

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**“AHŞAP İSKELET YAPI SİSTEMİNİN
ISI VE BUHAR GEÇİŞİ AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ ”**

Tez Yöneticisi
YRD. DOÇ. DR. ESMA MIHLAYANLAR

Hazırlayan
MERAL YÜCEL (DALKIRAN)

Edirne - 2008

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AHŞAP İSKELET YAPI SİSTEMİNİN
ISI VE BUHAR GEÇİŞİ AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mimar Meral YÜCEL (DALKIRAN)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mimarlık Ana Bilim Dalı

Bu tez 03/09/2008 tarihinde Aşağıdaki Jüri Tarafından Kabul Edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr.
Esmâ MIHLAYANLAR
Tez Danışmanı

Prof. Dr.
Sabit OYMAEL
Üye

Prof. Dr.-Ing
Ahmet CAN
Üye

Edirne - 2008

ÖNSÖZ

Ahşap hafif, kaynağı yenilenebilen, enerji dostu ekolojik bir malzemedir. Ahşap iskelet sistem de geçmişten günümüze kullanılan, doğal koşullara dayanıklı, yangın ve deprem dayanımını kanıtlanmış bir yapım sistemidir. Günümüz teknolojisi ve malzeme seçenekleriyle uygulanabilecek detaylarının araştırılması gerekli görülmüştür. Bu yapım sistemi günümüzde özellikle restorasyon çalışmalarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Tez çalışmasında, ahşap iskelet sistem ısı ve buhar geçişi açısından farklı yapı malzemeleriyle kaplanarak kesitler oluşturulmuş, bu kesitler üzerinde hesaplamalar yapılmış ve grafikler çizilmiştir.

Yapılan bu çalışmanın ahşap iskelet sistemin günümüzdeki kullanımlarında ısı yalıtımı ve buhar geçişi açısından uygun olabilecek kesitlere ulaşmada kullanıcı ve uygulayıcılara yardımcı olması ve bu konuda bir fikir sahibi olmaları düşünülerek gerçekleştirilmiştir.

Eylül 2008
Meral YÜCEL
(DALKIRAN)

SUMMARY

Wood frame structure is strong against earthquake even when special precautions are taken, it is more strong system than fire resistance concrete and steel.

The subject of heat and vapor wood frame structure is important when it is compared to traditional constructions. By the help of this working in wood building skeleton system is aimed at forming a system which is strong, safe and it can be used in contemporary applications.

In previous literature working the development of wood frame structure, and the superiority of wood frame structure material, the characteristics of mechanics chemical, physical anatomic. The structure of carrier wadding and sheating which formed wood frame structure and their materials are examined.

Then the translation of heat and vapor subjects and their materials, the methods of heat and vapor calculations, condensation analysis are explained.

Different structures are formed by the help of different characteristics materials of heat and vapor translation in wood frame structure. Translation of thermal (V) heat flow (q), surface temperatures (Ty), values of vapor pressure (p) are calculated and graphics are prepared according to them. Then condensation are evaluated, if there is condensation its quantity is calculated.

The outcome after calculation of graphics prepared crosscut is; The translation of heat and vapor must be examined together, chosen insulation materials thicknesss for lessening heat conductor and factor of vapor difusion resistance should be pay attention.

Especially vapor difusion resistance factors should be lessen from inside to outside when the materials of structure crosscuts are taken into consideration. It is vapor crosscut leaving the vapor which is aimed to building when the structure of physic taken into consideration without condensation.

Key Words; wood frame structure, transfer of heat and vapor, vapor difusion resistance factor, thermal permeability coefficient.

ÖZET

Ahşap iskelet sistem, deprem karşısında güvenli, uygun kesitte yapıldığında ve özel önlemler alındığında yangın dayanımı beton ve çelikten çok daha yüksek olan yapım sistemlerinden biridir.

Ahşap iskelet sistemin ısı ve buhar geçişi açısından değerlendirilmesi konusu bu anlamda geleneksel kullanımı bilinen bir yapım sisteminin günümüzdeki yapı malzemeleriyle yapıldığında doğru kesitlerin nasıl uygulanacağını belirlemek açısından önemlidir. Bu çalışmayla; ahşap iskelet sistemde günümüz uygulayıcısı ve kullanıcıya sağlam, güvenli ve ısı konfor şartlarının da sağlandığı bir sistem oluşturulmasına katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

Öncelikle yapılan literatür çalışmasıyla geçmişten günümüze kadar ahşap yapım sistemlerinin gelişimi, ahşabın yapı malzemesi olarak üstünlüğü, mekanik, kimyasal fiziksel ve anatomik özellikleri, Ahşap iskelet sistemi meydana getiren taşıyıcı, dolgu ve kaplama kısımları ve bunları oluşturan malzemeler incelenmiştir.

Daha sonra ısı ve buhar geçişi konuları ele alınarak, ısı ve sıcaklık, buhar ve malzemelerdeki buhar geçişi, ısı ve buhar geçişi hesaplarının yapılma yöntemleri ve yoğunlaşma tahkiki anlatılmıştır.

Ahşap iskelet sistemde ısı ve buhar geçişi açısından farklı özelliklerdeki malzemelerle kesitler oluşturulmuş, bu kesitler üzerinde ısı geçirgenliği (U), ısı akısı (q), yüzey sıcaklıkları (T_y) ve buhar basınç değerleri (p) hesaplanmıştır ve bunlara göre grafikler hazırlanmıştır. Elde edilen kesitlerde yoğunlaşma olup olmadığı değerlendirilmiş, yoğunlaşma varsa bunun miktarı hesaplanmıştır.

Yapılan hesaplar ve hazırlanan kesitlerden elde edilen grafikler sonrasında ulaşılan sonuç; ısı ve buhar geçişinin birlikte incelenmesi gerektiği, ısı iletimini azaltmak için seçilen yalıtım malzemesinin kalınlığına ve buhar difüzyon direnç faktörüne dikkat edilmesi gerekmektedir. Özellikle buhar difüzyonu açısından yapı elemanlarının kesitlerini oluştururken malzemelerin buhar difüzyon direnç faktörü içerden dışarıya doğru küçülmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Yapı fiziği açısından binalarda hedeflenen buharın yoğunlaşmadan buhar olarak (gaz fazda) yapı kesitlerinden uzaklaştırılmasıdır.

Anahtar Kelimeler: Ahşap iskelet sistem, ısı ve buhar geçişi, buhar difüzyon direnç faktörü, ısı geçirgenlik katsayısı

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1 Ahşabın Yapısı [16].....	8
Şekil 3.1 Ahşap İskelet Sistemi Oluşturan Elemanlar [38].....	10
Şekil 3.2 2 Katlı Ahşap İskelet Sistemi [15]	11
Şekil 3.3 Ahşap Yapılarda Yatay Elemanların Birleşimi [39].....	12
Şekil 3.4 Ahşap Yapılarda Düşey-Yatay Elemanların Birleşimi [39].....	13
Şekil 3.5 Afet Yönetmeliğine Göre Ahşap İskelet Duvar Ve Elemanları [15].....	15
Şekil 3.6 Afet Yönetmeliğine Göre Yapılmış İki Katlı Ahşap İskelet Yapı[15]	15
Şekil 4.1. Kondüksiyonla Isı İletimi[17]	21
Şekil 4.2. Konveksiyonla ısı iletimi [17]	22
Şekil 4.3. Radyasyonla ısı iletimi [17]	22
Şekil 4.4. Çok Tabakalı Bir Yapı Bileşeni Kesiti Üzerinde Sıcaklık Dağılımı [37]	30
Şekil 5.1 Örnek Ahşap İskelet Yapı Planı	35
Şekil 5.2 Örnek Ahşap İskelet Yapı Kesiti [39]	35
Şekil 5.1.1a: Ahşap İskelet Sistemde Dikmeden Geçen Plan Kesiti	37
Şekil 5.1.1b: Ahşap İskelet Sistemde Dikmeden Geçen Kesit	37
Şekil 5.1.2a: Ahşap İskelet Sistemde Dolgu Malzemesi Kullanılmaması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti	38
Şekil 5.1.2b: Ahşap İskelet Sistemde Dolgu Malzemesi Kullanılmaması Durumu Boşluktan Geçen Kesiti	38
Şekil 5.1.3a: Ahşap İskelet Sistemde Dolgu Malzemesi Kullanılmaması Durumu Payandadan Geçen Plan Kesiti	39
Şekil 5.1.3b: Ahşap İskelet Sistemde Dolgu Malzemesi Kullanılmaması Durumu Payandadan Geçen Kesiti	39
Şekil 5.2.1a: Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 1$).....	41
Şekil 5.2.1b: Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 1$).....	41
Şekil 5.2.2a: Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 50$).....	42

Şekil 5.2.2b: Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 50$).....	42
Şekil 5.2.3a: Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 100$).....	44
Şekil 5.2.3b: Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 100$).....	44
Şekil 5.2.4a: Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 150$).....	45
Şekil 5.2.4b: Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 150$).....	45
Şekil 5.2.5a: Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 200$).....	46
Şekil 5.2.5b: Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 200$).....	46
Şekil 5.3.1a: Ahşap İskelet Sistemde 0.10m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 1$).....	48
Şekil 5.3.1b: Ahşap İskelet Sistemde 0.10m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit ($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 1$).....	48
Şekil 5.3.2a: Ahşap İskelet Sistemde 0.10m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 50$).....	49
Şekil 5.3.2b: Ahşap İskelet Sistemde 0.10m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit ($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 50$).....	49
Şekil 5.3.3a: Ahşap İskelet Sistemde 0.10m Yalıtım Malzemesi Kullanılmaması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 100$).....	50
Şekil 5.3.3b: Ahşap İskelet Sistemde 0.10m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit ($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 100$).....	50
Şekil 5.3.4a: Ahşap İskelet Sistemde 0.10m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 150$).....	52
Şekil 5.3.4b: Ahşap İskelet Sistemde 0.10m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit ($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 150$).....	52
Şekil 5.3.5a: Ahşap İskelet Sistemde 0.10m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 200$).....	53

Şekil 5.3.5b: Ahşap İskelet Sistemde 0.10m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit ($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 200$).....	53
Şekil 5.4.1a: Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 1$).....	55
Şekil 5.4.1b: Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit ($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 1$).....	55
Şekil 5.4.2a: Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 50$).....	56
Şekil 5.4.2b: Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit ($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 50$).....	56
Şekil 5.4.3a: Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 100$).....	58
Şekil 5.4.3b: Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit ($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 100$).....	58
Şekil 5.4.4a: Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 150$).....	59
Şekil 5.4.4b: Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit ($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 150$).....	59
Şekil 5.4.5a: Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 200$).....	50
Şekil 5.4.5b: Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit ($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 200$).....	60
Şekil 5.5.1a Ahşap İskelet Sistem 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Payandadan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 1$).....	62
Şekil 5.5.1b Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Payandadan Geçen Kesit ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 1$).....	62
Şekil 5.5.2a Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Payandadan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 50$).....	63
Şekil 5.5.2b Ahşap İskelet Sistem 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Payandadan Geçen Kesit ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 50$).....	63
Şekil 5.5.3a Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Payandadan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 100$).....	65

Şekil 5.5.3b Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Payandadan Geçen Kesit ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 100$).....	65
Şekil 5.5.4a Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Payandadan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 150$).....	66
Şekil 5.5.4b Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Payandadan Geçen Kesit ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 150$).....	66
Şekil 5.5.5a Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Payandadan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 200$).....	62
Şekil 5.5.5b Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Payandadan Geçen Kesit ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 200$).....	62
Şekil 5.6.1a: Ahşap İskelet Sistemde İçerde Gazbeton Kaplama Kullanılması Durumu Dikmeden Geçen Plan Kesiti	69
Şekil 5.6.1b: Ahşap İskelet Sistemde İçerde Gazbeton Kaplama Kullanılması Durumu Dikmeden Geçen Kesit.....	69
Şekil 5.6.2a Ahşap İskelet Sistemde İçerde Gazbeton Kaplama Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti	70
Şekil 5.7.2b Ahşap İskelet Sistemde İçerde Gazbeton Kaplama Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit.....	70
Şekil 5.7.1a Ahşap İskelet Sistemde Dıştan Yalıtım Yapılması Durumu Dikmeden Geçen Plan Kesiti	72
Şekil 5.7.1b Ahşap İskelet Sistemde Dıştan Yalıtım Yapılması Durumu Dikmeden Geçen Kesiti	72
Şekil 5.7.2a Ahşap İskelet Sistemde Dıştan Yalıtım Yapılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti	73
Şekil 5.7.2b Ahşap İskelet Sistemde Dıştan Yalıtım Yapılması Durumu Boşluktan Geçen Kesiti	73

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1 Ahşabın fiziksel ve mekanik özellikleri.....	7
Tablo 5.1.1 Ahşap iskeletde sistem dolgu malzemesi kullanılmaması durumu dikmeden geçen kesit yoğuşma tahkiki	37
Tablo 5.1.2 Ahşap iskeletde sistem dolgu malzemesi kullanılmaması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki.....	38
Tablo 5.1.3 Ahşap iskeletde sistem dolgu malzemesi kullanılmaması durumu payadadan geçen kesit yoğuşma tahkiki	39
Tablo 5.2.1 Ahşap iskelet sistemde 0.05m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 1$).....	41
Tablo 5.2.2 Ahşap iskelet sistemde 0.05m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 50$).....	42
Tablo 5.2.3 Ahşap iskelet sistemde 0.05m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 100$).....	44
Tablo 5.2.4 Ahşap iskelet sistemde 0.05m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 150$).....	45
Tablo 5.2.5 Ahşap iskelet sistemde 0.05m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 200$).....	46
Tablo 5.3.1 Ahşap iskelet sistem 0.10m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 1$).....	48
Tablo 5.3.2 Ahşap iskelet sistemde 0.10m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 50$).....	49
Tablo 5.3.3 Ahşap iskelet sistem 0.10m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 100$).....	50
Tablo 5.3.4 Ahşap iskelet sistemde 0.10m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 150$).....	52
Tablo 5.3.5 Ahşap iskelet sistem 0.10m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 200$).....	53
Tablo 5.4.1 Ahşap iskelet sistemde 0.15m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 1$).....	55

Tablo 5.4.2 Ahşap iskelet sistemde 0.10m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 50$).....	56
Tablo 5.4.3 Ahşap iskelet sistemde 0.10m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 100$).....	58
Tablo 5.4.4 Ahşap iskelet sistemde 0.10m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 150$).....	59
Tablo 5.4.5 Ahşap iskelet sistemde 0.10m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 200$).....	60
Tablo 5.5.1 Ahşap iskelet sistemde 0.05m yalıtım malzemesi kullanılması durumu payandadan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{yalıtım} = 1$).....	62
Tablo 5.5.2 Ahşap iskelet sistem 0.05m yalıtım malzemesi kullanılması durumu payandadan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{yalıtım} = 50$).....	63
Tablo 5.5.3 Ahşap iskelet sistemde 0.05m yalıtım malzemesi kullanılması durumu payandadan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{yalıtım} = 100$).....	65
Tablo 5.5.4 Ahşap iskelet sistemde 0.05m yalıtım malzemesi kullanılması durumu payandadan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{yalıtım} = 100$).....	66
Tablo 5.5.5 Ahşap iskelet sistemde 0.05m yalıtım malzemesi kullanılması durumu payandadan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{yalıtım} = 200$).....	67
Tablo 5.6.1 Ahşap iskelet sistemde içerde gazbeton kaplama kullanılması durumunda dikmeden geçen kesit.....	69
Tablo 5.6.2 Ahşap iskelet sistemde içerde gazbeton kaplama kullanılması durumunda boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki.....	70
Tablo 5.7.1 Ahşap iskelet sistemde dıştan yalıtım yapılması durumunda dikmeden geçen kesiti	72
Tablo 5.7.2 Ahşap iskelet sistemde dıştan yalıtım yapılması durumunda boşluktan geçen kesiti	73
Tablo 6.1 Ahşap İskelet Sistemde Kullanılan Kaplama Malzemeleri Ve Yalıtım Malzemesi kullanılması Durumunda Isı Geçirgenliği, Isı Akısı Ve Yoğuşma Sonuçları.....	74

RESİM LİSTESİ

	Sayfa No
Resim 3.1 Ahşap İskelet Sistem Taşıyıcı Kısımları	14
Resim 3.2 Ahşap İskelet Sistemin Dolgu Malzemeleriyle Doldurulması	17
Resim 3.3 Ahşap İskelet Sistemin Dolgu Malzemeleriyle Doldurulması	17
Resim 3.4 Ahşap Kaplamalı Ahşap İskelet Bina [7]	18

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

φ	Bağıl nem	kg/m ²
μ	Buhar difüzyon direnç faktörü	-
U	Isıl geçirgenlik katsayısı	W/m ² K
q	Isı akısı	W/m ²
1/ α_i	İç yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci	m ² K/W
1/ α_d	Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci	m ² K/W
T _i	Dahili havanın yüzeyle temas halinde olduğu sıcaklık	°C
T _d	Hariçi havanın yüzeyle temas halinde olduğu sıcaklık	°C
T _y	yüzey sıcaklığı	°C
1/ Δ	Su buharı difüzyon direnci	m ² hPa/kg
d	Yapı malzemesi tabakasının kalınlığı	m
P	Kısmi su buharı basıncı	Pa
S _d	Su buharı difüzyonu eş değer hava tabakası kalınlığı	m
1/ Λ	Isıl geçirgenlik direnci	m ² K/W
p _s	Doymuş buhar basıncı	Pa
p	Buhar basıncı	Pa
p _H	Kısmi buhar basıncı	Pa
X	Özgül nemlilik	gr/kg
W _s	Doyma miktarı	gr/m ³
W	Mutlak nemlilik	kg/m ³
p _i	İç ortam buhar basıncı	kg/m ² -Pa
p _d	Dış ortam buhar basıncı	kg/m ² -Pa
t _s	Çiğ noktası	°C
λ	Isı iletim katsayısı	W/mK
dT/dx	sıcaklık gradyanı	K/m
A	Isı geçişine dik alan	m ²
E _s = σT	Siyah ışınım aksı	W/m ²
σ	Stefan- Boltzmann katsayısı (5,67.10 ⁻⁸)	W/m ² k ⁴
G	Birim zamandaki yoğuşma miktarı	gr/m ² h
O.S.B.	Polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha	
T.S.E.	Türk Standartları Enstitüsü	

AHŞAP İSKELET YAPI SİSTEMİNİN ISI VE BUHAR GEÇİŞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sayfa No:

• ÖZET	i
• SUMMARY	ii
• ÖNSÖZ	iii
• ŞEKİL LİSTESİ	iv
• TABLO LİSTESİ	vii
• RESİM LİSTESİ	x
• SEMBOL VE KISALTMALAR	xi

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. AHŞABIN GENEL ÖZELLİKLERİ	5
BÖLÜM 3. AHŞAP İSKELET SİSTEM VE SİSTEMİ OLUŞTURAN EEMANLAR	10
3.1 Taşıyıcı (İskelet) Bölümü.....	14
3.2 Dolgu Bölümü	16
3.3 Kaplama Bölümü.....	18
BÖLÜM 4. ISI VE BUHAR GEÇİŞİ	20
4.1 Isı Ve Sıcaklık	20
4.2 Nem Ve Malzemelerdeki Buhar Geçişi	23
4.2.1 Nemlilik ve Buhar ile ilgili Tanımlamalar	24

4.2.2. Malzemelerdeki Buhar Geçişi	27
4.3. Isı Ve Buhar Geçişlerinin Hesapları	27
4.3.1 Isıl Geçişgenlik Direncinin Hesaplanması	28
4.3.2. Yapı Bileşeninin Isıl Geçişgenlik Direncinin Hesaplanması.....	28
4.3.3. Isıl Geçişgenlik Katsayısının Hesaplanması	29
4.3.4. Yapı Bileşenlerinin Isı Kaybı Hesabı	29
4.3.5. Yüzey Sıcaklıklarının Hesaplanması	29
4.4. Yapı Bileşenlerinde Yoğuşma Tahkikinın Yapılması	31
4.4.1. Su Buharı Difüzyon Direnci	31
4.4.2. Su Buharı Difüzyonu Eşdeğer Hava Tabakası Kalınlığı	31
4.4.3. Kısmi Su Buharı Basıncı	32
4.4.4. Su Buharı Difüzyonu Akış Yoğunluğu	32
4.4.5. Yoğuşma Miktarı	32

BÖLÜM 5: AHŞAP İSKELET SİSTEM ÜZERİNDE ISI GEÇİŞİ VE BUHAR HESAPLARI İLE GRAFİKLERİ

34

5.1.Ahşap İskelet Sistemde Herhangi Bir Dolgu Malzemesi Kullanılmaması Durumu.....	36
5.2. Ahşap İskelet Sistemde Dikmeler arası Boşlukta 0.05 m'lik Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu	40
5.3. Ahşap İskelet Sistemde Dikmeler arası Boşlukta 0.10 m'lik Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu	47
5.4. Ahşap İskelet Sistemde Dikmeler arası Boşlukta 0.15 m'lik Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu	54
5.5 Ahőap İskelet Sistemin 0.05 m Yalıtımlı Payandadan Gečen Kesiti...61	
5.6. Ahşap İskelet Sistemin İçerden Gazbeton Kaplamalı Kesiti	68
5.7. Ahşap İskelet Sistemin Dıştan Yalıtımlı Kesiti.....	71

BÖLÜM 6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	74
• KAYNAKLAR	78
• EKLER	82
• TEŞEKKÜR	85
• ÖZGEÇMİŞ	86

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Ahşap, insanların tarih boyunca barınmaları için kullandıkları en eski yapı malzemelerinden biridir. İnsanlara sıcak gelen görünümü, doğal olması tercih edilme sebeplerindedir. Önceleri ağaç kovukları insanlara barınak olmuş, zamanla gelişen teknolojiyle işlenen ahşap daha dayanıklı hale getirilerek daha uzun yıllar kullanılabilir hale getirilmiştir. Ahşap; çatıdan temele kadar yapıların taşıyıcı kısımlarında mimariyi belirleyen bir malzeme olarak veya taş, kerpiç, tuğla duvarların içinde, takviye amacıyla kullanılmıştır. Ahşabın çeşitli coğrafi bölgelerde farklı özelliklere sahip olarak yetişmesi o bölgelere ait özel mimari tekniklerin gelişmesini sağlamıştır.

Ahşap, kaynağı yenilenebilen tek yapı malzemesidir. Bu özelliği, üretimi ve işlenmesi için az enerji istemesi, dönüşebilir olması ve üstün ısı yalıtım özellikleri ile birleştirilince onu çağımızın çevre ve enerji sorunlarına en iyi cevap veren malzemesi yapmaktadır. Ahşap başka malzemelerin yetersiz kaldığı birçok mimari sorunu çözebilen çağdaş bir mühendislik malzemesi olarak görülmektedir.

Ahşabın yangın dayanımı da beton ve çelikten üstündür. Ahşap yapılar yangına 30-90 dakika dayanabilecek şekilde tasarlanabilmektedir [1]. Ancak çıplak çelik konstrüksiyon (çeliğin genleşme katsayısının yüksekliği nedeniyle) akma sınırının altına inerek taşıma gücünü tamamen kaybedebilmektedir. Buda ahşabın yangın dayanımı konusunda ne kadar üstün özelliklere sahip olduğunu bize kanıtlamaktadır. Ahşabın olumlu yönleri sadece yangın dayanımıyla sınırlı kalmayıp; depreme dayanımı, yalıtım (ısı, ses vb) özellikleri, hafifliği, yenilenebilirliği gibi daha birçok yönü de bulunmaktadır.

Geçmişten günümüze kadar kullanılmış olan ve hala kullanılan ahşap, strüktür sistemindeki kurulumları bakımından ahşap yığma sistem, ahşap iskelet (karkas) sistem olarak ikiye ayrılmaktadır. Ayrıca ahşap yapım sistemleri olarak ahşap panel sistemler ve tutkallı tabakalı ahşap elemanlarla oluşan yapım sistemlerinden de söz edilebilir [2]. Ahşap panel sistem, panel olarak üretilmiş olan elemanların bir araya getirilmesiyle oluşan ısı yalıtımlı duvar panelleri, döşeme ve çatı kirişleri ve çatı makasları üretilebilmektedir. Tutkallı tabakalı ahşap elemanlar, genel olarak, değişik ölçülerdeki bağımsız ahşap tabakaların, kontrollü endüstri koşullarında ve özel bağlayıcılarla tutkalanıp birleştirilmesi ile oluşturulmaktadır.

Ahşap yığma sistemler, ağaç gövdelerinin üst üste getirilmesiyle oluşturulmuş bir sistemdir. Yığma yapı esaslarına göre, üst üste getirilerek oluşturulmuş duvarlar taşıyıcı sistemi oluşturmaktadır. Bu sistemde oluşturulan duvarların duvar yüzeylerinde kaplama gereksinimi bulunmamaktadır.

Ahşap yığma sistemlere ahşap çatki ismi de verilmektedir. Bu sistem çok eskidir. Ahşabın kolay ve ucuz bulunduğu tüm kültür ve coğrafyalarda ortaya çıkmıştır. İskandinavya, Rusya, Sibiryaya, İsviçre, Kanada, A.B.D.'nin kuzeyi ve Japonya'da birbirlerinden çok az farklılaşmaktadır. Kimilerinde bu strüktürler yaygın bir gelenek oluşturmuş, kimilerinde ise yerel ve halk mimarlığı sınırları içinde değerlendirilmesi

gereken bir teknik olarak kalmıştır. Türkiye ahşap yığma sistemi inşaatlarında kullanan (1950'lere dek) ülkelerden biridir [3].

Ahşap yığma sistemin en yaygın ve yalın biçimi, yüzeyi kabaca temizlenmiş ahşap kütüklerden yarım geçmeli olarak birbirlerinin üzerine oturtulmasıyla gerçekleştirilmektedir.

Ahşap iskelet (karkas) sistemler ise tek boyutlu ahşap bileşenlerin taşıyıcılık görevini üstlendiği, yığma sistemlere göre ahşabın daha ekonomik olarak kullanıldığı sistemlerdir. İskelet sistemlerde, tek boyutlu ahşap bileşenler taşıyıcı sistemi oluştururken, duvarlar taşıyıcı olmayan, sadece mekanları bölmede, binayı çevrelemede kullanılan elemanlara dönüşmektedir.

Geleneksel yığma yapım sistemlerinin yerini, iskelet yapıların alması ile düşey taşıyıcı elemanların kesitinin azalması sonucu işlevine uygun konfor koşullarının sağlanması için yapı elemanlarında ısı yalıtımı yapılması gerekmiştir. Binalarda kullanılan enerjinin, toplam enerji tüketimindeki payının büyüklüğü ve bunun önemli bir kısmının da ısıtmada kullanılması, ısı yalıtımının önemini açıkça göstermektedir. Doğadaki sınırlı kaynaklardan, çok yüksek maliyetle elde edilen enerjinin bilinçli kullanılması, ekonomi ve çevre kirliliği bakımından gelecek için önemli bir sorumluluktur.

Osmanlı ahşap iskelet sistemi en yaygın olarak ev inşaatında birçok defada gelişme ve değişme ihtiyacı olan iş binalarında kullanılmıştır. Ahşap iskeleti meydana getirmek için kullanılan elemanlar, konut mimarisinin belirlediği ölçülerde ve ormanda hazırlanmış ve ağaçların her parçası ahşap iskelet sistemin bir unsuru olarak değerlendirilmiştir.

Ahşabın yapılarda taşıyıcı iskelet malzemesi olarak kullanılmasında ki asıl gelişme geçen yüzyılın başlarına rastlar. Artan ve gittikçe yaygınlaşan sanayileşmenin ortaya çıkardığı ihtiyaçlar, birinci dünya savaşı öncesi ve savaş yıllarında değerli bir savaş malzemesi hammaddesi olan çeliğin yapı alanından çekilmesi ahşabın daha çok ve değişik fonksiyonlu yapılarda, daha rasyonel kullanılabilmesi için gerekli bilgi, bilimsel araştırma ve çalışmaları zorlamış ve başarılı sonuçların elde edilmesinde yararlı olmuştur.

Ülkemizde 1927 ler de ahşap yapı yapma yasağı konulduğundan beri günümüze kadar ahşap yapı teknikleri uygulanmamış ve öğretilmemiştir. Önümüzdeki sorunlardan biri elimizde kalmış olan ahşap yapı stokumuzun restore edilerek korunması, bir diğer sorun da hızlı artan konut ihtiyacımızı karşılamak için, ahşaptan yararlanabilmek üzere yapının birçok alanında ahşabı kullanma bilgisinin kaybolmuş olmasıdır.

Pek çok üstün özelliklere sahip bir yapı malzemesi olan ahşabı çağımızın getirdiği teknik olanaklarla yeniden tanımak ve çağdaş koşullar altında yeniden kullanmamız gerekmektedir.

Ahşap iskelet sistemle ilgili yapılan literatür taraması sırasında bu konuda yapılmış olan tez çalışmaları incelenmiştir. Demirhan [11] “Ahşap İskeletli Kagir Yapıların Deprem Etkileri Karşısındaki Davranışı”, yüksek lisans tezinde ahşap malzemenin özellikleri ve

ahşap kagir yapıların deprem etkisine karşı gösterdiği dayanım konusunda bilgi vermektedir. Şenkal [4] “Dünden Bu Güne Ahşap Karkas Sistemin Konutlardaki Kullanımı” yüksek lisans tezinde; ahşabın özellikleri, ahşabın konutlarda hangi kısımlarda kullanıldığı konularında bilgi vermektedir. “Geleneksel Ve Modern Strüktür Kullanımlarındaki Ahşap İskelet Sistemin Karşılaştırılması” yüksek lisans tezinde Köysüren; [12] ahşap iskeletin geleneksel ve modern kullanımları arasındaki farklılıkları, geleneksel kullanımdaki farklı dolgu malzemeleri, modern kullanımlarda ki yalıtım problemlerini çözümü için kullanılan dolgu malzemeleri anlatılmıştır. Togay’ın [13] “Ahşap Yapılar, Türkiye’de Ahşap Yapı Endüstrisinin Durumu, Sorunları Ve Çözüm Önerileri” doktora tezinde, günümüzdeki ahşap karkas sistem uygulamaları bu uygulamaların sektörel sıkıntıları, geçmişten günümüze ahşap yapı endüstrisi konuları anlatılmıştır. Literatür taramasında ısı ve buhar geçişi konusunda yapılmış olan tez çalışmada incelenmiştir. Tezcan’ın [14] “Sıcak Yapı Elemanlarının Kondansasyon Kontrolü Hesaplarında Kullanılacak Dış Sınır Şartları Ve Periyotların Belirlenmesi İçin Yeni Bir Metod” konulu doktora tezi yapı elemanlarında ki kondansasyon hesapları ve buharla ilgili tanımlamalar incelenmiştir. İncelenen bu tez çalışmalarının kapsamının dışında ve daha önce araştırılmamış olduğu tespit edildiğinden ‘Ahşap İskelet Yapı Sisteminin Isı Ve Buhar Geçişi Açısından Değerlendirilmesi’ konusu, tez konusu olarak seçilmiştir.

Ahşap yapı üretiminde her devrin yaşam koşullarına uyum sağlayacak çözümlere açıktır. İnsanlığın ilk varolduğu andan itibaren, pek çok ihtiyaca karşılık verebilen ahşabın, bir yapı malzemesi olarak özellikleri ne yazık ki tam olarak bilinmemektedir. Bu araştırmayla ahşap iskelet (karkas) sistemin özellikleri, sistemi oluşturan bölümleri daha detaylı olarak Bölüm 2 ve 3’te açıklanmaktadır.

Bu çalışmadaki ana konulardan bir diğeri ısı ve buhar geçişidir. Buhar geçişi sırasında oluşan yoğuşmada incelenen konular arasında yer almaktadır. Yoğuşma, yapı malzemelerine ve yapı malzemelerinde meydana gelen ısı geçişine olumsuz yönde etki eder. Yapı malzemelerinde kışın ortaya çıkan yoğuşma ya da terleme olayı; hava ile temas eden yapı malzemesi yüzey sıcaklığının, havanın çığ noktası sıcaklığının altına düşmesiyle oluşur. Eğer su buharı, yapı malzemesi yüzeyinde yoğuşmazsa, terleme olmadan yapı malzemesi içine girer. Yapı malzemesi içine nüfuz eden su buharının kısmi basıncı iç katmanlarda herhangi bir noktada o sıcaklıktaki su buharı doyma basıncına eşit olduğu anda yoğuşma başlar. Malzeme içinde yoğuşan su malzemenin nemini artırır. Yoğuşan suyun miktarı, malzemenin absorbe edebileceği doyma neminden fazla ise serbest kalır ve muhtelif şekillerde malzeme içinde hareket eder. Yoğuşma yapı malzemesinin yapısını bozacağı gibi malzemenin toplam ısı transferi katsayısını yükseltip, ısı kayıplarını da arttırmaktadır.

Bu çalışmanın amaçları arasında, yoğuşma oluşumuna engel olacak, oluşan buharın doğru bir şekilde dışarıya atılmasını sağlayacak kesitlere ulaşmaktır. Yani yoğuşmayı engellemek ama bunu yaparken buharın herhangi bir engelle karşılaşmadan dışarı çıkmasını sağlamaktır.

20. yüzyılın başlarından itibaren hem endüstrinin gelişmesi hem de modern mimarideki taleplerin artması ile modern konstrüksiyon metotlarının hızla kullanılmaya başlanması; yapı malzemelerinin taşıyıcılık görevlerinin azalmasına, incelmeye ve ısı geçirgenlik

direncinin önemli miktarda düşmesine neden olmuştur. Isı geçirgenlik direncinin düşmesi yapı malzemesi yüzeyinde yoğuşmaya sebep olabilmektedir. Isı geçirgenlik direncinin yükseltilmesi, dolayısıyla ısı ekonomisinin sağlanması ve yapı malzemesi yüzeyindeki yoğuşmanın önlenmesi için inşa edilen yapılardaki duvarlarda birden fazla yapı elemanı kullanılmasını ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmada buhar difüzyonu açısından farklı yapı malzemeleri bir arada kullanıldığı farklı kesitler incelenmektedir.

Ülkemizde yapılacak yeni binalarda 14.06.2000 tarihinden itibaren uygulaması zorunlu standart TS 825 “Binalarda ısı yalıtım kuralları”dır. Buna göre ülkemiz 4 iklim bölgesine ayrılmıştır. Çalışmada ikinci derece gün bölgesinde olan Edirne için ortalama sıcaklık değerleri kullanılmıştır (Ek 1).

Çalışma kapsamında ısı ve buhar geçişi hesapları ve yüzey sıcaklık hesapları bulunmasında kullanılan kabuller açıklanmıştır. Ahşap iskelet sistemi oluşturan kesitlerde yoğuşma tahkiki yapılarak yoğuşma olup olmadığı incelenmiştir.

Yapı fiziği açısından, buharın durdurulması değil, kesit içinden buharın yoğuşma olmadan iletilmesi uygundur. Kesitteki yoğuşmayı önlemek için, buhar kesicilerle buharın tamamen iç mekanda bırakılması uygun değildir. Çünkü amaç; yoğuşmayı engellerken buharın doğru aşamalarla dışarıya çıkmasını sağlamaktır.

Bu çalışmada, Ahşap İskelet (Karkas) Sistemde ısı ve buhar geçişi hesaplamaları yapılmıştır. Bu hesaplamalar sonrasında ahşap iskelet sistemin, ısı ve buhar geçişi açısından uygun olduğu kesitler belirlenmiştir.

Ahşap iskelet yapı sisteminin ısı ve buhar geçişi açısından değerlendirilmesiyle, ahşap iskeletin bu alandaki avantajlarıyla, doğru yapı bileşenlerinin bir araya getirilmesiyle oluşacak, günümüz yapım sistemleri içinde yerini koruyabilecek bir sistem olduğu ortaya konulmuştur.

BÖLÜM 2. AHŞABIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Ahşap yapılarla ilgili dikkat edilmesi gereken kurallar TS 647’de “Ahşap Yapıların Hesap Ve Yapım Kuralları” standardında verilmektedir [31].

Ahşap, malzeme özelliklerine göre Türk Standartları Enstitüsünde 4 sınıfa ayrılmaktadır [4]. Ahşap malzemenin sınıflandırılmasında; ahşabın kalitesini belirleyen faktörler önemli rol oynamaktadır.

Ahşabın anizotrop ve heterojen bir bünyeye sahip olmasından dolayı, ahşabın fiziksel ve mekanik özellikleri, eksenleri üzerinde farklı sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Ahşap malzemenin yapıda kullanım prensipleri bu sonuçlara göre belirleneceği için, ahşabın fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyi bilinmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Türk Standartları Enstitüsü’ne göre 4 sınıfa ayrılan ahşap malzeme özellikleri şunlardır

- Ahşabın Fiziksel Özellikleri
- Ahşabın Mekanik Özellikleri
- Ağacın Anatomik Özellikleri
- Ahşabın Kimyasal Özellikleri

Ahşap malzemenin fiziksel özellikleri; ahşabın özgül ağırlığı, içindeki nem miktarı, ısı iletkenliği, elektrik iletkenliği, ses iletkenliği ve ahşabın dayanıklılığıdır.

Özgül ağırlık, ahşap malzemenin birim hacimdeki ağırlığının tespit edilmesiyle bulunmaktadır. Ahşabın birim hacminin ağırlığında, ahşapta bulunan havanın, suyun ve diğer bazı maddelerin de ağırlığı vardır. Özgül ağırlığı tespit edilecek ahşap malzemenin ağırlığı ve hacmi; içindeki su miktarına göre değişim göstermektedir. Özgül ağırlığın bilinmesiyle, ağacın mukavemeti ve çürüme ihtimali hakkında fikir sahibi olunabilmektedir [6].

Ağaç daima bünyesinde su bulundurmaktadır. Havadaki rutubetin bünyesine alması ve havaya rutubet vermesi sebebiyle ağaç, iklim şartlarına göre farklı rutubet derecelerine sahip olmaktadır. Ahşabın yapısında oluşan nem değişikliği sonucu şişme ve büzülmesine “ahşabın çalışması” denmektedir. Ahşabın çalışması yıllık halkalara teğet doğrultuda en fazla, lifler doğrultusunda ise en azdır. Ayrıca rutubet artışı, ahşabın mekanik mukavemetini de düşürücü bir rol oynamaktadır. Ahşap, dayanıklılığı artırılması için uygun koşullarda bünyesindeki nemi atmak için kurutulmaktadır [6].

Ahşap, hücreli yapısı ve bu yapının temelini oluşturan maddenin selüloz olması nedeniyle; sıcak ve soğuğa karşı geçirimsiz bir maddedir. Isı iletkenliği özelliği ahşabın cinsine göre değiştiği gibi; nem miktarı, lif doğrultusuna göre de farklılıklar göstermektedir [5,4].

Ahşap iyice kurutulduğu takdirde, elektriği iletmemektedir. Tam kuru halde bulunan ahşap, etkili bir yalıtım maddesidir. Fakat ahşabın rutubet derecesinin artmasıyla

birlikte, elektrik iletkenliği de hızlı ve belirli bir şekilde artmaktadır. Elektrik iletkenliği de, diğer özellikler gibi ağacın liflerinin yönüne göre değişim göstermektedir.

Ahşap malzeme, gürültü ve sesi azaltıcı bir özelliğe sahiptir. Ayrıca ağaç malzemede liflere paralel yöndeki ses hızı, kurşun hariç, diğer metallerle aynıdır. Özgül ağırlığı düşük olmasına rağmen, ahşap malzemede ses hızı yüksektir [5,6].

Ahşabın doğal haliyle, yani dışarıdan herhangi bir koruyucu etkisine maruz kalmadan; çeşitli organizmalara, atmosfer ve kimyasal etkilere karşı koyması, ahşabın dayanıklılık özelliğiyle ifade edilmektedir. Ahşabın dayanıklılığı, içinde bulunduğu ortama göre değişim göstermektedir. Ayrıca bu özelliği dışarıdan emprenye yöntemiyle yapılan kimyasal takviyelerle arttırılabilmektedir [4].

Ahşap malzemenin mekanik özellikleri; elastisite modülü, basınç direnci, eğilme direnci, çekme direnci, dinamik eğilme direnci, makaslama direnci, yarıma direnci ve ahşabın sertlik derecesi kavramlarından oluşmaktadır. Bir cismin yüklendikten sonra, üzerindeki yükün kaldırılması ile, cismin ilk durumuna dönmesi özelliğine elastisite denmektedir. Üzerindeki yük kalktığında, tamamıyla ilk durumuna dönen bir cisme "tam elastik", dış kuvvetlerin yarattığı deformasyon tamamen ortadan kalkmadığı takdirde, cisme "kısmı elastik" denmektedir. Yapılan deneyler, ahşabın tam elastik sayılabilen bir yapı malzemesi olduğunu göstermektedir. Elastikiyet sınırı içinde, gerilme ile şekil değiştirme arasındaki orana 'Elastisite Modülü' denmektedir. Çekme ve basınç hallerinde, elastisite modülleri birbirine eşit alınmaktadır [4,5].

Ahşabın liflerine paralel veya liflerine dik yönde, ahşabı ezmeye ve sıkıştırmaya çalışan kuvvete karşı gösterdiği direnç basınç direncidir. Bu direnç üzerinde; liflerin oluşturduğu açının, özgül ağırlığın, ağaçtaki su miktarının, sıcaklığın, budakların ve kimyasal maddelerin etkisi bulunmaktadır. Ahşabın basınç mukavemeti, çekme mukavemetinin yaklaşık yarısı kadardır. Bir ahşap çabuk çekme kuvvetleri altında fazla boy değişimi göstermezken, basınç kuvvetleri altında ezilmektedir [4,5].

Tek veya iki taraftan tespit edilmiş olan bir ahşabın, liflerine dik olarak etki eden ve onu eğmeye çalışan kuvvete karşı gösterdiği dirence eğilme direnci denir. Özgül ağırlık, rutubet, budaklar, sıcaklık ve ağacın lif yönleri, eğilme direnci üzerinde etkili olmaktadır [5]

Ahşabın liflere dik kesme mukavemeti, liflerine paralel kesme mukavemetine oranla 3-4 defa daha büyüktür. Ahşabın eğilme mukavemeti ise malzemenin elastisite modülü, elemanın geometrik şekli ve boyutlarına bağlıdır [4,5].

Ahşabın iki bitişik kesitini birbirinden ayırmak için ters yönlerde etki eden ve aynı düzlem içinde olmak şartıyla, lifleri birbirinden ayırmaya çalışan kuvvetlere karşı gösterdiği direnç çekme direncidir. Ahşabın birleşim yerlerinde veya çentik açılmış kısımlarında önemlidir [5].

Ağaç malzemenin yapıda kullanılması sırasında tercih edilen ağaç türlerinin en önemli özelliklerinden biri de, odunun kolay yarılıp yarılmamasıdır. Yarıma direnci, ahşabın; ağaç lifleri arasına giren kama şeklindeki aletlere karşı gösterdiği dirençtir. Kama

şeklinde bir aletin, lifler arasına girerek, odunun kolaylıkla yarılmamasını temin edebilmesine yarılma kabiliyeti denmektedir [6].

Ahşabın, basınç veya vurma etkisiyle, bünyesine giren yabancı bir cisme karşı gösterdiği dirence sertlik denmektedir. Sertlik, özellikle ahşap birleşimlerde önemini göstermektedir. Birleşimlerde vida, çivi, kama gibi aletlerin kullanılması bu özelliğe ilgili olup, ahşabın çeşitli aletlerle işlenmeye elverişlilik durumu da yine bu özelliğe bağlı olmaktadır. Tablo 2.1’de ahşabın fiziksel ve mekanik özellikleri verilmektedir [16].

Tablo 2.1 Ahşabın fiziksel ve mekanik özellikleri [16]

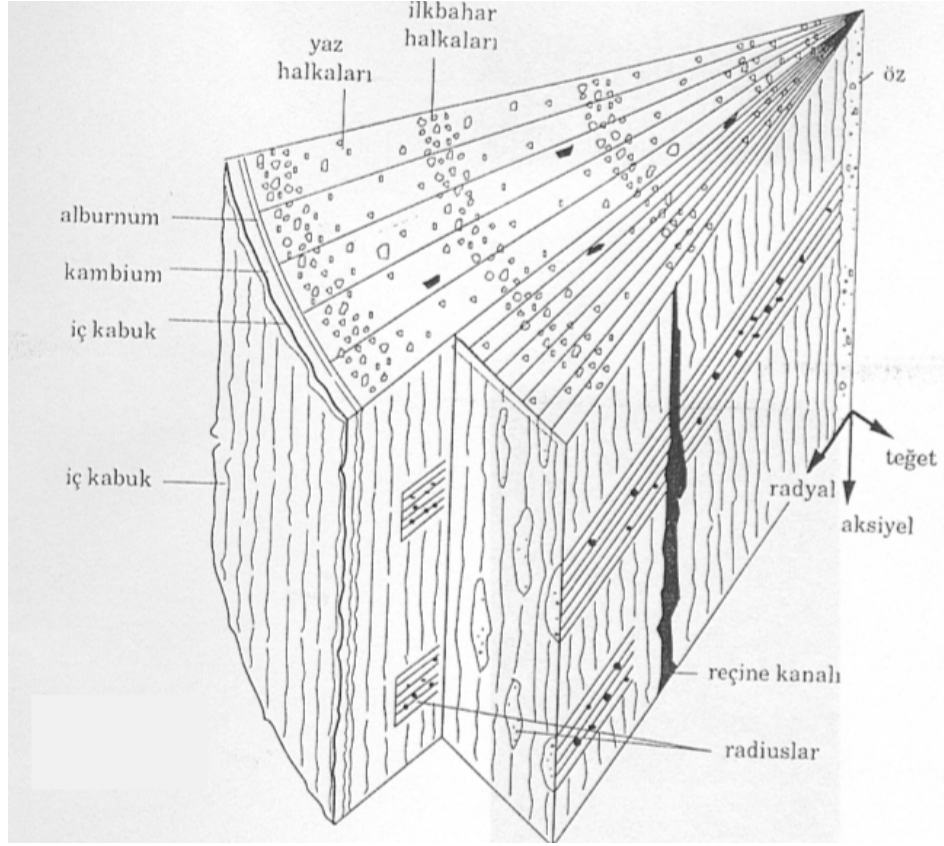
Ağaç Cinsi	Fiziksel Özellikler			Mekanik Özellikler N/mm ²								
	Birim ağırlık Δ gr/cm ³	Deformasyon α %	Isı iletkenlik katsayısı λ W/m.K	$\sigma_{\text{çekme}}$ $\sigma_{//}$ σ_{\perp}		$\sigma_{\text{basınç}}$ $\sigma_{//}$ σ_{\perp}		Makaslama τ	Eğilme σ	Elastiklik modülü E	Brinell sertlik H	
Çam	0.50	12.3	0.13	104	2.1	37.9	4.6	3.6	64.8	10200	23	7
Ladin	0.43	11.5	-	-	-	31.1	4	-	69	8300	37	14
Kökнар	0.43	12.2	-	62	1.5	37.4	4.5	4.6	73	8300	19	14
Kayın	0.86	15.5	0.20	66	2.3	36.5	12	5.4	87	12500	56	25
Meşe	0.89	12.2	0.20	90	4	61	11	11	98	11700	64	41
Kavak	0.45	12.8	-	-	1.7	40	2.7	6.8	52	7000	23	10
Gürgen	0.83	16.2	-	135	24.5	66	12	7.4	130	16200	71	36
Dişbudak	0.85	13.2	0.20	165	7	52	11	12	120	13400	65	-
Ihlamur	0.53	14.9	-	85	-	52	-	4.5	106	7400	-	16
Kestane	0.58	13.3	-	135	-	47	-	8	89.6	9000	38	18
Karaağaç	0.64	13.2	-	90	4	56	10	7	89	11000	44	30

Ağacın anatomik yapısına baktığımızda; taç (yaprak ve dallar), gövde (asıl kullanılan kısımlar) ve kökten oluşmaktadır. Bu çalışmada daha çok sistem gerekleri için kullanılan kısmı gövde kısmıdır [4,5].

Ağaç gövdesinin ortasında öz bölümü bulunur. Öz birkaç milimetre çapındadır ve ağacın ilk yıllarında su iletimi ve depolama görevini üstlenmektedir. Enine kesitte yuvarlak, çok köşeli veya yıldız şeklinde olmak üzere değişik ağaç türlerinde çeşitli türler gösterir [1,5].

Ağaç gövdesinin ortasında bulunan özün etrafını çevreleyen özodun, özde olduğu gibi ölü hücrelerden meydana gelir (Şekil 2.1) ve depo edilmiş maddelerle doludur. Bu sebeple iyi empenye edilemez. Dayanıklı ve koyu renkli bir dokuya sahiptir. Diri oduna kıyasla daha az su ihtiva eder ve özgül ağırlığı yüksektir. İlk yaşlarda canlı olan hücreler yaş ilerledikçe ölür ve canlı hücreleri diri odun taşımaya başlar. Diri odun, iç kabuk ile özodun arasında yer alan, canlı hücrelerden meydana gelen, su iletimini

sağlayan, açık renkteki kısımdır. Mantar ve böcek saldırısına elverişlidir. Genellikle 20-40 yaşlar arasında oluşmaya başlar [6].



Şekil 2.1 Ahşabın Yapısı [16]

Bazı iklim bölgelerindeki ağaçlarda halka şeklinde oluşumlar meydana gelir. Bunlara yıllık odun halkaları denir. Yıllık halkalarda, ilkbahar ve yaz olmak üzere iki farklı tabaka bulunmaktadır. İlkbahar odunu hücreleri hızlı bir su geçişi sağlamakta, daha sonra oluşan yaz odunu hücreleri ise destek görevini üstlenmektedir [6].

Bunun yanında ahşap çeşitli kimyasal bileşenlerden oluşur. Bunlar hücre çeperi içinde; karbon (C) %50, oksijen (O) %43, hidrojen (H) %6, azot (N) %1 vardır. Odun kısmını; selüloz %40-50, hemiselüloz %15-35, lignin %20-35, ekstraktif %1-3, kül %0,1-0,5 meydana getirir.[4,5]

Bunun yanında ahşap çeşitli kimyasal bileşenlerden oluşur. Bunlar hücre çeperi içinde; karbon (C) %50, oksijen (O) %43, hidrojen (H) %6, azot (N) %1 vardır. Odun kısmını; selüloz %40-50, hemiselüloz %15-35, lignin %20-35, ekstraktif %1-3, kül %0,1-0,5 meydana getirir.[4,5]

Ağacın dallarındaki fotosentez sonucu elde edilen glikoz ünitesi (C₆H₁₂O₆) kambium bölgesinde bir araya gelerek uzun zincirler oluşturmakta ve odunun hücre çeperinde iskelet yapısını oluşturan selüloz molekülünü meydana getirmektedir. Su glikoz

ünitesinden selüloz moleküllerine hareket etmekte ve her bir ünite anhidroglikoz ($C_6H_{10}O_5$) ünitesi haline gelmektedir. Bu ünitelerden 8000-10000 bir araya gelmesiyle selüloz molekülünü oluşturarak ince, düz ve uzun zincirler meydana getirmektedirler. [1,5]

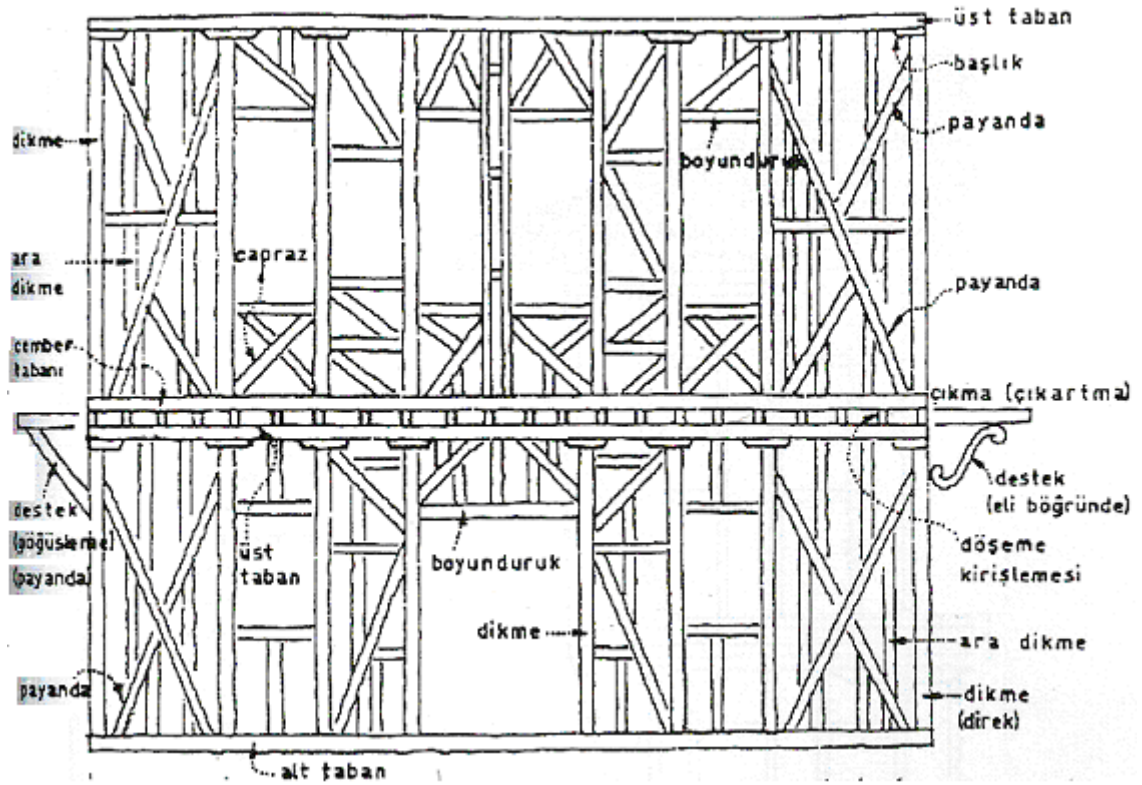
Odunun hücre çeperinde iskelet yapısını oluşturan selüloz, özellikle çekme direncinde önemli rol oynamaktadır. Beyaz renktedir ve güneş ışığı etkisiyle rengini değiştirmez. Lignin eğilme yeteneği olmayan, selüloz liflerini birbirine bağlayan amorf bünyeli bir maddedir. Ağaçların sert olmasını sağlar ve ağaç dokusuna sonradan yerleşir. Esmer renkte olup güneş ışığı etkisiyle yer değiştirir [6].

Genel Olarak; ahşabın kalitesi ve mukavemeti; ağacın cinsi ve hücre yapısı dışında büyüme dönemine de bağlıdır. Ağacın büyümesi sırasında meydana gelen gözde eğriliği, lif kıvrıklığı vb. kusurlar, ahşap kalitesini asimetric olmasına sebep olmaktadır.

BÖLÜM 3. AHŞAP İSKELET SİSTEM VE SİSTEMİ OLUŞTURAN ELEMANLAR

Ahşap iskelet sistem bir iskelet sistemidir. Ahşap iskelet (karkas), tek boyutlu ahşap bileşenlerin taşıyıcılık görevini üstlendiği, dikmeler arasında kalan boşluklar kerpiç, tuğla, gazbeton gibi bir bileşenle doldurulduğu sistemlerdir. Yüzeyleri bazen çıplak bırakılır, bazen de çeşitli kaplama malzemeleriyle kaplanarak sistem oluşumu tamamlanır. Yığma sistemlere göre ahşabın daha ekonomik olarak kullanıldığı sistemlerdir [4,3].

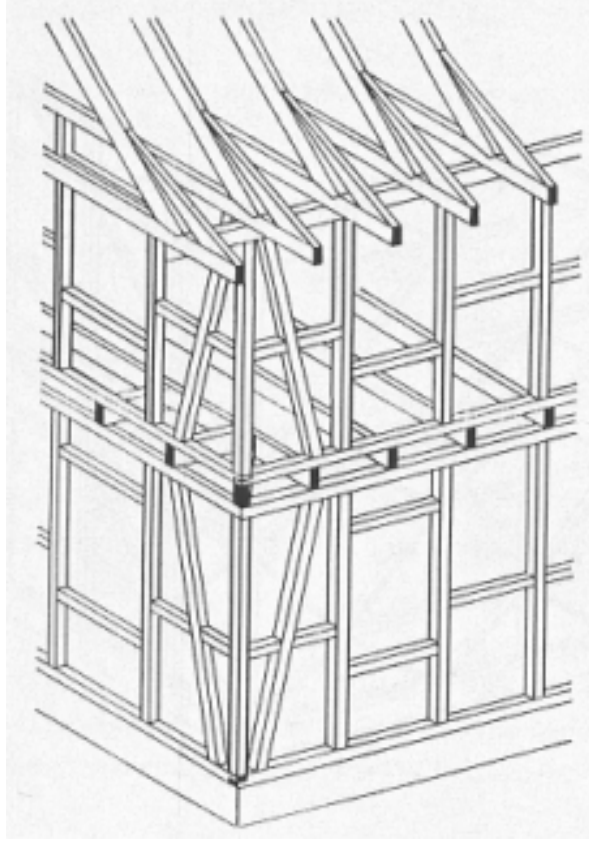
Ana elemanlar, taşıyıcı sistemi oluşturan ve stabiliteyi sağlayan elemanlardır. Bu grup altında taban ve başlık kirişleri, dikmeler ve diyagonaller yer almaktadır. Yardımcı elemanlar da taşıyıcı olmayan elemanlardır. Bunlar, ana destek elemanları duvar ve döşeme kaplamaları, çatı örtüsü kaplamaları, pencere ve kapı gibi elemanlardır (Şekil 3.1, Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Ahşap İskelet Sistemi Oluşturan Elemanlar [38]

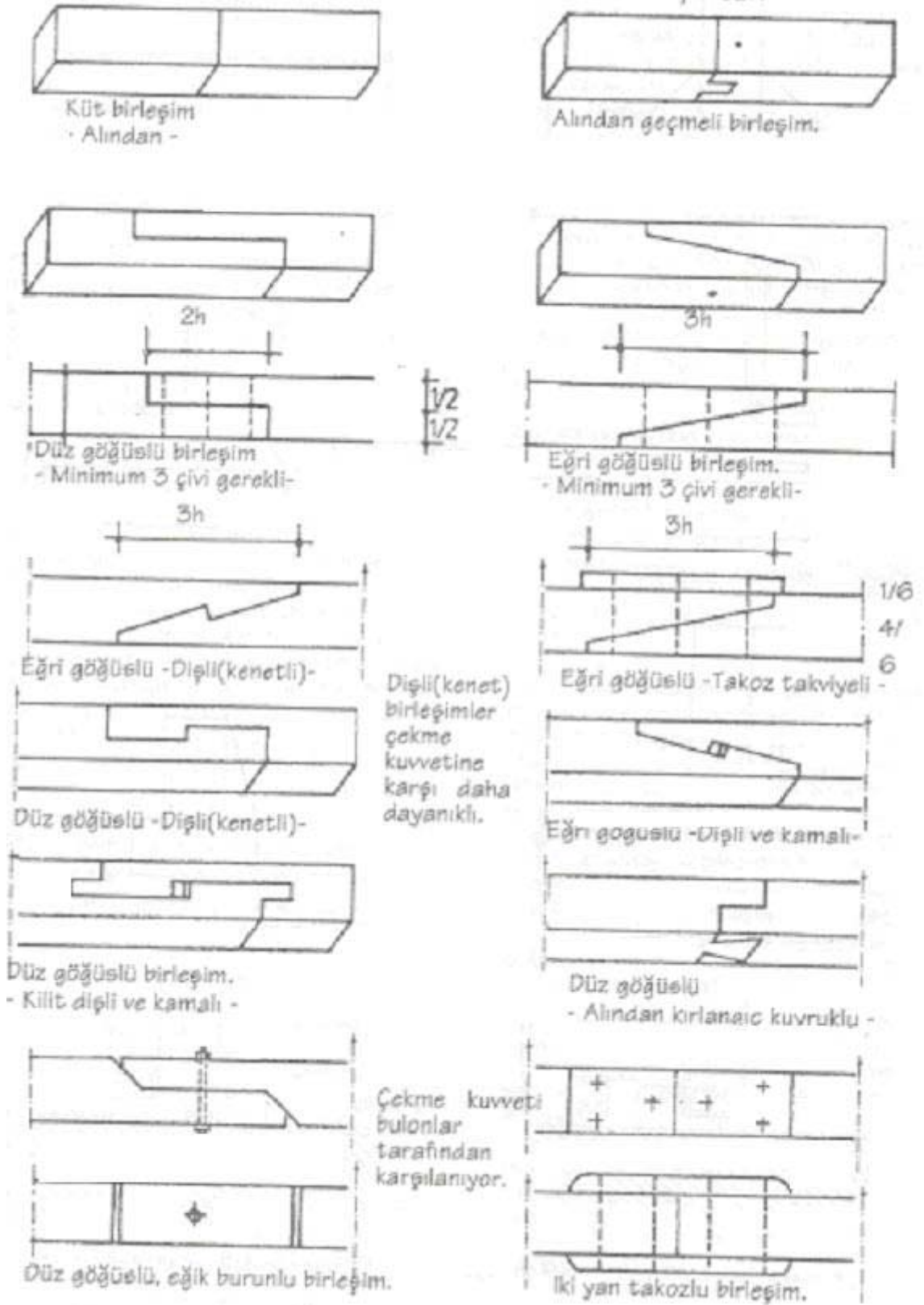
Ahşap çerçeveli yapı üretiminin temel olarak birçok farklı yapı yöntemi vardır. Bu farklı yöntemlerin hepsi, yük taşıyan elemanlarının ve bağlantılarının düzenlenmesinde değişiklik gösterir. İskelet (çerçeve) yapı yöntemleri yatay ve dikey elemanların düzenlenmesine göre; dikme ve kiriş çerçeve (tek ve iki katlı), düğüm kiriş çerçeve, kaburga çerçeve (balon ve platform çerçeve), çift kiriş çerçeve ve ayrı dikme çerçeve

olmak üzere farklı gruplarda toplanabilmektedir. Bu farklılaşmada kiriş, dikme ya da her ikisi birden sürekli olmakta veya kirişler ya da dikmeler çift olabilmektedir [8].

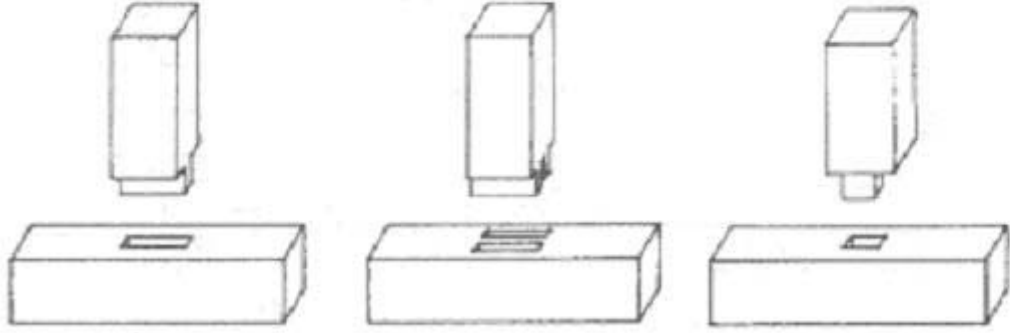
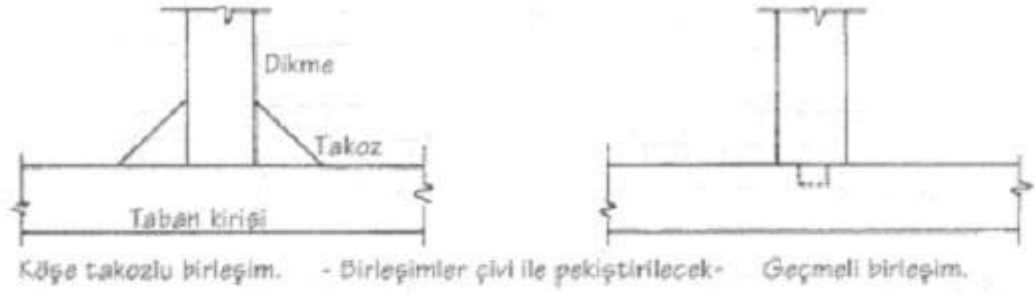


Şekil 3.2. 2 Katlı Ahşap İskelet Sistemi [15]

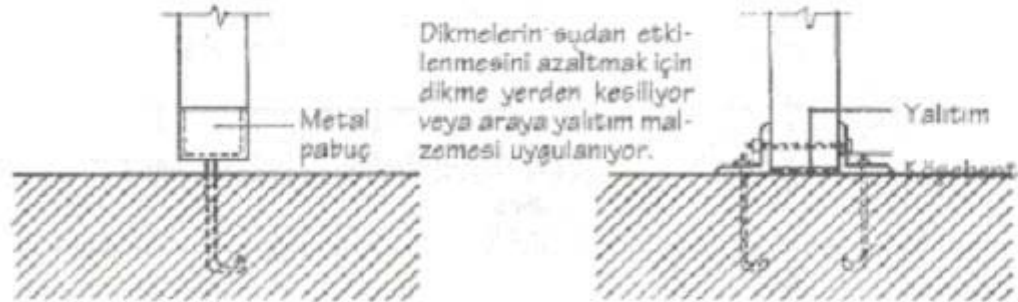
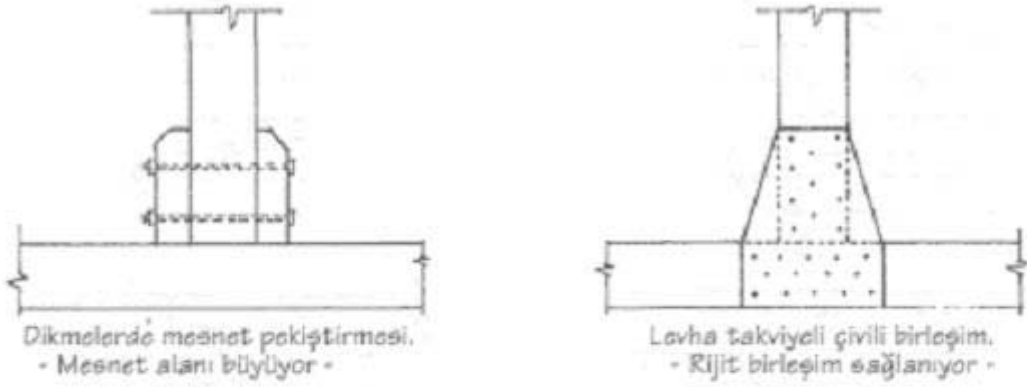
Ahşap elemanlar birbirlerine kolaylıkla birleştirilebilirler. Birbirlerine geçmeli bağlanabilir, yapıştırılabilir, çivi, bulon, vida, metal lama ve yeni metal kenetler yardımıyla birleştirilebilir (Şekil 3.3-3.4) [39].



Şekil 3.3 Ahşap Yapılarda Yatay Elemanların Birleşimi [39]



Geçmeli birleşim olasılıkları.



Şekil 3.4 Ahşap Yapılarda Düşey-Yatay Elemanların Birleşimi [39]

Bu çalışmada ahşap iskelet sistemi meydana getiren yapı elemanları sistemdeki görevlerine göre 3 gruba ayrılmıştır. Bunlar:

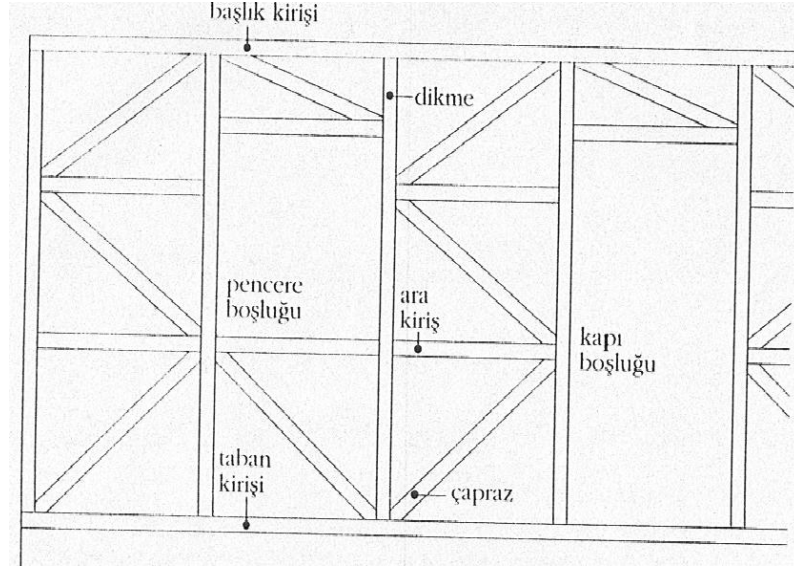
- Taşıyıcı Bölümü
- Dolgu Bölümü
- Kaplama Bölümü

3.1 Taşıyıcı Bölümü

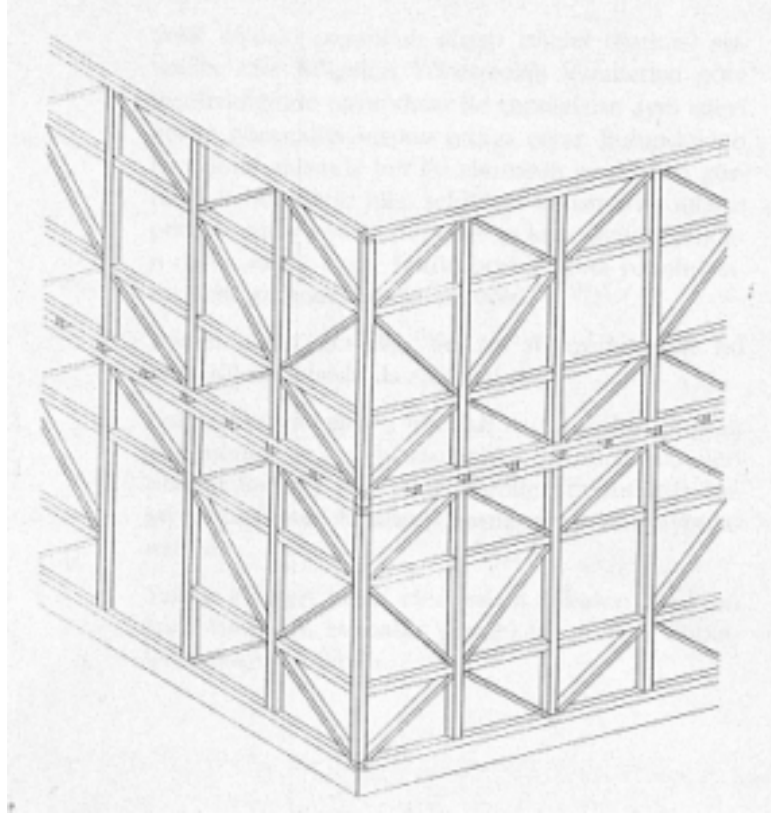
Taşıyıcı bölümü; Ahşap iskelet sistemini meydana getiren ana bölümdür. Bütün ahşap iskelet sistemler, yığma yapı temellerine veya bodrum katının taşıyıcı duvarlarına otururlar (Resim3.1). Temel ya da bodrum duvarı hatılları üzerine ‘alt taban’ adı verilen ve eklemeler yapılması için genellikle iki parçadan oluşan bir eleman ankre edilir. Payandalı sistemde ‘dikme’ adı verilen 8/12, 10/12, 10/14 cm boyutlarında ahşap düşey elemanlar, yaklaşık 0.80 ila 1.00m aralıkla alt tabanın üstüne değişik biçimlerde geçmelerle yerleştirilir. Dikmelerle birlikte payanda adlı elemanlar, alt ve üst başlıklar ve iki dikme arasına yerleştirilir. 1997 yılında yürürlüğe giren Afet Yönetmeliğinde payandaların yerine, bütün kare biçimli ‘çapraz’ adı verilen köşegenlerle üçgenlere bölünerek duvar stabil hale getirilmek istenmektedir (Şekil 3.5, Şekil 3.6) [39].



Resim 3.1 Ahşap İskelet Sistem Taşıyıcı Kısımlar



Şekil 3.5 Afet Yönetmeliğine Göre Ahşap İskelet Duvar Ve Elemanları [15]



Şekil 3.6 Afet Yönetmeliğine Göre Yapılmış İki Katlı Ahşap İskelet Yapı[15]

Afet Yönetmeliği'ne göre taşıyıcı kısmı şu elemanlarından oluşmaktadır [15]:

- En fazla 1.5 m ara ile konulacak **dikmeler**,
- Dikmelerin altına konulacak **taban kirişleri**,
- Dikmelerin üstüne konulacak **başlık kirişleri**,
- Dikmeleri duvar boyunca birbirine bağlayarak taban ve başlık kirişleri ile birlikte duvarda dikdörtgen gözler oluşturan **yatay ara kirişler**,
- Oluşturulan dikdörtgen gözleri üçgen gözlerle bölen **çaprazlar**.

Afet yönetmeliğine göre ahşap iskelet yapıların taşıyıcı bölümünü etkileyen ve uyulması gereken bazı kurallar şöyledir:

- Taşıyıcı duvar iskeletleri en çok 1.50m ara ile konacak dikmelerden, bu dikmelerin altına konacak başlık kirişlerinden, dikmeler ile taban ve başlık kirişlerinin meydana getirdikleri gözleri daha küçük gözlerle ayıran ara kirişlerden ve ara gözleri üçgenlere ayıran çaprazlardan meydana getirilecektir.
- Dikmeler yada diyagoneller tek parça olacak ve taban kirişi ile başlık kirişine geçmeli olarak birleştirilecek ve çivi ile pekiştirilecek.
- Bodrumlu veya bodrumsuz tek katlı binalar ile zemin katı kagir olan binaların üst kat tavan ve başlık kirişleri, dikmeler ve çaprazları en az 10x10 cm, diğer elemanları da en az 5x10 cm kesitinde olacaktır. İki katlı ahşap iskelet binaların zemin kat tavan ve başlık kirişleri, dikmeleri ve diyagonalleri en az 12x12 cm, diğer elemanları da en az 6x12 cm kesitinde olacaktır.
- Bina köşelerinde en az 1.50 m'lik iki boşluk arasında 0.75 m'lik ahşap taşıyıcı iskeletli dolu kısımlar bırakılmalıdır [15]

3.2 Dolgu Bölümü

Afet yönetmeliğine göre Ahşap taşıyıcı duvarlarda oluşturulan üçgen gözler; dolu tuğla, kerpiç, gazbeton veya uygun izolasyon malzemeleri ile doldurulmaktadır (Resim 3.2, Resim 3.3). Taşıyıcı olmayan bu elemanların amacı; ana elemanları desteklemek, duvarları kaplamak, çatı örtüsünü taşımak, pencere, kapı gibi elemanları tespit edebilmektir.



Resim 3.2 Ahşap İskelet Sistemin Dolgu Malzemeleriyle Doldurulması



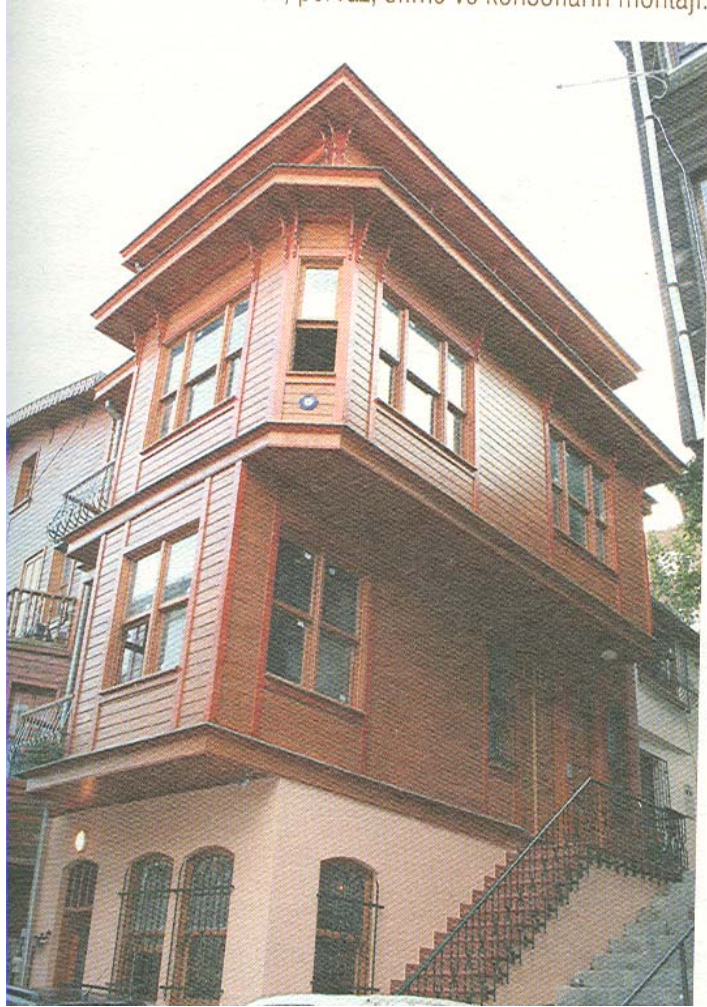
Resim 3.3 Ahşap İskelet Sistemin Dolgu Malzemeleriyle Doldurulması

Bina köşeleri dışında, pencere ve kapı boşlukları arasında kalan dolu duvar parçalarının plandaki uzunluğu 0.75 m'den az olmayacaktır. Günümüzde ahşap iskelet sistemde dolgu malzemesi olarak genellikle kagir (taş, tuğla, kerpiç vb.)malzemeler kullanılmamaktadır. Bunların yerine daha hafif malzemeler (taş yünü, cam yünü, vb.) ve ısıl konfor açısından yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır [39].

Çalışma kapsamında dolgu kısımda buhar difüzyon direnç faktörü (μ) 1-200 arasında değişen yalıtım malzemeleri kullanılması durumu incelenmiştir.

3.2. Kaplama Bölümü

Dikmeler arasında kalan boşluklar kerpiç, tuğla, gazbeton gibi bir bileşenle doldurulduktan sonra üzerine sıva yapılabilmekte veya ahşap latalarla dikmelerin dışa bakan yüzeyleri kaplanarak dış etkenlere karşı istenen yalıtım ve koruma sağlanmaktadır (Resim 3.4).



Resim 3.4 Ahşap Kaplamalı Ahşap İskelet Bina[7]

Bu çalışmada farklı malzemelerle kaplanan ahşap iskelet sistem bu farklı malzemelerle oluşan kesitlerin yüzey sıcaklıkları ve yoğuşma oluşup oluşmadığı incelenmiştir. Ahşap iskelet sistem için yapılan hesaplarda örnek olarak hazırlanan kesitlerde kaplama malzemesi olarak ahşap, alçı levha ve polimer bağlayıcı ahşap yonga levha (O.S.B.) kullanılması durumları incelenmiştir.

Çalışmada kullanıcıların istekleri doğrultusunda, içten gazbetonla kaplanan ve dışarıdan yalıtımlı (mantolamalı) kesitlerde ayrıca incelenerek değerlendirilmiştir.

BÖLÜM 4. ISI VE BUHAR GEÇİŞİ

Isı ve buhar geçişi, yapı malzemelerin özelliklerine göre değişiklik gösteren ve birbirlerini etkileyen yapı fiziği olaylardır. Sıcaklık farkı sonucu oluşan ısı geçişleri, ısı geçişlerinin sonucunda oluşan buhar basınç farkları ve buhar geçişleri kısaca birbirlerini takip eden ve tetikleyen olaylardır. Bu bölümde bu konularla ilgili tanımlar ve bu geçişlerin oluşma nedenleri açıklanacaktır.

4.1. Isı Ve Sıcaklık

Isı ve sıcaklık insanların birbiri yerine kullanıldığı ancak tam olarak aynı anlamı taşımayan iki kavramdır. Öncelikle bu kavramların tanımları ve genel farklılıkları üzerinde durulacaktır.

Maddeyi oluşturan atom ya da moleküller sürekli hareket halindedir. Bu hareket katı maddede denge konumu etrafındaki titreşimler, sıvı ve gazlarda ise hem titreşim hem de birçok çarpışmalar sonucu kırık çizgiler halinde öteleme hareketleri şeklindedir. Bu nedenle maddenin her atom veya molekülünün kinetik enerjisi vardır [7,9].

Bir maddedeki her molekülün kinetik enerjisi farklı farklıdır. Bütün moleküllerin kinetik enerjilerinin toplamı, toplam molekül sayısına bölünürse, ortalama kinetik enerjisi bulunur. Bu ortalama kinetik enerji sıcaklığın bir ölçüsüdür. Bu değerin yüksek olduğu madde daha sıcak, düşük olduğu maddenin sıcaklığı ise daha düşük demektir [9].

Bir maddenin ısı denilince, maddeyi oluşturan tüm taneciklerin kinetik ve potansiyel enerjilerinin toplamıdır. Isı ile sıcaklık arasında doğru orantı şeklinde bir ilişki vardır. Yani; madde ısı alıyorsa sıcaklığı artıyor, ısı veriyorsa sıcaklığı azalıyor demektir. Bir maddenin sıcaklığı kütleyle bağlı değilken ısı kütle ile doğru orantılıdır. Sıcaklık termometre ile ölçülebilir. Isı her hangi bir araçla ölçülmez ancak kütlesi ve sıcaklığına bağlı olarak hesaplanabilir [7,8].

Kısaca ısı ve sıcaklık farklarını şöyle sıralayabiliriz:

- Isı enerji çeşididir, sıcaklık enerji değildir.
- Isı birimi kalori veya joule'dür. Sıcaklık birimi ise sadece derecedir.
- Isı madde miktarına bağlıdır. Sıcaklık ise madde miktarına bağlı değildir.
- Sıcaklık ölçülebilir (termometre ile) ancak ısı hesaplanabilir.

Sıcaklıkları farklı olan maddeler bir araya konulduğunda aralarında enerji alış verişi olur. Elimizle bir maddeye dokunduğumuzda sıcaklık hissediyorsak madde elimize ısı veriyordur. Buna göre, sıcaklıkları farklı olan iki madde karıştırıldığında ya da birbirine değecek şekilde yan yana konulduğunda aralarında ısı alış verişi olur. Sıcak olan madde ısı verip sıcaklığı azalırken, sıcaklığı düşük olan madde ısı alarak sıcaklığı artar ve sonuçta ısı denge sağlanır. Isı akışı her zaman sıcak ortamdan soğuk ortama doğru olur

[43]. Sıcaklıkları eşit olan maddelerde ısı alış verişi olmaz. Yalnız cisimler arasında ısı alış verişi var ise, alınan ısı verilen ısıya eşittir [7–10].

Sıcaklıkları farklı maddeler arasında meydana gelen bu ısı transferi üç temel mekanizma ile gerçekleşmektedir [26]. Bunlar:

- kondüksiyon (iletim)
 - konveksiyon (taşınım)
 - radyasyon (ışınım)
- **Kondüksiyon (İletim)**

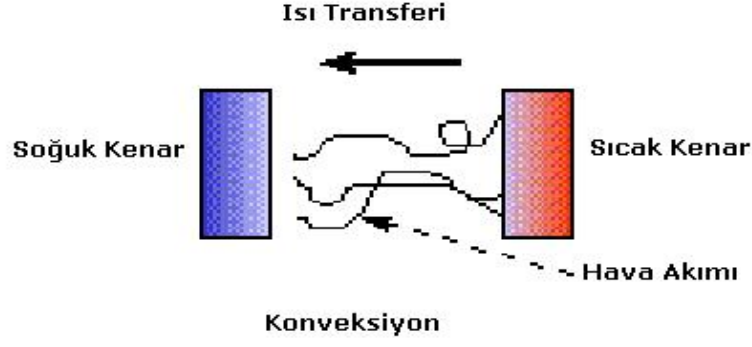
Kondüksiyon (İletim) ısının katılar içindeki transferidir. İç ve dış ortam sıcaklık dereceleri farklı olduğu zaman iki ortamı ayıran elemanın yüksek sıcaklıkla temas eden yüzeyindeki atomlarda enerji seviyesi ve titreşim genliği ve bu enerji titreşimle soğuk yüze iletilir. Eğer iç ortamda devamlı çalışan bir enerji kaynağı yoksa bu iletim iki tarafın sıcaklıkları eşit olana kadar devam eder. Yapı elemanları arasındaki ısı kayıpları bu yolla olur [17].



Şekil 4.1 Kondüksiyonla ısı geçişi[17]

- **Konveksiyon (Taşınım)**

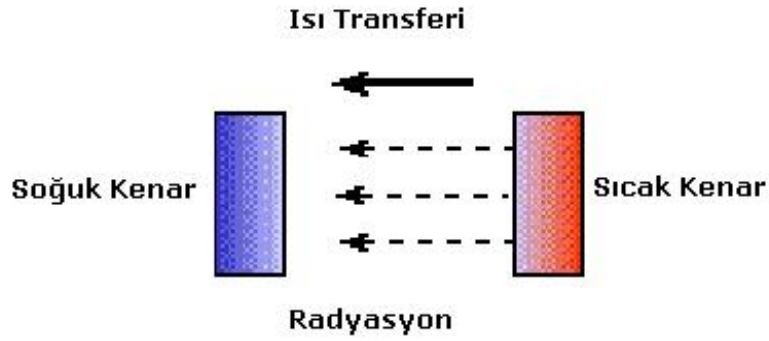
Isı, hava yada sıvı gibi taşıma ortamı içerisinde taşınabilir. Özellikle, aşağıdan yukarıya doğru, sıcak havanın yükselmesi ile ısı transferi olur. Taşınım ise ortamında harekete katıldığı bir ısı transfer şekli olduğundan sıvılara ve gazlara özgüdür. Farklı sıcaklıklardaki iki çeper arasındaki hava eğer hareket edebilecek bir hacme ve ortama sahipse, kondüksiyon yoluyla iletim açısından ısı transferi izole bir özellikte iken konveksiyon yoluyla ısı geçişi oluşur. Bu yüzden ısı tutucu görevindeki malzemelerdeki havanın hareketsiz olması önemlidir [14]. Konveksiyon yoluyla yapı içinde pencere ve kapı boşluklarından geçen hava yoluyla oluşan ısı kayıpları çok fazladır.



Şekil 4.2 Konveksiyonla ısı geçişi [17]

- **Radyasyon (Işınım)**

Işınım ısı kaynağı ile etkisi altındaki nesnelar arasında aracı ortam gerektirmeden gerçekleşen bir ısı transfer şeklidir. Işınım, ışınma yoluyla geçiştir. Işınmada, ısı bir kaynaktan, başka bir madde üzerine ısı ışınlarına dönüşmüş olarak, boşlukta hızla ilerler. Herhangi bir cisme çarpan ısı ışınları, çarptıkları cisim üzerinde tekrar ısıya dönüşerek cismi ısıtır [17, 26, 30].



Şekil 4.3 Radyasyonla ısı geçişi [17]

İncelenen bazı kaynaklarda kondüksiyon, konveksiyon ve ışınım yoluyla ısı geçişlerinin yanında buharlaşma-yoğuşma yoluyla ısı geçişi olduğu kabul edilmektedir. Buharlaşma-yoğuşma yoluyla ısı geçişi, konveksiyon yoluyla ısı geçişine benzemektedir. 1 kilogram maddeyi buharlaştırmak için gerekli ısı miktarına buharlaşma ısısı denir [14]. Bu gizli ısı yoğuşma sırasında çevreye salıverilir. Buharlaşma maddenin kütlesine de bağlı olduğundan buharlaşan kütle artarsa iletilen enerjide oldukça fazla olur. Buharlaşma yoluyla ısı geçişi suyun fazla olduğu yüzme havuzu gibi binalarda önem kazanmaktadır.

Isı geçişleri üç özel kanunla açıklanmıştır.

- **Fourier Kanunu**

Fourier Kanunu iletim ısı geçişini açıklamaktadır. Atomik parçalar arasındaki kinetik enerjinin sürekli geçişinin olduğu ısı geçiş mekanizmasıdır. Bu olay gazlarda, moleküllerin elastik çarpması şeklindedir. Sıvı ve elektrik iletmeyen katılarda atomik kafesin boyuna titreşimi sonucunda olduğu kabul edilir. Metallerdeki ısı iletimi serbest elektronların hareketiyle gerçekleşir. ısı iletimi Fourier eşitliği (1) ile verilir [28].

$$Q = -\lambda A \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots(1)$$

- **Newton'un soğuma kanunu**

Taşınılma ısı geçişi, Newton'un soğuma kanunu ile açıklanır. Gaz veya sıvı akışkanlar içindeki moleküllerin hareketiyle ısı geçişi oluşur. T_0 sıcaklığındaki katı ile T_∞ sıcaklığındaki akışkan arasındaki ısı taşınımı eşitlik 2'de verilmiştir [28].

$$Q = \alpha A(T_0 - T_\infty) \dots\dots\dots(2)$$

- **Stefan- Boltzmann Kanunu**

Işınım ile ısı geçişi Stefan- Boltzmann Kanunu ile açıklanır. Ara maddeye gerek olmadan meydana gelen ısı geçişidir. Bu ısı geçişinde bir kaynaktaki iç enerjinin, ulaştığı alıcıda tekrar iç enerjiye dönüşür. Işınım mutlak sıcaklığın dördüncü kuvvetiyle orantılıdır. Bağıntısı eşitlik 3'te verilmiştir [28].

$$Q = AE_s = \sigma AT^4 \dots\dots\dots(3)$$

4.2. Nem Ve Malzemelerdeki Buhar Geçişi

Atmosferi meydana getiren havanın içerisinde belirli yüzdelerde bulunan sabit gazlar yanında değişken oranlarda olan gazlarda bulunmaktadır. Bu değişken gazlar içinde bizi en çok ilgilendireni su buharıdır. Su buharının hacmi hiçbir zaman hava hacminin %4 ünü aşmaz genellikle çok daha azdır [14]. Buna rağmen su buharı yapı fiziği yönünden dikkatle incelenmesi gereken kondansasyon, terleme, mikroskobik nemlenme gibi bir takım olaylarında esas kaynağıdır.

Havadaki maksimum su buharına rölatif nemlilik (bağıl nem) denir. Bağıl nem yüzdesi (ϕ), iç hacimlerde % 55–80, dış hacimlerde % 80–100 arasında alınır [16].

Yeryüzünde okyanuslar, atmosfer ve karalar arasında durmadan devam eden “hidrolik devre” nin havadaki safhasını teşkil eden su buharı, suyun diğer fazlarına göre daha kolay meydana gelir. Katı cisim olarak buz ve kar, yalnız donma noktası altında, sıvı

cisim olarak su, donma noktası ile kaynama noktası arasında kendi fazlarını muhafaza edebilirlerken su buharı her sıcaklıkta oluşabilir [14].

Bu sebeplerden dolayı pratikte hava, az veya çok, daima su buharı ihtiva eder ve “nemli hava” ismini alır. Hava içindeki su buharına da nem denir.

Havanın nemliliği (veya rutubeti) ise, herhangi bir anda hava içindeki su buharının miktarını ifade eder. İçinde su buharı bulunmayan hava ancak deneysel olarak elde edilir ve “kuru hava” diye adlandırılır [14].

Hava, sıcaklığa bağlı olarak belirli bir miktar buharı içinde tutabilir. Sıcaklık düştükçe havanın içinde tutabileceği buhar miktarı azalır. İşte belirli barometrik şartlar altında, belirli bir sıcaklıktaki hava, maksimum buhar miktarını ihtiva ediyorsa bu havaya “buhara doymuştur” denir. Doymuş hava bir bakıma su veya buz yüzeyi ile karasız denge halindedir. Çünkü nem miktarı sabit kalıp sıcaklık azalır, derhal bir kısım buhar “yoğunlaşacak” ve su halinde açığa çıkacaktır [14].

4.2.1. Nemlilik İle İlgili Tanımlamalar

- **Mutlak nemlilik (W)**

Nemli havanın birim hacmi içinde bulunan su buharının birim kütlesidir. Buna hakiki buhar miktarı, buhar konsantrasyonu, su buharının yoğunluğu da denir. Birimi gr/m^3 veya kg/m^3 dır[14]. Matematik ifadesi eşitlik (4) de verilmiştir.

$$W = \frac{M_B}{V} \dots\dots\dots(4)$$

- **Özgül nemlilik (X)**

Birim kütledeki nemli hava içindeki su buharının kütlesidir (eşitlik 5). Birimi gr/kg dir. Buna nemli havanın nem miktarı veya kütle konsantrasyonu da denir [14].

$$X = \frac{M_B}{M_B+M_H} \dots\dots\dots(5)$$

- **Doyma miktarı (W_s)**

Birim hacimdeki havanın belirli bir sıcaklık içinde tutabileceği maksimum buhar miktardır. Birimi gr/m^3 dır. Buna, doymuş buhar miktarı da denir [14].

- **Buhar Basıncı (p)**

Su buharının nemli hava içindeki kısmi basıncıdır. Buna fiili (efektif) veya hakiki (gerçek) buhar basıncı da denir. Buhar basıncı birimleri çok çeşitlidir. Mühendislikte mm.SS., mmHg ve at. daha çok kullanılırken meteorolojide buhar basıncı milibar veya mmHg ile ifade edilir. Difüzyon hesaplarındaki buhar basıncı birimleri arasında da birlik yoktur. Ancak kg/m^2 birimi daha yaygındır [14].

Nemli hava su buharı ile kuru havanın karışımı olduğuna göre bu gaz karışımının toplam basıncıda Dalton Kanununa göre barometrik basınca eşittir (eşitlik 6) [14].

$$P = p_H + p \dots\dots\dots (6)$$

Burada küçük (p) kısmi buhar basıncı, (p_H) kuru havanın kısmi basıncı, (P) barometrik basınçtır.

- **Doymuş buhar basıncı (p_s)**

Doymuş buhar basıncı, belirli bir sıcaklık da ki doymuş havanın kısmi buhar basıncıdır. Doymuş buhar basıncı aynı sıcaklık ve basınçta ki su veya buz yüzeyi ile kararsız denge halindeki buharın basıncı diye de tanımlanır. Saf faz da ki buhar ile nemli havada bulunan buhar arasında küçük bir fark vardır. Saf faz da ki doymuş su buharı basıncı sadece mutlak sıcaklığın bir fonksiyonu olduğu ve hacim değişikliğinden etkilenmediği halde, nemli havanın doymuş buhar basıncı barometrik basınca bağlıdır. Bu bağıntı eşitlik (7)de ifade edilmiştir [14].

$$P_s = \frac{r_s}{0,62197} P \dots\dots\dots (7)$$

Burada, (r_s) doymuş havanın karışım oranı, 0,62197 ise suyun molekül ağırlığının havanınkine oranıdır. Ancak basınç ve sıcaklığın meteorolojik değerleri için doymuş buhar basıncının, barometrik basınçla olan ilgisini ihmal etmek sadece %0,5 ve hatta daha küçük bir hataya sebep olur [14].

- **Yoğuşma**

Nemli hava, mutlak nemlilik değiştirilmeden soğutulursa rölatif (bağıl) nemlilik yükselmektedir. Bunun sonucunda rölatif nemlilik %100'e ulaştığında hava, o sıcaklık için artık doymuştur diyebiliriz. Bu sınırı aşacak herhangi bir sıcaklık düşüşü, belirli bir miktar su buharının havadan ayrılmasına neden olmaktadır. Çünkü bu durumda su buharı havada buhar halinde kalmaz. Dış havada sis, katı cisimlerin üzerinde veya içinde su veya buz şeklinde belirlemektedir. İşte bu olaya “yoğuşma” denir. Yapı fiziği yönünden iki türlü yoğuşma vardır [14].

- **Görünür Yoğuşma : (Terleme)** Yapı elemanlarının yüzeyinde yoğuşma meydana gelirse terleme adını alır.

- **Gizli Yoğuşma (Kondansasyon):** Yapı elemanların içinde yoğuşma ortaya çıkarsa kondansasyon denir [14].

- **Çiğ noktası (t_s)**

Belirli şartlardaki doymuş havanın sıcaklığıdır. B sıcaklık doyma halinde yoğuşma geçiş halini ifade ettiğinden, doyma sıcaklığı, yoğuşma noktası da denilir. Saf fazda ki su buharına ait çiğ noktası gibi, nemli havanın çiğ noktası da barometrik basınçtan serbest kabul edilebilir [14].

- **Buhar basıncı farkı ($p_i - p_d$)**

Değişik şartlardaki iki ayrı mahal (mesela bir bina içi ile dışı) arasında doğan buhar basınçları farkıdır. Birimi genellikle mmHg veya kg/m^2 dir. Kışın binalar ısıtıldığı için iç ve dış arasında bir sıcaklık farkı vardır. İç ve dış rölatif nemlilik değerleri eşit olsa, hatta dış rölatif nemlilik %100 e erişse bile, iç hava sıcaklığı daha yüksek olduğundan iç havanın kısmi buhar basıncı dış havaninkinden çok büyüktür. Bu buhar basıncı nedeniyle malzemelerin bünyelerinden buhar akımı geçirmelerine difüzyon denir. Difüzyon olayı bu buhar basıncı farkından doğmaktadır [14, 16].

- **Difüzyon direnç faktörü (μ)**

Difüzyon direncini karakterize eden difüzyon direnç faktörü, bir malzemenin buhar difüzyon direncinin aynı kalınlık ve şartlardaki hava tabakasından kaç misli büyük olduğunu gösterir. Örnek olarak bir malzemenin (μ) faktörü 10 ise aynı kalınlık ve şartlardaki havadan geçecek olan buhar miktarının ancak 1/10 bu malzemedan geçebilecektir. Rölatif difüzyon katsayısı da denilen difüzyon direnç faktörü boyutsuzdur. Difüzyon akım şiddetinin sakin kuru havadaki değerinin (g_H), yapı malzemesindeki değerine oranından hesaplanır. Eşitlik 8’de açıklanmıştır [14].

$$\mu = \frac{g_H}{g} \dots\dots\dots(8)$$

Havanın difüzyon direnç faktörü birdir. Geçirgen kaba gözenekli yapı malzemelerinde bu faktör porozitenin tersine yaklaşık olarak eşittir. Örneğin porozitesi 0.25 olan bir malzemenin buhar difüzyon direnç faktörü 4 olur. Fakat gözenekler küçüldükçe, bu faktör, porozitenin ters değerinden daha fazla miktarda artar ve malzemenin yapısına bağlı kalmaktadır [14]

Yapı malzemeleri az veya çok su buharını geçirebilirler. Fakat bazı amorf malzemelerin (bitümler, sırlar ve bazı plastikler) difüzyon dirençleri çok yüksektir. Metal ve camların ise sonsuzdur. Yani metaller ve camlar su buharını geçirmezler.

Sıcaklık ve nem gradyanları malzemenin difüzyon geçirgenliğine etki eder. Hatta rüzgar, enfiltrasyon, barometrik basınç ve buhar basıncının da bunun üzerinde etkisi vardır. Fakat difüzyon direnç faktörü kuru malzemeler için sabittir, sıcaklık ve basınçtan

da etkilenmez. Ancak nemli malzemelerin (μ) değeri, içlerinde bulunan nem miktarına bağlı olarak değişmektedir. Bunun sebebi ise, malzemenin bir kısım çok ince kılcal kanallarının, ihtiva edilen nem miktarına bağlı olarak, su ile işgal edilmesi ve difüzyona kapanmasıdır. Buna rağmen pratik hesaplar için malzeme devamlı kuru kalsın veya nemli olsun aynı (μ) değeri kullanılır ki, bu da yeterli yaklaşıklıkta sonuç verir [14].

4.2.2 Malzemelerde ki Buhar Geçişi

Buhar akımının geçişi malzemenin kendi buhar difüzyon direnç faktörüne (μ)bağlıdır. Kondansasyon olayının gerek hava, gerekse yapı elemanlarının nemliliği ile sıkı ilişkisi vardır. Bir bakıma, havadaki su buharını, yoğuşma olgusunun en önemli nedeni diye tanımlamak mümkündür. Çünkü hava içinde hiç nem bulunmasaydı, kondansasyon olayı ortaya çıkmayacaktı [14, 16]

Yapı elemanlarının su ve su buharı ile ilgili bir takım özellikleri ise, bu fiziksel olgunun diğer bir nedenini meydana getirmektedir. Çünkü hava ne kadar nemli olursa olsun, yapı elemanları su buharı difüzyonuna karşı tam direnç gösterebilir, özellikle gizli yoğuşma diye bir olaydan söz edilmeyecekti [14].

Yapı fiziği açısından, buharın durdurulması değil, kesit içinden buharın yoğuşma olmadan iletilmesi uygundur.

Su buharı difüzyonu sonucu oluşan yoğuşma, yapı malzemelerine ve yapı malzemelerin de meydana gelen ısı geçişine olumsuz yönde etki eder. Yapı malzemelerinde kışın ortaya çıkan yoğuşma ya da terleme olayı; hava ile temas eden yapı malzemesi yüzey sıcaklığının, havanın çığ noktası sıcaklığının altına düşmesiyle oluşur. Eğer su buharı, yapı malzemesi yüzeyinde yoğuşmazsa, terleme olmadan yapı malzemesi içine girer. Yapı malzemesi içine difüz eden su buharının kısmi basıncı iç katmanlarda herhangi bir noktada o sıcaklıktaki su buharı doyma basıncına eşit olduğu anda yoğuşma başlar. Malzeme içinde yoğuşan su malzemenin nemini artırır. Yoğuşan suyun miktarı, malzemenin absorbe edebileceği doyma neminden fazla ise serbest kalır ve çeşitli şekillerde malzeme içinde hareket eder. Yoğuşma yapı malzemesinin yapısını bozacağı gibi malzemenin toplam ısı transferi katsayısını yükseltir, ısı kayıplarını da artırır [14].

4.3. Isı Ve Buhar Geçişlerinin Hesaplanması

Bir yapı elemanının iki yüzü arasında, sıcaklıkların ve bağıl nemin farklı olmasından kaynaklanarak farklı buhar basınçları meydana gelir. Isıtma periyodu olan kış mevsimini dikkate aldığımızda, genellikle iç tarafta yüksek buhar basıncı vardır ve iç ortamda gaz halinde bulunan su buharı, ısı akımı ile hareket ederek dış ortama ulaşmaya çalışır. Su buharının dış ortama gaz olarak ulaşması da gerek kullanım ömrü gerekse ısı performansından bir problem yoktur. Ancak yapı elemanlarını oluşturan malzemelerin su buharına geçişine gösterdikleri direnç ve malzemelerin sırasına bağlı olarak yapı elemanlarından geçerken, su buharının gaz halinden sıvı hale geçmesi, yani yoğuşması ihtimali mevcuttur. Bu yoğuşma miktarı da belirtilen sınırları aşmaması

sağlanmalıdır. Buhar oluşup oluşmaması, yüzey sıcaklıkları vb. gibi hesaplar TS 825 'e göre aşağıda belirtilen eşitliklerle bulunmaktadır [30].

4.3.1. Isıl Geçirgenlik Direncinin ($1/\Lambda$) Hesaplanması

Isıl geçirgenlik direncinin hesaplanması için yapı malzemesinin kalınlığına ve ısı iletkenlik hesap değerine ihtiyaç vardır. Tek tabakalı ve çok tabakalı yapı bileşenleri için ayrı hesaplar vardır.

o Tek tabakalı yapı bileşenleri

Isıl geçirgenlik direnci ($1/\Lambda$) (R) olarak da adlandırılabilir. Eşitlik (9) de belirtildiği gibi, yapı elemanı kalınlık (d) değerinin, ısı iletkenlik hesap değerine (λ) bölünmesi ile hesaplanır. TS 825'te Ek 1 de liste halinde verilen λ değerleri doğrudan kullanılabilir. Ancak tam karşılığı bulunmayan λ değerler için ilgili ürün standardında belirtilen deney metotlarına göre tespit edilen λ ölçü değerleri TS 415' e göre λ_h değerine dönüştürülerek kullanılır.

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d}{\lambda_h} \dots\dots\dots(9)$$

o Çok tabakalı yapı bileşenleri

Çok tabakalı yapı bileşenlerinde; Isıl geçirgenlik direnci ($1/\Lambda$), tek tek yapı elemanı kalınlıkları (d_1, d_2, \dots, d_n) ve bu yapı elemanlarının ısı iletkenlik hesap değerleri ($\lambda_{h1}, \lambda_{h2}, \dots, \lambda_{hn}$) kullanılarak eşitlik (10) ile hesaplanır.

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{\lambda_{h1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h2}} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_{hn}} \dots\dots\dots(10)$$

4.3.2 Yapı Bileşenlerinin Isıl Geçirgenlik Direncinin ($1/U$) Hesaplanması

Bir yapı bileşeninin ısı geçirgenlik direnci ($1/U$), ısı geçirgenlik dirençlerine ($1/\Lambda$), yüzeyel ısı iletim direnç değerleri ($1/\alpha$) eklenerek eşitlik (11)' e göre hesaplanır.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_d} \dots\dots\dots(11)$$

Burada;

$1/\alpha_i$: İç yüzeyin yüzeyel ısı iletim direnci ($m^2.K/W$)

$1/\alpha_d$: Dış yüzeyin yüzeyel ısı iletim direnci ($m^2.K/W$).

4.3.3. Isıl Geçirgenlik Katsayısının (U) Hesaplanması

Bir yapı bileşeninin ısıl geçirgenlik katsayısı (U) (12) no' lu denklemin aritmetik tersi alınarak eşitlik 4 e göre hesaplanır.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_d}} \dots\dots\dots(12)$$

4.3.4. Yapı Bileşenlerinin Isı Kaybı Hesabı

Kararlı durumdaki bir ısı akısı (q) bir dış yapı bileşeninden T_i sıcaklığındaki havanın yüzeye temas halinde bulunduğu iç tarafa ve T_d sıcaklığındaki harici havanın yüzeye temas halinde olduğu dış tarafa doğru gerçekleşir. Isı akısı eşitlik 13'a göre hesaplanır.

$$q = U(\Delta T) = U (T_i - T_d) \dots\dots\dots(13)$$

Burada;

T_i : Dahili havanın yüzeye temas halinde olduğu sıcaklık (°C).

T_d : Hariçi havanın yüzeye temas halinde olduğu sıcaklık(°C).

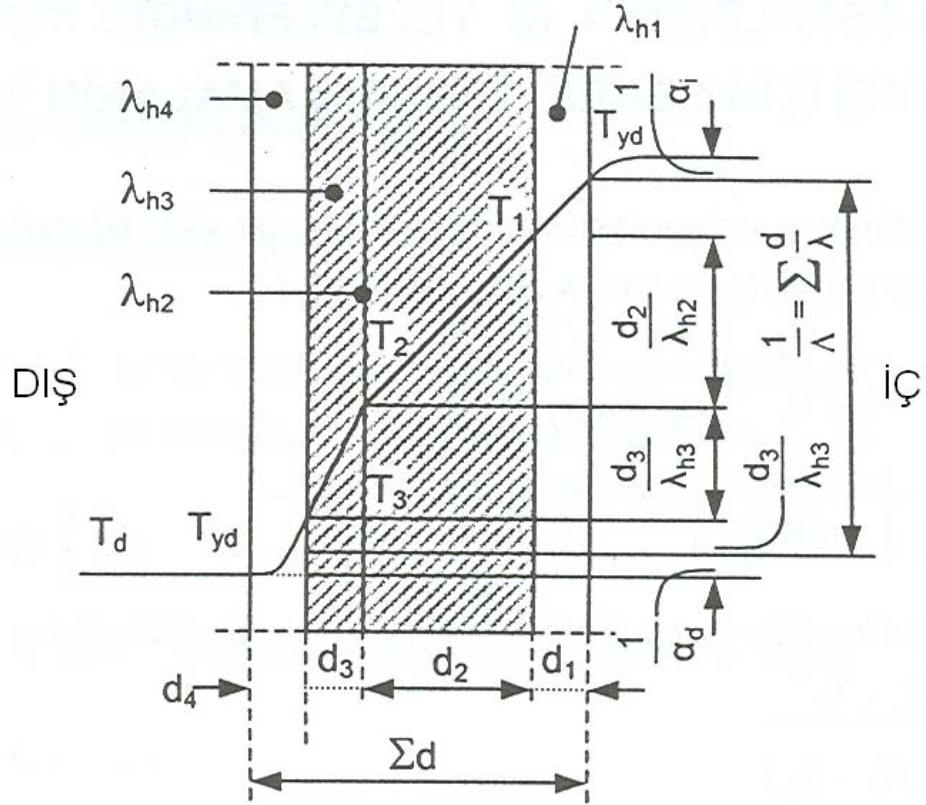
4.3.5. Yüzey Sıcaklıklarının Hesaplanması

Bir yapı bileşeninin iç yüzey sıcaklığı (T_{yi}) eşitlik 14'e göre hesaplanır.

$$T_{yi} = T_i \frac{1}{\alpha_i} q \dots\dots\dots(14)$$

Bir yapı bileşeninin, dış yüzey sıcaklığı (T_{yd}), eşitlik 15'e göre hesaplanır.

$$T_{yd} = T_d \frac{1}{\alpha_d} q \dots\dots\dots(15)$$



Şekil 4.4.Çok Tabakalı Bir Yapı Bileşeni Kesiti Üzerinde Sıcaklık Dağılımı [37]

Çok tabakalı bir yapı bileşeninin (Şekil 4.4), sırasıyla birinci, ikinci yada n'inci tabakalarının, hızla azalan sıcaklıkları (T_1 , T_2 , T_n) (isi akış yönünde sıralanırlar), aşağıda belirtildiği gibi eşitlik 16'ya göre hesaplanır.

$$T_1 = T_{yi} - \frac{1}{\lambda_1} q \dots\dots\dots(16)$$

$$T_2 = T_1 - \frac{1}{\lambda_2} q \dots\dots\dots(16)$$

$$T_n = T_{n-1} - \frac{1}{\lambda_n} q \dots\dots\dots(16)$$

4.4. Yapı Bileşenlerinde Yoğuşma Tahkikinın Yapılması

Bu bölümde Glaser yöntemiyle oluşturulan grafiklerde meydana yoğuşma tahkikleri sonucunda, oluşuyorsa eğer yoğuşma miktarlarının nasıl belirleneceği anlatılmıştır.

4.4.1. Su Buharı Difüzyon Direnci

Bir yapı malzemesi tabakasının, su buharı difüzyon direnci ($1/\Delta$), 10°C referans sıcaklığında, aşağıdaki eşitlik (17) kullanılarak hesaplanır.

Isı iletkenlik hesap değeri için 10°C 'lik bir referans sıcaklık öngören TS 388'e uygun olarak, bu referans sıcaklık, -20 ile 30°C arasındaki difüzyon hesapları için yeterince doğrudur.

$$1/\Delta = RD \frac{T}{D} \mu \cdot d$$

$RD \frac{T}{D} \cong 1,5 \cdot 10^6$ alınacak olup, birimi $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa} / \text{kg}'\text{dir}$

$$1/\Delta = 1,5 \cdot 10^6 \mu \cdot d \dots \dots \dots (17)$$

Burada;

$1/\Delta$: Su buharı difüzyon direnci ($\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa} / \text{kg}$),

μ : Su buharı difüzyon direnci katsayısı (Birimsiz),

d : Yapı malzemesi tabakasının kalınlığı (m), dir.

Birden fazla yapı malzeme tabakası birbiri arkasına yerleştirildiğinde, yapı bileşeninin su buharı difüzyon direnci ($1/\Delta$), tek tek yapı malzemesi tabakalarının kalınlıklarından (d_1, d_2, \dots, d_n) ve bunların su buharı difüzyon direnci katsayılarından ($\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$), eşitlik (18) kullanılarak hesaplanır.

$$\frac{1}{\Delta} = 1,5 \cdot 10^6 (\mu_1 \cdot d_1 + \mu_2 \cdot d_2 + \dots + \mu_n \cdot d_n) \dots \dots \dots (18)$$

4.4.2 Su Buharı Difüzyonu Eş Değer Hava Tabakası Kalınlığı (S_d)

Bir yapı malzemesi tabakasının, su buharı difüzyonu eş değer hava tabakası kalınlığı (S_d), kalınlığı (d) ve su buhar difüzyon direnci katsayısı (μ) kullanılarak eşitlik (19) ile hesaplanır.

$$S_d = \mu \cdot d \dots \dots \dots (19)$$

4.4.3- Kısmi Su Buharı Basıncı

Kısmi su buharı basıncı eşitlik (20) ile hesaplanır.

$$P = \varphi \cdot P_s \dots\dots\dots(20)$$

Burada;

P: Kısmi su buharı basıncı (Pa),

φ : Bağlı nem (Birimlessiz),

P_s : "T" sıcaklığındaki, doymuş su buharı basıncı (Pa), (Ek-3)'te verilmiştir.

Bağlı nem (φ), bir ondalık kesir halinde denklemdede yer almalıdır.

4.4.4 Su Buharı Difüzyonu Akış Yoğunluğu

Kararlı durumdaki yoğunluğa sahip su buharı difüzyon akışı eşitlik (21)'e göre hesaplanır.

$$i = \frac{p_i - p_d}{1/\Delta} \dots\dots\dots(21)$$

Burada;

i: Difüzyon akış yoğunluğu ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$),

p_i :Yapı bileşeninin oda içindeki yüzeyiyle temas halinde olan havanın su buharı kısmi basıncı (Pa)

p_d :Yapı bileşeninin dış yüzeyi ile temas halinde olan havanın su buharı kısmi basıncı (Pa)

$1/\Delta$: Su buharı difüzyon direncidir. ($\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{kg}$).

4.4.5 Yoğuşma Miktarı

Yoğuşma miktarı (G) eşitlik (22)'ya göre hesaplanır.

$$G = \frac{p_i - p_{xi}}{\sum_i^{xi} \mu d} - \frac{p_{xd} - p_d}{\sum_{xd}^d \mu d} \cdot \frac{1}{N} \dots\dots\dots(22)$$

Burada;

G: Birim zamandaki yoğuşma miktarı $\text{gr}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$

p_i : Yapı bileşeninin oda içindeki yüzeyiyle temas halinde olan havanın su buharı kısmi basıncı (Pa)

p_d : Yapı bileşeninin dış yüzeyi ile temas halinde olan havanın su buharı kısmi basıncı (Pa)

P_{xi} : Yapı bileşeninde yoğuşmanın başladığı iç yüzeyde olan havanın su buharı kısmi basıncı (Pa)

P_{xd} : Yapı bileşeninde yoğuşmanın başladığı dış yüzeyde olan havanın su buharı kısmi basıncı (Pa)

N: Sabit olup, 1.5×10^6

Hesaplar sonunda G 1000 gr/m^2 az ise kesitin yeterli olduğu düşünülebilir [33].

BÖLÜM 5: AHŞAP İSKELET SİSTEM ÜZERİNDE ISI GEÇİŞİ VE BUHAR HESAPLARI İLE GRAFİKLERİ

Bina kabuğunda nem geçişinin ve depolanmasının kontrolünde iki temel strateji bulunmaktadır. Bunlar olanaklar ölçüsünde nemin bir engelle karşılaşmadan geçişine olanak tanıyan sistemler ile nem geçişinin uygun bölgelerde engellendiği buhar kesicili sistemlerdir. Nem kontrolü için uygulanabilecek üçüncü bir yöntemde nemin mekan havalandırılması ile kontrol edilmesidir [28].

Bu çalışmada bina kabuğunun ısı direncinin gerekli düzeye çıkartılıp, yüzey sıcaklıklarının artırılıp herhangi bir buhar kesici kullanmadan buhar geçişi araştırılmıştır.

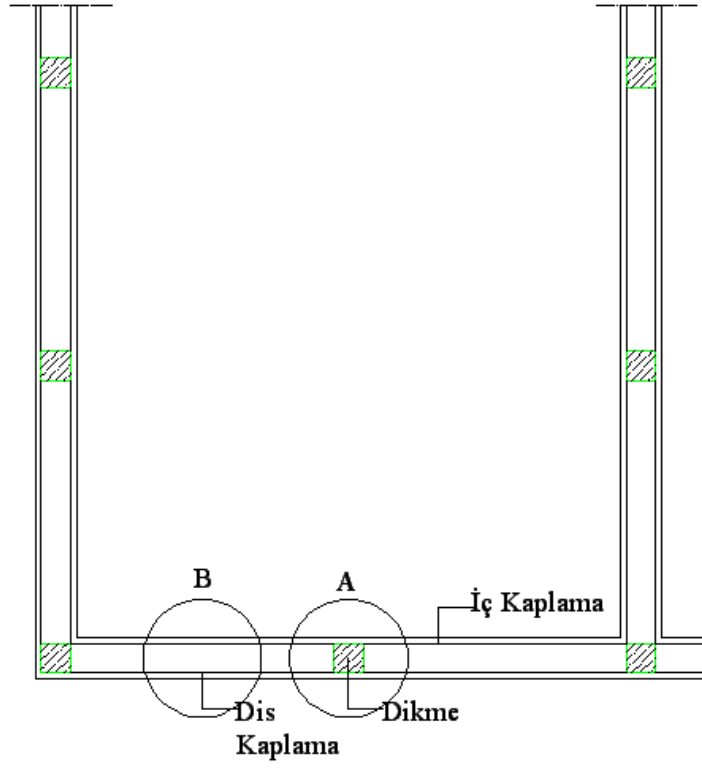
Bu kesit ve grafiklerde öncelikle durumlar ve aynı durum içinde kullanılabilir farklı malzeme çeşidine göre karşılaştırmalı tablolar oluşturulmuştur. Örneğin dolgu malzemesi kullanılmadan farklı kaplama malzemeleriyle oluşturulan kesitler, kesitteki yüzey sıcaklıkları, aynı basınç ve ortam sıcaklıklarındaki ısı geçirgenlik (U) ve kesitte meydana gelen ısı akısı (q) değerleri hesaplanmıştır. Yoğuşma olup olmadığı ve varsa yoğuşmaların miktarları bulunmuştur.

Hesaplarda ısı yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı ($\lambda_{\text{yalıtım}} = 0.04 \text{ W/mK}$) değeri sabit alınmıştır. Kullanılan bağıl nem değerleri; iç ortamda %60 dış ortamda %80 olarak kabul edilmiştir. Ortam sıcaklıkları iç ortam için $19 \text{ }^\circ\text{C}$, dış ortam sıcaklığı $3,3 \text{ }^\circ\text{C}$ (TS 825 2. derece gün bölgesi ocak ayı ortalama dış ortam sıcaklığı) olarak hesaplanmıştır (Ek -2).

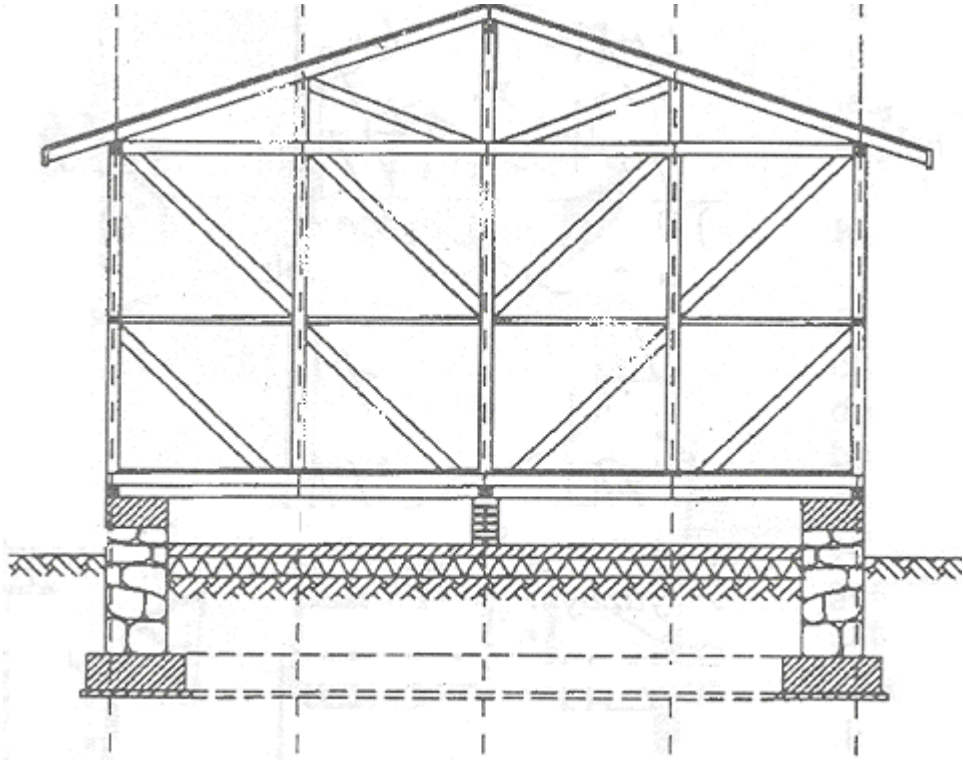
Çalışmada TS 825'teki gibi bina kabuğunu oluşturan yapı elemanlarının nem ile ilgili performansının belirlenmesinde kullanılmak üzere önerilen Glaser Grafik yöntemi esas alınmıştır. Glaser grafik yönteminin yoğuşma kontrolünde sırasıyla aşağıdaki adımlar takip edilmiştir.

1. Adım: Duvar elemanlarının iç ve dış yüzey sıcaklıkları ile bünyesindeki sıcaklıkların belirlenmesi
2. Adım: İç ortam sıcaklıkları ile iç yüzey sıcaklığı arasındaki farkın denetlenmesi
3. Adım: Su buharı difüzyon eşdeğer hava tabakası kalınlığının belirlenmesi
4. Adım: Doymuş buhar basıncı değerlerinin hesaplanması (Ek-3'ten faydalanılmaktadır.)
5. Adım: Kısmi buhar basıncı değerlerinin belirlenmesi
6. Adım: Yoğuşma grafiklerinin hazırlanması
7. Adım: Yoğuşma suyu miktarının hesaplanması

Yukarıda sıralaması verilen bu hesaplamalar, ahşap iskelet yapı sisteminde aşağıdaki plan ve kesit üzerinde belirtilen detay noktaları üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.1-5.2)



Şekil 5.1 Örnek Ahşap İskelet Yapı Planı



Şekil 5.2 Örnek Ahşap İskelet Yapı Kesiti [39]

5.1 Ahşap İskelet Sistemde Herhangi Bir Dolgu Malzemesi Kullanılmaması Durumu

Burada kaplama malzemesi arasına hiçbir dolgu malzemesi koyulmaması durumundaki kesitler yer almaktadır. Kaplama malzemesi olarak; ahşap, alçı levha ve polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha (O.S.B.) kullanılmıştır. Bu durumda üç farklı kesit bulunmuştur. Bunlardan ilki dikmeden geçen, diğeri dikmeler arası boşluktan geçen üçüncüsünde payandadan geçirilerek oluşan kesittir.

- **Dikmeden geçen kesit**

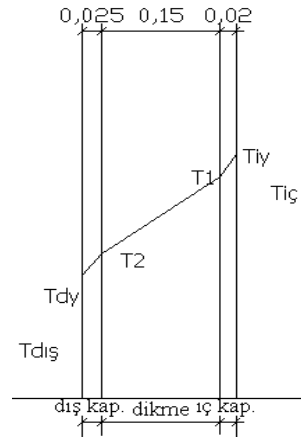
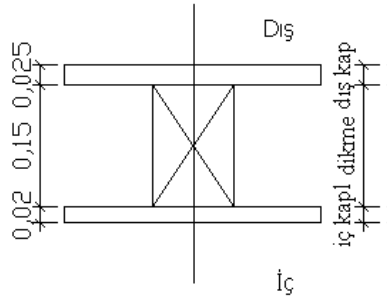
Dikmeden geçen kesit, Şekil 5.1’de A noktası olarak gösterilen yere ait kesittir. Burada farklı yapı malzemeleriyle kaplanan, herhangi bir dolgu malzemesi kullanılmadan oluşturulan sistemde dikmeden geçen kesit verilmiştir. Tablolarda belirtildiği gibi farklı malzemeler kullanılsa da kesitlerin hiç birinde yoğuşma meydana gelmemiştir (Şekil 5.1.1a, Şekil 5.1.1b, Tablo 5.1.1). Isıl geçirgenliği (U) ahşap kaplamada; $0.87 \text{ W/m}^2\text{K}$, alçı levhada; $0.95 \text{ W/m}^2\text{K}$, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada; $0.75 \text{ W/m}^2\text{K}$ olduğu görülmektedir. İç yüzey sıcaklıklarında ısıl konforu açısından uygun olduğu görülmektedir (Ahşap kaplamada $T_{içyüzey}=17.2^{\circ}\text{C}$, alçı levha kaplamada $T_{içyüzey}=17.0^{\circ}\text{C}$, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha (O.S.B.) $T_{içyüzey}=17.4^{\circ}\text{C}$). Isı akısı (q) değerleri ahşap kaplamada; 13.70 W/m^2 , alçı levha kaplamada; 14.99 W/m^2 , polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha kaplamada, 11.77 W/m^2 olarak hesaplanmıştır.

- **Dikmeler arası boşluktan geçen kesit**

Boşluktan geçen kesit, Şekil 5.1’deki B olarak gösterilen yere ait kesittir. Bu kesitlerde ısıl geçirgenliğinin (U) bir miktar arttığı görülmüştür. Ahşap kaplamada; $1.21 \text{ W/m}^2\text{K}$, alçı levhada; $1.37 \text{ W/m}^2\text{K}$, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada (O.S.B.); $1.06 \text{ W/m}^2\text{K}$ olduğu görülmektedir. Bu durumda ısı akıları (q), ahşap kaplamada; 18.99 W/m^2 , alçı levha kaplamada; 21.51 W/m^2 , polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha kaplamada, 16.14 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Kesitlerde yoğuşma meydana gelmemiştir (Şekil 5.1.2a, Şekil 5.1.2b, Tablo 5.1.2).

- **Dikmeler arası boşluktan geçen payandalı kesit**

Boşluktan geçen payandalı kesit, Şekil 5.1’deki B olarak gösterilen yere ait kesittir. Bu kesitlerde ısıl geçirgenliğinin (U) ahşap kaplamada; $1.03 \text{ W/m}^2\text{K}$, alçı levhada; $1.06 \text{ W/m}^2\text{K}$, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada (O.S.B.); $0.86 \text{ W/m}^2\text{K}$ olduğu görülmektedir. Bu durumda ısı akıları (q), ahşap kaplamada; 16.17 W/m^2 , alçı levha kaplamada; 16.64 W/m^2 , polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha kaplamada, 13.50 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Kesitlerde yoğuşma meydana gelmemiştir (Şekil 5.1.3a, Şekil 5.1.3b, Tablo 5.1.3).

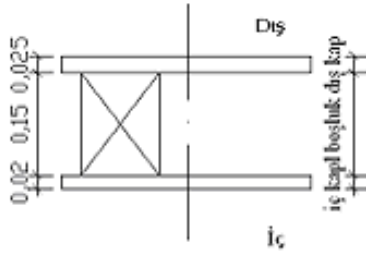


Şekil 5.1.1a Ahşap İskelet Sistemde Dikmeden Geçen Plan Kesiti

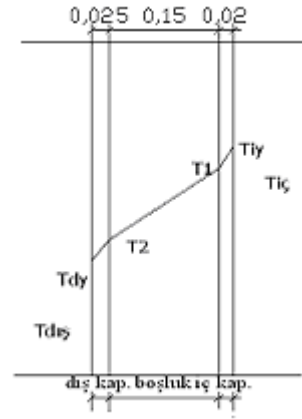
Şekil 5.1.1b Ahşap İskelet Sistemde Dikmeden Geçen Kesit

Tablo 5.1.1 Ahşap iskelet sistemde dolgu malzemesi kullanılmaması durumu dikmeden geçen kesit yoğuşma tahkiki

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m²K)	q (W/m²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{\text{ahşap}}=0,20\text{W/mK}$ $\mu_{\text{ahşap}}=40$	$T_{\text{dış}}$	3.3	776	0,87	13,70	
	$T_{\text{dışyüzey}}$	3.8	803			
	T_2	5.5	902			
	T_1	15.8	1795			
	$T_{\text{içyüzey}}$	17.2	1963			
	$T_{\text{iç}}$	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{\text{alçıpan}}=0,35\text{W/mK}$ $\mu_{\text{alçıpan}}=8$	$T_{\text{dış}}$	3.3	776	0,95	14,99	
	$T_{\text{dışyüzey}}$	3.9	808			
	T_2	4.9	866			
	T_1	16.1	1830			
	$T_{\text{içyüzey}}$	17.0	1937			
	$T_{\text{iç}}$	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA (O.S.B.) $\lambda_{\text{osb}}=0,13\text{W/mK}$ $\mu_{\text{osb}}=350$	$T_{\text{dış}}$	3.3	776	0,75	11,77	
	$T_{\text{dışyüzey}}$	3.8	803			
	T_2	6.2	949			
	T_1	15.5	1762			
	$T_{\text{içyüzey}}$	17.4	1988			
	$T_{\text{iç}}$	19	2197			



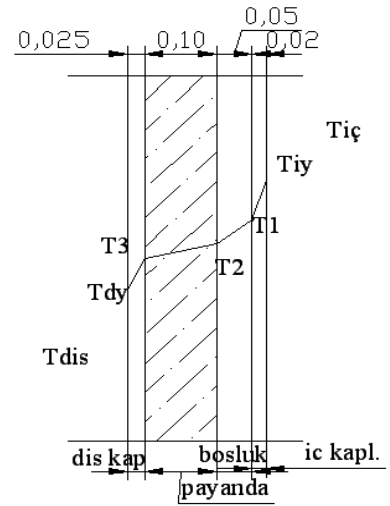
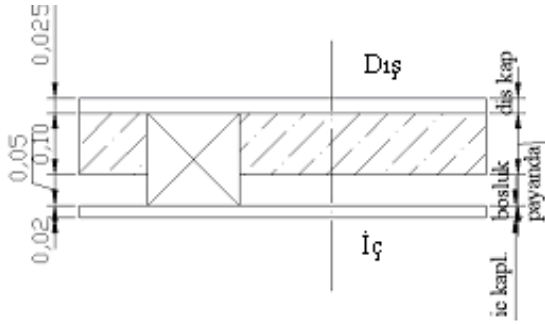
Şekil 5.1.2a Ahşap İskelet Sistemde Dolgu Malzemesi Kullanılmaması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti



Şekil 5.1.2b Ahşap İskelet Sistemde Dolgu Malzemesi Kullanılmaması Durumu Boşluktan Geçen Kesit

Tablo 5.1.2 Ahşap iskelet sistemde dolgu malzemesi kullanılmaması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m²K)	q (W/m²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{\text{ahşap}}=0,20\text{W/mK}$ $\mu_{\text{ahşap}}=40$	T _{dış}	3.3	776	1,21	18,99	
	T _{dışyüzey}	4.1	819			
	T ₂	6.4	961			
	T ₁	14.6	1663			
	T _{içyüzey}	16.5	1878			
	T _{iç}	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{\text{alçıpan}}=0,35\text{W/mK}$ $\mu_{\text{alçıpan}}=8$	T _{dış}	3.3	776	1,37	21,51	
	T _{dışyüzey}	4.2	825			
	T ₂	5.7	913			
	T ₁	15	1706			
	T _{içyüzey}	16.2	1841			
	T _{iç}	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA (O.S.B.) $\lambda_{\text{osb}}=0,13\text{W/mK}$ $\mu_{\text{osb}}=350$	T _{dış}	3.3	776	1,06	16,64	
	T _{dışyüzey}	4.0	813			
	T ₂	7.0	1002			
	T ₁	14.2	1621			
	T _{içyüzey}	16.8	1914			
	T _{iç}	19	2197			



Şekil 5.1.3a Ahşap İskelet Sistemde Dolgu Malzemesi Kullanılmaması Durumu Payandadan Geçen Plan Kesiti

Şekil 5.1.3b Ahşap İskelet Sistemde Dolgu Malzemesi Kullanılmaması Durumu Payandadan Geçen Kesit

Tablo 5.1.3 Ahşap iskelet sistemde dolgu malzemesi kullanılmaması durumu payandadan geçen kesit yoğuşma tahkiki

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m ² K)	q (W/m ²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{\text{ahşap}}=0,20\text{W/mK}$ $\mu_{\text{ahşap}}=40$	T _{dış}	3.3	776	1,03	16,17	
	T _{dışyüzey}	3.9	808			
	T ₃	4.8	861			
	T ₂	12.9	1488			
	T ₁	15.2	1729			
	T _{içyüzey}	16.8	1914			
	T _{iç}	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{\text{alçıpan}}=0,35\text{W/mK}$ $\mu_{\text{alçıpan}}=8$	T _{dış}	3.3	776	1,06	16,64	
	T _{dışyüzey}	3.9	808			
	T ₃	5.1	878			
	T ₂	13.4	1538			
	T ₁	15.8	1795			
	T _{içyüzey}	16.8	1914			
	T _{iç}	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA (O.S.B.) $\lambda_{\text{osb}}=0,13\text{W/mK}$ $\mu_{\text{osb}}=350$	T _{dış}	3.3	776	0,86	13,50	
	T _{dışyüzey}	3.8	803			
	T ₃	6.4	961			
	T ₂	13.1	1508			
	T ₁	15.1	1717			
	T _{içyüzey}	17.2	1963			
	T _{iç}	19	2197			

5.2. Ahşap İskelet Sistemde Dikmeler arası Boşlukta 0.05 m 'lik Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu

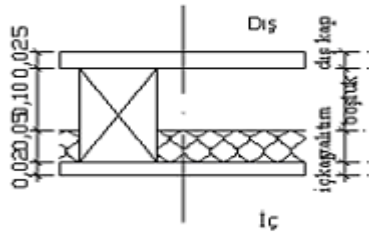
Ahşap iskelet sistemde dikmeler arası boşluğa dolgu malzemesi olarak 0.05 m kalınlığında yalıtım malzemeleri kullanılması da ısıl geçirgenliğinin (U) iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Burada yalıtım malzemesinin seçiminde buhar difüzyon direnç faktörü ($\mu_{\text{yalıtım}}$) değeri 1, 50, 100, 150 ve 200 kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır.

- **Yalıtım malzemesinin difüzyon direnç faktörünün 1 olması durumu ($\mu_{\text{yalıtım}}=1$)**

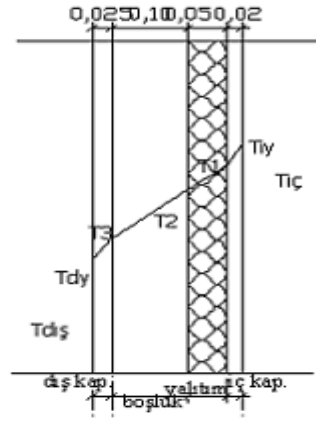
Ahşap iskelet sistemde yalıtım malzemesi kullanılarak elde edilen kesitlerde ısıl geçirgenliğinin (U) iyileşmiş (ahşap kaplamada; $0.51 \text{ W/m}^2\text{K}$, alçı levhada; $0.55 \text{ W/m}^2\text{K}$, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada; $0.48 \text{ W/m}^2\text{K}$) olduğu görülmektedir (Şekil 5.2.1a, Şekil 5.2.1b, Tablo 5.2.1.). Isı akısı (q) değerleri ahşap kaplamada; 8.11 W/m^2 , alçı levha kaplamada; 8.63 W/m^2 , polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha kaplamada, 7.64 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Tablo 5.2.1'de buhar difüzyon direnç faktörü ($\mu_{\text{yalıtım}}=1$) 1 olan yalıtım malzemesinin iç tarafta kullanılması durumunda yoğuşma olduğu görülmektedir.

- **Yalıtım malzemesinin difüzyon direnç faktörünün 50 olması durumu ($\mu_{\text{yalıtım}}=50$)**

Tablo 5.2.1'de görülen grafiklerde buhar geçişi açısından problemler olduğu görülmektedir. Bunun üzerine aynı kesit üzerinde yalıtım malzemesine ait buhar difüzyon direnç faktörü ($\mu_{\text{yalıtım}}=50$) 50 olan yalıtım malzemesi kullanıldığı düşünülerek hesaplar yapılmıştır. Bu yapılan hesaplamalarda kesitlerde ki ısıl geçirgenliğinde (U) beklenildiği gibi değişmemektedir (kesitteki malzeme kalınlıkları ve ısı iletim katsayısı (λ) değerleri değişmediği için). Tablo 5.2.2'de buhar difüzyon direnç faktörü ($\mu_{\text{yalıtım}}=50$) 50 olan yalıtım malzemesi iç tarafta kullanılmasına rağmen ahşap ve alçı levha kaplamada yoğuşma olmadığı görülmüştür. Sadece polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha (O.S.B.) kaplı kesitte yoğuşma olduğu görülmektedir.



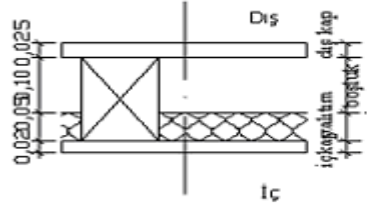
Şekil 5.2.1a Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti
($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 1$)



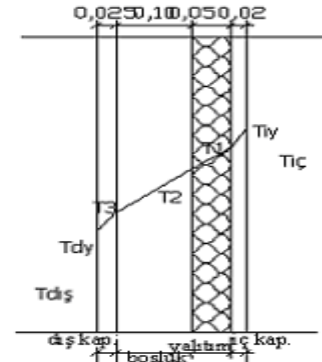
Şekil 5.2.1b Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit
($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 1$)

Tablo 5.2.1 Ahşap iskelet sistemde 0.05m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{yalıtım} = 1$)

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m ² K)	q (W/m ²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{ahşap} = 0,20$ W/mK $\mu_{ahşap} = 40$	T _{dış}	3.3	776	0,51	8,11	 Yoğuşma miktarı: 118x10 ⁻⁶ gr/m ² h
	T _{dışyüzey}	3.6	793			
	T ₃	4.5	843			
	T ₂	6.9	995			
	T ₁	17.1	1950			
	T _{içyüzey}	17.9	2052			
	T _{iç}	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{alçıpan} = 0,35$ W/mK $\mu_{alçıpan} = 8$	T _{dış}	3.3	776	0,55	8,63	 Yoğuşma miktarı: 635x10 ⁻⁶ gr/m ² h
	T _{dışyüzey}	3.6	793			
	T ₃	4.2	825			
	T ₂	6.6	975			
	T ₁	17.4	1988			
	T _{içyüzey}	17.9	2052			
	T _{iç}	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA $\lambda_{osb} = 0,13$ W/mK $\mu_{osb} = 350$	T _{dış}	3.3	776	0,48	7,64	 Yoğuşma miktarı: 18x10 ⁻⁶ gr/m ² h
	T _{dışyüzey}	3.6	793			
	T ₃	5.0	872			
	T ₂	7.2	1016			
	T ₁	16.8	1914			
	T _{içyüzey}	18	2065			
	T _{iç}	19	2197			



Şekil 5.2.2a Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti
($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 50$)



Şekil 5.2.2b Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit
($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 50$)

Tablo 5.2.2 Ahşap iskelet sistemde 0.05m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{yalıtım} = 50$)

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m ² K)	q (W/m ²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{ahşap} = 0,20$ W/mK $\mu_{ahşap} = 40$	T _{dış}	3.3	776	0,51	8,11	
	T _{dışyüzey}	3.6	793			
	T ₃	4.5	843			
	T ₂	6.9	995			
	T ₁	17.1	1950			
	T _{içyüzey}	17.9	2052			
	T _{iç}	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{alçıpan} = 0,35$ W/mK $\mu_{alçıpan} = 8$	T _{dış}	3.3	776	0,55	8,63	
	T _{dışyüzey}	3.6	793			
	T ₃	4.2	825			
	T ₂	6.6	975			
	T ₁	17.4	1988			
	T _{içyüzey}	17.9	2052			
	T _{iç}	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA $\lambda_{osb} = 0,13$ W/mK $\mu_{osb} = 350$	T _{dış}	3.3	776	0,48	7,64	
	T _{dışyüzey}	3.6	793			
	T ₃	5.0	872			
	T ₂	7.2	1016			
	T ₁	16.8	1914			
	T _{içyüzey}	18	2065			
	T _{iç}	19	2197			
						Yoğuşma miktarı: 9×10^{-6} gr/m ² h

- **Yalıtım malzemesinin difüzyon direnç faktörünün 100 olması durumu ($\mu_{\text{yalıtım}}=100$)**

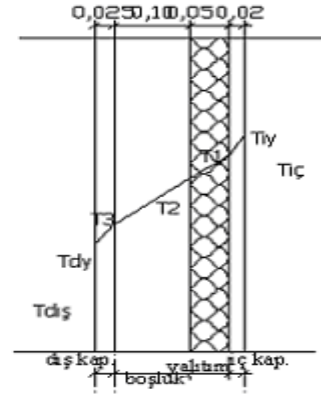
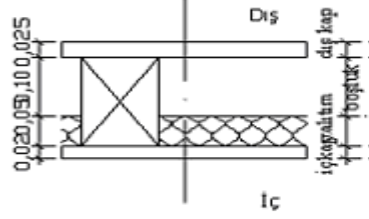
Tablo 5.2.2’de yalıtım malzemesine ait buhar difüzyon direnç faktörü ($\mu_{\text{yalıtım}}$) 50 olarak hesap yapıldığında ahşap kaplama ve alçı levha kaplamalı kesitlerdeki yoğuşma olmadığı görülmektedir. Yalıtım malzemesine ait buhar difüzyon direnç faktörü 100 ($\mu_{\text{yalıtım}}=100$) olarak hesap yapıldığında ısı geçirgenliğinde (U) herhangi bir değişiklik olmadığı görülmektedir (ahşap kaplamada; 0.51 W/m²K, alçı levhada; 0.55 W/m²K, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada; 0.48 W/m²K), buhar geçişi açısından ahşap kaplama ve alçı levha kaplamalarda yoğuşma olmazken (Şekil 5.2.3a, Şekil 5.2.3b, Tablo 5.2.3.) polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada ki yoğuşma miktarında da azalma olduğu görülmektedir.

- **Yalıtım malzemesinin difüzyon direnç faktörünün 150 olması durumu ($\mu_{\text{yalıtım}}=150$)**

Yalıtım malzemesine ait difüzyon direnç faktörü tekrar artırılarak bu kez 150 ($\mu_{\text{yalıtım}}=150$) olarak hesap yapılmıştır. Bu yapılan yeni hesaplamalarda da ısı geçirgenliğinde (U) herhangi bir değişiklik olmadığı görülmektedir (ahşap kaplamada; 0.51 W/m²K, alçı levhada; 0.55 W/m²K, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada; 0.48 W/m²K), buhar geçişi açısından ahşap kaplama ve alçı levha kaplamalarda yine yoğuşma meydana gelmediği (Şekil 5.2.4a, Şekil 5.2.4b, Tablo 5.2.4.) polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada ki yoğuşma miktarının daha da azaldığı görülmektedir.

- **Yalıtım malzemesinin difüzyon direnç faktörünün 200 olması durumu ($\mu_{\text{yalıtım}}=200$)**

Yalıtım malzemesine ait difüzyon direnç faktörü tekrar artırılarak bu kez 200 ($\mu_{\text{yalıtım}}=200$) olarak hesap yapılmıştır. Bu yapılan yeni hesaplamalarda da ısı geçirgenliği yine aynı kalırken (U), (ahşap kaplamada; 0.51 W/m²K, alçı levhada; 0.55 W/m²K, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada; 0.48 W/m²K), buhar geçişi açısından ahşap kaplama ve alçı levha kaplamalarda yoğuşma meydana gelmeyip (Şekil 5.2.5a, Şekil 5.2.5b, Tablo 5.2.5.) polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada noktasal bir yoğuşma meydana geldiği görülmüştür.

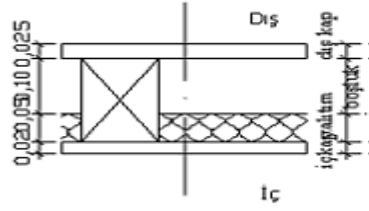


Şekil 5.2.3a Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşlukta Geçen Plan Kesiti
($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 100$)

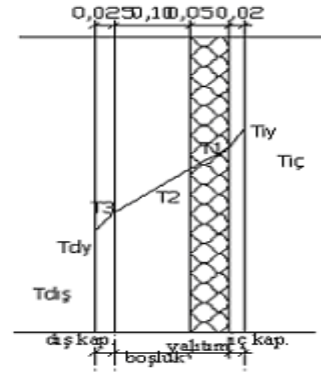
Şekil 5.2.3b Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşlukta Geçen Kesit
($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 100$)

Tablo 5.2.3: Ahşap iskelet sistemde 0.05m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşlukta geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{yalıtım} = 100$)

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m ² K)	q (W/m ²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{ahşap} = 0,20$ W/mK $\mu_{ahşap} = 40$	$T_{dış}$	3.3	776	0,51	8,11	
	$T_{dışyüzey}$	3.6	793			
	T_3	4.5	843			
	T_2	6.9	995			
	T_1	17.1	1950			
	$T_{içyüzey}$	17.9	2052			
	$T_{iç}$	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{alçıpan} = 0,35$ W/mK $\mu_{alçıpan} = 8$	$T_{dış}$	3.3	776	0,55	8,63	
	$T_{dışyüzey}$	3.6	793			
	T_3	4.2	825			
	T_2	6.6	975			
	T_1	17.4	1988			
	$T_{içyüzey}$	17.9	2052			
	$T_{iç}$	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA $\lambda_{osb} = 0,13$ W/mK $\mu_{osb} = 350$	$T_{dış}$	3.3	776	0,48	7,64	
	$T_{dışyüzey}$	3.6	793			
	T_3	5.0	872			
	T_2	7.2	1016			
	T_1	16.8	1914			
	$T_{içyüzey}$	18	2065			
	$T_{iç}$	19	2197			



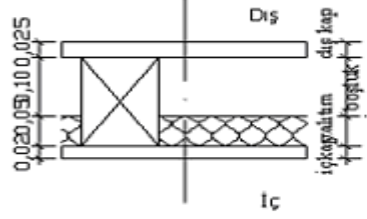
Şekil 5.2.4a Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti
($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 150$)



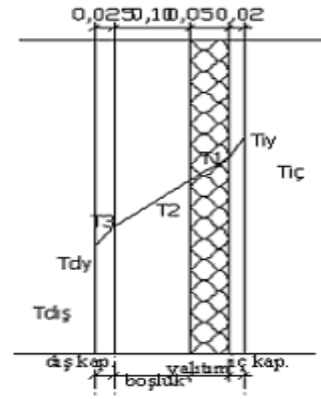
Şekil 5.2.4b Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit
($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 150$)

Tablo 5.2.4: Ahşap iskelet sistemde 0.05m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{yalıtım} = 150$)

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m²K)	q (W/m²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{ahşap} = 0,20$ W/mK $\mu_{ahşap} = 40$	$T_{dış}$	3.3	776	0,517	8,11	 Yoğuşma yok
	$T_{dışyüzey}$	3.6	793			
	T_3	4.5	843			
	T_2	6.9	995			
	T_1	17.1	1950			
	$T_{içyüzey}$	17.9	2052			
	$T_{iç}$	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{alçıpan} = 0,35$ W/mK $\mu_{alçıpan} = 8$	$T_{dış}$	3.3	776	0,55	8,63	 Yoğuşma yok
	$T_{dışyüzey}$	3.6	793			
	T_3	4.2	825			
	T_2	6.6	975			
	T_1	17.4	1988			
	$T_{içyüzey}$	17.9	2052			
	$T_{iç}$	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA $\lambda_{osb} = 0,13$ W/mK $\mu_{osb} = 350$	$T_{dış}$	3.3	776	0,48	7,64	 Yoğuşma miktarı: 3×10^{-6} gr/m²h
	$T_{dışyüzey}$	3.6	793			
	T_3	5.0	872			
	T_2	7.2	1016			
	T_1	16.8	1914			
	$T_{içyüzey}$	18	2065			
	$T_{iç}$	19	2197			



Şekil 5.2.5a Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşlukta Geçen Plan Kesiti
($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 200$)



Şekil 5.2.4b Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşlukta Geçen Kesit
($d_{yalıtım} = 0.05$ m, $\mu_{yalıtım} = 200$)

Tablo 5.2.5 Ahşap iskelet sistemde 0.05m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşlukta geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{yalıtım} = 200$)

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m ² K)	q (W/m ²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{ahşap} = 0,20$ W/mK $\mu_{ahşap} = 40$	T _{dis}	3.3	776	0,51	8,11	 Yoğuşma yok
	T _{disyüzey}	3.6	793			
	T ₃	4.5	843			
	T ₂	6.9	995			
	T ₁	17.1	1950			
	T _{içyüzey}	17.9	2052			
	T _{iç}	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{alçıpan} = 0,35$ W/mK $\mu_{alçıpan} = 8$	T _{dis}	3.3	776	0,55	8,63	 Yoğuşma yok
	T _{disyüzey}	3.6	793			
	T ₃	4.2	825			
	T ₂	6.6	975			
	T ₁	17.4	1988			
	T _{içyüzey}	17.9	2052			
	T _{iç}	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA $\lambda_{osb} = 0,13$ W/mK $\mu_{osb} = 350$	T _{dis}	3.3	776	0,48	7,64	 Yoğuşma noktasal
	T _{disyüzey}	3.6	793			
	T ₃	5.0	872			
	T ₂	7.2	1016			
	T ₁	16.8	1914			
	T _{içyüzey}	18	2065			
	T _{iç}	19	2197			

5.3. Ahşap İskelet Sistem de Dikmeler arası Boşlukta 0.10 m 'lik Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu

Bu kesitle dikmeler arası boşluğa 0.10 m kalınlığında değişik difüzyon direnç faktörüne (μ) sahip yalıtım malzemeleri koyularak ısı geçirgenliğinin (U) 0.05 m yalıtım malzemesi koyulması durumuna göre karşılaştırılması amaçlanmıştır. Buradaki kesitlerde yalıtım malzemesinin difüzyon direnç faktörüne ($\mu_{\text{yalıtım}}$) değeri 1, 50, 100, 150 ve 200 için kesit hesapları yapılmıştır.

- **Yalıtım Malzemesinin Difüzyon Direnç Faktörünün 1 Olması Durumu ($\mu_{\text{yalıtım}}=1$)**

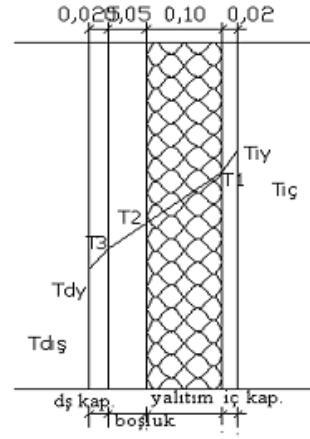
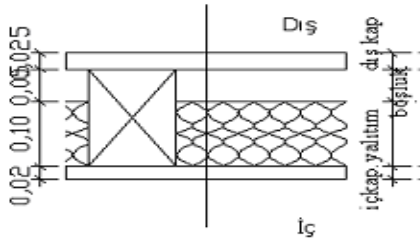
Ahşap iskelet sistemle ilgili yalıtım malzemesi kullanılarak elde edilen kesitlerde ısı geçirgenliğinin (U) iyileşmiş (ahşap kaplamada; 0.33 W/m²K, alçı levhada; 0.34 W/m²K, polimer bağlayıcı ahşap yonga levhada; 0.32 W/m²K) olduğu görülmektedir (Şekil 5.3.1a, Şekil 5.3.1b, Tablo 5.3.1.). Isı akısı (q) değerleri ahşap kaplamada; 5.13 W/m², alçı levha kaplamada; 5.34 W/m², polimer bağlayıcı ahşap yonga levha kaplamada, 5.02 W/m²olarak hesaplanmıştır. Tablo 5.3.1'de buhar difüzyon direnç faktörü ($\mu_{\text{yalıtım}}=1$) 1 olan yalıtım malzemesinin iç tarafta kullanılması durumunda yoğuşma olduğu görülmektedir.

- **Yalıtım Malzemesinin Difüzyon Direnç Faktörünün 50 Olması Durumu ($\mu_{\text{yalıtım}}=50$)**

Tablo 5.3.1'de buhar geçişi açısından problemler olduğu görülmüştür. Bunun üzerine aynı kesit üzerinde yalıtım malzemesine ait buhar difüzyon direnç faktörü ($\mu_{\text{yalıtım}}=50$) 50 olan yapı malzemesi kullanıldığı düşünülerek yeniden hesap yapılmıştır. Bu yapılan yeni hesaplamalarda kesitlerde ki ısı geçirgenliğinde (U) herhangi bir değişiklik olmazken (ahşap kaplamada; 0.33 W/m²K, alçı levhada; 0.34 W/m²K, polimer bağlayıcı ahşap yonga levhada; 0.32 W/m²K), buhar geçişi açısından ahşap kaplama ve alçı levha kaplamalardaki buhar geçiş problemlerinin çözüldüğü yani yoğuşma olmadığı görülmüştür.(Şekil 5.3.2a, Şekil 5.3.2b, Tablo 5.3.2.) Bu kesitlerde sadece polimer bağlayıcı ahşap yonga levhada yoğuşma sorunu oluşmuştur.

- **Yalıtım Malzemesinin Difüzyon Direnç Faktörünün 100 Olması Durumu ($\mu_{\text{yalıtım}}=100$)**

Yalıtım malzemesine ait buhar difüzyon direnç faktörü ($\mu_{\text{yalıtım}}$) 50 olarak hesap yapıldığında Tablo 5.3.2'de görüldüğü gibi ahşap kaplama ve alçı levha kaplamalı kesitlerdeki buhar oluşumu engellendiği görülmüştür. Yalıtım malzemesine ait difüzyon direnç faktörü tekrar artırılarak bu kez 100 ($\mu_{\text{yalıtım}}=100$) olarak hesap yapılmıştır. Bu yapılan yeni hesaplamalarda kesitlerde de ısı geçirgenliğinde (U) herhangi bir değişiklik olmazken (ahşap kaplamada; 0.33 W/m²K, alçı levhada; 0.34 W/m²K, polimer bağlayıcı ahşap yonga levhada; 0.32 W/m²K), buhar geçişi açısından ahşap kaplama ve alçı levha kaplamalarda gene yoğuşma olmazken (Şekil 5.3.3a, Şekil 5.3.3b, Tablo 5.3.3.) polimer bağlayıcı ahşap yonga levhada ki yoğuşma miktarında da azalma olduğu görülmüştür.

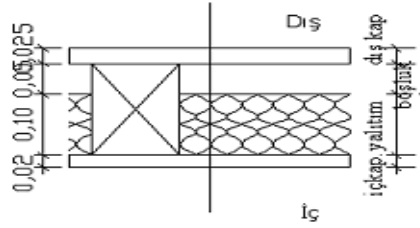


Şekil 5.3.1a Ahşap İskelet Sistemde 0.10m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti ($d_{yalıtım}=0.10$ m, $\mu_{yalıtım}=1$)

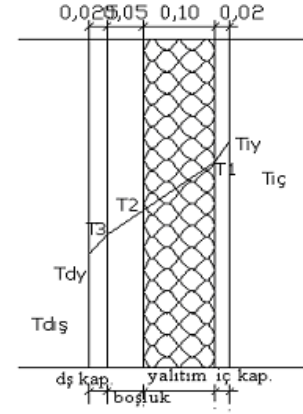
Şekil 5.3.1b Ahşap İskelet Sistemde 0.10m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit ($d_{yalıtım}=0.10$ m, $\mu_{yalıtım}=1$)

Tablo 5.3.1 Ahşap iskelet sistemde 0.10m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{yalıtım}=1$)

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m ² K)	q (W/m ²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{ahşap}=0,20$ W/mK $\mu_{ahşap}=40$	T _{dış}	3.3	776	0,33	5,17	
	T _{dışyüzey}	3.5	787			
	T ₃	4.2	825			
	T ₂	4.9	866			
	T ₁	17.8	2039			
	T _{içyüzey}	18.3	2105			
	T _{iç}	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{alçıpan}=0,35$ W/mK $\mu_{alçıpan}=8$	T _{dış}	3.3	776	0,34	5,34	
	T _{dışyüzey}	3.5	787			
	T ₃	3.8	803			
	T ₂	4.6	849			
	T ₁	18.0	2065			
	T _{içyüzey}	18.3	2105			
	T _{iç}	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA $\lambda_{osb}=0,13$ W/mK $\mu_{osb}=350$	T _{dış}	3.3	776	0,32	5,02	
	T _{dışyüzey}	3.5	787			
	T ₃	4.2	825			
	T ₂	4.9	866			
	T ₁	17.5	2001			
	T _{içyüzey}	18.3	2105			
	T _{iç}	19	2197			



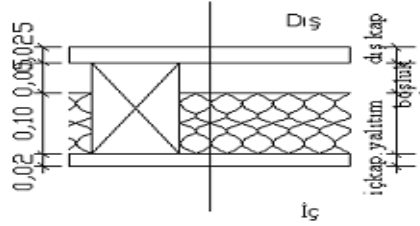
Şekil 5.3.2a Ahşap İskelet Sistemde 0.10m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti
($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 50$)



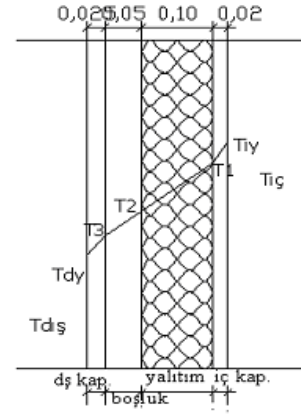
Şekil 5.3.2b Ahşap İskelet Sistemde 0.10m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit
($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 50$)

Tablo 5.3.2 Ahşap iskelet sistemde 0.10m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{yalıtım} = 50$)

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m²K)	q (W/m²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{ahşap} = 0,20$ W/mK $\mu_{ahşap} = 40$	T _{dış}	3.3	776	0,33	5,17	
	T _{dışyüzey}	3.5	787			
	T ₃	4.2	825			
	T ₂	4.9	866			
	T ₁	17.8	2039			
	T _{içyüzey}	18.3	2105			
	T _{iç}	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{alçıpan} = 0,35$ W/mK $\mu_{alçıpan} = 8$	T _{dış}	3.3	776	0,34	5,34	
	T _{dışyüzey}	3.5	787			
	T ₃	3.8	803			
	T ₂	4.6	849			
	T ₁	18.0	2065			
	T _{içyüzey}	18.3	2105			
	T _{iç}	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA $\lambda_{osb} = 0,13$ W/mK $\mu_{osb} = 350$	T _{dış}	3.3	776	0,32	5,02	
	T _{dışyüzey}	3.5	787			
	T ₃	4.2	825			
	T ₂	4.9	866			
	T ₁	17.5	2001			
	T _{içyüzey}	18.3	2105			
	T _{iç}	19	2197			



Şekil 5.3.3a Ahşap İskelet Sistemde 0.10m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti
($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 100$)



Şekil 5.3.3b Ahşap İskelet Sistemde 0.10m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit
($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 100$)

Tablo 5.3.3 Ahşap iskelet sistemde 0.10m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{yalıtım} = 100$)

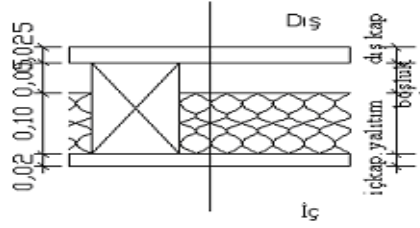
KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m ² K)	q (W/m ²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{ahşap} = 0,20$ W/mK $\mu_{ahşap} = 40$	T _{dış}	3.3	776	0,33	5,17	 Yoğuşma yok
	T _{dışyüzey}	3.5	787			
	T ₃	4.2	825			
	T ₂	4.9	866			
	T ₁	17.8	2039			
	T _{içyüzey}	18.3	2105			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{alçıpan} = 0,35$ W/mK $\mu_{alçıpan} = 8$	T _{dış}	3.3	776	0,34	5,34	 Yoğuşma yok
	T _{dışyüzey}	3.5	787			
	T ₃	3.8	803			
	T ₂	4.6	849			
	T ₁	18.0	2065			
	T _{içyüzey}	18.3	2105			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA $\lambda_{osb} = 0,13$ W/mK $\mu_{osb} = 350$	T _{dış}	3.3	776	0,32	5,02	 Yoğuşma miktarı: 55×10^{-6} gr/m ² h
	T _{dışyüzey}	3.5	787			
	T ₃	4.2	825			
	T ₂	4.9	866			
	T ₁	17.5	2001			
	T _{içyüzey}	18.3	2105			
T _{iç}	19	2197				

- **Yalıtım Malzemesinin Difüzyon Direnç Faktörünün 150 Olması Durumu ($\mu_{\text{yalıtım}}=150$)**

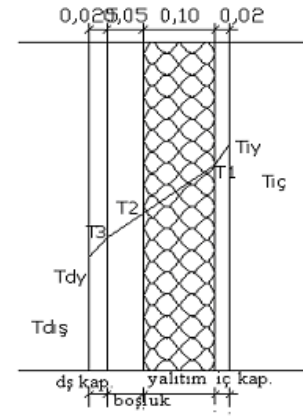
Yalıtım malzemesine ait difüzyon direnç faktörü tekrar arttırılarak bu kez 150 ($\mu_{\text{yalıtım}}=150$) olarak hesap yapılmıştır. Bu yapılan yeni hesaplamalarda da ısı geçirgenliğinde (U) herhangi bir değişiklik olmazken (ahşap kaplamada; 0.33 W/m²K, alçı levhada; 0.34 W/m²K, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada; 0.32 W/m²K), buhar geçişi açısından ahşap kaplama ve alçı levha kaplamalarda yine yoğuşma meydana gelmediği (Şekil 5.3.4a, Şekil 5.3.4b, Tablo 5.3.4.) polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhalı kesitte noktasal bir yoğuşma görülmektedir.

- **Yalıtım Malzemesinin Difüzyon Direnç Faktörünün 200 Olması Durumu ($\mu_{\text{yalıtım}}=200$)**

Yalıtım malzemesine ait difüzyon direnç faktörü tekrar arttırılarak bu kez 200 ($\mu_{\text{yalıtım}}=200$) olarak hesap yapılmıştır. Bu yapılan yeni hesaplamalarda da ısı geçirgenliği yine aynı kalırken (U), (ahşap kaplamada; 0.33 W/m²K, alçı levhada; 0.34 W/m²K, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada; 0.32 W/m²K), buhar geçişi açısından ahşap, alçı levha ve polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha kaplamalarda yoğuşma meydana gelmediği (Şekil 5.3.5a, Şekil 5.3.5b, Tablo 5.3.5.) görülmektedir.



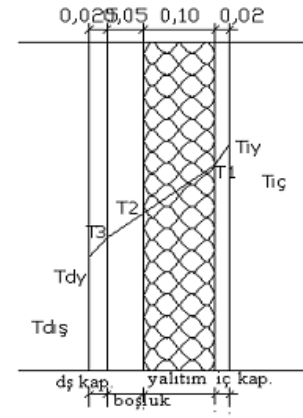
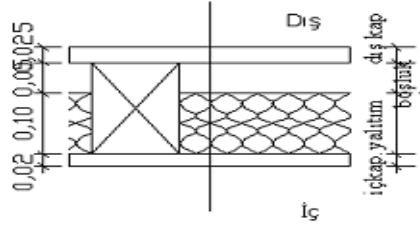
Şekil 5.3.4a Ahşap İskelet Sistemde 0.10m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti
($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 150$)



Şekil 5.3.4b Ahşap İskelet Sistemde 0.10m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit
($d_{yalıtım} = 0.10$ m, $\mu_{yalıtım} = 150$)

Tablo 5.3.4 Ahşap iskelet sistemde 0.10m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{yalıtım} = 150$)

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m²K)	q (W/m²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{ahşap} = 0,20$ W/mK $\mu_{ahşap} = 40$	$T_{dış}$	3.3	776	0,33	5,17	
	$T_{dışyüzey}$	3.5	787			
	T_3	4.2	825			
	T_2	4.9	866			
	T_1	17.8	2039			
	$T_{içyüzey}$	18.3	2105			
	$T_{iç}$	19	2197			Yoğuşma yok
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{alçıpan} = 0,35$ W/mK $\mu_{alçıpan} = 8$	$T_{dış}$	3.3	776	0,34	5,34	
	$T_{dışyüzey}$	3.5	787			
	T_3	3.8	803			
	T_2	4.6	849			
	T_1	18.0	2065			
	$T_{içyüzey}$	18.3	2105			
	$T_{iç}$	19	2197			Yoğuşma yok
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA $\lambda_{osb} = 0,13$ W/mK $\mu_{osb} = 350$	$T_{dış}$	3.3	776	0,32	5,02	
	$T_{dışyüzey}$	3.5	787			
	T_3	4.2	825			
	T_2	4.9	866			
	T_1	17.5	2001			
	$T_{içyüzey}$	18.3	2105			
	$T_{iç}$	19	2197			Yoğuşma noktasal



Şekil 5.3.5a Ahşap İskelet Sistemde 0.10m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti
($d_{yalıtım}=0.10\text{ m}$, $\mu_{yalıtım}=200$)

Şekil 5.3.4b Ahşap İskelet Sistemde 0.10m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit
($d_{yalıtım}=0.10\text{ m}$, $\mu_{yalıtım}=200$)

Tablo 5.3.5 Ahşap iskelet sistemde 0.10m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{yalıtım}=200$)

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m ² K)	q (W/m ²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{ahşap}=0,20\text{W/mK}$ $\mu_{ahşap}=40$	T _{dış}	3.3	776	0,33	5,17	 Yoğuşma yok
	T _{dışyüzey}	3.5	787			
	T ₃	4.2	825			
	T ₂	4.9	866			
	T ₁	17.8	2039			
	T _{içyüzey}	18.3	2105			
	T _{iç}	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{alçıpan}=0,35\text{W/mK}$ $\mu_{alçıpan}=8$	T _{dış}	3.3	776	0,34	5,34	 Yoğuşma yok
	T _{dışyüzey}	3.5	787			
	T ₃	3.8	803			
	T ₂	4.6	849			
	T ₁	18.0	2065			
	T _{içyüzey}	18.3	2105			
	T _{iç}	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA $\lambda_{osb}=0,13\text{W/mK}$ $\mu_{osb}=350$	T _{dış}	3.3	776	0,32	5,02	 Yoğuşma yok
	T _{dışyüzey}	3.5	787			
	T ₃	4.2	825			
	T ₂	4.9	866			
	T ₁	17.5	2001			
	T _{içyüzey}	18.3	2105			
	T _{iç}	19	2197			

5.4. Ahşap İskelet Sistende Dikmeler Arası Boşlukta 0.10 m 'lik Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu

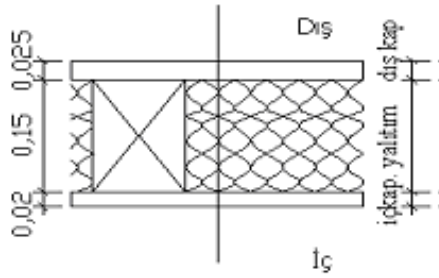
Bu kesitle dikmeler arası boşluğa 0.15 m kalınlığında değişik difüzyon direnç faktörüne (μ) sahip yalıtım malzemeleri koyularak ısı geçirgenliğinin (U) 0.10 m yalıtım malzemesi koyulması durumuna göre karşılaştırılması amaçlanmıştır. Buradaki kesitlerde yalıtım malzemesinin difüzyon direnç faktörüne ($\mu_{\text{yalıtım}}$) değeri 1, 50, 100, 150 ve 200 için kesit hesapları yapılmıştır.

- **Yalıtım Malzemesinin Difüzyon Direnç Faktörünün 1 Olması Durumu ($\mu_{\text{yalıtım}} = 1$)**

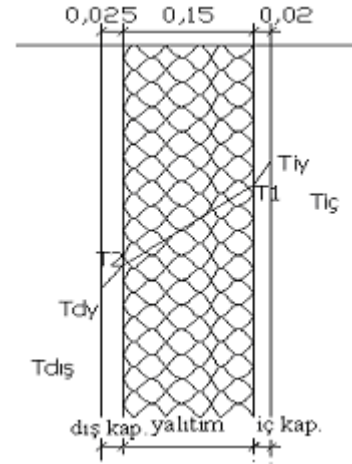
Ahşap iskelet sistemle ilgili yalıtım malzemesi kullanılarak elde edilen kesitlerde ısı geçirgenliğinin (U) iyileşmiş (ahşap kaplamada; $0.24 \text{ W/m}^2\text{K}$, alçı levhada; $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$, polimer bağlayıcı ahşap yonga levhada; $0.24 \text{ W/m}^2\text{K}$) olduğu görülmektedir. (Şekil 5.4.1a, Şekil 5.4.1b, Tablo 5.4.1.) Isı akısı (q) değerleri ahşap kaplamada; 3.79 W/m^2 , alçı levha kaplamada; 3.92 W/m^2 , polimer bağlayıcı ahşap yonga levha kaplamada, 3.77 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Tablo 5.4.1'de buhar difüzyon direnç faktörü ($\mu_{\text{yalıtım}} = 1$) 1 olan yalıtım malzemesinin iç tarafta kullanılması durumunda yoğuşma olduğu görülmektedir.

- **Yalıtım Malzemesinin Difüzyon Direnç Faktörünün 50 Olması Durumu ($\mu_{\text{yalıtım}} = 50$)**

Yukarıda bahsedilen kesitte buhar geçişi açısından problemler olduğu görülmüştür. Bunun üzerine aynı kesit üzerinde yalıtım malzemesine ait buhar difüzyon direnç faktörü ($\mu_{\text{yalıtım}} = 50$) 50 olan yapı malzemesi kullanıldığı düşünülerek yeniden hesap yapılmıştır. Bu yapılan yeni hesaplamalarda kesitlerde ki ısı geçirgenliğinde (U) beklendiği gibi herhangi bir değişiklik olmazken (ahşap kaplamada; $0.24 \text{ W/m}^2\text{K}$, alçı levhada; $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$, polimer bağlayıcı ahşap yonga levhada; $0.24 \text{ W/m}^2\text{K}$), buhar geçişi açısından ahşap kaplama ve alçı levha kaplamalardaki buhar geçiş problemlerinin çözüldüğü yani yoğuşma olmadığı görülmüştür. (Şekil 5.4.2a, Şekil 5.4.2b, Tablo 5.4.2.) Bu kesitlerde sadece polimer bağlayıcı ahşap yonga levhada yoğuşma sorunu oluşmuştur.



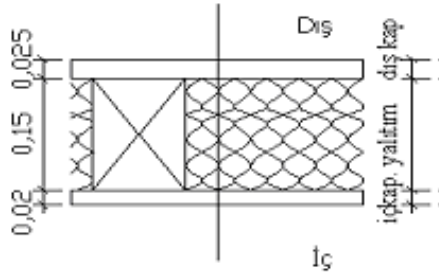
Şekil 5.4.1a Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti
($d_{\text{yalıtım}} = 0.15 \text{ m}$, $\mu_{\text{yalıtım}} = 1$)



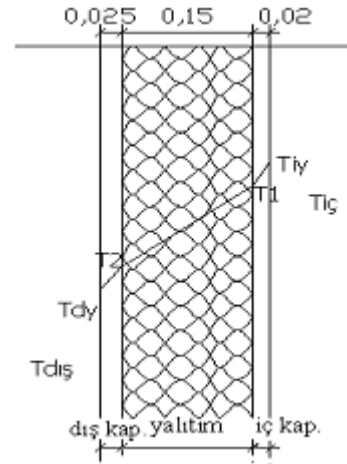
Şekil 5.4.1b Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit
($d_{\text{yalıtım}} = 0.15 \text{ m}$, $\mu_{\text{yalıtım}} = 1$)

Tablo 5.4.1 Ahşap iskelet sistemde 0.15m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{\text{yalıtım}} = 1$)

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m²K)	q (W/m²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{\text{ahşap}} = 0,20 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{ahşap}} = 40$	$T_{\text{dış}}$	3.3	776	0,24	3,79	
	$T_{\text{dışyüzey}}$	3.5	787			
	T_2	3.9	808			
	T_1	18.1	2079			
	$T_{\text{içyüzey}}$	18.5	2132			
	$T_{\text{iç}}$	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{\text{alçıpan}} = 0,35 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{alçıpan}} = 8$	$T_{\text{dış}}$	3.3	776	0,25	3,92	
	$T_{\text{dışyüzey}}$	3.5	787			
	T_2	3.6	793			
	T_1	18.3	2105			
	$T_{\text{içyüzey}}$	18.5	2132			
	$T_{\text{iç}}$	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA $\lambda_{\text{osb}} = 0,13 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{osb}} = 350$	$T_{\text{dış}}$	3.3	776	0,24	3,77	
	$T_{\text{dışyüzey}}$	3.5	787			
	T_2	3.8	803			
	T_1	17.9	2052			
	$T_{\text{içyüzey}}$	18.5	2132			
	$T_{\text{iç}}$	19	2197			
						Yoğuşma miktarı: $349 \times 10^{-6} \text{ gr/m}^2 \text{ h}$
						Yoğuşma miktarı: $555 \times 10^{-6} \text{ gr/m}^2 \text{ h}$
						Yoğuşma miktarı: $26 \times 10^{-6} \text{ gr/m}^2 \text{ h}$



Şekil 5.4.2a Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti
($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 50$)



Şekil 5.4.2b Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit
($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 50$)

Tablo 5.4.2 Ahşap iskelet sistemde 0.15m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{yalıtım} = 50$)

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m ² K)	q (W/m ²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{ahşap} = 0,20$ W/mK $\mu_{ahşap} = 40$	T _{dış}	3.3	776	0,24	3,79	
	T _{dışyüzey}	3.5	787			
	T ₂	3.9	808			
	T ₁	18.1	2079			
	T _{içyüzey}	18.5	2132			
	T _{iç}	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{alçıpan} = 0,35$ W/mK $\mu_{alçıpan} = 8$	T _{dış}	3.3	776	0,25	3,92	
	T _{dışyüzey}	3.5	787			
	T ₂	3.6	793			
	T ₁	18.3	2105			
	T _{içyüzey}	18.5	2132			
	T _{iç}	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA $\lambda_{osb} = 0,13$ W/mK $\mu_{osb} = 350$	T _{dış}	3.3	776	0,24	3,77	
	T _{dışyüzey}	3.5	787			
	T ₂	3.8	803			
	T ₁	17.9	2052			
	T _{içyüzey}	18.5	2132			
	T _{iç}	19	2197			

- **Yalıtım Malzemesinin Difüzyon Direnç Faktörünün 100 Olması Durumu ($\mu_{\text{yalıtım}}=100$)**

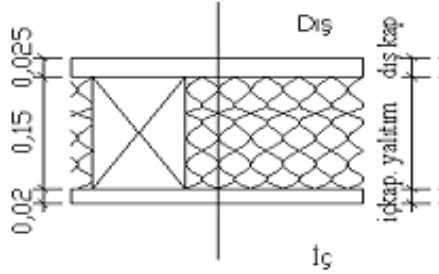
Önceki kesitte yalıtım malzemesine ait buhar difüzyon direnç faktörü ($\mu_{\text{yalıtım}}$) 50 olarak hesap yapıldığında ahşap kaplama ve alçı levha kaplamalı kesitlerdeki buhar oluşumu engellendiği görülmüştür. Yalıtım malzemesine ait difüzyon direnç faktörü tekrar artırılarak bu kez 100 ($\mu_{\text{yalıtım}}=100$) olarak hesap yapılmıştır. Bu yapılan yeni hesaplamalarda kesitlerde de ısı geçirgenliğinde (U) herhangi bir değişiklik olmazken (ahşap kaplamada; 0.24 W/m²K, alçı levhada; 0.25/m²K, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada; 0.24W/m²K), buhar geçişi açısından ahşap kaplama ve alçı levha kaplamalarda gene yoğuşma olmazken (Şekil 5.4.3a, Şekil 5.4.3b, Tablo 5.4.3.) polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada ki yoğuşma miktarında azalma olduğu görülmektedir.

- **Yalıtım Malzemesinin Difüzyon Direnç Faktörünün 150 Olması Durumu ($\mu_{\text{yalıtım}}=150$)**

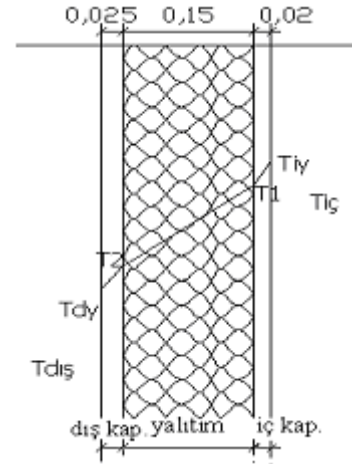
Yalıtım malzemesine ait difüzyon direnç faktörü tekrar artırılarak bu kez 150 ($\mu_{\text{yalıtım}}=150$) olarak hesap yapılmıştır. Bu yapılan yeni hesaplamalarda da ısı geçirgenliğinde (U) herhangi bir değişiklik olmazken (ahşap kaplamada; 0.24 W/m²K, alçı levhada; 0.25 W/m²K, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada; 0.24 W/m²K), buhar geçişi açısından ahşap, alçı levha ve polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha (O.S.B.) kaplamalarda yoğuşma meydana gelmediği (Şekil 5.4.4a, Şekil 5.4.4b, Tablo 5.4.4.) görülmektedir.

- **Yalıtım Malzemesinin Difüzyon Direnç Faktörünün 200 Olması Durumu ($\mu_{\text{yalıtım}}=200$)**

Yalıtım malzemesine ait difüzyon direnç faktörü tekrar artırılarak bu kez 200 ($\mu_{\text{yalıtım}}=200$) olarak hesap yapılmıştır. Bu yapılan yeni hesaplamalarda da ısı geçirgenliği aynı kalırken (U), (ahşap kaplamada; 0.24 W/m²K, alçı levhada; 0.25 W/m²K, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada; 0.24 W/m²K), buhar geçişi açısından ahşap, alçı levha ve polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha kaplamalarda yoğuşma meydana gelmediği (Şekil 5.4.5a, Şekil 5.4.5b, Tablo 5.4.5.) görülmektedir.



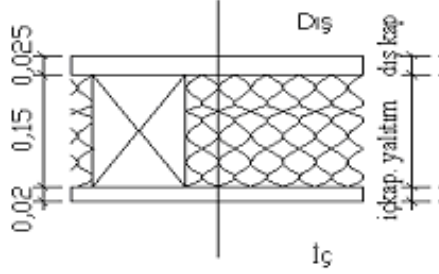
Şekil 5.4.3a Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti
($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 100$)



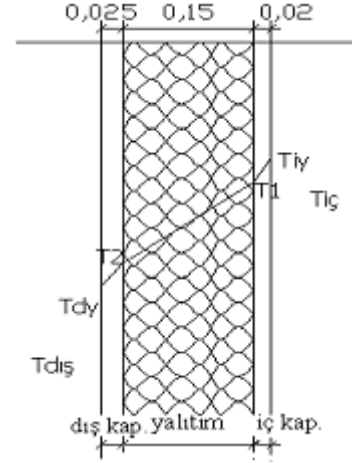
Şekil 5.4.3b Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit
($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 100$)

Tablo 5.4.3 Ahşap iskelet sistemde 0.15m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{yalıtım} = 100$)

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m²K)	q (W/m²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{ahşap} = 0,20$ W/mK $\mu_{ahşap} = 40$	$T_{dış}$	3.3	776	0,24	3,79	
	$T_{dışyüzey}$	3.5	787			
	T_2	3.9	808			
	T_1	18.1	2079			
	$T_{içyüzey}$	18.5	2132			
	$T_{iç}$	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{alçıpan} = 0,35$ W/mK $\mu_{alçıpan} = 8$	$T_{dış}$	3.3	776	0,25	3,92	
	$T_{dışyüzey}$	3.5	787			
	T_2	3.6	793			
	T_1	18.3	2105			
	$T_{içyüzey}$	18.5	2132			
	$T_{iç}$	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA $\lambda_{osb} = 0,13$ W/mK $\mu_{osb} = 350$	$T_{dış}$	3.3	776	0,24	3,77	
	$T_{dışyüzey}$	3.5	787			
	T_2	3.8	803			
	T_1	17.9	2052			
	$T_{içyüzey}$	18.5	2132			
	$T_{iç}$	19	2197			



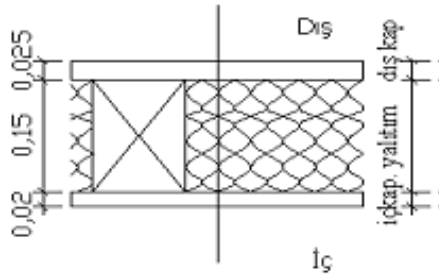
Şekil 5.4.4a Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti
($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 150$)



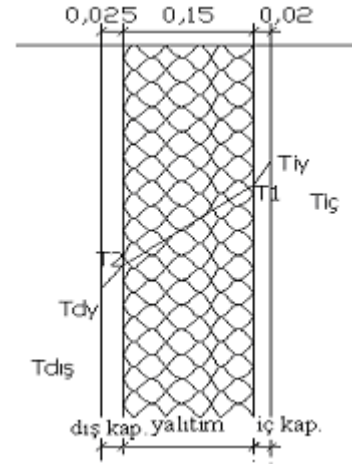
Şekil 5.4.4b Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit
($d_{yalıtım} = 0.15$ m, $\mu_{yalıtım} = 150$)

Tablo 5.4.4 Ahşap iskelet sistemde 0.15m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{yalıtım} = 150$)

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m ² K)	q (W/m ²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{ahşap} = 0,20$ W/mK $\mu_{ahşap} = 40$	T _{dış}	3.3	776	0,24	3,79	
	T _{dışyüzey}	3.5	787			
	T ₂	3.9	808			
	T ₁	18.1	2079			
	T _{içyüzey}	18.5	2132			
	T _{iç}	19	2197			
Yoğuşma yok						
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{alçıpan} = 0,35$ W/mK $\mu_{alçıpan} = 8$	T _{dış}	3.3	776	0,25	3,92	
	T _{dışyüzey}	3.5	787			
	T ₂	3.6	793			
	T ₁	18.3	2105			
	T _{içyüzey}	18.5	2132			
	T _{iç}	19	2197			
Yoğuşma yok						
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA $\lambda_{osb} = 0,13$ W/mK $\mu_{osb} = 350$	T _{dış}	3.3	776	0,24	3,77	
	T _{dışyüzey}	3.5	787			
	T ₂	3.8	803			
	T ₁	17.9	2052			
	T _{içyüzey}	18.5	2132			
	T _{iç}	19	2197			
Yoğuşma yok						



Şekil 5.4.5a Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti
($d_{\text{yalıtım}} = 0.15 \text{ m}$, $\mu_{\text{yalıtım}} = 200$)



Şekil 5.4.5b Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit
($d_{\text{yalıtım}} = 0.15 \text{ m}$, $\mu_{\text{yalıtım}} = 200$)

Tablo 5.4.5 Ahşap iskelet sistemde 0.15m yalıtım malzemesi kullanılması durumu boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{\text{yalıtım}} = 200$)

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFIĞI
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m²K)	q (W/m²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{\text{ahşap}} = 0,20 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{ahşap}} = 40$	$T_{\text{dış}}$	3.3	776	0,24	3,79	
	$T_{\text{dışyüzey}}$	3.5	787			
	T_2	3.9	808			
	T_1	18.1	2079			
	$T_{\text{içyüzey}}$	18.5	2132			
	$T_{\text{iç}}$	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{\text{alçıpan}} = 0,35 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{alçıpan}} = 8$	$T_{\text{dış}}$	3.3	776	0,25	3,92	
	$T_{\text{dışyüzey}}$	3.5	787			
	T_2	3.6	793			
	T_1	18.3	2105			
	$T_{\text{içyüzey}}$	18.5	2132			
	$T_{\text{iç}}$	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA $\lambda_{\text{osb}} = 0,13 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{osb}} = 350$	$T_{\text{dış}}$	3.3	776	0,24	3,77	
	$T_{\text{dışyüzey}}$	3.5	787			
	T_2	3.8	803			
	T_1	17.9	2052			
	$T_{\text{içyüzey}}$	18.5	2132			
	$T_{\text{iç}}$	19	2197			

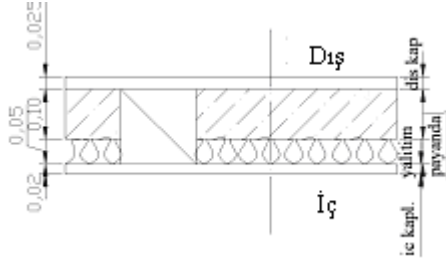
5.5 Ahşap İskelet Sistemin 0.05 m Yalıtımlı Payandadan Geçen Kesiti

- **Yalıtım malzemesinin difüzyon direnç faktörünün 1 olması durumu ($\mu_{\text{yalıtım}} = 1$)**

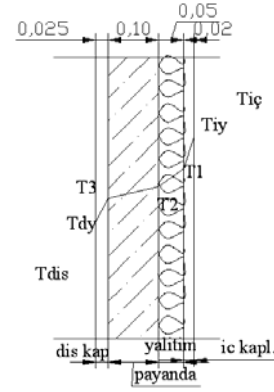
Ahşap iskelet sistemde yalıtım malzemesi kullanılarak elde edilen kesitlerde ısı geçirgenliğinin (U) iyileşmiş (ahşap kaplamada; 0.46 W/m²K, alçı levhada; 0.49 W/m²K, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada; 0.44 W/m²K) olduğu görülmektedir (Şekil 5.5.1a, Şekil 5.5.1b, Tablo 5.5.1). Isı akısı (q) değerleri ahşap kaplamada; 7.22 W/m², alçı levha kaplamada; 7.69 W/m², polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha kaplamada, 6.91 W/m² olarak hesaplanmıştır. Tablo 5.5.1'de buhar difüzyon direnç faktörü ($\mu_{\text{yalıtım}} = 1$) 1 olan yalıtım malzemesinin iç tarafta kullanılması durumunda yoğuşma olduğu görülmektedir.

- **Yalıtım malzemesinin difüzyon direnç faktörünün 50 olması durumu ($\mu_{\text{yalıtım}} = 50$)**

Tablo 5.5.1'de görülen grafiklerde buhar geçişi açısından problemler olduğu görülmektedir. Bunun üzerine aynı kesit üzerinde yalıtım malzemesine ait buhar difüzyon direnç faktörü ($\mu_{\text{yalıtım}} = 50$) 50 olan yalıtım malzemesi kullanıldığı düşünülerek hesaplar yapılmıştır. Bu yapılan hesaplamalarda kesitlerde ki ısı geçirgenliğinde (U) beklenildiği gibi değişmemektedir (kesitteki malzeme kalınlıkları ve ısı iletim katsayısı (λ) değerleri değişmediği için). Tablo 5.5.2'de buhar difüzyon direnç faktörü ($\mu_{\text{yalıtım}} = 50$) 50 olan yalıtım malzemesi iç tarafta kullanılmasına rağmen ahşap ve alçı levha kaplamada yoğuşma olmadığı görülmüştür. Sadece polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha (O.S.B.) kaplı kesitte yoğuşma olduğu görülmektedir.



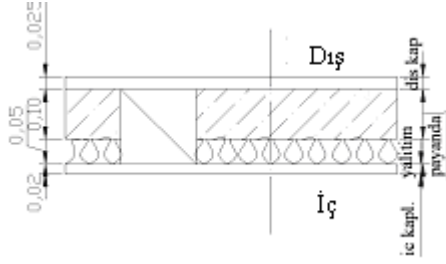
Şekil 5.5.1a Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Payandadan Geçen Plan Kesiti
($d_{\text{yalıtım}} = 0.05 \text{ m}$, $\mu_{\text{yalıtım}} = 1$)



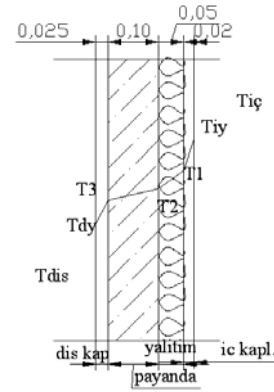
Şekil 5.5.1b Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Payandadan Geçen Kesit
($d_{\text{yalıtım}} = 0.05 \text{ m}$, $\mu_{\text{yalıtım}} = 1$)

Tablo 5.5.1 Ahşap iskelet sistemde 0.05m yalıtım malzemesi kullanılması durumu payandadan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{\text{yalıtım}} = 1$)

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m²K)	q (W/m²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{\text{ahşap}} = 0,20 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{ahşap}} = 40$	T_{dis}	3.3	776	0,46	7,22	
	$T_{\text{disyüzey}}$	3.6	793			
	T_3	3.8	803			
	T_2	8.4	1103			
	T_1	17.4	1988			
	$T_{\text{içyüzey}}$	18.1	2079			
	$T_{\text{iç}}$	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{\text{alçıpan}} = 0,35 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{alçıpan}} = 8$	T_{dis}	3.3	776	0,49	7,69	
	$T_{\text{disyüzey}}$	3.6	793			
	T_3	4.1	819			
	T_2	8	1073			
	T_1	17.6	2014			
	$T_{\text{içyüzey}}$	18	2065			
	$T_{\text{iç}}$	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA (O.S.B.) $\lambda_{\text{osb}} = 0,13 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{osb}} = 350$	T_{dis}	3.3	776	0,44	6,91	
	$T_{\text{disyüzey}}$	3.6	793			
	T_3	4.9	866			
	T_2	8.4	1103			
	T_1	17	1937			
	$T_{\text{içyüzey}}$	18.1	2079			
	$T_{\text{iç}}$	19	2197			



Şekil 5.5.2a Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Payandadan Geçen Plan Kesiti
($d_{\text{yalıtım}} = 0.05 \text{ m}$, $\mu_{\text{yalıtım}} = 50$)



Şekil 5.5.2b Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Payandadan Geçen Kesit
($d_{\text{yalıtım}} = 0.05 \text{ m}$, $\mu_{\text{yalıtım}} = 50$)

Tablo 5.5.2 Ahşap iskelet sistemde 0.05m yalıtım malzemesi kullanılması durumu payandadan geçen kesit yoğunlaşma tahkiki ($\mu_{\text{yalıtım}} = 50$)

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m²K)	q (W/m²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{\text{ahşap}} = 0,20 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{ahşap}} = 40$	T _{dis}	3.3	776	0,46	7,22	
	T _{disyüzey}	3.6	793			
	T ₃	3.8	803			
	T ₂	8.4	1103			
	T ₁	17.4	1988			
	T _{içyüzey}	18.1	2079			
	T _{iç}	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{\text{alçıpan}} = 0,35 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{alçıpan}} = 8$	T _{dis}	3.3	776	0,49	7,69	
	T _{disyüzey}	3.6	793			
	T ₃	4.1	819			
	T ₂	8	1073			
	T ₁	17.6	2014			
	T _{içyüzey}	18	2065			
	T _{iç}	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA (O.S.B.) $\lambda_{\text{osb}} = 0,13 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{osb}} = 350$	T _{dis}	3.3	776	0,44	6,91	
	T _{disyüzey}	3.6	793			
	T ₃	4.9	866			
	T ₂	8.4	1103			
	T ₁	17	1937			
	T _{içyüzey}	18.1	2079			
	T _{iç}	19	2197			

- **Yalıtım Malzemesinin Difüzyon Direnç Faktörünün 100 Olması Durumu ($\mu_{\text{yalıtım}}=100$)**

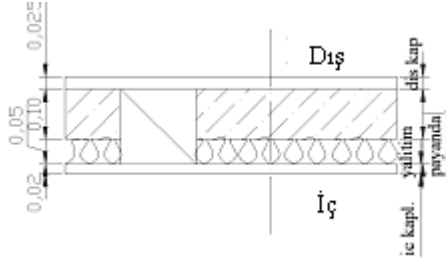
Tablo 5.5.2’de yalıtım malzemesine ait buhar difüzyon direnç faktörü ($\mu_{\text{yalıtım}}$) 50 olarak hesap yapıldığında ahşap kaplama ve alçı levha kaplamalı kesitlerdeki yoğuşma olmadığı görülmektedir. Yalıtım malzemesine ait buhar difüzyon direnç faktörü 100 ($\mu_{\text{yalıtım}}=100$) olarak hesap yapıldığında ısı geçirgenliğinde (U) herhangi bir değişiklik olmadığı görülmektedir (ahşap kaplamada; 0.46 W/m²K, alçı levhada; 0.49 W/m²K, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada; 0.44 W/m²K), buhar geçişi açısından ahşap kaplama, alçı levha ve polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada kaplamalarda yoğuşma olmadığı (Şekil 5.5.3a, Şekil 5.5.3b, Tablo 5.5.3) görülmektedir.

- **Yalıtım Malzemesinin Difüzyon Direnç Faktörünün 150 Olması Durumu ($\mu_{\text{yalıtım}}=150$)**

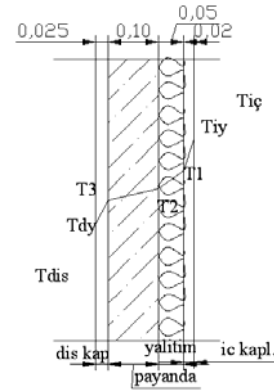
Yalıtım malzemesine ait difüzyon direnç faktörü tekrar arttırılarak bu kez 150 ($\mu_{\text{yalıtım}}=150$) olarak hesap yapılmıştır. Bu yapılan yeni hesaplamalarda da ısı geçirgenliğinde (U) herhangi bir değişiklik olmadığı görülmektedir (ahşap kaplamada; 0.46 W/m²K, alçı levhada; 0.49 W/m²K, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada; 0.44 W/m²K), buhar geçişi açısından ahşap kaplama, alçı levha ve polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada kaplamalarda yoğuşma meydana gelmediği (Şekil 5.5.4a, Şekil 5.5.4b, Tablo 5.5.4) görülmüştür.

- **Yalıtım Malzemesinin Difüzyon Direnç Faktörünün 200 Olması Durumu ($\mu_{\text{yalıtım}}=200$)**

Yalıtım malzemesine ait difüzyon direnç faktörü tekrar arttırılarak bu kez 200 ($\mu_{\text{yalıtım}}=200$) olarak hesap yapılmıştır. Bu yapılan yeni hesaplamalarda da ısı geçirgenliği gene aynı kalırken (U), (ahşap kaplamada; 0.46 W/m²K, alçı levhada; 0.49 W/m²K, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada; 0.44 W/m²K), buhar geçişi açısından ahşap, alçı levha ve polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada kaplamaların hiç birinde yoğuşma meydana gelmediği görülmüştür (Şekil 5.5.5a, Şekil 5.5.5b, Tablo 5.5.5).



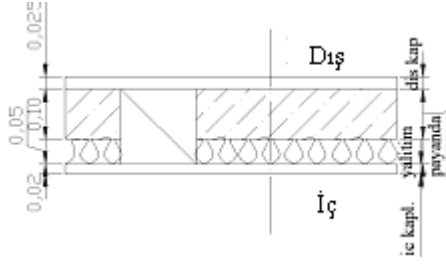
Şekil 5.5.3a Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Payandadan Geçen Plan Kesiti
($d_{\text{yalıtım}} = 0.05 \text{ m}$, $\mu_{\text{yalıtım}} = 100$)



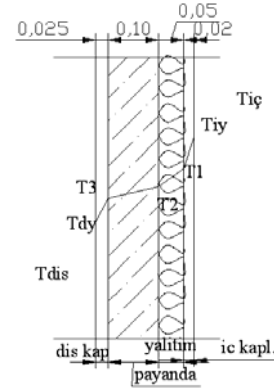
Şekil 5.5.3b Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Payandadan Geçen Kesit
($d_{\text{yalıtım}} = 0.05 \text{ m}$, $\mu_{\text{yalıtım}} = 100$)

Tablo 5.5.3 Ahşap iskelet sistemde 0.05m yalıtım malzemesi kullanılması durumu payandadan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{\text{yalıtım}} = 100$)

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m²K)	q (W/m²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{\text{ahşap}} = 0,20 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{ahşap}} = 40$	T_{dis}	3.3	776	0,46	7,22	
	$T_{\text{disyüzey}}$	3.6	793			
	T_3	3.8	803			
	T_2	8.4	1103			
	T_1	17.4	1988			
	$T_{\text{içyüzey}}$	18.1	2079			
	$T_{\text{iç}}$	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{\text{alçıpan}} = 0,35 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{alçıpan}} = 8$	T_{dis}	3.3	776	0,49	7,69	
	$T_{\text{disyüzey}}$	3.6	793			
	T_3	4.1	819			
	T_2	8	1073			
	T_1	17.6	2014			
	$T_{\text{içyüzey}}$	18	2065			
	$T_{\text{iç}}$	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA (O.S.B.) $\lambda_{\text{osb}} = 0,13 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{osb}} = 350$	T_{dis}	3.3	776	0,44	6,91	
	$T_{\text{disyüzey}}$	3.6	793			
	T_3	4.9	866			
	T_2	8.4	1103			
	T_1	17	1937			
	$T_{\text{içyüzey}}$	18.1	2079			
	$T_{\text{iç}}$	19	2197			



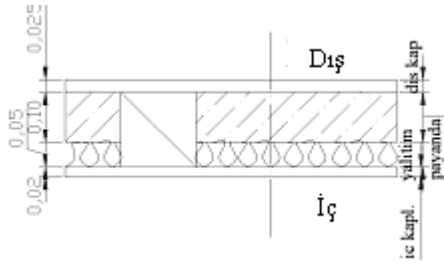
Şekil 5.5.4a Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Payandadan Geçen Plan Kesiti
($d_{\text{yalıtım}} = 0.05 \text{ m}$, $\mu_{\text{yalıtım}} = 150$)



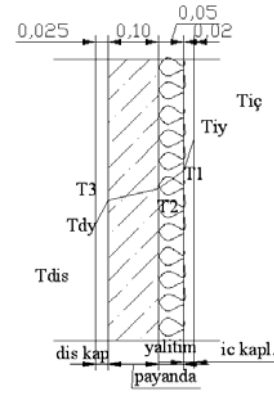
Şekil 5.5.4b Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Payandadan Geçen Kesit
($d_{\text{yalıtım}} = 0.05 \text{ m}$, $\mu_{\text{yalıtım}} = 150$)

Tablo 5.5.4 Ahşap iskelet sistemde 0.05m yalıtım malzemesi kullanılması durumu payandadan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{\text{yalıtım}} = 150$)

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{\text{ahşap}} = 0,20 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{ahşap}} = 40$	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m²)	q (W/m²)	<p>Yoğuşma yok</p>
	T _{dış}	3.3	776	0,46	7,22	
	T _{dışyüzey}	3.6	793			
	T ₃	3.8	803			
	T ₂	8.4	1103			
	T ₁	17.4	1988			
	T _{içyüzey}	18.1	2079			
T _{iç}	19	2197				
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{\text{alçıpan}} = 0,35 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{alçıpan}} = 8$	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m²K)	q (W/m²)	<p>Yoğuşma yok</p>
	T _{dış}	3.3	776	0,49	7,69	
	T _{dışyüzey}	3.6	793			
	T ₃	4.1	819			
	T ₂	8	1073			
	T ₁	17.6	2014			
	T _{içyüzey}	18	2065			
T _{iç}	19	2197				
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA (O.S.B.) $\lambda_{\text{osb}} = 0,13 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{osb}} = 350$	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m²K)	q (W/m²)	<p>Yoğuşma yok</p>
	T _{dış}	3.3	776	0,44	6,91	
	T _{dışyüzey}	3.6	793			
	T ₃	4.9	866			
	T ₂	8.4	1103			
	T ₁	17	1937			
	T _{içyüzey}	18.1	2079			
T _{iç}	19	2197				



Şekil 5.5.5a Ahşap İskelet Sistemde 0.05m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Payandadan Geçen Plan Kesiti
($d_{\text{yalıtım}} = 0.05 \text{ m}$, $\mu_{\text{yalıtım}} = 200$)



Şekil 5.5.5b Ahşap İskelet Sistemde 0.15m Yalıtım Malzemesi Kullanılması Durumu Payandadan Geçen Kesit
($d_{\text{yalıtım}} = 0.05 \text{ m}$, $\mu_{\text{yalıtım}} = 200$)

Tablo 5.5.5 Ahşap iskelet sistemde 0.05m yalıtım malzemesi kullanılması durumu payandadan geçen kesit yoğuşma tahkiki ($\mu_{\text{yalıtım}} = 200$)

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{\text{ahşap}} = 0,20 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{ahşap}} = 40$	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m²K)	q (W/m²)	
	T _{dis}	3.3	776	0,46	7,22	
	T _{disyüzey}	3.6	793			
	T ₃	3.8	803			
	T ₂	8.4	1103			
	T ₁	17.4	1988			
	T _{içyüzey}	18.1	2079			
T _{iç}	19	2197				
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{\text{alçıpan}} = 0,35 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{alçıpan}} = 8$	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m²K)	q (W/m²)	
	T _{dis}	3.3	776	0,49	7,69	
	T _{disyüzey}	3.6	793			
	T ₃	4.1	819			
	T ₂	8	1073			
	T ₁	17.6	2014			
	T _{içyüzey}	18	2065			
T _{iç}	19	2197				
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA (O.S.B.) $\lambda_{\text{osb}} = 0,13 \text{ W/mK}$ $\mu_{\text{osb}} = 350$	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m²K)	q (W/m²)	
	T _{dis}	3.3	776	0,44	6,91	
	T _{disyüzey}	3.6	793			
	T ₃	4.9	866			
	T ₂	8.4	1103			
	T ₁	17	1937			
	T _{içyüzey}	18.1	2079			
T _{iç}	19	2197				

5.6. Ahşap İskelet Sistemin İçerden Gazbeton Kaplamalı Kesiti

Ahşap iskelet sistemde uygulama yapan kişilerle görüşüldüğünde, tesisat elemanlarının geçişini sağlamak ve işçilik açısından iç kaplama malzemesi olarak gazbetonun kullanıldığı kesitlerin uygulandığı görülmüştür. Bu yüzden tez çalışmasında bu kesit üzerinde de hesaplamalar yapılmıştır. Burada ahşap iskeleti meydana getiren dikmelerden geçen ve dikmeler arası boşluklardan geçen iki farklı kesit olduğu görülmüştür.

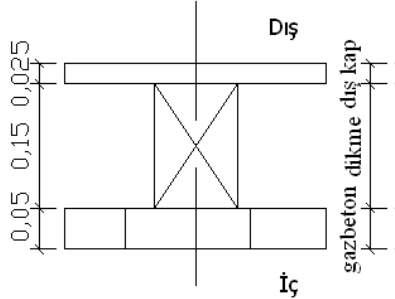
- **Dikmeden Geçen Kesit**

İçten gazbeton kaplamalı dikmeden geçen kesitte ısı geçirgenliğinin (U) dıştaki kaplama malzemesine göre ahşapta; 1.02, alçı levhada; 0.80, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada (O.S.B.); 0.74 W/m²K 'dir.(Şekil 5.6.1a-b, Tablo 5.6.1.) Burada sadece polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada (O.S.B) yoğuşma meydana gelmiştir.

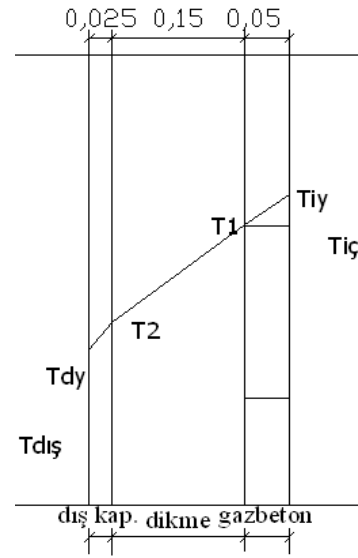
- **Dikmeler Arası Boşluktan Geçen Kesit**

Bu durumda dikmeler arası boşluktan geçen kesitte ısı geçirgenliğinin (U) dıştaki kaplama malzemesine göre ahşapta; 1.02, alçı levhada; 1.08, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada (O.S.B.); 0.96 W/m²K olarak (Şekil 5.6.2a-b, Tablo 5.6.2.) tespit edilmiştir. Ancak bu kesitte dıştan ahşap kaplamalı ve polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha (O.S.B.) kaplamalı durumlarda yoğuşma meydana gelmiştir. Buradan ısı geçirgenliği (U değerleri) aynı olsa da malzemelerin buhar difüzyon direnç faktörünün (μ) doğru seçilmediği sonucuna varılmıştır.

Ahşap iskelet sistemde tesisat elemanlarının kolayca yerleştirilmesi açısından gazbeton kullanılması durumunda ısı geçirgenlik ve ısı akısı değerlerinin çok fazla değişmediği görülmüştür. Fakat boşluktan geçen kesitte gazbetonun buhar difüzyon direnç değerinin düşük olmasından ve iç yüzeyde kalmasından, üzerine buhar difüzyon direnci daha yüksek bir malzeme gelmesi durumunda yoğuşma olduğu görülmektedir.



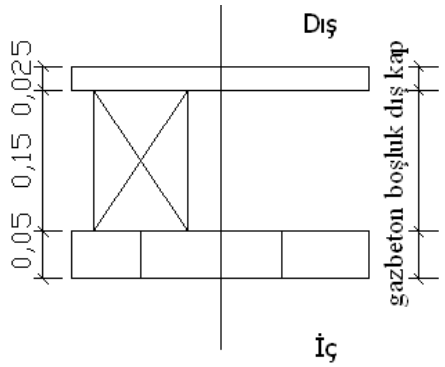
Şekil 5.6.1a Ahşap İskelet Sistemde İçerde Gazbeton Kaplama Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti ($\mu_{\text{gazbeton}}=7$)



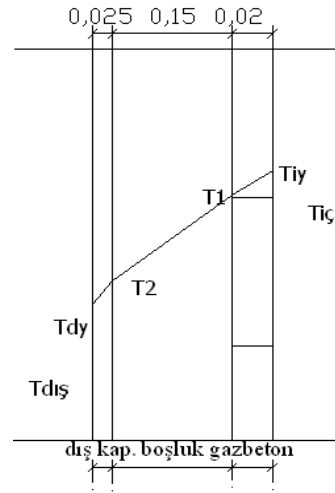
Şekil 5.6.1b Ahşap İskelet Sistemde İçerde Gazbeton Kaplama Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit ($\mu_{\text{gazbeton}}=7$)

Tablo 5.6.1 Ahşap iskelet sistemde içerde gazbeton kaplama kullanılması durumunda dikmeden geçen kesit yoğuşma tahkiki

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m ² K)	q (W/m ²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{\text{ahşap}}=0,20\text{W/mK}$ $\mu_{\text{ahşap}}=40$	T _{dış}	3.3	776	0,77	16,09	
	T _{dışyüzey}	3.8	803			
	T ₂	5.2	884			
	T ₁	14.3	1631			
	T _{içyüzey}	17.4	1988			
	T _{iç}	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{\text{alçıpan}}=0,35\text{W/mK}$ $\mu_{\text{alçıpan}}=8$	T _{dış}	3.3	776	0,80	12,65	
	T _{dışyüzey}	3.8	803			
	T ₂	4.6	849			
	T ₁	14.1	1610			
	T _{içyüzey}	17.3	1976			
	T _{iç}	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA $\lambda_{\text{osb}}=0,13\text{W/mK}$ $\mu_{\text{osb}}=350$	T _{dış}	3.3	776	0,74	11,61	
	T _{dışyüzey}	3.7	798			
	T ₂	5.9	925			
	T ₁	14.6	1663			
	T _{içyüzey}	17.5	2001			
	T _{iç}	19	2197			



Şekil 5.6.2a Ahşap İskelet Sistemde İçerde Gazbeton Kaplama Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Plan Kesiti
($\mu_{\text{gazbeton}}=7$)



Şekil 5.6.2b Ahşap İskelet Sistemde İçerde Gazbeton Kaplama Kullanılması Durumu Boşluktan Geçen Kesit
($\mu_{\text{gazbeton}}=7$)

Tablo 5.6.2 Ahşap iskelet sistemde içerde gazbeton kaplama kullanılması durumunda boşluktan geçen kesit yoğuşma tahkiki

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m²K)	q (W/m²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{\text{ahşap}}=0,20\text{W/mK}$ $\mu_{\text{ahşap}}=40$	T _{dış}	3.3	776	1,02	16,09	 Yoğuşma miktarı: $485 \cdot 10^{-6} \text{ gr/m}^2\text{h}$
	T _{dışyüzey}	3.9	808			
	T ₂	5.9	925			
	T ₁	12.8	1479			
	T _{içyüzey}	16.9	1928			
	T _{iç}	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{\text{alçıpan}}=0,35\text{W/mK}$ $\mu_{\text{alçıpan}}=8$	T _{dış}	3.3	776	1,08	17,05	 Yoğuşma yok
	T _{dışyüzey}	4.0	813			
	T ₂	5.1	1878			
	T ₁	12.5	1451			
	T _{içyüzey}	16.8	1914			
	T _{iç}	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA $\lambda_{\text{osb}}=0,13\text{W/mK}$ $\mu_{\text{osb}}=350$	T _{dış}	3.3	776	0,96	15,08	 Yoğuşma miktarı: $630 \cdot 10^{-6} \text{ gr/m}^2\text{h}$
	T _{dışyüzey}	3.9	808			
	T ₂	6.7	982			
	T ₁	13.2	1518			
	T _{içyüzey}	17.0	1937			
	T _{iç}	19	2197			

5.7. Ahşap İskelet Sistemin Dıştan Yalıtımlı Kesiti

Ahşap iskelet sistemi geleneksel haliyle uygulandığında ve yalıtım kullanıldığında dikmeler ısı köprüsü oluşturmaktadır. Bu yüzden bu sistemin dışarıdan yalıtım (mantolama) yöntemiyle ısı yalıtım uygulaması yapıldığında yalıtım malzemesinin buhar difüzyon direnç faktörü (μ) 1 olarak kabul edilen kesitlerde hesaplanıp yoğuşma görülmemektedir. Bu nedenle buhar difüzyon direnç faktörü 50, 100, 150, 200 için hesap yapılma gereği görülmemiştir. Bu kesit içinde dikmeden geçen ve dikmeler arası boşluktan geçen kesit olarak 2 farklı kesitten söz edilmiştir.

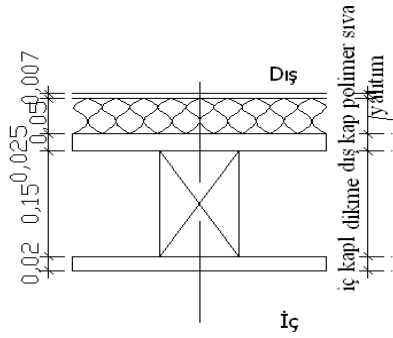
- **Dikmeden Geçen Kesit**

Bu kesitte ısıl geçirgenliğinin (U) ahşap kaplamada; 0.42 W/m²K, alçı levhada 0.43 W/m²K, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha (O.S.B.) 0.39 W/m²K (Şekil 5.7.1a-b, Tablo 5.7.1) değerlerindedir. Hiçbirinde de yoğuşma meydana gelmediği görülmüştür.

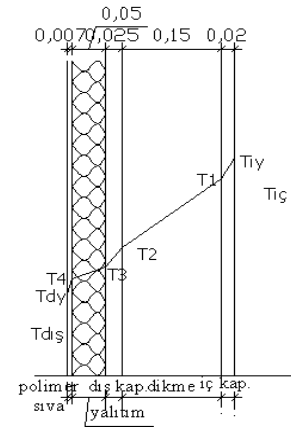
- **Dikmeler Arası Boşluktan Geçen Kesit**

Dikmeler arası boşluktan geçen kesitte ısıl geçirgenliğinin (U) ahşap kaplamada; 0.48 W/m²K, alçı levhada 0.50 W/m²K, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha (O.S.B.) 0.45 W/m²K (Şekil 5.7.2a-b, Tablo 5.7.2) değerlerini alıp sadece ahşap yonga levhada noktasal bir yoğuşma meydana gelmiştir. Buda ihmal edilecek kadar azdır.

Ahşap iskelet sistemde dıştan yalıtım yapılarak ısı köprüleri yok edilmiştir. Dıştan yalıtım yani mantolama uygulaması yapıldığında ısıl geçirgenlik (U) ve ısı akısı (q) değerlerinin olumlu etkilendiği görülmektedir. Farklı malzemelerin kullanılmasında da yoğuşma olmadığı görülmektedir.



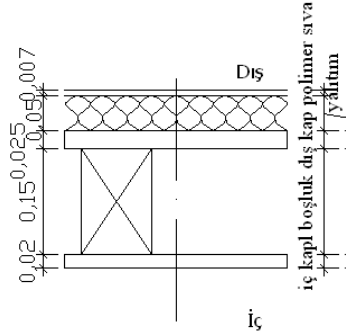
Şekil 5.7.1a Ahşap İskelet Sistemde Dıştan Yalıtım Yapılması Durumu Dikmeden Geçen Plan Kesiti



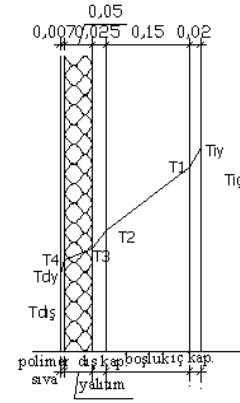
Şekil 5.7.1b Ahşap İskelet Sistemde İçerde Yalıtım Yapılması Durumu Dikmeden Geçen Kesit

Tablo 5.7.1 Ahşap iskelet sistemde dıştan yalıtım yapılması durumunda dikmeden geçen kesit yoğuşma tahkiki

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m ² K)	q (W/m ²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{ahşap}=0,20\text{W/mK}$ $\mu_{ahşap}=40$	T _{dış}	3.3	776	0,42	6,59	
	T _{dışyüzey}	3.6	793			
	T ₄	3.5	787			
	T ₃	11.7	1375			
	T ₂	12.5	1451			
	T ₁	17.4	1988			
	T _{içyüzey}	18.1	2079			
	T _{iç}	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{alçıpan}=0,35\text{W/mK}$ $\mu_{alçıpan}=8$	T _{dış}	3.3	776	0,43	6,75	
	T _{dışyüzey}	3.5	787			
	T ₄	3.6	793			
	T ₃	12.1	1413			
	T ₂	12.6	1460			
	T ₁	17.7	2027			
	T _{içyüzey}	18.1	2079			
	T _{iç}	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA $\lambda_{osb}=0,13\text{W/mK}$ $\mu_{osb}=350$	T _{dış}	3.3	776	0,39	6,23	
	T _{dışyüzey}	3.6	793			
	T ₄	3.6	793			
	T ₃	11.4	1349			
	T ₂	12.6	1460			
	T ₁	17.3	1976			
	T _{içyüzey}	18.2	2091			
	T _{iç}	19	2197			

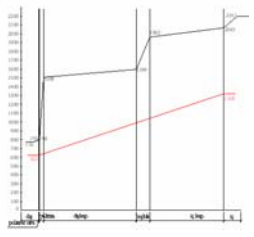
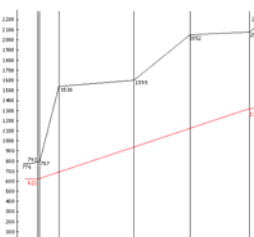
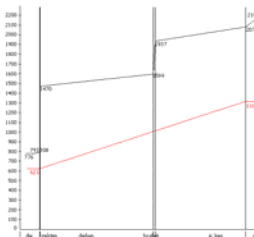


Şekil 5.7.2a: Ahşap iskelet sistemde boşluktan geçen plan kesiti (mantolama)



Şekil 5.7.2b: Ahşap iskelet sistemde boşluğundan geçen kesiti (mantolama)

Tablo 5.7.2 Ahşap iskelet sistemde dıştan yalıtım yapılması durumunda boşluktan geçen kesit yoğunlaşma tahkiki

KAPLAMA MALZEMESİ	YÜZEY SICAKLIKLARI BASINÇ TABLOSU					YOĞUŞMA GRAFİĞİ
	Kesitteki Yeri	T (°C)	Ps (Pa)	U (W/m ² K)	q (W/m ²)	
AHŞAP KAPLAMA $\lambda_{\text{ahşap}}=0,20\text{W/mK}$ $\mu_{\text{ahşap}}=40$	T _{dış}	3.3	776	0,48	7,53	
	T _{dışyüzey}	3.6	793			
	T ₄	3.7	798			
	T ₃	13.1	1508			
	T ₂	14.0	1599			
	T ₁	17.2	1963			
	T _{içyüzey}	18.0	2065			
	T _{iç}	19	2197			
ALÇI LEVHA KAPLAMA $\lambda_{\text{alçıpan}}=0,35\text{W/mK}$ $\mu_{\text{alçıpan}}=8$	T _{dış}	3.3	776	0,50	7,91	
	T _{dışyüzey}	3.6	793			
	T ₄	3.5	787			
	T ₃	13.4	1538			
	T ₂	14.0	1599			
	T ₁	17.4	1988			
	T _{içyüzey}	17.9	2052			
	T _{iç}	19	2197			
POLİMER BAĞLAYICILI AHŞAP YONGA LEVHA $\lambda_{\text{osb}}=0,13\text{W/mK}$ $\mu_{\text{osb}}=350$	T _{dış}	3.3	776	0,45	7,06	
	T _{dışyüzey}	3.6	793			
	T ₄	3.9	808			
	T ₃	12.7	1470			
	T ₂	14.0	1599			
	T ₁	17.0	1937			
	T _{içyüzey}	18.1	2079			
	T _{iç}	19	2197			

BÖLÜM 6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Ahşap iskelet sistem, olumlu avantajları olduğundan günümüzde de yaygın olarak kullanılan bir yapım sistemidir. Özellikle restorasyon işlemlerinde geleneksel mimarideki ahşap iskelet sistemle, günümüz konfor koşullarını sağlama konusunda modern çözümler sunan alternatif kesit örneklerine ulaşılmaktadır. Ahşap iskelet sistem de oluşturulan bu kesitleri ısı ve buhar geçişi açısından incelendiğimizde olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Ahşap iskelet sisteminde dış duvarlarda ahşap kaplamalar arasına konulan ısı yalıtım malzemesi, ısı kaybını yarıya indirirken iç yüzey sıcaklıklarında da önemli iyileşmeler sağlamıştır. Ayrıca aynı buhar difüzyon direnç faktörü (μ) yalıtım malzemelerinin kalınlıkları artırılarak ($d_{\text{yalıtım}} = 0.05 \text{ m}, 0.10 \text{ m}, 0.15 \text{ m}$) hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlarla Tablo 6.1 oluşturulmuştur.

Tablo 6.1 Ahşap İskelet Sistemde Kullanılan Kaplama Malzemeleri Ve Yalıtım Malzemesi kullanılması Durumunda Isı Geçirgenliği, Isı Akısı Ve Yoğuşma Sonuçları

Kaplama malzemesi			Yalıtım malzemesi					Isıl Geçirgenlik Katsayısı, U (W/m ² K)	Isı Akısı, q (W/m ²)	
Cinsi	Isıl iletkenlik katsayısı λ (W/mK)	Buhar difüzyon direnç faktörü μ	Kalınlık, d (m)	Buhar difüzyon direnç faktörü μ						
				1	50	100	150			200
AHŞAP	0,20	40	Yalıtımsız	-	-	-	-	-	1.21	18.99
			0.05	x	-	-	-	-	0.51	8.11
			0.10	x	-	-	-	-	0.33	5.17
			0.15	x	-	-	-	-	0.24	3.79
ALÇI LEVHA	0.35	8	Yalıtımsız	-	-	-	-	-	1.37	21.51
			5	x	-	-	-	-	0.55	8.63
			10	x	-	-	-	-	0.34	5.34
			15	x	-	-	-	-	0.25	3.92
O.S.B	0.13	350	Yalıtımsız	-	-	-	-	-	1.06	16.64
			5	x	x	x	x	x	0.48	7.64
			10	x	x	x	x	-	0.32	5.02
			15	x	x	x	-	-	0.24	3.77

x:yoğuşma var

-:yoğuşma yok

Ahşap iskelet sistemde yalıtım malzemesi kullanılmaması durumunda ısı geçirgenlik (U) değerleri; ahşap kaplamada; 1.21 W/m²K, alçı levhada; 1.37 W/m²K, polimer bağlayıcı ahşap yonga levhada (O.S.B.); 1.06 W/m²K olduğu görülmektedir. Bu durumda ısı akıları (q), ahşap kaplamada; 18.99 W/m², alçı levha kaplamada; 21.51 W/m², polimer bağlayıcı ahşap yonga levha kaplamada, 16.64 W/m² olarak hesaplanmıştır. Kesitlerde yoğuşma meydana gelmediği görülmektedir.

Ahşap iskelet sistemde 0.05 m kalınlığında yalıtım malzemesi kullanılarak elde edilen kesitlerde ısı geçirgenlik katsayısının (U) iyileşmiş; ahşap kaplamada; 0.51 W/m²K, alçı levha da; 0.55 W/m²K, polimer bağlayıcı ahşap yonga levhada (O.S.B); 0.48 W/m²K olduğu görülmektedir. Bu durumda ısı akıları (q), ahşap kaplamada; 8.11 W/m², alçı levha kaplamada; 8.63 W/m², polimer bağlayıcı ahşap yonga levha kaplamada, 7.64 W/m² olarak hesaplanmıştır. Fakat buhar geçişi açısından değerlendirildiğinde kesiti oluşturan yalıtım malzemelerinin buhar difüzyon direnç

faktörü (μ) önem kazanmaktadır. Bu nedenle yalıtım malzemelerine ait buhar difüzyon direnç faktörü (μ) 1, 50, 100, 150 ve 200 olması durumlarına göre yoğuşma tahkikleri yapılmıştır. Farklı sonuçlar elde edilmiştir. Buhar difüzyon direnç faktörü (μ) 1 olan yalıtım malzemesini kesitin iç tarafında kullandığımızda tüm kaplama malzemelerinde yoğuşma olduğu görülmektedir. Buhar difüzyon direnç faktörü (μ) 50, 100, 150, 200 değerlerinde ahşap ve alçı levha kaplamada yoğuşma olmazken, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada yoğuşma olduğu görülmektedir.

Ahşap iskelet sistemde 0.10 m kalınlığında yalıtım malzemesi kullanılarak elde edilen kesitlerde ısı geçirgenlik katsayısının (U) iyileşmiş; ahşap kaplamada; $0.33 \text{ W/m}^2\text{K}$, alçı levha da; $0.34 \text{ W/m}^2\text{K}$, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada (O.S.B); $0.32 \text{ W/m}^2\text{K}$ olduğu görülmektedir. Bu durumda ısı akıları (q), ahşap kaplamada; 5.17 W/m^2 , alçı levha kaplamada; 5.34 W/m^2 , polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha kaplamada, 5.02 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Buhar difüzyon direnç faktörü (μ) 1 olan yalıtım malzemesini kesitin iç tarafında kullandığımızda tüm kaplama malzemelerinde yoğuşma olduğu görülmektedir. Buhar difüzyon direnç faktörü (μ) 50, 100 ve 150 değerlerinde ahşap ve alçı levha kaplamada yoğuşma olmazken, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada yoğuşma olduğu görülmektedir. Buhar difüzyon direnç faktörü (μ) 200 değerlerinde ahşap, alçı levha kaplama ve polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada da yoğuşma olmadığı görülmektedir.

Ahşap iskelet sistemde 0.15 m kalınlığında yalıtım malzemesi kullanılarak elde edilen kesitlerde ısı geçirgenlik katsayısının (U) iyileşmiş; ahşap kaplamada; $0.24 \text{ W/m}^2\text{K}$, alçı levha da; $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada (O.S.B); $0.24 \text{ W/m}^2\text{K}$ olduğu görülmektedir. Bu durumda ısı akıları (q), ahşap kaplamada; 3.79 W/m^2 , alçı levha kaplamada; 3.92 W/m^2 , polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha kaplamada, 3.77 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Buhar difüzyon direnç faktörü (μ) 1 olan yalıtım malzemesini kesitin iç tarafında kullandığımızda tüm kaplama malzemelerinde yoğuşma olduğu görülmektedir. Buhar difüzyon direnç faktörü (μ) 50, 100 değerlerinde ahşap ve alçı levha kaplamada yoğuşma olmazken, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada yoğuşma olduğu görülmektedir. Buhar difüzyon direnç faktörü (μ) 150 ve 200 değerlerinde ahşap, alçı levha kaplama ve polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada da yoğuşma olmadığı görülmektedir.

Yapılan bu hesaplamalar sonucunda anlaşılmaktadır ki; kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin, buhar difüzyon direnç faktör (μ) değeri küçükse yoğuşma olmaması için iç tarafa konmaması gerekmektedir. Buhar difüzyon direnç faktörü (μ) büyüdükçe bu sorun ortadan kalkmaktadır. Fakat polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha (O.S.B.) kaplama cinsi olarak seçilecekse buhar difüzyon direnç faktörü (μ) küçük olan malzemelerle kullanılmamalıdır.

Yapı fiziği açısından önemli olan yapı elemanı meydana getirilirken yoğuşma olmayacak şekilde uygun kesiti oluşturmaktır. Bu aşamada kullanılacak yalıtım malzemesinin buhar difüzyon direnç faktörü (μ) değerinin önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Ahşap iskelet sistemde uygulama yapan kişilerle görüşüldüğünde, ahşap iskeletle ilgili farklı uygulamalara rastlanmıştır. Bunlardan biri de, tesisat elemanlarının geçişini

sağlamak ve işçiliği kolaylaştırmak için, iç kaplama malzemesi olarak gazbetonun kullanıldığı kesitlerdir. Tez çalışmasında yaygın olarak kullanılan bu uygulamayla ilgili hesaplamalar yapılmıştır. İçten gazbeton kaplamalı dikmeden geçen kesitte ısı geçirgenlik katsayısının (U) dıştaki kaplama malzemesine göre ahşapta; $1.02 \text{ W/m}^2\text{K}$, alçı levhada; $0.80 \text{ W/m}^2\text{K}$, polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada (O.S.B.); $0.74 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'dir. Burada sadece polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada (O.S.B) yoğuşma meydana geldiği görülmektedir. Bu durumda dikmeler arası boşluktan geçen kesitte ısı geçirgenlik katsayısının (U) dıştaki kaplama malzemesine göre ahşapta; 0.77 , alçı levhada; 1.08 , polimer bağlayıcılı ahşap yonga levhada (O.S.B.); $0.96 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak tespit edilmiştir. Ancak bu kesitte dıştan ahşap kaplamalı ve polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha (O.S.B.) kaplamalı durumlarda yoğuşma meydana gelmiştir. Buradan ortaya çıkan sonuçta ısı geçirgenlik katsayısı (U değerleri) aynı olsa da kesiti oluşturan malzemelerin sıralamasında buhar difüzyon direnç faktörü (μ) açısından malzemelerin doğru sıralanmamış olduğu sonucuna varılmıştır.

Ahşap iskelet sistem geleneksel haliyle uygulandığında ve yalıtım kullanıldığında dikmeler ısı köprüsü oluşturmaktadır. Bu yüzden bu sistemin dışarıdan yalıtım (mantolama) yöntemiyle yapılan uygulamalar bulunmaktadır. Bu uygulamalara ait kesit ve hesaplar da tez kapsamında incelenmiştir. Bu kesitlerde yalıtım malzemesinin buhar difüzyon direnç faktörü (μ) ne olursa olsun dikmeden geçen yada dikmeler arası boşluktan geçen kesitlerin hepsinde yoğuşma meydana gelmemiştir. Sadece polimer bağlayıcılı ahşap yonga levha (O.S.B.) dikmeler arası boşluktan geçen kesitte noktasal bir yoğuşma meydana gelmiştir. Bu da ihmal edilecek kadar azdır.

TS 825'e göre eleman kesitinde yoğuşma oluşuyorsa ve yoğuşma suyu miktarı $0.5-1 \text{ kg/m}^2$ arasındaysa kabul edilmektedir. Ancak yapı malzemelerinin ve özellikle ısı yalıtım malzemelerinin nemlenmesi sonucu ısı performansları kötüleşmektedir. Bu yüzden mümkün olduğunca yoğuşmaya engel olmak gerekmektedir.

Ahşap yapı uygulamalarında önerilen dış taraftaki ahşap kaplamanın iç yüzüne buhar kesici malzeme kullanılması sorunu daha da büyütebilir. Buhar kesicinin sıcak tarafa koyulması ise gereksiz yere buharın bina kabuğundan çıkmasını önleyerek iç ortamın konforsuzluğuna sebep olacaktır. İç ortamda biriken buharı dışarı atmak için pencerelerin açılması ise yine gereksiz olarak ısınmış iç ortam havasının atmosfere kaybına sebep olarak binanın enerji ihtiyacının artmasına ve yalıtımın veriminin düşmesine sebep olacaktır [33].

Bütün bu incelenen kesitlerin sonunda yapım sistemlerinin oluşturulmasında ısı ve buhar geçişinin birlikte incelenmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Isı iletimini azaltmak için seçilen yalıtım malzemelerinin kalınlık ve özelliklerine dikkat edilmelidir. Özellikle buhar difüzyonu açısından yapı elemanlarının kesitlerini oluştururken malzemelerin buhar difüzyon direnç faktörü içerden dışarıya doğru küçülmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu kesitlerde de görüldüğü gibi buhar difüzyonu küçük olan malzemelerin üzerine kendinden çok daha büyük buhar difüzyon direnç faktörü olan malzemeler kullanıldığında yoğuşma olduğu görülmektedir. Yapı fiziği açısından yapı elemanı kesitinden buharın çıkmasına mümkün olduğu kadar izin vermek gerekmektedir.

Bu çalışma TS 825'e göre 2. derece gün bölgesindeki Edirne ocak ayı dış ortam ortalama sıcaklığı kullanılarak yapılmıştır. Diğer derece gün bölgeleri içinde ileriki çalışmalarda hesaplar yapılabilir. Yapılan tez bu anlamda yapılacak ileriki çalışmalara ışık tutmak için kullanılabilir.

Bu çalışmayla ahşap iskelet sistemin günümüz uygulayıcısı ve kullanıcılarına sağlam, güvenli ve ısı konfor şartlarının da sağlandığı bir sistem oluşturması hedeflenmiştir.

KAYNAKLAR:

1. Özkaya, K., “Farklı Kimyasal Maddelerle İşlem Görmüş Ahşap Esaslı Levha Malzemenin Yangına Karşı Dayanımlarının Tespiti Üzerine Araştırma”, Hacettepe Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 2002
2. BOSTANCIOĞLU E., DÜZGÜN BİRER E., “Ekoloji Ve Ahşap – Türkiye’de Ahşap Malzemenin Geleceği” Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 9, Sayı 2, 2004
3. Toydemir, N., Gürdal, E., Tanaçan, L., “Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme”, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, 1. Baskı, 2000
4. Şenkal, F., “Konutlarda Dünden Bugüne Ahşap Kullanımı Üzerine Bir Araştırma” ,Trakya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 1997
5. Doğan, D ., “Ahşap Yapı Malzemesinin Dış Atmosfer Koşullarındaki Davranışı Sonucu Meydana Gelen Sorunlar Ve Koruma Yolları” , Yıldız Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 1997
6. Bardavit, D., “Ahşap İskelet Yapıda Taşıyıcılık Ve Koruyuculuk”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 1992
7. İnkaya, A. Feyhan., “Arnavutköy ’ün Kimliği: Ahşap Evlerden Bir Restorasyon Örneği”, Mimar.İst Dergisi, Yıl:6, Sayı:22 , Kış 2006
8. Kantarcıoğlu(Akyıl), Z. Ayşe, “Dürüst Bir Restorasyonun Noktalanmamış Öyküsü: İffet Hanım’dan Ekberzadeye Boğaziçi’nde Bir Yalı”, Mimar.İst Dergisi, Yıl:6, Sayı:22 , Kış 2006
9. Yeler, M. Gülcan, Yeler, S., “Bitkisel Kaynaklı Ekolojik Yapı Malzemeleri (Ahşap, Bambu, Saz, Saman-Saman Balyası)”, Mimarlıkta Malzeme Üç Aylık Mimarlık Ve Yapı Malzemesi Dergisi, Yıl:2, Sayı: 4 Bahar, 2007
10. BOSTANCIOĞLU E., DÜZGÜN BİRER E., “Ekoloji Ve Ahşap – Türkiye’de Ahşap Malzemenin Geleceği” Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 9, Sayı 2, 2004
11. Demirhan, E., “Ahşap İskeletli Kagir Yapıların Deprem Etkileri Karşısındaki Davranışı”, İstanbul Üniversitesi

12. Köysüren, S., “Geleneksel ve Çağdaş Ahşap Ev Çatki Sistemleri: Karşılaştırmalı Analiz”, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 2002
13. Togay, A. “Ahşap Yapılar, Türkiye’de Ahşap Yapı Endüstrisinin Durumu, Sorunları Ve Çözüm Önerileri”, Gazi Üniversitesi, Doktora Tezi, Ekim 2002
14. Tezcan Y., “Sıcak yapı elemanlarının kondansasyon kontrolü hesaplarında kullanılacak dış sınır şartları ve periyotların belirlenmesi için yeni bir metod”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, 1970
15. Yücesoy, L., “Temeller, Duvarlar, Döşemeler”, Yapı Yayın, 3. Baskı, 2004
16. Eriç, M., “Yapı Fiziği Ve Malzemesi”, Literatür Yayıncılık, 2.Baskı, 2002
17. UMAROĞULLARI, F., Yapı Kabuğunda Isı Ve Buhar İletimi Sırasında meydana Gelen Hasarlar, 2006
18. Önel, H., “Ahşap ve Yurdumuzda Yöresel Uygulamalar”, İstanbul Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi Mimarlık Bölümü Yapı ve Proje Kürsüsü Yeterlik çalışması, İstanbul 1975
19. Onaran, K., “Malzeme Bilimi”, Bilim Teknik Yayınevi, 10. Baskı, 2006
20. Şimşek, O., “Yapı Malzemesi 2”, Betab Yayınları, Genişletilmiş 2. Baskı, İstanbul 2003
21. Günay, R., “Geleneksel Ahşap Yapılar Sorunları ve Çözüm Yolları”, Birsan Yayınevi, İstanbul 2002
22. Toydemir, N., Gürdal, E., Tanaçan, L., “Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme”, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, 1. Baskı, 2000
23. Akman, S., “Yapı Malzemeleri”, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, 1987
24. Hall, A.S., Woodhead, R.W. “Frame Analysis”, 2. Baskı, Newyork 1965
25. FAherty, K. F., Williamson, T.G., “Wood Engineering and Construction Handbook”, 3. Baskı, 1999

26. Dilmaç, Ş., “Yapı Fiziğinde Kondüksiyon-Konveksiyon-Radyasyon-Termik Eylemsizlik Ve Buharlaşma Problemleri- Bina Higrotermisine Uygun Malzeme Seçimi” İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Malzeme seminerleri, 1982
27. EREN C. , “Ahşap Yapılarda Yangın Riski”, Mimarlıkta Malzeme Üç Aylık Mimarlık Ve Yapı Malzemesi Dergisi Yıl: 1, Sayı: 2 Yaz ,2006
28. “Yalıtım”, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yayın No: mmo/2005/399, Kasım-2005
29. SERTESER N. , YILMAZ Z., “Işınım ile yangın yayılımının önlenmesinde sınır mesafesinin belirlenmesi” İtü Dergisi /A Mimarlık, Planlama, Tasarım Cilt:4, Sayı:1, Mart 2005, syf:59-70
30. TS 825- Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 1998
31. TS 647’de “Ahşap Yapıların Hesap Ve Yapım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 1998
32. ERDOĞMUŞ E., “Ahşap : Mükemmel Bir Yapı Malzemesi” Mimar Sinan Üniversitesi İstanbul <http://www.floor.com.tr/ahsapev.htm>
33. Dilmaç Ş., Malzeme Seminerleri İTÜ inşaat Fakültesi, 1982
34. Şasa, A., “Ahşap bir Malzemenin Yeniden Doğuşu Nasıl Sağlanır”, www.insaatforumu.com/forum
35. Bayülke, N., “Ahşap Yapılar ve Deprem”, Deprem Mühendisliği Şube Müdürlüğü
36. Architectural Record 1994/10 “The Prefession Preservation and wood”
37. Eser, L., “Geleneksel Ve Gelişmiş Geleneksel Yapı 1”, İ.T.Ü. Baskı Atölyesi, 1977
38. Karakoç, H., “Uygulamalı TS 825 ve Kalorifer Tesisatı Hesabı, 2001
39. Türkçü, Ç., “Yapım”, Birsen Yayınları, 2000

40. Avlar, E., Türkiyedeki Ahşap Yapı Üretimine Yönelik Durum Tespiti”, Mimarlıkta Malzeme Üç Aylık Mimarlık Ve Yapı Malzemesi Dergisi Yıl: 3, Sayı: 8 Bahar ,2008
41. Çolak, M., Baysal, E., Çolak, M.A., Özen, E., “Ahşap Malzemenin Yanması”, Muğla Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları / Enerji Yönetimi Sempozyumu
42. Yeomans, D., “Depreme Karşı Ahşap Yapıların Güvenirliği”,
www.ahsap.com/menu.php/tr/3/3/2
43. Şenkal Sezer, F., “Türkiye de Isı Yalıtımının Gelişimi ve Konutlarda Uygulanan Dış Duvar Isı Yalıtım Sistemleri”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fak. Dergisi Cilt: 10 Sayı: 2 2005

YARARLANILAN WEB SİTELERİ:

44. http://www.ahsap.com.tr/design_tr.html
45. <http://www.kudret.com/TS825tur.htm>
46. <http://www.izotem.com/photo2.htm>
47. <http://fizik.us/madde-ve-isi/isi-ve-sicaklik.html>
48. www.evkultur.com
49. www.ahsaponline.net
50. www.mmoistanbul.org/yayin
51. www.erkanince.com
52. www.segselfbuild.co.uk
53. www.woodmags.com

EKLER

EK -1 TS 825'e Göre İllerin Derece Gün Bölgeleri

1. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
ADANA	AYDIN	İÇEL	OSMANIYE	
ANTALYA	HATAY	İZMİR		
İli 2. Bölgede olupda kendisi 1.Bölgede olan Belediyeler				
AYVALIK (Balıkesir)	DALAMAN (Muğla)	FETHİYE (Muğla)	MARMARIS(Muğla)	
BOĞURUM (Muğla)	DATÇA (Muğla)	KÖYCEĞİZ (Muğla)	MİLAS (Muğla)	
GÖKOVA (Muğla)				
2. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
ADAPAZARI	ÇANAKKALE	KAHRAMANMARAŞ	RİZE	TRABZON
ADYAMAN	DENİZLİ	KİLİS	SAMSUN	YALOVA
AMASYA	DIYARBAKIR	KOCAELİ	SİİRT	ZONGULDAK
BALIKESİR	EDİRNE	MANİSA	SİNOP	
BARTIN	GAZİANTEP	MARDİN	ŞANLIURFA	
BATMAN	GİRESUN	MUĞLA	ŞIRNAK	
BURSA	İSTANBUL	ORDU	TEKİRDAĞ	
İli 3. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan Belediyeler				
HOPA (Artvin)	ARHAVİ (Artvin)	DÜZCE (Bolu)		
İli 4. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan Belediyeler				
ABANA(Kastamonu)	BOZKURT (Kastamonu)	ÇATALZEYİN (Kastamonu)		
İNEBOLU (Kastamonu)	CİDE (Kastamonu)	DOĞANYURT (Kastamonu)		
3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
AFYON	BURDUR	KARABÜK	MALATYA	
AKSARAY	ÇANÇIRI	KARAMAN	NEVŞEHİR	
ANKARA	ÇORUM	KIRIKKALE	NİĞDE	
ARTVİN	ELAZIĞ	KIRKLARELİ	TOKAT	
BİLECİK	ESKİŞEHİR	KIRŞEHİR	TUNCELİ	
BİNGÖL	İĞDIR	KONYA	UŞAK	
BOLU	İSPARTA	KÜTAHYA		
İli 1. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan Belediyeler				
POZANTI (Adana)	KORKUTELİ (Ankara)			
İli 2. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan Belediyeler				
MERZİFON (Amasya)	DURSUNBEY (Balıkesir)	ULUS(Bartın)		
İli 4. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan Belediyeler				
TOSYA (Kastamonu)				
4. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
AĞRI	ERZURUM	KAYSERİ		
ARDAHAN	GÜMÜŞHANE	MUŞ		
BAYBURT	HAKKARİ	SİVAS		
BITLİS	KARS	VAN		
ERZİNCAN	KASTAMONU	YOZGAT		
İli 2. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan Belediyeler				
KELES (Bursa)	ŞEBİNKARAHİSAR (Giresun)	ELBİSTAN (K.Maraş)	MESUDİYE (Ordu)	
ULUDAĞ (Bursa)	AFŞİN (K.Maraş)	GÖKSUN (K.Maraş)		
İli 3. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan Belediyeler				
KIĞI (Bingöl)	PÖLÖMÜR (Tunceli)	SOLHAN (Bingöl)		

EK -2 TS 825'e Göre Farklı Derece Gün Bölgeleri İçin Aylara Göre Ortalama Dış Ortam Sıcaklıkları

	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge
OCAK	8,0	3,3	1,3	-5,2
ŞUBAT	9,3	4,5	2,0	-4,1
MART	11,5	7,2	5,0	-1,3
NİSAN	15,7	12,6	9,8	5,1
MAYIS	20,6	17,8	14,1	10,1
HAZİRAN	25,4	21,9	18,1	13,5
TEMMUZ	28,0	24,4	21,1	17,2
AĞUSTOS	27,2	23,8	20,8	17,2
EYLÜL	23,3	19,6	16,5	13,2
EKİM	18,1	14,1	11,3	8,9
KASIM	13,3	9,1	6,5	1,3
ARALIK	9,4	4,9	2,6	-3,0

EK -3 TS 825'e Göre sıcaklıklara karşılık gelen Doymuş Su Buharı Basıncı Değeri

Sıcaklık Derecelerine Göre Doymuş Su Buharı Basıncı (Pa)										
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	4244	4269	4294	4319	4344	4369	4394	4419	4444	4469
29	4006	4030	4053	4077	4101	4124	4148	4172	4196	4219
28	3781	3805	3826	3848	3871	3894	3916	3939	3961	3984
27	3566	3588	3609	3631	3652	3674	3695	3717	3739	3759
26	3362	3382	3403	3423	3443	3463	3484	3504	3525	3544
25	3169	3188	3208	3227	3246	3266	3284	3304	3324	3343
24	2985	3003	3021	3040	3059	3077	3095	3114	3132	3151
23	2810	2827	2845	2863	2880	2897	2915	2932	2950	2968
22	2645	2661	2678	2695	2711	2727	2744	2761	2777	2794
21	2487	2504	2518	2535	2551	2566	2582	2598	2613	2629
20	2340	2354	2369	2384	2399	2413	2428	2443	2457	2473
19	2197	2212	2227	2241	2254	2268	2283	2297	2310	2324
18	2065	2079	2091	2105	2119	2132	2145	2158	2172	2185
17	1937	1950	1963	1976	1988	2001	2014	2027	2039	2052
16	1818	1830	1841	1854	1866	1878	1889	1901	1914	1926
15	1706	1717	1729	1739	1750	1762	1773	1784	1795	1806
14	1599	1610	1621	1631	1642	1653	1663	1674	1684	1695
13	1498	1508	1518	1528	1538	1548	1559	1569	1578	1588
12	1403	1413	1422	1431	1441	1451	1460	1470	1479	1488
11	1312	1321	1330	1340	1349	1358	1367	1375	1385	1394
10	1228	1237	1245	1254	1262	1270	1279	1287	1296	1304
9	1148	1156	1165	1171	1179	1187	1195	1203	1211	1218
8	1073	1081	1088	1096	1103	1110	1117	1125	1133	1140
7	1002	1008	1016	1023	1030	1038	1045	1052	1059	1066
6	935	942	949	955	961	968	975	982	988	995
5	872	878	884	890	896	902	907	913	919	925
4	813	819	825	831	837	843	849	854	861	866
3	759	765	770	776	781	787	793	798	803	808
2	705	710	716	721	727	732	737	743	748	753
1	657	662	667	672	677	682	687	691	696	700
0	611	616	621	626	630	635	640	645	648	653
-0	611	605	600	595	592	587	582	577	572	567
-1	562	557	552	547	543	538	534	531	527	522
-2	517	514	509	505	501	496	492	489	484	480
-3	476	472	468	464	461	456	452	448	444	440
-4	437	433	430	426	423	419	415	412	408	405
-5	401	398	395	391	388	385	382	379	375	372
-6	368	365	362	359	356	353	350	347	343	340
-7	337	336	333	330	327	324	321	318	315	312
-8	310	306	304	301	298	296	294	291	288	286
-9	284	281	279	276	274	272	269	267	264	262
-10	260	258	255	253	251	249	246	244	242	239
-11	237	235	233	231	229	228	226	224	221	219
-12	217	215	213	211	209	208	206	204	202	200
-13	198	197	195	193	191	190	188	186	184	182
-14	181	180	178	177	175	173	172	170	168	167
-15	165	164	162	161	159	158	157	155	153	152
-16	150	149	148	146	145	144	142	141	139	138
-17	137	136	135	133	132	131	129	128	127	126
-18	125	124	123	122	121	120	118	117	116	115
-19	114	113	112	111	110	109	107	106	105	104
-20	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94

TEŞEKKÜR

Bu bilimsel konuda çalışma yapmam için beni yönlendiren, araŐtırmayı yaparken bana çok büyük destek veren sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Esmay MIHLAYANLAR'a yardımlarından dolayı sonsuz teŐekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca tez çalışmasıyla ilgili görüŐ ve önerilerini bildiren; Prof. Dr. Ing. Ahmet CAN ve Prof. Dr. Sabit OYMAEL hocalarıma teŐekkürlerimi sunarım.

Çalışma sırasında fikir alış veriŐinde bulunduğum sevgili arkadaŐım Hava TERZİ ve Emine BASUT'a teşekkür ediyorum.

Yüksek lisansa baŐladıėım günden itibaren beni destekleyen ve her zaman yanımda olan aileme ve eŐime teşekkür ediyorum.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Meral YÜCEL (DALKIRAN)

Doğum Tarihi: 22.05.1983

**Adresi: Cebrail Mahallesi Mimar Sinan Sokak Korkmaz Apt. No: 24
Antakya /HATAY**

Görevi: Kilis Bayındırlık ve İskân Müdürlüğü Sözleşmeli Mimar

Meral YÜCEL (DALKIRAN) 1983 yılında Hatay'ın Antakya İlçesinde doğdu. İlk Orta ve lise eğitimini Antakya'da tamamlayıp, üniversite eğitimi için 2000 yılında Trakya üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü öğrencisi oldu. Buradan 2005 yılında mezun olduktan sonra aynı yıl yüksek lisans eğitimine başladı. Aynı zamanda 2008 yılına kadar Edirne'deki çeşitli özel şirketlerde Mimar olarak çalıştı. Halen Kilis Bayındırlık ve İskân Müdürlüğünde Mimar olarak görev yapmaktadır.