

14 Haziran 1999 Tarih ve 23725 Sayılı Resmi Gazetede yer alan, Bayındırlık ve İskan Bakanlığından Mecburi Standart Tebliği metnidir.

Tebliğ

Bayındırlık ve İskan Bakanlığından:

MECBURİ STANDARD TEBLİĞİ

Madde 1- Türk Standardları Enstitüsü tarafından hazırlanan TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" Standardı Resmi Gazete'de yayımı tarihinden itibaren 1 yıl sonra mecburi olarak uygulanacaktır.

Madde 2- Bu Standardın mecburi olarak yürürlüğe gireceği tarihten önce ihalesi için ilan edilmiş kamu yapılarında ve inşaat ruhsatı alınmış özel yapılarda bu Standard hükümleri aranmaz.

Madde 3- Bu Standarda ait hükümler 132 sayılı Türk Standardları Enstitüsü Kuruluş Kanunu ile 180 sayılı Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükümünde Kararnameye göre Bakanlığızca uygulanacaktır.

TS 825

BİNALARDA ISI YALITIM KURALLARI

KONU, TARİF, KAPSAM, AMAÇ, UYGULAMA ALANI

KONU

Bu standard, binalarda ısıtma enerjisi ihtiyaçlarını hesaplama kurallarına ve binalarda izin verilebilir en yüksek ısıtma enerjisi değerlerinin belirlenmesine dairdir.

TARİFLER

Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyacı ($Q_{i,ay}$)

Isıtma sisteminden ısıtılan ortama bir ay içinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarıdır. Birimi "J"dir.

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı ($Q_{i,yıl}$)

Isıtma sisteminden ısıtılan ortama bir yıl içinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarıdır. Birimi "J"dir.

Binanın Özgül Isı Kaybı (H)

İç ve dış arasında 1 K sıcaklık farkı olması durumunda binanın dış kabuğundan iletim ve havalandırma ile birim zamanda kaybedilen ısı enerjisi miktarıdır. Birimi "W/K"dir.

Aylık Ortalama Dış Sıcaklık ($T_{dış}$)

Dış sıcaklığın aylık ortalama değeridir. Birimi "°C" dir.

Aylık Ortalama İç Sıcaklık ($T_{iç}$)

İç sıcaklığın aylık ortalama değeridir. Birimi "°C" dir.

Binanın İç Isı Kazançları (ϕ_i)

Binanın ısıtma sisteminin dışında, ısıtılan ortam içinde bulunan ısı kaynaklarından, ısıtılan ortam birim zamanda yayılan ısı enerjisi miktarıdır. Birimi "W"dir.

Güneş Enerjisi Kazançları (ϕ_g)

Isıtılan ortama birim zamanda, doğrudan ulaşan güneş enerjisi miktarıdır. Birimi "W"dir.

Isı Kazancı Kullanım Faktörü (η)

İç ısı kazançlarının ve güneş enerjisi kazancının toplamının ortamın ısıtılmasına olan katkı oranıdır.

Bina Kullanım Alanı (A_n)

Binanın net kullanım alanıdır. Birimi "m²"dir.

14 Haziran 1999 Tarih ve 23725 Sayılı Resmi Gazetede yer alan, Bayındırlık ve İskan Bakanlığından Mecburi Standart Tebliği metnidir.

Binanın Brüt Hacmi ($V_{brüt}$)

Binayı çevreleyen dış kabuğun ölçülerine göre hesaplanan hacimdir. Birimi " m^3 "tür.

Binanın Isı Kaybeden Yüzeylerinin Toplam Alanı (A_{top})

Dış duvar, tavan, taban/döşeme, pencere, kapı vb. Yapı bileşenlerinin ısı kaybeden yüzey alanlarının toplamı olup, dış ölçülere göre bulunur. Birimi " m^2 "dir.

$A_{top}/V_{brüt}$ Oranı

Isı kaybeden toplam yüzeyin (A_{top}) ısıtılmış yapı hacmine ($V_{brüt}$) oranıdır. Birimi " m^{-1} "dir.

KAPSAM

Bu standard, yeni inşa edilecek binaların ve mevcut binaların oturma alanının %15'i oranında ve üzerinde yapılacak tadilatlarda, tadil edilen bölümünün ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplama kurallarını ve izin verilebilecek en yüksek ısı kaybı değerlerini ve hesaplama ile ilgili bilgilerin sunuş şeklini kapsar. Bu kurallar pasif güneş enerjisi sistemlerini ihtiva eden binalarda kullanılamaz. Standardda tanımlanan hesap metodunun kullanılması sırasında gerekli olan bazı bilgiler, yoğunlaşma hesabı dahil (Ek10) ekler halinde (EK-1, EK-10) standardın sonuna eklenmiştir.

Bu standard binalarda ısıtma enerjisi ihtiyacının hesabına yönelik bir metod belirlemektedir. Diğer amaçlarla olan enerji ihtiyaçları bu standardın kapsamı dışındadır.

Gerekli görülen hallerde soğutma amaçlı enerji ihtiyacı hesabı PrEN ISO 13791 'e göre yapılır.

Bu standardda açıklanan hesap metodu, kararlı durum için denge denklemlerini kullanmakla birlikte, dış ortam sıcaklık değişimleri ve güneş enerjisi kazançlarının dinamik etkilerini de dikkate almaktadır.

AMAÇ

Bu standardın amacı, ülkemizdeki binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarlarını sınırlamayı, dolayısıyla enerji tasarrufunu arttırmayı ve enerji ihtiyacının hesaplanması sırasında kullanılacak standard hesap metodunu ve değerlerini belirlemektir. Bu standard ayrıca aşağıdaki amaçlarla da kullanılabilir:

- Yeni yapılacak bir binaya ait çeşitli tasarım seçeneklerine bu standardda açıklanan hesap metodunu ve değerlerini uygulayarak, ideal enerji performansını sağlayacak tasarım seçeneğini belirlemek,
- Mevcut binaların ısıtma enerjisi tüketimlerini belirlemek,
- Mevcut bir binaya yenileme projesi uygulamadan önce, uygulanabilecek enerji tasarruf tedbirlerinin sağlayacağı tasarruf miktarlarını belirlemek,
- Bina sektörünü temsil edebilecek muhtelif binaların enerji ihtiyacını hesaplayarak, bina sektöründe gelecekteki enerji ihtiyacını millî seviyede tahmin etmek.

UYGULAMA ALANI

Bu standard aşağıda belirtilen binalarda uygulanır.

- Konut olarak kullanılacak binalar,
- Büro ve idari binalar, tiyatrolar, kongre ve konser salonları, kültür merkezleri,
- Eğitim yapıları, kütüphaneler, spor tesisleri, öğrenci yurtları,
- Hastaneler, huzur evleri, bakım evleri, doğum evleri ve kreşler, ceza evleri ve kışla binaları,
- Konaklama tesisleri,
- Alışveriş merkezleri, iş hanları, banka ve borsa binaları,
- Genel kullanım amaçları dolayısıyla iç sıcaklıkları asgari $15^{\circ}C$ olacak şekilde ısıtılan iş yerleri,
- Yukarıda belirtilen amaçların birkaçına yönelik olarak veya bunlara benzer amaçlar için kullanılan binalar.

NOT - Bu standardda yıllık ısı ihtiyacı hesabında kullanılacak olan; binaların iç sıcaklık değerleri konutlar için $19^{\circ}C$ alınacaktır (Diğer binalar için bk. TS 2164). Dış sıcaklık değerleri EK 2, illerin bulunduğu derece gün bölgeleri ise EK 4 de verilmiştir.

14 Haziran 1999 Tarih ve 23725 Sayılı Resmi Gazetede yer alan, Bayındırlık ve İskan Bakanlığından Mecburi Standart Tebliği metnidir.

1 - GENEL AÇIKLAMALAR

İnsanların barındığı veya çalıştığı binalarda, sıcaklık etkilerinden korunma, insan sağlığı, onarım giderleri, yakıt ekonomisi ve ilk yapım giderleri yönlerinden önemlidir.

- Sıcaklık etkilerinden yeterli olarak korunma, sağlığa uygun, bir iç iklimsel çevrenin sağlanmasının temel şartıdır.
- Hacimlerin ısı ihtiyacı ve bunu sağlamak için yapılan ısıtma giderleri hacmi çevreleyen bileşenlerin ısı yalıtım ve ısı depolama yeteneklerine bağlıdır.
- Sıcaklık etkilerinden yeterince korunma hacmi çevreleyen yapı bileşenlerinin yüzeylerinde su buharı yoğunlaşmasını önler, bileşenlerde sıcaklık değişimlerinin oluşturduğu hareketleri küçültür ve böylece yapıda bu olaydan ileri gelebilecek zararları önleyerek, yakıt giderlerini azaltmakla birlikte, binanın bakım ve onarım giderlerini de azaltır.
- Binanın projelendirme döneminde alınacak önlemlerle (örneğin bina yerinin doğru seçilmesiyle) ısı ihtiyacı etkilenebilir. Rüzgâr etkisi altındaki bir binada ısı kaybı, komşu binalar, bitki ve ağaçlarla korunmuş olanlara oranla daha çoktur.
- Bina dış yüzeylerini büyütmenin ısı kaybını da o oranda artıracığı, projelendirme döneminde gözönünde tutulmalıdır.
- Ayrık bir binadaki ısı kaybı, aynı büyüklük ve inşaat biçiminde yapılan bitişik düzendeki başka bir binaya göre daha fazladır.
- Bir bina içindeki odaların birbiri ile olan ilişkisi (örneğin, ısıtılan hacimlerin yan yana veya üstüste yerleştirilmesi) büyük önem taşır.
- Isı kaybını önlemek için bina girişlerinde rüzgârlık yapılmalıdır (dış kapıdan ayrı olarak kendiliğinden kapanan ikinci bir kapı düzeni)
- Büyük pencere yüzeyleri, (çift yüzeyli pencere, bitişik pencere, özel birleştirilmiş çok katlı camlı pencere bile olsa) ısı kaybını çoğaltır. Köşe odalarda, pencerelerin binanın dış duvarlarından yalnız birinde olması, ısı etkilerinden korunma yönünden daha doğrudur.
- Bacalar ve tesisat boruları dış duvarlar üzerinde bulunmamalıdır. Bu önlem yakıttan tam yararlanma, baca gazlarının soğumasını, bacanın kurum tutmasını, tesisat borularının donmasını önleme bakımlarından önemlidir.
- Duvar ve döşemelerin ısı depo etme yeteneği, kışın ısıtmanın durması halinde çabuk bir soğumayı, yazın da özellikle güneş etkisi altında, yapı bileşenleri bulunan hacimlerde, hava sıcaklığının gündüz saatlerinde aşırı yükselmesini önlemek bakımından gereklidir. Isı depo etme yeteneği yapı bileşeninin kütlesi ve yapıldığı malzemenin özgül ısı ile doğru orantılıdır.

NOT - Bu standarddaki hesap metodunun belirlenmesi sırasında uluslararası standartlar ile uyum sağlanması amacıyla, ISO 9164 ve EN 832 standartlarındaki hesap kabulleri esas alınmış ancak bire bir tercüme yapıldıktan kaçınılmış ve ülkemiz şartlarına adaptasyon gerçekleştirilmiştir.

1.1 - BİNANIN ISITMA ENERJİSİ İHTİYACINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Binanın ısıtma enerjisi ihtiyacını etkileyen faktörler aşağıda açıklanmıştır;

- Bina özellikleri: İletim ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları (varsa ısı geri kazanımı) ve ısı kapasite,
- Isıtma sisteminin karakteristikleri: Özellikle kontrol sistemleri ve ısıtma sisteminin, ısıtma enerjisi ihtiyacındaki değişmelere cevap verme süresi,
- İç iklim şartları: Binayı kullananların istediği sıcaklık değeri, binanın farklı bölümlerinde ve günün farklı zamanlarında bu sıcaklık değerlerindeki değişimler,
- Dış iklim şartları: Dış hava sıcaklığı, hakim rüzgârın yönü ve şiddeti,
- İç ısı kazanç kaynakları: Isıtma sistemi dışında, ısıtmaya katkısı olan iç ısı kaynakları, yemek pişirme, sıcak su elde etme, aydınlatma gibi amaçlarla kullanılan ve ortama ısı yayan çeşitli cihazlar ve insanlar,
- Güneş enerjisi: Pencere gibi saydam bina elemanlarından ısıtılan mekâna doğrudan ulaşan güneş enerjisi miktarı.

Bu standardda belirtilen hesap metodunda, iletim ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları ile iç ısı kazançları ve güneş enerjisi kazançları dikkate alınmıştır.

14 Haziran 1999 Tarih ve 23725 Sayılı Resmi Gazetede yer alan, Bayındırlık ve İskan Bakanlığından Mecburi Standart Tebliği metnidir.

Bu standardda, yapı elemanını oluşturan malzemelerin su buharı geçişine gösterdikleri dirence ve malzemelerin sırasına bağlı olarak su buharının gaz halinden sıvı hale geçmesi, yani yoğuşması ihtimali olduğundan malzemelerin ısı iletkenlik değerlerindeki kötüleşme EK 6'da tanımlanan metotla tahkik edilmeli, eğer yoğuşma varsa EK 6 Madde 9.2.5.2.1'de tanımlanan sınırların içerisinde kalmalıdır.

Isıtma enerjisi ihtiyacı ile, ısıtma sisteminin net çıktısı kastedilmektedir. Isıtma sisteminin dönüşüm verimi 1,00 'den küçük olacağı ve dağıtım sırasında bir miktar ısı kayıpları meydana gelebileceği için, sistemin enerji girdisi bu değerden büyüktür.

Hesap metodunda net iç ısı kazançları ve net güneş enerjisi kazançları dikkate alınmıştır. Bu sebeple kazançların toplamı, "Isı Kazancı Kullanım Faktörü" ile çarpılır.

1.2 - YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI SINIR DEĞERLERİ

Bu standard, Madde 1.1'deki etkenlerin hesaba katılmasıyla binaların ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplandığı bir metot belirlemektedir. Bu metotla hesaplanan, binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı Ek 1-B'de verilen değerleri ($A_{top}/V_{brüt}$ oranına göre) aşmamalıdır.

Yeni binaların tasarımı aşamasında, bu standardda verilen hesap metodu kullanılarak, binanın enerji ihtiyacı bu standardda verilen sınırları aşmayacak şekilde hesaplanmalı ve malzeme seçimi, eleman boyutlandırılması ve detay çözümlerinin de belirtildiği bir ısı yalıtım projesi hazırlanmalıdır.

Belediye ve mücavir alan sınırları dışında köy nüfusuna kayıtlı ve köyde sürekli oturanların dışında köy yerleşik alanları civarında ve mezralarda 2 kat'a kadar olan ve toplam döşeme alanı 100 m²'den küçük (Dış havaya açık balkon, teras, merdiven, geçit, aydınlık vb. hariç) yeni binalardaki;

- a- *Yapı bileşenlerinin ısı geçirgenlik katsayılarının (U), Tablo 2'de belirtilen yapı bileşenlerine ait U değerlerine eşit veya daha küçük olması,*
- b- *Toplam pencere alanının, ısı kaybeden dış duvar alanının %12'sine eşit veya daha küçük olması,*
- c - *Bu şartları sağlayan konstrüksiyonlar ve detayların mimari projede gösterilmesi ve "Makina Tesizat Raporunda" belirtilmesi,*

halinde Madde 3'de belirtilen "Isı Yalıtım Projesi" yapılması şartı aranmaz. Bu durumda yukarıdaki şartların sağladığını gösteren bir "Isı Yalıtım Raporu" düzenlenmesi yeterli olacaktır. Ancak, herhangi bir "U" değerinin Tablo 2'de verilen değerlerden daha büyük olması durumunda ise bu binalar için ısı yalıtım projesi hazırlanmalıdır.

****İtalik yazılı bölümler TS 825'deki orijinalinden düzenlenerek yeniden yazılmıştır.**

Belediye sınırları içindeki mevcut binalarda ısı yalıtımı uygulaması yapılması durumunda da bu standardda belirtilen hesap metodu kullanılarak binanın yalıtım projesi hazırlanmalıdır. Yalıtım projesinde, uygulanan yalıtımın sağlayacağı tahmini enerji tasarrufu hesaplanmalı, yalıtım uygulamasından önceki ve sonraki ısı ihtiyacı belirtilmelidir. Ayrıca, yalıtım uygulaması ile ilgili malzeme seçimi, eleman boyutlandırılması ve detay çözümleride belirtilmelidir.

2 - HESAP METODU

2.1 - GENEL

Yeterli seviyede ısı yalıtımı sağlanmış bir binada, ısıtma periyodunda, iç ortamda belli bir iç sıcaklığı (T_i) sağlamak için gereken ısı enerjisinin bir kısmı iç kaynaklardan ve güneş enerjisinden sağlanır. Kalan miktarın ısıtma sistemi tarafından iç ortama verilmesi gerekir. Aşağıda tanımlanan hesap metodu kullanılarak, ısıtma sisteminin iç ortama iletmesi gereken ısı enerjisi miktarı belirlenir. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olarak tanımlanan bu miktar, toplam kayıplardan güneş enerjisi kazançları ve iç kazançlar çıkartılarak hesaplanır.

Tanımlanan hesap metodunda, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ısıtma dönemini kapsayan aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının toplanması ile bulunur. Böylece binanın ısı performansının gerçeğe daha yakın bir şekilde değerlendirilmesi mümkün olacaktır. Ayrıca, tasarımcıya, önerdiği tasarımın güneş enerjisinden faydalanma kapasitesini değerlendirme imkânı sağlayacaktır.

Hesap metodunda ısıtılan ortamın sınırları, bu ortamı dış ortamdan ve eğer varsa ısıtılmayan ortamlardan ayıran duvar, döşeme, çatı, kapı ve pencereden oluşur. Hesaplamalarda dıştan dışa ölçüler kullanılır. Eğer binanın tamamı aynı sıcaklığa kadar ısıtılıyorsa veya ortamlar arasındaki sıcaklık farkı 4 K 'den küçük ise,

14 Haziran 1999 Tarih ve 23725 Sayılı Resmi Gazetede yer alan, Bayındırlık ve İskan Bakanlığından Mecburi Standart Tebliği metnidir.

binanın tamamı tek bölge olarak ele alınır ve ısıtma enerjisi ihtiyacı Madde 2.2 'de açıklanan metot uygulanarak hesaplanır. Aksi takdirde farklı ısıtma bölgelerinin sınırları belirlenmeli ve hesaplar Madde 2.3 'e göre yapılmalıdır.

2.2 - TEK BÖLGE İÇİN YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACININ HESABI

Binalarda tek bölge için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \dots\dots\dots (1)$$

$$Q_{ay} = [H (T_{i,ay} - T_{d,ay}) - \eta_{ay} (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] \cdot t \dots\dots\dots (2)$$

Burada;

- Q_{yıl} : Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Joule)
- Q_{ay} : Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Joule)
- H : Binanın özgül ısı kaybı (W/K)
- T_{i,ay} : Aylık ortalama iç sıcaklık (°C)
- T_{d,ay} : Aylık ortalama dış sıcaklık (°C)
- η_{ay} : Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü (Birimsiz)
- φ_{i,ay} : Aylık ortalama iç kazançlar (sabit alınabilir) (W)
- φ_{g,ay} : Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W)
- t : Zaman, (saniye olarak bir ay = 86400 x 30) (s)

dir.

NOT - 2 no'lu formülde köşeli parantez içindeki ifadenin pozitif olduğu aylar için toplama yapılacaktır. Negatif olan aylar dikkate alınmaz.

Hesaplamalar aşağıda verilen işlem sırasına göre yapılmalıdır.

- a - Isıtılan ortamın sınırları ve gerekli ise farklı sıcaklıktaki bölgelerin veya ısıtılmayan ortamların sınırları belirlenir.
- b - Tek bölgeli bir binada, binanın özgül ısı kaybı (H) hesaplanmalıdır (Madde 2.2.1).
- c - Aylık ortalama iç sıcaklıklar (T_{i,ay}) konutlar için 19°C alınmalıdır (Diğer binalar için bk. TS 2164).
- d - Aylık ortalama dış sıcaklıklar (T_{d,ay}) EK 2'den alınmalıdır.
- e - Aylık iletim ve havalandırma ile ısı kaybı "[H(T_{i,ay}-T_{d,ay})]" formülü kullanılarak hesaplanmalıdır.
- f - Aylık ortalama iç kazançlar (φ_{i,ay}) hesaplanmalıdır (Madde 2.2.2).
- g - Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları (φ_{g,ay}) hesaplanmalıdır (Madde 2.2.3). Hesap sırasında kullanılacak (I_{i,ay}) değerleri EK 3'den alınmalıdır.
- h - Aylık ortalama dış sıcaklık değerleri kullanılarak aylık kazanç/kayıp oranı (KKO) ve ısı kazancı yararlanma faktörü (η_{ay}) hesaplanmalıdır (Madde 2.2.4).
- i - Aylık ortalama değerler kullanılarak, "[η_{ay} (φ_{i,ay} + φ_{g,ay})]"formülü ile faydalı kazançlar "W" cinsinden hesaplanmalıdır
- j - Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı formül (2) 'ye göre hesaplanmalıdır.
- k - Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı formül (1) 'e göre hesaplanmalıdır.

Isıtılan binanın bölümlerinde farklı sıcaklıklar isteniyorsa, hesap Madde 2.3'de verilen metotlardan birine göre yapılmalıdır.

2.2.1 - Binanın Özgül Isı Kaybının Hesabı

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

$$H = H_i + H_h \dots\dots\dots (3)$$

2.2.1.1 - İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Hesabı

İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (4) no'lu formülle hesaplanır. Bu formülde yapı elemanlarının bünyesinden iletilen ısı kaybına, varsa ısı köprülerinden iletilen ısı kaybı eklenir. Isı köprüsü, bitişik yüzeye göre kompozisyonu değişik, ısı kaybı binanın ortalama ısı kaybından daha yüksek ve kışın kararlı durum için iç yüzey sıcaklığının daha düşük olduğu bölümdür. Cepheye dik bölme duvarlarının, kolon, giriş ve döşemelerin mümkünse mutlaka yalıtılmaları gereklidir. Ancak balkon vb. ısı köprüsü oluşturan ve yalıtımı çok zor olan bölgeler için ise ısı kaybı hesabı yapılarak iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybına ilâve edilmesi gereklidir.

$$H_i = \sum AU + I U_i \dots\dots\dots (4)$$

14 Haziran 1999 Tarih ve 23725 Sayılı Resmi Gazetede yer alan, Bayındırlık ve İskan Bakanlığından Mecburi Standart Tebliği metnidir.

$$\Sigma AU = U_D A_D + U_P A_P + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_t A_t + U_d A_d + 0.5 U_{dsic} A_{dsic} \dots \dots \dots (5)$$

Burada;

U_D	: Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı	W/m^2K
U_P	: Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı	W/m^2K
U_T	: Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı	W/m^2K
U_t	: Zemine oturan tabanın /döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı	W/m^2K
U_d	: Dış hava ile temas eden tabanın ısı geçirgenlik katsayısı	W/m^2K
U_{dsic}	: Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı	W/m^2K
A_D	: Dış duvarın alanı	m^2
A_P	: Pencerenin alanı	m^2
A_T	: Tavan alanı	m^2
A_t	: Zemine oturan taban/döşeme alanı	m^2
A_d	: Dış hava ile temas eden tabanın/döşemenin alanı	m^2
A_{dsic}	: Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı	m^2

dir.

UYARI : Çatı döşemesi doğrudan dış hava ile temas ediyorsa formülde yer alan U_T 'nin önündeki 0,8 katsayısı 1 olarak alınır.

U değerinin hesaplanması (TS 8442) EK 6 - Formül 4 'de belirtilen hesap metodu ile yapılır. Hesap yapılırken kullanılması gereken ve malzemelerin ısı iletkenliğini gösteren λ_h değerleri EK 5'da millî veya milletlerarası standartları olan malzemeler için verilmiştir. EK 5'de verilen λ_h değerleri doğrudan kullanılabilir. Ancak tam karşılığı bulunmayan λ_h değerleri (Örneğin EK 5, Madde 10.2 'deki ısı yalıtım malzemeleri) ilgili ürün standardında belirtilen deney metotlarına göre belirlenen λ ölçüm değerleri TS 415 e göre λ_h değerlerine dönüştürülerek kullanılır.

TS belgeli malzemelerin λ_h değerleri, ilgili ürün standardında belirtilen deneylerle tespit edilmelidir.

(4) no'lu formülde l, ısı köprüsü uzunluğunu (m cinsinden) U_l , ısı köprüsünün doğrusal geçirgenliğini (W/mK cinsinden) göstermektedir.

Isı köprüsü olması durumunda ilgili büyüklükler TS 8441'de verilen metot ile hesaplanmalıdır.

2.2.1.2 - Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Hesabı

Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (6) no'lu formül ile hesaplanır.

$$H_h = \rho \cdot c \cdot V^l = \rho \cdot c \cdot n_h \cdot V_h = 0.33 \cdot n_h \cdot V_h \dots \dots \dots (6)$$

Burada;

ρ	: Havanın birim hacim kütlesi	(kg/m^3)
c	: Havanın özgül ısı	(J/kgK)
V^l	: Hacimsel hava değişim debisi	(m^3/h)
n_h	: Hava değişim sayısı	(h^{-1})
V_h	: Havalandırılan hacim ($V_h = 0,8 \times V_{brüt}$)	(m^3)

dir.

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

$$0,33 = (\rho \cdot c / 3600) = (1,184 \cdot 1006 / 3600) = 0,33 \text{ Jh/m}^3\text{Ks} = \text{Wh/m}^3\text{K}$$

Doğal havalandırma yapılan binalarda ölçüm sonucuna dayanan bir belge veya değer yoksa, hava kaçakları ve kontrollü doğal havalandırmayı kapsayacak şekilde " n_h " değeri olarak, millî veya milletlerarası yetkili kuruluşlardan verilmiş uygunluk belgesine sahip firmaların pencere sistemlerinin kullanılması halinde $n_h=1.0 \text{ h}^{-1}$ değeri, diğer pencere sistemleri için $n_h=2.0 \text{ h}^{-1}$ değeri kullanılır.

14 Haziran 1999 Tarih ve 23725 Sayılı Resmi Gazetede yer alan, Bayındırlık ve İskan Bakanlığında Mecburi Standart Tebliği metnidir.

Binada mekanik havalandırma uygulanıyorsa, hacimsel hava değişim debisi aşağıdaki formüllerden faydalanılarak hesaplanır ve 6 nolu formülde yerine konularak havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı hesaplanır.

Mekanik havalandırma bulunması durumunda, toplam hacimsel hava değişim debisi, sistem vantilatörleri çalışırken vantilatörlerdeki ortalama hacimsel hava değişim debisi ile, rüzgâr etkisi ile oluşan ilâve hacimsel hava değişim debisinin toplamına eşittir:

$$V' = V_f + V_x$$

Burada;

V' : Toplam hacimsel hava değişim debisi (m^3/h)

V_f : Sistem vantilatörleri çalışırken vantilatörlerdeki ortalama hacimsel hava değişim debisi (m^3/h)

V_x : Rüzgâr etkisi ile oluşan ilâve hacimsel hava değişim debisi (m^3/h) dir.

Sistem sürekli ve kararlı halde çalışıyorsa, hacimsel hava değişim debisi (V_f), hava giriş debisi (V_S) ile çıkış debisinden (V_E) büyük olana eşit alınır. " V_x " in yaklaşık olarak hesaplanması için aşağıdaki formülden yararlanır:

$$V_x = \frac{V_h n_{50} e}{1 + \frac{f}{e} \left[\frac{V_S - V_E}{V_h n_{50}} \right]^2}$$

Burada;

V_h : Havalandırılan hacim (m^3),

n_{50} : İç ve dış ortamlar arasında 50 Pa basınç farkı varken hava değişim sayısı,

f : Binada dış ortama açık bir yüzey varsa 15, birden fazla yüzey varsa 20 alınır,

e : Çizelge 1 'den alınacak katsayı,

V_S : Hava giriş debisi (m^3/h)

V_E : Hava çıkış debisi (m^3/h)

dir.

ÇİZELGE 1 - Bina Sınıfı ve "e" Değerleri

Bina sınıfı	"e" değeri	
	Birden fazla dışa açık yüzey	Dışa açık bir yüzey
Açık alandaki binalar veya şehir içindeki 10 kattan daha yüksek binalar	0,10	0,03
Kırsal alandaki binalar	0,07	0,02
Şehir merkezlerindeki 10 kattan daha az katlı binalar	0,04	0,01

Binadaki havalandırma sistemi zaman zaman kapatılıyorsa, hacimsel hava değişim debisi için aşağıdaki formül kullanılır:

$$V' = V_0 (1-\beta) + (V_f + V_x) \cdot \beta$$

Burada;

V_0 : Vantilatörlerin çalışmadığı durum için hacimsel hava değişim debisi,

β : Vantilatörlerin çalıştığı zaman oranı,

dir.

Mekanik sistem farklı " V_f " 'ler için tasarlanmışsa, " V_f " olarak ortalama değer kullanılır.

Mekanik havalandırma sistemi dışarı atılan havadaki ısı enerjisi ortama gönderilen havanın ön ısıtmasını sağlamak amacıyla kullanılacak bir ısı değiştiricisine (eşanjörüne) ve geri kazanım sistemine sahip ise, mekanik havalandırma ile meydana gelecek ısı kayıplarının hesaplanmasında bir azaltma faktörünün kullanılması gerekir. Bu amaçla hacimsel hava değişim debisinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılır.

14 Haziran 1999 Tarih ve 23725 Sayılı Resmi Gazetede yer alan, Bayındırlık ve İskan Bakanlığından Mecburi Standart Tebliği metnidir.

$$V' = V_f (1-\eta_v) + V_x$$

Burada;

η_v : Havadan havaya ısı geri kazanım sisteminin verimidir.

Yukarıdaki formül, ısı geri kazanım sistemi dışarı atılan havadan alınan ısı enerjisini, sıcak su sistemine veya ısı pompası gibi bir başka sistem aracılığıyla ısıtma sistemine iletiyorsa kullanılmaz.. Bu durumlarda azaltma, ilgili sistemin enerji tüketiminin hesaplanması sırasında dikkate alınmalıdır.

2.2.2 - Aylık Ortalama İç Kazançlar ($\phi_{i,ay}$)

İç kazançlar aşağıda verilenleri kapsar.

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

Ortalama değerler ile çalışılması halinde, aydınlatma dışındaki ortalama değerler yıl boyunca hemen hemen sabittir. Bu standardda aydınlatmadan kaynaklanan kazançlar da sabit kabul edilmiştir ve her bir kaynak için alınacak değerler aşağıda verilmiştir.

Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı (büro binaları vb.) binalarda iç kazançlar olarak birim döşeme alanı başına en fazla 5 W/m^2 alınırken; yemek fabrikaları gibi pişirme işleminin ağırlıklı olduğu binalarda, normalin üstünde elektrikli cihaz çalıştırılan binalarda (aydınlatmanın sadece elektrikle sağlandığı binalar vb.) veya etrafa ısı veren sanayi cihazların kullanıldığı binalarda, iç kazançlar için birim döşeme alanı başına en fazla 10 W/m^2 değeri alınır.

Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı (büro binaları vb.) binalarda..... $\phi_{i,ay} \leq 5 \times A_n$ (W)
Yemek fabrikaları, normalin üstünde elektrikli cihaz çalıştırılan binalar vb. binalarda.... $\phi_{i,ay} \leq 10 \times A_n$ (W)

2.2.3 - Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazançları ($\phi_{g,ay}$)

Bu madde pencerelerden sağlanan doğrudan güneş ışınımının hesaplanmasını tarif etmektedir. Pasif güneş enerjisi sistemlerinden sağlanacak kazançlar ihmal edilmiştir.

Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı ($\phi_{g,ay}$) aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i \dots\dots\dots (7)$$

Burada;

- $r_{i,ay}$: "i" yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü,
- $g_{i,ay}$: "i" yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü,
- $I_{i,ay}$: "i" yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti (W/m^2),
- A_i : "i" yönündeki toplam pencere alanı (m^2) dir.

$I_{i,ay}$ değerleri Ek 3'den alınır.

Hesaplanmış değerler yoksa, $r_{i,ay}$ 'ın ısıtma periyodu boyunca sabit kaldığı kabul edilir ve binanın bulunduğu veya inşa edileceği yerleşim bölgesinin özelliğine göre aşağıdaki değerlerden biri seçilir.

- Ayrık (müstakil) ve az katlı (3 kata kadar) binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için..... $r_{i,ay} = 0,8$
- Ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmeye maruz kalınıyorsa $r_{i,ay} = 0,6$
- Bitişik nizam ve/veya çok katlı binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için..... $r_{i,ay} = 0,5$

olarak alınır.

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

14 Haziran 1999 Tarih ve 23725 Sayılı Resmi Gazetede yer alan, Bayındırlık ve İskan Bakanlığında Mecburi Standart Tebliği metnidir.

Burada;

g_{\perp} : Lâboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörüdür.

Ölçü değerlerinin olmaması durumunda " g_{\perp} " için aşağıdaki değerler kullanılabilir.

Tek cam için..... $g_{\perp} = 0,85$

Çok katlı cam (berrak) için..... $g_{\perp} = 0,75$

Isıl geçirgenlik değeri $\leq 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan ısı yalıtım üniteleri için $g_{\perp} = 0,50$

2.2.4 - Kazanç Kullanım Faktörü (η)

İç kazançlar ve güneş enerjisi kazançlarının toplamının, ısıtma enerjisi ihtiyacının azaltılması açısından faydalı enerji olarak kabul edilmesi her zaman uygun olmaz. Çünkü ısı kazançlarının yüksek olduğu sürelerde, kazançlar anlık kayıplardan fazla olabilir veya kazançlar ısıtmanın gerekmediği zamanlarda gelebilir. İç ortam sıcaklık kontrol sistemi mükemmel değildir ve yapı elemanlarının bünyesinde bir miktar ısı depolanır. Bu nedenle iç kazançlar ve güneş enerjisi kazançları bir yararlanma faktörü ile azaltılır; bu faktörün büyüklüğü, kazançların ve kayıpların bağıl büyüklüğüne ve binanın ısı kütlesine bağlıdır.

Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü, aşağıda verildiği gibi hesaplanmalıdır.

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \dots\dots\dots (8)$$

Burada;

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

$$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay}) / H(T_{i,ay} - T_{d,ay}) \dots\dots\dots (9)$$

Burada;

$T_{i,ay}$: Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı [Konutlar için 19°C alınır. (Diğer binalar için bk. TS 2164)]

$T_{d,ay}$: Aylık ortalama dış hava sıcaklığı [Ek 2'den alınır($^{\circ}\text{C}$)],

$\phi_{i,ay}$: Aylık iç kazançlar [Madde 2.2.2'ye göre hesaplanır (W)],

$\phi_{g,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı [Madde 2.2.3'e göre hesaplanır (W)],

dır.

KKO_{ay} oranı 2,5 ve üzerinde olursa o ay için ısı kaybı olmadığı kabul edilir.

2.3 - BİR DEN FAZLA BÖLGE İÇİN YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACININ HESABI

Madde 2.1'de belirtildiği gibi, binadaki birimler içerisinde sıcaklık farkı 4 K 'den büyük ortamlar mevcut ise, farklı ısıtma bölgelerinin sınırları belirlenmeli ve hesaplar aşağıda verilenlerden birine göre yapılmalıdır.

- İç sıcaklık T_i , binadaki ortalama sıcaklık olarak alınmalı ve tek bölge hesap metodu uygulanmalıdır.
- Tek bölge hesap metodu, farklı sıcaklıktaki her bölge için ayrı ayrı uygulanmalı ve her bölgedeki ısıtma enerjisi ihtiyacı toplanmalıdır.
- Ortalama sıcaklık hesabında tavan yüksekliği 3 m ve altında ise döşeme alanı ağırlıklı, 3 m 'den yukarı ise hacim ağırlıklı ortalama değer kullanılmalıdır.

3 - HESAP RAPORU

3.1 - BİRİMLER

Bu standarda göre yapılacak hesaplarda ve raporun hazırlanmasında SI birimleri kullanılır. Buna göre sıcaklık K veya $^{\circ}\text{C}$ olarak, enerji Joule olarak ve güç Watt olarak belirtilmelidir. Toplam ısı geçirgenlik değeri olan U ise $\text{W/m}^2\text{K}$ birimi ile gösterilmelidir. Birimler arasındaki dönüşüm katsayıları aşağıda gösterilmiştir.

1 kCal	4,187	kJ
1 kCal	$1,163 \times 10^{-3}$	kWh

14 Haziran 1999 Tarih ve 23725 Sayılı Resmi Gazetede yer alan, Bayındırlık ve İskan Bakanlığından Mecburi Standart Tebliği metnidir.

1 kWh	860	kcal
1 kCal/m ² h°C	1,163	W/m ² K
1 m ² h°C/kCal	0,86	m ² K/W
1 kJ	0,278 x 10 ⁻³	kWh

3.2 - HESAP RAPORU

Bu standardın amacı, Madde 0.4'de belirtildiği gibi, binaların enerji verimliliklerinin artırılması amacıyla uzun ömürlü ve sağladığı enerji tasarrufu kalıcı olacak şekilde, binalarda ısı yalıtımının sağlanmasıdır. Bu amaçla sektörde mevcut yalıtım malzemelerinin ve tekniklerinin karşılaştırılarak o proje için en uygununun seçilebileceği bir hesap metodu önerilmiştir ve sonuç olarak bir ısı yalıtım projesi hazırlanması gerekmektedir. Bu projede, standardda belirtilen hesap metoduyla binanın enerji ihtiyacının bu standardda verilen sınır değerlerin altında kalmasını sağlayacak şekilde malzeme seçimi, eleman boyutlandırılması ve detay çözümlerinin belirtilmesi gerekmektedir. Isıtılacak yapı hacmi ($V_{brüt}$) ile ve binanın kullanım alanı (A_n) ile ilişkili olarak azamî yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı değerleri ($A_{top}/V_{brüt}$) oranlarına bağlı olarak EK 1B'de verilmiştir.

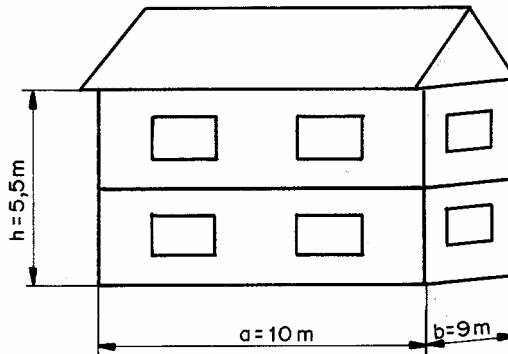
Binanın kullanım alanıyla ilişkili olarak verilen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Q) sadece, temiz ölçüler verildiğinde oda yükseklikleri 2,60 m veya daha az olan binalarda kullanılabilir. Oda yüksekliklerinin 2,60 m'nin üzerinde olması durumunda ise ısıtılacak yapı hacmiyle ilişkili olarak verilen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Q) gözönüne alınarak hesaplama yapılacaktır. Isı yalıtımı projesinde aşağıdaki verilen bilgiler bulunmalıdır;

- İç ortam sıcaklıklarında 4 K 'den daha büyük fark olan bölgeler varsa bu bölgelerin sınırları,
- Farklı ısıtma bölgeleri varsa, her bölge için dış duvar, çatı, zemin ve pencerelerde kullanılan malzemeler, bu malzemelerin eleman içindeki sıralanışı ve kalınlıkları, duvar, pencere, tavan ve taban/döşeme elemanlarının alanları ve "U" değerleri. Isı köprüleri varsa ısı köprülerinin "I" ve "U_i" değerleri,
- Pencere sisteminde kullanılan cam ve çerçevenin tipi (çok katlı cam, düşük yayımlı ısı yalıtım üniteleri veya firmasının serisi gibi), çerçeve sisteminin sızdırmazlık değerleri,
- Duvar-pencere, duvar-tavan, taban/döşeme-duvar birleşim yerlerinin detayları,
- Havalandırma tipi,
- Farklı ısıtma bölgeleri varsa, her bölge için ısı kayıpları, ısı kazançları, KKO kullanım faktörü ve ısıtma enerjisi ihtiyacının çizelge halinde aylık ve ısıtma periyodu için büyüklükleri.

Hesap Örneği

3 'üncü derece gün bölgesinde bulunan ve dıştan dışa 9 m eninde, 10 m boyunda, 5,5 m yüksekliğinde, 158,4 m² kullanım alanı olan iki katlı bir konut örnek alınarak Madde 2.2 'de belirtilen tek bölge için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanır.

Öncelikle binadaki dış duvar, pencere, tavan, taban/döşeme, dış ortamla temas eden döşeme alanı vb. alanlar hesaplanır. Örnek binamızda bu alanlar aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.



ŞEKİL A

Pencere alanı, $A_p = 20 \text{ m}^2$

Dış duvar alanı, $A_D = (9 \times 5,5 \times 2 + 10 \times 5,5 \times 2) - A_p$

14 Haziran 1999 Tarih ve 23725 Sayılı Resmi Gazetede yer alan, Bayındırlık ve İskan Bakanlığından Mecburi Standart Tebliği metnidir.

$$A_D = 189 \text{ m}^2$$

$$\text{Tavan alanı, } A_T = 9 \times 10 = 90 \text{ m}^2$$

$$\text{Döşeme alanı, } A_f = 9 \times 10 = 90 \text{ m}^2 \text{ dir.}$$

$$A_{\text{top}} = 389 \text{ m}^2, V_{\text{brüt}} = 9 \times 10 \times 5,5 = 495 \text{ m}^3$$

Daha sonra yapı elemanlarının ayrı ayrı U değerleri hesaplanır. Örnek binamızda yalıtımın yüksek seviyede sağlanması hedeflenmiştir. Duvarlarda tuğla üzerine dış taraftan $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$ olan yalıtım malzemesinin kalınlığı 6 cm'dir. Pencere çok katlı camdır ve çerçeveler 6 cm kalınlıklı PVC çerçevedir. Tavanda $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$ olan yalıtım malzemesinin kalınlığı 12 cm'dir. Döşemede $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$ olan yalıtım malzemesinin kalınlığı 8 cm'dir. Burada anlatılan hesaplamalar Çizelge 2 ve Çizelge 3'de örnek olarak gösterilmiştir. Ayrıca elemanlarda yoğunlaşma olmayacak ve ısı köprüsü meydana gelmeyecek şekilde tedbirlerin alındığı kabul edilmiştir. Dolayısıyla yapı elemanlarının "U" değerleri EK 6 Madde 4'de belirtilen klâsik hesap metoduna göre,

$$U_D = 0,47 \text{ W/m}^2\text{K}, \quad U_p = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}, U_T = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}, \quad U_i = 0,43 \text{ W/m}^2\text{K'dir.}$$

Binanın iletimle olan ısı kaybı " H_i " ise 4 no'lu formüle göre,

$$H_i = 189 \times 0,47 + 20 \times 2,8 + 0,8 \times 90 \times 0,30 + 0,5 \times 90 \times 0,43 = 185,78 \text{ W/K'dir.}$$

Yukarıdaki iletimle olan ısı kaybı hesabı yapılırken, örnek olarak seçilen binada ısı köprüsü olmadığı kabul edildiğinden Madde 2.2.1.1 'de verilen 4 no'lu formüldeki $l \times U_i$ katkısı ihmal edilmiştir.

Binadan havalandırma ile olan kayıplar için, mekanik havalandırma olmadığından $0,33 \cdot n_h \cdot V_n$ formülü kullanılır. Çerçeveler, mevcut millî ve milletlerarası standartlara uygun olarak seçildiği için " n_h " olarak $1,0 \text{ h}^{-1}$ seçilir. Binanın havalandırma hesabında kullanılacak olan hacmi (V_n) ise $0,8 \times V_{\text{brüt}} = 0,8 \times 495 = 396 \text{ m}^3$ bulunur.

Bu durumda;

$$H_n = 0,33 \times 1,0 \times 396 = 130,68 \text{ W/K'dir.}$$

Dolayısıyla binanın özgül ısı kaybı (H);

$$H = H_i + H_n = 185,78 + 130,68 = 316,46 \text{ W/K'dir.}$$

Bina konut olarak kullanılacağı için iç ısı kazançları 5 W/m^2 olarak alınabilir (Madde 2.2.2). Bu durumda örnek bina için iç kazançlar; $A_n \times 5 = 158,4 \times 5 = 792 \text{ W'dir.}$

Güneş enerjisi kazançlarının hesaplanması için binanın ayırık ve az katlı binaların bulunduğu bir yerleşim yerinde inşa edileceği, fakat ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmeye maruz kalacağı düşünülerek; " $r_{i,ay}$ " için 0,6 değeri seçilir (Madde 2.2.3).

" $g_{i,ay}$ " değeri ise çok katlı cam olduğu için $g_{\perp} = 0,75$ (Madde 2.2.3) alınarak ve $g_{i,ay} = 0,80 g_{\perp}$ formülü kullanılarak hesaplanır. Bu örnekte $g_{i,ay} = 0,80 \times 0,75 = 0,60$ dır.

" A_i " değerleri, yani her yön için toplam pencere alanları hesaplanır. Örnek olarak seçilen binada aşağıda verilen pencere alanları hesaplanmıştır.

$$A_{\text{güney}} = 10 \text{ m}^2, \quad A_{\text{kuzey}} = 2 \text{ m}^2, \quad A_{\text{doğu}} = 4 \text{ m}^2, \quad A_{\text{batı}} = 4 \text{ m}^2$$

" $l_{i,ay}$ " değerleri ise her ay için Ek 3'den alınır. Ocak ayı için örnek olmak üzere EK 3'den alınan aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} l_{\text{güney,ocak}} &= 72 \text{ W/m}^2 \\ l_{\text{kuzey,ocak}} &= 26 \text{ W/m}^2 \\ l_{\text{batı/doğu,ocak}} &= 43 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

" $\phi_{g,ocak}$ " değeri 7 nolu formüle göre aşağıdaki şekilde hesaplanır.

14 Haziran 1999 Tarih ve 23725 Sayılı Resmi Gazetede yer alan, Bayındırlık ve İskan Bakanlığında Mecburi Standart Tebliği metnidir.

$$\phi_{g,ocak} = 0,6 \times 0,6 \times 72 \times 10 + 0,6 \times 0,6 \times 26 \times 2 + 0,6 \times 0,6 \times 43 \times 4 + 0,6 \times 0,6 \times 43 \times 4 = 402 \text{ W}$$

Kazanç kullanım faktörünün hesaplanması için önce "KKO_{ocak}" 9 nolu formüle göre hesaplanır. Bu formülde gerekli olan " ϕ_i " ve " $\phi_{g,ocak}$ " değerleri ile H değerleri daha önce hesaplanmış idi.

Bina konut olarak kullanılacağı için $T_{i,ay}$ olarak 19°C alınır.

" $T_{d,ocak}$ " ise Ek 2'den alınır. 3. derece gün bölgesi için bu değer 1,3 °C'dir.

$$KKO_{ocak} = (792+402) / 316,46 \times (19-1,3) = 0,21$$

Kazanç kullanım faktörü " η_{ocak} " ise 8 nolu formüle göre

$\eta_{ocak} = 1 - e^{-1/KKO_{ocak}} = 1 - e^{-4.76} = 0,99$ olarak hesaplanır. Bu durumda ocak ayı için ısı kazançları $\eta_{ocak} (\phi_i + \phi_{g,ocak}) = 0,99 \times (792+402) = 0,99 \times 1194 = 1182,06 \text{ W}$ olarak bulunur. Bulunan değerler aşağıdaki formülde yerlerine konulursa;

$$Q_{ay} = [H (T_{i,ay} - T_{d,ay}) - \eta (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] \cdot t$$

$$Q_{ay} = [316,46 \times (19 - 1,3) - 1182,06] \times 86400 \times 30 \times 10^{-3}$$

$$Q_{ay} = 11453892 \text{ kJ}$$

olarak bulunur.

Buraya kadar yapılan hesaplar her ay için tekrarlanarak toplam ısı kaybı bulunur ve karşılaştırma yapılarak standarda uygunluğu kontrol edilir. Bu hesaplamaların daha kolay takip edilebilmesi için Çizelge 2 (binanın özgül ısı kaybı) ve Çizelge 3 (yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) örnek olarak verilmiştir.

NOT - Hesap örneğinde dış ölçüleri verilen örnek binanın oda yüksekliği 2,60 m'den küçüktür.

14 Haziran 1999 Tarih ve 23725 Sayılı Resmi Gazetede yer alan, Bayındırlık ve İskan Bakanlığında Mecburi Standart Tebliği metnidir.

ÇİZELGE 2 - Binanın Özgül Isı Kaybı

Binadaki yapı elemanları		Yapı elemanı kalınlığı d (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	Isı iletkenlik katsayısı U (W/m ² K)	Isı kaybedilen yüzey A (m ²)	Isı kaybı A x U W/K
Duvar yüzeyleri	1/ α_i ¹⁾			0,130			
	Siva ²⁾	0,020	0,870	0,023			
	Yatay delikli tuğla ³⁾	0,190	0,450	0,42			
	Isı yalıtım malzemesi ⁴⁾	0,060	0,040	1,500			
	Siva ²⁾	0,005	0,870	-			
	1/ α_d ¹⁾			0,040			
Toplam				2,11	0,47	189	88,83
Taban/Döşeme	1/ α_i ¹⁾			0,130			
	PVC yer döşemesi ⁵⁾	-	-	-			
	Şap ⁶⁾	0,030	1,400	0,021			
	Isı yalıtım malzemesi ⁴⁾	0,080	0,040	2,000			
	Tesviye şapı ⁶⁾	0,020	1,400	0,014			
	Hafif beton ⁷⁾	0,100	1,100	0,090			
	Blokaj ⁸⁾	0,150	1,74	0,086			
	1/ α_d ¹⁾			0			
Toplam				2,34	0,43x0,5	90	19,35
Tavan	1/ α_i ¹⁾			0,130			
	Siva ²⁾	0,020	0,870	0,023			
	Betonarme ⁹⁾	0,15	1,30	0,115			
	Isı yalıtım malzemesi ⁴⁾	0,120	0,04	3,000			
	1/ α_d ¹⁾			0,08			
Toplam				3,35	0,30x0,8	90	21,6
Pencere					2,8	20	56
Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı =							185,78
¹⁾ EK 6, Çizelge 6 'den alınacaktır. ²⁾ EK 5 Sıra no 4.1 'den alınmıştır. ³⁾ EK 5 Sıra no 7.1.6 'dan alınmıştır. ⁴⁾ EK 5 Sıra no 10 'dan alınmıştır. ⁵⁾ Çok küçük değer olduğundan hesaba katılmadı ⁶⁾ EK 5 Sıra no 4.6 'dan alınmıştır. ⁷⁾ EK 5 Sıra no 5.3.1 'den alınmıştır. ⁸⁾ EK 5 Sıra no 5.1 'den alınmıştır. ⁹⁾ EK 5 Sıra no 5.2.1 'den alınmıştır.				$\Sigma AU = U_D A_D + U_p \cdot A_p + 0,8 U_T \cdot A_T + 0,5 U_t A_t + U_d A_d$ $\Sigma AU = \underline{185,78 W/K}$ Özgül ısı kaybı ; $H = H_i + H_h$ İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_i = \Sigma AU + I U_i$ Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_h = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = 0,33 \times 396 = \underline{130,68 W/K}$ $H = H_i + H_h = 185,78 + 130,68 = \underline{316,46 W/K}$			

14 Haziran 1999 Tarih ve 23725 Sayılı Resmi Gazetede yer alan, Bayındırlık ve İskan Bakanlığında Mecburi Standart Tebliği metnidir.

ÇİZELGE 3 - Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_{i,ay}-T_{d,ay}$ (K, °C)	$H(T_{i,ay}-T_{d,ay})$ (W)	$\phi_{i,ay}$ (W)	$\phi_{g,ay}$ (W)	$\phi_T = \phi_{i,ay} + \phi_{g,ay}$ (W)			
Ocak	316,46	17,7	5601	792	402	1194	0,21	0,99	11453892
Şubat		17	5380		493	1285	0,24	0,98	10680854
Mart		14	4430		601	1393	0,31	0,96	8016330
Nisan		9,2	2911		606	1398	0,48	0,88	4356530
Mayıs		4,9	1551		716	1508	0,97	0,64	1518601
Haziran		0,9	285		753	1545	5,42	-	0
Temmuz		T_d yüksek	-		733	1525	-	-	0
Ağustos		T_d yüksek	-		693	1485	-	-	0
Eylül		2,5	791		595	1387	1,75	0,44	468426
Ekim		7,7	2437		494	1286	0,53	0,85	3483389
Kasım		12,5	3956		379	1171	0,30	0,96	7340129
Aralık		16,4	5190		353	1145	0,22	0,99	10514318

$$Q_{ay} = [H (T_{i,ay} - T_{d,ay}) - \eta (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] \cdot t \text{ (J)} \quad (1 \text{ kJ} = 0.278 \times 10^{-3} \text{ kWh})$$

$$\text{Toplam ısı kaybı} \quad Q_{yil} = 0.278 \times 10^{-3} \times 57832249 \text{ (kJ)} = 16077 \text{ kWh}$$

$$\text{Konutlar için iç ısı kazancı} \quad \phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$$

$$\text{Güneş enerjisi kazancı} \quad \phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$$

$$\text{Kazanç kayıp oranı} \quad KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay}) / H(T_{i,ay} - T_{d,ay})$$

$$\text{Kazanç kullanım faktörü} \quad \eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$$Q = Q_{yil}/A_n = \mathbf{101,5} \text{ kWh/m}^2 \quad A_n = 0,32 V_{brüt} = 158,4 \text{ m}^2$$

$$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 57832249$$

$A_{top}/V_{brüt} = 0,79$ oranı 3. bölge için EK 1'den alınan $Q^1 = 67,29 A_{top}/V_{brüt} + 50,16$ formülünde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q^1 = \mathbf{103,3} \text{ kWh/m}^2$ bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Örnekte $Q < Q^1$ ($101,5 < 103,3$) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının olması gereken en büyük değer altında olduğu görülmektedir. O halde bu proje, bu standardda verilen hesap metoduna göre uygundur.

ÇİZELGE 4 - Havanın, Sıcaklık ve Bağıl Nemine Bağlı Olarak Yoğuşma Noktası Sıcaklığı (T_S)

Hava sıcaklığı (T) °C	Bağıl nem için °C'de yoğuşma noktası sıcaklığı T _S ¹⁾													
	%30	%35	%40	%45	%50	%55	%60	%65	%70	%75	%80	%85	%90	%95
30	10,5	12,9	14,9	16,8	18,4	20,0	21,4	22,7	23,9	25,1	26,2	27,2	28,2	29,1
29	9,7	12,0	14,0	15,9	17,5	19,0	20,4	21,7	23,0	24,1	25,2	26,2	27,2	28,1
28	8,8	11,1	13,1	15,0	16,6	18,1	19,5	20,8	22,0	23,2	24,2	25,2	26,2	27,1
27	8,0	10,2	12,2	14,1	15,7	17,2	18,6	19,9	21,1	22,2	23,3	24,3	25,2	26,1
26	7,1	9,4	11,4	13,2	14,8	16,3	17,6	18,9	20,1	21,2	22,3	23,3	24,2	25,1
25	6,2	8,5	10,5	12,2	13,9	15,3	16,7	18,0	19,1	20,3	21,3	22,3	23,2	24,1
24	5,4	7,6	9,6	11,3	12,9	14,4	15,8	17,0	18,2	19,3	20,3	21,3	22,3	23,1
23	4,5	6,7	8,7	10,4	12,0	13,5	14,8	16,1	17,2	18,3	19,4	20,3	21,3	22,2
22	3,6	5,9	7,8	9,5	11,1	12,5	13,9	15,1	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3	21,2
21	2,8	5,0	6,9	8,6	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3	20,2
20	1,9	4,1	6,0	7,7	9,3	10,7	12,0	13,2	14,4	15,4	16,4	17,4	18,3	19,2
19	1,0	3,2	5,1	6,8	8,3	9,8	11,1	12,3	13,4	14,5	15,5	16,4	17,3	18,2
18	0,2	2,3	4,2	5,9	7,4	8,8	10,1	11,3	12,5	13,5	14,5	15,4	16,3	17,2
17	-0,6	1,4	3,3	5,0	6,5	7,9	9,2	10,4	11,5	12,5	13,5	14,5	15,3	16,2
16	-1,4	0,5	2,4	4,1	5,6	7,0	8,2	9,4	10,5	11,6	12,6	13,5	14,4	15,2
15	-2,2	-0,3	1,5	3,2	4,7	6,1	7,3	8,5	9,6	10,6	11,6	12,5	13,4	14,2
14	-2,9	-1,0	0,6	2,3	3,7	5,1	6,4	7,5	8,6	9,6	10,6	11,5	12,4	13,2
13	-3,7	-1,9	-0,1	1,3	2,8	4,2	5,5	6,6	7,7	8,7	9,6	10,5	11,4	12,2
12	-4,5	-2,6	-1,0	0,4	1,9	3,2	4,5	5,7	6,7	7,7	8,7	9,6	10,4	11,2
11	-5,2	-3,4	-1,8	-0,4	1,0	2,3	3,5	4,7	5,8	6,7	7,7	8,6	9,4	10,2
10	-6,0	-4,2	-2,6	-1,2	0,1	1,4	2,6	3,7	4,8	5,8	6,7	7,6	8,4	9,2

¹⁾ Yaklaşık değer alınırken doğrusal enterpolasyon yapılmalıdır.

EK 1

A - En büyük ve en küçük $A_{top}/V_{brüt}$ oranları için ısıtma enerjisi değerleri

	$A_{top}/V_{brüt} \leq 0.2$ için	$A_{top}/V_{brüt} \geq 1.05$ için	
$Q'_{1.DG} =$	27	66	kWh/m ²
	8,5	21	kWh/m ³
$Q'_{2.DG} =$	48	104	kWh/m ²
	14,7	33	kWh/m ³
$Q'_{3.DG} =$	64	121	kWh/m ²
	20,4	39	kWh/m ³
$Q'_{4.DG} =$	104	175	kWh/m ²
	33,4	56	kWh/m ³

B - Bölgelere göre $A_{top}/V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak gereken Q 'nun hesaplanması

A_n ile ilişkili	$Q'_{1.DG} =$	46,62	$A_{top}/V_{brüt} +$	17,38	[kWh/m ²]
$V_{brüt}$ ile ilişkili	$Q'_{1.DG} =$	14,92	$A_{top}/V_{brüt} +$	5,56	[kWh/m ³]
A_n ile ilişkili	$Q'_{2.DG} =$	68,59	$A_{top}/V_{brüt} +$	32,30	[kWh/m ²]
$V_{brüt}$ ile ilişkili	$Q'_{2.DG} =$	21,95	$A_{top}/V_{brüt} +$	10,34	[kWh/m ³]
A_n ile ilişkili	$Q'_{3.DG} =$	67,29	$A_{top}/V_{brüt} +$	50,16	[kWh/m ²]
$V_{brüt}$ ile ilişkili	$Q'_{3.DG} =$	21,74	$A_{top}/V_{brüt} +$	16,05	[kWh/m ³]
A_n ile ilişkili	$Q'_{4.DG} =$	82,81	$A_{top}/V_{brüt} +$	87,70	[kWh/m ²]
$V_{brüt}$ ile ilişkili	$Q'_{4.DG} =$	26,5	$A_{top}/V_{brüt} +$	28,06	[kWh/m ³]

C - Bölgelere göre tavsiye edilen U değerleri

	U_D (W/m ² K)	U_T (W/m ² K)	U_t (W/m ² K)	U_P^* (W/m ² K)
1. Bölge	0,80	0,50	0,80	2,80
2. Bölge	0,60	0,40	0,60	2,80
3. Bölge	0,50	0,30	0,45	2,80
4. Bölge	0,40	0,25	0,40	2,80

* : U_p olarak verilen ısı iletim katsayıları Ek 1C'de bir cam türü için verilmiştir. Diğer kapı ve pencere türleri için ısı iletim katsayıları TS 2164'den alınır ve hesaba katılır.

NOT - Bölgeler için bk. EK 4.

EK 2
Farklı Derece Gün (DG) Bölgeleri İçin Hesaplamalarda Kullanılacak Aylık Ortalama
Dış Sıcaklık Değerleri [T_{d,ay} (°C)]

	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	20,6	17,2
EYLÜL	23,3	19,6	16,5	13,2
EKİM	18,1	14,1	11,3	6,9
KASIM	13,3	9,1	6,5	1,3
ARALIK	9,4	4,9	2,6	-3,0

EK 3
Bütün Derece Gün Bölgeleri İçin Hesaplamalarda Kullanılacak Olan Ortalama Aylık Güneş Işınımı Şiddeti Değerleri [W/m²]

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
I güney =	72	84	95	83	92	95	93	93	89	82	67	64
I kuzey =	26	37	52	66	79	83	81	73	57	40	27	22
I batı/doğu =	43	57	77	90	114	122	118	106	81	59	41	37

EK 4
İllere Göre 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)	MARMARİS(Muğla)
BODRUM (Muğla)	DATÇA (Muğla)	KÖYCEĞİZ (Muğla)	MİLAS (Muğla)
GÖKOVA (Muğla)			

2. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

ADAPAZARI	ÇANAKKALE	KAHRAMANMARAŞ	RİZE	TRABZON
ADIYAMAN	DENİZLİ	KİLİS	SAMSUN	YALOVA
AMASYA	DİYARBAKIR	KOCAELİ	ŞİİRT	ZONGULDAK
BALIKESİR	EDİRNE	MANİSA	SİNOP	
BARTIN	GAZİANTEP	MARDİN	ŞANLIURFA	
BATMAN	GİRESUN	MUĞLA	ŞİRNAK	
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)	ÇATALZEYTİN (Kastamonu)
İNEBOLU (Kastamonu)	CİDE (Kastamonu)	DOĞANYURT (Kastamonu)

3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

AFYON	BURDUR	KARABÜK	MALATYA
AKSARAY	ÇANKIRI	KARAMAN	NEVŞEHİR
ANKARA	ÇORUM	KIRIKKALE	NİĞDE
ARTVİN	ELAZIĞ	KIRKLARELİ	TOKAT
BİLECİK	ESKİŞEHİR	KİRŞEHİR	TUNCELİ
BİNGÖL	İĞDIR	KONYA	UŞAK
BOLU	ISPARTA	KÜTAHYA	

İli 1. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan Belediyeler

POZANTI (Adana)	KORKUTELİ (Antalya)
-----------------	---------------------

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
BİTLİS	KARS	VAN
ERZİNCAN	KASTAMONU	YOZGAT

İli 2. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan Belediyeler

KELES (Bursa)	ŞEBİNKARAHİSAR (Giresun)	ELBİSTAN (K.Maraş)	MESUDIYE (Ordu)
ULUDAĞ (Bursa)	AFSİN (K.Maraş)	GÖKSUN (K.Maraş)	

İli 3. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan Belediyeler

KIĞI (Bingöl)	PÜLÜMÜR (Tunceli)	SOLHAN (Bingöl)
---------------	-------------------	-----------------

EK 5
Yapı Malzeme ve Bileşenlerinin Isıl İletkenliği Hesap Değerleri (λ_n) ve
Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörleri (μ) “1), 2), 3), 4), 5), 6)”

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ¹⁾ kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n ⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
1	Doğal taşlar			
1.1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	> 2800	3,5	
1.2	Tortul, sedimente taşlar (kum taşı, traverten, konglomeralar vb.)	2600	2,3	
1.3	Gözenekli püskürük taşlar	< 1600	0,55	
2	Doğal zeminler (doğal nemlilikte)			
2.1	Kum, kum-çakıl	1800	1,4	
2.2	Kil,sıkı toprak	2000	2,1	
3	Dökme malzemeler (hava kurusunda, üzeri örtülü durumda)			
3.1	Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)	1800	0,7	
3.2	Bims çakılı (TS 3234)	≤ 1000	0,19	
3.3	Yüksek fırın curufu	≤ 600	0,13	
3.4	Kömür curufu	≤ 1000	0,23	
3.5	Gözenekli doğal taş mıcırları	≤ 1200	0,22	
		≤ 1500	0,27	
3.6	Genleştirilmiş perlit agregası (TS 3681)	≤ 50	0,046	
		≤ 100	0,058	
		≤ 150	0,070	
		≤ 200	0,081	
3.7	Genleştirilmiş mantar parçacıkları	≤ 200	0,050	
3.8	Polistiren, sert köpük parçacıkları	15	0,045	
3.9	Testere ve plânya talaşı	200	0,07	
3.10	Saman	150	0,058	

EK 5'in devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ¹⁾ kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n ⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
4	Sıvalar, şaplar ve diğer harç tabakaları			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	1800	0,87	15 - 35
4.2	Çimento harcı	2000	1,40	15 - 35
4.3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	1400	0,70	10
4.4	Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	1200	0,35	10
4.5	Alçı harçlı şap	2000	1,20	15 - 35
4.6	Çimento harçlı şap	2000	1,40	15 - 35
4.7	Dökme asfalt kaplama, kalınlık ≥ 15 mm	2300	0,90	
4.8	Anorganik asıllı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	800 900 1000	0,30 0,35 0,38	
4.9	Genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılan sıvalar ve harç ve tabakaları	400 500 600 700 800	0,14 0,16 0,20 0,24 0,29	
5	Büyük boyutlu yapı elemanları ve bileşenleri (kolon, giriş, döşeme ve ısı iletkenliği hesabına esas yüzeyi 0,25 m ² den büyük olan perde, panolar gibi)			
5.1	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar			
	Donatılı	2400	2,10	70 - 150
	Donatısız	2200	1,74	70 - 150

EK 5'in devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ¹⁾ kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n ⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
5.2	Kesif dokulu hafif betonlar, (agregalar arası boşluksuz) donatılı veya donatısız			
5.2.1	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 1114'e uygun agregalarla ³⁾)	800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600 1800 2000	0,39 0,44 0,49 0,55 0,62 0,70 0,79 0,89 1,00 1,30 1,60	70 - 150 " " " " " " " " " " "
5.2.2	Yalnız genleştirilmiş perlit kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 3649'a uygun) ³⁾)	300 400 500 600 700 800 900 1000 1200 1400 1600	0,10 0,13 0,15 0,19 0,21 0,24 0,27 0,30 0,35 0,42 0,49	
5.3	Tuvenan halindeki hafif agregalarla yapılan hafif betonlar (agregalar arası boşluklu)			
5.3.1	Gözeneksiz agregalar kullanılarak yapılmış betonlar	1600 1800 2000	0,81 1,10 1,40	3 - 10 5 - 10
5.3.2	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak kuvarz kumu katılmadan yapılmış betonlar ³⁾)	600 700	0,22 0,26	5 - 15 "

EK 5'in devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ¹⁾ kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n ⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
5.3.2	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak kuvarz kumu katılmadan yapılmış betonlar ³⁾	800	0,28	5 - 15
		1000	0,36	"
		1200	0,46	"
		1400	0,57	"
		1600	0,75	"
		1800	0,92	"
		2000	1,20	"
5.3.3	Yalnız doğal bims kullanılarak ve kuvars kumu katılmadan yapılmış betonlar (TS 3234'e uygun) (TS 2823'e uygun yapı elemanları dahil)	500	0,15	5 - 15
		600	0,18	"
		700	0,20	"
		800	0,24	"
		900	0,27	"
		1000	0,32	"
		1200	0,44	"
5.4	Organik bazlı agregalarla yapılmış hafif betonlar			
5.4.1	Ahşap testere veya plânya talaşı betonu	400	0,14	
		600	0,19	
		800	0,25	
		1000	0,35	
		1200	0,44	
5.4.2	Çeltik kapçığı betonu	600	0,14	
		700	0,17	

EK 5'in devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ¹⁾ kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n ⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
5.5	Buharla sertleştirilmiş gaz betonlar (TS 453'e uygun yapı elemanları dahil)	400	0,14	5 - 10
		500	0,16	"
		600	0,19	"
		700	0,21	"
		800	0,23	"
6	Yapı plâkları ve levhaları			
6.1	Gaz beton yapı levhaları (TS 453'e uygun plaklar)			
6.1.1	Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilen levhalar	500	0,22	5 - 10
		600	0,24	"
		700	0,27	"
		800	0,29	"
6.1.2	İnce derzli veya özel yapıştırıcı kullanılarak yerleştirilen levhalar	500	0,19	5 - 10
		600	0,22	"
		700	0,24	"
		800	0,27	"
6.2	Hafif betondan duvar plâkları	800	0,29	5 - 10
		900	0,32	"
		1000	0,37	"
		1200	0,47	"
		1400	0,58	"
6.3	Alçıdan duvar levhalar ve blokları (gözenekli, delikli, dolgu veya agregalı olanlar dahil) (TS 451, TS 452 TS 1474'e uygun)	600	0,29	5 - 10
		750	0,35	"
		900	0,41	"
		1000	0,47	"
		1200	0,58	"

EK 5'in devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ¹⁾ kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n ⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
6.4	Genleştirilmiş perlit agregası katılmış alçı duvar levhaları (TS 3682 ye uygun)	600	0,29	5 - 10
		750	0,35	"
		900	0,41	"
6.5	Alçı karton plâkalar (TS 452'ye uygun)	900	0,21	8
7.	Kâgir duvarlar (Harç fugaları- derzleri dahil)			
7.1	Tuğla duvarlar			
7.1.1	TS 704, TS 705 'e uygun tuğlalarla yapılan kâgir duvarlar, dolu klinker, düşey delikli klinger, (TS 4562) seramik klinger (TS 2902).	1800	0,81	50 - 100
		2000	0,94	"
		2200	1,20	"
7.1.2	TS 704, TS 705 'e uygun dolu veya düşey delikli tuğlalarla duvarlar	1200	0,50	5 - 10
		1400	0,58	"
		1600	0,68	"
		1800	0,81	"
		2000	0,96	"
7.1.3	Düşey delikli tuğlalarla duvarlar (TS 4377'ye uygun AB sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepli)			
7.1.3.1	Normal harç kullanarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	700	0,35	5 - 10
		800	0,38	"
		900	0,42	"
		1000	0,45	"
7.1.3.2	TS4916 'ya uygun harç kullanılarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar ²⁾	700	0,30	5 - 10
		800	0,33	"
		900	0,36	"
		1000	0,39	"

EK 5'in devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ¹⁾ kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n ⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
7.1.4	Düşey delikli hafif tuğlarla duvarlar (TS 4377'ye uygun W sınıfı tuğlarla, normal derz veya harç cepli)			
7.1.4.1	Normal harç kullanılarak W sınıfı tuğlarla yapılan duvarlar	≤700	0,30	5 - 10
		800	0,33	"
		900	0,36	"
		1000	0,39	"
7.1.4.2	TS 4916'ya uygun harç kullanılarak W sınıfı tuğlarla yapılan duvarlar ²⁾	≤700	0,24	5 - 10
		800	0,27	"
		900	0,30	"
		1000	0,33	"
7.1.5	Düşey delikli hafif tuğlarla duvarlar (TS 4377'ye uygun W sınıfı lâmba zıvanalı tuğlarla)			
7.1.5.1	Normal harç kullanılarak W sınıfı lâmba zıvanalı tuğlarla yapılan duvarlar	≤700	0,24	5 - 10
		800	0,27	"
		900	0,30	"
		1000	0,34	"
7.1.5.2	TS 4916 'ya uygun harç kullanılarak W sınıfı Lâmba zıvanalı tuğlarla yapılan duvarlar ²⁾	≤700	0,18	5 - 10
		800	0,21	"
		900	0,24	"
		1000	0,28	"
7.1.6	Yatay delikli tuğlarla duvarlar (TS 4563)	≤1000	0,45	5 - 10

EK 5'in devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ¹⁾ kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n ⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
7.2	Kireç kum taşı duvarlar (TS 808 'e uygun)	700	0,35	5 - 10
		800	0,40	"
		900	0,44	"
		1000	0,50	"
		1200	0,57	"
		1400	0,70	"
		1600	0,79	5 - 25
		1800	0,99	"
		2000	1,10	"
		2200	1,30	"
7.3	Gaz beton duvar blokları ile duvarlar (TS 453'e uygun)			
7.3.1	Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilmiş bloklarla duvarlar	400	0,20	5 - 10
		500	0,22	"
		600	0,24	"
		700	0,27	"
		800	0,29	"
7.3.2	İnce derzli (derz kalınlığı ≤ 3 mm) veya özel yapıştırıcısıyla yerleştirilmiş bloklarla duvarlar (blok uzunluğunun en az 500 mm olması şartıyla)	400	0,15	5 - 10
		500	0,17	"
		600	0,20	"
		700	0,23	"
		800	0,27	"
7.3.3	TS 4916 'ya uygun harç kullanılarak gaz beton bloklarla yapılan duvarlar ²⁾	400	0,14	5 - 10
		500	0,16	"
		600	0,18	"
		700	0,21	"
		800	0,23	"

EK 5'in devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ¹⁾ kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n ⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
7.4	Beton briket veya duvar blokları ile duvarlar			
7.4.1	Hafif betondan dolu briket veya dolu bloklarla duvarlar (TS 406'ya uygun ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış briket ve bloklarla)	500	0,32	5 - 10
		600	0,34	"
		700	0,37	"
		800	0,40	"
		900	0,43	"
		1000	0,46	"
		1200	0,54	
		1400	0,63	10 - 15
		1600	0,74	"
		1800	0,87	"
		2000	0,99	"
7.4.2	Doğal bims betondan dolu bloklarla duvarlar (TS 2823'e uygun DDB türü bloklarla, kuvars kumu katılmaksızın yapılmış)	500	0,29	5 - 10
		600	0,32	"
		700	0,35	"
		800	0,39	"
		900	0,43	"
		1000	0,46	"
		1200	0,54	"
		1400	0,63	10 - 15
		1600	0,74	"
		1800	0,87	"
		2000	0,99	"

EK 5'in devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ¹⁾ kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n ⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
7.4.3	Kuvars kumu katılmaksızın doğal bimsle yapılmış betondan özel yarıklı dolu duvar bloklarıyla duvarlar (TS 2823'e uygun SW türü bloklarla)			
	Uzunluk \geq 490 mm	500	0,20	5 - 10
		600	0,22	"
		700	0,25	"
		800	0,28	"
	240 mm \leq Uzunluk < 490 mm	500	0,22	5 - 10
		600	0,24	"
		700	0,28	"
		800	0,31	"
7.4.4	Genleştirilmiş perlit betonundan dolu bloklarla duvarlar (kuvartz kumu katılmaksızın yapılmış bloklarla) (TS 3681'e uygun agregayla TS 406'ya uygun olarak yapılmış bloklarla ³⁾)	500	0,26	5 - 10
		600	0,29	"
		700	0,32	"
		800	0,35	"
7.5	Boşluklu briket veya bloklarla duvarlar			
7.5.1	Hafif betondan boşluklu bloklarla duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS 2823 uygun BDB türü bloklarla)			
7.5.1.1	2 sıra boşluklu; genişlik \leq 240 mm ,	500	0,29	5 - 10
	3 sıra boşluklu; genişlik \leq 300 mm,	600	0,32	"
	4 sıra boşluklu; genişlik \leq 365 mm,	700	0,35	"
	5 sıra boşluklu genişlik \leq 490 mm,	800	0,39	"
	6 sıra boşluklu; genişlik \leq 490 mm olan bloklarda	900	0,44	"
		1000	0,49	"
		1200	0,60	"
		1400	0,73	"

EK 5'in devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ¹⁾ kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n ⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
7.5.1.2	2 sıra boşluklu; genişlik = 300 mm, 3 sıra boşluklu; genişlik = 365 mm olan bloklarda	500 600 700 800 900 1000 1200 1400	0,29 0,34 0,39 0,46 0,55 0,64 0,76 0,90	5 - 50 " " " " " " "
7.5.2	Normal betondan boşluklu briket ve bloklarla duvarlar (TS 406'ya uygun)			
7.5.2.1	2 sıra boşluklu; genişlik \leq 240 mm , 3 sıra boşluklu; genişlik \leq 300 mm, 4 sıra boşluklu; genişlik \leq 365 mm, olan bloklarda	\leq 1800	0,92	20 - 30
7.5.2.2	2 sıra boşluklu; genişlik = 300 mm, 3 sıra boşluklu; genişlik = 365 mm, olan bloklarda	\leq 1800	1,3	20 - 30
7.6	Doğal taşlarla örülmüş moloz taş duvarlar Taşın birim hacim kütlesi ; $< 1600 \text{ kg/m}^3$ $\geq 1600, < 2000 \text{ kg/m}^3$ $\geq 2000, < 2600 \text{ kg/m}^3$ $\geq 2600 \text{ kg/m}^3$		0,81 1,16 1,74 2,56	
8	Ahşap ve ahşap mamulleri			
8.1	Ahşap			
8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	600	0,13	40
8.1.2	Kayın, meşe, dişbudak	800	0,20	"

EK 5'in devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ¹⁾ kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n ⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
8.2	Ahşap mamulleri			
8.2.1	Kontrplâk (TS 46), kontrtabla (TS 1047)	800	0,13	50 - 400
8.2.2	Ahşap yonga levhalar			
8.2.2.1	Yatık yongalı levhalar (TS 180, TS 1617)	700	0,13	50 - 100
8.2.2.2	Dik yongalı levhalar (TS 3482)	700	0,17	20
8.2.3	Odun lifi levhalar			
8.2.3.1	Sert ve orta sert odun lifi levhalar (TS 64)	600	0,13	70
		800	0,15	"
		1000	0,17	"
8.2.3.2	Hafif odun lifi levhalar	≤ 200	0,046	5
		≤ 300	0,058	"
9	Kaplamalar			
9.1	Döşeme kaplamaları			
9.1.1	Linolyum	1000	0,17	
9.1.2	Mantarlı linolyum	700	0,08	
9.1.3	Sentetik malzemeden kaplamalar (örneğin PVC)	1500	0,23	
9.1.4	Halı vb. kaplamalar	250	0,07	
9.2	Suya karşı yalıtım kaplamaları			
9.2.1	Mastik asfalt kaplama ≥ 7 mm	2000	0,70	
9.2.2	Bitüm ve bitüm emdirilmiş kaplamalar			
9.2.2.1	Armatürlü bitümlü pestiller (membranlar)			
	Bitümlü karton	1100	0,19	2000
	Cam tülü armatürlü bitümlü pestil	1200	0,19	14000
	0,01 mm Al. Folyolu bitümlü pestil	900	0,19	100000
	Cam tülü armatürlü polimer bitümlü membran	2000	0,19	14000
	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	2000-5000	0,19	20000

EK 5'in devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ¹⁾ kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h ⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
9.2.3	Armatürlü veya armatürsüz plâstik pestil ve folyolar			
	Polietilen folyo	1000	0,19	80000
	PVC örtü	1200	0,19	42000
	PIB polyisobütülen örtü	1600	0,26	300000
	ECB etilen kopolimer örtü	1000	0,19	80000
	EPDM etilen propilen kauçuk örtü	1200	0,30	100000
10	Isı yalıtım malzemeleri			
10.1	Odun talaşı levhaları (TS 305)			
	levha kalınlığı ≥ 25 mm	360-480	0,09	2 - 5
	levha kalınlığı =10 mm	570	0,15	"
10.2	Sentetik köpük malzemeler			
10.2.1	Polistiren sert köpük levhalar (EPS)			
10.2.1.1	Polistiren - partiküler köpük (TS 7316)	≥ 15	0,040	20 - 250
10.2.1.2	Polistiren - ekstrüde köpük XPS (TS 11989)			
10.2.1.2.1	Yüzeyi pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı levhalar	> 20	0,031	80 - 250
10.2.1.2.2	Yüzeyi düzgün (ciltli) levhalar	≥ 30	0,028	80 - 250
10.2.2	Poliüretan sert köpük levhalar (PUR) (TS 2193) (TS 10981)	≥ 30	0,035	30 - 100
10.3	Fenol reçinesinden sert köpük levhalar	≥ 30	0,040	10 - 50
10.4	Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	8 - 500	0,040	1
10.5	Cam köpüğü levhalar	100 - 500	0,052	10000
10.6	Mantardan ısı yalıtım levhaları (TS 304)	80 - 160	0,040	10
		$> 160 - 250$	0,050	30
		$> 250 - 500$	0,055	35
10.7	Kamıştan hafif levhalar		0,058	

- 1) Bu EK 'de verilen birim hacim kütleleri bir yapı malzeme veya bileşininin gerçek birim hacim kütlelerinden farklı olabilir. Bu gibi durumlarda göz önünde bulundurulacak ısı iletkenliği hesap değeri, esas malzemenin (meselâ tuğla duvarda tuğlanın) kuru durumdaki birim hacim kütlelerine (varsa içindeki boşluk ve delikler dahil birim hacim kütlesi) en yakın ancak ondan daha büyük olan birim hacim kütlesi için verilen değerdir. Bir malzeme veya bileşen için yalnız bir birim hacim kütlelerine bağlı olarak ısı iletkenliği hesap değeri verilmişse, malzeme veya bileşenin gerçek birim hacim kütlesi farklı da olsa bu ekteki değer geçerlidir. Gerekliğinde, yapı malzeme veya bileşenlerinin birim alan kütlelerinin hesabında da bu ekteki birim hacim kütleleri yukarıdaki esaslara göre göz önünde bulundurulur.
- 2) TS 4916'ya uygun hafif örgü harcı kullanılması durumunda, bu ek 'de; briket ve bloklarla yapılan duvarlar için verilen ısı iletkenliği hesap değerleri 0,06 W/mK kadar azaltılabilir. Ancak bu harcın kullanılması halinde;
- Duvarların taşıyıcı olmaması,
 - Kullanılacak harcın ilgili standardlarca üretilmiş olması ve şantiyelere ambalajlı olarak getirilmesi,
 - Yapılacak azaltma sonucu bulunacak ısı iletkenliği hesap değerleri, duvar örgüsünde kullanılan briket ve blokların yapıldıkları betonlar için verilen ısı iletkenliği hesap değerlerinden daha küçük olmaması, gereklidir.
- 3) Kuvartz kumu katılmadan yapılmış beton elemanlar için verilen ısı iletkenliği hesap değerleri, kuvartz kumu katılması durumunda % 20 arttırılarak uygulanır.

EK 5'in devamı

- 4) Bazı gevşek dokulu malzemeler kullanıldığı yerlerde, üzerine gelen yükler sonucu sıkışabilirler (Meselâ döşeme kaplaması altındaki gevşek dokulu yalıtım tabakaları gibi.) Bu gibi durumlarda malzemenin sıkışmış olarak birim hacim kütlesi, bu malzeme için bu ek'de verilen birim hacim kütlesi değerinden daha büyük değilse, verilen ısı iletkenlik hesap değerleri aynen geçerlidir. Ancak yapılacak ısı geçirgenlik direnci hesaplarında, malzemenin sıkışmış durumdaki kalınlığının göz önünde bulundurulması gerekir. Ayrıca, gevşek dokulu veya sıkışabilir malzemeler üzerine yapılacak kaplamaların, üzerlerine gelecek sabit ve hareketli yükleri, zarar görmeden taşıyacak şekilde seçilmesine ve uygulanmasına özen gösterilmelidir.
- 5) Bir yapı bileşeni veya elemanı birden fazla, değişik ısı iletkenliği hesap değerine sahip malzemenin meydana geliyorsa, o yapı bileşeni veya elemanının ısı iletkenliği hesap değeri; her bir malzemenin kalınlıkları ve alanları dikkate alınarak ısı geçirgenlik dirençleri hesaplanır böylece yüzey yüzde (%) oranlarına göre ortalama ısı iletkenlik değerleri bulunur ve bileşen veya elemanın boyutlarına göre derz durumları da göz önünde bulundurularak hesaplanır.
- 6) Yapı konstrüksiyonu için uygun olmayan değerler her defasında gözardı edilir.

EK 6

Binalarda Isı Yalıtımı ve Yapı Elemanlarından Buhar Geçişinin Tahkiki ve Sınırlandırılması

1 - GENEL

Bir yapı elemanının iki yüzü arasında, sıcaklıkların ve bağıl nemin farklı olmasından kaynaklanan 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 aynı yönde hareket ederek dış ortama ulaşmaya çalışır. Su buharının dış ortama gaz olarak ulaşması halinde yapı elemanının gerek kullanım ömrü ve gerekse ısı performansını açısından bir problem yoktur. Ancak yapı elemanını oluşturan malzemelerin su buharı geçişine gösterdikleri dirence ve malzemelerin sırasına bağlı olarak, yapı elemanından geçerken, su buharının gaz halinden sıvı hale geçmesi, yani yoğuşması ihtimali mevcuttur. İstenmeyen bir durum olan yoğuşmanın meydana gelme riski, aşağıda tanımlanan metotla tahkik edilerek yoğuşma olması halinde Madde 9.2.5.2.1'de verilen sınır değerleri aşmaması sağlanmalıdır.

2 - İLETİMLE OLAN ISI GEÇİRGENLİK DİRENCİNİN (1/Λ) HESAPLANMASI

2.1 - TEK TABAKALI YAPI BİLEŞENLERİ

İletimle olan ısı geçirgenlik direnci (1/Λ), (R olarak da adlandırılabilir) Formül 1'de belirtildiği gibi, yapı elemanı kalınlık (d) değerinin, ısıl iletkenlik hesap değerine (λ_h) bölünmesi ile hesaplanır. Ek 5'de liste halinde verilen " λ_h " değerleri doğrudan kullanılabilir. Ancak tam karşılığı bulunmayan " λ_h " değerleri için ilgili ürün standardında belirtilen deney metotlarına göre tespit edilen " λ " ölçü değerleri TS 415'e göre " λ_h " değerlerine dönüştürülerek kullanılır.

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

Burada;

1/Λ : İletimle olan ısı geçirgenlik direnci (m².K/W),

d : Yapı bileşeninin kalınlığı (m),

λ_h : Isıl iletkenlik hesap değeri (W/m.K)
dir.

2.2 - ÇOK TABAKALI YAPI BİLEŞENLERİ

Çok tabakalı yapı bileşenlerinde, iletimle olan ısı geçirgenlik direnci (1/Λ), tek tek yapı elemanı kalınlıkları (d₁,d₂...d_n) ve bu yapı elemanlarının, ısıl iletkenlik hesap değerleri ($\lambda_{h1}, \lambda_{h2} \dots \lambda_{hn}$) kullanılarak formül 2 ile hesaplanır.

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{\lambda_{h1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h2}} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_{hn}} \dots\dots\dots(2)$$

2.3 - BİTİŞİK YÜZEYLİ YAPI BİLEŞENLERİ

Farklı ısıl geçirgenlik dirençlerine sahip bir kaç bitişik tabakadan oluşan bir yapı bileşeni söz konusu olduğunda, daha kesin bir doğrulama gerçekleştirilmedikçe, ortalama ısıl geçirgenlik direncinin 5 ve 6 no'lu formüllere göre, tek tek yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayıları (U) yoluyla tespit edilmelidir. Bu durumda birleşik yapı elemanlarının iletimle olan ısıl geçirgenlik dirençleri (1/Λ) birbirlerinden en fazla 5 'lik bir faktör (5 katı) farklılık göstermelidir.

3 - ISIL GEÇİRGENLİK DİRENCİNİN (1/U) HESAPLANMASI

Bir yapı bileşeninin ısıl geçirgenlik direnci (1/U), iletimle olan ısı geçirgenlik dirençlerine (1/Λ), yüzeyel ısıl iletim direnç değerleri (1/α) eklenerek formül 3'e göre hesaplanır.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_d} \dots\dots\dots (3)$$

Burada;

$1/U$: Isı geçirgenlik direnci ($m^2.K/W$),

$1/\alpha_i$: İç yüzeyin yüzeysel ısı taşınım direnci ($m^2.K/W$),

$1/\alpha_d$: Dış yüzeyin ısı taşınım direnci ($m^2.K/W$),
dir.

4 - ISIL GEÇİRGENLİK KATSAYISININ (U) HESAPLANMASI

4.1 - TEK TABAKALI VE ÇOK TABAKALI YAPI BİLEŞENLERİ

Bir yapı bileşeninin ısıl geçirgenlik katsayısı (U), 3 no'lu denklemin aritmetik tersi alınarak formül 4'e göre hesaplanır.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_d}} \dots\dots\dots(4)$$

Burada ;

U : Yapı bileşeninin ısıl geçirgenlik katsayısı ($W/m^2.K$)'dir.

4.2 - BİTİŞİK YÜZEYLİ YAPI BİLEŞENLERİ

Farklı ısıl geçirgenlik katsayılarına (U_1, U_2, \dots, U_n) sahip birkaç bitişik tabakadan oluşan bir yapı bileşeni için, ortalama ısıl geçirgenlik katsayısı (U), bu yapı elemanlarının yüzey yüzde oranlarına göre $A_1/A, A_2/A, \dots, A_n/A$ formül 5 kullanılarak hesaplanır.

$$U = U_1 \frac{A_1}{A} + U_2 \frac{A_2}{A} + \dots + U_n \frac{A_n}{A} \dots\dots\dots(5)$$

Burada ;

U : Isıl geçirgenlik katsayısı ($W/m^2.K$),

A : Yapı elemanlarının toplam alanı (m^2),

A_1, \dots, A_n : 1'den n'ye kadar olan yapı elemanlarının alanları (m^2) (A_1, \dots, A_n)/A : Yüzey yüzde oranı (Birimsiz),

dir.

Bir kaç bitişik tabakadan oluşan bir yapı bileşeninin iletimle olan ortalama ısıl geçirgenlik direnci ($1/\Lambda$), 5 no'lu formülden alınan ısıl geçirgenlik katsayısı (U) ile, formül 6'ya göre hesaplanır.

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{1}{U} - \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} \right) \dots\dots\dots (6)$$

5 - YAPI BİLEŞENİNİN ISI KAYBI HESABI

Kararlı durumdaki bir ısı akış yoğunluğu (q), bir dış yapı bileşeninden T_i sıcaklığındaki dâhilî havanın yüzeyle temas halinde bulunduğu iç tarafa ve T_d sıcaklığındaki haricî havanın yüzeyle temas halinde olduğu dış tarafa doğru gerçekleşir. Isı akış yoğunluğu formül 7'ye göre hesaplanır.

$$q = U(T_i - T_d) \dots\dots\dots (7)$$

Burada ;

q : Isı akış yoğunluğu (W/m^2),

T_i : İç sıcaklık ($^{\circ}C$),

T_d : Dış sıcaklık ($^{\circ}C$),

dır.

6 - SICAKLIKLARIN HESAPLANMASI

6.1 - İÇ YÜZEY SICAKLIĞI

Bir yapı bileşeninin iç yüzey sıcaklığı (T_{yi}), formül 8'e göre hesaplanır.

$$T_{yi} = T_i - \frac{1}{\alpha_i} q \dots\dots\dots (8)$$

Burada ;

T_{yi} : İç yüzey sıcaklığı ($^{\circ}C$)'dir.

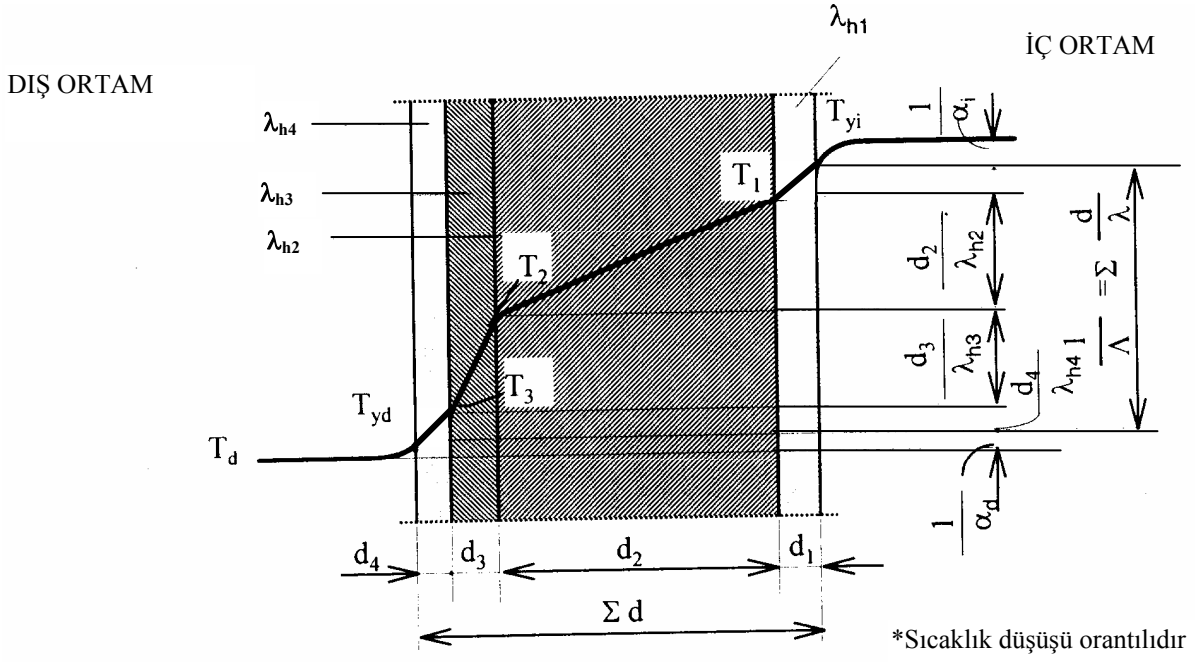
6.2 - DIŞ YÜZEY SICAKLIĞI

Bir yapı bileşeninin, dış yüzey sıcaklığı (T_{yd}), formül 9'a göre hesaplanır.

$$T_{yd} = T_d + \frac{1}{\alpha_d} q \dots\dots\dots (9)$$

Burada;

T_{yd} : Dış yüzey sıcaklığı ($^{\circ}C$)'dir.



ŞEKİL 1 - Çok tabakalı bir yapı bileşeni kesiti üzerinde sıcaklık dağılımı

6.3 - ORTAK YÜZEYLERİN SICAKLIĞI

Çok tabakalı bir yapı bileşeninin (Şekil 1), sırasıyla birinci, ikinci ya da n'inci tabakalarının, hızla azalan sıcaklıkları (T_1, T_2, \dots, T_n) (ısı akış yönünde sıralanırlar), aşağıda belirtildiği gibi hesaplanır.

$$T_1 = T_{yi} - \frac{1}{\Lambda_1} q \quad \dots \dots \dots (10)$$

$$T_2 = T_1 - \frac{1}{\Lambda_2} q \quad \dots \dots \dots (11)$$

· · ·
· · ·
· · ·

$$T_n = T_{n-1} - \frac{1}{\Lambda_n} q \quad \dots \dots \dots (12)$$

$T_1 \dots T_n$	$T_{yi} \dots T_{n-1}$	$\frac{1}{\Lambda_1} \dots \frac{1}{\Lambda_n}$	q
°C	°C	$\frac{1}{m^2 \cdot K/W}$	W/m ²

Şekil 1'de çok tabakalı bir yapı bileşeninde, tabaka kalınlıkları ve ısı iletkenlik katsayılarının fonksiyonu olarak, sıcaklık dağılımları gösterilmiştir.

7 - YAPI BİLEŞENLERİNİN İÇ YÜZEYLERİNDE, YOĞUŞMANIN ÖNLENMESİ İÇİN GEREKLİ HESAPLAMANIN YAPILMASI

İç yüzeyde yoğuşmanın önlenmesini sağlamak için bir yapı bileşeninin gerekli iletimle ısı geçirgenlik direnci ($1/\Lambda$), formül 13'e göre hesaplanır.

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{1}{\alpha_i} \cdot \frac{T_i - T_d}{T_i - T_s} - \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_d} \right) \dots \dots \dots (13)$$

$\frac{1}{\Lambda}$	$\frac{1}{\alpha_i}$	T_i, T_d, T_s	$\frac{1}{\alpha_d}$
m ² .K/W	m ² .K/W	°C	m ² .K/W

Bu nedenle, karşılık gelen ısı geçirme katsayısı (U), aşağıdaki gibidir.

$$U = \frac{T_i - T_s}{\frac{1}{\alpha_i} \cdot (T_i - T_d)} \dots \dots \dots (14)$$

U	$\frac{1}{\alpha_i}$	T_i, T_d, T_s
W/(m ² .K)	m ² .K/W	°C

Yoğuşma noktası sıcaklığı (T_s), Çizelge 4 'den alınır.

8 - ISI KÖPRÜLERİNİN HESAPLANMASI

Bir yapı bileşeninde, farklı ısı geçirgenlik dirençlerine sahip alanların bulunmasının bir sonucu olarak ortaya çıkan ısı köprüleri için daha kesin bir doğrulama gerçekleştirilemediği sürece, 1 ve 2 no'lu formüllere göre hesaplama yapılmalıdır.

9 - DİFÜZYON HESAPLARI

9.1 - DİFÜZYON KORUMA MİKTARLARI

9.1.1. Su Buharı Difüzyon Direnci

Bir yapı malzemesi tabakasının, su buharı difüzyon direnci ($1/\Delta$), 10°C¹⁾ referans sıcaklığında, aşağıdaki formül (15) kullanılarak hesaplanır.

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

1) 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.

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

$$1/\Delta = 1,5 \cdot 10^6 \cdot \mu \cdot d \dots\dots\dots (15)$$

Burada;

$1/\Delta$: Su buharı difüzyon direnci(m².h.Pa/kg),
 μ : Su buharı difüzyon direnci katsayısı (Birimsiz),
 d : Yapı malzemesi tabakasının kalınlığı (m),

dır.

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 ($\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$), formül 16 kullanılarak hesaplanır.

$$\frac{1}{\Delta} = 1,5 \cdot 10^6 \cdot (\mu_1 \cdot d_1 + \mu_2 \cdot d_2 + \dots + \mu_n \cdot d_n) \dots\dots\dots (16)$$

9.1.2 - Su Buharı Difüzyonu Eş Değer Hava Tabakası Kalınlığı

Bir yapı malzemesi tabakasının, su buharı difüzyonu eş değer hava tabakası kalınlığı (S_d), kalınlığı (d) ve su buharı difüzyon direnci katsayısı (μ) kullanılarak formül 17 ile hesaplanır.

$$S_d = \mu \cdot d \dots\dots\dots (17)$$

Burada;

S_d : Su buharı difüzyonu eş değer hava tabakası kalınlığı (m),
 μ : Su buharı difüzyon direnci katsayısı (Birimsiz),
 d : Yapı malzemesi tabakasının kalınlığı (m),

dır.

9.1.3 - Kısmî Su Buharı Basıncı

Kısmî su buharı basıncı formül 18 ile hesaplanır.

$$p = \varphi \cdot p_s \dots\dots\dots (18)$$

Burada;

p : Kısmî su buharı basıncı (Pa),
 φ : Bağlı nem (Birimsiz),
 p_s : "T" sıcaklığındaki, doymuş su buharı basıncı (Pa), (Çizelge 5²),
dır.

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

2) Doymuş su buharı basıncı (p_s) aynı zamanda formül 19 kullanılarak yaklaşık olarak hesaplanabilir.

$$p_s = a \cdot \left(b + \frac{T}{100^\circ\text{C}} \right)^n \dots\dots\dots (19)$$

Burada a,b ve n 'nin sabit değerleri aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} 0 \leq T \leq 30^\circ\text{C} : a &= 288,68 \text{ Pa} \\ &b = 1,098 \\ &n = 8,02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -20 \leq T < 0^\circ\text{C} : a &= 4,689 \text{ Pa} \\ &b = 1,486 \\ &n = 12,30 \end{aligned}$$

ÇİZELGE 5 - (30,9 °C) ile (-20,9°C) Arasındaki Sıcaklıklarda Doymuş Su Buharı Basıncı

Sıcaklık °C	Doymuş su buharı basıncı (Pa)									
	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
30	4244	4269	4294	4319	4344	4369	4394	4419	4445	4469
29	4006	4030	4053	4077	4101	4124	4148	4172	4196	4219
28	3781	3803	3826	3848	3871	3894	3916	3939	3961	3984
27	3566	3588	3609	3631	3652	3674	3695	3717	3793	3759
26	3362	3382	3403	3423	3443	3463	3484	3504	3525	3544
25	3169	3188	3208	3227	3246	3266	3284	3304	3324	3343
24	2985	3003	3021	3040	3059	3077	3095	3114	3132	3151
23	2810	2827	2845	2863	2880	2897	2915	2932	2950	2968
22	2645	2661	2678	2695	2711	2727	2744	2761	2777	2794
21	2487	2504	2518	2535	2551	2566	2582	2598	2613	2629
20	2340	2354	2369	2384	2399	2413	2428	2443	2457	2473
19	2197	2212	2227	2241	2254	2268	2283	2297	2310	2324
18	2065	2079	2091	2105	2119	2132	2145	2158	2172	2185
17	1937	1950	1963	1976	1988	2001	2014	2027	2039	2052
16	1818	1830	1841	1854	1866	1878	1889	1901	1914	1926
15	1706	1717	1729	1739	1750	1762	1773	1784	1795	1806
14	1599	1610	1621	1631	1642	1653	1663	1674	1684	1695
13	1498	1508	1518	1528	1538	1548	1559	1569	1578	1588
12	1403	1413	1422	1431	1441	1451	1460	1470	1479	1488
11	1312	1321	1330	1340	1349	1358	1367	1375	1385	1394
10	1228	1237	1245	1254	1262	1270	1279	1287	1296	1304
9	1148	1156	1163	1171	1179	1187	1195	1203	1211	1218
8	1073	1081	1088	1096	1103	1110	1117	1125	1133	1140
7	1002	1008	1016	1023	1030	1038	1045	1052	1059	1066
6	935	942	949	955	961	968	975	982	988	995
5	872	878	884	890	896	902	907	913	919	925
4	813	819	825	831	837	843	849	854	861	866
3	759	765	770	776	781	787	793	798	803	808
2	705	710	716	721	727	732	737	743	748	753
1	657	662	667	672	677	682	687	691	696	700
0	611	616	621	626	630	635	640	645	648	653
-0	611	605	600	595	592	587	582	577	572	567
-1	562	557	552	547	543	538	534	531	527	522
-2	517	514	509	505	501	496	492	489	484	480
-3	476	472	468	464	461	456	452	448	444	440
-4	437	433	430	426	423	419	415	412	408	405
-5	401	398	395	391	388	385	382	379	375	372
-6	368	365	362	359	356	353	350	347	343	340
-7	337	336	333	330	327	324	321	318	315	312
-8	310	306	304	301	298	296	294	291	288	286
-9	284	281	279	276	274	272	269	267	264	262
-10	260	258	255	253	251	249	246	244	242	239
-11	237	235	233	231	229	228	226	224	221	219
-12	217	215	213	211	209	208	206	204	202	200
-13	198	197	195	193	191	190	188	186	184	182
-14	181	180	178	177	175	173	172	170	168	167
-15	165	164	162	161	159	158	157	155	153	152
-16	150	149	148	146	145	144	142	141	139	138
-17	137	136	135	133	132	131	129	128	127	126
-18	125	124	123	122	121	120	118	117	116	115
-19	114	113	112	111	110	109	107	106	105	104
-20	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94

9.1.4 - Su Buharı Difüzyonu Akış Yoğunluğu

Kararlı durumdaki yoğunluğa sahip su buharı difüzyon akışı formül 20'ye göre hesaplanır.

NOT - Standardın bundan sonraki bölümlerinde "Kararlı durumdaki yoğunluğa sahip su buharı difüzyon akışı" ifadesi yerine "Difüzyon akış yoğunluğu (i)" ifadesi kullanılmıştır.

$$i = \frac{p_i - p_d}{1/\Delta} \dots\dots\dots (20)$$

Burada;

i : Difüzyon akış yoğunluğu (kg/m².h),

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

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

1/Δ : Su buharı difüzyon direnci(m².h.Pa/kg)
dir.

20 no'lu formülde, herhangi bir yoğuşma suyu oluşmayan bir difüzyon akışı varsayılmaktadır.

9.2 - HESAPLAMA METOTLARI

9.2.1 - Genel

Madde 9.2.2'de tanımlanan, muhtemel bir yoğuşma suyunun oluşup, oluşmadığının tespitine ait metod Şekil 2'de bir şema halinde gösterilmiştir.

9.2.2 - Yoğuşma Suyu Miktarının Hesaplanması

Bir su buharı difüzyon akışı, bir su buharı difüzyon direncine (1/Δ)'ne sahip bir yapı bileşeninden, su buharı kısmî basıncına (p_i) sahip yüzeyle temas halinde olan havanın bulunduğu bir tarafa ve su buharı kısmî basıncına (p_d) sahip yüzeyle temas halinde bulunan havanın bulunduğu diğer tarafa doğru gerçekleşir.

Bir yapı bileşeni içindeki su buharı basıncı (p), doymuş su buharı basıncına (p_s) ulaştığında yoğuşma gerçekleşir. Hesaplama aşağıdaki metoda uygun olarak yapılır³⁾.

Yapı bileşenini oluşturan, yapı malzemesi tabakaları ile ilgili olarak çizilen grafiğin "x" eksenine difüzyon - eş değeri hava tabakası kalınlıkları (S_d) ve "y" eksenine su buharı kısmî basıncı (P) eklenir.

Hesaplamayla tespit edilmiş olan sıcaklık dağılımı esas alınarak belirlenen doymuş su buharı basıncı (p_s) (mümkün olan en yüksek su buharı basıncı) ve gerçek (fiili) su buharı kısmî basıncı yapı bileşeni kesiti üzerindeki grafiğe işlenir. Yapı bileşenindeki su buharı kısmî basınç eğrisi difüzyon grafiğinde, yapı bileşeninin iki yüzeyindeki basınçları (p_i ve p_d) birleştiren düz bir çizgi olarak verilmiştir. Bu düz çizgi, doymuş su buharı basıncı eğrisi ile kesişecek olursa, düz çizginin yerine doymuş buhar basıncı eğrisine teğet olacak şekilde p_i ve p_d basınçları arasında eğri olarak çizilmelidir; çünkü su buharı kısmî basıncı, doymuş buhar basıncından daha büyük olamaz (Şekil 3 b-d).

Doymuş buhar basıncı eğrisi ile teğet halindeki temas, yapı bileşenindeki yoğuşma suyunun oluştuğu alanı sınırsız kılar (Şekil 3 d).

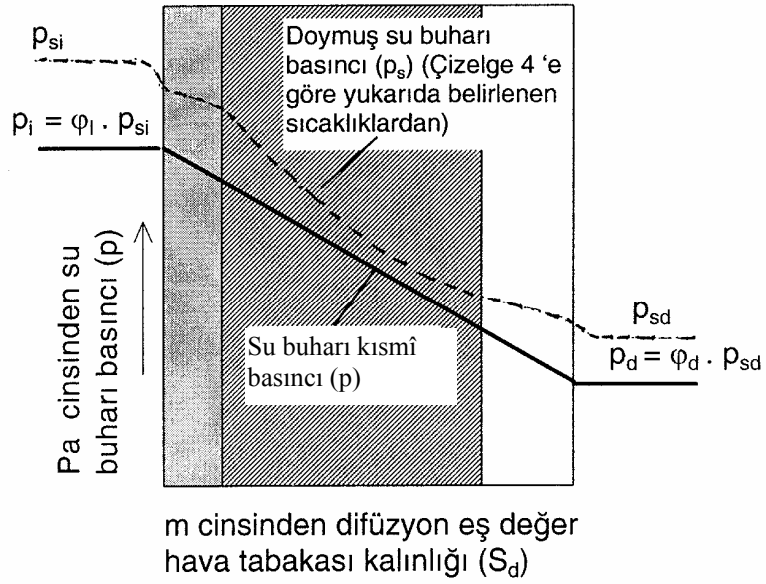
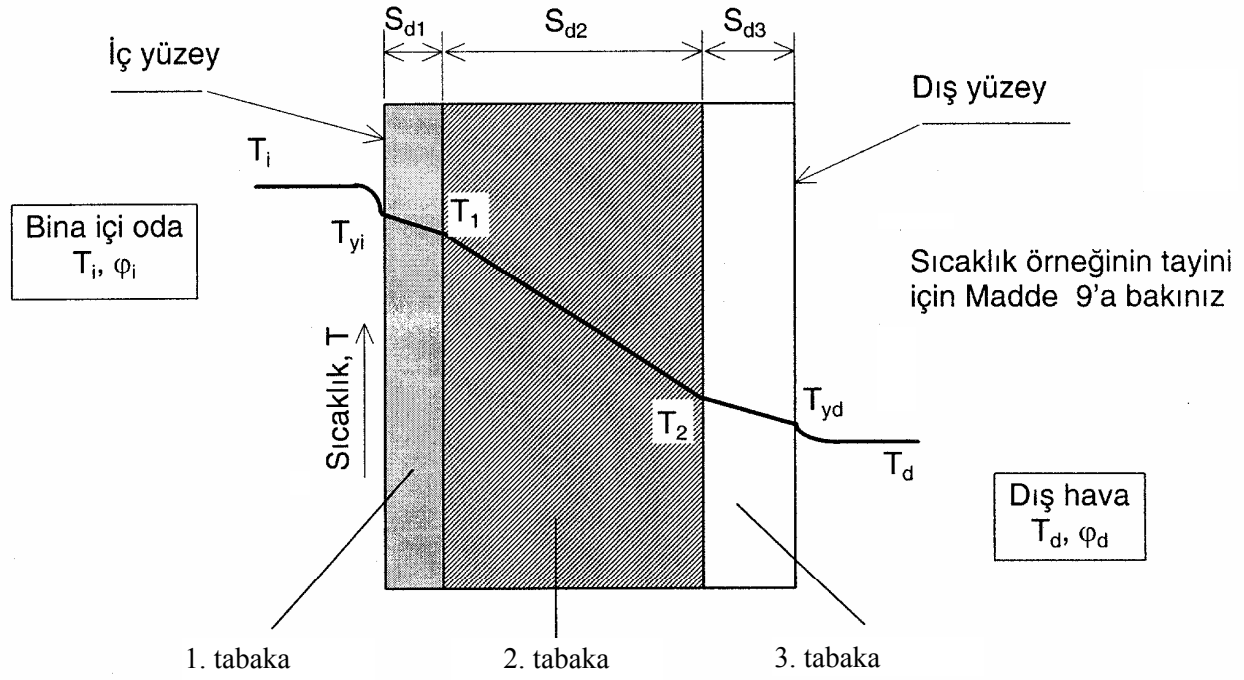
Düz çizgi ve doymuş su buharı basıncı eğrisi birbiri ile temas etmiyorsa bu durumda (Bk. Şekil 3 a), hiçbir yoğuşma olmaz.

Yoğuşma suyu miktarı, zaman ve alan birimi başına, içeri ve dışarı yayılan su buharı kütleleri arasındaki fark olarak hesaplanabilir (difüzyon akış yoğunluğu farkı).

Teğetlerin eğimi, ilgili difüzyon akış yoğunluğunun (i), bir ölçüsüdür (Formül 20).

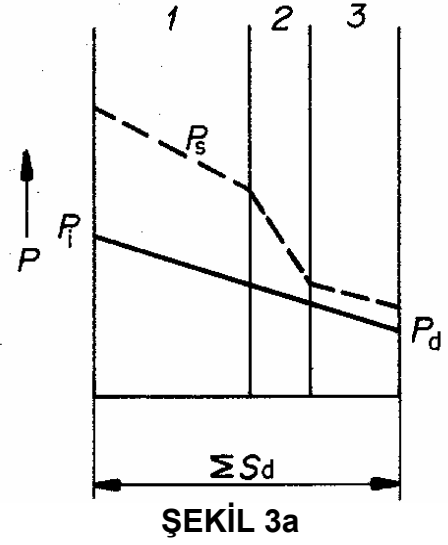
Bir dış yapı bileşeni içinde yoğuşma süresi boyunca oluşan yoğuşma suyu kütlesi, Şekil 3 b'den Şekil 3 d'ye kadar olan ilgili durumlar için Şekil 3a - Şekil 3d'de belirtilen 21'den 31'e kadar olan formüller kullanılarak hesaplanabilir.

3) Ayrıca Bk. Glaser, H.: Difüzyon olayının araştırılmasında kullanılan grafik metodu Kälte-technik 11 (1959), sayfa 345 - 349



ŞEKİL 2 - Muhtemel bir yoğuşma suyu tayini için, çok tabakalı bir yapı bileşeninden geçen sıcaklık, doymuş su buharı basıncı ve su buharı kısmî basınç eğrilerinin şematik gösterimi (bu örnekte yoğuşma yoktur).

Durum a: Yapı bileşeninde yoğuşma olmayan su buhar difüzyonu. Yapı bileşenindeki kısmî buhar basıncı, bileşenin her noktasındaki muhtemel doymuş su buharı basıncından düşüktür.



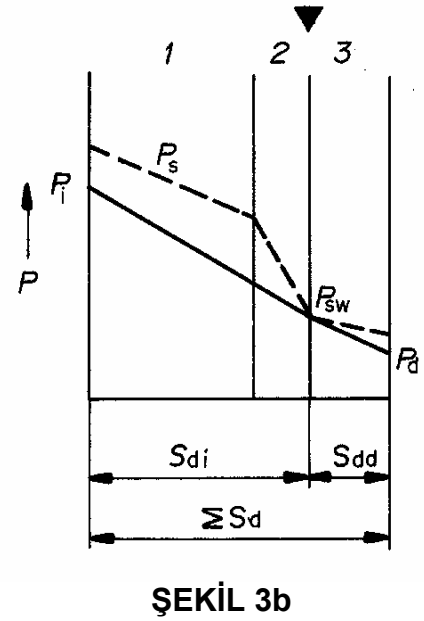
Durum b: Yapı bileşeninde 2 ve 3 no'lu tabakaların arasındaki düzlemde yoğuşma oluşan su buharı difüzyonu.

Odadan yapı bileşenine, yoğuşma suyu düzlemine kadar difüzyon akış yoğunluğu (i_i) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$i_i = \frac{P_i - P_{sw}}{1 / \Delta_i} \dots\dots (21)$$

Yoğuşma suyu düzleminden, açık havaya kadar difüzyon akış yoğunluğu (i_d) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$i_d = \frac{P_{sw} - P_d}{1 / \Delta_d} \dots\dots(22)$$



Düzlemdeki yoğuşma süresi boyunca oluşan yoğuşma suyunun kütlesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$W_T = t_T \cdot (i_i - i_d) \dots\dots\dots(23)$$

Durum c: Yapı bileşeninin 1 ve 2 ile 3 ve 4 no'lu tabakaları arasındaki iki düzlemde yoğuşma oluşan su buharı difüzyonu.

Odadan yapı bileşenine, yoğuşma suyunun birinci düzlemine kadar olan difüzyon akış yoğunluğu (i_i) aşağıdaki gibi hesaplanır

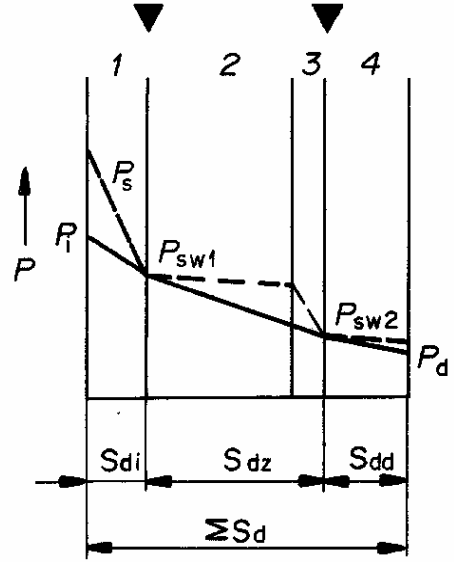
$$i_i = \frac{P_i - P_{sw1}}{1/\Delta_i} \dots\dots (24)$$

Yoğuşma suyunun birinci ve ikinci düzlemi arasındaki akış yoğunluğu (i_z) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$i_z = \frac{P_{sw1} - P_{sw2}}{1/\Delta_z} \dots\dots (25)$$

Yoğuşma suyunun ikinci düzleminden açık havaya olan difüzyon akış yoğunluğu (i_d) aşağıdaki gibi hesaplanır

$$i_d = \frac{P_{sw2} - P_d}{1/\Delta_d} \dots\dots (26)$$



ŞEKİL 3c

1 ve 2 düzlemlerindeki yoğuşma süresi boyunca oluşan yoğuşma suyu kütleleri W_{T1} ve W_{T2} aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$W_{T1} = t_T \cdot (i_i - i_z) \dots\dots(27)$$

$$W_{T2} = t_T \cdot (i_z - i_d) \dots\dots(28)$$

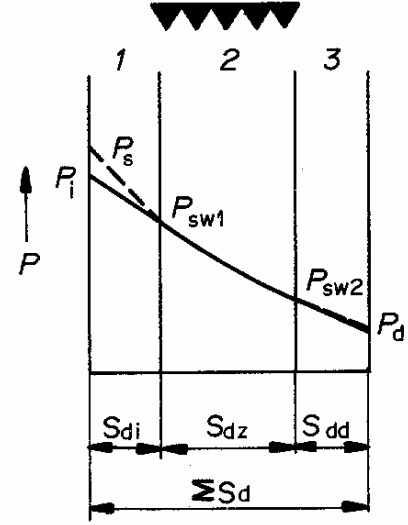
Durum d: Bir yapı bileşeni içindeki bir bölgede yoğuşan olan su buharı difüzyonu

Odadan yapı bileşeni içine, yoğuşma suyu bölgesinin başlangıcına kadar olan difüzyon akış yoğunluğu (i_i) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$i_i = \frac{P_i - P_{sw1}}{1/\Delta_i} \dots\dots (29)$$

Yoğuşma suyu bölgesinden, açık havaya kadar olan difüzyon akış yoğunluğu (i_d) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$i_d = \frac{P_{sw2} - P_d}{1/\Delta_d} \dots\dots (30)$$



ŞEKİL 3d

Bölgede yoğuşma süresi boyunca meydana gelen yoğuşma suyu kütlesi (W_T) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$W_T = t_T \cdot (i_i - i_d) \dots\dots\dots (31)$$

Genel bir kural olarak, mekanik olarak havalandırılmayan odalar söz konusu olduğunda, Madde 9.2.5 'te belirtilen basitleştirilmiş sınırlayıcı şartlar uygulanır (20'den 30'a kadar olan denklemlerde, kullanılan sembollerin anlamları aşağıda verilmiştir).

- P_i : Odadaki su buharı kısmî basıncı
- P_d : Açık havadaki su buharı kısmî basıncı
- P_{sw} : Doymuş su buharı basıncı

- Durum b için :Yoğuşma suyu düzleminde
- Durum c için :Birinci ve ikinci yoğuşma suyu düzleminde (P_{sw1}, P_{sw2})
- Durum d için: Yoğuşma suyu düzleminin başlangıcında ve sonunda (P_{sw1}, P_{sw2})

$1/\Delta$ Bina yapı malzemesi katlarının su buharı difüzyon direnci (15'den 17'ye kadar olan denklemlere göre S_d 'ye orantılı olarak)

Durum b için:

- Yapı bileşeninin oda tarafındaki yüzey ile yoğuşma suyu düzlemi arasında ($1/\Delta_i$),
- Yoğuşma suyu düzlemi ile yapı bileşeninin dış tarafındaki yüzeyi arasında ($1/\Delta_d$)

Durum c için:

- Yapı bileşeninin oda tarafındaki yüzey ile birinci yoğuşma suyu düzlemi arasında ($1/\Delta_i$)
- Birinci ve ikinci yoğuşma suyu düzlemi arasında ($1/\Delta_z$)
- İkinci yoğuşma suyu düzlemi ile yapı bileşeninin dış taraf yüzeyi arasında ($1/\Delta_d$)

Durum d için:

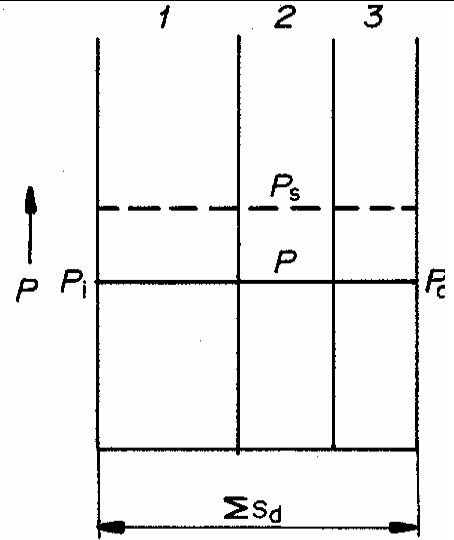
- Yapı bileşeninin oda tarafındaki yüzey ile yoğuşma suyu alanının başlangıcı arasında ($1/\Delta_i$)
- Yoğuşma suyu alanının sonu ile yapı bileşeninin dış tarafındaki yüzey arasında ($1/\Delta_d$)

t_T : Yoğuşma dönemi süresi

i_i, i_d, i_z	$P_i, P_d, P_{sw1}, P_{sw2}$	$1/\Delta_i, 1/\Delta_d, 1/\Delta_z$	W_T, W_{T1}, W_{T2}	t_T
kg/(m ² .h)	Pa	m ² .h.Pa/kg	kg/m ²	h

ŞEKİL 3a - ŞEKİL 3d .- Yoğuşma süresi boyunca dış yapı bileşenleri için şematik difüzyon grafikleri ve ilgili hesaplama denklemleri

Durum a : p , hiçbir noktada p_s 'ye eşit olmadığından yoğuşma yoktur.



ŞEKİL 4a

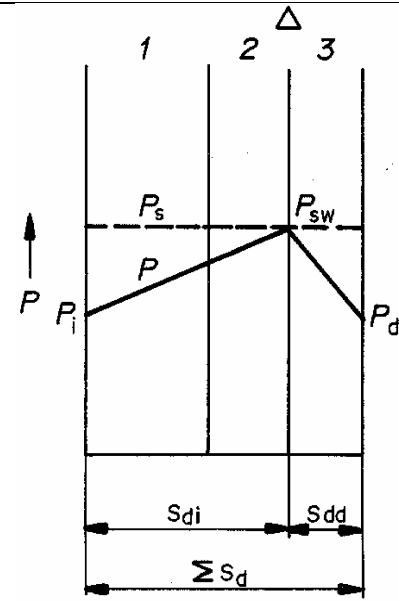
Durum b: Yapı bileşeninin bir düzleminde yoğuşma suyu oluşumundan sonra, buharlaşma sırasındaki su buharı difüzyonu.

Yoğuşma suyu düzleminde, odaya difüzyon akış yoğunluğu (i_j) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$i_j = \frac{p_{sw} - p_i}{1/\Delta_j} \dots\dots\dots(32)$$

Yoğuşma suyu düzleminde, dış havaya kadar olan difüzyon akış yoğunluğu (i_d) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$i_d = \frac{p_{sw} - p_d}{1/\Delta_d} \dots\dots\dots(33)$$



ŞEKİL 4b

Buharlaşma süresi boyunca buharlaşan ve yapı bileşeninden boşaltılabilen su kütlesi W_v aşağıda belirtildiği gibi hesaplanabilir.

$$W_v = t_v \cdot (i_j + i_d) \dots\dots\dots(34)$$

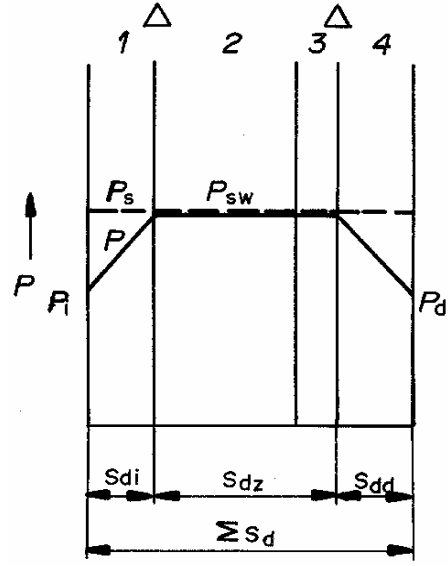
Durum c : Yapı bileşeninin iki düzleminde yoğuşma suyu oluşumundan sonra, buharlaşma sırasındaki su buharı difüzyonu¹⁾

Birinci yoğuşma suyu düzlemi P_{sw} 'den odaya doğru olan difüzyon akış yoğunluğu (i_j) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$i_j = \frac{P_{sw} - P_i}{1/\Delta_l} \dots\dots (35)$$

İkinci yoğuşma suyu düzlemi P_{sw} 'den, açık havaya difüzyon akış yoğunluğu (i_d) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$i_d = \frac{P_{sw} - P_d}{1/\Delta_d} \dots\dots (36)$$



ŞEKİL 4c

Buharlaştıran ve buharlaşma süresi boyunca yapı bileşeninden atılabilen su kütlesi (W_v) aşağıdaki denklemlerle hesaplanır.

$$W_v = t_v \cdot (i_j + i_d) \dots\dots\dots (37)$$

1) Difüzyon akış yoğunluğu (i_d) ikinci düzlemde oluşmuş yoğuşma suyu miktarının tam buharlaşması için yeterli değilse (Buhar geçirmez çatı kaplamasına sahip düz çatılar söz konusu olduğunda), bu durumda ikinci düzlemde odaya doğru bir buharlaşma, birinci düzlemde oluşmuş yoğuşma suyunun tamamen buharlaşmasından sonra hesaplamada dikkate alınmalıdır.

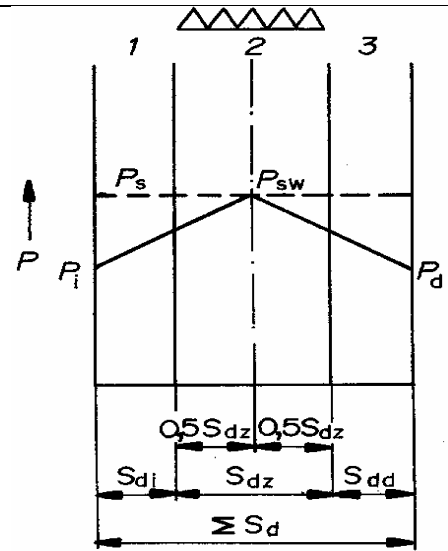
Durum d: Yapı bileşeninin içindeki bir bölgede yoğuşma suyu oluşumundan sonra, buharlaşma sırasındaki su buharı difüzyonu.

Yoğuşma suyu bölgesinin ortasından odaya difüzyon akış yoğunluğu (i_i) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$i_i = \frac{P_{sw} - P_i}{1/\Delta_i + 0,5 \cdot 1/\Delta_z} \dots\dots (38)$$

Yoğuşma suyu alanının ortasından dış havaya difüzyon akış yoğunluğu (i_d) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$i_d = \frac{P_{sw} - P_d}{0,5 \cdot 1/\Delta_z + 1/\Delta_d} \dots\dots (39)$$



ŞEKİL 4d

Buharlaşan ve buharlaşma süresi boyunca yapısal elemandan atılabilen su kütlesi (W_v), formül 40 ile hesaplanır.

$$W_v = t_v \cdot (i_i + i_d) \dots\dots\dots (40)$$

Şekil 4 'de belirtilen a'dan d'ye kadar olan durumlar Şekil 3'n a'dan d'ye kadar olan durumlarına karşı gelmektedir.

Genel bir kural olarak, mekanik olarak havalandırılmayan odalar söz konusu olduğunda, Madde 9.2.5 'de belirtilen, basitleştirilmiş sınırlayıcı Şartlar uygulanır. 32'den 40'a kadar olan formüllerde kullanılan sembollerin anlamı Şekil 3a - Şekil 3d'de açıklanmaktadır.

t_v : Buharlaşma periyodu sresidir.

W_v	t_v	$i_i \cdot i_d$
kg/m ²	h	kg/(m ² .h)

$$i_d = \frac{P_{sw} - P_i}{1/\Delta_i + 1/\Delta_z} \dots\dots\dots (36a)$$

ŞEKİL 4.- Madde 9.2.5'e göre basitleştirilmiş sınırlayıcı Şartlara sahip dış duvar rneği esas alınarak, buharlaşma süresi boyunca dış yapı bileşenleri için Şematik difüzyon grafikleri ile ilgili hesaplama formülleri

9.2.3 - Buharlaşmanın Hesaplanması

Bir dış yapı bileşeninde yoğuşma suyu oluşumundan sonra, doymuş buhar basıncının sırasıyla yoğuşma suyunun meydana geldiği düzlemde veya yoğuşma suyu bölgesinde oluştuğu kabul edilir.

Yoğuşma suyu düzlemlerinden veya yoğuşma suyu bölgesinden (uygun işlemlerle bu yoğuşma suyu boşaltılabilir) odaya doğru ve dış havaya doğru oluşan buhar difüzyonunun sonucu olarak buharlaşan su miktarının tespit edilmesi, difüzyon grafikleri yoluyla Madde 9.2.2 'de belirtilene benzer bir metotla yapılır. Buharlaşma süresi boyunca, yoğuşma suyu miktarının hesaplanmasında dikkate alınması gerekli değildir.

9.2.4 - Özel Durumlar İçin Hesaplama Metodu

Binanın bulunduğu yerde gerçek olarak hüküm süren bina içi ve bina dışı iklim şartları, yoğuşma suyu kütlesinin hesabında Madde 9.2.5 'e göre hesaba katılmalıdır. Bu durumda iklim şartlarına uygulanabilen değişik bir hesaplama metodu benimsenmelidir⁴⁾.

9.2.5 - Yoğuşma Kütlesinin Sınırlandırılması

Burada amaç yoğuşma suyunun yapı bileşenleri üzerindeki etkisini ve bu yapı bileşenlerinde herhangi bir hasar (ısı yalıtım malzemesinin işe yaramaz hale gelmesi, küf, mantar oluşumu, korozyon vb.) meydana gelmesini önleyecek ölçüde sınırlandırmaktır.

9.2.5.1 - Yapı Bileşenlerinin Yüzeylerinde Meydana Gelebilecek Yoğuşmaya Karşı Koruma

Ek 2'de verilen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değerlerini geçmeyecek şekilde tasarlanmış bir binada yapı bileşenlerinin yüzeylerinde, yoğuşmadan kaynaklanabilecek herhangi bir hasarın meydana gelmesini önlemek için, bina içi bölümleri ve bürolar gibi klimatize edilmemiş yaşam mekânlarının iç sıcaklığı ve bağıl nem oranı, havalandırma ve ısıtma yoluyla ayarlanmalıdır.

Ancak, iç ortamdaki havanın nem oranının sürekli olarak yüksek olması, betonarme perde duvar üzerine içten yalıtım yapılması vb. durumlarda, binanın iç ortam şartlarına göre gerekli olan ısı geçirgenlik direncinin Ek 6'ya göre hesaplanması gerekir. Bu hesaplamada dış ortam sıcaklığının -10 °C, binanın ısı kaybının olduğu yüzeylerine uygulanan mobilyalar, tefrişatlar vb. özel durumlar nedeniyle ısı iletiminin engellenmesi söz konusu olduğunda, iç mekân yüzeyinin ısı iletim direnci $1/\alpha_i = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ olarak alınır. Diğer şartlar için yüzey ısı iletim direnç değerleri Çizelge 6 'dan alınır.

9.2.5.2 - Yapı Bileşenlerinin İçinde Meydana Gelen Yoğuşmaya Karşı Koruma

9.2.5.2.1 - Esaslar

Yapı bileşenlerinin kararlılığı ve bu yapı bileşeni içerisinde kullanılmış olan ısı yalıtım malzemesinin, bünyelerindeki nem muhtevastaki artış nedeniyle zayıflamaları veya bozulmalarını için aşağıdaki şartlar yerine getirilmelidir.

- Yoğuşma esnasında ilgili yapı bileşeninin içinde toplanan su miktarının, buharlaşma süresi boyunca buharlaşarak tekrar çevredeki atmosfere verilebilmesi sağlanmalıdır.
- Yoğuşma suyu ile temas eden yapı malzemelerinde herhangi bir hasar meydana gelmemelidir (korozyon, küf ve mantar oluşumu gibi).
- Tavan, duvar ve yapı bileşenlerinde oluşan yoğuşma suyu kütlesinin miktarı toplam olarak (Madde 9.2.5.2.2.2 'deki kabullere göre) $1,0 \text{ kg}/\text{m}^2$ 'yi aşmamalıdır. Bu şart aşağıdaki d) ve e) maddeleri için geçerli değildir.
- Yoğuşma suyu kılcal olay dolayısıyla suyu absorbe edemeyen yapı malzemesi tabakalarının birbirlerine temas ettikleri yüzeylerde oluşuyor ise, bu durumda suyun akma veya damlamasını önlemek amacıyla müsaade edilen yoğuşma suyu kütlesinin miktarı $0,5 \text{ kg}/\text{m}^2$ 'yi aşmamalıdır. Bu husus bir tarafta mineral yün ısı yalıtım malzemesi veya hava tabakası ile diğer tarafta buhar kesici veya beton tabakaları bulunan temas yüzeylerine uygulanır.
- Ahşap malzemelerdeki nem muhtevastının kütle cinsinden ifade edildiği durumda, ahşap malzemenin kütlesinin nem nedeniyle %5'den daha fazla artmasına izin verilmez, işlenmiş ahşap ürünlerinde (sunta vb.) ise %3'ten daha fazla artmamalıdır.
- Yeterli buhar geçiş direncini oluşturmak için kullanılan buhar kesiciler daima sıcak yüzeyde bulunmalıdır.

4) Örn. Jenisch, R.: Calculation of the moisture condensation in external structural components and the drying out in function of the outside climate. Ges.ing.92 (1971) sayfa 257 - 262 ve sayfa 299 - 307

9.2.5.2.2 - Yoğuşma Suyu Kütlesinin Hesaplanması İçin Gerekli Veriler

9.2.5.2.2.1 - Hesaplama

İlgili yapı bileşeninin, Madde 9.2.5.2.1 'de belirtilen şartları sağlamadığı durumlarda, bu ek'de verilen hesap metoduna göre hesaplama yapılmalıdır.

9.2.5.2.2.2 - İklim Şartları

İklimlendirilmemiş konut veya ofis binaları veya benzer şartlara sahip diğer binalar için yapılacak hesaplamalarda, aşağıdaki basitleştirilmiş kabuller kullanılır.

Yoğuşma süresi

Dış ortam şartları ¹⁾	- 10°C, % 80 bağıl nem
İç ortam şartları	20°C, % 50 bağıl nem
Süre	1440 saat (60 gün)

Buharlaşma süresi

a) Yaşam mekânı olmayan çatı odaları ve tavan araları altındaki tavanlar ve duvarlar.

Dış ortam şartları ¹⁾	12°C, % 70 bağıl nem
İç ortam şartları	12°C, % 70 bağıl nem

Yoğuşma suyunun oluştuğu alandaki ortam şartları	12°C, %100 bağıl nem
Süre	2160 saat (90 gün)

b) Yaşam mekânlarını dış ortamdan ayıran çatılar

Dış ortam şartları	12°C, %70 bağıl nem
Çatı yüzeyi sıcaklığı	20°C
İç ortam şartları	12°C, %70 bağıl hava nemi

Yoğuşma suyunun oluştuğu alandaki ortam şartları

Sıcaklık	Dıştan içe doğru olan ısı değişimine göre
Bağıl nem	%100
Süre	2160 saat (90 gün)

Basitleştirmek amacıyla duvarlarda esas alınacak ortam şartları için, Madde 9.2.5.2.2.2.a'da çatılar için verilmiş olan değerler kullanılabilir.

Diğer taraftan, daha zorlu iklim şartlarının hakim olduğu durumlarda, (Yüzme havuzları, klimatize edilmiş mekânlar, ağır dış ortam koşulları vb.) yukarıdaki gibi basitleştirilmiş kabullerin yapılmasına izin verilmez. Böyle durumlarda binanın bulunduğu yerde hüküm süren gerçek iç ve dış ortam şartları ve aynı zamanda da bunların ne ölçüde değişim gösterdikleri dikkate alınmalıdır (Madde 9.2.4).

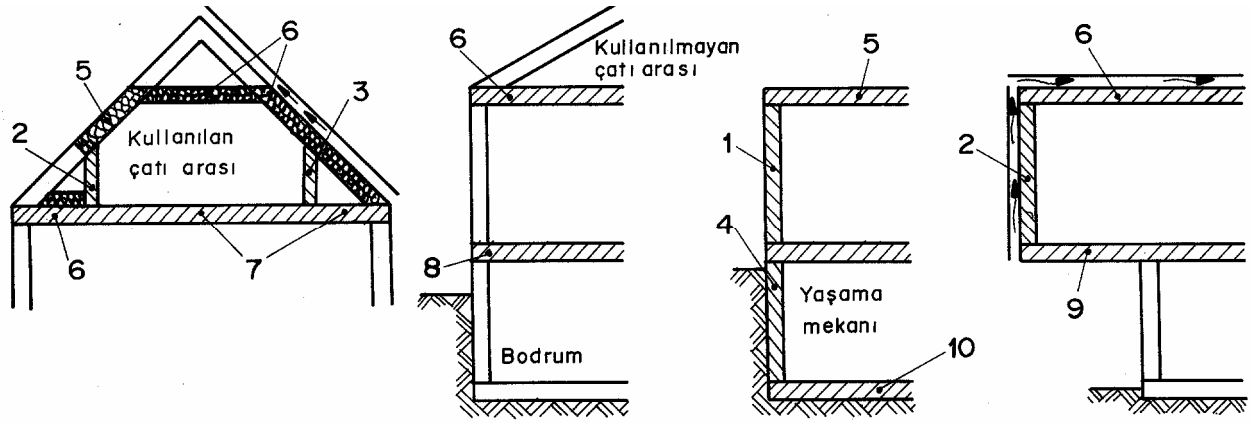
9.2.5.2.2.3 - Malzemenin Karakteristik Değerleri

Isı iletkenlik hesap değerleri ile su buharı difüzyon direnç katsayıları Ek 5'den alınmalıdır. Yoğuşma süresi için uygulanan daha dezavantajlı değerler buharlaşma süresi için de aynen kullanılmalıdır.

9.2.5.2.2.4 - Yüzeysel Isıl İletim Direnç Değerleri

Yüzeysel ısı iletim direnç değerleri, Çizelge 6 'dan alınmalıdır (Çizelgede verilen sıra numarasına göre binanın yapı bileşeni konumu Şekil 5 'de verilmiştir).

1) Isıtılmayan ancak havalandırılan yardımcı mekanlara (havalandırılmalı tavan arası, çatı odaları ve garajlara) uygulanır.



ŞEKİL 5 - Yapı bileşenlerinin tasarım ve yerleşimi (Numaralar Çizelge 6'daki sıra numaralarına göre verilmiştir)

ÇİZELGE 6 - Hesaplanmış Yüzeysel Isıl İletim Direnç Değerleri

Sıra no	Yapı bileşeni tipi ³⁾	Yüzeysel ısı iletim direnci	
		$1/\alpha_i$ (m ² K / W)	$1/\alpha_d$ (m ² K / W)
1	Dış duvar (Sıra no 2 'de verilenin dışındaki dış duvarlar)	0.13	0.04
2	Arkadan havalandırılan giydirme cephe ⁴⁾ dış duvarlar, ısı yalıtımı yapılmayan tavan arasını ayıran alçak duvarlar		0.08
3	Daireler arasındaki ayırıcı duvarlar, merdiven duvarı, farklı kullanım amaçlı çalışma odalarını ayıran duvarlar, sürekli olarak ısıtılmayan mekânlara bitişik bölme duvarı, ısı yalıtımlı tavan arasına bitişik alçak duvar		5)
4	Tabana bitişik duvar		0
5	Bir yaşama mekânının dış hava ile sınırını oluşturan yatay veya eğimli, yukarıda yer alan (havalandırılmayan çatı) tavan veya çatı	0.13	0.04
6	Kullanılmayan bir tavan arası veya havalandırılan bir mekân altındaki tavan (havalandırılan çatı kabuğu)		0.08
7	Daireler arası ayırıcı taban veya farklı kullanım amaçlı çalışma odalarını ayıran taban		
7.1	Aşağıdan yukarıya ısı akışı olması halinde	0.13	5)
7.2	Yukarıdan aşağıya ısı akışı olması halinde	0.17	
8	Bodrum tavanı	0.17	5)
9	Bir yaşama mekânının dış hava ile sınırını oluşturan çıkma tabanları		0.04
10	Altında bodrum olmayan bir yaşama mekanının zemine oturan tabanı		0

¹⁾ Basitleştirmek amacıyla bütün durumlarda $1/\alpha_i = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ ve 4 ve 10'uncu sıradaki durumlar hariç olmak üzere $1/\alpha_d = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ değerleri hesaplamalarda kullanılabilir.

²⁾ Yapı bileşenlerinin yüzeylerinde meydana gelen yoğuşma kontrolü için Madde 9.2.5.1 'e bakınız.

³⁾ Yapı bileşenlerinin bina üzerindeki konumları için Şekil 5 'e bakınız.

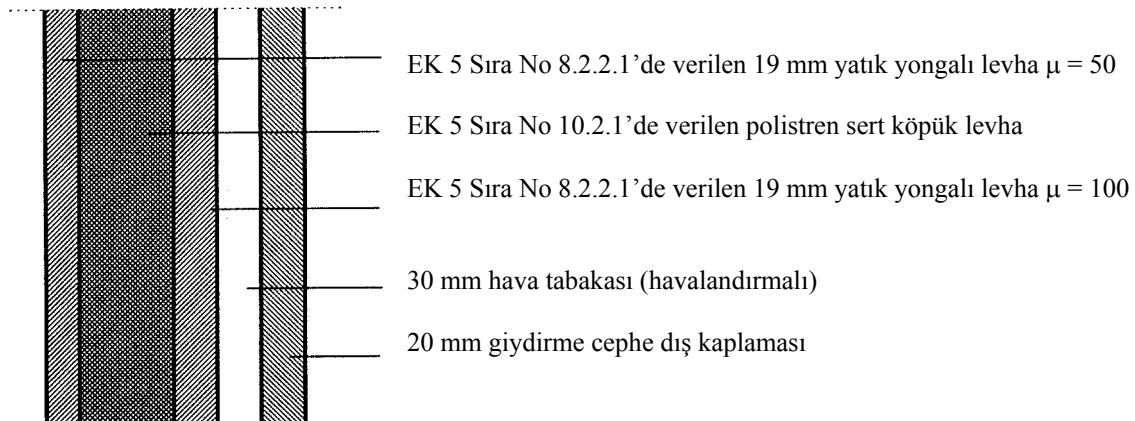
⁴⁾ Hava boşluklu sandviç duvarlarda Sıra no 1 'de verilen değerler kullanılır.

⁵⁾ Yapı bileşeninin iç mekânda yer alması durumunda, hesaplamalarda iç ve dış yüzey ısı iletim direnç değerleri aynı kabul edilmelidir.

Uygulama Örnekleri

Su buharı difüzyonu neticesinde iç yoğuşma ve buharlaşmaya ilişkin olarak yapılan bir çalışmada, Madde 9.2.5'e göre sınırlandırma şartları için bir dış duvar ile bir düz çatı söz konusu olduğu durumlar için tarif edilmiştir (Örnek 1 - Örnek 2). Rutubetten koruma tabakaları (buhar bariyerleri, çatı kaplaması vb.), sıcaklık dağılımı tespit edilirken hesaplamaya dahil edilmez.

Örnek 1. Dış Duvar



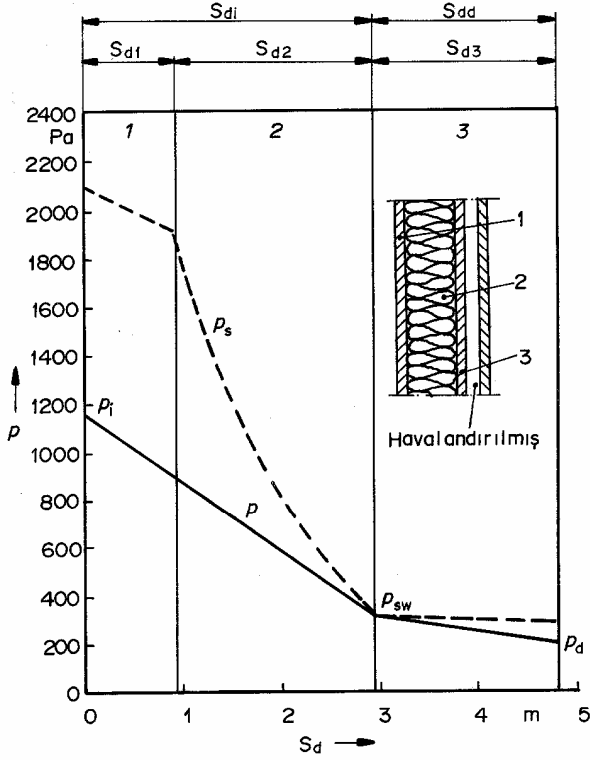
ÇİZELGE 7 - Sınırlandırma Şartları

	İç iklim şartları	Dış iklim şartları
Yoğuşma periyodu		
Hava sıcaklığı (°C)	20	-10
Bağıl nem (%)	50	80
Doymuş su buharı basıncı (Pa)	2340	260
Su buharı kısmî basıncı (Pa)	1170	208
Buharlaşma periyodu		
Hava sıcaklığı (°C)	12	12
Bağıl nem (%)	70	70
Doymuş su buharı basıncı (Pa)	1403	1403
Su buharı kısmî basıncı (Pa)	982	982

ÇİZELGE 8 - Yoğuşma Suyunun Oluşması Halinde Söz Konusu Difüzyon Grafiği İçin Özet Çizelge

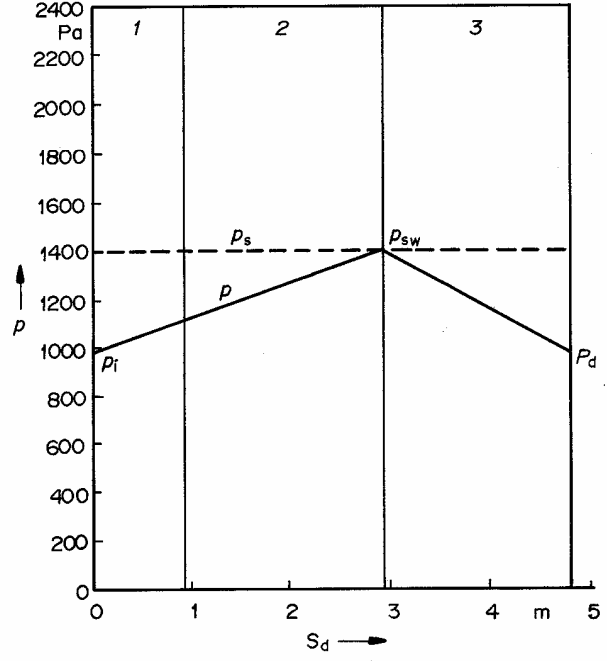
Sütun	1	2	3	4	5	6	7	8
No.	Tabaka	Tabaka kalınlığı	Su buharı difüzyon direnci katsayısı	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı	Isıl iletkenlik hesap değeri	Yüzeysel ısıl iletim direnci, malzemenin ısıl direnci	Sıcaklık	Doymuş su buharı basıncı
-	-	d	μ	S_d	λ_h	$1/\alpha, 1/\Lambda$	T	P_s
-	-	m	-	m	W/(m.K)	m ² .K/W	°C	Pa
	İçeri ısı geçişi	-	-	-	-	0,13	20,0	2340
1	EK 5 Sıra No 8.2.2.1 'de verilen 19 mm yatık yonga levha ($\mu = 50$ için)	0,019	50	0,95	0,13	0,15	18,7	2158
2	EK 5 Sıra No 10.2.1 de verilen polistren sert köpük levha	0,10	20	2,00	0,04	2,50	17,2	1963
3	EK 5 Sıra No 8.2.2.1 'de verilen 19 mm yatık yonga levha ($\mu = 100$ için)	0,019	100	1,90	0,13	0,15	-7,7	318
4	Hava tabakası havalandırmalı	0,03	-	-	-	-	-9,2	279
5	Giydirme cephe dış kaplaması	0,02	-	-	-	-	-	-
-	Dışa ısı geçişi	-	-	-	-	0,08	-10,0	260
				$\Sigma S_d =$	4,85	$1/U =$	3,01	

a) Yoğuşma periyodu



b) Buharlaşma periyodu

Çizelge 7'ye göre olan sınırlandırma şartları için hava sıcaklığı (T) ve buna göre doyma basıncı (Ps) duvarın bütün kesiti boyunca sabittir.



ŞEKİL 6 - Dış duvarlar için yoğuşma ve buharlaşma periyodu difüzyon grafikleri

Yoğuşma suyunun kütlesi

$$\begin{aligned} 1/\Delta_i &= 1,5 \cdot 2,95 \cdot 10^6 = 4,43 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \text{ hPa/kg} \\ 1/\Delta_d &= 1,5 \cdot 1,9 \cdot 10^6 = 2,85 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \text{ hPa/kg} \\ p_i &= 1170 \text{ Pa} \\ p_{sw} &= 318 \text{ Pa} \\ p_d &= 208 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Yoğuşma dönemi periyodu :

$$t_T = 1440 \text{ h}$$

$$W_T = 1440 \left(\frac{1170-318}{4,43} - \frac{318-208}{2,85} \right) \cdot 10^{-6}$$

$$W_T = 0,221 \text{ kg/m}^2$$

Sonuç:

Yoğuşma, Madde 9.2.5.'e göre verilen sınırlar içerisinde (EK 5 Sıra No 8.2.2.1 'de verilen yatık yongalı levhalarda "nem nedeniyle" kütlelerindeki artış %3'ü aşmayacaktır).

Her ;

$$W_T = \text{için } 0.03 \cdot 0.019 \cdot 700 = 0.399 \text{ kg/m}^2 > W_T$$

Buharlaşan su kütlesi

$$\begin{aligned} 1/\Delta_i &= 1,5 \cdot 2,95 \cdot 10^6 = 4,43 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \text{ hPa/kg} \\ 1/\Delta_d &= 1,5 \cdot 1,9 \cdot 10^6 = 2,85 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \text{ hPa/kg} \\ P_i &= p_d = 982 \text{ Pa} \\ P_{sw} &= 1403 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Buharlaşma dönemi periyodu:

$$t_V = 2160 \text{ h}$$

$$W_V = 2160 \left(\frac{1403-982}{4,43} + \frac{1403-982}{2,85} \right) \cdot 10^{-6}$$

$$W_V = 0,524 \text{ kg/m}^2 > W_T$$

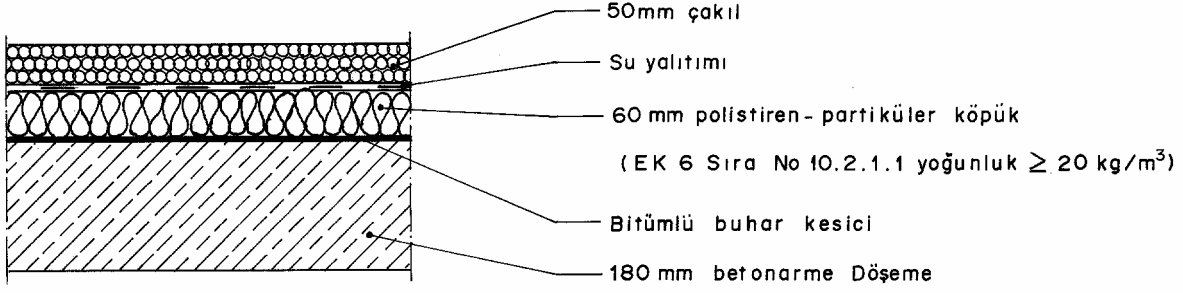
Sonuç:

Yoğuşma, Madde 9.2.5'e göre zararsızdır, çünkü

$$a) W_T < \text{her } W_T \text{ ve}$$

$$b) W_V > W_T$$

Örnek 2. Düz çatı



ÇİZELGE 9 - Sınırlandırıcı Şartlar

Periyot	İç iklim şartları	Dış iklim şartları
Yoğuşma periyodu		
Hava sıcaklığı (°C)	20	-10
Bağıl nem (%)	50	80
Doymuş su buharı basıncı (Pa)	2340	260
Su buharı kısmî basıncı (Pa)	1170	208
Buharlaşma periyodu		
Hava sıcaklığı (°C)	12	12
Bağıl nem (%)	70	70
Doymuş su buharı basıncı (Pa)	1403	1403
Su buharı kısmî basıncı (Pa)	982	982
Çatı yüzey sıcaklığı (°C)	-	20

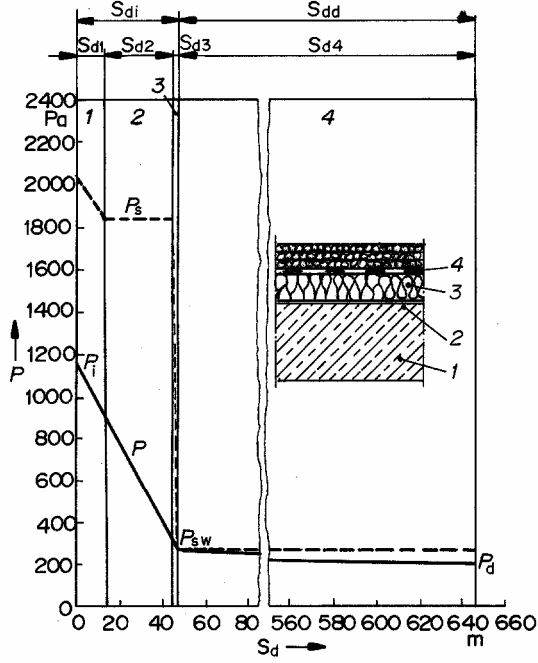
ÇİZELGE 10 - Yoğuşma Suyunun Oluşması Halinde Söz Konusu Difüzyon Grafiğine Ait Değerler

Sıra No.	1 Tabaka	2 Tabaka kalınlığı d	3 Su buharı difüzyon direnci katsayısı μ	4 Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı S_d	5 Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h	6 Yüzeysel ısı iletim direnci, malzemenin ısı direnci $1/\alpha, 1/\Lambda$	7 Sıcaklık T	8 Doymuş su buharı basıncı p_s
-	-	m	-	m	W/(m.K)	m ² .K/W	°C	Pa
-	İçeri ısı geçişi	-	-	-	-	0,13	20,0	2340
1	Betonarme döşeme (EK 5 Sıra No 5.1)	0,18	70	13	2,10	0,09	17,8	2039
2	Bitümlü buhar kesici membran	0,002	15000	30	-	-	16,3	1854
3	Polistiren-partiküler köpük (EK 5 Sıra No 10.2.1.1) yoğunluk >20 kg/m ²	0,06	30	1,80	0,040	1,50	16,3	1854
4	Su yalıtımı	0,006	100000	600	-	-	-9,3	276
-	Dışarıya ısı geçişi	-	-	-	-	0,04	-9,3	276
							-10,0	260
			$\Sigma S_d =$	644,8	$1/U =$	1,76		

ÇİZELGE 11 - Buharlaşma Durumunda Söz Konusu Difüzyon Grafiğine Ait Değerler

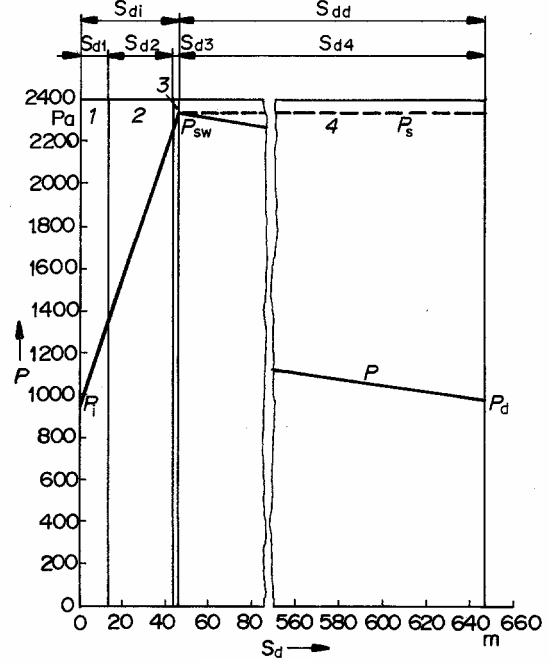
Sıra No.	1	2	3	4	5	6	7	8
	Tabaka	Tabaka kalınlığı d	Su buharı difüzyon direnci katsayısı μ	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı S_d	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h	Yüzeysel ısıl iletim direnci, malzemenin ısıl direnci $1/\alpha, 1/\Lambda$	Sıcaklık T	Doymuş su buharı basıncı p_s
-	-	m	-	m	W/m.K	$m^2.K/W$	°C	Pa
-	İçeri ısı geçişi	-	-	-	-	0,13	12	1403
1	Betonarme döşeme (EK 5 Sıra No 5.1)	0,18	70	13	2,10	0,09	12,6	1460
2	Bitümlü buhar kesici membran	0,002	15000	30	-	-	13,0	1498
3	Polistiren-partiküler köpük (EK 5 Sıra No 10.2.1.1) yoğunluk $\geq 20 \text{ kg/m}^2$	0,06	30	1,80	0,04	1,50	13,0	1498
4	Su yalıtımı	0,006	100000	600	-	-	20,0	2340
				$\Sigma S_d =$			20,0	2340
				644,8	$1/U =$	1,72		

a) Yoğuşma dönemi:



b) Buharlaşma dönemi

Buharlaşma dönemi süresince yenileneen yoğuşma suyu oluşumu (düz çizgi Psw-Pi) dikkate alınmaz (Madde 9.2.3)



ŞEKİL 7 - Dış duvarlar için yoğuşma ve buharlaşma periyodu difüzyon grafikleri

Yoğuşma kütlesi

$$1/\Delta_i = 1,5 \cdot 44 \cdot 8 \cdot 10^6 = 67,2 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa} / \text{kg}$$

$$1/\Delta_d = 1,5 \cdot 600 \cdot 10^6 = 900 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa} / \text{kg}$$

$$p_i = 1170 \text{ Pa}$$

$$p_{sw} = 276 \text{ Pa}$$

$$p_d = 208 \text{ Pa}$$

Yoğuşma dönemi periyodu : $t_T = 1440 \text{ h}$

$$W_T = 1440 \left(\frac{1170 - 276}{67,2} - \frac{276 - 208}{900} \right) \cdot 10^{-6}$$

$$W_T = 0,019 \text{ kg/m}^2$$

Sonuç:

Yoğuşma: Su kütlesi Madde 9.2.5'de verilen sınırlar içindedir.

$$\text{Her } W_T = 1,0 \text{ kg/m}^2 > W_T$$

Buharlaşan su kütlesi

$$1/\Delta_i = 1,5 \cdot 44 \cdot 8 \cdot 10^6 = 67,2 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa} / \text{kg}$$

$$1/\Delta_d = 1,5 \cdot 600 \cdot 10^6 = 900 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa} / \text{kg}$$

$$p_i = p_d = 982 \text{ Pa}$$

$$p_{sw} = 2340 \text{ Pa}$$

Buharlaşma dönemi periyodu : $t_V = 2160 \text{ h}$

$$W_V = 2160 \left(\frac{2340 - 982}{67,2} + \frac{2340 - 982}{900} \right) \cdot 10^{-6}$$

$$W_V = 0,047 \text{ kg/m}^2 > W_T$$

Sonuç:

Yoğuşma: Su kütlesi Madde 9.2.5'de verilen sınırlar içindedir.

a) $W_T < \text{her } W_T$ ve

b) $W_V > W_T$

EK 7
(Bilgi için verilmiştir)
Her Bir Derece Gün Bölgesi İçin Ortalama Aylık Güneş Işınımı Şiddeti Değerleri (W / m²)

		OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
1. Bölge	I güney =	73,18	83,34	91,84	80,26	91,15	94,78	92,26	90,43	85,60	80,70	67,20	65,60
	I kuzey =	27,45	38,25	53,72	66,74	79,55	83,32	81,29	73,62	58,33	41,67	28,31	24,02
	I ba/do =	44,32	57,88	78,21	90,21	115,05	122,45	118,45	106,12	81,68	60,38	42,82	38,74
2. Bölge	I güney =	71,87	85,09	96,61	84,24	93,29	94,88	93,29	94,60	90,47	83,38	66,80	63,57
	I kuzey =	24,56	35,42	51,30	65,33	79,12	83,44	81,17	72,58	56,29	39,02	25,58	21,22
	I ba/do =	41,46	55,75	76,88	89,18	113,96	121,19	117,28	105,22	80,59	58,61	40,39	35,83
3. Bölge	I güney =	73,12	83,49	92,18	80,51	91,25	94,73	92,28	90,68	85,93	80,91	67,20	65,49
	I kuzey =	27,25	38,05	53,55	66,64	79,52	83,33	81,29	73,55	58,19	41,48	28,12	23,82
	I ba/do =	44,13	57,73	78,11	90,13	114,96	122,35	118,36	106,05	81,60	60,26	42,66	38,54
4. Bölge	I güney =	72,24	84,77	95,59	83,31	92,70	94,72	92,93	93,60	89,39	82,85	66,96	64,10
	I kuzey =	25,18	36,03	51,83	65,64	79,23	83,42	81,21	72,82	56,74	39,59	26,17	21,82
	I ba/do =	42,10	56,22	77,17	89,38	114,16	121,42	117,50	105,39	80,82	59,00	40,93	36,48

EK 8
(Bilgi için)

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki yapı elemanları	Yapı elemanı kalınlığı d (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	d/ λ_h , 1/ α (m ² K/W)	Isı iletkenlik katsayısı U (W/m ² K)	Isı taşıyan yüzey A (m ²)	Isı kaybı A x U W/K
Duvar yüzeyleri	1/ α_i					
	1/ α_d					
Toplam						
Taban	1/ α_i					
	1/ α_d					
Toplam						
Tavan	1/ α_i					
	1/ α_d					
Toplam						
Pencere						
Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						
$\Sigma AU = U_D A_D + U_p \cdot A_p + 0,8 U_T \cdot A_T + 0,5 U_t A_t + U_d A_d + 0,5 U_{dsic} A_{dsic}$ <p>Özgül ısı kaybı H = H_i + H_h</p> <p>İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı H_i = $\Sigma AU + I U_l$</p> <p>Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı H_h = 0.33 . n_h . V_h</p>						

EK 9
(Bilgi için)

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_{i,ay}-T_{d,ay}$ (K, °C)	$H(T_{i,ay}-T_{d,ay})$ (W)	$\phi_{i,ay}$ (W)	$\phi_{g,ay}$ (W)	$\phi_T = \phi_{i,ay} + \phi_{g,ay}$ (W)			
Ocak									
Şubat									
Mart									
Nisan									
Mayıs									
Haziran									
Temmuz									
Ağustos									
Eylül									
Ekim									
Kasım									
Aralık									

$$Q_{av} = [H (T_{i,av} - T_{d,av}) - \eta (\phi_{i,av} + \phi_{g,av})] \cdot t \quad (\text{Joule})$$

$$Q_{yil} = \sum Q_{ay} =$$

Toplam ısı kaybı $Q_{yil} = 0.278 \times 10^{-3} \times \dots$ (kj) = -----kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,av} \leq 5 \cdot A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,av} = \sum r_{i,av} \times g_{i,av} \times I_{i,av} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{av} = (\phi_{i,av} + \phi_{g,av}) / H(T_{i,av} - T_{d,av})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{av} = 1 - e^{(-1/KKO_{av})}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$$Q = Q_{yil}/A_n = \dots \text{ kWh/m}^2 \quad A_n = 0.32 V_{brüt} = \dots \text{ m}^2$$

Örnek binadaki ısıtılan yapı hacmi ($V_{brüt}$) başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

$$Q = Q_{yil}/V_{brüt} \dots \text{ kWh/m}^3$$

$A_{top}/V_{brüt} = \dots$ oranı ----- bölge için EK 1'den alınan $Q' = \dots$ formülünde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = \dots$ kWh/m² veya $Q = \dots$ kwh/m³ bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Yapılan hesaplamada -----< ----- yani $Q < Q'$ olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının olması gereken en büyük değerinin altında olduğu görülmektedir. O halde bu proje, bu standardda verilen hesap metoduna uygundur.

EK 10

Derece Gün Bölgelerine Göre İllerimiz

Derece Gün Bölgelerine Göre İllerimizi Gösteren Harita “Standard ve Yönetmelikler” Ana Sayfasında verilmiştir.