

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPI MALZEMELERİNDE BUHAR DİFÜZYONU
PROSESİNİN İNCELENMESİ ve YOĞUŞMA HESABI
İÇİN BİLGİSAYAR PROGRAMI**

Mak.Müh. Mehmet Murat BİRCAN

**F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hasan HEPERKAN

JÜRİ ÜYELERİ İMZALARI

Prof. Dr. Hasan HEPERKAN

Prof. Dr. İsmail TEKE

Prof. Müjgan Şerefhanoglu Sözen

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

İSTANBUL, 1999

84952

İÇİNDEKİLER

SAYFA

| | |
|---|------|
| SİMGE LİSTESİ..... | iv |
| ŞEKİL LİSTESİ..... | vi |
| ÇİZELGE LİSTESİ..... | vii |
| ÖNSÖZ..... | viii |
| ÖZET..... | ix |
| ABSTRACT..... | x |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. STANDART ATMOSFER..... | 4 |
| 3. NEM ve NEMLİLİK İLE İLGİLİ TANIMLAR..... | 5 |
| 3.1 Havanın Nemliliği..... | 5 |
| 3.2 Mutlak Nem..... | 6 |
| 3.3 Özgül Nem..... | 6 |
| 3.4 Karışım Oranı..... | 6 |
| 3.5 Doymuş Hava..... | 7 |
| 3.6 Doyma Miktarı..... | 7 |
| 3.7 Buhar Basıncı..... | 7 |
| 3.8 Doymuş Buhar Basıncı..... | 8 |
| 3.9 Bağıl Nem..... | 8 |
| 3.10 Doyma Derecesi..... | 8 |
| 3.11 Yoğuşma..... | 9 |
| 3.12 Çiğ Noktası..... | 9 |
| 3.13 Buhar Basıncı Farkı..... | 9 |
| 3.14 Doymuş Suyun Termodinamik Özellikleri..... | 10 |
| 3.15 Nemli Hava İçin İdeal Gaz Bağlantıları..... | 11 |
| 4. YAPI MALZEMELERİNİN NEMLİLİĞİ, SU ve SU BUHARI İLE İLGİLİ ÖZELİKLER..... | 13 |
| 4.1 Su Geçirgenliği..... | 13 |
| 4.2 Kapılar (Kılcal Emicilik)..... | 13 |
| 4.3 Higroskopik Emicilik..... | 13 |
| 4.4 Higroskopik Denge Nemi..... | 14 |
| 4.5 İnşaat Nemi..... | 14 |
| 4.6 Doyma Nemi..... | 15 |
| 4.7 Su Buharı Difüzyon Geçirgenliği..... | 15 |
| 4.8 Difüzyon Direnç Faktörü..... | 16 |

| | | |
|--------|--|----|
| 5. | YAPI ELEMANLARININ NEMLENME ÇEŞİTLERİ..... | 17 |
| 5.1 | Zemin Suları İle Nemlenme..... | 17 |
| 5.2 | Yağış Tesirleri İle Nemlenme..... | 17 |
| 5.3 | Yeni İnşaat Neminin Kuruması İle Nemlenme..... | 17 |
| 5.4 | Binanın Kullanılması İle Nemlenme..... | 18 |
| 5.5 | Görünür Yoğuşma Sonucu Nemlenme..... | 19 |
| 5.6 | Difüzyon Olayı Sonucu Yoğuşma İle Nemlenme..... | 19 |
| 5.7 | Yapı Elemanlarının Geri Nem Vermesi..... | 20 |
| 6. | SU BUHARI ETKENİNİN TANIMI ve YAPI ELEMANINA FİZİKSEL ETKİSİ..... | 21 |
| 7. | YÜZEYDE YOĞUŞMA | 24 |
| 8. | SU BUHARI DİFÜZYONUN GENEL PRENSİPLERİ..... | 29 |
| 8.1 | Su Buharının Kuru Havadaki Difüzyonu..... | 29 |
| 8.2 | Su Buharının Gözenekli Katı Malzemelerdeki Difüzyonu..... | 31 |
| 8.2.1 | Su Buharının Bir Yapı Elemanından Difüzyonu..... | 32 |
| 8.2.2 | Homojen, Tek Tabakalı, Kapiller ve Higroskopik Emiciliği Olmayan Bir Kabuk Elemanında Yoğuşma Sırasında Buhar Difüzyonu..... | 39 |
| 8.2.3 | Çok Katmanlı (Kompozit) Kabuk Elemanından Buhar Difüzyonu..... | 42 |
| 9. | YOĞUŞMANIN OLUŞTURDUĞU ETKİLER ve ALINMASI GEREKEN ÖNLEMELER..... | 45 |
| 9.1 | Yoğuşma Olayının Sonucu..... | 45 |
| 9.2 | Yapı Elemanı İçinde Kabul Edilebilen Yoğuşma Miktarı..... | 46 |
| 9.3 | Buhar Difüzyonu için Alınması Gereken Önlemler..... | 47 |
| 9.3.1 | Yapı Elemanı Yüzeyinde Meydana Gelen Yoğuşmayı Önlemek..... | 47 |
| 9.3.2 | Yapı Elemanı İçinde Meydana Gelen Yoğuşmayı Önlemek veya Zararsız Miktarı İndirmek..... | 48 |
| 10. | BİLGİSAYAR PROGRAMININ TANITIMI..... | 50 |
| 10.1 | Ana Menü..... | 50 |
| 10.2 | Yapı Elemanları Listesine Yeni Yapı Elemanı İlave Etmek..... | 51 |
| 10.3 | Yapı Elemanları Listesinde Değişiklik Yapmak..... | 52 |
| 10.4 | Yapı Elemanları Listesinde Mevcut Bir Elemanı Listeden Silmek..... | 53 |
| 10.5 | Yoğuşma Hesabı İşlemleri Menüsü..... | 54 |
| 10.5.1 | Yapı Elemanlarının Seçimi..... | 54 |
| 10.5.2 | Ortam Sıcaklıkları | 55 |
| 10.5.3 | Isı Transferi..... | 56 |
| 10.5.4 | Yüzey Sıcaklıkları..... | 57 |
| 10.5.5 | İç ve Dış Ortam Basınç Hesapları..... | 59 |
| 10.5.6 | Buhar Difüzyon Dirençleri..... | 61 |
| 10.5.7 | Kütle Transferi..... | 62 |
| 10.5.8 | Sistem ve Doyma Basınçları..... | 63 |
| 10.5.9 | Diyagram..... | 65 |

| | |
|--|----|
| KAYNAKLAR | 66 |
| EKLER..... | 68 |
| Ek 1 Nemli havanın termodinamik özellikleri (Standart atmosfer basıncı 101.325 kPa) (Ashrae Temel El Kitabı)..... | 68 |
| Ek 2 Doymuş su buharının termodinamik özellikleri (Ashrae Temel El Kitabı).... | 71 |
| Ek 3 Çeşitli malzemelerin fiziksel performans değerleri..... | 75 |
| Ek 4 Çeşitli hacimlerin uygun ortam sıcaklıkları ve bağıl nem oranları..... | 84 |
| Ek 5 Buhar Difüzyonu İle Oluşan Yoğuşma Hesapları İçin Bilgisayar Programı (Arka Kapakta İki Adet Disket) | |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 88 |



SİMGE LİSTESİ

| | |
|---------------|---|
| $(P_i - P_d)$ | Buhar basıncı farkı (Pa), (mmSS) veya (mmHg). |
| Λ | Isı iletkenlik direnci (kcal/m ² h°C) veya (w/m ² K). |
| λ | Isı iletkenlik katsayısı (kcal/mh°C) veya (w/mK). |
| Σ | Toplam. |
| δ' | Su buharı difüzyon katsayısı (m ² h). |
| α_d | Dış yüzey ısı taşınım katsayısı (kcal/m ² h°C) veya (w/m ² K). |
| β_D | Dış yüzey permeansı (1/h) veya (kg/m ² h mmSS). |
| ∂f | Kesitteki mutlak nem değişimi (kg/m ³) veya (gr/m ³). |
| δ_H | Hareketsiz kuru havanın su buharı difüzyon katsayısı (m ² h). |
| ψ_H | Higroskopik denge nemi. |
| α_i | İç yüzey ısı taşınım katsayısı (kcal/m ² h°C) veya (w/m ² K). |
| β_i | İç yüzey permeansı (1/h) veya (kg/m ² h mmSS). |
| ψ_b | İnşaat nemi. |
| $1 / \beta_D$ | Buhar dış yüzey permeansı (h) veya (m ² h mmSS / kg). |
| $1 / \beta_i$ | Buhar iç yüzey permeansı (h) veya (m ² h mmSS / kg). |
| $1 / \Lambda$ | Isı iletkenlik direnci (m ² h°C/kcal) veya (m ² K/w). |
| B_{top} | Yapı sisteminin toplam buhar geçirgenliği katsayısı (1/h) veya (kg/m ² h mmSS). |
| $C_1..C_{13}$ | (3.8) ve (3.9) bağıntılarında verilen sabit sayılar. |
| μ | Difüzyon direnç faktörü – boyutsuz. |
| g | Malzeme içinden geçen su buharı miktarı (kg/m ² h) veya (g/m ² h). |
| g_H | Kuru hava içinde difüze olan su miktarı (kg/m ² h) veya (g/m ² h). |
| h | Saat – zaman metrik birimi. |
| k | Toplam ısı transfer katsayısı (kcal/m ² h°C) veya (w/ m ² K). |
| m | Uzunluk metrik birimi. |
| m^2 | Alan metrik birimi. |
| m^3 | Hacim metrik birimi. |
| N | Havanın buhar geçirgenlik değeri (h/m). |
| n | Nemli havanın toplam mol sayısı. |
| n_a | Kuru havanın mol sayısı . |

| | |
|----------|---|
| n_w | Su buharının mol katsayısı. |
| ρ | Özgül difüzyon direnci (m) veya (cm). |
| P | Nemli havanın toplam basıncı (Pa) , (mmSS) veya (mmHg). |
| P_a | Kuru havanın kısmi basıncı (Pa) , (mmSS) veya (mmHg). |
| P_s | Doymuş buhar basıncı (Pa) , (mmSS) veya (mmHg). |
| P_w | Su buharının kısmi basıncı (Pa) , (mmSS) veya (mmHg). |
| P_{ws} | Saf suyun doyma basıncı (Pa) , (mmSS) veya (mmHg). |
| Q | Isı transferi miktarı (ısı akısının debisi) , (kcal/h) veya (w). |
| R | 8.31441 kJ/kg . K üniversal gaz sabiti. |
| r | Karışım oranı (gr/kg) veya (kg/kg). |
| R_B | Su buharı gaz sabiti (47,1 m kg/kg K). |
| ϕ | Bağıl nem – boyutsuz. |
| S | Doyma derecesi – boyutsuz. |
| T | Mutlak sıcaklık (K). |
| t_s | Doymuş havanın çığ noktası sıcaklığı (°C) veya (K). |
| V | Nemli havanın toplam hacmi. |
| W | Mutlak nem (gr/m ³) veya (kg/m ³). |
| W_s | Doymuş havanın özgül nemi (gr/m ³) veya (kg/m ³). |
| X | Özgül nem (gr/kg) veya (kg/kg). |
| X_w | Suyun mol oranı. |
| X_{ws} | Doymuş hava içindeki suyun mol oranı. |

ŞEKİL LİSTESİ

| | | |
|-------------|--|----|
| Şekil 6.1 | Mevsimplere göre ısı akış yönleri..... | 21 |
| Şekil 6.2 | Doyma nemi..... | 22 |
| Şekil 6.3 | Doyma basıncının sıcaklığa göre değişimi..... | 23 |
| Şekil 7.1 | Tek katmanlı yapı elemanında sıcaklık dağılımı..... | 26 |
| Şekil 7.2 | Tek katmanlı yapı elemanında basınç dağılımı..... | 27 |
| Şekil 8.1 | Difüzyon Katsayısının Grafik Olarak değişimi..... | 30 |
| Şekil 8.2 | “ N “ değerinin basınç ve sıcaklığa göre değişimi..... | 31 |
| Şekil 8.3 | Tek tabakalı homojen yapı elemanında ısı akışı..... | 33 |
| Şekil 8.4 | Tek tabakalı homojen yapı elemanında su buharı difüzyonu..... | 34 |
| Şekil 8.5 | Homojen tek katmanlı bir yapı elemanında yoğuşma halinde ısı ve buhar akışı grafikleri..... | 41 |
| Şekil 8.6 | Çok katmanlı (kompozit) bir yapı elemanında yoğuşma halinde ısı ve buhar akışı grafikleri..... | 43 |
| Şekil 8.7 | Çok katmanlı (kompozit) bir yapı elemanında katmanlardan birinin buhar geçirgenlik direnci çok yüksek olması durumunda ve yoğuşma halinde kesitte ısı ve buhar akışı grafikleri..... | 44 |
| Şekil 10.1 | Bilgisayar programının ana menüsü..... | 50 |
| Şekil 10.2 | Bilgisayar programının yeni yapı elemanı ekleme penceresi..... | 51 |
| Şekil 10.3 | Bilgisayar programının mevcut yapı elemanı listesinde değişiklik penceresi..... | 52 |
| Şekil 10.4 | Bilgisayar programının yapı elemanı listesinde mevcut elemanı silme penceresi..... | 53 |
| Şekil 10.5 | Bilgisayar programının yoğuşma hesapları menüsünde yapı elemanlarının seçimi penceresi..... | 54 |
| Şekil 10.6 | Bilgisayar programının yoğuşma hesapları menüsünde ortam sıcaklıkları penceresi..... | 55 |
| Şekil 10.7 | Bilgisayar programının yoğuşma hesapları menüsünde ısı transferi penceresi..... | 56 |
| Şekil 10.8 | Bilgisayar programının yoğuşma hesapları menüsünde yüzey sıcaklıkları penceresi..... | 57 |
| Şekil 10.9 | Bilgisayar programının yoğuşma hesapları menüsünde iç ve dış ortam basınçları penceresi..... | 59 |
| Şekil 10.10 | Bilgisayar programının yoğuşma hesapları menüsünde buhar difüzyon dirençleri penceresi..... | 61 |
| Şekil 10.11 | Bilgisayar programının yoğuşma hesapları menüsünde kütle transferi penceresi..... | 62 |
| Şekil 10.12 | Bilgisayar programının yoğuşma hesapları menüsünde sistem basınçları penceresi..... | 63 |
| Şekil 10.13 | Bilgisayar programının yoğuşma hesapları menüsünde diyagram penceresi..... | 65 |

ÇİZELGE LİSTESİ

| | | |
|-------------|--|----|
| Çizelge 2.1 | Standart atmosferik havanın özelliklerinin deniz seviyesinden olan yükseklik ile değişimi..... | 4 |
| Çizelge 4.1 | Dış sıvanın yetersizliği sonucu konutların yağmur alan cephelerindeki nemleri..... | 14 |
| Çizelge 4.2 | Bazı malzemelerin hacim yüzdesi cinsinden doyma nemleri..... | 15 |
| Çizelge 7.1 | Çeşitli hava tabakalarının ısı iletkenlik dirençleri hesap değerleri..... | 24 |
| Çizelge 7.2 | Isı taşınım ve direnç değerleri | 25 |
| Çizelge 7.3 | Bağıl neme göre yüzeyde (görünür) yoğunlaşma sıcaklıkları | 28 |
| Çizelge 8.1 | $P / (P - p)$ teriminin sıcaklığa göre değişimi tablosu..... | 29 |
| Çizelge 8.2 | İç yüzey permeanslarının, iç ortam sıcaklığı ve iç ortam sıcaklığı ile kabuk elemanı iç yüzey sıcaklığı farkına göre değişimi..... | 35 |
| Çizelge 8.3 | Buhar iç yüzey permeansı ve buhar iç yüzey direnci değerleri..... | 36 |
| Çizelge 8.4 | -20° C ile 30° C arasındaki dış hava sıcaklıklarına göre dış yüzey permeans ve direnç değerleri..... | 37 |

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın başlıca amacı, makina mühendisleri için bir çok mühendislik hesaplarında zorunlu olarak kullandıkları ancak kavram olarak yakından tanımadıkları buhar difüzyonu ve yoğuşmayı incelemektir. Bir çok ısı kaybı ve kazancı hesapları yapılırken yoğuşma hesapları, makina mühendisleri tarafından göz önünde bulundurulmamaktadır. Makina mühendislerinin çok önem vermedikleri bir dal olması; hesaplar içerisinde bir çok deneysel unsurlar, ampirik uzun formüller ve kaynaklarda genişçe yer verilmeyen çeşitli katsayılar kullanılması sebebi ile bu konudaki çalışmalar ülkemizde ilgi görmemiştir. Ancak çalışmanın içeriğinden de anlaşılacağı gibi su buharı difüzyonu sebebiyle oluşan yoğuşmanın yapı elemanlarında hayati önem taşımaktadır. Ayrıca yoğuşma ısı transferini de gözle görülür bir biçimde etkilemektedir. Yukarıda açıklanan sebepler göz önüne alınarak yapı elemanlarında su buharı difüzyonunun hesaplarını kolaylaştıracak ana ve önemli başlıklar tez kapsamına alınmış ve matematiksel işlemlerin hızlandırılması amacıyla bir bilgisayar programı ortaya çıkarılmıştır. Bilgisayar programı kapsamında yoğuşmanın başlangıç noktası matematiksel işlemler ile hesaplanarak duvar kesiti diyagramında gösterilmektedir. Çalışmada, konu ile ilgili hesaplamalar yapacak kişilerin çalışma hızlarını ve konuya hakimiyetini arttırmak amaçlanmıştır. Bilgisayar programı kapsamındaki bütün hesaplamalar, bağıntılar ve denklemler yardımı ile yapılmaktadır. Bu da program hesaplamalarının hata oranını 0,7 % mertebesinde kalmasını sağlamaktadır.

Programlama dili hakkında bana yardımcı olan Konstrüktör Ressam Fatih AYDIN'a, tez kapsamındaki konuların içerikleri ve programlama dili hakkında yardımcı olan Makina Yüksek Mühendisi Serkan YÜKSELEN'e, tez konusunun belirlenmesi ve izlenecek yol hakkında verdiği değerli bilgiler dolayısıyla tez danışmanım Sn. Prof. Dr. Hasan A. HEPERKAN 'a teşekkürü bir borç bilirim.

İnsiyatif alabilen, aldığı insiyatifleri pozitif yönde kullanmaktan korkmayan, sorumluluklarının bilincinde, faaliyetlerinin insan yaşamına ve ülke değerlerine olan etkisini göz önünde bulunduran, saygın mühendislik çalışmaları dileğiyle.

Mak. Müh. Murat BİRCAN

ÖZET

Su buharı difüzyonu ile meydana gelen yoğuşma yapı malzemelerine ve yapı malzemelerinde meydana gelen ısı transferlerine olumsuz yönde etki etmektedir. Bu durum yapıların iç konfor şartlarını bozmak ile birlikte ısıtma ve soğutma için kullanılan enerjinin artmasına sebebiyet vermektedir. Yoğuşma kontrolü duvar ve yapı sistemlerinde mutlaka göz önüne alınmalıdır. Yoğuşma hesapları uzun ve teorik bir çok kabülü beraberinde getirmektedir. Hesaplarda oluşacak zaman kaybını önlemek için bilgisayar yazılımları hayati önem taşımaktadır. Bilgisayar yazılımında yapı elemanlarında buhar difüzyonu ve yoğuşma kontrolünün yapıldığı analitik metodlar arasında en çok kullanılan “genel formül metodu” esas alınmıştır. Bu metodu ;

$$g = \frac{p_i - p_d}{\sum (1 / \Delta_i)} \quad \text{ana formülü teşkil etmektedir.}$$

Bu formül, yaklaşık neticeler vermesi sebebi ile daha çok problemlerin basit halleri için kullanılmaktadır. Genel formül metodunda ;

- Yapı elemanı içindeki sıcaklık değişimi her tabakadaki sıcaklık farkını veren “ $\Delta t_n = t_n - t_{n+1} = (t_i - t_d) = Q / (\lambda_n / d_n)$ ” formülü ile hesaplanmaktadır.
- Bulunan sıcaklık değişimine göre ASHRAE Fundamentals kaynaklı ampirik formüller vasıtası ile eleman içerisindeki doymuş buhar basıncı değerleri tespit edilir.
- Eleman içindeki buhar basıncı değişimi, her tabakadaki buhar basıncını veren “ $\Delta p_n = p_n - p_{n+1} = (p_i - p_d) = g / (\delta_n / d_n)$ ” denklemleri ile belirlenmektedir.
- Her tabakadaki buhar basıncı değerlerinin, aynı tabakalara ait doymuş buhar basıncı değerlerinin üzerinde olup olmadığı araştırılır. Bunun için;
- Apsiste malzeme kalınlıkları, ordinatta da sıcaklık ve basınç değerlerini gösteren bir grafik çizilir.
- Grafik üzerinde sıcaklık, doymuş buhar basıncı ve malzeme içindeki buhar basıncı değerleri işlenerek basınç eğrilerinin birbirleri ile kesişip kesişmediği kontrol edilir.
- Kontrolde kısmi buhar basınçlarının, doymuş buhar basınçları altında kalması halinde yapı malzemesinin buhar difüzyonuna karşı uygun olduğu, malzeme içinde yoğuşma olmadığı anlaşılır.
- Buhar basınç çizgilerinin birbirleri ile kesişmesi halinde yoğuşma olacağı ve yoğuşmanın çizgilerin kesiştiği noktada başlayacağı anlaşılacaktır.

ABSTRACT

Condensation caused by water vapor migration has a negative effect on the building materials and the heat transfer through these materials. This situation, besides directly spoiling the in door comfort also increases both the heating and the cooling energy. Condensation must be seriously observed for the walls and the building envelopes. For the long, empirical and time consuming concept of the calculations of condensation caused by water migration; softwares have great importance. This software is based on the most commonly used analysis named “ General Formula Method “ for the calculation of condensation caused by water vapour migration. The main relation of the method is;

$$g = \frac{p_i - p_d}{\sum (1 / \Delta \delta)}$$

- The temperature change in the building material is calculated by the temperature difference formula “ $\Delta t_n = t_n - t_{n+1} = (t_i - t_d) = Q / (\lambda_n / d_n)$ “ for each layer.
- Using the amphiric formulas mentioned in ASHRAE Fundamentals booklet, the saturation vapor pressures are calculated using the results of the temperature differences.
- The vapor pressure values are calculated by the following formula which gives the vapor pressures for each building material layer.
“ $\Delta p_n = p_n - p_{n+1} = (p_i - p_d) = g / (\delta_n / d_n)$ “
- To figure out, if the vapor pressures calculated for the layers of the building materials are higher than the values of the saturation vapor pressures ;
- A diagram can be drawn with the thickness of the building material on the x-axis and temperatures with pressure values on the y-axis.
- Each saturation vapor pressure and vapor pressure value must be placed on the diagram. The control is checking the intersection of the lines passing through the pressure values.
- If the schematic solution of the vapor pressure is below the schematic solution of the saturation vapor pressure values, the building material system can be considered as having “ no condensation ”.

- If the schematic solution of the vapor pressure is above the schematic solution of the saturation vapor pressure values, the building material system can be considered as having “condensation”.



1.GİRİŞ

Ülkemizde inşa edilen yapılarda su buharı yoğuşması zararlarının ortaya çıkışı ve yoğuşmanın kontrolünün önem kazanması oldukça yenidir. 20.yüzyılın başlarından itibaren yapım tekniğinde ve planlama anlayışındaki değişiklikler insan yaşantısının farklılaşması ve endüstri gelişmesi sonucu meydana gelen yeni şartlar yapılarda yoğuşmanın zararlarını ortaya çıkartmıştır.

Modern inşaat tekniği tatbikatından önce masif duvarlar taşıyıcılığı dolayısıyla çok kalın yapılmakta ve bu kalınlık duvarlara yeterli ısı yalıtımını kazandırmakta idi. Eskiden yapılan masif duvarlarda genellikle difüzyon direnci küçük taş tuğla, kerpiç, kireç sıva gibi malzemeler kullanıldığından su buharının içerden dışarıya duvar geçişlerinde akımı önleyici bir tabakaya rastlanmamakta ve yoğuşma olmaksızın su buharı dış havaya karışmakta idi. Kalın duvarlarda doyma nemliliklerinin yüksek oluşu sebebiyle çok düşük sıcaklıklarda az miktarda yoğuşma olsa bile meydana gelen nem, duvara zarar verecek miktara erişmeden yaz mevsiminde tekrar kuruma imkanına sahip olmaktadır.

İçinde bulunduğumuz yüzyılda modern kontrüksiyon metotlarının kullanılmaya başlaması, duvarlardan taşıyıcılık görevinin kaldırılması sebebiyle duvarlar incelmış ve ısı geçirgenlik dirençleri önemli miktarda düşmüştür. Isı geçirgenlik direnci düşük duvarlarda buhar difüzyonu sırasında buhar, kolaylıkla yoğuşma sıcaklığının altına inerek su haline gelmekte ve bazı hallerde duvar yüzeyinde yoğuşma meydana gelmektedir.

Duvarların ısı geçirgenlik dirençlerinin yükseltilmesi, dolayısıyla ısı ekonomisinin sağlanması ve duvar yüzeyinde meydana gelen yoğuşmanın önlenmesi amacı ile duvarlar tabakalı olarak yapılmaya ve ısı yalıtım malzemesi kullanılmaya başlanmıştır.

Tabakalı olarak yapılan ve ısı yalıtımı kullanılan duvarlarda tatbikat yanlı yapıldığı ve alınması gereken tedbirler alınmadığı için genellikle duvar yüzeylerinde kaplama, sıva ve boya kabarmaları, çatlama ve küflenmeler gibi yoğuşma zararları ortaya çıkmaktadır.

Yapı dış duvarlarında, yapıyı dış tesirlerden korumak amacı ile yapılan mozaik, seramik, cam, metal levha gibi buhar geçirmeyen malzeme kaplamaları, ısı geçirgenlik direnci az, buhar difüzyon direnci yüksek oldukları için içerden dışarıya akan su buharının duvar içerisinde yoğunlaşmasına sebep olmakta ve kaplamalarda çatlama, patlama, renk değişimi gibi arızalar ortaya çıkmaktadır.

Eski yapılarda pencere boyutları küçük olmasına rağmen aralıkları fazla olmasından dolayı hava filtrasyonu çok büyük olduğu için yapı içindeki aşırı nemliliğin kontrol altına alınması mümkünken yeni yapılarda pencere aralıklarının çok az olması sebebiyle oluşan bağıl nem fazlalığı ise yoğunlaşma olasılığını arttırmaktadır.

Eski yapılarda, çatı kaplamaları olarak genellikle kiremit gibi buhar geçiren ve hava ventilasyonuna imkan veren malzemeler kullanılmakta iken yapı tekniğinin inkişafı ve mimari zorlamalarla bu gün pek çok yapıda düz çatı (teras) yapılmaktadır. Düz çatılarda ve teraslarda su yalıtım malzemesi olarak kullanılan plastik ve bitümlü malzemelerin yanlış uygulanmaları sonucu su yalıtım tabakasının altında yoğunlaşan buhar, kışın donarak, yazın buharlaşarak çatıların kısa zamanda harab olmalarına, yalıtım tabakalarının bozulmalarına sebep olmaktadır.

Eski yapılarda kat yükseklikleri ve mahal boyutları bugünkünden çok daha fazladır. Büyük hacimli yapılarda içinde yaşayan insan başına düşen hava miktarı büyük olduğundan bağıl nem daha düşük olmaktadır. Ekonomik zorluklar sebebi ile kat yüksekliklerinin ve oda hacimlerinin azalması sonucu yeni binalarda hava rutubeti yükselmekte ve yoğunlaşma ihtimali artmaktadır.

Yine eski yapılarda genellikle her oda ocak, şömine, baca gibi nemli ısınan havayı dışarı atacak imkanlar mevcutken bugün merkezi ısıtma sisteminin gelişmesi sonucu odaların havalanması yeterli olamamakta ve hava nemliliğinin yüksek kalmasına yol açmaktadır.

Günümüzde eskiye oranla belirli hacimlerde daha çok insan yaşamakta ve bu insanların yemek pişirme, çamaşır yıkama gibi ihtiyaçları aynı yapıda ve küçük hacimlerde giderilmektedir. Bu da o yapı için bağıl nemin artmasına sebep olmaktadır.

Tekniğin inkişafı sonucu eskiden olmayan yüksek nem şartlarında faaliyet gösteren deri, tekstil, seramik ve benzeri sanayi teşekküllerinin meydana çıkması sonucu bu yapılarda şiddetli yoğuşma olayları ve dolayısıyla yapı elemanlarında hatalı konstrüksiyonlar neticesinde önemli yoğuşma zararları ortaya çıkmaktadır.

Yapı elemanlarının fiziksel harabiyetine ve çirkin görünümlere sebep olan su buharı yoğunlaşması zararlarının, yakın zamana kadar malzeme ve yapım hatasından meydana geldiği zannedilmekte idi. Su buharı yoğunlaşmasını meydana getiren difüzyon olayının Amerika'da ve Avrupa'da araştırılması çok yeni sayılmaktadır.

Bugün için yoğuşma kontrolünün önemi anlaşılmıştır. Yeterli ve uygun tedbirler alınmadığı takdirde meydana gelecek zararlar bilinmektedir.

Ekonomi ve konfor gereği olarak yapı elemanlarında kullanılan ısı yalıtım malzemeleri bünyelerinde su veya nem bulundurmadıkları müddetçe hesaplama esnasında kabul edilen özelliklerini koruyabilirler. Su veya nem, bilindiği gibi oldukça iyi ısı geçirgenliği olan bir madde olup yalıtım malzemeleri içindeki kılcal hava kanalları veya gözeneklerini doldurdukları takdirde bu yalıtım malzemesinin ısı geçirme direncini büyük ölçüde azaltmaktadırlar. Ayrıca su veya nemin ısı yalıtım malzemesi içinde kışın donması veya yazın buharlaşması bu malzemenin harabiyetine sebep olmaktadır.

Yoğuşma kontrolü için teorik ve pratik bir çok metod bulunmaktadır. Şüphesiz ki metodların hepsinden tam neticeyi almak mümkün değildir. Yapının projelendirme ve imalat safhasında yoğuşma kontrolü yapılması ve bulunacak değerlere göre uygun konstrüksiyon seçimi gerekli olmaktadır (25).

2.STANDART ATMOSFER

Atmosferik havanın barometrik basıncı ve sıcaklığı esas olarak deniz seviyesinden olan yükseklikle değiştiği gibi, coğrafi durumla ve hava şartları ile de değişir. İklimlendirme mühendisliğinde belirli bir referansa göre, çeşitli yüksekliklerde havanın fiziksel özelliklerini bulabilmek için standart atmosfer tanımı gereklidir.

Deniz seviyesinde standart havanın sıcaklığı 15 °C, standart barometrik basıncı ise 101.325 kPa değerlerindedir. Troposfere (atmosferin ilk katmanına) kadar havanın sıcaklığının, yükseklik ile doğrusal değiştiği ve strotosferde sabit değere ulaştığı kabul edilir. Standart yer çekimi, 9.807 m/s² değerindedir. Deniz seviyesinden olan yüksekliklere göre standart atmosferik havanın sıcaklık ve basıncının değişimleri Çizelge 2.1'de verilmiştir (3).

Çizelge 2.1 : Standart atmosferik havanın özelliklerinin deniz seviyesinden olan yükseklik ile değişimi (3).

| Yükseklik, m | Sıcaklık, °C | Basınc, kPa |
|--------------|--------------|-------------|
| -500 | 18.2 | 107.478 |
| 0 | 15.0 | 101.325 |
| 500 | 11.8 | 95.461 |
| 1000 | 8.5 | 89.874 |
| 2000 | 2.0 | 79.495 |
| 3000 | -4.5 | 70.108 |
| 4000 | -11.0 | 61.640 |
| 5000 | -17.5 | 54.020 |
| 6000 | -24.0 | 47.181 |
| 7000 | -30.5 | 41.061 |
| 8000 | -37.0 | 35.600 |
| 9000 | -43.5 | 30.742 |
| 10000 | -50.0 | 20.436 |

3.NEM ve NEMLİLİK İLE İLGİLİ TANIMLAR

Su buharı yoğuşması olayının hava ve yapı elemanları nemliliği ile yakın ilişkisi vardır. Havada bulunan su buharı, yoğuşma olayının en önemli sebebidir. Yapı elemanlarının su ve su buharı ile ilgili özellikleri yoğuşma olayının diğer bir sebebidir. Yoğuşma olayına tesir eden diğer sebepler ise sıcaklık farklılığı ve yapı elemanlarının ısı transferi ile ilgili özellikleridir.

3.1. Havanın Nemliliği :

Dünyayı çevreleyen atmosferi teşkil eden hava, bir çok gazlardan ve cisimlerden meydana gelmektedir. Bu gazların bir kısmının oranları sabit, bir kısmının ise bazı faktörlere bağlı olarak değişkendir. Hava içinde bulunan değişken gazların yapı bakımından en önemlisi su buharıdır. Su buharının hacmi hiçbir zaman hava hacminin % 4'ünü aşamaz. Hava içindeki su buharı görünür yoğuşma, gizli yoğuşma ve nemlenme gibi yapı elemanlarına zararı dokunan olayların esas kaynağıdır. Suyun buz veya sıvı olması için belirli sıcaklıklar şart olmasına rağmen su buharı her sıcaklıkta oluşmaktadır. Bu bakımdan pratikte, havada az veya çok su buharı bulunmakta ve bu havaya “nemli hava“ içinde bulunan su buharına da “nem” denilmektedir.

Havanın nemliliği veya rutubeti, herhangi bir anda hava içindeki su buharının miktarıdır. İçinde su buharı bulunmayan havaya kuru hava denir.

Nemli havanın termodinamik özellikleri ile bu özellikleri kullanarak nemli havadaki işlemler ve şartlar ile ilgilenen termodinamik dalı psikrometridir. Genel teori ve yöntemler ise Goff ve Gratch tarafından ASHRAE Brochure on Psychrometry adlı yayında açıklanmıştır.

Son yıllarda yapılan çalışmalar ile sıcaklığa bağlı olarak termodinamik özellikler için yeni bağıntılar bulunmuştur. Bu yeni formüllere göre, nemli havaya ve suya ait termodinamik özellikler Ek1 ve Ek 2’de sunulmuştur.

Çözümlerde basitlik, hız ve ekonomi sağlaması bakımından iklimlendirme problemlerinde kullanılan ideal gaz kanunları ile bu formüllerin sonuçlarının karşılaştırılması durumunda, aradaki farkın ihmal edilebilir mertebede olduğu görülebilir. İdeal gaz bağıntıları kullanılması durumunda, 101.325 kPa basınç ve -50 ile $+50$ °C sıcaklıkları arasında doymuş havanın entalpi ve özgül nemdeki hata oranı, 0.7 % değerinden daha küçük olduğu, Threlkeld tarafından ispatlanmıştır. Artan basınçlarda bu hata oranı daha da azalmaktadır. Bu bölümdeki incelemelerde genel olarak ideal gaz yaklaşımı kullanılacaktır (29).

3.2. Mutlak Nem :

Nemli havanın birim hacmi içinde bulunan su buharının birim kütlesine mutlak nem denir. Buna hakiki buhar miktarı, buhar konsantrasyonu, su buharı yoğunluğu da denir. Birimi gr/m^3 veya kg/m^3 'tür (29).

$$W = \frac{M_B}{V} \quad (3.1)$$

3.3. Özgül Nem :

Birim kütledeki nemli hava içerisindeki su buharı kütlesidir. Birimi gr/kg veya kg/kg 'dır. Buna nemli havanın nem miktarı veya kütle konsantrasyonu da denmektedir (29).

$$X = \frac{M_B}{(M_B + M_H)} \quad (3.2)$$

M_B = Kuru hava ile karışık halde bulunan su buharı kütlesi.

M_H = Kuru hava kütlesi

3.4. Karışım Oranı (r) :

Karışım, kuru hava ile karışık halde bulunan su buharı kütlesinin kuru havanın kütlesine oranıdır. Birimi gr/kg . veya kg/kg 'dır (29).

$$r = \frac{M_B}{M_H} \quad (3.3)$$

3.5. Doymuş Hava :

Hava, sıcaklığa bağlı olarak bünyesinde belirli bir miktar su buharı tutabilmektedir. Sıcaklık düştükçe havanın tutabileceği su miktarı da azalır. Belirli şartlar altında, belirli bir sıcaklıktaki hava, maksimum hava miktarını bünyesinde bulunduruyorsa bu havaya “buhara doymuş” denir. Su buharına doymuş hava sıcaklığının azalması halinde içinde bulunan buharın bir kısmı derhal yoğuşarak su halinde açığa çıkar (29).

3.6. Doyma Miktarı (W_s) :

Birim hacimdeki havanın belirli bir sıcaklık içinde tutabileceği maksimum buhar miktarıdır. Birimi gr/m^3 veya kg/m^3 ‘tür. Buna doymuş buhar miktarı da denir.

Sıcaklıklara bağlı olarak doyma miktarları ve kPa biriminde doymuş buhar basınçları Ek 2’de verilmiştir (29).

3.7. Buhar Basıncı (P) :

Buhar basıncı, su buharının nemli hava içindeki kısmi basıncıdır. Buhar basıncı birimi mühendislikte genellikle “Pa”, “mmSS” veya “mmHg” ‘dır. Difüzyon hesaplarında buhar basınçlarında daha çok kg/m^2 birimi kullanılır.

Nemli hava, su buharı ile kuru hava karışımı olduğuna göre nemli hava basıncı karışımın toplam basıncına, bu da barometrik basınca eşit olur (29).

$$P = p_H + p \quad (3.4)$$

$$p = \text{Kısmi buhar basıncı}$$

$$p_H = \text{Kuru havanın kısmi basıncı}$$

$$P = \text{Barometrik basınç}$$

3.8. Doymuş Buhar Basıncı (p_s) :

Doymuş buhar basıncı, belirli bir sıcaklıktaki doymuş havanın kısmi buhar basıncıdır. Buna doyma buhar basıncı da denir.

Muhtelif sıcaklıklardaki doymuş buhar basıncı, aynı sıcaklık ve basınçtaki su veya buz yüzeyi ile kararsız denge halindeki buharın basıncı olarak da tanımlanmaktadır. Nemli havanın doymuş buhar basıncı barometrik basınca da bağlıdır (29).

$$P_s = \frac{r_s}{0,62197 + r_s} \cdot P \quad (3.5)$$

r_s = Doymuş havanın karışım oranı

0,62197 = Suyun molekül ağırlığının havanın molekül ağırlığına oranı

P = Barometrik basınç

3.9. Bağlı Nem (ϕ) :

Hava içindeki su buharı kütlesinin, aynı şartlardaki hava içinde bulunabilecek maksimum su buharı kütlesine oranına bağlı nem denir. Bağlı nem aynı şartlardaki havanın doymamış ve doymuş haldeki mutlak nemlerinin ve kısmi buhar basınçlarının oranlarına da eşittir (29).

$$\phi = \frac{W}{W_s} \cdot 100 = \frac{p}{p_s} \cdot 100 \quad (3.6)$$

3.10. Doyma Derecesi (S) :

Belli şartlardaki havanın özgül neminin, doymuş haldeki özgül nemine oranına doyma derecesi denir (29).

$$S = \frac{X}{X_s} \quad (3.7)$$

3.11. Yoğuşma :

Nemli hava, mutlak nemi değiştirmemek şartıyla soğutulursa bağıl nemi yüksek olur. Soğutma devam edilirse, bir noktada mutlak nem % 100'e ulaşır. Bu hava o sıcaklık için doymuştur. Bu sınırı aşacak herhangi bir sıcaklık düşümü belirli bir miktar su buharının havadan ayrılmasına sebep olur. Havadan ayrılan su buharı dış havada sis, katı cisimlerin üzerinde veya içinde su veya buz olarak belirir. Bu olaya yoğuşma denir.

İki türlü yoğuşma vardır.

- a) Görünür yoğuşma (Yüzeysel yoğuşma)
- b) Gizli yoğuşma (Kesit içerisinde yoğuşma)

Görünür yoğuşma malzemelerin yüzeyinde, gizli yoğuşma malzemelerin kesitinde oluşur (18).

3.12. Çiğ Noktası (t_s) :

Belirli şartlardaki doymuş havanın sıcaklığına çiğ noktası denir. Bu sıcaklık doyma halinden yoğuşmaya geçiş halini ifade ettiğinden doyma sıcaklığı, yoğuşma noktası da denir (18).

3.13. Buhar Basıncı Farkı ($p_1 - p_a$) :

Değişik şartlardaki iki ayrı ortam arasında doğan buhar basınçları farkıdır. Birimi genellikle "mmHG" , "kg/m²" , "mmSS" , "kPa" 'dır.

Kışın binalar ısıtıldığı için i ve dış hacimlerin bağıl nemleri eşit olsa hatta dış bağıl nem değeri %100 olsa bile i hava sıcaklığı daha yüksek olduğundan iç havanın buhar basıncı dış havanınkinden çok daha büyüktür.

Farklı şartlarda olan hacimler hiçbir zaman sadece bağıl nem değeri ile mukayese edilmemeli, sıcaklık durumlarına göre kısmi buhar basınçlarının veya mutlak nemlerinin belirlenmesi gereklidir.

Yapı elemanlarında difüzyon olayı, bu buhar basıncı farkından meydana gelmektedir (18).

3.14. Doymuş Suyun Termodinamik Özellikleri :

Bağıntılardan yararlanılarak hesaplanmış, -60 ila 200 °C sıcaklıkları arasında doymuş suyun termodinamik özellikleri Ek 2'de görülmektedir. Ek 2'deki semboller bu konudaki literatüre uygun olarak verilmiş olup, buradaki özellikler termodinamik sıcaklık skalasına dayanmaktadır. Doymuş suyun entalpi ve entropisinin her ikisi de üçlü noktada (0.01 °C) sıfır olarak alınmıştır.

Nemli havanın özelliklerinin hesabında, doymuş su buharının basıncının bilinmesi gereklidir. Bu değerler Ek 2'den alınabildiği gibi, aşağıda sunulan formüller yardımı ile de hesaplanabilir.

-100 ila 0 °C sıcaklıkları arasında buz üzerindeki doyma basıncı

$$\ln(p_{ws}) = C_1/T + C_2 + C_3 \cdot T + C_4 \cdot T^2 + C_5 \cdot T^3 + C_6 \cdot T^4 + C_7 \cdot \ln(T) \quad (3.8)$$

bağıntısı ile verilebilmektedir. Bu bağıntıda,

$$C_1 = -5.6745359 \cdot 10^3$$

$$C_2 = -5.1523058 \cdot 10^{-1}$$

$$C_3 = -9.6778430 \cdot 10^{-3}$$

$$C_4 = 6.2215701 \cdot 10^{-7}$$

$$C_5 = 2.074782 \cdot 10^{-9}$$

$$C_6 = -9.4840240 \cdot 10^{-13}$$

$$C_7 = 4.1635019$$

değerlerindedir.

0 ila 200 °C sıcaklıkları arasında su üzerindeki doyma basıncı

(3.9)

$$\ln(p_{ws}) = C_8/T + C_9 + C_{10} \cdot T + C_{11} \cdot T^2 + C_{12} \cdot T^3 + C_{13} \cdot \ln(T)$$

şeklinde verilebilmektedir. Bu bağıntıda ise,

$$C_8 = -5.8002206 \cdot 10^3$$

$$C_9 = -5.5162560$$

$$C_{10} = -4.8640239 \cdot 10^{-2}$$

$$C_{11} = 4.1764768 \cdot 10^{-5}$$

$$C_{12} = -1.4452093 \cdot 10^{-8}$$

$$C_{13} = 6.5459673$$

değerlerindedir.

(3.8) ve (3.9)'da p_{ws} basıncı Pa biriminde, T mutlak sıcaklığı ise K birimindedir (6).

3.15. Nemli Hava İçin İdeal Gaz Bağlıları :

Nemli hava, içinde su buharının ideal gaz olduğu, bir ideal gaz karışımı kabul edilebilir.

Bu durumda ;

$$p_w \cdot V = n_w \cdot R \cdot T \quad (3.10)$$

bağıntısı yazılabilir. Bu bağıntıda ;

p_w = su buharının kısmi basıncı

V = karışımın toplam hacmi

n_w = su buharının mol sayısı

$R = 8314.41 \text{ J}/(\text{kmol})\text{K}$

T = mutlak sıcaklık, K

anlamlandırılır.

Karışımın da ideal gaz olması kabulü altında

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (3.11)$$

veya

$$(p_a + p_w) \cdot V = (n_a + n_w) \cdot R \cdot T \quad (3.12)$$

şeklinde yazılabilir. Bu bağıntılarda

p_a = kuru havanın kısmi basıncı

$p = p_a + p_w$, karışımın toplam basıncı,

n_a = kuru havanın mol sayısı

$n = n_a + n_w$, karışımın toplam mol sayısı, anlamlandırılır.

Tüm bu bağıntılar gözönüne alındığında su buharının mol oranı ;

$$x_w = p_w / (p_a + p_w) = p_w / p \quad (3.13)$$

şekillerinde yazılabilmektedir. Önceki bağıntıları kullanılarak, W bağıl nemi,

$$W = 0.62198 \cdot p_w / (p - p_w) \quad (3.14)$$

bağıntısı ile ;

doyma derecesinde, W_s değeri ise

$$W_s = 0.62198 \cdot p_{ws} / (p - p_{ws}) \quad (3.15)$$

bağıntısı ile verilebilir.

Bu bağıntıdaki p_{ws} terimi, verilen bir t sıcaklığında, karışım içinde havanın olmaması durumunda, su buharının doyma basıncını göstermektedir. p_{ws} basıncı sadece sıcaklığın bir fonksiyonu olup, doymuş hava içindeki buhar basıncı ile çok az değişir.

$$\phi = x_w / x_{ws}(t,p) \text{ bağıntısı ile tanımlanan} \quad (3.16)$$

bağıl nem eşitliğinde, x_w ve x_{ws} değerlerinin basınç karşılıkları ile

$$\phi = p_w / p_{ws}(t,p) \quad (3.17)$$

olarak elde edilir (6).

4.YAPI MALZEMELERİNİN NEMLİLİĞİ SU ve SU BUHARI İLE İLGİLİ ÖZELİKLERİ

Yapı elemanları, kendilerini meydana getiren malzemelerin su ve su buharı ile ilgili özellikleri dolayısıyla ve muhtelif sebepler ile bünyelerinde su veya suyun diğer şekilleri buz veya su buharı bulundurlar. Genel olarak bütün yapı malzemeleri pratikte az veya çok nemlidirler. Yapı elemanlarının nemliliği, içinde bulundurduğu su miktarı ile belirtilir.

4.1. Su Geçirgenliği :

Yapı elemanını meydana getiren malzemenin basınç farkı etkisi ile suyu bir taraftan diğer tarafa geçirmesi su geçirgenliğini ifade eder. Su geçirgenliği, belirli şartlar altında, birim alandan, birim zamandan geçen su miktarıdır (24).

4.2. Kapılar (Kılcal) Emicilik :

Kılcal emicilik, malzemenin herhangi bir yüzeyi ile temas halinde bulunan suyu, belirli şartlarda, basınç farkına lüzum kalmaksızın içine alarak kılcal kanalları vasıtası ile herhangi bir doğrultuda hareket ettirmesidir. Malzeme içindeki kılcal kanalların çaplarının inceliği nisbetinde kılcal emicilik artar. Kılcal emicilik özeliği malzemenin nem alıp vermesini ve buhar difüzyonunu etkiler (24).

4.3. Higroskopik Emicilik :

Malzemenin yüzeyleri ile temas halinde bulunan nemli hava içindeki su buharını, belirli şartlarda buhar basınç farkına lüzum kalmaksızın emmesi ve içinde tutmasına higroskopik emicilik adı verilir. Higroskopik malzemeler, havadaki nemi, emme (sorbsiyon) ve kılcal yoğunlaşma yoluyla alırlar. Kılcal yoğunlaşma, malzemeyi saran hava, çiğ noktasına erişmediği halde malzemenin çok küçük gözeneklerinde yoğunlaşmanın olmasıdır.

Birçok yapı malzemesi higroskopik olduğundan çevre havasındaki su buharı ile denge halinde olan bağımlı nem ihtiva ederler (24).

4.4. Higroskopik Denge Nemi (ψ_H) :

Malzemenin cinsine ve ortam sıcaklığına bağı olarak değişen, malzeme bünyesindeki neme higroskopik denge nemi denir. Buna pratik nem miktarı veya denge nem muhtevisyatı da denir.

Higroskopik denge nemi, malzemenin özgül nemi kuruduktan sonra ortaya çıkar (24).

4.5. İnşaat Nemi (ψ_6) :

İnşaat sırasında yapı malzemesinin bünyesine giren sudan doğan nemliliğe inşaat nemi denir. Bu nem yapı elemanlarının imalatı sırasında bilhassa katılan su ile dış şartlar sonucu istenmeden katılan yağmur, kar gibi sulardan oluşur.

İnşaat neminin yüksek olması, doyma nemine yaklaşmış olması mümkündür. Bu durumda higroskopik denge nemi uzun bir süre sonra meydana çıkmaktadır (24).

İnşaat, denge ve doyma nemleri karşılaştırmalı olarak Çizelge 4.1'de verilmiştir

Çizelge 4.1 : Dış sıvanın yetersizliği sonucu konutların yağmur alan cephelerindeki nemleri (24).

| MALZEME | Ağırlık Yüzdeleri Olarak Nem | | |
|----------------------|---|-----------------------------------|---------------|
| | Pratik Nem Miktarı (Higroskopik Denge Nemi) | En Nemli Bölgede İnşaat Nem | Doyma Nemi |
| Dolu Tuğla | 0,5 | 6...8 | 20 |
| Delikli Tuğla | -- | 4...7 | 16 |
| Bims Beton Blok | 4,0 | 20 | 44 |
| Cüruf Beton Blok | 3,0 | 12 | 20 |
| Gözenekli Beton Blok | -- | 28 | 66 |
| Odun Lifi Blok | -- | 12...16 | 160...200 |

4.6. Doyma Nemi :

Malzemenin, nemlenme sonucu gözeneklerinin tamamen su ile dolması, daha fazla nem alamaması halinde ihtiva ettiği nem miktarına doyma nemi denir. Doyma nemi yüksek olan malzemeler o nisbette fazla nem alırlar ve bu malzemelerin kurumalarında geç olur. Çoğu hallerde çevre havasının % 100 bağıl nemi malzemenin doyma nemine erişmesine yetmemekte yoğunlaşma ile malzemenin bütün boşlukları dolmaktadır (24).

Çizelge 4.2'de bazı malzemelerin doyma nemleri verilmiştir.

Çizelge 4.2 : Bazı malzemelerin, hacim yüzdesi cinsinden doyma nemleri (24).

| MALZEME | % Hacim |
|--|----------|
| Sert Köpük Plaklar | 6 |
| Genişletilmiş Mantar | 12....13 |
| Emprenye Edilmiş Mineral Lifli Plaklar | 80,0 |
| Turp Levhaları | 95 |
| Oğun Lifi Plaklar | 98 |

4.7. Su Buharı Difüzyon Geçirgenliği :

Su buharı difüzyon geçirgenliği, bir buhar basıncı farkı neticesinde malzemenin su buharını içinden geçirmesidir. Birbiri ile irtibatlı iki mahalde bulunan havanın nem konsantrasyonları eşitleninceye kadar buhar basıncı büyük olan hacimden küçük olan hacime bir buhar akımı olur. Bu akım buhar basınçları eşitleninceye kadar devam eder. Barometrik basınç aynı olmasına rağmen ısıtılan veya soğutulan hacimlerde sıcak bölümdeki buhar basıncı yüksek olduğundan soğuk bölüme su buharı akımı vardır. Yapı malzemeleri genellikle bu akıma tam direnç gösteremezler. Buhar difüzyonuna yapı elemanlarını teşkil eden tabakaların difüzyon dirençleri karşı koyar, bu direnç büyüdükçe buhar geçirgenliği azalır (24).

4.8. Difüzyon Direnç Faktörü (μ) :

Difüzyon direnç faktörü, bir yapı malzemesinin buhar difüzyon direncinin aynı kalınlık ve şartlardaki hava tabakasından kaç misli büyük olduğunu gösteren bir sayıdır.

Örneğin, bir malzemenin (μ) faktörü 6 ise aynı kalınlık ve şartlardaki havadan geçecek olan buhar miktarının altıda biri bu malzemedden geçecek demektir. Rölatif difüzyon katsayısı da denilen difüzyon direnç faktörü boyutsuzdur.

Difüzyon direnç faktörü, difüzyon akım şiddetinin saikin ve kuru havadaki değeri (g_h) 'nin , yapı malzemesindeki değerine (g) oranı ile hesaplanır.

Havanın difüzyon direnç faktörü bu durumda 1 'dir.

Ek 3'de muhtelif malzemelerin difüzyon direnç faktörleri verilmiştir.

Genellikle bütün malzemelerin az veya çok difüzyon geçirgenliği vardır. Bitüm, plastik, cam ve metal gibi malzemelerin dirençleri çok yüksektir. Malzemenin özgül ağırlığı arttıkça difüzyon direnci de yükselir (24).

5.YAPI ELEMANLARININ NEMLENME ÇEŞİTLERİ

Yapı malzemeleri muhtelif sebeplerle ve çeşitli şekillerde nemlenmektedirler.

5.1. Zemin Suları İle Nemlenme :

a) Yapı elemanları, yağış sonucu sel veya toprak üzerinde toplanan suların direkt teması sonucu,

b) Yapının temas ettiği topraktaki nem miktarının yüksekliği sebebi ile ve eriyebilen tuzlar ihtiva eden gözenekli malzemede değişik tuz konsantrasyonları yüzünden meydana gelen potansiyel farkı sonucu elektro-ozmos olayı ile,

c) Yapının bazı kısımlarının yeraltı su seviyesi altında kalması ile,

d) Bazı yapı altlarında bırakılan boşluklarda iyi havalandırma yapmama sonucu yükselen rutubet tesiri ile,

yapı elemanları nemlenmektedirler (12).

5.2. Yağış Etkisi İle Nemlenme :

Yapı elemanları temas ettikleri havanın bağıl nemine ve sıcaklığına bağlı olarak higroskopik emicilik yolu ile ve nemli havanın kütle hareketi sırasında çığ noktasında daha düşük sıcaklıktaki yüzeylerle temas neticesinde görünür yoğunlaşma olayı meydana gelmesi ile nemlenmektedir (12).

5.3. Yeni İnşaat Neminin Kuruması İle Nemlenme :

Yapı elemanlarının bir özgül nemi bulunmaktadır ve bu nemin zamanla kuruması sonucu higroskopik denge nemi ortaya çıkar. Birçok malzemenin özgül nemi oldukça yüksektir ve uzun zamanda kurur. Yapı malzemelerinde, imalatı esnasında çok miktarda su kullanılması sebebi ile yeni yapıların ilk senelerde iç bağıl nem değeri oldukça yüksektir ve yeni yapılarda yoğunlaşma tehlikesi de böylelikle artmaktadır.

Yeni yapı elemanlarında 10 cm. kalınlığında betonarme bir plak döşemenin her 100 m²'sinden 1 ton , 2,5 cm. kalınlığında alçı sıvanın her 100 m² 'sinden 0,78 kg su buharlaşmaktadır (12).

5.4. Binanın Kullanılması Sebebi İle Nemleme :

En önemli nem üretimi binanın kullanılması esnasında doğmaktadır. Kullanılan bir evde nem yükü dışarıya oranla çok büyüktür. Yemek pişirme, çamaşır yıkama ve kurutma, döşemelerin yıkanması, camların silinmesi nem üretim kaynaklarıdır. Genellikle evlerde kullanılan gaz, hava gazı gibi yakıtlar karbonhidrat asıllı olduklarından yanma esnasında önemli miktarda su buharı çıkarırlar. Örneğin, hava gazı yanması ile 1000-1500 g/m³ su buharı açığa çıkar. Gaz sobalarında ise 1lt. yakıt başına 1,3 lt. su buharı açığa çıkmaktadır.

Mutfaklardaki nem üretimi takriben sabahları 0,7 kg. , öğle saatlerinde 0,8 kg. , ve akşamları 1,7 kg.'dır. WC ve banyoda günde takriben 0,6 kg. su buharlaşır. Çamaşır yıkamada takriben haftada 3 kg. , çamaşır kurutmada 9 kg. , döşemelerin yıkanmasında ise 0,3 kg. su buharı açığa çıkmaktadır.

Yapı içinde istiharat eden veya çalışan insanlarda devamlı olarak ısı ve su buharı neşretmekte olup bu miktar ,

| | |
|----------------------|-----------------------------|
| İstirahat halinde | 40 – 50 g / h |
| Orta çalışma halinde | 70 – 80 g / h |
| Ağır çalışma halinde | 120 – 150 g / h olmaktadır. |

20°C sıcaklığındaki havanın doyma miktarı sadece 17,3 g/m³ olduğuna göre insanların toplu olarak bulunduğu hacimlerde ki bağıl nem değerinin önemi aşıkardır.

Tekstil fabrikalarında imalat gereği olarak dokuma ve iplikhane bölümlerinde özel olarak nemlendirme yapılmaktadır.

Seramik ve tuğla fabrikalarında ise imalatın kuruması sebebi ile bu hacimlerde yüksek nemlenme meydana gelmektedir (12).

5.5. Görünür Yoğuşma Sonucu Nemlenme :

Bir yapı elemanının hava ile temas ettiği yüzünün sıcaklığı, havanın çığ noktasına eşit veya daha düşük olursa hava içindeki su buharının belli bir kısmı o yüzeyde yoğuşarak su olarak açığa çıkar ve bu su yapı elemanı tarafından kapilarite ile emilir.

Bu olay kışın yapı elemanlarının iç yüzeyinde olur. Görünür yoğuşma, pratikte malzemelerin yüzeyinde film yoğuşması şeklinde olur. Yapı içine nüfuz eden su gizli yoğuşma sonucu, ısı geçirgenlik direncinin azalmasına, çürümeye, duvar sıvalarında kabarmaya ve görüntü bozuklukları zararlarına sebep olur (12).

5.6. Difüzyon Olayı Sonucu Yoğuşma İle Nemleme :

Yapı dışı ile içini ayıran bir yapı elemanı, az veya çok bir buhar difüzyon geçirgenliğine sahip ise iç ve dış buhar basınç farkından dolayı su buharı yapı elemanı içinden difüzyon yolu ile geçer. Basınç farkı sebebi ile yüzey film tabakasını aşan buhar, yüzeyde doyma sıcaklığına ulaşırsa hemen belirli bir miktar yoğuşarak yüzeyde görünür yoğuşmayı meydana getirir ve geri kalan buhar malzeme içine girer. Yüzeyde doyma sıcaklığına ulaşmayan buhar, görünür yoğuşma olmadan malzeme içine girer. Her iki halde de malzeme içinde doyma sıcaklığına ulaşan buhar yoğuşmaya sebep olur. Yoğuşma sıcaklığı 0°C'nin altında ise yoğuşma buz şeklinde meydana gelir.

Malzeme içinde yoğuşma sıcaklığına rastlanmaması halinde buhar dış yüzeyden dışarı çıkar ve dış havaya karışır.

Malzeme içinde yoğuşan su malzemenin nemliliğini artırır. Yoğuşma suyu malzemesinin doyma neminden fazla ise serbest kalır ve muhtelif şekillerde malzeme içinde hareket eder, çok fazla ise mesela çatılarda iç yüzeye kadar gelip aşağıya damlayabilir. Malzeme içinde kalan doyma neminden fazla su, ısı yalıtım malzemelerinin özelliklerini bozduğu gibi yazın buharlaşarak, kışın donarak yapı malzemesinin çatlamasına ve harabiyetine sebebiyet verir.

Yapı elemanlarının uygun teşkil edilmemesi sonucu malzemenin harabiyetine ve bir kısım aksamalara ve zararlara sebep olan difüzyon yolu ile nem transferinin basite indirgenmiş metodlarla hesaplanması ve yoğuşma kontrolü için alınacak tedbirlerin tespiti mümkündür.

Pratikte görünür yoğuşma ile gizli yoğuşma birbirine benzemekte ise de her iki nemlenme arasında bazı farklar vardır. Şöyle ki ,

Yüzeysel yoğuşma olayında doyma sıcaklığına rastlayan buhar derhal yoğuşur. Yoğuşmada ise yapı elemanlarını meydana getiren tabakaların sıralanması ve ısı iletkenlikleri ile difüzyon dirençlerinin çarpımı veya oranları gibi faktörler büyük rol oynarlar.

Yapı elemanlarında genellikle hiç görünür yoğuşma olmaması istenir. Gizli yoğuşma ise sınırlı olmak şartı ile kabul edilebilmektedir (12).

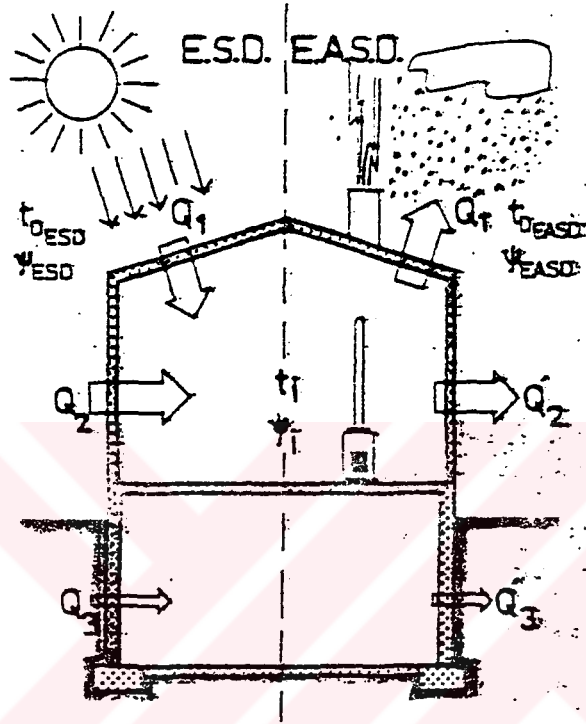
5.7.Yapı Elemanlarının Geri Nem Vermesi :

Özgül nem ihtiva eden veya muhtelif şekillerde nemlenen yapı elemanları, belirli şartlarda içinde bulunan nemin bir kısmını çevre havasına geri verirler ve bu olaya tabii kuruma denir. Tabii kuruma, malzemenin çevre havasına temas eden yüzeylerinde bulunan veya malzemenin içinden bu yüzeylere gelen nemin buharlaşmasına bağlıdır.

Çevre havasının sıcaklığı, nemi, rüzgarlı olup olmaması ve yüzey permeansı gibi dış şartlar ile malzemenin sıcaklığı, nemi, kapileritesi ve difüzyon direnci gibi iç şartlar buharlaşmaya, malzemenin kurummasına etki ederler (12).

6.SU BUHARININ YAPI ELEMANINA FİZİKSEL ETKİSİ

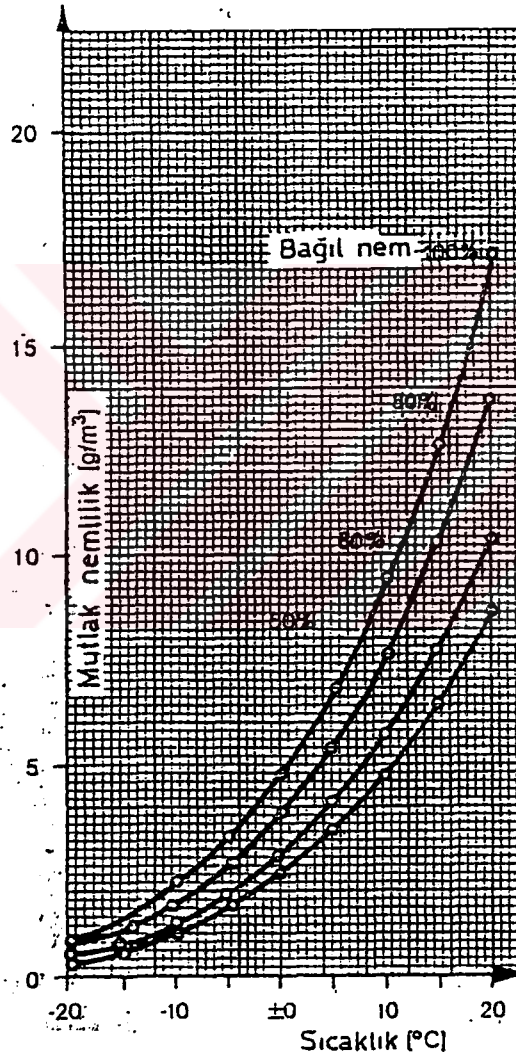
Bir yapının sınırladığı iç ortam termik koşullarının, bu ortamın işlevinin gerektirdiği konforu sağlamak üzere, sabit veya sabit sayılabilecek derecede az değişken olmasına karşın, dış ortam termik koşulları mevsimlere göre değişkendir.



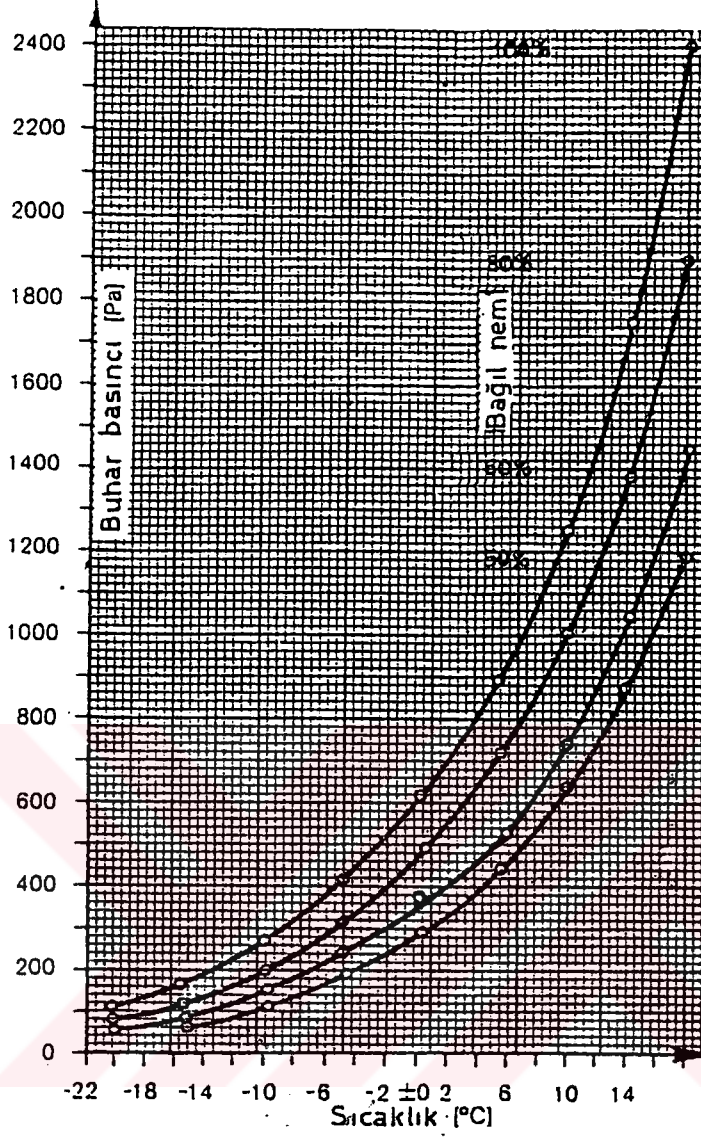
Şekil 6.1 : Mevsimlere göre ısı akış yönleri .

Şekil 6.1’de E.A.S.D. (kış) ve E.S.D. (yaz) bir yapıdaki ısı akış yönleri görülmektedir. Bu ısı akışı, iç ve dış ortamın sıcaklık ve bağıl nemine ve de yapı kabuğunun niteliklerine bağlı olarak fiziksel olaylar ortaya koyar. Havanın bünyesinde azot, oksijen, argon , karbondioksit ve 0,01 oranında asal gazlar (Ne, He, Kr, v.b.) dışında değişken miktarda su buharıda bulunmaktadır. Barometrik basınç diye tanımlanan basınç kuru havanın basıncı ile havadaki su buharının basıncı şeklindedir. Birim hacim havadaki su buharı miktarı ise ($W = \text{gr} / \text{m}^3$) mutlak nem olarak daha önce tanımlanmıştır. Bu miktar ortam sıcaklığının değişimine bağlı değildir. Ancak ortam sıcaklığı belli bir noktaya düşünce havanın içinde bulundurduğu su buharının bir kısmı su haline (veya sis, buz) dönüşmeye

başlar (= yoğuşma). Bu kritik noktaya doyma noktası, bu noktada havadaki su buharı miktarına ise W_s = doyma nemi adı verilir. Su buharının bu andaki basıncına ise P_s = Doyma basıncı denir. W_s ve P_s değerleri sıcaklığa direkt olarak bağlıdır ve bu bağlılık sıcaklık ile doğru orantılıdır. Söz konusu değişim sıcaklığın artması ile hızlanır. Şekil 6.2'de doyma neminin (W_s), Şekil 6.3'de ise doyma basıncının sıcaklığa göre değişimi ifade edilmiştir. Doyma neminin (W_s), mutlak neme (W) oranı ortamın bağıl neminin % olarak verir ($\phi = W_s / W$). Doğal olarak buhar doyma basıncının (P_s), gerçek buhar basıncına (P) oranı aynı değeri verecektir ($\phi = P_s / P$) (14).



Şekil 6.2 : Doyma nemi .



Şekil 6.3 : Doyma basıncının sıcaklığa göre değişimi .

7. YÜZEYDE YOĞUŞMA :

Hacmi sınırlayan kabuk elemanın iç ve dış yüzey sıcaklıkları bu ortamların sıcaklıklarından farklıdır. Bu fark iç ve dış ortamdaki hava hareketlerinin doğurduğu taşınım katsayılarından kaynaklanır (α_i ve α_D). Bu değerler hava hızına ($v = m / sn.$) bağlı olarak değişirler.

Çizelge 7.1 : Çeşitli hava tabakalarının ısı iletkenlik dirençleri hesap değerleri (18).

| Çeşitli Hava Tabakalarının Isı İletkenlik Dirençleri İçin Hesap Değerleri (DIN 4108) | | | | |
|---|--|--------------------------------|---|-------------|
| Sıra No. | Hava Tabakasının Konumu ve Isı Akışının Yönü | Hava Tabakası Kalınlığı (mm) | Isı İletkenlik Direnci (1/ Λ) | |
| | | | $m^2 h^\circ C / kcal$ | $m^2 K / w$ |
| 1 | Hava Tabakası Düşey | 10 | 0,16 | 0,137 |
| | | 20 | 0,19 | 0,163 |
| | | 50 | 0,21 | 0,180 |
| | | 100 | 0,20 | 0,172 |
| | | 150 | 0,19 | 0,116 |
| 2 | Hava Tabakası Yatay, Isı Akışı Aşağıdan Yukarıya Doğru | 10 | 0,16 | 0,137 |
| | | 20 | 0,17 | 0,146 |
| | | ≥ 50 | 0,19 | 0,116 |
| 3 | Hava Tabakası Yatay, Isı Akışı Yukarıdan Aşağıya Doğru | 10 | 0,17 | 0,146 |
| | | 20 | 0,21 | 0,180 |
| | | ≥ 50 | 0,24 | 0,206 |

Örneğin rüzgar etkisindeki bir duvar dış yüzeyinde,

$$\alpha_D = 9,5 v^{0,51} \quad (7.1)$$

Rüzgarsız bir duvar yüzeyinde ise ;

$$\alpha_D = 6 v^{0,36} \quad (7.2)$$

şeklinde saptanır (22).

Çizelge 7.2 : Isı taşınım katsayı ve direnç değerleri (18).

| Isı Taşınım Katsayıları ve Dirençleri (DIN 4108) | | | | | |
|--|--|---------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| Sıra No. | Tanım | α_i | | $1 / \alpha_i$ | |
| | | kcal / m ² h°C | w / m ² K | M ² h°C / kcal | m ² K / w |
| 1 | Kapalı İç Hacimlerde Doğal Hava Hareketi Halinde Duvar ve Pencere İç Yüzeylerinde | 7 | 8,141 | 0,14 | 0,12 |
| 2 | Kapalı İç Hacimlerde Doğal Hava Hareketi Halinde Döşeme ve Tavan İç Yüzeylerinde Isı Akışı Aşağıdan Yukarıya Doğru İse | 7 | 8,141 | 0,14 | 0,12 |
| 3 | Kapalı İç Hacimlerde Doğal Hava Hareketi Halinde Döşeme ve Tavan İç Yüzeylerinde Isı Akışı Yukarıdan Aşağıya Doğru İse | 5 | 5,815 | 0,2 | 0,17 |
| 4 | Duvar ve Pencere Dış Yüzeylerinde (Ortalama Hava Hızı 2 m/s) | 20 | 23,26 | 0,05 | 0,04 |

Pratik hesaplarda hava hızı 2 m/sn. kabulü ile $\alpha_D = 20 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

(= 23,3 W / m²°K) değeri kullanılmaktadır. α_i için ise kapalı hacimlerde düşey

elemanlarda $\alpha_i = 7 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ (= 8,14 W / m²°K) değeri kullanılır. Yatay elemanlarda

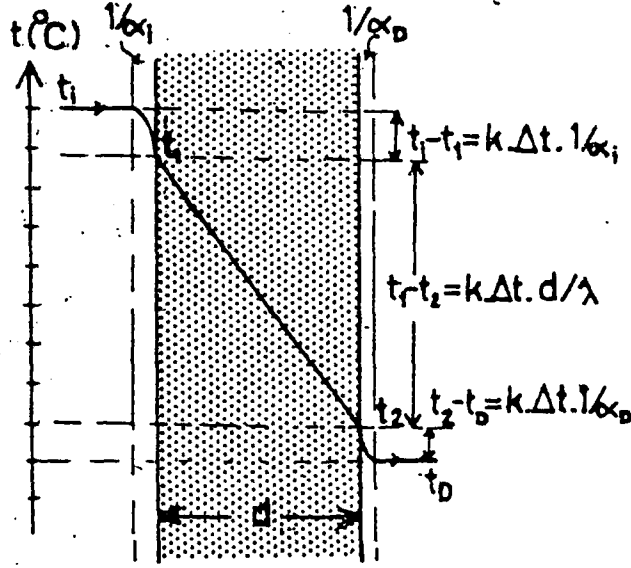
(döşeme) ise yukarıdan aşağıya doğru $\alpha_i = 7 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$, yukarıdan aşağıya doğru ise

$\alpha_i = 5 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ (= 5,82 W / m²°K) değeri kullanılmaktadır. E.A.S.D. de (kışın) ısıtılan

iç hacimden dışarıya doğru ısı akışı olduğunda kabuk elemanın iç yüzey sıcaklığı (t_1)

ortam sıcaklığından (t_i) küçük olacaktır ($t_1 < t_i$). Aynı şekilde kabuğun dış yüzü dış

ortam sıcaklığından daha sıcak olacaktır ($t_2 > t_D$) (Şekil 7.1) .

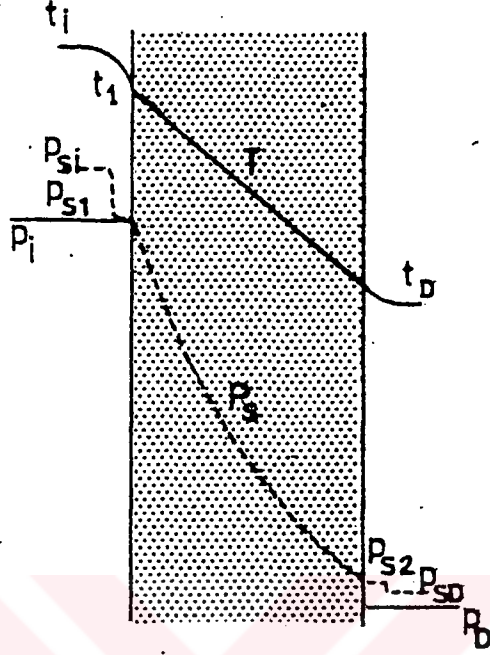


Şekil 7.1 : Tek katmanlı yapı elemanında sıcaklık dağılımı .

Kesitteki ısı akışının debisi iç ve dış ortam sıcaklıkları farkı ($\Delta t = t_i - t_D$), kesitin ısı iletkenliği

$$\Lambda = \sum \lambda / d, \quad (7.3)$$

iç ve dış ortam hava hızlarının neden olduğu taşınım (= konveksiyon) ile doğru orantılıdır. Isı akışının debisi (Q) arttıkça, kabuk elemanın yüzey sıcaklıkları ile ortam sıcaklıkları arasındaki farkda artacaktır. İç ortam bağıl nemi sabit olduğuna göre, kabuk iç yüzeyinin sıcaklığı düştükçe bu noktada bağıl nem yükselir. Kabuk iç yüzey sıcaklığı bir noktaya düşünce (= görünür yoğuşma noktası) o noktada bağıl nem % 100'e ulaşarak yüzeyde su buharı yoğuşur (= görünür yoğuşma). Diğer bir ifade ile iç yüzey sıcaklığı t_1 'e karşı gelen doyma basıncı (P_{s1}) o noktadaki gerçek buhar basıncı (P_i) ile çakışmaktadır (Şekil 7.2). ($P = P_s \cdot \phi$ olduğundan $\phi = \% 100$ halinde doğal olarak $P_i = P_{s1}$ olur.).



Şekil 7.2 : Tek katmanlı yapı elemanında basınç dağılımı .

Bir kabuk elemanının sınırladığı iç ortam sıcaklığı ve bağıl nemi belli ise, iç yüzeyde görünür yoğuşmanın başlayacağı sıcaklık bulunabilir. Örneğin iç ortam sıcaklığı ve bağıl nemi $t_i = 10^\circ\text{C}$ ve $\phi_i = \% 60$ olan bir ortam için Çizelge 7.3'ten bu sıcaklık ve bağıl nem için görünür yoğuşma sıcaklığı $2,6^\circ\text{C}$ olarak saptanabilir. Çizelge 7.3'de ortam sıcaklığına ve bağıl nemine bağlı olarak kabuk elemanı yüzeyinde yüzeyde (görünür) yoğuşma sıcaklıkları belirtilmiştir. Su buharının su haline dönüşmesi (= gizli yoğuşma) anında açığa çıkan ısı enerjisi genellikle bu tür hesaplarda ihmal edilmektedir.

Çizelge 7.3 : Bağlı neme göre yüzeyde (görünür)yoğuşma sıcaklıkları (18).

| HAVA SICAKLIĞI (°C) | %50 | %55 | %60 | %65 | %70 | %75 | %80 | %85 | %90 | %95 | %100 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| -10 | -17,6 | -16,6 | -15,7 | -14,7 | -13,9 | -13,2 | -12,5 | -11,8 | -11,2 | -11,2 | -10,0 |
| -5 | -12,9 | -11,8 | -10,8 | -9,9 | -9,1 | -8,3 | -7,6 | -6,9 | -6,2 | -5,6 | -5,0 |
| 0 | -8,1 | -6,6 | -5,6 | -4,7 | -3,8 | -3,1 | -2,3 | -1,6 | -0,9 | -0,3 | 0,0 |
| 2 | -6,5 | -5,3 | -4,3 | -3,4 | -2,5 | -1,6 | -0,8 | -0,1 | 0,6 | 1,3 | 2,0 |
| 4 | -4,8 | -3,7 | -2,7 | -1,8 | -0,9 | -0,1 | 0,8 | 1,6 | 2,4 | 3,2 | 4,0 |
| 6 | -3,2 | -2,1 | -1,0 | -0,1 | 0,9 | 1,9 | 2,8 | 3,6 | 4,4 | 5,2 | 6,0 |
| 8 | -1,6 | -0,4 | 0,7 | 1,8 | 2,9 | 3,9 | 4,8 | 5,6 | 6,4 | 7,2 | 8,0 |
| 10 | 0,1 | 1,4 | 2,6 | 3,7 | 4,8 | 5,8 | 6,7 | 7,6 | 8,4 | 9,2 | 10,0 |
| 12 | 1,9 | 3,2 | 4,3 | 5,5 | 6,6 | 7,6 | 8,5 | 9,5 | 10,3 | 11,2 | 12,0 |
| 14 | 3,8 | 5,1 | 6,4 | 7,5 | 8,6 | 9,6 | 10,6 | 11,5 | 12,4 | 13,2 | 14,0 |
| 16 | 5,6 | 7,0 | 8,2 | 9,4 | 10,5 | 11,5 | 12,5 | 13,4 | 14,3 | 15,2 | 16,0 |
| 18 | 7,4 | 8,8 | 10,1 | 11,3 | 12,4 | 13,5 | 14,5 | 15,4 | 16,3 | 17,2 | 18,0 |
| 20 | 9,3 | 10,7 | 12,0 | 13,2 | 14,3 | 15,4 | 16,5 | 17,4 | 18,3 | 19,2 | 20,0 |
| 22 | 11,1 | 12,5 | 13,9 | 15,2 | 16,3 | 17,4 | 18,4 | 19,4 | 20,3 | 21,2 | 22,0 |
| 25 | 13,8 | 15,3 | 16,7 | 17,9 | 19,1 | 20,2 | 21,3 | 22,3 | 23,2 | 24,1 | 25,0 |
| 30 | 18,5 | 19,9 | 21,2 | 22,8 | 24,2 | 25,3 | 26,4 | 27,5 | 28,5 | 29,2 | 30,0 |
| 35 | 23,0 | 24,5 | 26,0 | 27,4 | 28,7 | 29,9 | 31,0 | 32,6 | 33,1 | 34,1 | 35,0 |
| 40 | 27,6 | 29,2 | 30,7 | 32,1 | 33,5 | 34,7 | 35,9 | 37,0 | 38,0 | 39,0 | 40,0 |
| 45 | 32,2 | 33,8 | 35,4 | 36,8 | 38,2 | 39,5 | 40,7 | 41,8 | 42,9 | 44,0 | 45,0 |
| 50 | 36,7 | 37,4 | 40,1 | 41,6 | 43,0 | 44,3 | 45,6 | 46,8 | 47,9 | 49,0 | 50,0 |

8. SU BUHARI DİFÜZYONUNUN GENEL PRENSİPLERİ :

Difüzyon, basınç farkı etkisi ile bir gazın başka bir gaz veya katı cisim içinden geçmesidir. Su buharı da bir gaz olduğu için aynı kurallar geçerlidir. Özellikle katı cisimler içindeki difüzyonda katı cisimlerin kuru veya nemli olmaları difüzyon miktarı üzerinde rol oynar. Ortamın nemli olması olayın karmaşıklığını arttırdığı için difüzyon olayı kuru bir ortamda (gaz veya katı cisim) gerçekleştirildiği varsayılarak incelenir ve olay basitleştirilir.

8.1. Su Buharının Kuru Havadaki Difüzyonu :

Kuru hava içinden difüze olan su buharı g_H (kg/m^2h) Fick Kanunu bağıntısı ile saptanır (5).

$$g_H = - \delta_H \cdot \frac{\partial f}{\partial x} \quad (8.1)$$

Burada f = mutlak nem (kg/m^3), $-\delta_H$ = hareketsiz kuru havanın su buharı katsayısı ($m^2 h$). Aynı ifade buhar basıncı [P (kg/m^2 veya (N/m^2)] ve mutlak sıcaklığı [T (K)] göre aşağıdaki gibi yazılabilir (Stefan bağıntısı) (25).

$$g_H = - \frac{\delta_H}{R_B \cdot T} \cdot \frac{P}{P - p} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} \quad (8.2)$$

Burada R_B = Su buharı için gaz sabiti ($47,1 m kg / kg K$), T = mutlak sıcaklık (K), P = Atmosfer basıncı (kg/m^2 veya N/m^2) ' dir. $P / (P - p)$ ise sıcaklığa göre değişen bir ifadedir (Çizelge 8.1) (25) ve de görülüyor ki bir'e çok yakın bir değer olup ihmal edilebilir.

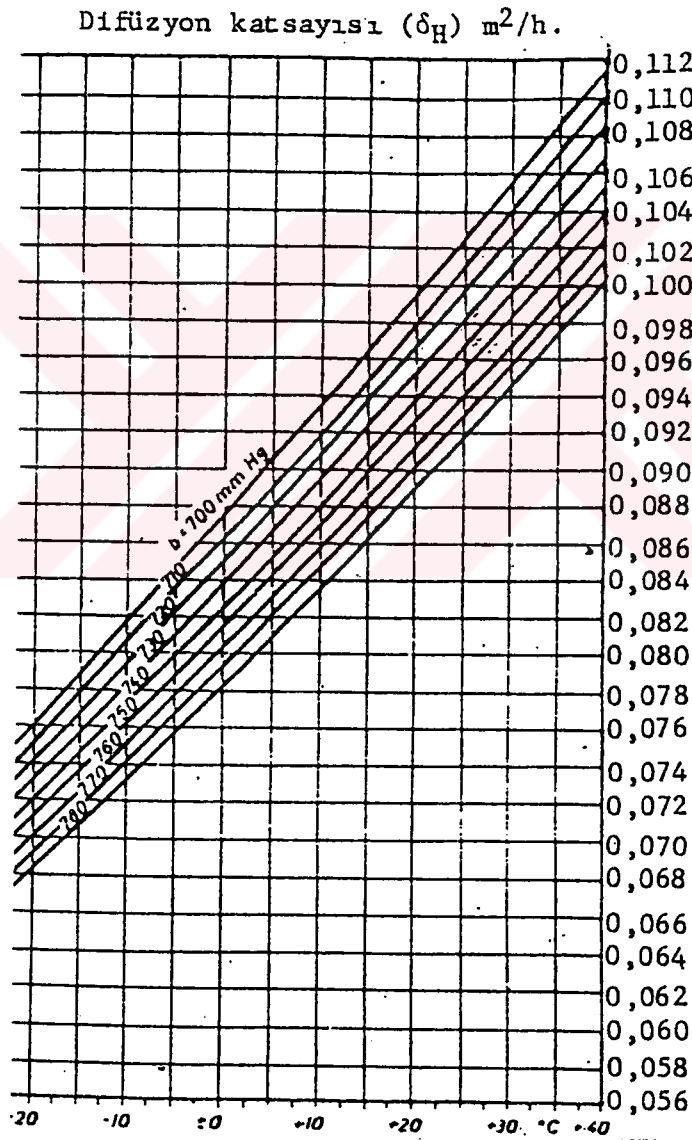
Çizelge 8.1 : $P / (P - p)$ teriminin sıcaklığa göre değişimi tablosu (25).

| °C | -20 | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $P / (P - p)$ | 1,001 | 1,003 | 1,006 | 1,012 | 1,024 | 1,044 |

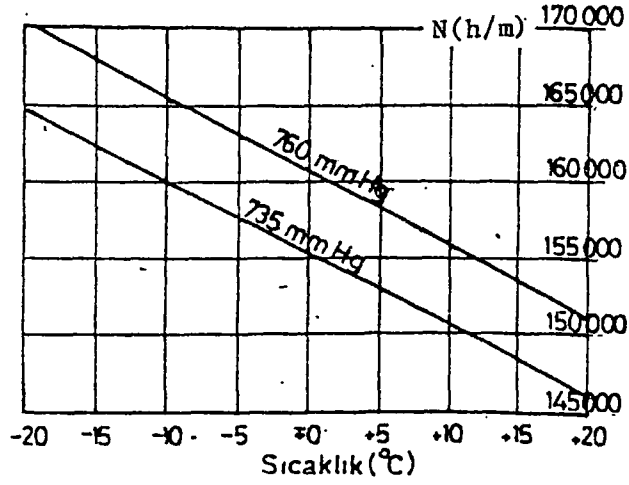
δ_H ise mutlak sıcaklık ve barometrik basınca bağılı olarak aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır (Schirmer Bağıntısı) (9).

$$\delta_H = 0,083 \cdot \frac{1000}{P} \cdot \left[\frac{T}{273} \right]^{1,81} \quad (8.3)$$

Bu değişim Şekil 8.1'de grafik olarak belirtilmiştir (Gleisere göre). Söz konusu değişim basınç ve sıcaklık değişimlerine kıyasla çok küçük olduğundan, $\delta_H / R_B \cdot T = 1 / N$ ve sabit varsayılabilir.



Şekil 8.1 : Difüzyon katsayısının grafik olarak değişimi .



Şekil 8.2 : “ N “ değerinin basınç ve sıcaklığa göre değişimi .

Böylece ;

$$N = \frac{R_B \cdot T}{\delta_H} \quad (8.4)$$

gibi bir değer ortaya çıkar ki bu değere havanın buhar geçirgenlik direnci ($N = h/m$) denmektedir. N değerinin sıcaklığa ve basınca göre değişimi ise Şekil 8.2’de izlenebilir. Bu durumda (8.2) bağıntısı aşağıdaki şekilde düzenlenebilmektedir .

$$\delta_H = \frac{\partial p}{\partial x} \cdot \frac{1}{N} \quad (8.5)$$

8.2. Su Buharının Gözenekli Katı Malzemelerdeki Difüzyonu :

Malzeme içerisinden geçen su buharı miktarı g ($gr/m^2 h$), malzemenin su buharı difüzyon katsayısı δ' ($m^2 h$) cinsinden aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$g = \frac{\delta'}{R_B \cdot T} \cdot \frac{P - p}{\partial x} \quad (8.6)$$

(8.6) bağıntısında $\delta' / R_B \cdot T = \delta$ (= elemanın buhar geçirgenliği) ve $P / P - p = 1$ alınır ;

$$g = - \delta' \frac{\partial p}{\partial x} \quad (8.7)$$

olur ki , burada ısı transferini karakterize eden aşağıdaki bağıntıya paralellik görülmektedir.

$$Q = -k \frac{\partial t}{\partial x} \quad (8.8)$$

k = Elemanın ısı iletkenliği (kcal / m h°C veya W / m. °K)

Bu durumda buharın yapı elemanı içinden difüzyonu, ısı geçişinde olduğu gibi, aşağıdaki üç etapta incelenir :

- İç havadan yapı elemanına giriş,
- Yapı elemanı içinden akış,
- Yapı elemanından dış havaya çıkış,

Isı ve buhar transferinin dengeli olduğu, atmosfer basıncının değişmediği varsayılarak (veya atmosfer basıncındaki değişikliğin zaten az olan etkisi göz önüne alınmayarak) konu aşağıdaki gibi incelenmektedir.

8.2.1. Su Buharının Bir Yapı Elemanından Difüzyonu :

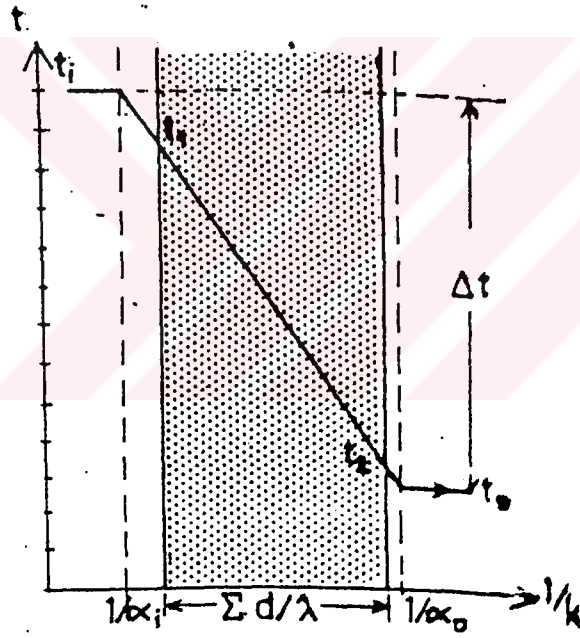
Olayı basitleştirmek açısından önce yapı elemanının tek katmanlı, homojen, kuru ve higroskopik emiciliği olmadığı varsayımı ile konu incelenir. Yukarıda açıklandığı üzere ısı ve buhar akışlarının benzerliğinden hareket ederek tek tabakalı, homojen yapı elemanından ısı akışı incelenir (Şekil 7.3). Burada Q ısı akışı

$$Q = -k \cdot \Delta t \quad (8.9)$$

k ise ;

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_D}} \quad (8.10)$$

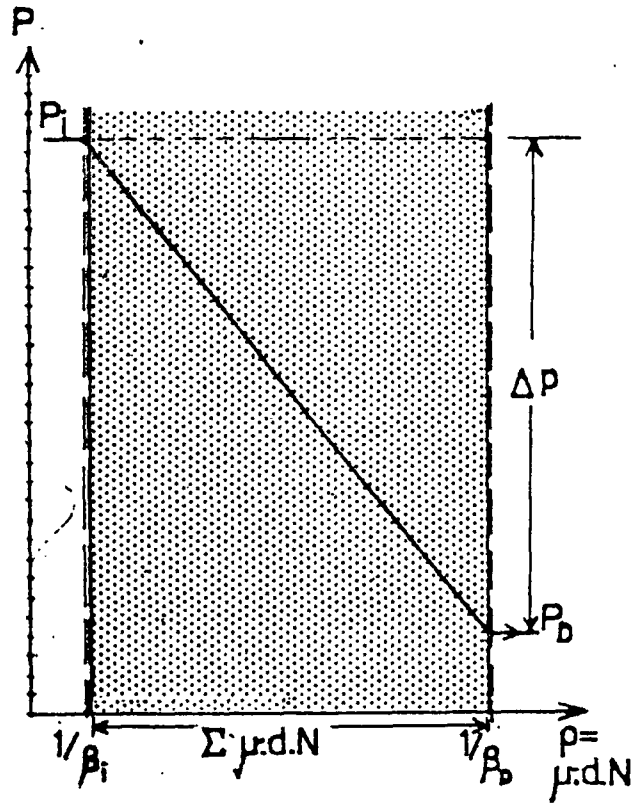
olduğu bilinmektedir.



Şekil 8.3 : Tek tabakalı homojen yapı elemanında ısı akışı .

Benzer şekilde (Şekil 8.4) kesitten geçen su buharı ,

$$g = -\delta \cdot \Delta P \quad (8.12)$$



Şekil 8.4 : Tek tabakalı homojen yapı elemanında su buharı difüzyonu .

ve δ (= elemanın buhar geçirgenliği) ;

$$\delta = \frac{1}{\frac{1}{\beta_i} + \frac{d}{\delta'} + \frac{1}{\beta_D}} \quad (8.13)$$

Burada, β_i ve β_D iç ve dış yüzey permeanslarıdır (= yüzey buhar geçirgenlikleri). Buhar yüzey permeansları, içindeki buhar basıncı havadaki buhar basıncından 1 kg/m^2 veya 1 mmSS farklı olan bir nemli hava filminden 1 m^2 alandaki bitişik yüzeye bir saatte geçen buhar miktarıdır. Birimi :

$$\frac{\text{kg}}{\text{h m}^2 \text{ kg / m}^2} = \frac{1}{\text{h}} \text{ veya } \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{ h mmSS}} \text{ 'dur.}$$

Buhar yüzey permeansları ortam sıcaklığına, ortam ile eleman yüzey sıcaklık farkına ve yüzeydeki hava hareketine göre değişkenlerdir.

Çizelge 8.2’de iç yüzey permeanslarının, iç ortam sıcaklığı ve iç ortam sıcaklığı ile kabuk elemanı iç yüzey sıcaklığı farkına göre değişimi görülmektedir (10).

Dış yüzey permeanslarında (β_D), konveksiyon katsayısı (α_i) gibi rüzgar hızına bağlı olarak değişmektedir. Bu iki değişken arasındaki bağıntıyı Schwarz deneysel olarak aşağıdaki şekilde ortaya koymuştur (10).

$$\beta_D = 3,55 \alpha_i \quad (8.14)$$

Çizelge 8.2 : İç yüzey permeanslarının, iç ortam sıcaklığı ve iç ortam sıcaklığı ile kabuk elemanı iç yüzey sıcaklığı farkına göre değişimi (10).

| Hava ile Duvar Arasındaki Sıcaklık Farkı °C | $\beta_i =$ Çeşitli Sıcaklıklarda İç Yüzey Permeansı (1 / h) | | |
|---|---|---------|---------|
| | 0 °C | 10 °C | 20 °C |
| 2 | 0,00096 | 0,00101 | 0,00106 |
| 4 | 0,00101 | 0,00106 | 0,00111 |
| 6 | 0,00106 | 0,00111 | 0,00117 |
| 8 | 0,00110 | 0,00116 | 0,00122 |
| 10 | 0,00115 | 0,00121 | 0,00127 |
| 12 | 0,00120 | 0,00127 | 0,00133 |
| 14 | 0,00125 | 0,00132 | 0,00138 |
| 16 | 0,00130 | 0,00137 | 0,00143 |
| 18 | 0,00135 | 0,00142 | 0,00149 |
| 20 | 0,00140 | 0,00147 | 0,00154 |

İç ve dış yüzey permeanslarının tersleri ($1 / \beta_i$) ve ($1 / \beta_D$) doğal olarak buhar difüzyon dirençlerini verecektir. Buhar yüzey dirençleri buhar basıncı, havanın ortalama buhar basıncından 1 kg/m^2 veya 1 mmSS farklı iken 1 m^2 alanındaki bitişik bir yüzeye 1 saatte 1 kg buhar geçiren nemli havanın direncidir. Birimi :

$$\frac{1}{1/h} \quad \text{veya} \quad \frac{\text{m}^2 \text{ h mmSS}}{\text{kg}} \quad \text{dır.}$$

Çizelge 8.3'de pratik hesaplar için buhar iç yüzey permeansları ve dirençlerinin $10 - 20 \text{ }^\circ\text{C}$ iç hava sıcaklıkları için ve duvar ile hava arasındaki sıcaklık farkı $5 - 10 \text{ }^\circ\text{C}$ olması halinde kullanılacak değerleri verilmiştir (11).

Çizelge 8.3 : Buhar iç yüzey permeansı ve buhar iç yüzey direnci değerleri (11).

| Buhar İç Yüzey Permeansı (β_i) | |
|---|--|
| ($1/h$) $\text{kg} / \text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmSS}$ | $\text{g} / \text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$ |
| 0,0015 | 20 |
| Buhar İç Yüzey Direnci ($1 / \beta_i$) | |
| $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmSS} / \text{kg}$ | $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg} / \text{g}$ |
| 670 | 0,05 |

Çizelge 8.4 : -20 °C ile 30 °C arasındaki dış hava sıcaklıklarına göre dış yüzey permeans ve direnç değerleri (11).

| Dış Hava | Dış Yüzey Permeansı (β_D) (1/ h) kg / m ² .h.mmSS | Buhar Dış Yüzey Direnci (1/ β_D) (h) m ² .h.mmSS / kg |
|----------------------|--|---|
| Rüzgarsız | 0,0033 | 300 |
| Rüzgarlı (5 m/sn.) | 0,0063 | 160 |
| Fırtına (25 m/sn.) | 0,0025 | 40 |

Çizelge 8.4'de ise benzer şekilde -20 °C ile 30 °C arasındaki dış hava sıcaklıklarına göre dış yüzey permeansları ve dirençleri verilmiştir (11).

Sözkonusu yüzey dirençleri kabuk elemanının, bildiğimiz ve kullandığımız geleneksel veya çağdaş yapı malzemelerinden oluşması halinde, çok yüksek olan buhar geçirgenlik dirençleri (1 / δ') yanında ihmal edilebilecekleri ortaya çıkmaktadır. Buhar yüzey dirençlerinin (1 / β_i ve β_D) yapı elemanlarının buhar difüzyon direnci yanında ihmal edilmesi ile (8.12) bağıntısı ,

$$g = - \frac{\delta}{d} \cdot \Delta P \quad (8.15)$$

şekline girmektedir. Bu bağıntı teorik olarak 760 mmHg basıncında (= 10.332 kg / m²) ve 0 °C için doğrudur. Ancak yapıda söz konusu sıcaklıklar + 20 °C ile - 20 °C olduğunda % 6 ve daha az sapmalara razı olarak kullanılabilir. Yapı elemanının nemliliğine ve porozitesine bağlı olarak difüzyon katsayısı (δ') ile havanın difüzyon katsayısı (δ_H)

oranlanarak malzemenin havaya oranla difüzyon direnci (μ = Difüzyon Direnç Faktörü) belirlenir.

$$\mu = \frac{\delta'}{\delta_H} \quad \text{veya} \quad (8.16)$$

$$\delta = \frac{1}{160.000 \cdot \mu} \quad \text{Birimi : } \frac{\text{kg}}{\text{m h mmSS}} \quad \text{'dur.} \quad (8.17)$$

(8.6) ve (8.12) bağıntılarının süperpoze edilmesi ve ($P / (P - p) \approx 1$) kabulü ile ;

$$\delta = \frac{\delta'}{R_B \cdot T} \quad (8.18)$$

elde edilir. Burada $\delta' = \delta_H \cdot \mu$ ve $\delta_H = R_B \cdot T / N$ olduğuna göre ,

$$g = \frac{1}{\mu \cdot d \cdot N} \cdot \Delta P \quad (8.19)$$

olarak kesitteki buhar akışının difüzyon direnç faktörü (μ) cinsinden ifadesi belirtilmiş olur. Burada μ malzeme karakterine, d malzeme kalınlığına bağlı olmasına karşılık N sabit varsayılan bir sabit olduğundan (8.19) bağıntısı tercihan aşağıdaki gibi yazılır.

$$g = \frac{\Delta P}{\mu \cdot d} \cdot \frac{1}{N} \quad (8.20)$$

$\mu \cdot d \cdot N$ çarpanı özgül difüzyon direnci (ρ) adını alır ve birimi m. veya cm.'dir. (8.20) bağıntısı kesitten difüze olan su miktarını (g) $gr/m^2 \cdot h$ olarak verir. Yukarıda prensibi özetlenen buhar difüzyonu olayı kesitteki malzeme nitelik ve niceliklerine ve de iç – dış termik, higro-termik koşullarına bağlı olarak değişir. Kesitte buhar olarak girip çıktığı gibi, bir kısım kesit içinde yoğuşabilir. Yoğuşan bu su koşullar değişince tekrar buharlaşarak kesiti terk edebilir (= Kuruma), veya kısmen eleman bünyesinde kalır. İkinci durumda elemandaki hasarların zamana bağlı olarak artacağı açıktır.

8.2.2. Homojen, Tek Tabakalı, Kapiller ve Higroskopik Emiciliği Olmayan Bir

Kabuk Elemanında Yoğuşma Sırasında Buhar Difüzyonu :

Olayın incelenmesi Şekil 8.5'de grafik olarak belirlenmiş ısı ve su buharı akış diyagramları ile yapılabilir. Şekil 8.5'de düşey ekseninde P buhar basınçları (N/m^2), yatay ekseninde sola doğru ısı iletkenlik direnci $1/k$ ($W/m^2 \cdot grad$) sağa doğru ise ρ özgül su buharı difüzyon direnci (m. veya cm.) belirtilmiştir. Düşey eksenin sonunda kesit ısı iletkenlik direncine göre ifade edilmiş ve kesitte E.A.S.D.'de oluşan ısı akışı ve bu akıma paralel kesitin her noktasındaki doymuş buhar basınçları değeri grafik olarak belirtilmiştir (P_s). Düşey eksenin sağındaki koordinat sisteminde ise kesit yatayda özgül difüzyon direncine göre belirtilmiş ve bu sistem üzerine sol taraftan doymuş buhar basınçlarını belirten eğri taşınmıştır (P_s). İç ve dış bağıl nemler (ϕ_i) ve (ϕ_D) belirli olduğuna göre P_{si} ve P_{sD} ile bu değerlerin çarpımı iç ve dış buhar basınçlarını verecektir (P_i ve P_D). sağdaki koordinat sistemine işlenen bu değerler arasında kesitteki buhar akışı doğrusal olması gerekmektedir. Gerçektende P_i ve P_D 'yi birleştiren çizgi P_s kesikli eğrisini kesmiyorsa bu gerçekleşir ve kesitte yoğuşma meydana gelmez. Fakat P_i ve P_D 'yi birleştiren doğru P_s eğrisini kesiyor ise buhar basıncı hiçbir zaman doyma değerini (P_s) aşamayacağına göre teorik olarak P değerinin P_s 'e eriştiği noktada başlayan yoğuşma P'nin tekrar P_s 'in altına düştüğü noktaya kadar sürer. Yoğuşma bölgesi diye tanımladığımız bu bölgeyi Glaser 1957-1958' de gerçek buhar basıncının yoğuşma bölgesi boyunca P_s 'e çakıştığını ileri sürerek aşağıdaki gibi saptamıştır. P_i ve P_D noktalarından P_s eğrisine çizilen teğetler yoğuşma bölgesinin sınırlarını (P_{xi} , P_{xD}) verirler (şekil 8.5). Yoğuşan su buharı ise kesite giren ve kesitten çıkan su buharı farkları olup aşağıdaki gibi saptanır ,

Kesite giren su buharı g_i (8.19'a göre),

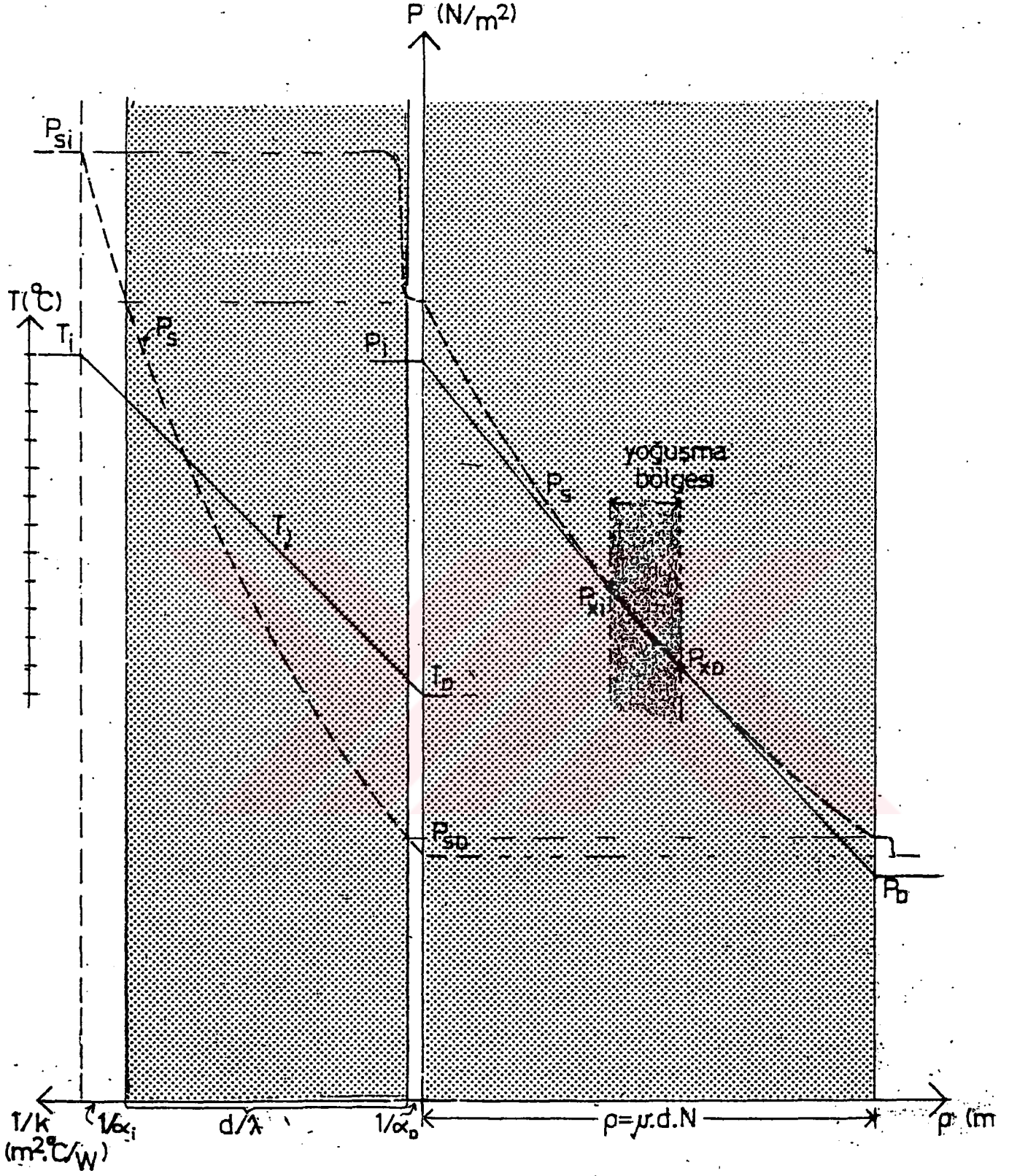
$$g_i = \frac{1}{N} \cdot \frac{P_i - P_{xi}}{\sum_i d_i \mu_i} \quad (8.21)$$

Kesitten çıkan su buharı g_D ,

$$g_D = \frac{1}{N} \cdot \frac{P_{xD} - P_D}{\sum_i d_i \mu_i x_D} \quad (8.22)$$

Yoğuşan su miktarı ise $g_i \cdot g_D = g_y$ olarak aşağıdaki gibi belirlenir (15).

$$g_y = \left[\frac{P_i - P_{xi}}{x_i \sum_i d_i \mu_i} - \frac{P_{xD} - P_D}{D \sum_i d_i \mu_i x_D} \right] \cdot \frac{1}{N} \quad (8.23)$$



Şekil 8.5 : Homojen tek katmanlı bir yapı elemanında yoğuşma halinde ısı ve buhar akışı grafikleri .

8.2.3. Çok Katmanlı (Kompozit) Kabuk Elemanından Buhar Difüzyonu :

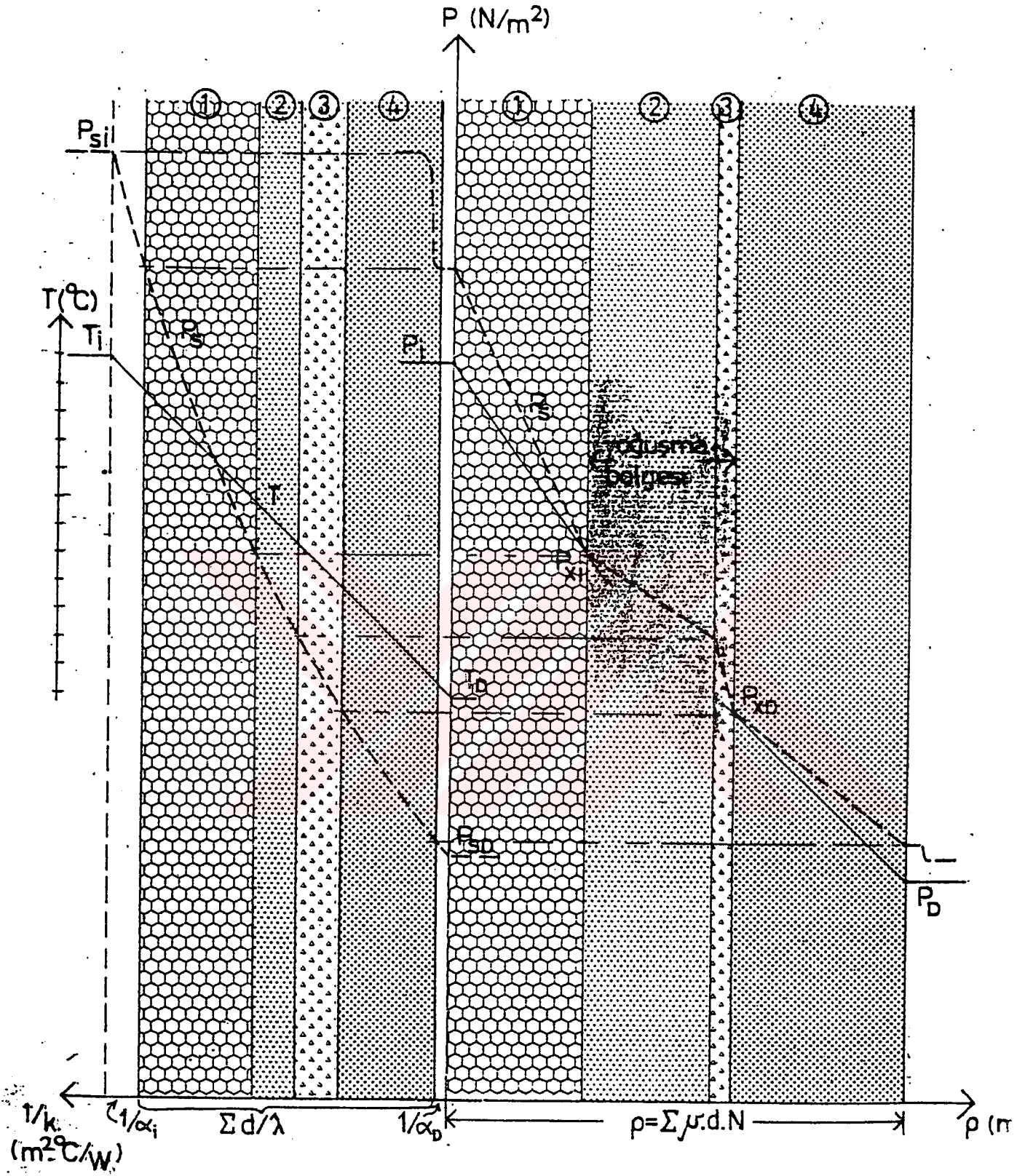
Günümüzde yapı dış kabuğu oluşturan elemanlar çok katmanlı (kompozit) yapı elemanlarıdır. Bu katmanların malzeme nitelikleri (λ , μ , c değerleri) birbirlerine kıyasla oldukça farklılık göstermektedirler. Böyle bir kesit Şekil 8.5'de belirtilene benzer bir koordinat sistemi üzerine çizilerek Şekil 8.6'da grafik olarak incelenecektir. Şekile bakılırsa düşey eksenin solunda yer alan ve yatayda kesitin ısı iletkenlik direncine göre çizilmiş koordinat sisteminde P_s eğrisi tek katmanlı kesitteki benzemektedir. Ancak sağda yer alan ve yatay ekseninde kesitin özgül buhar difüzyon direncinin belirtildiği koordinat sisteminde P_s eğrisel değil , kırık çizgiler şeklindedir. Gerçekte kırılma noktaları olan farklı buhar geçirgenlik direncine sahip katmanların ara kesitleri arasındaki değişim yine eğriseldir. Fakat bu eğrisel değişim ara kesitlerdeki kırılma yanında bir değer taşımadığından P_s doymuş buhar basıncı eğrisi kırıklı çizgi olarak çizilir (Şekil 8.6). İç ve dış bağıl nemlere bağlı olarak belirlenen P_i ve P_D gerçek basınçları bu koordinat sistemine yerleştirilir. P_i ve P_D 'yi birleştiren çizgi P_s kırık çizgisini kesmiyorsa yoğuşma yoktur. Aksi halde, P_i ve P_D noktalarından P_s kırık çizgisine teğetler çizilerek yoğuşma bölgesi belirlenir (Şekil 8.6) .

Yoğuşan su miktarı ise (8.23) bağıntısı ile saptanır.

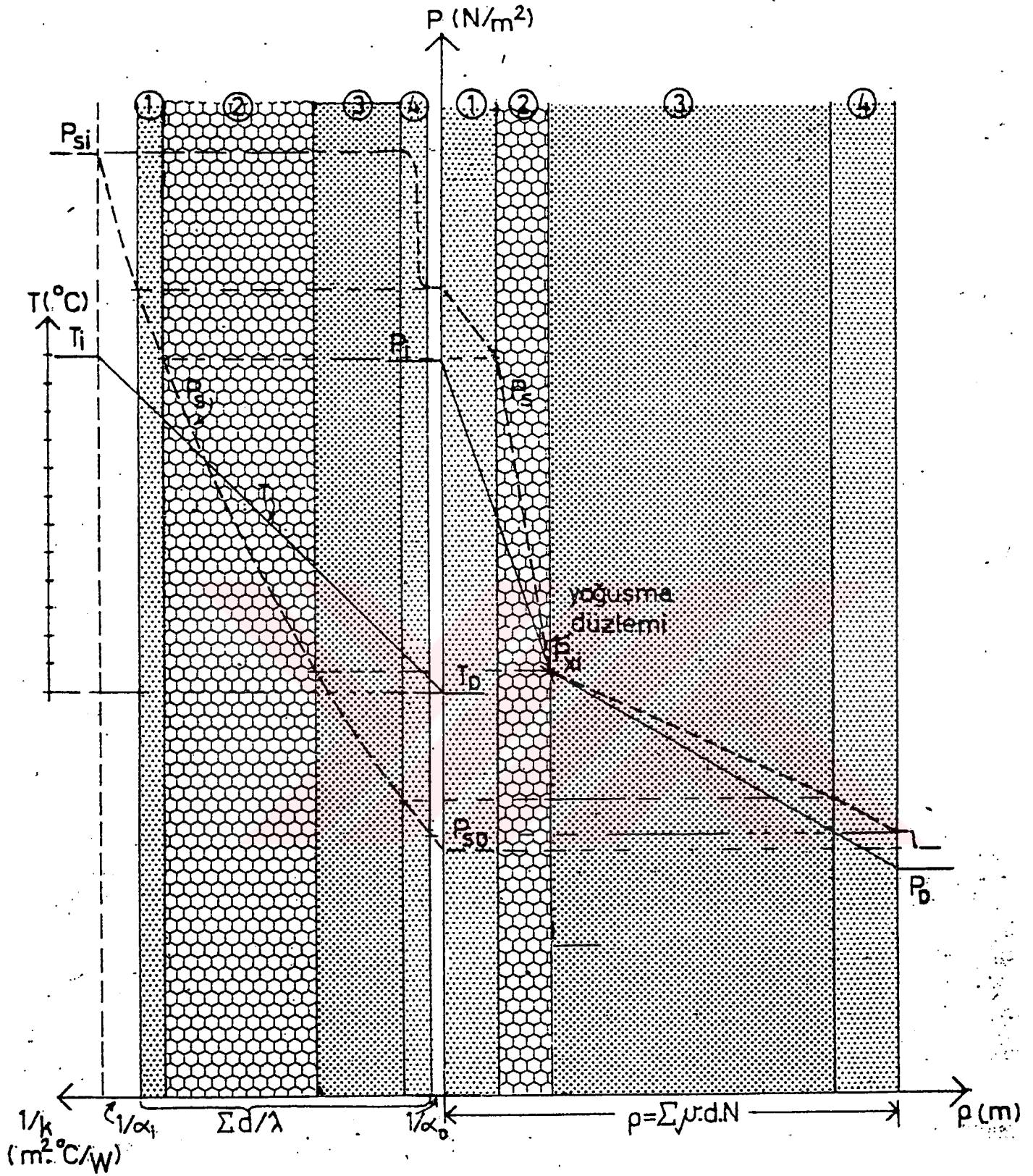
Çoğunlukla kompozit yapı elemanlarında katmanlardan birinin buhar difüzyon direnci diğer katmanlarınkine kıyasla çok yüksek olabilmektedir (Örn. Teras damlarda). Bu durumda yukarıdakilere benzer yaklaşımla aşağıdaki grafik krokisi ortaya çıkar

(Şekil 8.7) . Görülüyor ki burada P_{xi} ve P_{xD} çakışmaktadır. Bu durumda yoğuşan su miktarını hesaplarken kullandığımız (8.23) bağıntısında $P_{xi} = P_{xD}$ olduğuna göre söz konusu bağıntı aşağıdaki şekli alır (15).

$$g_y = \left[\frac{P_i - P_{xi}}{\sum_i d_i \mu_i} - \frac{P_{xi} - P_D}{\sum_{x_i} D} \right] \cdot \frac{1}{N} \quad (8.24)$$



Şekil 8.6 : Çok katmanlı (kompozit) bir yapı elemanında yoğuşma halinde ısı ve buhar akışı grafikleri .



Şekil 8.7 : Çok katmanlı (kompozit) bir yapı elemanında, katmanlardan birinin buhar geçirgenlik direnci çok yüksek olması durumunda ve yoğuşma halinde kesitteki ısı ve buhar akışı .

9. YOĞUŞMANIN OLUŞTURDUĞU ETKİLER ve ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER :

9.1. Yoğuşma Olayının Sonucu :

Yoğuşma ile kesitte biriken nem ,

- Kesiti oluşturan malzemelerde çürüme, mantar v.b'nin üremesine uygun ortam meydana getirir ve metal aksamlarda korozyona neden olur.
- Islanan kesitin ısı iletkenliği (λ) artacağından yeterli termik konforun sağlanması için daha fazla ısı enerji tüketimine yol açar.
- Islanan ve dolayısı ile ısı iletkenliği artan kesitten geçen buhar debisi de artacağından yoğuşma daha da artar. Nemlenen kabuk elemanı bu sefer iç ortam higro-termik konforunu da olumsuz yönde etkiler (rutubetli iç ortam).
- Kesit ıslanmadan etkilenmeyen malzemelerden oluşsa bile E.S.D.'de (yazın) yoğuşan suyun buharlaşmak istemesi sonucu oluşan kuvvetler kesitin buhar difüzyon direnci (μ) yüksek katmanları zorlayarak hasarlara neden olabilir.

Yoğuşarak kesitte kalan su her zaman yukarıda belirtilen olaylara neden olmayabilir. Yoğuşma süresi sonunda kesitte biriken su miktarı (gr/m^2) ; mevsim, kesitin yapısına (pratik nemliliği , porozitesi dolayısı ile su emmesi) , kesitteki malzemelerin sudan veya yoğuşan suyun bünyesinde yer alabilen kimyasal maddelerden etkilenmesine bağlı olarak, elemanı etkiler. Bugünkü yapı teknolojisi dış kabuk elemanının kalın ve tek katmanlı olan eski yapısını o denli değiştirmiştir ki, kesitte yer alan farklı niteliklerdeki malzeme katmanlarının konumu buhar difüzyonuna çok farklı performans gösterebilirler. Bu nedenle çok katmanlı (kompoze) bir kabuk elemanı tasarlarken su buharı etkeninin göz önüne alınması ve kesitin yoğuşma kontrolünün yapılması gerekmektedir. Kesitte izin verilebilecek yoğuşma miktarı için literatürde çok farklı yaklaşımlar vardır. Kesin olan bir nokta ise izin verilebilen bu su miktarının kuruma döneminde (yazın) kesinlikle

buharlaşabilmesi koşuludur. Sözü edilen miktarlar, ülkemizde bu konuda bir araştırma olmadığı için batılı bir takım kaynaklardan aktarılmıştır. Dolayısıyla iklimsel koşulların farklılığı, malzeme kalitesi v.b. gibi etkenler de göz önüne alınırsa bu değerlerin ülkemiz için kullanılabilirliği tartışma konusudur. Ayrıca söz konusu değerler batılı araştırmacılar tarafından dahi farklı yorumlanmaktadır. Bunun nedeni bu değerlerin ampirik ve deneysel araştırmalar sonucu oluşturulması fakat hiçbir matematiksel ispata dayanmamalarıdır. Ülkemizde, Alman araştırmacıların (20) düşey yapı elemanları için 500 gr/m^2 mevsim ve yatay yapı elemanları (Örn. düz damlar) için 50 gr/m^2 mevsim olarak aldıkları sınır değerler kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda yine batı literatüründe yukarıdaki değerlerin gereğinden fazla emniyetli olduğu ve özellikle prefabrike olarak üretilmiş düşey yapı elemanlarında 1.000 gr/m^2 mevsime ulaşabileceği belirtilmiştir (21). Nitekim ağustos 1981 tarihli DIN 4108 'de bu değer 1.000 gr/m^2 mevsim olarak belirtilmiştir. Yukarıda belirtilen üst limit içerisinde kalmak koşulu ile eleman bünyesinde biriken su miktarının kabuk elemanın ısı iletkenliğini (k) ne derece arttırdığıda incelenmelidir. Kabuk elemanın pratik neminin (bünyesindeki su miktarının ağırlık veya hacim olarak malzeme miktarına oranı) artması halinde ısı iletkenliğindeki artış DIN 52612'de belirtilen yaklaşım ile saptanabilir. Yoğuşma dönemi sonunda kesitte biriken su miktarı (g) yoğuşmanın olduğu eleman katmanı içinde yayılacaktır. Kabuk tek katmanlı veya buhar difüzyonuna karşı benzer performans gösteren birkaç katmanlı bir eleman ise bölüm 7, şekil 7.5 veya 7.6'da görüldüğü gibi bir yoğuşma bölgesi söz konusudur. Aksine farklı nitelikteki malzemelerden oluşan kabuk kesitinde ise bölüm 7, şekil 7.7'deki gibi düzlemsel yoğuşma söz konusu olur. Bu durumda yoğuşma suyu bir veya birkaç malzeme katmanını etkileyecektir. Bu katmanların farklı olan fiziksel nitelikleri, özellikle su emmeleri dikkate alınmalıdır. DIN 52612'de bu konuda yardımcı olmak üzere gerekli bilgiler ve tablolar bulunmaktadır.

9.2. Yapı Elemanı İçinde Kabul Edilebilen Yoğuşma Miktarı :

Yapı elemanı içindeki toplam yoğuşma miktarından ne kadarının zararlı olduğunun kesinlikle tesbiti henüz çözümlenememiştir.

Kış mevsimi boyunca yapı elemanlarında biriken nemin yazın buharlaşma imkanı varsa da buharlaşmada kabul edilebilecek dış sınır şartları ve periyodun ne olacağı kesinlikle bilinmemektedir.

Cammerer, hangi yapı elemanı olursa olsun kışın biriken nemin yazın kurummasını yeterli görmekte, ancak yoğunlaşma şiddetinin, yoğunlaşma zararı yönünden yerine göre $1 - 2 \text{ g/m}^2\text{h}$ 'ten fazla olmaması şartını aramaktadır.

Schüle, daha kesin bir biçimde kış mevsiminde biriken nemin yazın kuruyabilmesi için ısı yalıtımı difüzyon direncinin asgari 250 olması veya ısı yalıtımı ile kargir kısımların bir buhar kesici ile ayrılması gerektiğini ileri sürmekte, ayrıca kuruma olsa bile kış mevsiminde biriken nemin duvarlarda 500 g/m^2 'den düz çatılarda 50 g/m^2 'den fazla olmaması görüşünü savunmaktadır.

Konu ile ilgili araştırma yapan diğer kişiler de genellikle Cammerer'im $1-2 \text{ g/m}^2 \text{ h}$ 'lik sınır miktarını kabul etmektedir (26).

9.3. Buhar Difüzyonu İçin Alınması Gereken Önlemler :

Görünür ve gizli yoğunlaşmanın yapılarda meydana getirdikleri zararlar farklı olduğu için alınacak olan önlemlerde birbirinden farklıdır (26).

9.3.1. Yapı elemanı yüzeyinde meydana gelen yoğunlaşmayı önlemek :

a) Yapı elemanlarının ısı direncini fazlalaştırmak, ısı yalıtımı ilave ederek yüzey sıcaklığını çığ noktası sıcaklığının üzerine çıkarmak.

b) İç havanın bağıl nemini azaltmak.

c) Görünür yoğunlaşma olan yüzeyi suni olarak ısıtmak.

d) Terleyen yüzeyleri havalandırmak suretiyle yüzeye bitişik havayı hareket ettirerek yüzey kondüktansını arttırmak ve dolayısıyla film direncini azaltarak yüzey sıcaklığını çığ noktasının üzerine çıkartmak.

e) Devamlı nem artışı gösteren banyo, mutfak insanların toplu olarak bulunduğu salonlar gibi mahallerde yoğuşan suyun damlamasını önlemek için ve iç nem azaldığı zaman nemi geri verebilen bir nem emici tabaka ile yüzeyleri kaplamak gereklidir.

9.3.2. Yapı elemanı içinde meydana gelen yoğuşmayı önlemek veya zararsız miktara indirmek :

a) Yapı elemanını meydana getiren tabakaları difüzyon tekniğine uygun olarak sıralamak yani, yapı elemanını teşkil eden tabakaları, yerleştirme faktörleri (μ, λ) soğuk taraftan sıcak tarafa yükselecek şekilde sıralamak, bu maksatla ;

- Yapı elemanının sıcak tarafında ısı yalıtımı veya hareketsiz hava tabakası yerleştirmekten kaçınmak.
- Yapı elemanın soğuk tarafında buhar kesici tabakalar yerleştirmekten kaçınmak.

b) Buhar kesici kullanmak. “ a “ şıkında tanımlanan tedbirin yetmediği veya mümkün olmadığı hallerde yapı elemanının sıcak tarafında, buhar difüzyon hesabı yapılarak tesbit edilecek uygun dirençteki buhar kesiciyi uygun bir şekilde yerleştirmek ve bu suretle sıcak yüzeyde buhar difüzyonunu azaltmak ve gerekli ısı yalıtım tabakası ilave etmek.

c) Buhar kesicinin de yeterli gelmediği hallerde düz çatılarda, çatı örtüsü altındaki zarar verecek buhar basıncını azaltmak için dış hava ile irtibatlı özel olarak yapılmış buhar ayarlayıcıları çatı örtüsü veya buhar kesici altında ilave etmek, bu suretle yoğuşma sahasına yaklaşan buharın bir kısmını dışarı atmak.

d) Yapı elemanını soğuk taraftaki dış kaplama altından havalandırmak, havalandırmaya mani olacak, suni taş veya madeni kaplamaları yapmak gerekli ise dış kaplama altında uygun bir boşluk bırakarak bu boşluktan dış hava sirkülasyonunu sağlamak, bu suretle soğuk yüze gelecek su buharını dışarı atmak.

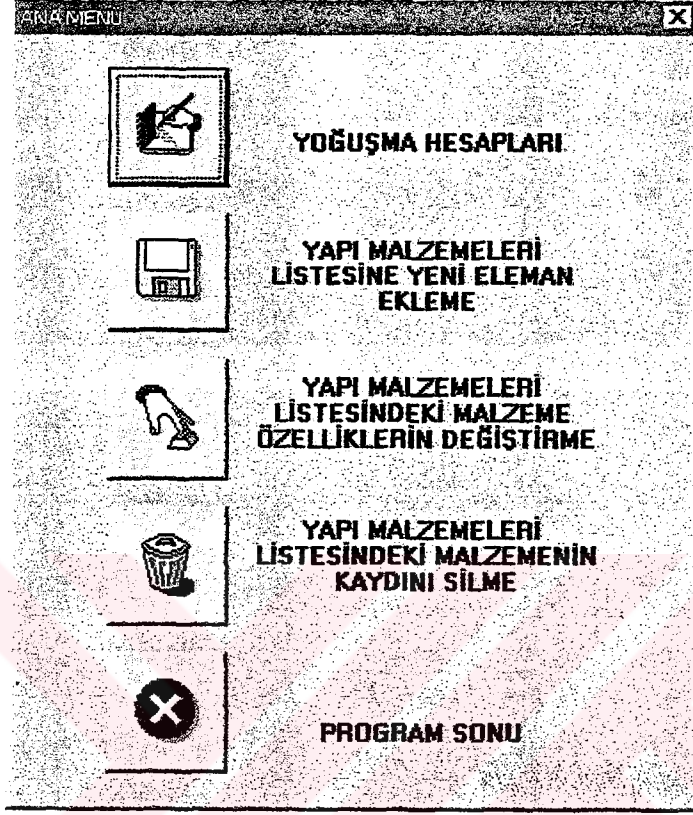
e) İç havanın bağıl nemini azaltmak gibi tedbirler alınmalıdır.

Difüzyon hesabı ve yoğuşma kontrolü ile yapı elemanlarının difüzyon tekniğine uygun olarak teşkil edilmesi, kullanılacak buhar kesicinin yerinin ve cinsinin tesbit edilmesi, buhar ayarlayıcıya ihtiyaç olup olmadığının, çatı ve duvarlarda ısı yalıtımı kalınlığının, yoğuşma olmaması için müsaade edilecek kritik iç rölatif nemliliğın tayinin ve yapı elemanı içinde yoğuşma miktarının tesbiti mümkündür.



10. BİLGİSAYAR PROGRAMININ TANITIMI

10.1. Ana Menü :



Şekil 10.1 : Bilgisayar programının ana menüsü.

Ana menü programın hesaplar öncesinde yapılması gereken ana seçimlerin olduğu bir penceredir. Bu pencerede uygun butonlara basılması suretiyle şu işlemler yapılabilmektedir.

- 1) Buhar difüzyonunun matematiksel işlemlerine geçiş,
- 2) Databankta bulunan yapı elemanları listesine yeni bir yapı elemanı (yapı elemanı ismi, ısı iletkenlik ve buhar difüzyon direnci değerleri ile birlikte) ilave etmek,
- 3) Databankta bulunan yapı elemanları listesinden seçilecek herhangi bir yapı elemanının adını, ısı iletkenlik ve buhar difüzyon direnci değerlerinde değişiklik yapmak,
- 4) Databankta bulunan yapı elemanları listesinden seçilecek herhangi bir yapı elemanını listeden silmek,
- 5) Programı kapatmak.

10.2. Yapı Elemanları Listesine Yeni Yapı Elemanı İlave Etmek :

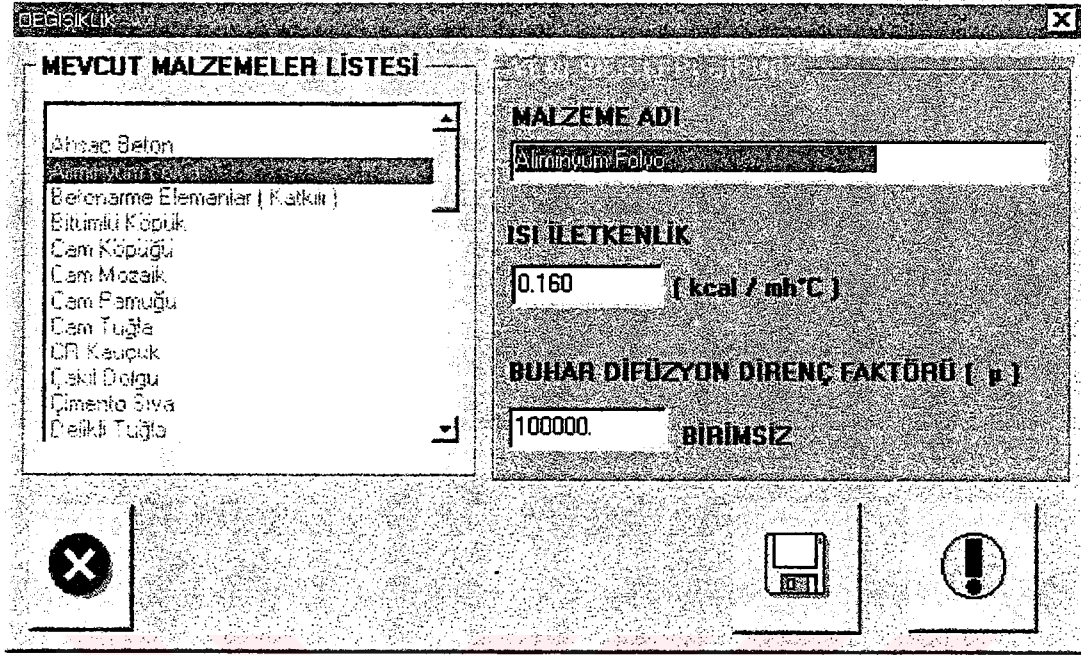
Şekil 10.2 : Bilgisayar programının yeni yapı elemanı ekleme penceresi .

Bu pencere, databankta listesi oluşturulmuş yapı elemanlarına yeni yapı elemanı ilave etmek için kullanılmaktadır. Yeni yapı elemanının şu özellikleri girilebilmektedir.

- 1) Yeni yapı malzemesinin ismi,
- 2) Yeni yapı malzemesinin “ kcal/mh°C “ biriminde ısı iletkenlik katsayısı ,
- 3) Yeni yapı malzemesinin birimsiz buhar difüzyonu direnç faktörü (μ) .

Bütün bilgiler girildikten sonra, disket butonu ile bilgiler kaydedilecek ve yeni malzeme, databank listesine ilave edilmiş olacaktır.

10.3. Yapı Elemanları Listesinde Değişiklik Yapmak :



Şekil 10.3 : Bilgisayar programının mevcut yapı elemanı listesinde değişiklik penceresi .

Bu pencerede öncelikle mevcut malzeme listesinden değişiklik yapılacak olan yapı malzemesi mouse ile çift tıklanarak seçilmelidir. Seçim yapıldıktan sonra malzemenin tüm değerleri ilgili kutucuklara otomatik olarak gelecektir. Gerekli düzeltmeler ve değişiklikler yapıldıktan sonra disket butonu ile yapılan işlem kaydedilecektir. Eğer yanlış bir elemanı seçmiş iseniz “ ! “ butonu ile seçilmiş olan yanlış eleman serbest bırakılacak ve doğru eleman tekrar yukarıdaki işlemleri izleyerek seçilecektir.

10.4. Yapı Elemanları Listesinde Mevcut Bir Elemanı Listeden Silmek :



Şekil 10.4 : Bilgisayar programının yapı elemanı listesinde mevcut elemanı silme penceresi .

Bu pencerede yapılan işlemler ile kayıtlı malzemeler listesinden seçilecek bir yapı malzemesi listeden silinmektedir.

Silinmek istenilen malzeme, listeden mouse ile çift tıklanarak seçilmeli ve çöp kutusu butonuna basılmak sureti ile silinmelidir.

10.5. Yoğuşma Hesabı İşlemleri Menüsü :

10.5.1. Yapı elemanlarının seçimi :

| YAPI ELEMANLARINI BELİRLEYİNİZ | | Malzeme Kalınlığını Giriniz |
|--------------------------------|--|-----------------------------|
| İÇ SIVA | | 20 mm. |
| DELİKLİ TUĞLA | | 190 mm. |
| CAM YÜNÜ | | 30 mm. |
| DELİKLİ TUĞLA | | 90 mm. |
| DIŞ SIVA | | 30 mm. |
| | | mm. |
| | | mm. |
| | | mm. |

Yapı Elemanlarını İç Ortamdan Dış Ortama Doğru SIRALAYINIZ

Şekil 10.5 : Bilgisayar programının yoğuşma hesapları menüsünde yapı elemanlarının seçimi penceresi .

Bu pencerede öncelikle duvar sistemini oluşturan yapı elemanları belirlenmelidir. Bu işlemin yönü iç ortamdan dış ortama doğru olmalıdır. Duvar sistemi kapsamına alınabilecek maximum eleman sayısı sekiz adettir. Elemanlar kutucukların oklu butonlarına tıklanmak sureti ile karşımıza çıkacak olan malzeme listesinden seçilecektir. Daha sonra yapı elemanlarının kalınlıkları girilmeli ve programa ileri butonuna tıklayarak bir sonraki pencereye geçilmelidir.

10.5.2. Ortam sıcaklıkları :

| YAPI ELEMANIN TİPİ | | ISI İLETKENLİK DEĞERİ | | KALINLIK |
|--------------------|--|-----------------------|-----------------|----------|
| | | (W / m K) | (kcal / mh°C) | (mm.) |
| İÇ SIVA | | 0.872 | 0.75 | 20 |
| DELİKLİ TUĞLA | | 0.523 | 0.45 | 190 |
| CAM YÜNÜ | | 0.041 | 0.035 | 30 |
| DELİKLİ TUĞLA | | 0.523 | 0.45 | 90 |
| DIŞ SIVA | | 1.396 | 1.20 | 30 |

| ISI TAŞINIM KATSAYISI | | SICAKLIKLARI GİRİNİZ | |
|-----------------------|----------------|----------------------|-----------------|
| İç Yüzey | 8.141 W / m² K | 7 kcal/m²h°C | İç Ortam 22 °C |
| Dış Yüzey | 23.26 W / m² K | 20 kcal/m²h°C | Dış Ortam -3 °C |

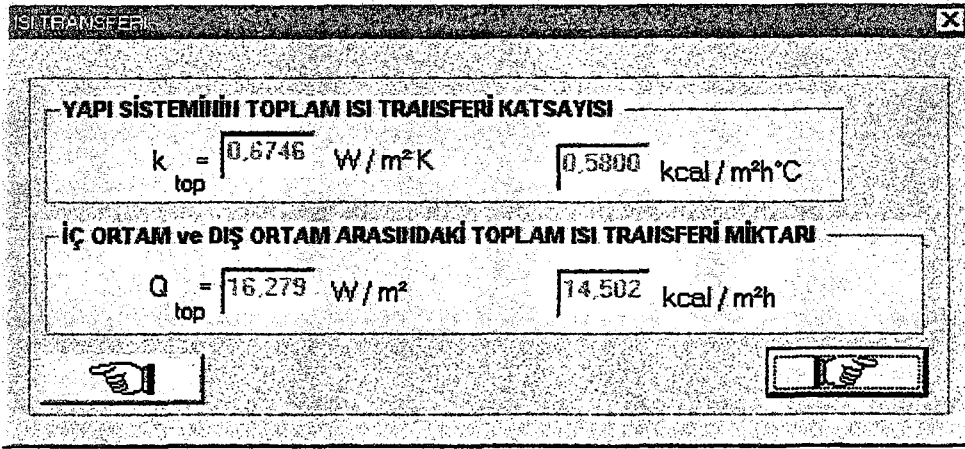
Şekil 10.6 : Bilgisayar programının yoğunlaşma hesapları menüsünde ortam sıcaklıkları penceresi .

Bu pencerede seçilen duvar sisteminin elemanları, bu elemanların “w/m K” ve “kcal / mh°C” olarak ısı iletkenlik değerleri , elemanların kalınlıkları ve yüzey ısı taşınım katsayıları görüntülenmektedir. Kullanıcı bu pencerede iç ortam ve dış ortam sıcaklıklarını “°C” olarak girmeli ve bir sonraki pencereye ileri butonu ile geçmelidir.

Bu örnek için iç ve dış ortam sıcaklıkları ; 22 ve – 3 °C olarak alınmıştır. Örnek problem için yapı malzemeleri ve ısı iletkenlik katsayıları aşağıda belirtildiği gibidir.

| | |
|---------------------------|-------------------|
| $\lambda_{İÇ SIVA}$ | = 0.75 kcal/mh°C |
| $\lambda_{CAM YÜNÜ}$ | = 0.035 kcal/mh°C |
| $\lambda_{DELİKLİ TUĞLA}$ | = 0.45 kcal/mh°C |
| $\lambda_{DIŞ SIVA}$ | = 1.20 kcal/mh°C |

10.5.3. Isı transferi :



Şekil 10.7 : Bilgisayar programının yoğunlaşma hesapları menüsünde ısı transferi penceresi .

Bu pencerede aşağıda belirtilen formüller vasıtası ile yapı sisteminin toplam ısı transferi katsayısı “ w/m²K “ ve “ kcal/m²h°C ” olarak ; iç ortam ile dış ortam arasındaki toplam ısı transferi miktarı ise “ kcal/h “ ve “ w “ olarak hesaplanıp görüntülenmektedir.

(8.9) ve (8.10) bağıntıları kullanılarak ;

$$Q = K_T (T_{iç} - T_{dış})$$

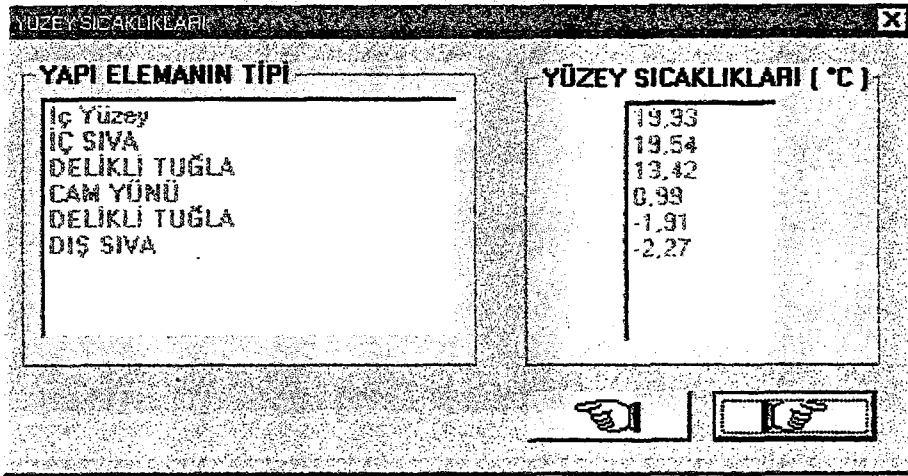
$$\frac{1}{K_T} = \frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{L_{i.s.}}{\lambda_{iç SIVA}} + \frac{L_{D.T.}}{\lambda_{D.T.}} + \frac{L_{C.Y.}}{\lambda_{C.Y.}} + \frac{L_{D.T.}}{\lambda_{D.T.}} + \frac{L_{D.S.}}{\lambda_{DİŞ SIVA}} + \frac{1}{\alpha_{DİŞ}}$$

$$\frac{1}{K_T} = \frac{1}{7} + \frac{0.02}{0.75} + \frac{0.19}{0.45} + \frac{0.03}{0.035} + \frac{0.09}{0.45} + \frac{0.03}{1.20} + \frac{1}{20}$$

$$K_T = 0.580 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$Q = 0.580 (22 + 3) = 14.502 \text{ kcal/h}$$

10.5.4. Yüzey sıcaklıkları :



Şekil 10.8 : Bilgisayar programının yoğuşma hesapları menüsünde yüzey sıcaklıkları penceresi .

Bu pencerede aşağıda belirtilen formüller vasıtası ile hesaplanan iç yüzey sıcaklığı ile yapı elemanı yüzeylerindeki sıcaklıklar “ °C “ olarak görüntülenmektedir.

$$Q = \alpha_{iç} (T_{iç} - T_1)$$

$$14.502 = 7 (22 - T_1) \Rightarrow T_1 = 19.93 \text{ °C}$$

$$Q = \frac{\lambda_{iç\ siva}}{L_{iç\ siva}} (T_1 - T_2)$$

$$14.502 = \frac{0.75}{0.02} (19.93 - T_2) \Rightarrow T_2 = 19.54 \text{ °C}$$

$$Q = \frac{\lambda_{D.T.}}{L_{D.T.}} (T_2 - T_3)$$

$$14.502 = \frac{0.45}{0.19} (19.54 - T_3) \Rightarrow T_3 = 13.42 \text{ °C}$$

$$Q = \frac{\lambda_{C.Y.}}{L_{C.Y.}} (T_3 - T_4)$$

$$14.502 = \frac{0.035}{0.03} (13.42 - T_4) \Rightarrow T_4 = 0.99 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = \frac{\lambda_{D.T.}}{L_{D.T.}} (T_4 - T_5)$$

$$14.502 = \frac{0.45}{0.09} (0.99 - T_5) \Rightarrow T_5 = -1.91 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = \frac{\lambda_{D.S.}}{L_{D.S.}} (T_5 - T_6)$$

$$14.502 = \frac{1.20}{0.03} (-1.91 - T_6) \Rightarrow T_6 = -2.27 \text{ }^\circ\text{C}$$

10.5.5. İç ve dış ortam basınç hesapları :

| ORTAM SICAKLIKLARI | BAĞIL NEMİ GİRİNİZ | BASINÇLAR |
|--------------------|--------------------|--|
| İç Ortam 22 °C | İç Ortam (%) 50 | İç Ortam Basıncı 1.322 kPa 132.2 mmSS |
| Dış Ortam -3 °C | Dış Ortam (%) 80 | Dış Ortam Basıncı 0.392 kPa 39.21 mmSS |

Şekil 10.9: Bilgisayar programının yoğuşma hesapları menüsünde iç ve dış ortam basınç hesapları penceresi .

Bu pencerede kullanıcının girdiği iç ve dış ortam bağıl nemleri vasıtası ile aşağıda belirtilen formüller kullanılarak iç ve dış ortamların doyma basınçları hesaplanıp kullanıcıya “ mmSS “ ve “ kPa “ birimlerinde sunulmaktadır.

Örnek problem için verilen 22°C ve % 50 bağıl neme sahip iç ortam ile -3 °C ve % 80 bağıl neme sahip dış ortam için hesaplanan değerler aşağıdaki gibidir.

(3.8) , (3.9) ve (3.16) bağıntıları kullanılarak ;

-100 ila 0 °C sıcaklıkları arasındaki dış ortamın doyma basıncı ;

$$\ln(p_{ws}) = C_1/T + C_2 + C_3 \cdot T + C_4 \cdot T^2 + C_5 \cdot T^3 + C_6 \cdot T^4 + C_7 \cdot \ln(T) \quad \text{ve}$$

$$\phi = p_w / p_{ws}(t,p) \quad \text{formüllerinden}$$

$$C_1 = -5.6745359 \cdot 10^3$$

$$C_2 = -5.1523058 \cdot 10^{-1}$$

$$C_3 = -9.6778430 \cdot 10^{-3}$$

$$C_4 = 6.2215701 \cdot 10^{-7}$$

$$C_5 = 2.074782 \cdot 10^{-9}$$

$$C_6 = -9.4840240 \cdot 10^{-13}$$

$$C_7 = 4.1635019$$

0.392 kPa olarak bulunur.

0 ila 200 °C sıcaklıkları arasında iç ortam doyma basıncı :

$$\ln(p_{ws}) = C_8/T + C_9 + C_{10} \cdot T + C_{11} \cdot T^2 + C_{12} \cdot T^3 + C_{13} \cdot \ln(T) \quad \text{ve}$$

$\phi = p_w / p_{ws}(t,p)$ formüllerinden

$$C_8 = -5.8002206 \cdot 10^3$$

$$C_9 = -5.5162560$$

$$C_{10} = -4.8640239 \cdot 10^{-2}$$

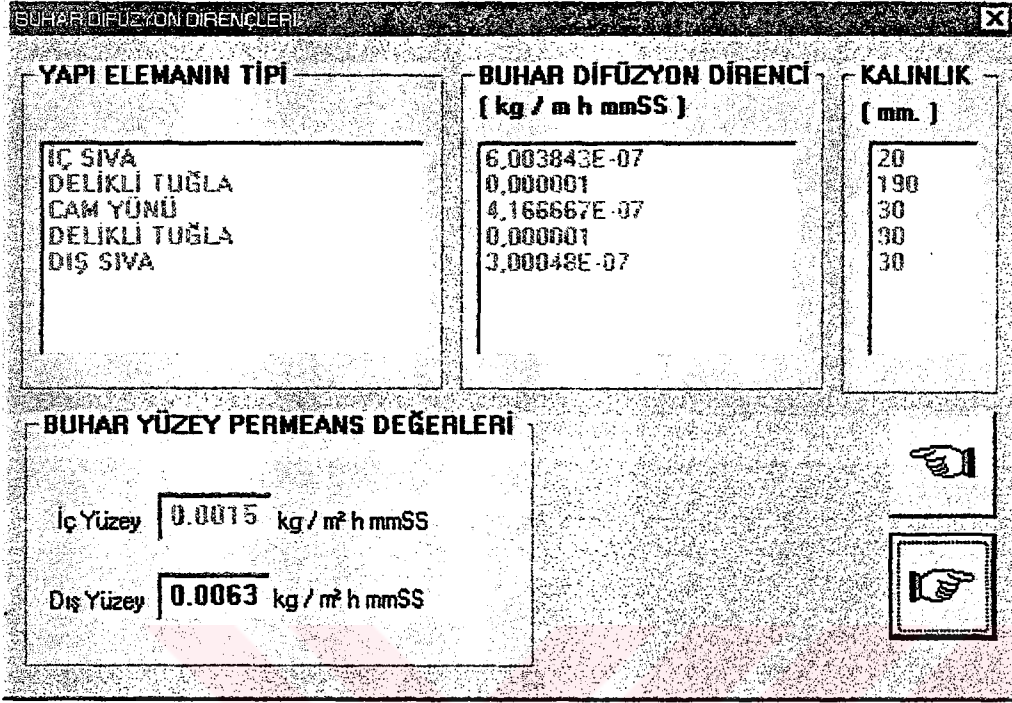
$$C_{11} = 4.1764768 \cdot 10^{-5}$$

$$C_{12} = -1.4452093 \cdot 10^{-8}$$

$$C_{13} = 6.5459673$$

1.322 kPa olarak bulunur.

10.5.6. Buhar difüzyon dirençleri :



Şekil 10.10: Bilgisayar programının yoğuşma hesapları menüsünde buhar difüzyon dirençleri penceresi .

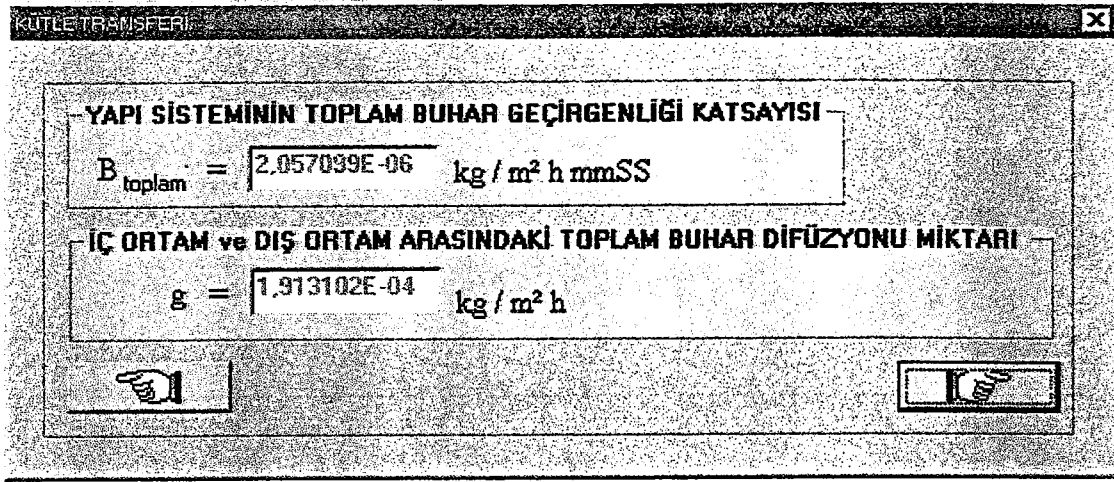
Bu pencerede seçilen duvar sistemindeki yapı elemanlarının isimleri, malzeme kalınlıkları (mm) ,buhar difüzyon dirençleri (kg / m h mmSS) ve buhar yüzey permeansları (kg / m² h mmSS) olarak görüntülenmektedir.

Örnek problem için seçilmiş elemanların buhar difüzyon dirençleri ve buhar yüzey permeans değerleri aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \delta_{\text{İÇ SIVA}} &= 0.6 * 10^{-6} \text{ kg/mhmmSS} \\ \delta_{\text{CAM YÜNÜ}} &= 0.416 * 10^{-6} \text{ kg/mhmmSS} \\ \delta_{\text{DELİKLİ TUĞLA}} &= 1 * 10^{-6} \text{ kg/mhmmSS} \\ \delta_{\text{DİŞ SIVA}} &= 0.3 * 10^{-6} \text{ kg/mhmmSS} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_{\text{İÇ}} &= 0.0015 \text{ kg/m}^2\text{hmmSS} \\ \beta_{\text{DİŞ}} &= 0.0063 \text{ kg/m}^2\text{hmmSS} \end{aligned}$$

10.5.7. Kütle transferi :



Şekil 10.11: Bilgisayar programının yoğuşma hesapları menüsünde kütle transferi penceresi .

Bu pencerede duvar sisteminin “ kg/m² h mmSS” olarak toplam buhar geçirgenlik katsayısı ve “ kg/m²h “ olarak ortam arasındaki toplam buhar difüzyonu miktarı aşağıdaki formüller vasıtası ile belirlenmektedir. Buhar geçirgenlik katsayısı konularında “ δ “ olarak simgelenmesine rağmen bilgisayar programı içeriğinde “ B_{toplam} “ olarak gösterilmektedir. Örnek problemler için değerler (8.12) ve (8.13) bağıntıları kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\begin{array}{cccccccc}
 1 & 1 & L_{t.s.} & L_{D.T.} & L_{C.Y.} & L_{D.T.} & L_{D.S.} & 1 \\
 \hline
 = & + & + & + & + & + & + & + \\
 B_t & \beta_{iç} & \delta_{t.s} & \delta_{D.T.} & \delta_{C.Y.} & \delta_{D.T.} & \delta_{D.S.} & \beta_{dış} \\
 \\
 1 & 1 & 0.02 & 0.19 & 0.03 & 0.09 & 0.03 & 1 \\
 \hline
 = & + & + & + & + & + & + & + \\
 B_t & 0.0015 & 0.6 \cdot 10^{-6} & 1 \cdot 10^{-6} & 0.416 \cdot 10^{-6} & 1 \cdot 10^{-6} & 0.3 \cdot 10^{-6} & 0.0063
 \end{array}$$

$$B_t = 2.0564 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^2 \text{ h mmSS}$$

$$g = B_t (P_{iç} - P_{Dış}) = 2.0564 \cdot 10^{-6} (132.2 - 39.21)$$

$$g = 1.91 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m}^2 \text{ h}$$

10.5.8. Sistem ve doyma basınçları :

| YAPI ELEMANIN TIPI | YÜZEY SICAKLIKLARI [°C] | SİSTEM BASINÇLARI | | DOYMA BASINÇLARI | | MUTLAK NEM [kg / kg-KH] |
|--------------------|------------------------------|-------------------|----------|------------------|----------|------------------------------|
| | | [k Pa] | [mmSS] | [k Pa] | [mmSS] | |
| İç Yüzey | 19,93 | 1,321 | 132,11 | 2,198 | 219,78 | 0,013790 |
| İÇ SIVA | 19,54 | 1,257 | 125,74 | 2,198 | 219,78 | 0,013790 |
| DELİKLİ TUĞLA | 13,42 | 0,894 | 89,39 | 1,498 | 149,78 | 0,009332 |
| CAM YÜNÜ | 0,99 | 0,756 | 75,51 | 0,611 | 61,12 | 0,003775 |
| DELİKLİ TUĞLA | -1,91 | 0,584 | 58,40 | 0,568 | 56,82 | 0,003588 |
| DIŞ SIVA | -2,27 | 0,393 | 39,27 | 0,528 | 52,79 | 0,003258 |

Standart Atmosfer Basıncı: 101.32 kPa

Şekil 10.12: Bilgisayar programının yoğuşma hesapları menüsünde sistem basınçları penceresi .

Bu pencerede “ kPa “ ve “ mmSS “ olarak sistem basınçları ile doyma basınçları görüntülenmektedir. Seçilen yapı elemanın adı ve yüzey sıcaklıkları tekrar kullanıcıya sunulmaktadır. Ayrıca “ kg / kg – kuru hava “ birimindedeki mutlak nem değerleri hesaplanmaktadır. Örnek problem için değerler aşağıda belirtildiği gibi hesaplanmıştır.

$$g = \beta_{iç} (P_{iç} - P_1) \Rightarrow 1.91 * 10^{-4} = 0.0015 (132.2 - P_1)$$

$$P_1 = 132.07 \text{ mmSS}$$

$$g = \frac{\delta_{i.s.}}{L_{i.s.}} (P_1 - P_2) \Rightarrow 1.91 * 10^{-4} = \frac{0.6 * 10^{-6}}{0.02} (132.07 - P_2)$$

$$P_2 = 125.70 \text{ mmSS}$$

$$g = \frac{\delta_{D.T.}}{L_{D.T.}} (P_2 - P_3) \Rightarrow 1.91 * 10^{-4} = \frac{1 * 10^{-6}}{0.19} (125.70 - P_3)$$

$$P_3 = 89.41 \text{ mmSS}$$

$$g = \frac{\delta_{C.Y.}}{L_{C.Y.}} (P_3 - P_4) \Rightarrow 1.91 * 10^{-4} = \frac{0.416 * 10^{-6}}{0.03} (88.41 - P_4)$$

$$P_4 = 75.63 \text{ mmSS}$$

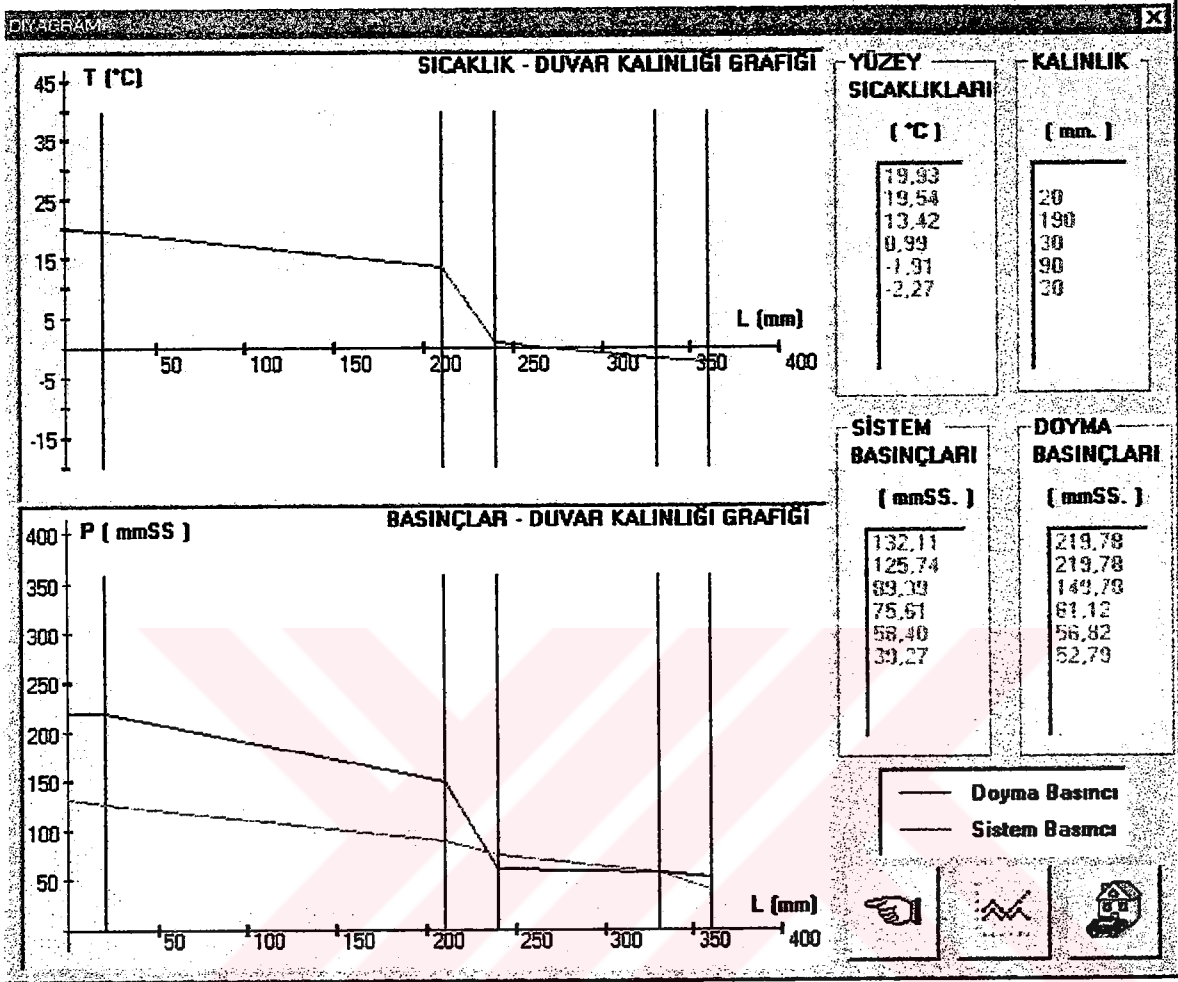
$$g = \frac{\delta_{D.T.}}{L_{D.T.}} (P_4 - P_5) \Rightarrow 1.91 * 10^{-4} = \frac{1 * 10^{-6}}{0.09} (75.63 - P_5)$$

$$P_5 = 58.44 \text{ mmSS}$$

$$g = \frac{\delta_{D.S.}}{L_{D.S.}} (P_5 - P_6) \Rightarrow 1.91 * 10^{-4} = \frac{0.3 * 10^{-6}}{0.03} (58.44 - P_6)$$

$$P_6 = 39.34 \text{ mmSS}$$

10.5.9. Diyagram :



Şekil 10.13: Bilgisayar programının yoğuşma hesapları menüsünde diyagram penceresi .

Bu pencerede son bilgiler kullanıcıya tekrar görüntülenip doyma basıncı – malzeme kalınlığı, sistem basıncı – malzeme kalınlığı, sıcaklık – malzeme kalınlığı eğrileri çizilmektedir. Bu örnek için cam yünü malzemede yoğuşma başlamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] ASHRAE Applications, Chapter 21, Thermal Insulation And Vapor Retarders - Applications.
- [2] ASHRAE Applications, Chapter 22 , Thermal And Water Vapor Transmission Data.
- [3] ASHRAE Fundamentals, Chapter 6 , Psychrometrics.
- [4] ASHRAE Fundamentals, Chapter 20 , Thermal Insulation And Vapor Retarders - Fundamentals
- [5] ASHRAE Temel El Kitabı Bölüm 5, Kütle Geçişi, (Çev: Doç. Dr. Osman F. Genceli), Temmuz 1997, İ.T.Ü.
- [6] ASHRAE Temel El Kitabı Bölüm 6 Psikrometri, (Çev. Prof. Dr. O.F. Genceli), (1997), İ.T.Ü.
- [7] BALKOWSKI, F.D. , Gibt es wirklich Dampfsperren, Makale, Kunststoffe im Bau 2 / 79 .
- [8] BOBRAN, H.W., Handbuch der Bauphysik.
- [9] CAMMERER, J.S. , Bezeichnungen und Berechnungsverfahren für Diffusionsvorgänge im Bauwesen. Kältetechnik 8 /1956.
- [10] HAFERLAND, F. , Das Diffusionstechnische Verhalten Mehrschichtiger Aussenwände. Institut für Bauforschung Ev Hannover 1970.
- [11] HEBGEN, H., Heck, F., Dacher-Decken Fussböden mit optimalem Wärme-Schutz. Bertelsman Fachverlag 1975.
- [12] ILGAZ, T. , Çağdaş Yapıda Optimum Isı Korunumu ve Nem Korunumu Yönlerinden Standardizasyon İlkeleri, Doçentlik Tezi, K.T.Ü. , Trabzon, 1972.
- [13] ILGAZ, T. , Geliştirilmiş Çizim Metoduyla Rasyonel Dış Duvar, K.T.Ü. , Trabzon, 1974.
- [14] ILGAZ, T. , Yapı Düşey Dış Kabuklarının Isı Etkilerden Korunması, K.T.Ü. , 1979 .
- [15] LIERCH, K. , W. , Bauphysik Hinterlüfteter Fassadenbekleidungen. Deutsches Dachdeckerhandwerk 4 / 81.
- [16] LIERCH, K. , W. , Belüftung Geneigter Dacher. Deutshes Dachdeckerhandwerk 8 / 80 .
- [17] ÖZGÜR, İ.Ü. , Türkiye’de Sıcak Teras Damlarda Yoğuşma – Kuruma Miktar ve Sürelerinin Saptanması, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, 1981.

- [18] ÖZGÜR, İ.Ü. , Yapı Elemanlarında Su Buharı Etkisinin İncelenmesi , İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul, 1982.
- [19] PEHLEVAN, A. , Türkiye’de Hıgro-Termik Koşullar Açısından Dış Duvarlarda Yoğuşma – Buharlaşma – Adaptasyon Sürelerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1986.
- [20] SCHÜLE, W., Haferland, F.
- [21] SCHÜLE, W., 8 Aralık 1960 tarihli özel mektup.
- [22] SCHWARTZ, B., “Die Warme und Stoffübertragung an Aussenwandoberflächen”, Institut für Bauphysik der Frauenhofer – Gesellschaft , Holzkirchen.
- [23] SEIFFERT, K. , Wasserdampfdiffusion im Bauwesen.
- [24] SUNGUROĞLU, İ. , Yapıların Isı ve Isı – Nem Etkilerindeki Performansları, Y.A.K. Dergisi, Nisan, Sayı 2, S. 93-99, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 1977.
- [25] TEZCAN, Y. , Sıcak Yapı Elemanlarının Kondansasyon Kontrolü Hesaplarında Kullanılacak Olan Dış Sınır Şartları ve Peryotlarının Belirlenmesi İçin Yeni Bir Metod, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 1970.
- [26] TEZCAN, Y. , Sınırsal Kondansasyon Etkisi Altında Bulunan Sıcak Yapı Elemanlarında Kondansasyon Kontrolü İçin Alınacak Tedbirler Yönünden Türkiye’nin Bölgelelendirilmesi, TÜBİTAK Yapı Araştırma Enstitüsü a26, Ankara, 1975.
- [27] TEZCAN, Y. , Türkiye’nin Çeşitli Mikroklimatik Yörelere İçin Sıcak Yapı Elemanlarında Kondansasyon Kontrolü Hesaplarında Kullanılacak Dış Çevre Şartları , TÜBİTAK Yapı Araştırma Enstitüsü a40, Ankara, 1979.
- [28] WIESE, G. , Wasserdampfdiffusion.
- [29] YÜCESOY, L. , Yapılarda Isı ve Buhar Etkisi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul, 1984.
- [30] YÜCESOY, L. , Bina Dış Kabuğunda Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarları ile Isı İletkenliğine Etkilerinin Belirlenmesi İçin Grafik Yöntem, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 1985.

EKLER

EK 1 : NEMLİ HAVANIN TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİ (STANDART ATMOSFERİK BASINCI, 101.325 kPa)

[ASHRAE TEMEL EL KİTABI (6)]

| t, °C | Özgül Nem kg _v /kg _a W _g | Özgül Hacim m ³ /kg(kuru hava) | | | Entalpi kJ/kg(kuru hava) | | | Entropi kJ/kg(kuru hava).K | | | Yoğuşmuş Su | | Buhar Basıncı kPa | °C |
|-------|---|--|-----------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------------|-----|
| | | v _a | v _{st} | v _s | h _a | h _{st} | h _s | s _a | s _{st} | s _s | h _w | s _w | | |
| | | W _g | v _a | v _{st} | v _s | h _a | h _{st} | h _s | s _a | s _{st} | s _s | h _w | | |
| -60 | 0,0000067 | 0,6027 | 0,0000 | 0,6027 | -60,351 | 0,017 | -60,334 | -0,2495 | 0,0001 | -0,2494 | -446,29 | -1,6854 | 0,00108 | -60 |
| -59 | 0,0000076 | 0,6056 | 0,0000 | 0,6056 | -59,344 | 0,018 | -59,326 | -0,2448 | 0,0001 | -0,2447 | -444,63 | -1,6776 | 0,00124 | -59 |
| -58 | 0,0000087 | 0,6084 | 0,0000 | 0,6084 | -58,338 | 0,021 | -58,317 | -0,2401 | 0,0001 | -0,2400 | -442,95 | -1,6698 | 0,00141 | -58 |
| -57 | 0,0000100 | 0,6113 | 0,0000 | 0,6113 | -57,332 | 0,024 | -57,308 | -0,2354 | 0,0001 | -0,2353 | -441,27 | -1,6620 | 0,00161 | -57 |
| -56 | 0,0000114 | 0,6141 | 0,0000 | 0,6141 | -56,326 | 0,028 | -56,298 | -0,2308 | 0,0001 | -0,2306 | -439,58 | -1,6542 | 0,00184 | -56 |
| -55 | 0,0000129 | 0,6170 | 0,0000 | 0,6170 | -55,319 | 0,031 | -55,288 | -0,2261 | 0,0002 | -0,2260 | -437,89 | -1,6464 | 0,00209 | -55 |
| -54 | 0,0000147 | 0,6198 | 0,0000 | 0,6198 | -54,313 | 0,036 | -54,278 | -0,2215 | 0,0002 | -0,2214 | -436,19 | -1,6386 | 0,00238 | -54 |
| -53 | 0,0000167 | 0,6226 | 0,0000 | 0,6227 | -53,307 | 0,041 | -53,267 | -0,2170 | 0,0002 | -0,2168 | -434,48 | -1,6308 | 0,00271 | -53 |
| -52 | 0,0000190 | 0,6255 | 0,0000 | 0,6255 | -52,301 | 0,046 | -52,255 | -0,2124 | 0,0002 | -0,2122 | -432,76 | -1,6230 | 0,00307 | -52 |
| -51 | 0,0000215 | 0,6283 | 0,0000 | 0,6284 | -51,295 | 0,052 | -51,243 | -0,2079 | 0,0002 | -0,2076 | -431,03 | -1,6153 | 0,00348 | -51 |
| -50 | 0,0000243 | 0,6312 | 0,0000 | 0,6312 | -50,289 | 0,059 | -50,230 | -0,2033 | 0,0003 | -0,2031 | -429,30 | -1,6075 | 0,00394 | -50 |
| -49 | 0,0000275 | 0,6340 | 0,0000 | 0,6341 | -49,283 | 0,067 | -49,216 | -0,1988 | 0,0003 | -0,1985 | -427,56 | -1,5997 | 0,00445 | -49 |
| -48 | 0,0000311 | 0,6369 | 0,0000 | 0,6369 | -48,277 | 0,075 | -48,202 | -0,1944 | 0,0004 | -0,1940 | -425,82 | -1,5919 | 0,00503 | -48 |
| -47 | 0,0000350 | 0,6397 | 0,0000 | 0,6398 | -47,271 | 0,085 | -47,186 | -0,1899 | 0,0004 | -0,1895 | -424,06 | -1,5842 | 0,00568 | -47 |
| -46 | 0,0000395 | 0,6426 | 0,0000 | 0,6426 | -46,265 | 0,095 | -46,170 | -0,1855 | 0,0004 | -0,1850 | -422,30 | -1,5764 | 0,00640 | -46 |
| -45 | 0,0000445 | 0,6454 | 0,0000 | 0,6455 | -45,259 | 0,108 | -45,151 | -0,1811 | 0,0005 | -0,1805 | -420,54 | -1,5686 | 0,00721 | -45 |
| -44 | 0,0000500 | 0,6483 | 0,0001 | 0,6483 | -44,253 | 0,121 | -44,132 | -0,1767 | 0,0006 | -0,1761 | -418,76 | -1,5609 | 0,00811 | -44 |
| -43 | 0,0000562 | 0,6511 | 0,0001 | 0,6512 | -43,247 | 0,137 | -43,111 | -0,1723 | 0,0006 | -0,1716 | -416,98 | -1,5531 | 0,00911 | -43 |
| -42 | 0,0000631 | 0,6540 | 0,0001 | 0,6540 | -42,241 | 0,153 | -42,088 | -0,1679 | 0,0007 | -0,1672 | -415,19 | -1,5453 | 0,01022 | -42 |
| -41 | 0,0000708 | 0,6568 | 0,0001 | 0,6569 | -41,235 | 0,172 | -41,063 | -0,1636 | 0,0008 | -0,1628 | -413,39 | -1,5376 | 0,01147 | -41 |
| -40 | 0,0000793 | 0,6597 | 0,0001 | 0,6597 | -40,229 | 0,192 | -40,037 | -0,1592 | 0,0009 | -0,1584 | -411,59 | -1,5298 | 0,01285 | -40 |
| -39 | 0,0000887 | 0,6625 | 0,0001 | 0,6626 | -39,224 | 0,216 | -39,007 | -0,1549 | 0,0010 | -0,1540 | -409,77 | -1,5221 | 0,01438 | -39 |
| -38 | 0,0000992 | 0,6653 | 0,0001 | 0,6654 | -38,218 | 0,241 | -37,976 | -0,1507 | 0,0011 | -0,1496 | -407,96 | -1,5143 | 0,01608 | -38 |
| -37 | 0,0001108 | 0,6682 | 0,0001 | 0,6683 | -37,212 | 0,270 | -37,942 | -0,1464 | 0,0012 | -0,1452 | -406,13 | -1,5066 | 0,01796 | -37 |
| -36 | 0,0001237 | 0,6710 | 0,0001 | 0,6712 | -36,206 | 0,302 | -35,905 | -0,1421 | 0,0014 | -0,1408 | -404,29 | -1,4988 | 0,02005 | -36 |
| -35 | 0,0001379 | 0,6739 | 0,0001 | 0,6740 | -35,200 | 0,336 | -34,864 | -0,1379 | 0,0015 | -0,1364 | -402,45 | -1,4911 | 0,02235 | -35 |
| -34 | 0,0001536 | 0,6767 | 0,0002 | 0,6769 | -34,195 | 0,375 | -33,820 | -0,1337 | 0,0017 | -0,1320 | -400,60 | -1,4833 | 0,02490 | -34 |
| -33 | 0,0001710 | 0,6796 | 0,0002 | 0,6798 | -33,189 | 0,417 | -32,772 | -0,1295 | 0,0018 | -0,1276 | -398,75 | -1,4756 | 0,02772 | -33 |
| -32 | 0,0001902 | 0,6824 | 0,0002 | 0,6826 | -32,183 | 0,464 | -31,718 | -0,1253 | 0,0020 | -0,1233 | -396,89 | -1,4678 | 0,03082 | -32 |
| -31 | 0,0002113 | 0,6853 | 0,0002 | 0,6855 | -31,178 | 0,517 | -30,661 | -0,1212 | 0,0023 | -0,1189 | -395,01 | -1,4601 | 0,03425 | -31 |
| -30 | 0,0002346 | 0,6881 | 0,0003 | 0,6884 | -30,171 | 0,574 | -29,597 | -0,1170 | 0,0025 | -0,1145 | -393,14 | -1,4524 | 0,03802 | -30 |
| -29 | 0,0002602 | 0,6909 | 0,0003 | 0,6912 | -29,166 | 0,636 | -28,529 | -0,1129 | 0,0028 | -0,1101 | -391,25 | -1,4446 | 0,04217 | -29 |
| -28 | 0,0002883 | 0,6938 | 0,0003 | 0,6941 | -28,160 | 0,707 | -27,454 | -0,1088 | 0,0031 | -0,1057 | -389,36 | -1,4369 | 0,04673 | -28 |
| -27 | 0,0003193 | 0,6966 | 0,0004 | 0,6970 | -27,154 | 0,782 | -26,372 | -0,1047 | 0,0034 | -0,1013 | -387,46 | -1,4291 | 0,05175 | -27 |
| -26 | 0,0003533 | 0,6995 | 0,0004 | 0,6999 | -26,149 | 0,867 | -25,282 | -0,1006 | 0,0037 | -0,0969 | -385,55 | -1,4214 | 0,05725 | -26 |
| -25 | 0,0003905 | 0,7023 | 0,0004 | 0,7028 | -25,143 | 0,959 | -24,184 | -0,0965 | 0,0041 | -0,0924 | -383,63 | -1,4137 | 0,06329 | -25 |
| -24 | 0,0004314 | 0,7052 | 0,0005 | 0,7057 | -24,137 | 1,059 | -23,078 | -0,0925 | 0,0045 | -0,0880 | -381,71 | -1,4059 | 0,06991 | -24 |
| -23 | 0,0004762 | 0,7080 | 0,0005 | 0,7086 | -23,132 | 1,171 | -21,961 | -0,0885 | 0,0050 | -0,0835 | -379,78 | -1,3982 | 0,07716 | -23 |
| -22 | 0,0005251 | 0,7109 | 0,0006 | 0,7115 | -22,126 | 1,292 | -20,834 | -0,0845 | 0,0054 | -0,0790 | -377,84 | -1,3905 | 0,08510 | -22 |
| -21 | 0,0005787 | 0,7137 | 0,0007 | 0,7144 | -21,120 | 1,425 | -19,695 | -0,0805 | 0,0060 | -0,0745 | -375,90 | -1,3828 | 0,09378 | -21 |
| -20 | 0,0006373 | 0,7165 | 0,0007 | 0,7173 | -20,115 | 1,570 | -18,545 | -0,0765 | 0,0066 | -0,0699 | -373,95 | -1,3750 | 0,10326 | -20 |
| -19 | 0,0007013 | 0,7194 | 0,0008 | 0,7202 | -19,109 | 1,729 | -17,380 | -0,0725 | 0,0072 | -0,0653 | -371,99 | -1,3673 | 0,11362 | -19 |
| -18 | 0,0007711 | 0,7222 | 0,0009 | 0,7231 | -18,103 | 1,902 | -16,201 | -0,0686 | 0,0079 | -0,0607 | -370,02 | -1,3596 | 0,12492 | -18 |
| -17 | 0,0008473 | 0,7251 | 0,0010 | 0,7261 | -17,098 | 2,092 | -15,006 | -0,0646 | 0,0086 | -0,0560 | -368,04 | -1,3518 | 0,13725 | -17 |
| -16 | 0,0009303 | 0,7279 | 0,0011 | 0,7290 | -16,092 | 2,299 | -13,793 | -0,0607 | 0,0094 | -0,0513 | -366,06 | -1,3441 | 0,15068 | -16 |
| -15 | 0,0010207 | 0,7308 | 0,0012 | 0,7320 | -15,086 | 2,524 | -12,562 | -0,0568 | 0,0103 | -0,0465 | -364,07 | -1,3364 | 0,16530 | -15 |
| -14 | 0,0011191 | 0,7336 | 0,0013 | 0,7349 | -14,080 | 2,769 | -11,311 | -0,0529 | 0,0113 | -0,0416 | -362,07 | -1,3287 | 0,18122 | -14 |
| -13 | 0,0012262 | 0,7364 | 0,0014 | 0,7379 | -13,075 | 3,036 | -10,039 | -0,0490 | 0,0123 | -0,0367 | -360,07 | -1,3210 | 0,19852 | -13 |
| -12 | 0,0013425 | 0,7393 | 0,0016 | 0,7409 | -12,069 | 3,327 | -8,742 | -0,0452 | 0,0134 | -0,0318 | -358,06 | -1,3132 | 0,21732 | -12 |
| -11 | 0,0014690 | 0,7421 | 0,0017 | 0,7439 | -11,063 | 3,642 | -7,421 | -0,0413 | 0,0146 | -0,0267 | -356,04 | -1,3055 | 0,23775 | -11 |
| -10 | 0,0016062 | 0,7450 | 0,0019 | 0,7469 | -10,057 | 3,986 | -6,072 | -0,0375 | 0,0160 | -0,0215 | -354,01 | -1,2978 | 0,25991 | -10 |
| -9 | 0,0017551 | 0,7478 | 0,0021 | 0,7499 | -9,052 | 4,358 | -4,693 | -0,0337 | 0,0174 | -0,0163 | -351,97 | -1,2901 | 0,28395 | -9 |
| -8 | 0,0019166 | 0,7507 | 0,0023 | 0,7530 | -8,046 | 4,764 | -3,283 | -0,0299 | 0,0189 | -0,0110 | -349,93 | -1,2824 | 0,30999 | -8 |
| -7 | 0,0020916 | 0,7535 | 0,0025 | 0,7560 | -7,040 | 5,202 | -1,838 | -0,0261 | 0,0206 | -0,0055 | -347,88 | -1,2746 | 0,33821 | -7 |
| -6 | 0,0022811 | 0,7563 | 0,0028 | 0,7591 | -6,035 | 5,677 | -0,357 | -0,0223 | 0,0224 | 0,0000 | -345,82 | -1,2669 | 0,36874 | -6 |
| -5 | 0,0024862 | 0,7592 | 0,0030 | 0,7622 | -5,029 | 6,192 | 1,164 | -0,0186 | 0,0243 | 0,0057 | -343,76 | -1,2592 | 0,40178 | -5 |
| -4 | 0,0027081 | 0,7620 | 0,0033 | 0,7653 | -4,023 | 6,751 | 2,728 | -0,0148 | 0,0264 | 0,0115 | -341,69 | -1,2515 | 0,43748 | -4 |
| -3 | 0,0029480 | 0,7649 | 0,0036 | 0,7685 | -3,017 | 7,353 | 4,336 | -0,0111 | 0,0286 | 0,0175 | -339,61 | -1,2438 | 0,47606 | -3 |
| -2 | 0,0032074 | 0,7677 | 0,0039 | 0,7717 | -2,011 | 8,007 | 5,995 | -0,0074 | 0,0310 | 0,0236 | -337,52 | -1,2361 | 0,51773 | -2 |
| -1 | 0,0034874 | 0,7705 | 0,0043 | 0,7749 | -1,006 | 8,712 | 7,706 | -0,0037 | 0,0336 | 0,0299 | -335,42 | -1,2284 | 0,56268 | -1 |
| 0 | 0,0037895 | 0,7734 | 0,0047 | 0,7781 | 0,000 | 9,473 | 9,473 | 0,0000 | 0,0364 | 0,0364 | -333,32 | -1,2206 | 0,61117 | 0 |
| 0 | 0,0037890 | 0,7734 | 0,0047 | 0,7781 | 0,000 | 9,473 | 9,473 | 0,0000 | 0,0364 | 0,0364 | 0,06 | -0,0001 | 0,61120 | 0 |
| 1 | 0,0040760 | 0,7762 | 0,0051 | 0,7813 | 1,006 | 10,197 | 11,203 | 0,0037 | 0,0391 | 0,0427 | 4,28 | 0,0153 | 0,65710 | 1 |
| 2 | 0,0043810 | 0,7791 | 0,0055 | 0,7845 | 2,012 | 10,970 | 12,982 | 0,0073 | 0,0419 | 0,0492 | 8,49 | 0,0306 | 0,70600 | 2 |
| 3 | 0,0047070 | 0,7819 | 0,0059 | 0,7878 | 3,018 | 11,793 | 14,811 | 0,0110 | 0,0449 | 0,0559 | 12,70 | 0,0459 | 0,75810 | 3 |
| 4 | 0,0050540 | 0,7848 | 0,0064 | 0,7911 | 4,024 | 12,672 | 16,696 | 0,0146 | 0,0480 | 0,0627 | 16,91 | 0,0611 | 0,81350 | 4 |

EK 1 : NEMLİ HAVANIN TERMODİNAMİK ÖZELİKLERİ (STANDART ATMOSFERİK BASINCI, 101.325 kPa)

[ASHRAE TEMEL EL KİTABI (6)]

| t, °C | Özgül Nem kg _w /kg _a | Özgül Hacim m ³ /kg(kuru hava) | | | Entalpi kJ/kg(kuru hava) | | | Entropi kJ/kg(kuru hava).K | | | Yoğuşmuş Su | | °C | | | |
|-------|---|---|----------------|-----------------|-----------------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------|------------------|--------------------|-------------------------|
| | | W _s | v _g | v _{sa} | v _s | h _g | h _{sa} | h _s | s _g | s _{sa} | s _s | h _w | | Entalpi kJ/kg | Entropi kJ/kg.K | Buhar Basıncı kPa |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 0,0054240 | 0,7876 | 0,0068 | 0,7944 | 5,029 | 13,610 | 18,639 | 0,0182 | 0,0514 | 0,0697 | 21,12 | 0,0762 | 0,87250 | 5 | | |
| 6 | 0,0058180 | 0,7904 | 0,0074 | 0,7978 | 6,036 | 14,608 | 20,644 | 0,0219 | 0,0550 | 0,0769 | 25,32 | 0,0913 | 0,93530 | 6 | | |
| 7 | 0,0062370 | 0,7933 | 0,0079 | 0,8012 | 7,041 | 15,671 | 22,713 | 0,0255 | 0,0588 | 0,0843 | 29,52 | 0,1064 | 1,00200 | 7 | | |
| 8 | 0,0066830 | 0,7961 | 0,0085 | 0,8046 | 8,047 | 16,805 | 24,852 | 0,0290 | 0,0628 | 0,0919 | 33,72 | 0,1213 | 1,07290 | 8 | | |
| 9 | 0,0071570 | 0,7990 | 0,0092 | 0,8081 | 9,053 | 18,010 | 27,064 | 0,0326 | 0,0671 | 0,0997 | 37,92 | 0,1362 | 1,14810 | 9 | | |
| 10 | 0,0076610 | 0,8018 | 0,0098 | 0,8116 | 10,059 | 19,293 | 29,352 | 0,0362 | 0,0717 | 0,1078 | 42,11 | 0,1511 | 1,22800 | 10 | | |
| 11 | 0,0081970 | 0,8046 | 0,0106 | 0,8152 | 11,065 | 20,658 | 31,724 | 0,0397 | 0,0765 | 0,1162 | 46,31 | 0,1659 | 1,31280 | 11 | | |
| 12 | 0,0087660 | 0,8075 | 0,0113 | 0,8188 | 12,071 | 22,108 | 34,179 | 0,0433 | 0,0816 | 0,1248 | 50,50 | 0,1806 | 1,40260 | 12 | | |
| 13 | 0,0093700 | 0,8103 | 0,0122 | 0,8225 | 13,077 | 23,649 | 36,726 | 0,0468 | 0,0870 | 0,1337 | 54,69 | 0,1953 | 1,49790 | 13 | | |
| 14 | 0,0100120 | 0,8132 | 0,0131 | 0,8262 | 14,084 | 25,286 | 39,370 | 0,0503 | 0,0927 | 0,1430 | 58,88 | 0,2099 | 1,59870 | 14 | | |
| 15 | 0,0106920 | 0,8160 | 0,0140 | 0,8300 | 15,090 | 27,023 | 42,113 | 0,0538 | 0,0987 | 0,1525 | 63,07 | 0,2244 | 1,70550 | 15 | | |
| 16 | 0,0114130 | 0,8188 | 0,0150 | 0,8338 | 16,096 | 28,867 | 44,963 | 0,0573 | 0,1051 | 0,1624 | 67,26 | 0,2389 | 1,81850 | 16 | | |
| 17 | 0,0121780 | 0,8217 | 0,0160 | 0,8377 | 17,102 | 30,824 | 47,926 | 0,0607 | 0,1119 | 0,1726 | 71,44 | 0,2534 | 1,93800 | 17 | | |
| 18 | 0,0129890 | 0,8245 | 0,0172 | 0,8417 | 18,108 | 32,900 | 51,008 | 0,0642 | 0,1190 | 0,1832 | 75,63 | 0,2678 | 2,06430 | 18 | | |
| 19 | 0,0138480 | 0,8274 | 0,0184 | 0,8457 | 19,114 | 35,101 | 54,216 | 0,0677 | 0,1266 | 0,1942 | 79,81 | 0,2821 | 2,19790 | 19 | | |
| 20 | 0,0147580 | 0,8302 | 0,0196 | 0,8498 | 20,121 | 37,434 | 57,555 | 0,0711 | 0,1346 | 0,2057 | 84,00 | 0,2965 | 2,33890 | 20 | | |
| 21 | 0,0157210 | 0,8330 | 0,0210 | 0,8540 | 21,127 | 39,908 | 61,035 | 0,0745 | 0,1430 | 0,2175 | 88,18 | 0,3107 | 2,48780 | 21 | | |
| 22 | 0,0167410 | 0,8359 | 0,0224 | 0,8583 | 22,133 | 42,527 | 64,660 | 0,0779 | 0,1519 | 0,2298 | 92,36 | 0,3249 | 2,64480 | 22 | | |
| 23 | 0,0178210 | 0,8387 | 0,0240 | 0,8627 | 23,140 | 45,301 | 68,440 | 0,0813 | 0,1613 | 0,2426 | 96,55 | 0,3390 | 2,81050 | 23 | | |
| 24 | 0,0189630 | 0,8416 | 0,0256 | 0,8671 | 24,146 | 48,239 | 72,385 | 0,0847 | 0,1712 | 0,2559 | 100,73 | 0,3531 | 2,98520 | 24 | | |
| 25 | 0,0201700 | 0,8444 | 0,0273 | 0,8717 | 25,153 | 51,347 | 76,500 | 0,0881 | 0,1817 | 0,2698 | 104,91 | 0,3672 | 3,16930 | 25 | | |
| 26 | 0,0214480 | 0,8472 | 0,0291 | 0,8764 | 26,159 | 54,638 | 80,798 | 0,0915 | 0,1927 | 0,2842 | 109,09 | 0,3812 | 3,36330 | 26 | | |
| 27 | 0,0227980 | 0,8501 | 0,0311 | 0,8811 | 27,165 | 58,120 | 85,285 | 0,0948 | 0,2044 | 0,2992 | 113,27 | 0,3951 | 3,56740 | 27 | | |
| 28 | 0,0242260 | 0,8529 | 0,0331 | 0,8860 | 28,172 | 61,804 | 89,976 | 0,0982 | 0,2166 | 0,3148 | 117,45 | 0,4090 | 3,78230 | 28 | | |
| 29 | 0,0257350 | 0,8558 | 0,0353 | 0,8910 | 29,179 | 65,699 | 94,878 | 0,1015 | 0,2296 | 0,3311 | 121,63 | 0,4229 | 4,00840 | 29 | | |
| 30 | 0,0273290 | 0,8586 | 0,0376 | 0,8962 | 30,185 | 69,820 | 100,006 | 0,1048 | 0,2432 | 0,3481 | 125,81 | 0,4367 | 4,24620 | 30 | | |
| 31 | 0,0290140 | 0,8614 | 0,0400 | 0,9015 | 31,192 | 74,177 | 105,369 | 0,1082 | 0,2576 | 0,3658 | 129,99 | 0,4505 | 4,49610 | 31 | | |
| 32 | 0,0307930 | 0,8643 | 0,0426 | 0,9069 | 32,198 | 78,780 | 110,979 | 0,1115 | 0,2728 | 0,3842 | 134,17 | 0,4642 | 4,75860 | 32 | | |
| 33 | 0,0326740 | 0,8671 | 0,0454 | 0,9125 | 33,205 | 83,652 | 116,857 | 0,1148 | 0,2887 | 0,4035 | 138,35 | 0,4779 | 5,03450 | 33 | | |
| 34 | 0,0346600 | 0,8700 | 0,0483 | 0,9183 | 34,212 | 88,799 | 123,011 | 0,1180 | 0,3056 | 0,4236 | 142,53 | 0,4915 | 5,32420 | 34 | | |
| 35 | 0,0367560 | 0,8728 | 0,0514 | 0,9242 | 35,219 | 94,236 | 129,455 | 0,1213 | 0,3233 | 0,4446 | 146,71 | 0,5051 | 5,62800 | 35 | | |
| 36 | 0,0389710 | 0,8756 | 0,0546 | 0,9303 | 36,226 | 99,983 | 136,209 | 0,1246 | 0,3420 | 0,4666 | 150,89 | 0,5186 | 5,94680 | 36 | | |
| 37 | 0,0413090 | 0,8785 | 0,0581 | 0,9366 | 37,233 | 106,058 | 143,290 | 0,1278 | 0,3617 | 0,4895 | 155,07 | 0,5321 | 6,28120 | 37 | | |
| 38 | 0,0437780 | 0,8813 | 0,0618 | 0,9431 | 38,239 | 112,474 | 150,713 | 0,1311 | 0,3824 | 0,5135 | 159,25 | 0,5456 | 6,63150 | 38 | | |
| 39 | 0,0463860 | 0,8842 | 0,0657 | 0,9498 | 39,246 | 119,258 | 158,504 | 0,1343 | 0,4043 | 0,5386 | 163,43 | 0,5590 | 6,99880 | 39 | | |
| 40 | 0,0491410 | 0,8870 | 0,0698 | 0,9568 | 40,253 | 126,430 | 166,683 | 0,1375 | 0,4273 | 0,5649 | 167,61 | 0,5724 | 7,38380 | 40 | | |
| 41 | 0,0520490 | 0,8898 | 0,0741 | 0,9640 | 41,261 | 134,005 | 175,265 | 0,1407 | 0,4516 | 0,5923 | 171,79 | 0,5857 | 7,78660 | 41 | | |
| 42 | 0,0551190 | 0,8927 | 0,0788 | 0,9714 | 42,268 | 142,007 | 184,275 | 0,1439 | 0,4771 | 0,6211 | 175,97 | 0,5990 | 8,20810 | 42 | | |
| 43 | 0,0583650 | 0,8955 | 0,0837 | 0,9792 | 43,275 | 150,475 | 193,749 | 0,1471 | 0,5041 | 0,6512 | 180,15 | 0,6122 | 8,64950 | 43 | | |
| 44 | 0,0617910 | 0,8983 | 0,0888 | 0,9872 | 44,282 | 159,417 | 203,699 | 0,1503 | 0,5325 | 0,6828 | 184,33 | 0,6254 | 9,11100 | 44 | | |
| 45 | 0,0654110 | 0,9012 | 0,0943 | 0,9955 | 45,289 | 168,874 | 214,164 | 0,1535 | 0,5624 | 0,7159 | 188,51 | 0,6386 | 9,59350 | 45 | | |
| 46 | 0,0692390 | 0,9040 | 0,1002 | 1,0042 | 46,296 | 178,882 | 225,179 | 0,1566 | 0,5940 | 0,7506 | 192,69 | 0,6517 | 10,09820 | 46 | | |
| 47 | 0,0732820 | 0,9069 | 0,1063 | 1,0132 | 47,304 | 189,455 | 236,759 | 0,1598 | 0,6273 | 0,7871 | 196,88 | 0,6648 | 10,62500 | 47 | | |
| 48 | 0,0775560 | 0,9097 | 0,1129 | 1,0226 | 48,311 | 200,644 | 248,955 | 0,1629 | 0,6624 | 0,8253 | 201,06 | 0,6778 | 11,17540 | 48 | | |
| 49 | 0,0820770 | 0,9125 | 0,1198 | 1,0323 | 49,319 | 212,485 | 261,803 | 0,1661 | 0,6994 | 0,8655 | 205,24 | 0,6908 | 11,75020 | 49 | | |
| 50 | 0,0868580 | 0,9154 | 0,1272 | 1,0425 | 50,326 | 225,019 | 275,345 | 0,1692 | 0,7385 | 0,9077 | 209,42 | 0,7038 | 12,35030 | 50 | | |
| 51 | 0,0919180 | 0,9182 | 0,1350 | 1,0532 | 51,334 | 238,290 | 289,624 | 0,1723 | 0,7798 | 0,9521 | 213,60 | 0,7167 | 12,97640 | 51 | | |
| 52 | 0,0972720 | 0,9211 | 0,1433 | 1,0643 | 52,341 | 252,340 | 304,682 | 0,1754 | 0,8234 | 0,9988 | 217,78 | 0,7296 | 13,62930 | 52 | | |
| 53 | 0,1029480 | 0,9239 | 0,1521 | 1,0760 | 53,349 | 267,247 | 320,596 | 0,1785 | 0,8695 | 1,0480 | 221,97 | 0,7424 | 14,31080 | 53 | | |
| 54 | 0,1089540 | 0,9267 | 0,1614 | 1,0882 | 54,357 | 283,031 | 337,388 | 0,1816 | 0,9182 | 1,0998 | 226,15 | 0,7552 | 15,02050 | 54 | | |
| 55 | 0,1153210 | 0,9296 | 0,1713 | 1,1009 | 55,365 | 299,772 | 355,137 | 0,1847 | 0,9698 | 1,1544 | 230,33 | 0,7680 | 15,76010 | 55 | | |
| 56 | 0,1220770 | 0,9324 | 0,1819 | 1,1143 | 56,373 | 317,549 | 373,922 | 0,1877 | 1,0243 | 1,2120 | 234,52 | 0,7807 | 16,53110 | 56 | | |
| 57 | 0,1292430 | 0,9353 | 0,1932 | 1,1284 | 57,381 | 336,417 | 393,798 | 0,1908 | 1,0820 | 1,2728 | 238,70 | 0,7934 | 17,33370 | 57 | | |
| 58 | 0,1368510 | 0,9381 | 0,2051 | 1,1432 | 58,389 | 356,461 | 414,850 | 0,1938 | 1,1432 | 1,3370 | 242,88 | 0,8061 | 18,16910 | 58 | | |
| 59 | 0,1449420 | 0,9409 | 0,2179 | 1,1588 | 59,397 | 377,788 | 437,185 | 0,1969 | 1,2081 | 1,4050 | 247,07 | 0,8187 | 19,03930 | 59 | | |
| 60 | 0,1535400 | 0,9438 | 0,2315 | 1,1752 | 60,405 | 400,458 | 460,863 | 0,1999 | 1,2769 | 1,4768 | 251,25 | 0,8313 | 19,94390 | 60 | | |
| 61 | 0,1626900 | 0,9466 | 0,2460 | 1,1926 | 61,413 | 424,624 | 486,036 | 0,2029 | 1,3500 | 1,5530 | 255,44 | 0,8438 | 20,88580 | 61 | | |
| 62 | 0,1724400 | 0,9494 | 0,2614 | 1,2109 | 62,421 | 450,377 | 512,798 | 0,2059 | 1,4278 | 1,6337 | 259,62 | 0,8563 | 21,86510 | 62 | | |
| 63 | 0,1828400 | 0,9523 | 0,2780 | 1,2303 | 63,429 | 477,837 | 541,266 | 0,2089 | 1,5104 | 1,7194 | 263,81 | 0,8688 | 22,88260 | 63 | | |
| 64 | 0,1939300 | 0,9551 | 0,2957 | 1,2508 | 64,438 | 507,177 | 571,615 | 0,2119 | 1,5985 | 1,8105 | 268,00 | 0,8812 | 23,94050 | 64 | | |
| 65 | 0,2057900 | 0,9580 | 0,3147 | 1,2726 | 65,446 | 538,548 | 603,995 | 0,2149 | 1,6925 | 1,9074 | 272,18 | 0,8936 | 25,03970 | 65 | | |
| 66 | 0,2184800 | 0,9608 | 0,3350 | 1,2958 | 66,455 | 572,116 | 638,571 | 0,2179 | 1,7927 | 2,0106 | 276,37 | 0,9060 | 26,18100 | 66 | | |
| 67 | 0,2320700 | 0,9636 | 0,3568 | 1,3204 | 67,463 | 608,103 | 675,566 | 0,2209 | 1,8999 | 2,1208 | 280,56 | 0,9188 | 27,36640 | 67 | | |
| 68 | 0,2466400 | 0,9665 | 0,3803 | 1,3467 | 68,472 | 646,724 | 715,196 | 0,2238 | 2,0147 | 2,2385 | 284,75 | 0,9306 | 28,59670 | 68 | | |
| 69 | 0,2623100 | 0,9693 | 0,4055 | 1,3749 | 69,481 | 688,261 | 757,742 | 0,2268 | 2,1378 | 2,3646 | 288,94 | 0,9429 | 29,87410 | 69 | | |
| 70 | 0,2791600 | 0,9721 | 0,4328 | 1,4049 | 70,489 | 732,959 | 803,448 | 0,2297 | 2,2699 | 2,4996 | 293,13 | 0,9551 | 31,19860 | 70 | | |

EK 1 : NEMLİ HAVANIN TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİ (STANDART ATMOSFERİK BASINCI, 101.325 kPa)

[ASHRAE TEMEL EL KİTABI (6)]

| t, °C | Özgül Nem kg _w /kg _a | Özgül Hacim m ³ /kg(kuru hava) | | | | Entalpi kJ/kg(kuru hava) | | | Entropi kJ/kg(kuru hava).K | | | Yoğuşmuş Su | | Buhar Basıncı kPa | °C |
|-------|---|--|----------------|-----------------|----------------|-----------------------------|-----------------|----------------|-------------------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------|----|
| | | W ₁ | v _a | v _{ss} | v _s | h _a | h _{ss} | h _s | s _a | s _{ss} | s _s | Yoğuşmuş Su | | | |
| | | | | | | | | | | | | h _w | s _w | | |
| 71 | 0,2973400 | 0,9750 | 0,4622 | 1,4372 | 71,498 | 781,208 | 852,706 | 0,2327 | 2,4122 | 2,6448 | 297,32 | 0,9673 | 32,57340 | 71 | |
| 72 | 0,3169800 | 0,9778 | 0,4941 | 1,4719 | 72,507 | 833,335 | 905,842 | 0,2356 | 2,5655 | 2,8010 | 301,51 | 0,9794 | 33,99830 | 72 | |
| 73 | 0,3382400 | 0,9807 | 0,5287 | 1,5093 | 73,516 | 889,807 | 963,323 | 0,2385 | 2,7311 | 2,9696 | 305,70 | 0,9916 | 35,47590 | 73 | |
| 74 | 0,3613000 | 0,9835 | 0,5662 | 1,5497 | 74,525 | 951,077 | 1025,603 | 0,2414 | 2,9104 | 3,1518 | 309,89 | 1,0037 | 37,00630 | 74 | |
| 75 | 0,3864100 | 0,9863 | 0,6072 | 1,5935 | 75,535 | 1017,841 | 1093,375 | 0,2443 | 3,1052 | 3,3496 | 314,08 | 1,0157 | 38,59400 | 75 | |
| 76 | 0,4137700 | 0,9892 | 0,6519 | 1,6411 | 76,543 | 1090,628 | 1167,172 | 0,2472 | 3,3171 | 3,5644 | 318,28 | 1,0278 | 40,23690 | 76 | |
| 77 | 0,4437200 | 0,9920 | 0,7010 | 1,6930 | 77,553 | 1170,328 | 1247,881 | 0,2501 | 3,5486 | 3,7987 | 322,47 | 1,0398 | 41,93880 | 77 | |
| 78 | 0,4766300 | 0,9948 | 0,7550 | 1,7498 | 78,562 | 1257,921 | 1336,483 | 0,2530 | 3,8023 | 4,0553 | 326,67 | 1,0517 | 43,70200 | 78 | |
| 79 | 0,5128400 | 0,9977 | 0,8145 | 1,8121 | 79,572 | 1354,347 | 1433,918 | 0,2559 | 4,0810 | 4,3368 | 330,86 | 1,0636 | 45,52480 | 79 | |
| 80 | 0,5529500 | 1,0005 | 0,8805 | 1,8810 | 80,581 | 1461,200 | 1541,781 | 0,2587 | 4,3890 | 4,6477 | 335,06 | 1,0755 | 47,41350 | 80 | |
| 81 | 0,5975100 | 1,0034 | 0,9539 | 1,9572 | 81,591 | 1579,961 | 1661,552 | 0,2616 | 4,7305 | 4,9921 | 339,25 | 1,0874 | 49,36700 | 81 | |
| 82 | 0,6472400 | 1,0062 | 1,0360 | 2,0422 | 82,600 | 1712,547 | 1795,148 | 0,2644 | 5,1108 | 5,3753 | 343,45 | 1,0993 | 51,38600 | 82 | |
| 83 | 0,7031100 | 1,0090 | 1,1283 | 2,1373 | 83,610 | 1861,548 | 1945,158 | 0,2673 | 5,5372 | 5,8045 | 347,65 | 1,1111 | 53,47460 | 83 | |
| 84 | 0,7662400 | 1,0119 | 1,2328 | 2,2446 | 84,620 | 2029,983 | 2114,603 | 0,2701 | 6,0181 | 6,2882 | 351,85 | 1,1228 | 55,63370 | 84 | |
| 85 | 0,8381200 | 1,0147 | 1,3518 | 2,3666 | 85,630 | 2221,806 | 2307,436 | 0,2729 | 6,5644 | 6,8373 | 356,05 | 1,1346 | 57,86580 | 85 | |
| 86 | 0,9206200 | 1,0175 | 1,4887 | 2,5062 | 86,640 | 2442,036 | 2528,677 | 0,2757 | 7,1901 | 7,4658 | 360,25 | 1,1463 | 60,17270 | 86 | |
| 87 | 1,0161100 | 1,0204 | 1,6473 | 2,6676 | 87,650 | 2697,016 | 2784,666 | 0,2785 | 7,9128 | 8,1914 | 364,45 | 1,1580 | 62,55440 | 87 | |
| 88 | 1,1280000 | 1,0232 | 1,8333 | 2,8565 | 88,661 | 2995,890 | 3084,551 | 0,2813 | 8,7580 | 9,0393 | 368,65 | 1,1696 | 65,01660 | 88 | |
| 89 | 1,2606400 | 1,0261 | 2,0540 | 3,0800 | 89,671 | 3350,254 | 3439,925 | 0,2841 | 9,7577 | 10,0419 | 372,86 | 1,1812 | 67,55810 | 89 | |
| 90 | 1,4203100 | 1,0289 | 2,3199 | 3,3488 | 90,681 | 3776,918 | 3867,599 | 0,2869 | 10,9586 | 11,2455 | 377,06 | 1,1928 | 70,18170 | 90 | |

EK 2 : DOYMUŞ SU BUHARININ TERMODİNAMİK ÖZELİKLERİ [ASHRAE TEMEL EL KİTABI (6)]

| t, °C | Mutlak Basınç kPa | Özgül Hacim, m ³ /kg | | | Entalpi, kJ/kg | | | Entropi, kJ/kg.K | | | °C |
|-------|-------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------|-----|
| | | Doymuş Sıvı | Buharlaşma | Doymuş Buhar | Doymuş Sıvı | Buharlaşma | Doymuş Buhar | Doymuş Sıvı | Buharlaşma | Doymuş Buhar | |
| | | v _f /v _f | v _{fg} /v _{fg} | v _g | h _f /h _f | h _{fg} /h _{fg} | h _g | s _f /s _f | s _{fg} /s _{fg} | s _g | |
| -60 | 0,0011 | 0,001082 | 90942,00 | 90942,00 | -446,40 | 2836,27 | 2389,87 | -1,6854 | 13,3065 | 11,6211 | -60 |
| -59 | 0,0012 | 0,001082 | 79858,69 | 79858,69 | -444,74 | 2836,46 | 2391,72 | -1,7667 | 13,2454 | 11,5677 | -59 |
| -58 | 0,0014 | 0,001082 | 70212,37 | 70212,37 | -443,06 | 2836,64 | 2393,57 | -1,6698 | 13,8145 | 11,5147 | -58 |
| -57 | 0,0016 | 0,001082 | 61805,35 | 61805,35 | -441,38 | 2836,81 | 2395,43 | -1,6620 | 13,1243 | 11,4623 | -57 |
| -56 | 0,0018 | 0,001082 | 54469,39 | 54469,39 | -439,69 | 2836,97 | 2397,28 | -1,6542 | 13,0646 | 11,4104 | -56 |
| -55 | 0,0021 | 0,001082 | 48061,05 | 48061,05 | -438,00 | 2837,13 | 2399,12 | -1,6464 | 13,0054 | 11,3590 | -55 |
| -54 | 0,0024 | 0,001082 | 42455,57 | 42455,57 | -436,29 | 2837,27 | 2400,98 | -1,6386 | 12,9468 | 11,3082 | -54 |
| -53 | 0,0027 | 0,001083 | 37546,09 | 37546,09 | -434,59 | 2837,42 | 2402,83 | -1,6308 | 12,8886 | 11,2578 | -53 |
| -52 | 0,0031 | 0,001083 | 33242,14 | 33242,14 | -432,87 | 2837,55 | 2404,68 | -1,6230 | 12,8309 | 11,2079 | -52 |
| -51 | 0,0035 | 0,001083 | 29464,67 | 29464,67 | -431,14 | 2837,68 | 2406,53 | -1,6153 | 12,7738 | 11,1585 | -51 |
| -50 | 0,0039 | 0,001083 | 26145,01 | 26145,01 | -429,41 | 2837,80 | 2408,39 | -1,6075 | 12,7170 | 11,1096 | -50 |
| -49 | 0,0045 | 0,001083 | 23223,69 | 23223,70 | -427,67 | 2837,91 | 2410,24 | -1,5997 | 12,6608 | 11,0611 | -49 |
| -48 | 0,0050 | 0,001083 | 20651,68 | 20651,69 | -425,93 | 2838,02 | 2412,09 | -1,5919 | 12,6051 | 11,0131 | -48 |
| -47 | 0,0057 | 0,001083 | 18383,50 | 18383,51 | -424,27 | 2838,12 | 2413,84 | -1,5842 | 12,5498 | 10,9656 | -47 |
| -46 | 0,0064 | 0,001083 | 16381,35 | 16381,36 | -422,41 | 2838,21 | 2415,79 | -1,5764 | 12,4949 | 10,9185 | -46 |
| -45 | 0,0072 | 0,001084 | 14612,35 | 14612,36 | -420,65 | 2838,29 | 2417,65 | -1,5686 | 12,4405 | 10,8719 | -45 |
| -44 | 0,0081 | 0,001084 | 13047,65 | 13047,66 | -418,87 | 2838,37 | 2419,50 | -1,5609 | 12,3866 | 10,8257 | -44 |
| -43 | 0,0091 | 0,001084 | 11661,85 | 11661,85 | -417,09 | 2838,44 | 2421,35 | -1,5531 | 12,3330 | 10,7799 | -43 |
| -42 | 0,0102 | 0,001084 | 10433,85 | 10433,85 | -415,30 | 2838,50 | 2423,20 | -1,5453 | 12,2799 | 10,7346 | -42 |
| -41 | 0,0115 | 0,001084 | 9344,25 | 9344,25 | -413,50 | 2838,55 | 2425,05 | -1,5376 | 12,2273 | 10,6897 | -41 |
| -40 | 0,0129 | 0,001084 | 8376,33 | 8376,33 | -411,70 | 2838,60 | 2426,90 | -1,5298 | 12,1750 | 10,6452 | -40 |
| -39 | 0,0144 | 0,001085 | 7515,86 | 7515,87 | -409,88 | 2838,64 | 2428,76 | -1,5221 | 12,1232 | 10,6011 | -39 |
| -38 | 0,0161 | 0,001085 | 6750,36 | 6750,36 | -408,07 | 2838,67 | 2430,61 | -1,5143 | 12,0718 | 10,5575 | -38 |
| -37 | 0,0180 | 0,001085 | 6068,16 | 6068,17 | -406,24 | 2838,70 | 2432,46 | -1,5066 | 12,0208 | 10,5142 | -37 |
| -36 | 0,0201 | 0,001085 | 5459,82 | 5459,82 | -404,40 | 2838,71 | 2434,31 | -1,4988 | 11,9702 | 10,4713 | -36 |
| -35 | 0,0224 | 0,001085 | 4917,09 | 4917,10 | -402,56 | 2838,73 | 2436,16 | -1,4911 | 11,9199 | 10,4289 | -35 |
| -34 | 0,0249 | 0,001085 | 4432,36 | 4432,37 | -400,72 | 2838,73 | 2438,01 | -1,4833 | 11,8701 | 10,3868 | -34 |
| -33 | 0,0277 | 0,001085 | 3998,71 | 3998,71 | -398,86 | 2838,72 | 2439,86 | -1,4756 | 11,8207 | 10,3451 | -33 |
| -32 | 0,0308 | 0,001086 | 3610,71 | 3610,71 | -397,00 | 2838,71 | 2441,72 | -1,4678 | 11,7716 | 10,3037 | -32 |
| -31 | 0,0343 | 0,001086 | 3263,20 | 3263,20 | -395,12 | 2838,69 | 2443,57 | -1,4601 | 11,7229 | 10,2628 | -31 |
| -30 | 0,0380 | 0,001086 | 2951,64 | 2951,64 | -393,25 | 2838,66 | 2445,42 | -1,4524 | 11,6746 | 10,2222 | -30 |
| -29 | 0,0422 | 0,001086 | 2672,03 | 2672,03 | -391,36 | 2838,63 | 2447,27 | -1,4446 | 11,6266 | 10,1820 | -29 |
| -28 | 0,0467 | 0,001086 | 2420,89 | 2420,89 | -389,47 | 2838,59 | 2449,12 | -1,4369 | 11,5790 | 10,1421 | -28 |
| -27 | 0,0518 | 0,001086 | 2195,23 | 2195,23 | -387,57 | 2838,53 | 2450,97 | -1,4291 | 11,5318 | 10,1026 | -27 |
| -26 | 0,0573 | 0,001087 | 1992,15 | 1992,15 | -385,66 | 2838,48 | 2452,82 | -1,4214 | 11,4849 | 10,0634 | -26 |
| -25 | 0,0633 | 0,001087 | 1809,35 | 1809,35 | -383,74 | 2838,41 | 2454,67 | -1,4137 | 11,4383 | 10,0246 | -25 |
| -24 | 0,0699 | 0,001087 | 1644,59 | 1644,59 | -381,84 | 2838,34 | 2457,00 | -1,4059 | 11,3921 | 9,9862 | -24 |
| -23 | 0,0772 | 0,001087 | 1495,98 | 1495,98 | -379,89 | 2838,26 | 2458,37 | -1,3982 | 11,3462 | 9,9480 | -23 |
| -22 | 0,0851 | 0,001087 | 1361,94 | 1361,94 | -377,95 | 2838,17 | 2460,22 | -1,3905 | 11,3007 | 9,9102 | -22 |
| -21 | 0,0938 | 0,001087 | 1240,77 | 1240,77 | -376,01 | 2838,07 | 2462,06 | -1,3828 | 11,2555 | 9,8727 | -21 |
| -20 | 0,1033 | 0,001087 | 1131,27 | 1131,27 | -374,06 | 2837,97 | 2463,91 | -1,3750 | 11,2106 | 9,8356 | -20 |
| -19 | 0,1136 | 0,001088 | 1032,18 | 1032,18 | -372,10 | 2837,86 | 2465,76 | -1,3673 | 11,1661 | 9,7988 | -19 |
| -18 | 0,1249 | 0,001088 | 942,46 | 942,47 | -370,13 | 2837,74 | 2467,61 | -1,3596 | 11,1218 | 9,7623 | -18 |
| -17 | 0,1373 | 0,001088 | 861,17 | 861,18 | -368,15 | 2837,61 | 2469,46 | -1,3518 | 11,0779 | 9,7261 | -17 |
| -16 | 0,1507 | 0,001088 | 787,48 | 787,49 | -366,17 | 2837,47 | 2471,30 | -1,3441 | 11,0343 | 9,6902 | -16 |
| -15 | 0,1653 | 0,001088 | 720,59 | 720,59 | -364,18 | 2837,33 | 2473,15 | -1,3364 | 10,9910 | 9,6546 | -15 |
| -14 | 0,1812 | 0,001088 | 659,86 | 659,86 | -362,18 | 2837,18 | 2474,99 | -1,3287 | 10,9480 | 9,6193 | -14 |
| -13 | 0,1985 | 0,001089 | 604,65 | 604,65 | -360,18 | 2837,02 | 2476,84 | -1,3210 | 10,9053 | 9,5844 | -13 |
| -12 | 0,2173 | 0,001089 | 554,45 | 554,45 | -358,17 | 2836,85 | 2478,68 | -1,3132 | 10,8629 | 9,5497 | -12 |
| -11 | 0,2378 | 0,001089 | 508,75 | 508,75 | -356,15 | 2836,68 | 2480,53 | -1,3055 | 10,8208 | 9,5153 | -11 |
| -10 | 0,2599 | 0,001089 | 467,14 | 467,14 | -354,12 | 2836,49 | 2482,37 | -1,2978 | 10,7790 | 9,4812 | -10 |
| -9 | 0,2840 | 0,001089 | 429,21 | 429,21 | -352,08 | 2836,30 | 2484,22 | -1,2901 | 10,7375 | 9,4474 | -9 |
| -8 | 0,3100 | 0,001090 | 394,64 | 394,64 | -350,04 | 2836,10 | 2486,06 | -1,2824 | 10,6962 | 9,4139 | -8 |
| -7 | 0,3382 | 0,001090 | 363,07 | 363,07 | -347,99 | 2835,89 | 2487,90 | -1,2746 | 10,6552 | 9,3806 | -7 |
| -6 | 0,3687 | 0,001090 | 334,25 | 334,25 | -345,93 | 2835,68 | 2489,74 | -1,2669 | 10,6145 | 9,3476 | -6 |
| -5 | 0,4018 | 0,001090 | 307,91 | 307,91 | -343,87 | 2835,45 | 2491,58 | -1,2592 | 10,5741 | 9,3149 | -5 |
| -4 | 0,4375 | 0,001090 | 283,83 | 283,83 | -341,80 | 2835,22 | 2493,42 | -1,2515 | 10,5340 | 9,2825 | -4 |
| -3 | 0,4761 | 0,001090 | 261,79 | 261,79 | -339,72 | 2834,98 | 2495,26 | -1,2438 | 10,4941 | 9,2503 | -3 |
| -2 | 0,5177 | 0,001091 | 241,60 | 241,60 | -337,63 | 2834,72 | 2497,10 | -1,2361 | 10,4544 | 9,2184 | -2 |
| -1 | 0,5627 | 0,001091 | 223,11 | 223,11 | -335,53 | 2834,47 | 2498,93 | -1,2284 | 10,4151 | 9,1867 | -1 |
| 0 | 0,6112 | 0,001091 | 206,16 | 206,16 | -333,43 | 2834,20 | 2500,77 | -1,2206 | 10,3760 | 9,1553 | 0 |
| 0 | 0,6112 | 0,001000 | 206,141 | 206,143 | -0,04 | 2500,81 | 2500,77 | -0,0002 | 9,1555 | 9,1553 | 0 |
| 1 | 0,6571 | 0,001000 | 192,455 | 192,456 | 4,18 | 2498,43 | 2502,61 | 0,0153 | 9,1134 | 9,1286 | 1 |
| 2 | 0,7060 | 0,001000 | 179,769 | 179,770 | 8,39 | 2496,05 | 2504,45 | 0,0306 | 9,0716 | 9,1022 | 2 |

EK 2 : DOYMUŞ SU BUHARININ TERMODİNAMİK ÖZELİKLERİ [ASHRAE TEMEL EL KİTABI (6)]

| t, °C | Mutlak Basıncı kPa | Özgül Hacim, m ³ /kg | | | Entalpi, kJ/kg | | | Entropi, kJ/kg.K | | | °C |
|-------|--------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------|----|
| | | Doymuş Sıvı | Buharlaştırma | Doymuş Buhar | Doymuş Sıvı | Buharlaştırma | Doymuş Buhar | Doymuş Sıvı | Buharlaştırma | Doymuş Buhar | |
| | | v _f /v _f | v _{fg} /v _{fg} | v _g | h _f /h _f | h _{fg} /h _{fg} | h _g | s _f /s _f | s _{fg} /s _{fg} | s _g | |
| 3 | 0,7581 | 0,001000 | 168,026 | 168,027 | 12,60 | 2493,68 | 2506,28 | 0,0459 | 9,0302 | 9,0761 | 3 |
| 4 | 0,8135 | 0,001000 | 157,137 | 157,138 | 16,81 | 2491,31 | 2508,12 | 0,0611 | 8,9890 | 9,0501 | 4 |
| 5 | 0,8725 | 0,001000 | 147,032 | 147,033 | 21,02 | 2488,94 | 2509,96 | 0,0762 | 8,9482 | 9,0244 | 5 |
| 6 | 0,9353 | 0,001000 | 137,653 | 137,654 | 25,22 | 2486,57 | 2511,79 | 0,0913 | 8,9077 | 8,9990 | 6 |
| 7 | 1,0020 | 0,001000 | 128,947 | 128,948 | 29,42 | 2484,20 | 2513,62 | 0,1064 | 8,8674 | 8,9738 | 7 |
| 8 | 1,0729 | 0,001000 | 120,850 | 120,851 | 33,62 | 2481,84 | 2515,46 | 0,1213 | 8,8273 | 8,9486 | 8 |
| 9 | 1,1481 | 0,001000 | 113,326 | 113,327 | 37,82 | 2479,47 | 2517,29 | 0,1362 | 8,7878 | 8,9240 | 9 |
| 10 | 1,2280 | 0,001000 | 106,328 | 106,329 | 42,01 | 2477,11 | 2519,12 | 0,1511 | 8,7484 | 8,8995 | 10 |
| 11 | 1,3128 | 0,001000 | 99,812 | 99,813 | 46,21 | 2474,74 | 2520,95 | 0,1659 | 8,7093 | 8,8752 | 11 |
| 12 | 1,4026 | 0,001001 | 93,743 | 93,744 | 50,40 | 2472,38 | 2522,78 | 0,1806 | 8,6705 | 8,8511 | 12 |
| 13 | 1,4979 | 0,001001 | 88,088 | 88,089 | 54,59 | 2470,02 | 2524,61 | 0,1953 | 8,6319 | 8,8272 | 13 |
| 14 | 1,5987 | 0,001001 | 82,815 | 82,816 | 58,78 | 2467,66 | 2526,44 | 0,2099 | 8,5936 | 8,8035 | 14 |
| 15 | 1,7055 | 0,001001 | 77,897 | 77,898 | 62,97 | 2465,30 | 2528,26 | 0,2244 | 8,5556 | 8,7801 | 15 |
| 16 | 1,8185 | 0,001001 | 73,307 | 73,308 | 67,16 | 2462,93 | 2530,09 | 0,2389 | 8,5178 | 8,7568 | 16 |
| 17 | 1,9380 | 0,001001 | 69,021 | 69,022 | 71,34 | 2460,57 | 2531,92 | 0,2534 | 8,4804 | 8,7338 | 17 |
| 18 | 2,0643 | 0,001002 | 65,017 | 65,018 | 75,53 | 2458,21 | 2533,74 | 0,2678 | 8,4431 | 8,7109 | 18 |
| 19 | 2,1979 | 0,001002 | 61,272 | 61,273 | 79,72 | 2455,85 | 2535,56 | 0,2821 | 8,4061 | 8,6883 | 19 |
| 20 | 2,3389 | 0,001002 | 57,774 | 57,775 | 83,90 | 2453,48 | 2537,38 | 0,2965 | 8,3694 | 8,6658 | 20 |
| 21 | 2,4878 | 0,001002 | 54,500 | 54,501 | 88,08 | 2451,12 | 2539,20 | 0,3107 | 8,3329 | 8,6436 | 21 |
| 22 | 2,6448 | 0,001002 | 51,433 | 51,434 | 92,27 | 2448,75 | 2541,02 | 0,3249 | 8,2967 | 8,6215 | 22 |
| 23 | 2,8105 | 0,001003 | 48,562 | 48,563 | 96,45 | 2446,39 | 2542,84 | 0,3390 | 8,2607 | 8,5996 | 23 |
| 24 | 2,9852 | 0,001003 | 45,872 | 45,873 | 100,63 | 2444,02 | 2544,65 | 0,3531 | 8,2249 | 8,5780 | 24 |
| 25 | 3,1693 | 0,001003 | 43,350 | 43,351 | 104,81 | 2441,66 | 2546,47 | 0,3672 | 8,1894 | 8,5565 | 25 |
| 26 | 3,3633 | 0,001003 | 40,985 | 40,986 | 108,99 | 2439,29 | 2548,28 | 0,3812 | 8,1541 | 8,5352 | 26 |
| 27 | 3,5674 | 0,001004 | 38,766 | 38,767 | 113,18 | 2436,92 | 2550,09 | 0,3951 | 8,1190 | 8,5141 | 27 |
| 28 | 3,7823 | 0,001004 | 36,682 | 36,683 | 117,36 | 2434,55 | 2551,90 | 0,4090 | 8,0842 | 8,4932 | 28 |
| 29 | 4,0084 | 0,001004 | 34,726 | 34,727 | 121,54 | 2432,17 | 2553,71 | 0,4229 | 8,0496 | 8,4724 | 29 |
| 30 | 4,2462 | 0,001004 | 32,889 | 32,890 | 125,72 | 2429,80 | 2555,52 | 0,4367 | 8,0152 | 8,4519 | 30 |
| 31 | 4,4961 | 0,001005 | 31,160 | 31,161 | 129,90 | 2427,43 | 2557,32 | 0,4505 | 7,9810 | 8,4315 | 31 |
| 32 | 4,7586 | 0,001005 | 29,535 | 29,536 | 134,08 | 2425,05 | 2559,13 | 0,4642 | 7,9471 | 8,4112 | 32 |
| 33 | 5,0345 | 0,001005 | 28,006 | 28,007 | 138,26 | 2422,67 | 2560,93 | 0,4779 | 7,9133 | 8,3912 | 33 |
| 34 | 5,3242 | 0,001006 | 26,567 | 26,568 | 142,44 | 2420,29 | 2562,73 | 0,4915 | 7,8790 | 8,3705 | 34 |
| 35 | 5,6280 | 0,001006 | 25,212 | 25,213 | 146,62 | 2417,91 | 2564,53 | 0,5051 | 7,8465 | 8,3516 | 35 |
| 36 | 5,9468 | 0,001006 | 23,935 | 23,936 | 150,80 | 2415,53 | 2566,33 | 0,5186 | 7,8134 | 8,3320 | 36 |
| 37 | 6,2812 | 0,001007 | 22,733 | 22,734 | 154,98 | 2413,14 | 2568,12 | 0,5321 | 7,7805 | 8,3127 | 37 |
| 38 | 6,6315 | 0,001007 | 21,599 | 21,600 | 159,16 | 2410,76 | 2569,91 | 0,5456 | 7,7479 | 8,2934 | 38 |
| 39 | 6,9988 | 0,001008 | 20,529 | 20,530 | 163,34 | 2408,37 | 2571,71 | 0,5590 | 7,7154 | 8,2744 | 39 |
| 40 | 7,3838 | 0,001008 | 19,520 | 19,521 | 167,52 | 2405,98 | 2573,50 | 0,5724 | 7,6831 | 8,2555 | 40 |
| 41 | 7,7866 | 0,001008 | 18,567 | 18,568 | 171,70 | 2403,58 | 2575,28 | 0,5857 | 7,6510 | 8,2367 | 41 |
| 42 | 8,2081 | 0,001009 | 17,667 | 17,668 | 175,88 | 2401,19 | 2577,07 | 0,5990 | 7,6191 | 8,2181 | 42 |
| 43 | 8,6495 | 0,001009 | 16,818 | 16,819 | 180,06 | 2398,79 | 2578,85 | 0,6122 | 7,5875 | 8,1997 | 43 |
| 44 | 9,1110 | 0,001010 | 16,014 | 16,015 | 184,24 | 2396,39 | 2580,63 | 0,6254 | 7,5560 | 8,1814 | 44 |
| 45 | 9,5935 | 0,001010 | 15,255 | 15,256 | 188,42 | 2393,99 | 2582,41 | 0,6386 | 7,5247 | 8,1632 | 45 |
| 46 | 10,0982 | 0,001010 | 14,537 | 14,538 | 192,60 | 2391,59 | 2584,19 | 0,6517 | 7,4936 | 8,1452 | 46 |
| 47 | 10,6250 | 0,001011 | 13,858 | 13,859 | 196,78 | 2389,18 | 2585,96 | 0,6648 | 7,4626 | 8,1274 | 47 |
| 48 | 11,1754 | 0,001011 | 13,214 | 13,215 | 200,97 | 2386,77 | 2587,74 | 0,6778 | 7,4319 | 8,1097 | 48 |
| 49 | 11,7502 | 0,001012 | 12,606 | 12,607 | 205,15 | 2384,36 | 2589,51 | 0,6908 | 7,4013 | 8,0921 | 49 |
| 50 | 12,3503 | 0,001012 | 12,029 | 12,030 | 209,33 | 2381,94 | 2591,27 | 0,7038 | 7,3709 | 8,0747 | 50 |
| 51 | 12,9764 | 0,001013 | 11,482 | 11,483 | 213,51 | 2379,53 | 2593,04 | 0,7167 | 7,3407 | 8,0574 | 51 |
| 52 | 13,6293 | 0,001013 | 10,964 | 10,965 | 217,70 | 2377,10 | 2594,80 | 0,7296 | 7,3107 | 8,0403 | 52 |
| 53 | 14,3108 | 0,001014 | 10,473 | 10,474 | 221,88 | 2374,68 | 2596,56 | 0,7424 | 7,2809 | 8,0233 | 53 |
| 54 | 15,0205 | 0,001014 | 10,007 | 10,008 | 226,06 | 2372,26 | 2598,32 | 0,7552 | 7,2512 | 8,0064 | 54 |
| 55 | 15,7601 | 0,001015 | 9,565 | 9,5663 | 230,25 | 2369,83 | 2600,07 | 0,7680 | 7,2217 | 7,9897 | 55 |
| 56 | 16,5311 | 0,001015 | 9,145 | 9,1468 | 234,43 | 2367,39 | 2601,82 | 0,7807 | 7,1924 | 7,9731 | 56 |
| 57 | 17,3337 | 0,001016 | 8,747 | 8,7489 | 238,61 | 2364,96 | 2603,57 | 0,7934 | 7,1632 | 7,9566 | 57 |
| 58 | 18,1691 | 0,001016 | 8,3690 | 8,3700 | 242,80 | 2362,52 | 2605,32 | 0,8061 | 7,1342 | 7,9403 | 58 |
| 59 | 19,0393 | 0,001017 | 8,0094 | 8,0104 | 246,99 | 2360,08 | 2607,06 | 0,8187 | 7,1054 | 7,9240 | 59 |
| 60 | 19,944 | 0,001017 | 7,6677 | 7,6687 | 251,17 | 2357,63 | 2608,80 | 0,8313 | 7,0767 | 7,9079 | 60 |
| 61 | 20,886 | 0,001018 | 7,3428 | 7,3438 | 255,36 | 2355,19 | 2610,54 | 0,8438 | 7,0482 | 7,8920 | 61 |
| 62 | 21,865 | 0,001018 | 7,0337 | 7,0347 | 259,54 | 2352,73 | 2612,28 | 0,8563 | 7,0198 | 7,8761 | 62 |
| 63 | 22,883 | 0,001019 | 6,7397 | 6,7407 | 263,73 | 2350,28 | 2614,01 | 0,8688 | 6,9916 | 7,8604 | 63 |
| 64 | 23,941 | 0,001019 | 6,4599 | 6,4609 | 267,92 | 2347,82 | 2615,74 | 0,8812 | 6,9636 | 7,8448 | 64 |
| 65 | 25,040 | 0,001020 | 6,1935 | 6,1946 | 272,11 | 2345,36 | 2617,46 | 0,8936 | 6,9357 | 7,8293 | 65 |
| 66 | 26,181 | 0,001020 | 5,9397 | 5,9407 | 276,30 | 2342,89 | 2619,19 | 0,9060 | 6,9080 | 7,8140 | 66 |

EK 2 : DOYMUŞ SU BUHARININ TERMODİNAMİK ÖZELİKLERİ [ASHRAE TEMEL EL KİTABI (6)]

| t, °C | Özgül Hacim, m ³ /kg | | | Entalpi, kJ/kg | | | Entropi, kJ/kg.K | | | °C | |
|-------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------|----------------|
| | Mutlak Basıncı kPa | Doymuş Sıvı | Buharlaştırma | Doymuş Buhar | Doymuş Sıvı | Buharlaştırma | Doymuş Buhar | Doymuş Sıvı | Buharlaştırma | | Doymuş Buhar |
| | p | v _f /v _f | v _{fg} /v _{fg} | v _g | h _f /h _f | h _{fg} /h _{fg} | h _g | s _f /s _f | s _{fg} /s _{fg} | | s _g |
| 67 | 27,366 | 0,001021 | 5,6982 | 5,6992 | 280,49 | 2340,42 | 2620,90 | 0,9183 | 6,8804 | 7,7987 | 67 |
| 68 | 28,597 | 0,001022 | 5,4680 | 5,4690 | 284,68 | 2337,95 | 2622,62 | 0,9306 | 6,8530 | 7,7836 | 68 |
| 69 | 29,874 | 0,001022 | 5,2485 | 5,2495 | 288,87 | 2335,47 | 2624,33 | 0,9429 | 6,8257 | 7,7686 | 69 |
| 70 | 31,199 | 0,001023 | 5,0392 | 5,0402 | 293,06 | 2332,99 | 2626,04 | 0,9551 | 6,7986 | 7,7537 | 70 |
| 71 | 32,573 | 0,001023 | 4,8396 | 4,8407 | 297,25 | 2330,50 | 2627,75 | 0,9673 | 6,7716 | 7,7389 | 71 |
| 72 | 33,998 | 0,001024 | 4,6492 | 4,6502 | 301,44 | 2328,01 | 2629,45 | 0,9794 | 6,7448 | 7,7242 | 72 |
| 73 | 35,476 | 0,001025 | 4,4675 | 4,4685 | 305,63 | 2325,51 | 2631,15 | 0,9916 | 6,7181 | 7,7097 | 73 |
| 74 | 37,006 | 0,001025 | 4,2940 | 4,2951 | 309,83 | 2323,02 | 2632,84 | 1,0037 | 6,6915 | 7,6952 | 74 |
| 75 | 38,594 | 0,001026 | 4,1284 | 4,1294 | 314,02 | 2320,51 | 2634,53 | 1,0157 | 6,6651 | 7,6809 | 75 |
| 76 | 40,237 | 0,001026 | 3,9702 | 3,9712 | 318,22 | 2318,01 | 2636,22 | 1,0278 | 6,6389 | 7,6666 | 76 |
| 77 | 41,939 | 0,001027 | 3,8190 | 3,8201 | 322,41 | 2315,49 | 2637,90 | 1,0398 | 6,6127 | 7,6525 | 77 |
| 78 | 43,702 | 0,001028 | 3,6746 | 3,6756 | 326,61 | 2312,98 | 2639,58 | 1,0517 | 6,5867 | 7,6384 | 78 |
| 79 | 45,525 | 0,001028 | 3,5365 | 3,5375 | 330,81 | 2310,46 | 2641,26 | 1,0636 | 6,5609 | 7,6245 | 79 |
| 80 | 47,414 | 0,001029 | 3,4044 | 3,4055 | 335,00 | 2307,93 | 2642,93 | 1,0755 | 6,5351 | 7,6107 | 80 |
| 81 | 49,367 | 0,001030 | 3,2781 | 3,2792 | 339,20 | 2305,40 | 2644,60 | 1,0874 | 6,5095 | 7,5969 | 81 |
| 82 | 51,386 | 0,001030 | 3,1573 | 3,1583 | 343,40 | 2302,86 | 2646,26 | 1,0993 | 6,4841 | 7,5833 | 82 |
| 83 | 53,475 | 0,001031 | 3,0417 | 3,0427 | 347,60 | 2300,32 | 2647,92 | 1,1111 | 6,4587 | 7,5698 | 83 |
| 84 | 55,634 | 0,001032 | 2,9310 | 2,9320 | 351,80 | 2297,78 | 2649,58 | 1,1228 | 6,4335 | 7,5563 | 84 |
| 85 | 57,866 | 0,001032 | 2,8250 | 2,8260 | 356,01 | 2295,22 | 2651,23 | 1,1346 | 6,4084 | 7,5430 | 85 |
| 86 | 60,173 | 0,001033 | 2,7235 | 2,7245 | 360,21 | 2292,67 | 2652,88 | 1,1463 | 6,3834 | 7,5297 | 86 |
| 87 | 62,554 | 0,001034 | 2,6263 | 2,6273 | 364,41 | 2290,11 | 2654,52 | 1,1580 | 6,3586 | 7,5166 | 87 |
| 88 | 65,017 | 0,001035 | 2,5331 | 2,5341 | 368,62 | 2287,54 | 2656,16 | 1,1696 | 6,3339 | 7,5035 | 88 |
| 89 | 67,558 | 0,001035 | 2,4438 | 2,4448 | 372,82 | 2284,97 | 2657,79 | 1,1812 | 6,3093 | 7,4905 | 89 |
| 90 | 70,182 | 0,001036 | 2,3582 | 2,3592 | 377,03 | 2282,39 | 2659,42 | 1,1928 | 6,2848 | 7,4776 | 90 |
| 91 | 72,888 | 0,001037 | 2,2760 | 2,2771 | 381,24 | 2279,81 | 2661,04 | 1,2044 | 6,2605 | 7,4648 | 91 |
| 92 | 75,683 | 0,001037 | 2,1973 | 2,1983 | 385,45 | 2277,22 | 2662,66 | 1,2159 | 6,2362 | 7,4521 | 92 |
| 93 | 78,566 | 0,001038 | 2,1217 | 2,1228 | 389,66 | 2274,62 | 2664,28 | 1,2274 | 6,2121 | 7,4395 | 93 |
| 94 | 81,541 | 0,001039 | 2,0492 | 2,0502 | 393,87 | 2272,02 | 2665,89 | 1,2389 | 6,1881 | 7,4270 | 94 |
| 95 | 84,608 | 0,001040 | 1,9796 | 1,9806 | 398,08 | 2269,41 | 2667,49 | 1,2504 | 6,1642 | 7,4146 | 95 |
| 96 | 87,770 | 0,001040 | 1,9128 | 1,9138 | 402,29 | 2266,80 | 2669,09 | 1,2618 | 6,1404 | 7,4022 | 96 |
| 97 | 91,030 | 0,001041 | 1,8486 | 1,8496 | 406,51 | 2264,18 | 2670,69 | 1,2732 | 6,1168 | 7,3899 | 97 |
| 98 | 94,390 | 0,001042 | 1,7869 | 1,7879 | 410,72 | 2261,55 | 2672,28 | 1,2845 | 6,0932 | 7,3777 | 98 |
| 99 | 97,852 | 0,001044 | 1,7277 | 1,7287 | 414,94 | 2258,92 | 2673,86 | 1,2959 | 6,0697 | 7,3656 | 99 |
| 100 | 101,419 | 0,001044 | 1,6708 | 1,6718 | 419,16 | 2256,28 | 2675,44 | 1,3072 | 6,0464 | 7,3536 | 100 |
| 101 | 105,092 | 0,001044 | 1,6161 | 1,6171 | 423,38 | 2253,64 | 2677,02 | 1,3185 | 6,0232 | 7,3416 | 101 |
| 102 | 108,875 | 0,001045 | 1,5635 | 1,5645 | 427,60 | 2250,99 | 2678,58 | 1,3297 | 6,0000 | 7,3298 | 102 |
| 103 | 112,770 | 0,001046 | 1,5129 | 1,5139 | 431,82 | 2248,33 | 2680,15 | 1,3410 | 5,9770 | 7,3180 | 103 |
| 104 | 116,779 | 0,001047 | 1,4642 | 1,4652 | 436,04 | 2245,66 | 2681,71 | 1,3522 | 5,9541 | 7,3062 | 104 |
| 105 | 120,906 | 0,001047 | 1,4174 | 1,4184 | 440,27 | 2242,99 | 2683,26 | 1,3634 | 5,9313 | 7,2946 | 105 |
| 106 | 125,152 | 0,001048 | 1,3723 | 1,3734 | 444,49 | 2240,31 | 2684,80 | 1,3745 | 5,9086 | 7,2830 | 106 |
| 107 | 129,520 | 0,001049 | 1,3290 | 1,3300 | 448,72 | 2237,63 | 2686,35 | 1,3856 | 5,8860 | 7,2716 | 107 |
| 108 | 134,012 | 0,001050 | 1,2872 | 1,2883 | 452,95 | 2234,93 | 2687,88 | 1,3967 | 5,8635 | 7,2601 | 108 |
| 109 | 138,633 | 0,001051 | 1,2470 | 1,2481 | 457,18 | 2232,23 | 2689,41 | 1,4078 | 5,8410 | 7,2488 | 109 |
| 110 | 143,384 | 0,001052 | 1,2083 | 1,2093 | 461,41 | 2229,52 | 2690,93 | 1,4188 | 5,8187 | 7,2375 | 110 |
| 111 | 148,267 | 0,001052 | 1,1710 | 1,1720 | 465,64 | 2226,81 | 2692,45 | 1,4298 | 5,7965 | 7,2263 | 111 |
| 112 | 153,287 | 0,001053 | 1,1350 | 1,1361 | 469,88 | 2224,09 | 2693,96 | 1,4408 | 5,7744 | 7,2152 | 112 |
| 113 | 158,445 | 0,001054 | 1,1004 | 1,1015 | 474,11 | 2221,35 | 2695,47 | 1,4518 | 5,7524 | 7,2042 | 113 |
| 114 | 163,745 | 0,001055 | 1,0670 | 1,0681 | 478,35 | 2218,62 | 2696,97 | 1,4627 | 5,7304 | 7,1931 | 114 |
| 115 | 169,190 | 0,001056 | 1,0348 | 1,0359 | 482,59 | 2215,87 | 2698,46 | 1,4737 | 5,7086 | 7,1822 | 115 |
| 116 | 174,782 | 0,001057 | 1,0038 | 1,0048 | 486,83 | 2213,12 | 2699,95 | 1,4846 | 5,6868 | 7,1714 | 116 |
| 117 | 180,525 | 0,001058 | 0,9739 | 0,9749 | 491,07 | 2210,35 | 2701,43 | 1,4954 | 5,6652 | 7,1606 | 117 |
| 118 | 186,420 | 0,001059 | 0,9450 | 0,9460 | 495,32 | 2207,58 | 2702,90 | 1,5063 | 5,6436 | 7,1499 | 118 |
| 119 | 192,473 | 0,001059 | 0,9171 | 0,9182 | 499,56 | 2204,80 | 2704,37 | 1,5171 | 5,6221 | 7,1392 | 119 |
| 120 | 198,685 | 0,001060 | 0,8902 | 0,8913 | 503,81 | 2202,02 | 2705,83 | 1,5279 | 5,6007 | 7,1286 | 120 |
| 122 | 211,601 | 0,001062 | 0,8391 | 0,8402 | 512,31 | 2196,42 | 2708,73 | 1,5494 | 5,5582 | 7,1076 | 122 |
| 124 | 225,194 | 0,001064 | 0,7916 | 0,7927 | 520,82 | 2190,78 | 2711,60 | 1,5709 | 5,5160 | 7,0869 | 124 |
| 126 | 239,490 | 0,001066 | 0,7472 | 0,7483 | 529,33 | 2185,11 | 2714,44 | 1,5922 | 5,4742 | 7,0664 | 126 |
| 128 | 254,515 | 0,001068 | 0,7057 | 0,7068 | 537,86 | 2179,40 | 2717,26 | 1,6135 | 5,4326 | 7,0461 | 128 |
| 130 | 270,298 | 0,001070 | 0,6670 | 0,6681 | 546,39 | 2173,66 | 2720,05 | 1,6347 | 5,3914 | 7,0261 | 130 |
| 132 | 286,866 | 0,001072 | 0,6308 | 0,6318 | 554,93 | 2167,87 | 2722,80 | 1,6557 | 5,3505 | 7,0063 | 132 |
| 134 | 304,247 | 0,001074 | 0,5969 | 0,5979 | 563,48 | 2162,05 | 2725,53 | 1,6767 | 5,3099 | 6,9867 | 134 |
| 136 | 322,470 | 0,001076 | 0,5651 | 0,5662 | 572,04 | 2156,18 | 2728,22 | 1,6977 | 5,2697 | 6,9673 | 136 |
| 138 | 341,566 | 0,001078 | 0,5354 | 0,5364 | 580,60 | 2150,28 | 2730,88 | 1,7185 | 5,2296 | 6,9481 | 138 |
| 140 | 361,565 | 0,001080 | 0,5075 | 0,5085 | 589,18 | 2144,33 | 2733,51 | 1,7393 | 5,1899 | 6,9292 | 140 |

EK 2 : DOYMUŞ SU BUHARININ TERMODİNAMİK ÖZELİKLERİ [ASHRAE TEMEL EL KİTABI (6)]

| t, °C | Mutlak Basınç kPa | Özgül Hacim, m ³ /kg | | | Entalpi, kJ/kg | | | Entropi, kJ/kg.K | | | °C |
|-------|----------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------|-----|
| | | Doymuş Sıvı | Buharlaştırma | Doymuş Buhar | Doymuş Sıvı | Buharlaştırma | Doymuş Buhar | Doymuş Sıvı | Buharlaştırma | Doymuş Buhar | |
| | | v _f /v _f | v _{fg} /v _{fg} | v _g | h _f /h _f | h _{fg} /h _{fg} | h _g | s _f /s _f | s _{fg} /s _{fg} | s _g | |
| 142 | 382,497 | 0,001082 | 0,4813 | 0,4824 | 597,76 | 2138,34 | 2736,11 | 1,7599 | 5,1505 | 6,9104 | 142 |
| 144 | 404,394 | 0,001084 | 0,4567 | 0,4578 | 606,36 | 2132,31 | 2738,67 | 1,7805 | 5,1113 | 6,8918 | 144 |
| 146 | 427,288 | 0,001086 | 0,4336 | 0,4347 | 614,97 | 2126,23 | 2741,19 | 1,8011 | 5,0724 | 6,8735 | 146 |
| 148 | 451,211 | 0,001088 | 0,4119 | 0,4130 | 623,58 | 2120,10 | 2743,68 | 1,8215 | 5,0338 | 6,8553 | 148 |
| 150 | 476,198 | 0,001091 | 0,3914 | 0,3925 | 632,21 | 2113,92 | 2746,13 | 1,8419 | 4,9954 | 6,8373 | 150 |
| 152 | 502,281 | 0,001093 | 0,3722 | 0,3733 | 640,85 | 2107,70 | 2748,55 | 1,8622 | 4,9573 | 6,8194 | 152 |
| 154 | 529,495 | 0,001095 | 0,3541 | 0,3552 | 649,50 | 2101,43 | 2750,93 | 1,8824 | 4,9194 | 6,8017 | 154 |
| 156 | 557,875 | 0,001097 | 0,3370 | 0,3381 | 658,16 | 2095,11 | 2753,27 | 1,9026 | 4,8817 | 6,7842 | 156 |
| 158 | 587,456 | 0,001100 | 0,3209 | 0,3220 | 666,83 | 2088,73 | 2755,57 | 1,9226 | 4,8443 | 6,7669 | 158 |
| 160 | 618,275 | 0,001102 | 0,3058 | 0,3069 | 675,52 | 2082,31 | 2757,82 | 1,9427 | 4,8070 | 6,7497 | 160 |
| 162 | 650,368 | 0,001104 | 0,2914 | 0,2925 | 684,22 | 2075,82 | 2760,04 | 1,9626 | 4,7701 | 6,7327 | 162 |
| 164 | 683,772 | 0,001107 | 0,2779 | 0,2790 | 692,93 | 2069,29 | 2762,22 | 1,9825 | 4,7333 | 6,7158 | 164 |
| 166 | 718,526 | 0,001109 | 0,2651 | 0,2662 | 701,65 | 2062,70 | 2764,35 | 2,0023 | 4,6967 | 6,6990 | 166 |
| 168 | 754,667 | 0,001112 | 0,2530 | 0,2541 | 710,39 | 2056,05 | 2766,44 | 2,0221 | 4,6603 | 6,6824 | 168 |
| 170 | 792,235 | 0,001114 | 0,2415 | 0,2427 | 719,14 | 2049,34 | 2768,48 | 2,0418 | 4,6242 | 6,6659 | 170 |
| 172 | 831,268 | 0,001117 | 0,2307 | 0,2318 | 727,91 | 2042,57 | 2770,48 | 2,0614 | 4,5882 | 6,6496 | 172 |
| 174 | 871,808 | 0,001119 | 0,2205 | 0,2216 | 736,69 | 2035,74 | 2772,43 | 2,0810 | 4,5524 | 6,6334 | 174 |
| 176 | 913,894 | 0,001122 | 0,2107 | 0,2119 | 745,48 | 2028,85 | 2774,33 | 2,1005 | 4,5168 | 6,6173 | 176 |
| 178 | 947,568 | 0,001125 | 0,2015 | 0,2026 | 754,29 | 2021,89 | 2776,19 | 2,1200 | 4,4813 | 6,6013 | 178 |
| 180 | 1002,871 | 0,001127 | 0,1928 | 0,1939 | 763,12 | 2014,87 | 2777,99 | 2,1394 | 4,4460 | 6,5854 | 180 |
| 182 | 1049,846 | 0,001130 | 0,1845 | 0,1856 | 771,96 | 2007,78 | 2779,74 | 2,1587 | 4,4109 | 6,5696 | 182 |
| 184 | 1098,535 | 0,001133 | 0,1766 | 0,1777 | 780,82 | 2000,63 | 2781,45 | 2,1780 | 4,3760 | 6,5540 | 184 |
| 186 | 1148,982 | 0,001136 | 0,1691 | 0,1703 | 789,69 | 1993,40 | 2783,10 | 2,1973 | 4,3412 | 6,5385 | 186 |
| 188 | 1201,230 | 0,001139 | 0,1620 | 0,1632 | 798,59 | 1986,11 | 2784,70 | 2,2165 | 4,3065 | 6,5230 | 188 |
| 190 | 1255,324 | 0,001141 | 0,1553 | 0,1564 | 807,50 | 1978,74 | 2786,24 | 2,2356 | 4,2720 | 6,5076 | 190 |
| 192 | 1311,309 | 0,001144 | 0,1488 | 0,1500 | 816,43 | 1971,30 | 2787,72 | 2,2547 | 4,2376 | 6,4924 | 192 |
| 194 | 1369,230 | 0,001147 | 0,1427 | 0,1439 | 825,37 | 1963,78 | 2789,15 | 2,2738 | 4,2034 | 6,4772 | 194 |
| 196 | 1429,133 | 0,001150 | 0,1369 | 0,1380 | 834,34 | 1956,19 | 2790,52 | 2,2928 | 4,1693 | 6,4621 | 196 |
| 198 | 1491,066 | 0,001153 | 0,1314 | 0,1325 | 843,32 | 1948,52 | 2791,83 | 2,3118 | 4,1353 | 6,4471 | 198 |
| 200 | 1555,074 | 0,001157 | 0,1261 | 0,1272 | 852,33 | 1940,76 | 2793,09 | 2,3307 | 4,1014 | 6,4321 | 200 |

EK 3 : ÇEŞİTLİ MALZEMELERİN FİZİKSEL PERFORMANS DEĞERLERİ (27) .

| BETON VE KATKILI BETON | KURU YOĞUNLUK kg / m ³ | ISI İLETKENLİK DEĞERİ | | ÖZGÜL ISI c kJ / Kg.K | ISIL GENLEŞME mm / m.K | ISI NÜFUZ DEĞERİ b kJ / m ² .h/2.K | ISI DEPOLAMA SAYISI S kJ / m ³ K | GÜNLÜK ISI DEPOLAMA S ₂₄ kJ / m ³ .h.K | BUHAR DİFÜZYONU DİRENÇ FAKTÖRÜ |
|--|--------------------------------------|-----------------------|------------|--------------------------------|------------------------------|--|--|---|--------------------------------|
| | | kcal / m.h.C | w / m.K | | | | | | |
| | | 1,30 | 1,51 | | | | | | |
| AĞIR BETONLAR | | | | | | | | | |
| Sıkılaştırılmış B 150 | 2200 | 1,30 | 1,51 | 1,00 | 0,010 | 109,4 | 2200 | 55,8 | 30 |
| Sıkılaştırılmış B 160 | 2200 | 1,75 | 2,03 | 1,05 | 0,010 | 109,4 | 2200 | 55,8 | 29 |
| Sıkılaştırılmış B 250 | 2400 | 1,75 | 2,04 | 0,96 | 0,010 | 130,0 | 2304 | 66,0 | 60 |
| Betonarme haz.el. B350 | 2500 | 2,00 | 2,33 | 0,96 | 0,015 | 141,7 | 2400 | 72,3 | 90 |
| Kumlu , çakıllı , demirli , çeşitli yoğunlukta ağır beton veya betonarme elemanlar | 1800 | 0,83 | 0,96 | | | 75,8 | 1656 | 38,6 | 15 |
| | 2000 | 1,00 | 1,16 | | | 87,7 | 1840 | 44,7 | 22 |
| | 2200 | 1,20 | 1,39 | 0,92 | 0,014 | 100,8 | 2024 | 51,4 | 29 |
| | 2400 | 1,40 | 1,63 | | | 113,7 | 2208 | 58,0 | 32 |
| | 2500 | 1,50 | 1,74 | | | 120,1 | 2300 | 61,3 | 34 |
| Gevşek Beton | 1700 | 0,70 | 0,81 | 1,05 | 0,010 | 72,3 | 1785 | 36,9 | 4 |
| KATKILI BETONLAR | | | | | | | | | |
| Gevşek cüruf betonu (Çeşitli yoğunluklar da) | 1200 | 0,40 | 0,47 | | | 43,9 | 1152 | 22,4 | 3 |
| | 1400 | 0,50 | 0,58 | 0,96 | 0,010 | 53,0 | 1344 | 27,0 | 4 |
| | 1600 | 0,65 | 0,76 | | | 64,6 | 1536 | 32,9 | 6 |
| Tuğla kırığı katkılı beton | 1200 | 0,40 | 0,47 | | | 42,9 | 1104 | 31,9 | 3 |
| | 1400 | 0,50 | 0,58 | | | 51,9 | 1288 | 26,4 | 4 |
| | 1600 | 0,65 | 0,76 | 0,92 | 0,060 | 63,3 | 1472 | 32,3 | 6 |
| | 1600 | 0,65 | 0,76 | | | 63,3 | 1472 | 32,3 | 9 |
| sıkıştırılmış donatılı | 1800 | 0,80 | 0,93 | | | 74,5 | 1656 | 37,9 | 12 |
| | 2000 | 0,90 | 1,05 | | 0,012 | 83,3 | 1840 | 42,5 | 18 |

EK 3 : ÇEŞİTLİ MALZEMELERİN FİZİKSEL PERFORMANS DEĞERLERİ (27) (Devam).

| HAFİF BETON | KURU YOĞUNLUK kg / m ³ | ISI İLETKENLİK DEĞERİ | | ÖZGÜL ISI kJ / Kg.K | ISIL GENLEŞME mm / m.K | ISI NÜFUZ DEĞERİ kJ / m ² .h/2.K | ISI DEPOLAMA SAYISI S | GÜNLÜK ISI DEPOLAMA kJ / m ³ .h.K | BUHAR DİFÜZYONU DİRENÇ FAKTÖRÜ |
|---|--------------------------------------|-----------------------|------------|---------------------------|------------------------------|---|--------------------------|--|--------------------------------|
| | | kcal / m.h.C | w / m.K | | | | | | |
| | | c | b | | | | | | |
| HAFİF BETONLAR | | | | | | | | | |
| Bims kabartılmış kil köpük veya granülle yüksek fırın cürufu hafif betonlar | 800 | 0,25 | 0,29 | 1,00 | 0,007 | 28,9 | 800 | 14,8 | 3 |
| | 1000 | 0,30 | 0,35 | | | 35,4 | 1000 | 18,0 | 4 |
| | 1200 | 0,40 | 0,47 | | | 44,0 | 1200 | 22,9 | 6 |
| | 1400 | 0,50 | 0,58 | | | 54,1 | 1400 | 27,6 | 10 |
| Buharda sertleştirilmiş gaz veya köpük betonu , hafif kireç betonu | 400 | 0,12 | 0,14 | 1,05 | 0,008 | 14,5 | 420 | 7,5 | 2 |
| | 500 | 0,16 | 0,19 | | | 18,7 | 525 | 9,6 | 3 |
| | 600 | 0,20 | 0,23 | | | 22,9 | 630 | 11,7 | 5 |
| | 800 | 0,25 | 0,29 | | | 29,6 | 864 | 15,1 | 7 |
| | 1000 | 0,30 | 0,35 | | | 36,3 | 1050 | 18,5 | 9 |
| Gaz beton taşlar | 400 | 0,23 | 0,27 | 1,05 | 0,008 | 20,1 | 420 | 10,2 | 2 |
| | 470 | 0,28 | 0,33 | | | 24,0 | 494 | 12,2 | 3 |
| | 600 | 0,30 | 0,35 | | | 28,1 | 630 | 14,3 | 4 |
| GS 25 | 640 | 0,33 | 0,38 | 1,05 | 0,008 | 30,4 | 672 | 15,5 | 5 |
| | 780 | 0,35 | 0,41 | | | 34,6 | 819 | 17,6 | 6 |
| Ahşap betonu | 100 | 0,45 | 0,52 | 1,60 | 0,030 | 54,9 | 1600 | 27,9 | 3,5 |

EK 3 : ÇEŞİTLİ MALZEMELERİN FİZİKSEL PERFORMANS DEĞERLERİ (27) (Devam).

| DOĞAL KARGIR MALZEME | KURU YOĞUNLUK | | ISI İLETKENLİK DEĞERİ | | ÖZGÜL ISI | ISIL GENLEŞME | ISI NÜFUZ DEĞERİ | ISI DEPOLAMA SAYISI | GÜNLÜK ISI DEPOLAMA | BUHAR DİFÜZYONU DİRENÇ FAKTÖRÜ |
|---------------------------|---------------------|-----------|----------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------|------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------|
| | kg / m ³ | | kcal / m.h.C | w / m.K | | | | | | |
| | | | c | b | S | S ₂₄ | | | | |
| | | kJ / Kg.K | kJ / m ² .h/2.K | kJ / m ³ K | kJ / m ³ .h.K | | | | | |
| KİL TUĞLA | | | | | | | | | | |
| Tuğla (Dolu Mz.) | 1200 | 0,45 | 0,52 | 0,92 | 0,005 | 45,6 | 1104 | 23,2 | 5 | |
| Tuğla (Dolu Mz.) | 1800 | 0,68 | 0,79 | 0,92 | 0,005 | 68,7 | 1656 | 35,0 | 11 | |
| Tuğla (Delikli) | 1200 | 0,45 | 0,62 | 0,92 | 0,005 | 45,6 | 1104 | 23,2 | 4 | |
| Klinger Tuğla (Dolu) | 1900 | 0,90 | 1,05 | 0,88 | 0,004 | 79,4 | 1672 | 40,4 | 120 | |
| Klinger Tuğla (Delikli) | 1700 | 0,68 | 0,79 | 0,88 | 0,004 | 65,2 | 1496 | 33,3 | 70 | |
| Gözenekli Hafif Tuğla | 800 | 0,28 | 0,33 | 0,92 | 0,005 | 29,4 | 736 | 14,9 | 2 | |
| KERPİÇ | | | | | | | | | | |
| Saman Katkılı Kerpiç | 1200 | 0,40 | 0,46 | | | | | | | |
| Çimento Katkılı Kerpiç | 1700 | 0,60 | 0,70 | | | | | | | |
| Alçılı Kerpiç | | | | | | | | | | |
| KİREÇ - KUM TAŞI | | | | | | | | | | |
| Kireç Kum T.Dolu KSV | 1800 | 0,85 | 0,99 | 0,88 | 0,008 | 37,8 | 1584 | 37,6 | 16 | |
| Kireç Kum T.Delikli KSL | 1400 | 0,60 | 0,70 | 0,88 | 0,008 | 55,6 | 1232 | 28,3 | 7 | |
| Kireç Kum T.Boşluklu KSH | 1200 | 0,48 | 0,56 | 0,88 | 0,008 | 46,0 | 1056 | 23,5 | 4 | |
| DOĞAL TAŞLAR | | | | | | | | | | |
| Mermer | 2700 | 2,00 | 2,33 | 0,88 | 0,008 | 141,04 | | 71,9 | 100 | |
| Kumtaşı | 2200 | 2,00 | 2,33 | 0,88 | 0,008 | 127,31 | | 64,9 | 22 | |
| Çakıl (Dolgu Olarak) | 1900 | 1,20 | 1,40 | 0,83 | - | 87,94 | 1591 | 46,06 | 2 | |
| Kum (Dolgu Olarak) | 1300 | 0,60 | 0,70 | 0,83 | - | 50,25 | 1088 | 25,54 | 2 | |
| Kireç Taşı | 2400 | 1,00 | 1,16 | 0,88 | 0,008 | | | | 17 | |

EK 3 : ÇEŞİTLİ MALZEMELERİN FİZİKSEL PERFORMANS DEĞERLERİ (27) (Devam).

| SIVA , ŞAP ve YAPAY TAŞ | KURU YOĞUNLUK | ISI İLETKENLİK DEĞERİ | | ÖZGÜL ISI | ISIL GENLEŞME | ISI NÜFUZ DEĞERİ | ISI DEPOLAMA SAYISI | GÜNLÜK ISI DEPOLAMA | BUHAR DİFÜZYONU DİRENÇ FAKTÖRÜ |
|--|---------------------|-----------------------|---------|-----------|---------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | kg / m ³ | kcal / m.h.C | w / m.K | | | | | | |
| | | | | Kg.K | mm / m.K | m ² .h/2.K | m ³ K | kJ / m ³ .h.K | |
| SIVALAR | | | | | | | | | |
| Çimento Siva | 2100 | 1,20 | 1,40 | 1,05 | 0,011 | 105,24 | | 53,67 | 30 |
| Çimento - Kireç Siva | 1900 | 0,75 | 0,87 | 1,05 | 0,011 | 92,12 | | 46,06 | 25 |
| Kireç Siva | 1600 | 0,70 | 0,81 | 0,96 | 0,008 | 67,00 | | 34,34 | 15 |
| Kireç - Alçı Siva | 1500 | 0,60 | 0,70 | 0,92 | 0,025 | 58,63 | | 30,15 | 9 |
| Hafif Alçı Siva | 1000 | 0,40 | 0,47 | 0,92 | 0,015 | 39,36 | | 20,10 | 4 |
| Anhidrit Siva (CaSO ₄) | 1800 | 0,70 | 0,81 | 0,92 | 0,024 | 69,65 | | 34,82 | 10 |
| Yapay Esaslı Çimento Siva | 1900 | 0,60 | 0,70 | 1,05 | 0,012 | 70,78 | | 36,10 | 30 |
| Selüloz Macun | 1500 | 0,23 | 0,27 | 1,17 | 0,020 | 41,10 | | 20,96 | 5 |
| SAPLAR | | | | | | | | | |
| Çimento Şap | 2200 | 1,20 | 1,40 | 1,00 | 0,010 | 108,88 | | 54,43 | 30 |
| Anhidrit Şap | 1600 | 0,70 | 0,81 | 0,84 | 0,018 | 62,81 | | 32,24 | 20 |
| Dökme Asfalt Şap | 2000 | 0,60 | 0,70 | 1,05 | 0,001 | 71,19 | | 36,43 | 200 |
| Ahşap Talaslı Çimento Şap | 1000 | 0,30 | 0,35 | 2,09 | 0,025 | 50,25 | | 25,54 | 4 |
| BAĞLAYICI YAPAY TAŞLAR | | | | | | | | | |
| Yapay Beton Taşı | 2500 | 2,00 | 2,33 | 0,96 | 0,012 | 141,75 | | 72,29 | 90 |
| Yapay Beton Taşı (Plak) | 2400 | 1,25 | 1,45 | 0,96 | 0,012 | 109,80 | | 56,00 | 70 |
| Seramik Mozaik (Dökme) | 1900 | 0,85 | 0,99 | 0,88 | 0,008 | 77,13 | | 39,33 | 150 |
| Seramik Mozaik (Plak) | 1900 | 0,85 | 0,99 | 0,88 | 0,008 | 77,13 | | 39,33 | 100 |
| Cam Mozaik | 2300 | 0,60 | 0,70 | 0,84 | 0,012 | 69,66 | | 55,53 | 150 |
| Alçı Plaklar | 700 | 0,28 | 0,33 | | | 26,25 | | 13,39 | 5 |
| Alçı - Karton Plaklar | 900 | 0,20 | 0,23 | 0,84 | 0,025 | 25,16 | | 12,83 | 8 |
| Lifli Alçı Plaklar | 1200 | 0,50 | 0,58 | | | 45,93 | | 23,42 | 6 |
| Asbest-Çimento Plaklar (Preslenmemiş) | 1800 | 0,30 | 0,35 | | 0,012 | 46,58 | | 23,76 | 3 |
| Asbest-Çimento Plaklar (Presli,Sertleştirilmiş) | 2100 | 0,35 | 0,41 | 0,96 | | 54,35 | | 27,72 | 5 |
| Asbest-Çimento Plaklar (Buharda Sertleştirilmiş) | 2100 | 0,39 | 0,45 | | 0,017 | 24,65 | | 12,57 | 5 |

EK 3 : ÇEŞİTLİ MALZEMELERİN FİZİKSEL PERFORMANS DEĞERLERİ (27) (Devam).

| DÖŞEME KAPLAMA MALZEMELERİ | KURU YOĞUNLUK kg / m ³ | ISI İLETKENLİK DEĞERİ | | ÖZGÜL ISI kJ / Kg.K | ISIL GENLEŞME mm / m.K | ISI NÜFUZ DEĞERİ kJ / m ² .h/2.K | ISI DEPOLAMA SAYISI S / m ³ K | GÜNLÜK ISI DEPOLAMA S ₂₄ / kJ / m ³ .h.K | BUHAR DİFÜZYONU DİRENÇ FAKTÖRÜ |
|---|--------------------------------------|-----------------------|---------|------------------------|---------------------------|--|---|---|--------------------------------|
| | | kcal / m.h.C | w / m.K | | | | | | |
| AHŞAP DÖŞEMELER | | | | | | | | | |
| Çam Parke | 520 | 0,12 | 0,14 | | | 20,94 | | 10,89 | 70 |
| Ceviz Parke | 700 | 0,18 | 0,21 | 1,68 | 0,050 | 29,73 | | 15,08 | 60 |
| Teak Kaplama | 670 | 0,17 | 0,20 | | | 28,48 | | 14,65 | 60 |
| Ahşap Lifli Levha | 900 | 0,16 | 0,19 | | | 31,82 | | 16,33 | 70 |
| KARGİR DÖŞEMELER | | | | | | | | | |
| Seramik Karo Döşeme | 1900 | 0,85 | 0,99 | | 0,008 | 75,37 | | 39,36 | 120 |
| Tuğla Döşeme Malzemesi | 1800 | 0,68 | 0,79 | 0,88 | 0,005 | 67,00 | | 34,33 | 20 |
| Klinker Tuğla Döşeme | 1900 | 0,90 | 1,05 | | 0,004 | 79,56 | | 40,62 | 100 |
| Mermer Plak Döşeme | 2700 | 2,00 | 2,33 | 0,88 | 0,008 | 134,00 | | 67,00 | 100 |
| Beton Plaklar | 2400 | 1,25 | 1,45 | 0,96 | 0,012 | 108,87 | | 54,44 | 70 |
| Asfalt Plaklar | 2200 | 0,80 | 0,93 | 1,05 | 0,001 | 89,94 | | 46,06 | 250 |
| Çimento Harcı | 2100 | 1,20 | 1,40 | 1,05 | 0,011 | 104,69 | | 54,44 | 30 |
| PLASTİK ve KATKILI PLASTİK DÖŞEMELER | | | | | | | | | |
| PVC-Rulo Yer Döşemeleri | 1400 | 0,20 | 0,23 | 0,96 | 0,060 | 33,50 | | 17,17 | 10000 |
| PVC Keçeli Döşemeler | 800 | 0,10 | 0,12 | 0,96 | 0,060 | 18,01 | | 9,21 | 3000 |
| Vinil - Asbest Plak Döşem. | 950 | 0,14 | 0,16 | 0,96 | 0,030 | 23,45 | | 12,14 | 1000 |
| Yapay Reçineli Asbest Plak Döşeme | 900 | 0,13 | 0,15 | 1,00 | 0,025 | 22,19 | | 11,31 | 800 |
| Linolyum Döşemeler | 1200 | 0,16 | 0,19 | 1,88 | 0,002 | 38,94 | | 19,68 | 500 |
| Mantartlı Linolyum | 700 | 0,07 | 0,081 | 1,26 | 0,030 | 15,91 | | 7,96 | 200 |
| HALI DÖŞEMELER | | | | | | | | | |
| Tafting Serbest Ser. | 250 | 0,06 | 0,07 | 1,26 | - | 8,79 | | 4,61 | 15 |
| Tafting Yapıştırma | 270 | 0,07 | 0,081 | 1,26 | - | 10,05 | | 5,03 | 10 |
| Keçe Türü Yapıştırma | 300 | 0,08 | 0,09 | 1,47 | - | 12,14 | | 6,28 | 10 |
| MANTAR DÖŞEMELER | | | | | | | | | |
| Mantar Levha Döşeme | 450 | 0,055 | 0,064 | 1,47 | 0,08 | 12,14 | | 6,28 | 120 |

EK 3 : ÇEŞİTLİ MALZEMELERİN FİZİKSEL PERFORMANS DEĞERLERİ (27) (Devam).

| KAPLAMA MALZEMELERİ | KURU YOĞUNLUK | ISI İLETKENLİK DEĞERİ | | ÖZGÜL ISI | ISIL GENLEŞME | ISI NÜFUZ DEĞERİ | ISI DEPOLAMA SAYISI | GÜNLÜK ISI DEPOLAMA | | BUHAR DİFÜZYONU DİRENÇ FAKTÖRÜ |
|---------------------------|------------------|-----------------------|---------|-----------|---------------|------------------|---------------------|---------------------|----------|--------------------------------|
| | | kcal / m.h.C | w / m.K | | | | | c | mm / m.K | |
| FAYANS ve PLAK KAPLAMALAR | | | | | | | | | | |
| | kg / m3 | | | Kg.K | m.K | m2,h/2.K | m3K | KJ/ | | |
| Karo Fayans | 1700 | | 1,05 | 0,88 | | | | | | 200 |
| Karo Seramik | 2000 | | | | | | | | | 300 |
| Sırlı Plakalar 11 x 24 | | | | | | | | | | 120 |
| Sırlı Plakalar 7 x 24 | 2000 | 0,90 | 1,05 | 0,88 | 0,009 | 81,42 | | 41,52 | | 90 |
| Sırlı Plakalar 5 x 24 | | | | | | | | | | 70 |
| Seramik Mozaik | 1900 | 0,85 | 0,99 | 0,88 | 0,008 | 77,13 | | 39,33 | | 60 - 140 |
| Klinker Plaklar | 1900 | 0,90 | 1,05 | 0,88 | 0,004 | 79,37 | | 40,48 | | 100 |
| Kil Tuğla Plaklar | 1800 | 0,68 | 0,79 | 0,88 | 0,005 | 67,15 | | 34,25 | | 20 |
| AHSAP KAPLAMALAR | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Gürgen,Dışbudak,Kayın | 800 | 0,15 | 0,17 | | | 28,96 | | 14,77 | | 60 |
| Meşe | 750 | 0,18 | 0,21 | 1,67 | 0,05 | 30,00 | | 15,05 | | |
| İğne Yapraklılar | 520 | 0,12 | 0,14 | | | 20,89 | | 10,65 | | 70 |
| METAL KAPLAMALAR | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Bakır | 8900 | 330,0 | 384,0 | | | | | | | |
| Çelik | 7800 | 50,0 | 58,0 | 0,46 | 0,012 | 867,0 | | 442,0 | | |
| Çinko | 7200 | 95,0 | 110,0 | | | | | | | |
| Hafif Metal - Alüminyum | 2700 | 175,0 | 204,0 | 0,88 | 0,024 | | | | | |
| CAM YAPI MALZEMESİ | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Pencere Camı , Dökme Cam | 2500 | 0,70 | 0,81 | 0,84 | 0,008 | 78,44 | | 40,00 | | 10000 |
| Cam Tuğla 8 cm. Kalın. | 1100 | 0,38 | 0,44 | 0,84 | 0,010 | 38,44 | | 19,55 | | 4000 |
| DUVAR KAĞITLARI | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | 20 | 0,045 | 0,052 | 1,21 | 0,06 | 2,10 | | 1,30 | | 5 |
| | 35 | 0,04 | 0,047 | 1,26 | 0,06 | 2,70 | | 1,40 | | 100 |
| | 600 | 0,07 | 0,081 | 1,88 | 0,076 | 18,18 | | 9,27 | | 6 |

EK 3 : ÇEŞİTLİ MALZEMELERİN FİZİKSEL PERFORMANS DEĞERLERİ (27) (Devam).

| ORGANİK - ANORGANİK ISI TUTUCU | KURU YOĞUNLUK kg / m ³ | ISI İLETKENLİK DEĞERİ | | ÖZGÜL ISI kJ / Kg.K | ISIL GENLEŞME mm / m.K | ISI NÜFUZ DEĞERİ kJ / m ² .h/2.K | ISI DEPOLAMA SAYISI kJ / m ³ K | GÜNLÜK ISI DEPOLAMA kJ / m ³ .h.K | BUHAR DİFÜZYONU DİRENÇ FAKTÖRÜ |
|---|--------------------------------------|-----------------------|---------|------------------------|---------------------------|--|--|---|--------------------------------|
| | | kcal / m.h.C | w / m.K | | | | | | |
| | | c | b | | | | | | |
| ORGANİK KÖKENLİ ISI TUTUCU MALZEMELER | | | | | | | | | |
| Ahşap Talaş Lev. 15 mm. | 550 | 0,12 | 0,14 | | | 20,90 | 879 | 10,60 | 11 |
| Ahşap Talaş Lev. 25 mm. | 450 | 0,08 | 0,09 | 1,59 | 3 | 15,40 | 712 | 7,90 | 7 |
| Ahşap Talaş Lev. 35 mm. | 420 | 0,08 | 0,09 | | | 14,90 | 670 | 7,60 | 6 |
| Ahşap Talaş Lev. 50 mm. | 400 | 0,07 | 0,08 | | | 13,60 | 628 | 6,90 | 5 |
| Ahşap Yonga Betonu Isı Tutucu Plaklar (Heraklit v.b.) | 450 | 0,09 | 0,10 | 1,67 | 0,9 | 16,80 | 751 | 8,60 | 4 |
| | 550 | 0,11 | 0,13 | | | 20,50 | 921 | 10,50 | 5 |
| | 650 | 0,13 | 0,15 | | | 24,30 | 1089 | 12,40 | 6 |
| Mantar Plaklar | 120 | 0,035 | 0,040 | | | 5,00 | 176 | 2,60 | 10 |
| (Genleştirilmiş ve Emprenye Edilmiş) | 200 | 0,04 | 0,05 | 1,47 | 5,0 | 7,00 | 294 | 3,60 | 30 |
| | 400 | 0,08 | 0,09 | | | 14,00 | 588 | 7,20 | 35 |
| Kamış Plaklar | 150 | 0,05 | 0,06 | 1,67 | 0,9 | 7,24 | 250,5 | 3,70 | 1 |
| Saman | 150 | 0,05 | 0,06 | 1,47 | 5,0 | 6,79 | 221 | 3,50 | 1 |
| Ahşap Talaşı | 200 | 0,06 | 0,07 | 1,47 | 5,0 | 8,60 | 294 | 4,40 | 1 |
| ANORGANİK KÖKENLİ ISI TUTUCU MALZEMELER | | | | | | | | | |
| Mineral Lifler | 30 - 50 | 0,035 | 0,04 | 0,83 | 0,001 | 2,30 | 31,4 | 1,20 | 1 |
| Mineral Lifler (Levha) | 50 - 200 | 0,035 | 0,04 | 0,83 | 0,001 | 3,40 | 104 | 2,10 | 2 |
| Cam Köpüğü | 145 | 0,048 | 0,052 | 0,83 | 0,008 | 5,00 | 121 | 2,50 | 10000 |
| Taş Pamuğu | 170 | 0,045 | 0,052 | 0,88 | 0,01 | 5,40 | 151 | 2,90 | 5 |
| Cam Pamuğu | 200 | 0,035 | 0,04 | 0,84 | 0,05 | 4,90 | 167 | 2,50 | 15 |
| Cam Pamuğu (Sert Plak) | 300 | 0,035 | 0,04 | 0,84 | 0,05 | 6,00 | 251 | 3,10 | 17 |
| Genleştirilmiş Taş | 80 | 0,040 | 0,05 | 0,88 | - | 3,40 | 71 | 1,70 | 35 |

EK 3 : ÇEŞİTLİ MALZEMELERİN FİZİKSEL PERFORMANS DEĞERLERİ (27) (Devam).

| YAPAY PLASTİK TUTUCU | KURU YOĞUNLUK kg / m ³ | ISI İLETKENLİK DEĞERİ | | ÖZGÜL ISI c kJ / Kg.K | ISIL GENLEŞME mm / m.K | ISI NÜFUZ DEĞERİ b kJ / m ² .h/2.K | ISI DEPOLAMA SAYISI S kJ / m ³ K | GÜNLÜK ISI DEPOLAMA S ₂₄ kJ / m ³ .h.K | BUHAR DİFÜZYONU DİRENÇ FAKTÖRÜ |
|---|---|--------------------------|------------|--------------------------------|---------------------------------|---|--|--|---|
| | | kcal / m.h.C | w / m.K | | | | | | |
| YAPAY SERT KÖPÜK ISI TUTUCU MALZEMELER | | | | | | | | | |
| Polistirol Sert Köpük Levhalar (Büyük Bloktan Kesme) | 15 | | | | | 1,63 | 18 | 0,83 | 25 |
| | 20 | | | | | 1,88 | 24 | 0,96 | 35 |
| | 30 | | | | | 2,30 | 36 | 1,17 | 45 |
| Polistirol Sert Köpük Levhalar (Özel Kalıplanmış) | 20 | 0,035 | 0,040 | 1,21 | 3,0 | 1,88 | 24 | 0,96 | 40 |
| | 25 | | | | | 2,10 | 31 | 1,07 | 50 |
| | 30 | | | | | 2,30 | 36 | 1,17 | 60 |
| Polistirol Sert Köpük Dökme Levhalar (Yoğun) | 30 | | | | | 2,30 | 36 | 1,17 | 150 |
| | 40 | | | | | 2,66 | 50 | 1,35 | 250 |
| Polüretan Sert Köpük Plaklar (Bloktan Kes.) | 30 | 0,030 | 0,035 | 1,38 | 10. - 12. | 2,88 | 42 | 1,16 | 40 |
| | 40 | | | | | 2,63 | 55 | 1,34 | 50 |
| Fenol Reçinesi Sert Köpük Plaklar | 40 | 0,035 | 0,040 | 1,26 | 1,5 | 2,71 | 50 | 1,38 | 35 |
| | 60 | | | | | 3,32 | 76 | 1,69 | 40 |
| PVC Sert Köpük Plak. | 50 | 0,035 | 0,040 | 1,26 | 2,5 | 3,03 | 63 | 1,54 | 200 |

EK 3 : ÇEŞİTLİ MALZEMELERİN FİZİKSEL PERFORMANS DEĞERLERİ (27) (Devam).

| SU, BUHAR GEÇİRİMSİZ MALZEME | KURU YOĞUNLUK kg / m ³ | ISI İLETKENLİK DEĞERİ | | ÖZGÜL ISI Kj.K Kg.K | ISIL GENLEŞME mm / m.K | ISI NÜFUZ DEĞERİ kJ / m ² .h ¹ /2.K | ISI DEPOLAMA SAYISI S kJ / m ³ K | GÜNLÜK ISI DEPOLAMA S ₂₄ kJ / m ³ .h.K | BUHAR DİFÜZYONU DİRENÇ FAKTÖRÜ |
|--|--------------------------------------|-----------------------|---------|---------------------------|---------------------------|--|---|--|--------------------------------|
| | | kcal / m.h.C | w / m.K | | | | | | |
| | | c | b | | | | | | |
| ARMATÜRLÜ BİTÜMLÜ PESTİLLER | | | | | | | | | |
| Bitümlü Karton | 1100 | | | | | 32,66 | | 16,75 | 2000 |
| Cam Tülü Armatürlü Bitümlü Pestil Mazlemeler | 1200 | | | | | 34,34 | | 17,59 | 14000 |
| Alüminyum Folyo Takviyeli Bitümlü | 900 | 0,16 | 0,19 | 1,47 | 0,020 | 29,73 | | 15,08 | 100000 |
| Pestil Malzeme | 950 | | | | | 30,57 | | 15,49 | 150000 |
| Alüminyum Folyo Takviyeli (0,2 mm.) Derzleri Kaynaklı (Buhar Kesici) | 1000 | | | | | 31,41 | | 15,91 | 140000 |
| ARMATÜRSÜZ PLASTİK PEŞTİL ve FOLYOLAR | | | | | | | | | |
| PE (Polietilen) Folyo | 1000 | 0,16 | 0,19 | 1,26 | 0,200 | 28,89 | | 14,66 | 80000 |
| PVC Folyo | 1200 | 0,16 | 0,19 | 0,96 | 0,070 | 27,64 | | 14,24 | 42000 |
| PIB (Polyisobütilen) | 1600 | 0,22 | 0,26 | 0,96 | 0,080 | | | | 300000 |
| IIR (Bütilkauçuk) | 1200 | 0,16 | 0,19 | 1,05 | 0,140 | | | | 1000000 |
| ECB (Polyetilen - Bitüm) | 1000 | 0,16 | 0,19 | 2,09 | 0,170 | | | | 80000 |
| CR (Kloropren - Kauçuk) | 1300 | 0,20 | 0,23 | 1,00 | 0,170 | | | | 100000 |
| CSM (Klorulf. - Polyet.) | 1500 | 0,26 | 0,30 | 1,00 | 0,080 | | | | 80000 |
| EPDM (Etilen-Propilen-Kauçuk) | 1200 | 0,26 | 0,30 | 1,05 | 0,130 | | | | 100000 |

**EK 4 : ÇEŞİTLİ HACİMLERİN UYGUN ORTAM SICAKLIKLARI ve
BAĞIL NEM ORANLARI (18)**

| HACİM TİPİ | | SICAKLIK (° C) | BAĞIL NEM (%) |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------|--------------------|
| KONUTLAR | Oturma, Çalışma Odası | + 18....20 | 50...55 |
| | Yatak Odası | + 15....18 | 55...65 |
| | Mutfak | + 16....18 | 55...80 |
| | Banyo | + 22 | 60...80 |
| | W.C. | + 20 | 55...70 |
| | Merdiven Evi | + 15 | 50...55 |
| OKULLAR | Sınıflar | + 20 | 60 |
| | Hol , Merdiven Evi | + 18....20 | 50 |
| | Toplantı Salonu | + 15 | 55 |
| | W.C. | + 15 | 55...60 |
| | Duş ve Yıkama Hacimleri | + 20 | 80...90 |
| HASTAHANELER ve KLİNİKLER | Ameliyathaneler | + 24....35 | 40...60 |
| | Hasta Yatak Odaları | + 22 | 50...60 |
| | Laboratuvar ve Araştırma Odaları | + 24 | 30...45 |
| | Merdiven , W.C. | + 20 | 45...55 |
| | Morg | -5 ...0 | |
| SİNEMA, TİYATRO, TOPLANTI SALONU | | + 18 | 60...65 |
| GIDA PAZARI ve MARKETLER | Sebze, Meyva Saklama Odaları | - 1.... + 4 | 85...90 |
| | Peynir ve Süt Saklama | + 2....6 | 75 |
| | Et ve Balık Saklama | - 18....- 2 | 85...95 |
| | Satış Hacimleri | + 6....10 | 50...70 |
| | Derin Donduruculu Soğuk Odalar | - 20 | 95 |
| | Soğuk Oda | - 15 | 90 |
| | Dondurma v.b. | - 15 | 90 |
| | Yağ ve Margarin Saklama | - 6....- 4 | 75...80 |
| | Portakal , Limon v.b. | + 2....6 | 90 |
| | Muz | + 11 | 85 |
| | Salata, Karnıbahar, Salatalık | - 2....+ 2 | 85...90 |
| | Yumurta | 0....+ 1 | 80 |
| | Ekmek, Kek v.b. | + 2+ 8 | 80 |
| | Konserve | + 2....+ 4 | 85 |
| Çikolata | + 18....+ 20 | 50...60 | |

**EK 4 : ÇEŞİTLİ HACİMLERİN UYGUN ORTAM SICAKLIKLARI ve
BAĞIL NEM ORANLARI (18)**

| HACİM TİPİ | | SICAKLIK (° C) | BAĞIL NEM (%) |
|-----------------------------|--|---------------------|--------------------|
| GIDA PAZARI ve MARKETLER | Tütün, Sigara v.b. | + 16....20 | 55...65 |
| | Deri Eşya | + 10....15 | 50...70 |
| | Kağıt, Kağıt Eşya | + 15....20 | 40...65 |
| | Kibrit | + 10....15 | 40...65 |
| ECZANELER | İlaç Saklama | + 20....26 | 30...35 |
| | Arşiv | + 15 | 50...60 |
| | Satış Mahalli | + 10....20 | 50...60 |
| YÜZME HAVUZLARI | | + 22....28 | 80...90 |
| SAUNA | | + 70....110 | 3...8 |
| JİMNASTİK, SPOR SALONU | | + 15 | 50...80 |
| MATBAA, BASİMEVİ | | + 20....24 | 60...80 |
| AHIRLAR | At Ahır | + 5....6 | 75...80 |
| | İnek, Sığır ve Diğer Büyükbaş Hay. | + 8....10 | 75...85 |
| | Koyun Ahır | + 10 | 80 |
| | Domuz Ahır | + 5....10 | 75...85 |
| | Keçi Ahır | + 10 | 75...85 |
| EKMEK FIRINLARI | Un Saklama | + 18....27 | 60 |
| | Maya Depolama | 0....+ 5 | 60...75 |
| | Hamur Yoğurma | + 23....27 | 55...70 |
| | Mayalama Odası | + 25....27 | 75...80 |
| | Ekmeğin Soğutma | + 21 | 60...70 |
| ATÖLYELER, İMALATHANELER | Elektrikli Makina, Elektronik v.b. İşler İçin | | 60...65 |
| | Hafif El İşçiliği Olan Atölyeler | + 18....20 | 50 |
| | Ağır El İşçiliği Olan Atölyeler (Döküm v.b.) | + 15....25 | 80...95 |
| | Marangozhaneler | + 20 | 65...75 |
| | Boyahaneler (Püskürtme v.b.Şekilde) | + 25....40 | 65...75 |
| | Montaj Atölyeleri | + 10....15 | 65...75 |
| | Metal İşleme Atölyeleri | + 10....20 | 50 |
| | Renklendirme, Boyama İşleri İçin | + 10....20 | 75...85 |
| | Galvanizhaneler, Deri Tabakhaneleri | + 20 | 85 |
| | Elektronik Ölçme v.b. İçin | + 20 | 50...55 |

EK 4 : ÇEŞİTLİ HACİMLERİN UYGUN ORTAM SICAKLIKLARI ve BAĞIL NEM ORANLARI (18)

| HACİM TİPİ | | SICAKLIK (° C) | BAĞIL NEM (%) |
|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------|
| FABRİKA ve ENDÜSTRİ YAPILARI | Pamuklu Tekstil Fabrikaları | + 20...25 | 60...85 |
| | Yün Tekstil Fabrikaları | + 20...25 | 65...85 |
| | Yapay İpek, Perlon v.b. Fabrikaları | + 20...22 | 60...90 |
| | İpek Tekstil Fabrikaları | + 18...22 | 65...80 |
| | Sigara Fabrikaları | + 20...27 | 60...70 |
| | Kağıt Endüstrisi | + 20...24 | 67...70 |
| | Kibrit ve Patlayıcı Madde İmalatı | + 20 | 50...75 |
| | Şekerli Gıda Maddeleri Üretimi | + 20...27 | 30...50 |
| | Çikolata Fabrikaları | + 16...18 | 50...55 |
| | Deri Sanayi | + 30 | 75...85 |
| | Bira ve İçki Fabrikaları | + 10...15 | 80...85 |
| | Optik Laboratuvar v.b. | + 20 | 10...15 |
| | Plastik, Kauçuk Sanayi | + 15...25 | 75...85 |
| | Kömür Öğütme v.b. | + 25 | 50...60 |
| | Briket Tuğla Fabrikaları | + 20...25 | 50...60 |
| | Kimyasal Madde Fabrikaları | + 18...22 | 50...70 |
| Trafo, Jeneratör v.b. | + 30...35 | 50... | |
| FOTOGRAF ve FİLM STÜDYOLARI | Film Saklama, Banyo İlaçları Saklama | + 15 | |
| | Banyo Odası | + 20...22 | |
| | Kurutma | + 20...28 | |
| KİTAPÇILAR, KÜTÜPHANELER | | + 15...18 | 40...60 |

**EK 5 : BUHAR DİFÜZYONU İLE OLUŞAN YOĞUŞMA HESAPLARI İÇİN
BİLGİSAYAR PROGRAMI (ARKA KAPAKTA İKİ ADET DİSKET).**



ÖZGEÇMİŞ

| | | |
|-----------------|---------------------|---|
| Doğum tarihi | 19.06.1973 | |
| Doğum yeri | Ankara | |
| Ortaokul - Lise | 1984-1991 | Özel Moda Lisesi |
| Lisans | 1992-1996 | Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fak. Makina Mühendisliği Bölümü |
| Yüksek Lisans | 1996-1998 | Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı |
| Çalıştığı Kurum | 1996-1998 | Sönmez Metal End. ve Tic. A.Ş. Isıtma, Soğutma, Havalandırma ve Klima Cihazları Satış Öncesi , Satış ve Satış Sonrası Sorumlusu |
| | 1998 – Devam Ediyor | Temon Makina , Tesisat , Montaj San.ve Tic. A.Ş. T.C. Avcılar Belediyesi Barış Manço Kültür Merkezi Mekanik Tesisat (Isıtma, Havalandırma, Klima, Sıhhi Tesisat, Yangın Tesisatı) Proje ve Uygulama Sorumlusu |