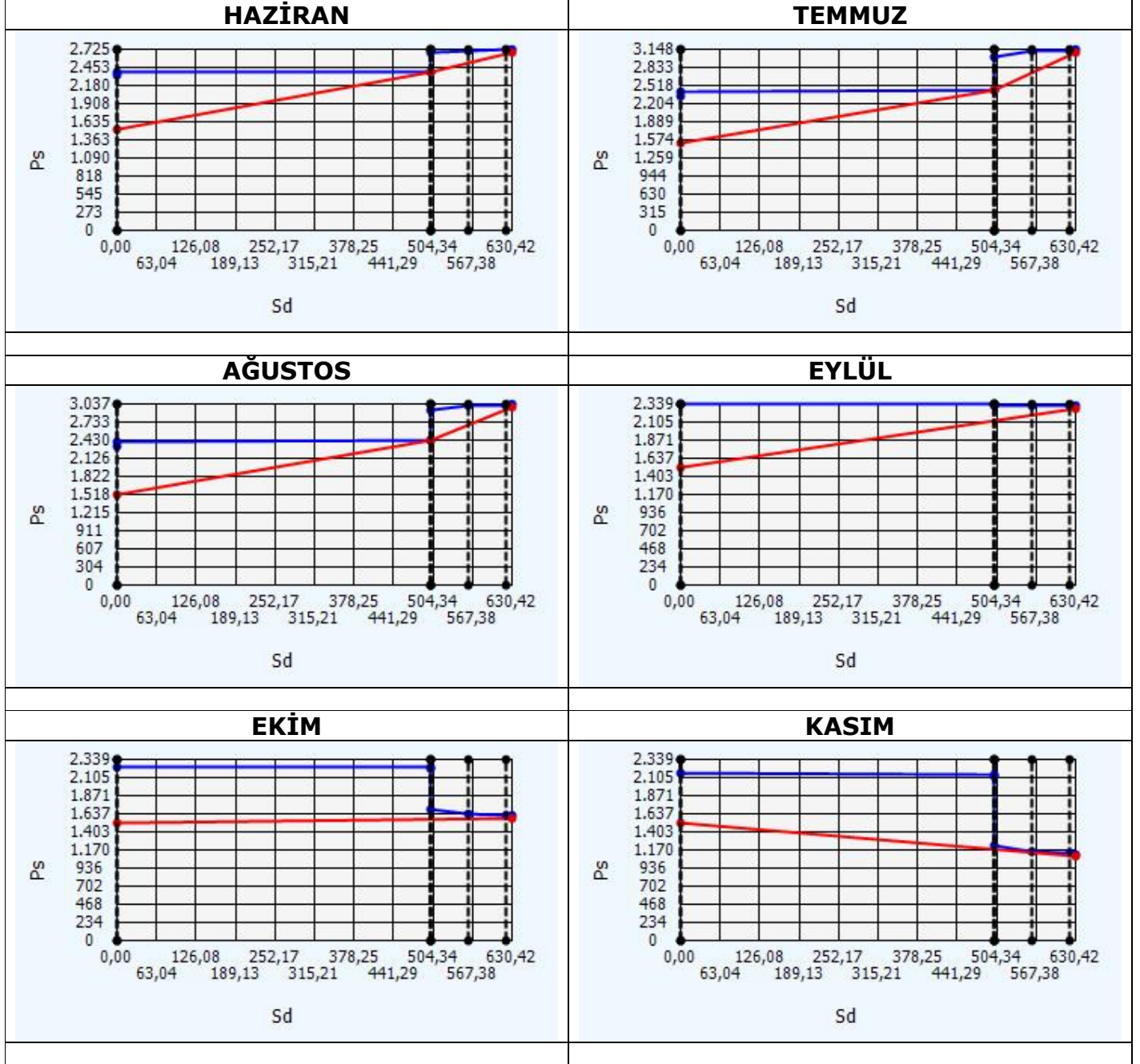


## Taban( Toprak Temaslı ) TT - 1

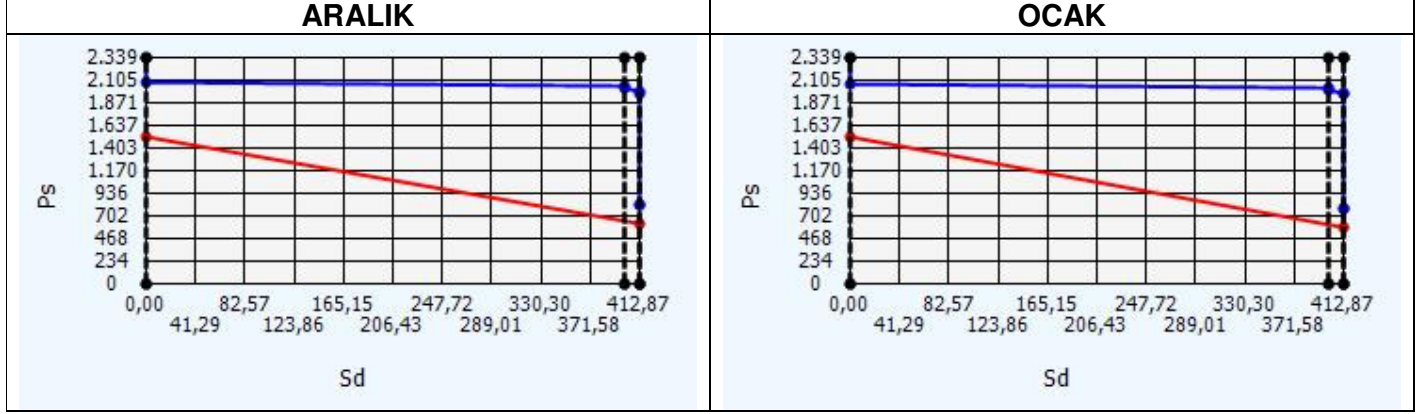




## Taban( Toprak Temaslı ) TT - 1



## Taban( Açık Geçit Üzeri ) TG - 1



## Binanın Özgül Isı Kaybı Hesabı

Tarih : 08/04/2009

Sayfa : 1

Proje Adı : SİSTEM4 GAZ BETON

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı	Isıl	Isıl	Isıl	Isı	Isı
		Elemanının	İletkenlik	İletkenlik	Geçirgenlik	Kaybedilen	Isı
		Kalınlığı	Hesap	Direnci	Katsayısı	Yüzey	Kayıbı
		d	$\lambda_n$	R	U	A	A x U
		(m)	(W/mK)	(m <sup>2</sup> K/W)	W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup>	W/K
<b>DH-1-Duvar( Dış Hava Teması )</b>							
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0	0,02			
6.1.2.1	İnce derzli veya özel yapıştırıcı kullanarak yerleştirilen levhalar	0,23	0,11	2,09			
4.2	Çimento harcı	0,03	1,6	0,02			
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04			
<b>TOPLAM</b>				<b>2,3</b>	<b>0,435</b>	<b>423,97</b>	<b>184,43</b>
<b>DH-2-Duvar( Dış Hava Teması )</b>							
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısı 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	0,25	2,5	0,1			
4.2	Çimento harcı	0,03	1,6	0,02			
10.3.1.1	Polistiren - parçacık köpüklü - TS 7316 EN 13163 e uygun; yoğunluk $\geq 15$ ; ısı iletkenlik grubu 035	0,06	0,035	1,71			
4.2	Çimento harcı	0,01	1,6	0,01			
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04			
<b>TOPLAM</b>				<b>2,03</b>	<b>0,493</b>	<b>155,49</b>	<b>76,66</b>
<b>DT-1-Duvar( Toprak Teması )</b>							
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısı 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	0,25	2,5	0,1			
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 $\geq 25$ ; ısı iletkenlik grubu 030	0,03	0,030	1			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,01			
7.1.5.1	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1)	0,085	0,33	0,26			
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0			
<b>TOPLAM</b>				<b>1,54</b>	<b>0,5x0,65</b>	<b>12,58</b>	<b>4,09</b>
<b>CC-1-Tavan( Üzeri Çatılı )</b>							
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısı 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			
4.2	Çimento harcı	0,03	1,6	0,02			

## Binanın Özgül Isı Kaybı Hesabı

Tarih : 08/04/2009

Sayfa : 2

Proje Adı : SİSTEM4 GAZ BETON

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d	$\lambda_h$	R	U	A	A x U
		(m)	(W/mK)	(m <sup>2</sup> K/W)	W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup>	W/K
10.4.1.1	Fenolik sert köpük - TS EN 13166 ya uygun; yoğunluk $\geq 30$ ; ısı iletkenlik grubu 030	0,15	0,030	5			
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,08			
<b>TOPLAM</b>				<b>5,3</b>	<b>0,8x0,189</b>	<b>16,85</b>	<b>2,55</b>
<b>CC-2-Tavan( Üzeri Çatılı )</b>							
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,03	0,70	0,04			
10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10 a uygun; yoğunluk 8-500; ısı iletkenlik grubu 035	0,05	0,035	1,43			
99.2.2.1	Hava Tabakası - Yatay (Isı akışı aşağıdan yukarıya) = 5 mm	0,05	0,036	1,39			
8.1.2	Kayın, meşe, dişbudak	0,02	0,20	0,1			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,02			
3.3	Yüksek fırın curufu; yoğunluk $\leq 600$	0,02	0,13	0,15			
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,08			
<b>TOPLAM</b>				<b>3,34</b>	<b>0,8x0,299</b>	<b>71,84</b>	<b>17,18</b>
<b>CA-1-Tavan( Üzeri Açık )</b>							
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
4.2	Çimento harcı	0,02	1,6	0,01			
10.2.2.1	Reçine formaldehit köpüğü (UF) - (DIN 18159-2 ye uygun); yoğunluk $\geq 10$ ; ısı iletkenlik grubu 035	0,06	0,035	1,71			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,02			
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 micir kullanılarak yapılmış betonlar	0,12	2,5	0,05			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0	0,02			
1.1.2	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar ( granit, bazalt, mermer, vb. )	0,02	2,3	0,01			
1/ $\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04			
<b>TOPLAM</b>				<b>2,01</b>	<b>0,496</b>	<b>8,3</b>	<b>4,12</b>
<b>TT-1-Taban( Toprak Temaslı )</b>							
1/ $\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17			
9.1.3	Sentetik malzemeden kaplamalar ( örnek:PVC )	0,01	0,23	0,04			
4.2	Çimento harcı	0,02	1,6	0,01			
10.2.2.1	Reçine formaldehit köpüğü (UF) - (DIN 18159-2 ye uygun); yoğunluk $\geq 10$ ; ısı iletkenlik grubu 035	0,06	0,035	1,71			
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya micir kullanılarak yapılmış betonlar	0,6	2,5	0,24			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,19	0,02			
5.1.2	Donatısız -Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya micir	0,1	1,65	0,06			

## Binanın Özgül Isı Kaybı Hesabı

Tarih : 08/04/2009

Sayfa : 3

Proje Adı : SİSTEM4 GAZ BETON

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d	$\lambda_n$	R	U	A	A x U
		(m)	(W/mK)	(m <sup>2</sup> K/W)	W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup>	W/K
	kullanılarak yapılmış betonlar						
$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0			
<b>TOPLAM</b>				<b>2,25</b>	<b>0,5x0,443</b>	<b>85,84</b>	<b>19,01</b>
<b>TG-1-Taban( Açık Geçit Üzeri )</b>							
$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0.17			
9.1.3	Sentetik malzemeden kaplamalar ( örnek:PVC )	0,008	0,23	0,03			
4.2	Çimento harcı	0,02	1,6	0,01			
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,12	2,5	0,05			
4.2	Çimento harcı	0,01	1,6	0,01			
10.2.2.1	Reçine formaldehit köpüğü (UF) - (DIN 18159-2 ye uygun); yoğunluk $\geq 10$ ; ısı iletkenlik grubu 035	0,06	0,035	1,71			
4.2	Çimento harcı	0,02	1,6	0,01			
$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0.04			
<b>TOPLAM</b>				<b>2,03</b>	<b>0,491</b>	<b>11,15</b>	<b>5,47</b>
<b>PENCERE 1</b>					<b>2,8</b>	<b>56,7</b>	<b>158,76</b>
<b>KAPI 1</b>					<b>3,5</b>	<b>14,74</b>	<b>51,59</b>

**İletim Yolu ile Gerçekleşen Isı Kaybı,  $H_i$  = 523,86 W/K**

**Havalandırma Yolu ile Gerçekleşen Isı Kaybı,  $H_v$  = 323,61 W/K**

**Binanın Toplam Isı Kaybı,  $H = H_i + H_v$  = 847,47 W/K**

## YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI

Proje Adı : SİSTEM4 GAZ BETON

Tarih : 08/04/2009

Sayfa : 4

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H=H_i + H_v$	$T_i - T_d$	$H(T_i - T_d)$	$\Phi_i$	$\Phi_g$	$\Phi_T = \Phi_i + \Phi_g$			
	(W/K)	(K, °C)	(W)	(W)	W	(W)			
Ocak	847	16,1	13.644	2.452	1.380	3.831	0,28	0,972	25.717.255
Şubat	847	14,6	12.373	2.452	1.694	4.145	0,34	0,949	21.869.480
Mart	847	11,7	9.915	2.452	2.044	4.495	0,45	0,89	15.332.928
Nisan	847	6,2	5.254	2.452	2.045	4.496	0,86	0,689	5.587.089
Mayıs	847	1	847	2.452	2.340	4.792	5,65	(-)	
Haziran	847	Td yüksek	(-)	2.452	2.434	4.886	(-)	(-)	
Temmuz	847	Td yüksek	(-)	2.452	2.380	4.831	(-)	(-)	
Ağustos	847	Td yüksek	(-)	2.452	2.279	4.731	(-)	(-)	
Eylül	847	Td yüksek	(-)	2.452	2.019	4.470	(-)	(-)	
Ekim	847	4,9	4.153	2.452	1.702	4.154	1	0,632	3.958.799
Kasım	847	10,5	8.898	2.452	1.319	3.771	0,42	0,906	14.213.729
Aralık	847	15,2	12.882	2.452	1.212	3.664	0,28	0,97	24.174.190

Toplam  $Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 110.853.471$  kJ

$Q_{yıl} = 0,278 \times 1/1000 \times 110.853.471 = 30.817$  kWh

Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı  $Q' = 20,34$  kWh / m<sup>3</sup>

Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı  $Q = 20,11$  kWh / m<sup>3</sup>

$Q < Q'$  olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi TS 825 standardına uygundur.

Proje Adı : SİSTEM4 GAZ BETON

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaştırma Miktarı Çizelgesi

### Duvar( Dış Hava Temaslı ) DH - 1

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)
EYLÜL	19,9	75
EKİM	14,1	80
KASIM	8,5	79
ARALIK	3,8	80
OCAK	2,9	79
ŞUBAT	4,4	76
MART	7,3	75
NİSAN	12,8	74
MAYIS	18,0	74
HAZİRAN	22,5	70
TEMMUZ	24,9	71
AĞUSTOS	24,3	74

Yapı elemanında TS 825'e göre yoğuşma oluşmamıştır.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

Proje Adı : SİSTEM4 GAZ BETON

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaştırma Miktarı Çizelgesi

### Duvar( Dış Hava Temaslı ) DH - 2

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)
EYLÜL	19,9	75
EKİM	14,1	80
KASIM	8,5	79
ARALIK	3,8	80
OCAK	2,9	79
ŞUBAT	4,4	76
MART	7,3	75
NİSAN	12,8	74
MAYIS	18,0	74
HAZİRAN	22,5	70
TEMMUZ	24,9	71
AĞUSTOS	24,3	74

Yapı elemanında TS 825'e göre yoğuşma oluşmamıştır.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.



Proje Adı : SİSTEM4 GAZ BETON

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi

### Duvar( Toprak Temaslı ) DT - 1

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)	my1(kg/m2)	my1(kg/m2) (küm.)	my2(kg/m2)	my2(kg/m2)(küm.)
ARALIK	3,8	100	-	-	-	-
OCAK	2,9	100	-	-	-	-
ŞUBAT	4,4	100	-	-	-	-
MART	7,3	100	-	-	-	-
NİSAN	12,8	100	-	-	-	-
MAYIS	18,0	100	-	-	-	-
HAZİRAN	22,5	100	-	-	0.04	0.04
TEMMUZ	24,9	100	-	-	0.1	0.14
AĞUSTOS	24,3	100	-	-	0.09	0.23
EYLÜL	19,9	100	-	-	0	0.23
EKİM	14,1	100	-	-	-0.08	0.15
KASIM	8,5	100	-	-	-0.11	0.04

Yapı elemanında birden fazla bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

4. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisinde (0 < 0.5) kg/m2. Standarda uygundur.

Yoğuşma ısı, su yalıtım veya hava tabakasında oluştu (Max. 0,5 kg/m2)

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

5. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisinde (0.23 < 0.5) kg/m2. Standarda uygundur.

Yoğuşma ısı, su yalıtım veya hava tabakasında oluştu (Max. 0,5 kg/m2)

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Büyüktür. Yoğuşma Standarda uygundur.

Proje Adı : SİSTEM4 GAZ BETON

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi

### Tavan( Üzeri Çatılı ) CC - 1

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)
EYLÜL	19,9	75
EKİM	14,1	80
KASIM	8,5	79
ARALIK	3,8	80
OCAK	2,9	79
ŞUBAT	4,4	76
MART	7,3	75
NİSAN	12,8	74
MAYIS	18,0	74
HAZİRAN	22,5	70
TEMMUZ	24,9	71
AĞUSTOS	24,3	74

Yapı elemanında TS 825'e göre yoğuşma oluşmamıştır.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

Proje Adı : SİSTEM4 GAZ BETON

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi

### Tavan( Üzeri Çatılı ) CC - 2

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)	my1(kg/m2)	my1(kg/m2) (küm.)	my2(kg/m2)	my2(kg/m2)(küm.)
KASIM	8,5	79	0.41	0.41	0.02	0.02
ARALIK	3,8	80	0.8	1.21	0.02	0.04
OCAK	2,9	79	0.86	2.07	0.02	0.06
ŞUBAT	4,4	76	0.75	2.82	0.02	0.08
MART	7,3	75	0.51	3.33	0.02	0.1
NİSAN	12,8	74	-0.03	3.3	0	0.1
MAYIS	18,0	74	-0.74	2.56	-0.25	-
HAZİRAN	22,5	70	-1.52	1.04	-	-
TEMMUZ	24,9	71	-2.01	-	-	-
AĞUSTOS	24,3	74	-	-	-	-
EYLÜL	19,9	75	-	-	-	-
EKİM	14,1	80	-	-	-	-

Yapı elemanında birden fazla bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

3. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırdan yüksektir (3.33 > 0.5) kg/m2. Standarda uygun değildir.

Yoğuşma ısı, su yalıtım veya hava tabakasında oluştu (Max. 0,5 kg/m2)

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

4. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisindedir (0.1 < 0.8) kg/m2. Standarda uygundur.

Yoğuşma Ahşap Malzemede Oluştur. (Max. kütle artışı %5 )

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

Proje Adı : SİSTEM4 GAZ BETON

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi

### Tavan( Üzeri Açık ) CA - 1

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)	my1(kg/m2)	my1(kg/m2) (küm.)
KASIM	8,5	79	-	-
ARALIK	3,8	80	-	-
OCAK	2,9	79	-	-
ŞUBAT	4,4	76	-	-
MART	7,3	75	-	-
NİSAN	12,8	74	-	-
MAYIS	18,0	74	-	-
HAZİRAN	22,5	70	0.03	0.03
TEMMUZ	24,9	71	-1.93	-
AĞUSTOS	24,3	74	-	-
EYLÜL	19,9	75	-	-
EKİM	14,1	80	-	-

Yapı elemanında bir bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

2. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisinde (0.03 < 0.5) kg/m2. Standarda uygundur.

Yoğuşma ısı, su yalıtım veya hava tabakasında oluştu (Max. 0,5 kg/m2)

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

Proje Adı : SİSTEM4 GAZ BETON

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi

### Taban( Toprak Temaslı ) TT - 1

İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)	my1(kg/m2)	my1(kg/m2) (küm.)	my2(kg/m2)	my2(kg/m2)(küm.)
ARALIK	3,8	100	-	-	-	-
OCAK	2,9	100	-	-	-	-
ŞUBAT	4,4	100	-	-	-	-
MART	7,3	100	-	-	-	-
NİSAN	12,8	100	-	-	-	-
MAYIS	18,0	100	-	-	-	-
HAZİRAN	22,5	100	-	-	-	-
TEMMUZ	24,9	100	-	-	-	-
AĞUSTOS	24,3	100	-	-	-	-
EYLÜL	19,9	100	-	-	-	-
EKİM	14,1	100	-	-	-	-
KASIM	8,5	100	-	-	-	-

Yapı elemanında birden fazla bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

3. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisinde (0 < 0.5) kg/m2. Standarda uygundur.

Yoğuşma ısı, su yalıtım veya hava tabakasında oluştu (Max. 0,5 kg/m2)

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

4. bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisinde (0 < 1) kg/m2. Standarda uygundur.

Yoğuşma standart tabakalarda oluştu (Max.1,0 kg/m2)

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

Proje Adı : SİSTEM4 GAZ BETON

## Yapı Elemanındaki Yoğuşma ve Buharlaştırma Miktarı Çizelgesi

### Taban( Açık Geçit Üzeri ) TG - 1

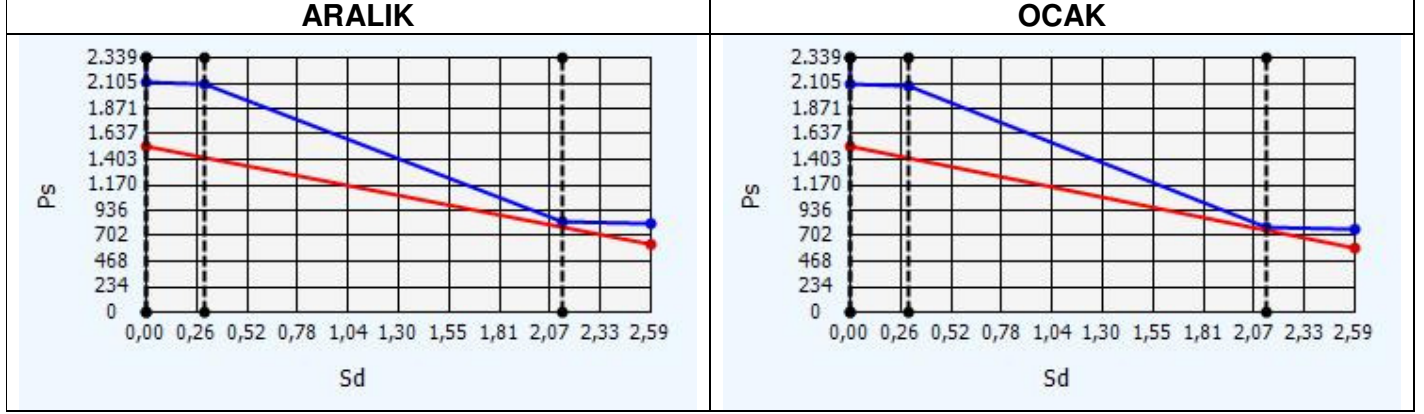
İç Sıcaklık - $\theta_{\tau}$ (°C) = 20	İç Bağıl Nem - $\phi_t$ (%) =65
---	---------------------------------

	$\theta_d$ (°C)	$\phi_d$ (%)
EYLÜL	19,9	75
EKİM	14,1	80
KASIM	8,5	79
ARALIK	3,8	80
OCAK	2,9	79
ŞUBAT	4,4	76
MART	7,3	75
NİSAN	12,8	74
MAYIS	18,0	74
HAZİRAN	22,5	70
TEMMUZ	24,9	71
AĞUSTOS	24,3	74

Yapı elemanında TS 825'e göre yoğuşma oluşmamıştır.

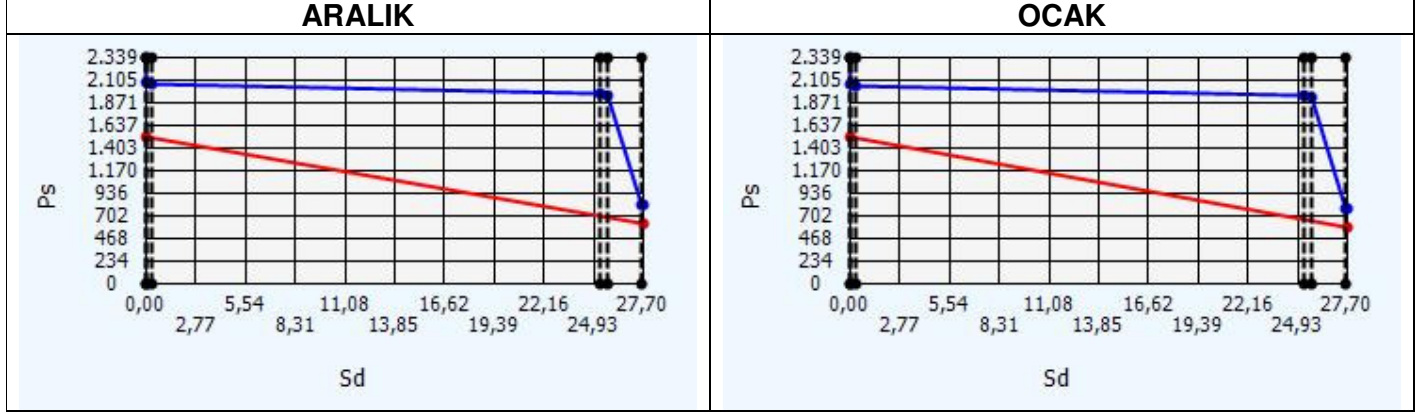
İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

## Duvar( Dış Hava Teması ) DH - 1



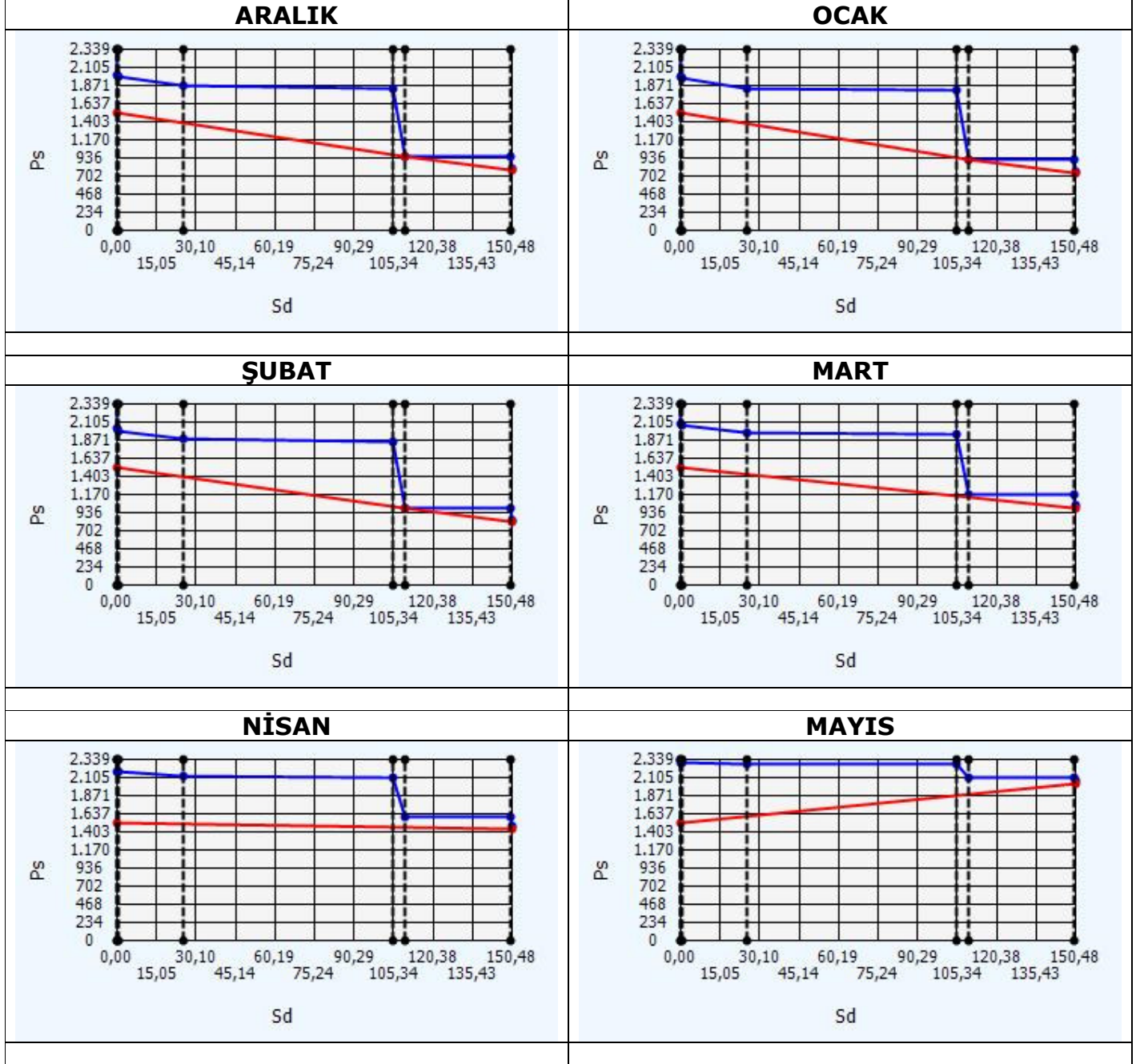
Proje Adı : SİSTEM4 GAZ BETON

## Duvar( Dış Hava Teması ) DH - 2

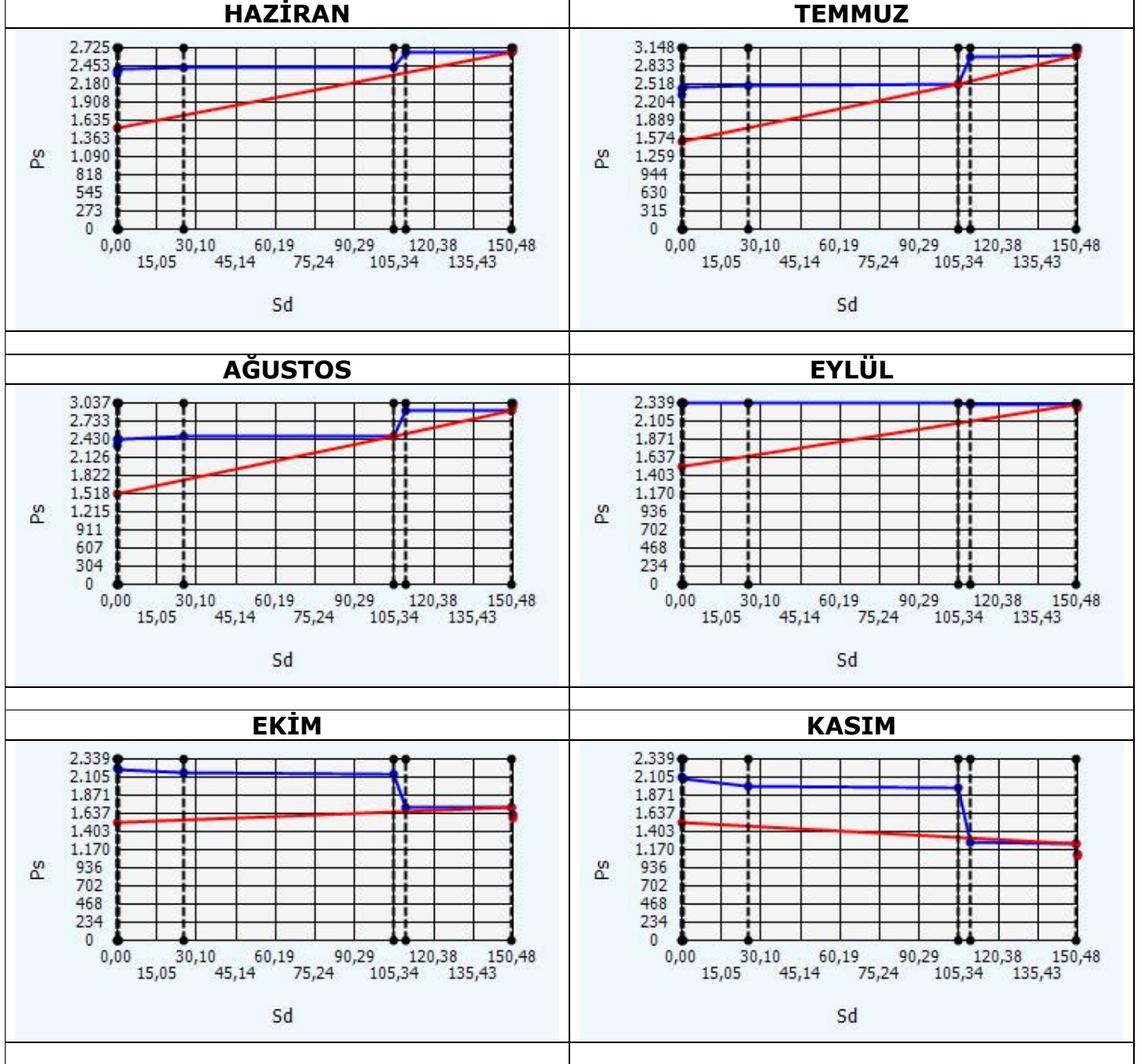




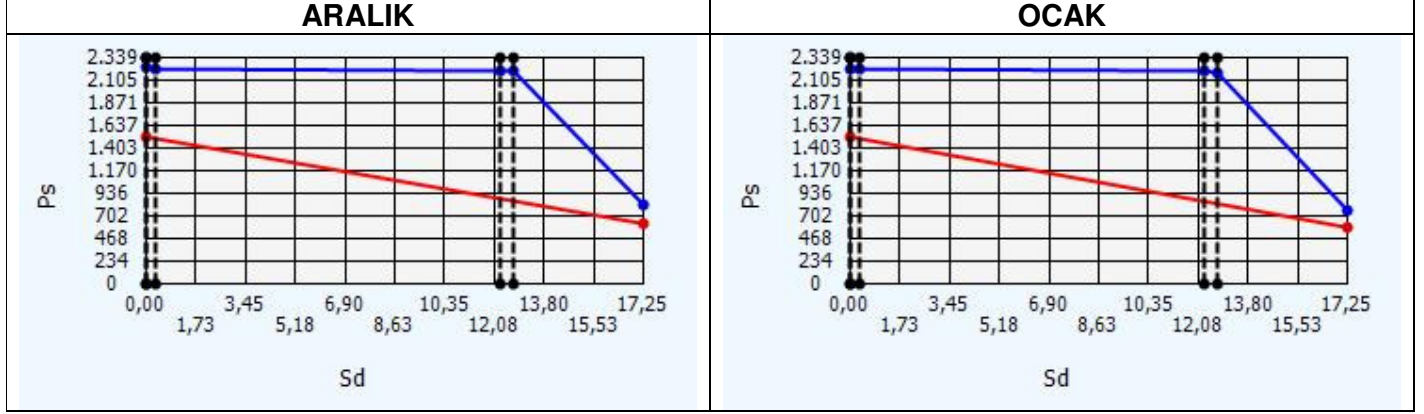
## Duvar( Toprak Temaslı ) DT - 1



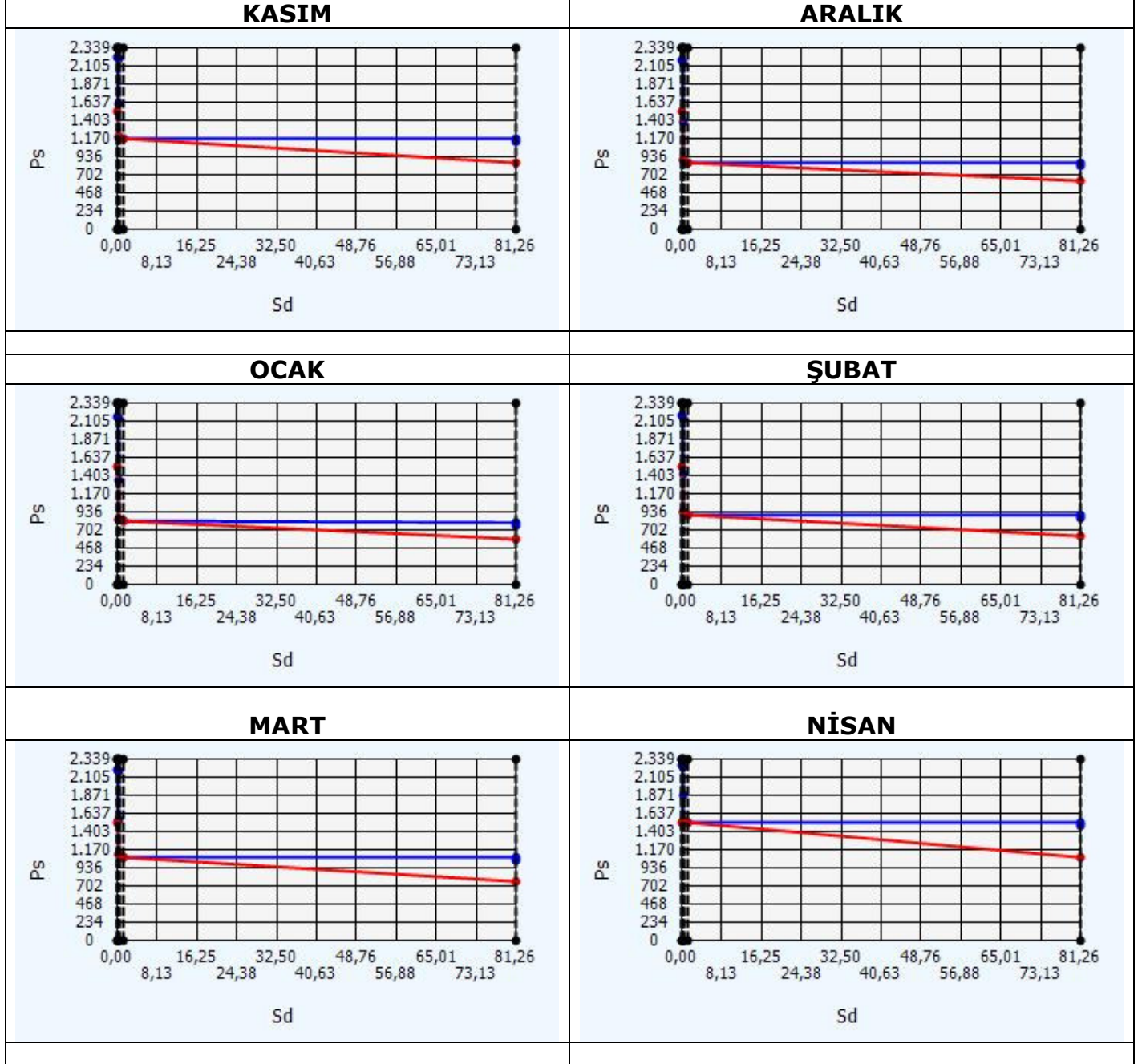
## Duvar( Toprak Temaslı ) DT - 1



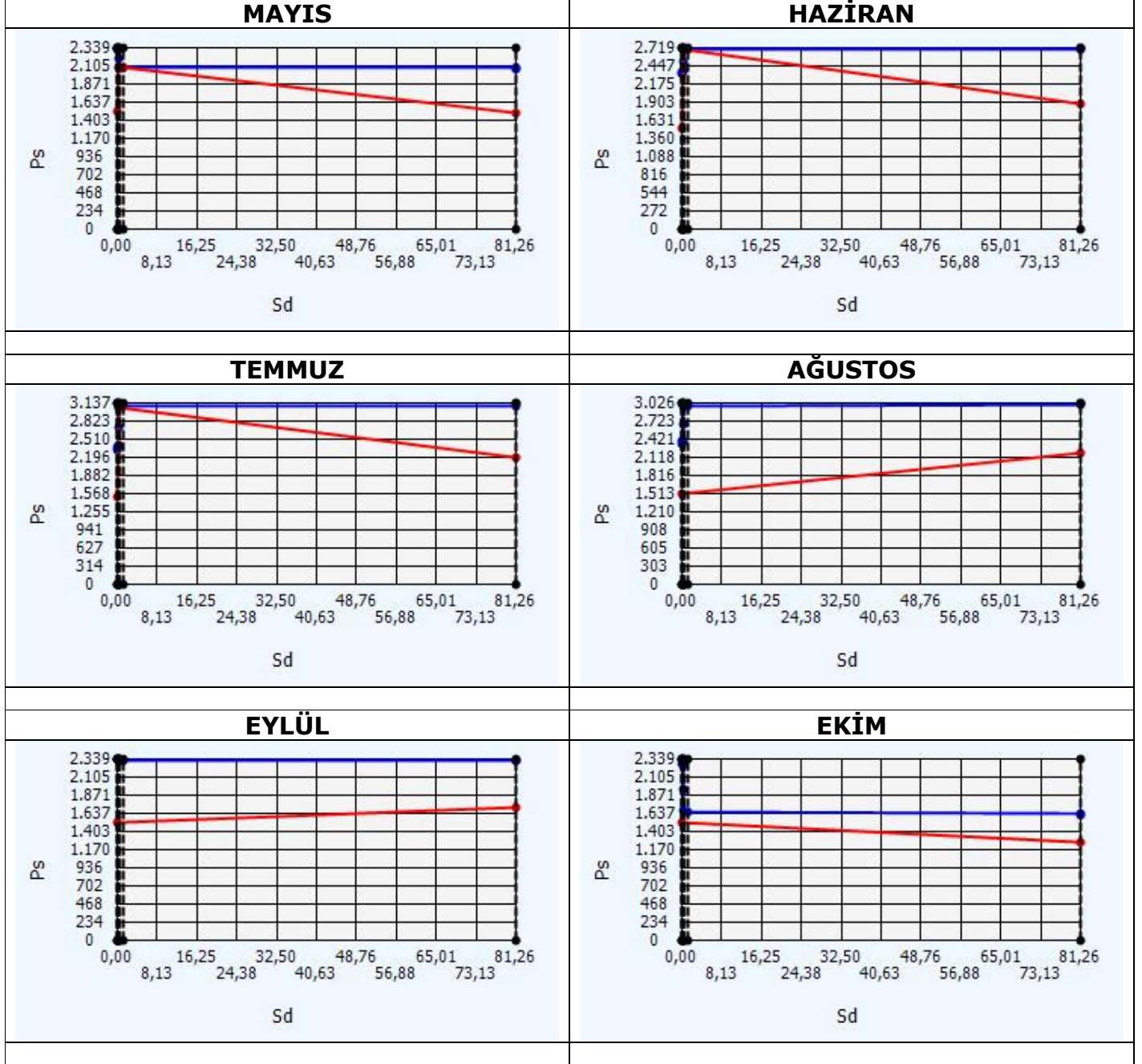
## Tavan( Üzeri Çatılı ) CC - 1



## Tavan( Üzeri Çatılı ) CC - 2



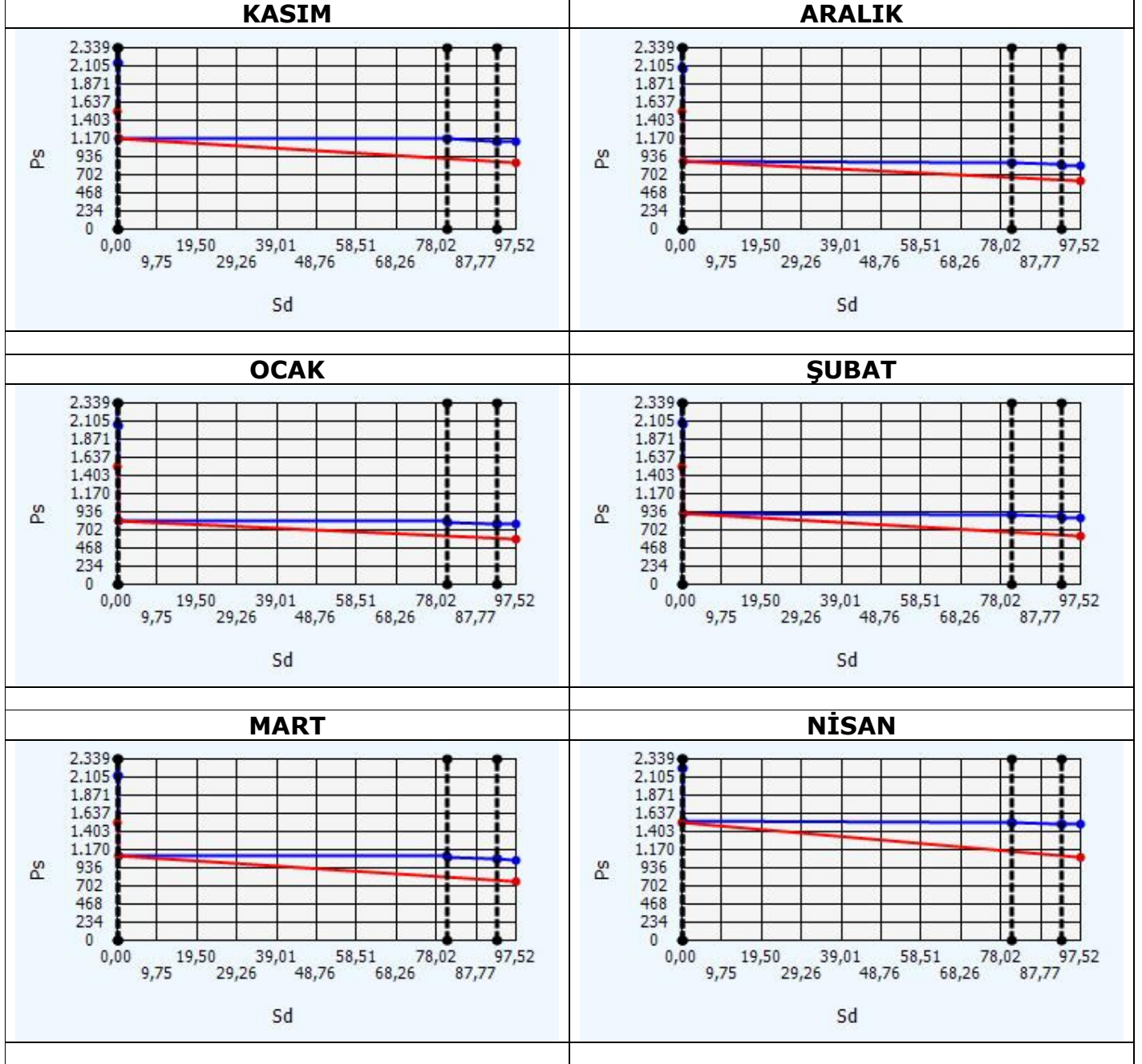
## Tavan( Üzeri Çatılı ) CC - 2



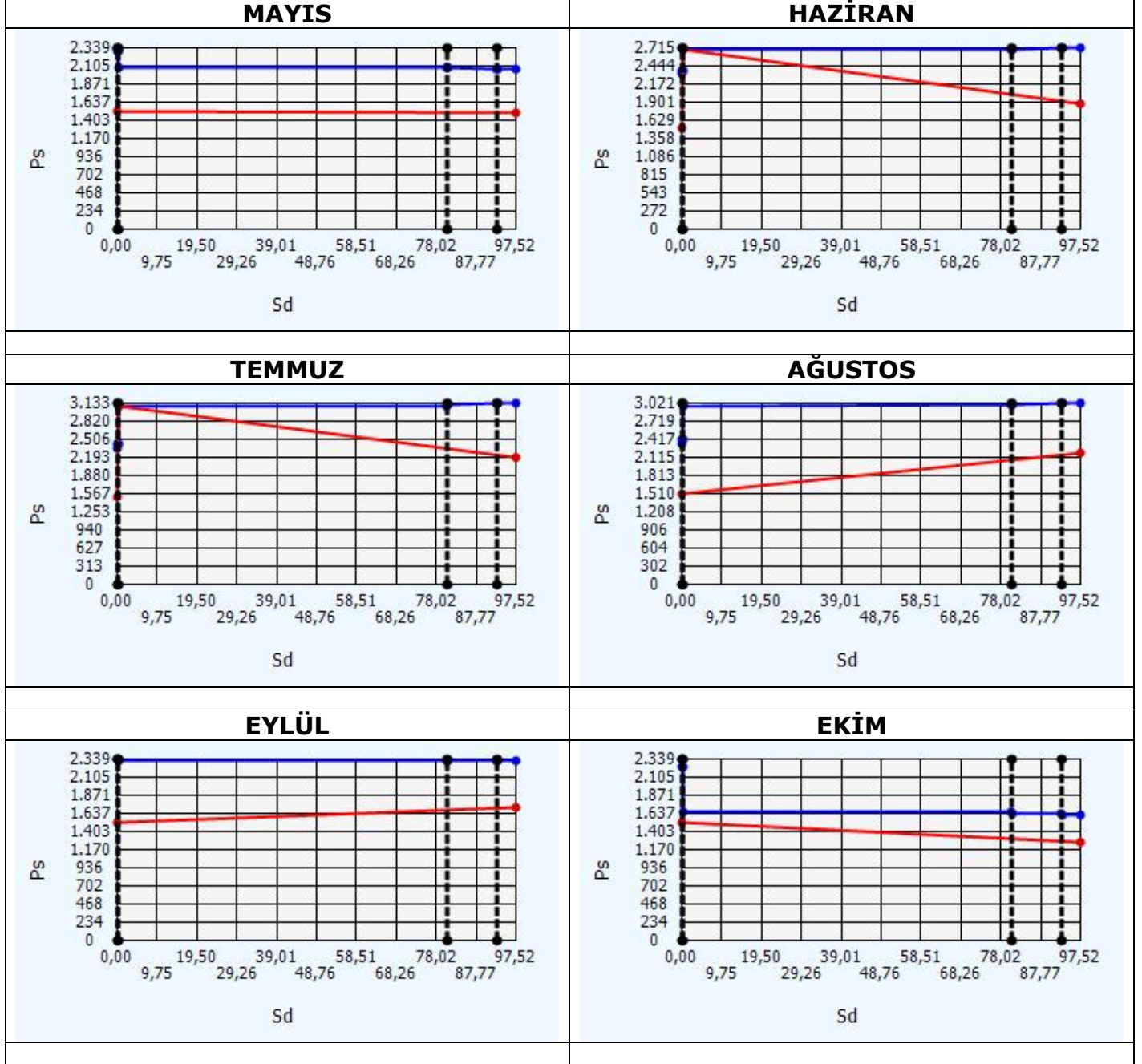


Proje Adı : SİSTEM4 GAZ BETON

## Tavan( Üzeri Açık ) CA - 1

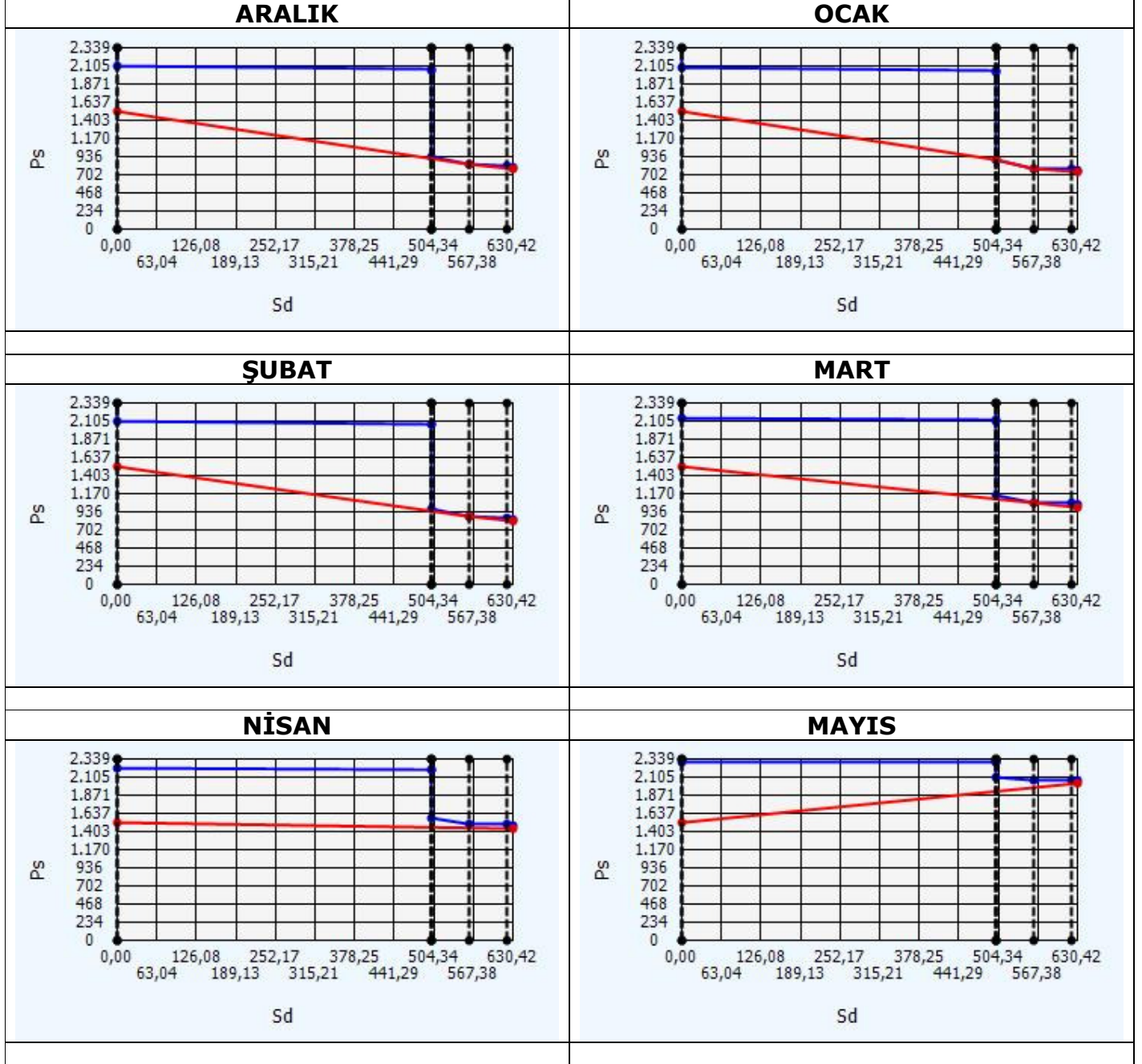


## Tavan( Üzeri Açık ) CA - 1



Proje Adı : SİSTEM4 GAZ BETON

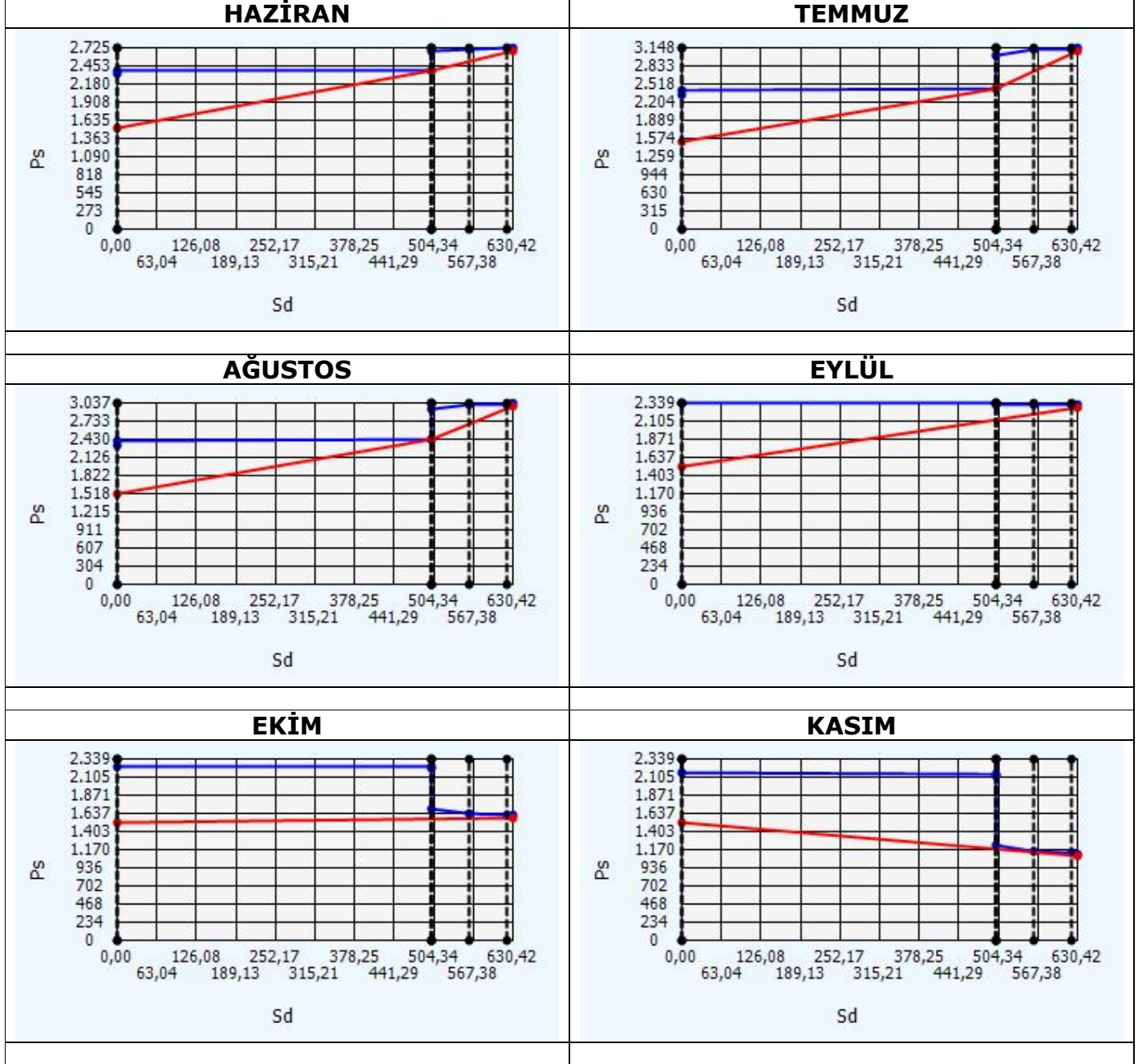
## Taban( Toprak Temaslı ) TT - 1





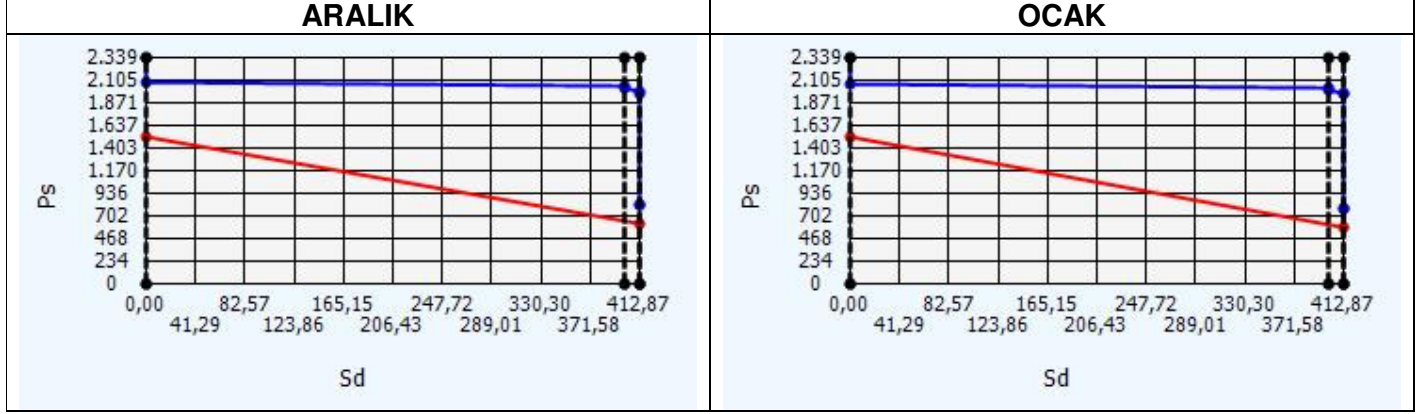
Proje Adı : SİSTEM4 GAZ BETON

## Taban( Toprak Temaslı ) TT - 1



Proje Adı : SİSTEM4 GAZ BETON

## Taban( Açık Geçit Üzeri ) TG - 1



## ÖZGEÇMİŞ

Davut PARALI 1982 yılında Erzincan'da doğdu. İlk ve ortaokulu Namık Kemal İlköğretim Okulunda, lise eğitimini ise İstanbul Atatürk Lisesinin Yabancı Dil Ağırlıklı Bölümünde tamamladıktan sonra, 2001 yılında Sakarya Üniversitesinin İnşaat Mühendisliği Bölümüne girdi. 2005 yılında Sakarya Üniversitesinden mezun olduktan sonra, 2006 yılında Sakarya Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans eğitimine başladı. Davut PARALI bir kamu kuruluşunda yönetici olarak çalışmakta olup, İngilizce bilmektedir