

BİNA ENERJİ PERFORMANSI

HESAPLAMA YÖNTEMİ

BEP

I .

BİNA ENERJİ PERFORMANSI –

ISITMA ve SOĞUTMA İÇİN NET ENERJİ İHTİYACININ

HESAPLANMASI

İÇİNDEKİLER

1	GİRİŞ	1
1.1	KAPSAM.....	1
2	ATIF YAPILAN/YARARLANILAN STANDART VE/VEYA DOKÜMANLAR	2
3	TERİMLER VE TARİFLER	3
3.1	HESAPLAMA ADIMLARI VE MEVSİMLER	3
3.1.1	<i>Hesaplama adımı</i>	3
3.1.2	<i>Isıtma veya soğutma mevsimi.....</i>	3
3.1.3	<i>Mekanın kullanılmadığı zaman aralığı.....</i>	3
3.2	MEKÂNLAR, ZONLAR VE ALANLAR	3
3.2.1	<i>Isıtılan mekân.....</i>	3
3.2.2	<i>Soğutulan mekân</i>	3
3.2.3	<i>İklimlendirilen mekân.....</i>	3
3.2.4	<i>İklimlendirilmeyen mekân</i>	3
3.2.5	<i>İklimlendirilen zon</i>	3
3.2.6	<i>İklimlendirilen alan.....</i>	3
3.2.7	<i>Bağımsız çok zonlu hesaplama</i>	3
3.3	SICAKLIKLAR.....	4
3.3.1	<i>Dış sıcaklık.....</i>	4
3.3.2	<i>İç sıcaklık</i>	4
3.3.3	<i>Ayar sıcaklığı</i>	4
3.4	ENERJİ	4
3.4.1	<i>Isıtma veya soğutma için enerji ihtiyacı</i>	4
3.4.2	<i>Bina hizmetleri</i>	4
3.5	ISI GEÇİŞİ.....	4
3.5.1	<i>Isı geçiş katsayısı</i>	4
3.5.2	<i>İletim ve taşınım ile ısı geçiş katsayısı</i>	4
3.5.3	<i>Havalandırma ile ısı geçiş katsayısı.....</i>	4
3.6	BİNA ISI KAZANÇLARI.....	4
3.6.1	<i>İç kazançlar</i>	4
3.6.2	<i>Güneş kazançları</i>	5
3.6.3	<i>Güneş ışınlımı</i>	5
4	SEMBOLLER.....	6
5	HESAPLAMA YÖNTEMİNİN ANA HATLARI	8
5.1	BİNA ENERJİ DENGESİ	8
5.1.1	<i>Giriş</i>	8
5.1.2	<i>Bina zon seviyesinde enerji dengesi</i>	8
6	BİNA GEOMETRİSİ.....	10
6.1	BİNA FORMLARI.....	10
6.1.1	<i>Dikdörtgen Form</i>	11
6.1.2	<i>“L” Form</i>	11
6.1.3	<i>“T” Form.....</i>	11
6.1.4	<i>“U” Form</i>	12
6.1.5	<i>Artı “+” Form.....</i>	12
6.1.6	<i>Avlulu Dikdörtgen Form</i>	12
6.1.7	<i>İkili Dikdörtgen Form.....</i>	12
6.2	BİNA KATLARI	13
6.2.1	<i>Bodrum Kat</i>	13
6.2.2	<i>Zemin Kat</i>	13
6.2.3	<i>Ara Kat</i>	13
6.2.4	<i>Çatı Kat.....</i>	14
6.2.5	<i>Çatı Arası.....</i>	14

6.3	ÇATI FORMLARI	14
7	BİNA ZONLARI	17
7.1	GENEL	17
7.2	HESAPLAMA İÇİN BİNANIN SINIRLARI	17
7.3	ISIL ZONLAR	17
7.3.1	<i>Konutlar</i>	17
7.3.1.1	Müstakil Konutlar	17
7.3.1.2	Apartmanlar	18
7.3.1.3	Rezidanslar	18
7.3.2	<i>Ofisler</i>	19
7.3.2.1	Çekirdeği iklimlendirilmeyen ofisler	19
7.3.2.2	Çekirdeği iklimlendirilen ofisler	19
7.3.3	<i>Eğitim Binaları</i>	20
7.3.4	<i>Oteller</i>	20
7.3.5	<i>Sağlık binaları</i>	20
7.3.6	<i>Alışveriş ve Ticaret Merkezleri</i>	20
7.4	İKLİMLENDİRİLEN ZEMİN ALANININ TAYİNİ, A_f	20
8	İLETİM VE TAŞINIM İLE ISI GEÇİŞİ	21
8.1	HESAPLAMA YÖNTEMİ	21
8.2	İLETİM VE TAŞINIM İLE ISI GEÇİŞ KATSAYISI	21
8.2.1	<i>Opak bileşenler</i>	21
8.2.1.1	Opak bileşenler için ısı köprülerinin hesaplanması	23
8.2.2	<i>Saydam bileşenler</i>	24
8.2.2.1	Pencerelerde Kepenk Olması Durumu	26
8.2.3	<i>Kapı bileşenleri</i>	27
8.2.4	<i>İklimlendirilen zonun döşeme karakteristik ölçüsünün belirlenmesi</i>	27
8.2.5	<i>İklimlendirilen zonda yapı bileşenlerinin eşdeğer kalınlıklarının belirlenmesi</i>	27
8.3	FARKLI ISIL ŞARTLARI OLAN BİLEŞENLERİN İLETİM VE TAŞINIM ISI GEÇİŞ KATSAYILARI	29
8.3.1	<i>İklimlendirilen veya iklimlendirilmeyen zonun dış hava temaslı opak ve saydam bileşenleri</i>	29
8.3.2	<i>İklimlendirilen zon ile dışa açık iklimlendirilmeyen bitişik zonlu ayıran duvarların opak ve saydam bileşenleri</i>	30
8.3.3	<i>İklimlendirilen bir bodrum katının toprak temaslı dış duvarları</i>	31
8.3.4	<i>İklimlendirilen zonun toprak temaslı yüzer döşemesi</i>	32
8.3.5	<i>İklimlendirilen zonun toprak temaslı iklimlendirilmeyen hacim ile ara döşemesi</i>	33
8.3.6	<i>İklimlendirilen veya iklimlendirilmeyen bodrum katın toprak temaslı döşemesi</i>	35
8.3.7	<i>İklimlendirilen zonun dışa açık iklimlendirilmeyen bir seraya (kış bahçesine) bakan yüzeyleri</i>	36
8.3.8	<i>İklimlendirilen zonun dış hava temaslı konsol döşemesi</i>	37
8.3.9	<i>İklimlendirilen zonun, dışa açık olmayan iklimlendirilmeyen zona bakan bileşenleri</i>	38
8.3.10	<i>İklimlendirilen zonun iklimlendirilen başka bir zon ile ilişkili bileşenleri</i>	39
9	HAVALANDIRMA İLE ISI GEÇİŞİ	40
9.1	MINİMUM HAVALANDIRMA İHTİYACI	40
9.1.1	<i>Müstakil konutlar ve Daireler</i>	40
9.1.2	<i>Ofisler</i>	40
9.1.3	<i>Diğer Bina Tipolojileri</i>	40
9.2	ÖZEL DURUMLAR İÇİN HESAPLAMA	41
9.2.1	<i>İklimlendirilen Zon ile Bitişik İklimlendirilmeyen Zon Arasındaki Havalandırma ile Isı Geçiş Katsayısı</i>	41
	iklimlendirilmeyen zon ile dış ortam arasındaki hacimsel hava debisi ($q_{v,ue}$)	42
	iklimlendirilmeyen zon ile dış ortam arasındaki havalandırma ısı geçiş katsayısı ($H_{v,ue}$)	42
	iklimlendirilen zonla iklimlendirilmeyen zon arasında kapı ve/veya pencere varsa;	42
	iklimlendirilen zonla iklimlendirilmeyen zon arasında kapı ve/veya pencere yoksa;	43
9.3	DOĞAL HAVALANDIRMA VE SIZINTI (İNFLTRASYON)	43
9.4	MEKANİK HAVALANDIRMA SİSTEMİ	HATA! YER İŞARETİ TANIMLANMAMIŞ.
9.4.1	<i>Isı Geri Kazanımı Ünitesi</i>	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
10	İÇ KAZANÇLAR	45

10.1	HESAPLAMA YÖNTEMİ	45
10.2	İNSANLARDAN VE CİHAZLARDAN İÇ KAZANLARIN HESAPLANMASI	45
10.2.1	Müstakil konutlar ve apartman daireleri	45
10.2.2	Ofisler için;	47
10.2.3	Rezidanslar ve diğer bina tipolojileri	48
10.3	AYDINLATMA AYGITLARINDAN İÇ KAZANLARIN HESAPLANMASI	49
10.4	TOPLAM İÇ KAZANÇ DEĞERİNİN HESAPLANMASI	49
10.4.1	Müstakil konutlar ve apartman daireleri	49
10.4.2	Ofisler	50
10.4.3	Rezidanslar ve diğer bina tipolojileri için;	50
11	GÜNEŞ KAZANÇLARI	51
11.1	HESAPLAMA YÖNTEMİ	51
11.2	GÜNEŞ ENERJİSİNDEN TOPLAM ISI KAZANÇLARI	51
11.2.1	Saydam bileşenler için güneş enerjisinden ısı kazançları	51
11.2.2	Opak bileşenler için güneş enerjisinden ısı kazançları	52
11.2.3	Kapı bileşenleri için güneş enerjisinden ısı kazançları	52
11.3	HESABA KATILAN ÖZEL DURUMLAR	53
11.3.1	Gölgelenme	53
11.3.1.1	Çevre binalardan gölgelenme	53
11.3.1.2	Güneş kontrol elemanları ve bina çıkıntıları ile gölgelenme	54
11.3.1.3	Düşey gölgeleme elemanları	54
11.3.2	Isıl ışınlam ile gökyüzüne ısı kaybı	55
12	SAATLİK ISITMA – SOĞUTMA NET ENERJİ İHTİYACININ HESAPLANMASI	57
12.1	GENEL	57
12.1.1	Bina dinamik etkilerinin hesaplanması	57
12.1.2	İç kazançlar ve güneş kazançlarıyla oluşan ısı miktarlarının hesaplanması	58
12.1.3	Isı geçirme katsayıları	58
12.1.4	Verilen ısıtma-soğutma yükü enerjisi ihtiyacı $\Phi_{HC,nd}$ için hava ve operatif sıcaklıkların hesaplanması	59
12.1.5	İç sıcaklığın ve gerekli ısıtma ve soğutma gücünün hesaplanması	60
12.2	HESAPLAMA YÖNTEMİ	61
13	İKLİM VERİLERİ	63
13.1	GENEL BİLGİ	63
13.2	VERİLERİN KONTROLÜ VE EKSİK VERİLERİN TAMAMLANMASI	64
13.3	İKLİM VERİSİ KAPSAMI	65
13.3.1	Sıcaklık	65
13.3.2	Bağıl nem	65
13.3.3	Güneş ışınlamı	65
13.3.3.1	Yatay düzleme gelen toplam güneş ışınlamı	65
13.3.3.2	Yatay düzleme gelen doğrudan güneş ışınlamı	65
13.4	BASİT SAATLİK METOTTA GEREKLİ DATALAR İÇİN TEMSİLİ METEOROLOJİK YIL OLUŞTURULMASI	65
13.4.1	Yöntem	65
13.4.2	Sıcaklık	67
13.4.3	Bağıl nem	67
13.4.4	Güneş ışınlamı	67

1 Giriş

Bina enerji performansı hesaplama yöntemi, binanın enerji tüketimine etki eden tüm parametrelerin, binaların enerji verimliliğine etkisini değerlendirmek ve enerji performans sınıfını belirlemek için geliştirilmiştir. Hesaplama yöntemi konutlar, ofisler, eğitim binaları, sağlık binaları, oteller ile alışveriş ve ticaret merkezleri gibi bina tipolojilerindeki mevcut ve yeni binaların enerji performansını değerlendirmek için kullanılır.

Bu hesaplama yöntemi ;

- proje aşamasındaki binalar için çeşitli tasarım alternatiflerinin enerji performanslarının karşılaştırılması,
- mevcut binaların enerji performansının standartlaştırılmış seviyesinin gösterilmesi,
- mevcut binalarda enerji ihtiyacının hesaplanması yolu ile enerji verimliliği tedbirlerinin uygulanması ve uygulanmaması durumlarının değerlendirilmesi,
- bina stoğunu temsil edecek nitelikteki tipik binaların enerji kullanımlarının hesaplanması yolu ile bölgesel, ulusal ve uluslararası ölçekte gelecekteki enerji kaynağı ihtiyacı konusunda öngöründe bulunulması,
- zaman içerisinde tanımlanan bileşenlerden milli bileşen kütüphanesi oluşturma gibi ulusal veritabanlarının geliştirilmesi

gibi uygulamalarda kullanılabilir.

1.1 Kapsam

Bu hesaplama yöntemi, bina enerji performansını değerlendirirken;

- binaların ısıtılması ve soğutulması için binanın ihtiyacı olan net enerji miktarının hesaplanmasını,
- net enerjiyi karşılayacak kurulu sistemlerden olan kayıpları ve sistem verimlerini de gözönüne alarak binanın toplam ısıtma-soğutma enerji tüketiminin belirlenmesini,
- havalandırma enerjisi tüketiminin belirlenmesini,
- binalarda günışığı etkileri göz önüne alınarak, günışığından yararlanılmayan süre ve günışığının etkili olmadığı alanlar için aydınlatma enerji ihtiyacının ve tüketiminin hesaplanmasını,
- sıhhi sıcak su için gerekli enerji tüketiminin hesaplanmasını

kapsamaktadır.

Raporun bu bölümünde binaların ısıtma ve soğutma için ihtiyacı olan net enerji ihtiyacının hesaplanması yöntemi açıklanmaktadır.

Bu yöntemle elde edilebilecek başlıca çıktılar aşağıda belirtilmiştir:¹

- Binanın ısıtılması için yıllık net enerji ihtiyacı,
- Binanın soğutulması için yıllık net enerji ihtiyacı,

¹ Saatlik hassasiyette hesap yapan bu yöntem ile yıllık, aylık, haftalık, günlük enerji kullanım ve ihtiyaç değerlerine de ulaşılabilir.

2 Atıf yapılan/yararlanılan standart ve/veya dokümanlar

Bu metotta tarih belirtilerek veya belirtilmeksizin çok sayıda standart ve/veya dokümanlardan yararlanılmıştır. Bunların başlıcaları **Tablo 1'** de listelenmiş, bir kısmı da metin içerisinde gerekli yerlerde belirtilmiştir.

Tablo 1. Yararlanılan Kaynaklardan Başlıcaları

IEC, ISO, EN, TS No	Adı (İngilizce)	Adı (Türkçe)
EN 13790	Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling	tst EN ISO 13790 Binaların enerji performansı – Mekân ısıtması ve soğutulması için enerji kullanımının hesaplanması
EN 13789	Thermal performance of buildings – Transmission heat loss coefficient – Calculation method (ISO 13789: 1999).	TS EN ISO 13789 Binaların Isıl Performansı-Transmisyon Isı Kaybı Katsayısı-Hesaplama Metodu
EN15251	Indoor environment criteria for design and calculation of energy performance of buildings	TS EN 15251 Binaların enerji performansının tasarımı ve değerlendirilmesi için bina içi ortam parametreleri (bina içi hava kalitesi, ısı ortamı, aydınlatma ve akustik)
TS 825		Binalarda Isı Yalıtım Kuralları
EN ISO 14683	Thermal bridges in building construction- Linear thermal transmittance- Simplified Methods and default values (ISO 14683:2007)	TS EN ISO 14683+AC Bina İnşaatı-Isıl Köprüler-Lineer Isıl Geçirgenlik-Basitleştirilmiş Metot ve Hatasız Değerler
EN 10456	Building materials and products – Hygrothermal properties – Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values	TS EN ISO 10456 İnşaat Malzeme Ve Mamulleri - Beyan Ve Tasarım Termal Değerlerinin Tayini İçin Metotlar
BS EN 12524	Building materials and products. Hygrothermal properties. Tabulated design values	TS EN 12524 Bina malzemeleri ve mamulleri - hidroisıl özellikler - çizelgeleştirilmiş tasarım değerleri
BR 443	Conventions for U-value calculations	
TS 2164		Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları
DIN 18599	Energy efficiency of buildings Energy efficiency of buildings - Calculation of the net, final and primary energy demand for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting	
EN 13370	Thermal performance of buildings – Heat transfer via the ground – Calculation methods	TS EN ISO 13370 Isıl Performansı -Zeminle Isı Değişimi Hesaplama Metodu
2005 ASHRAE	Fundamentals Handbook	

3 Terimler ve tarifler

3.1 Hesaplama adımları ve mevsimler

3.1.1 Hesaplama adımı

Bina için enerji ihtiyaçlarının ve tüketiminin hesaplanmasındaki zaman aralığı.

Not - Binanın ısıtma ve soğutma için net enerji ihtiyacının (net enerji) hesaplama yönteminde kullanılan tipik zaman aralığı bir saattir.

3.1.2 Isıtma veya soğutma mevsimi

Yıl içerisinde ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacının olduğu dönem.

Not - Isıtma ve soğutma mevsim uzunlukları iklim verilerinin yanı sıra bina performansına göre de değişiklik göstermektedir. Dolayısı ile aynı iklim bölgesindeki farklı binalar için ısıtma ve soğutma dönemlerinin süreleri farklı olabilir. Bu hesaplama yöntemi, bir saatlik zaman aralıklarıyla hesap yapmakta olup, ısıtma ve soğutma mevsim sürelerinin, iklim özelliklerinin yanı sıra binanın ısı davranışına da bağlı olarak belirlenebilmesine olanak sağlamaktadır.

3.1.3 Mekanın kullanılmadığı zaman aralığı

Isıtma veya soğutma yapılmayan bir kaç günlük veya haftalık (örneğin, tatil günleri) zaman aralığı.

3.2 Mekânlar, zonlar ve alanlar

3.2.1 Isıtılan mekân

Verilen ayar sıcaklığına ısıtılan veya ısıtılacağı varsayılan oda veya çevrelenmiş hacim.

3.2.2 Soğutulan mekân

Verilen ayar sıcaklığına soğutulan veya soğutulacağı varsayılan oda veya çevrelenmiş hacim.

3.2.3 İklimlendirilen mekân

Isıtılan ve/veya soğutulan mekân.

Not - Isıtılan ve/veya soğutulan mekânlar ısı zonlar ve ısı kabuğun sınırlarını tanımlamak için kullanılır.

3.2.4 İklimlendirilmeyen mekân

İklimlendirilen mekânın bir parçası olmayan oda veya çevrelenmiş hacim.

3.2.5 İklimlendirilen zon

Verilen ayar sıcaklığına veya sıcaklıklarına iklimlendirilen, aynı kullanım modeline sahip olan, iç sıcaklıklarının mekan içerisinde homojen olduğu varsayılan ve tek ısıtma, soğutma ve/veya havalandırma sistemi ile veya aynı enerji performansına sahip farklı sistemlerle kontrol edilen hacim..

3.2.6 İklimlendirilen alan

İklimlendirilen tüm mekânların zemin alanları.

3.2.7 Bağımsız çok zonlu hesaplama

Zonlar arasında iletim ve taşınım ile ve/veya havalandırma/sızıntı ile ısı geçişinin ihmal edildiği her zonun enerji ihtiyacının ayrı ayrı birbirinden bağımsız ardışık hesaplandığı yöntem.

3.3 Sıcaklıklar

3.3.1 Dış sıcaklık

Dışarıdaki havanın sıcaklığı.

3.3.2 İç sıcaklık

İç sıcaklık olarak tanımlanan operatif sıcaklık, zonun veya mekanın merkezindeki hava sıcaklığının ve ortalama ısıtma sıcaklığının ağırlıklı ortalamasıdır. Bu hesaplama yönteminde kullanılan operatif sıcaklığın hesaplama yöntemi ileriki bölümlerde açıklanmaktadır.

3.3.3 Ayar sıcaklığı

Normal ısıtma modelinde kontrol sistemi ile sabitlenen, istenilen en düşük iç sıcaklık veya normal soğutma modelinde kontrol sistemi ile sabitlenen, istenilen en yüksek iç sıcaklık.

3.4 Enerji

3.4.1 Isıtma veya soğutma için enerji ihtiyacı

Verilen bir zaman dilimi süresince istenilen sıcaklıkta konfor şartlarının sürdürülebilmesi için iklimlendirilen mekâna verilmesi veya mekandan alınması gereken ısı.

3.4.2 Bina hizmetleri

Bina teknik sistemleri ve cihazlar tarafından iç iklimsel şartları, sıcak suyu, aydınlatmayı sağlayan hizmetler ve binanın kullanımına ilişkin diğer hizmetler.

3.5 Isı geçişi

3.5.1 Isı geçiş katsayısı

Sıcaklık farkı olan iki ortam arasında birim zamanda geçen ısı miktarının sıcaklık farkına bölünmesi ile elde edilen katsayı.

3.5.2 İletim ve taşınım ile ısı geçiş katsayısı

Sıcaklık farkı olan iki ortamı ayıran yapı bileşeninin toplam alanından birim zamanda geçen ısı miktarının sıcaklık farkına bölünmesiyle elde edilen katsayı.

3.5.3 Havalandırma ile ısı geçiş katsayısı

Kapalı mekânda sızıntı veya havalandırma yoluyla geçen ısı miktarının iç hava sıcaklığı ile besleme havası sıcaklığı arasındaki farka bölümü.

Not - Doğal havalandırma durumunda sıcaklık farkı, besleme havası doğrudan dış hava olduğu için, iç ve dış sıcaklık arasındaki fark olarak alınır.

3.6 Bina ısı kazançları

Isıtma, soğutma veya sıcak su hazırlanması için kullanılan başka ısı kaynakları tarafından iklimlendirilen mekân içinde üretilen veya mekana giren ısı.

Not - Bu ısı, iç ısı kazançlarını ve güneş enerjisi kazançlarını içerir.

3.6.1 İç kazançlar

Isıtma, soğutma veya sıcak su hazırlanması için sağlanan ısı dışında, bina veya zon içinde bulunan insanlardan kaynaklanan ısı (metabolik ısı) ve binalarda veya zonlarda kullanılan cihazlardan, büro donanımlarından ...vb. sağlanan ısıdır.

3.6.2 Güneş kazançları

Doğrudan (saydam bileşenlerden doğrudan iç ortama geçen) veya dolaylı (bina elemanları tarafından soğurulduktan sonra iç ortama geçen) olarak pencerelerden, opak yüzeylerden veya güneş odası gibi pasif elemanlardan giren güneş ışıınının sağladığı ısıdır.

Not - Güneş enerjisi kolektörleri gibi güneşe ilişkin aktif aygıtlar bina teknik sisteminin parçası olarak değerlendirilir.

3.6.3 Güneş ışıını

Yüzeyin birim alanına düşen güneş ısısı.

4 Semboller

Çizelge 1 – Semboller ve birimler

Sembol	Açıklama	Birim
A	Alan	m^2
b	Düzeltilme faktörü	
B	Fanın açık kalma oranı	
B'	Döşemenin karakteristik ölçüsü	m
C	İklimlendirilmiş bir mekânın etkin ısı kapasitesi	J/K
c	Özgül ısı kapasitesi	J/(kg.K)
d	Katman kalınlığı	m
F	Faktör	
g	Bina elemanının toplam güneş enerjisi geçirgenlik faktörü	
H	Isı geçiş katsayısı	W/K
h	Yükseklik	m
h	Yüzey ısıl taşınım katsayısı	W/(m^2 .K)
I_{sol}	Güneş ışınlamı	W/ m^2
L	Uzunluk	m
N	Sayı	
q_v	Hacimsel hava debisi	m^3/s
R	Isıl direnç	$m^2.K/W$
P	Çevre	m
t	Zaman, zaman dilimi	s^*
U	Isıl geçirgenlik katsayısı	W/(m^2 .K)
V	İklimlendirilen zondaki hava hacmi	m^3
w	Bağıl nem	
W	Duvar toplam kalınlığı	m
z	Bodrum kat döşemesi toprağa gömülme derinliği	m
α	Güneş ışınlamı için bir yüzeyin soğurma katsayısı	
γ	Yüzey azimut açısı	$^\circ$
ε	Uzun dalga ısı ışınlam için yüzey salım faktörü	
η	Verim, yararlanma faktörü	
θ	Celsius sıcaklık	$^\circ C$
β	Düşey engel açısı	$^\circ$
z	Zenit açısı	$^\circ$
Λ	İç yüzeylerin alanı ile döşeme alanı arasında boyutsuz oran	
ρ	Yoğunluk	Kg/m^3
τ_{gl}	Gün ışığı geçirgenlik faktörü	
λ	Isıl iletkenlik değeri	W/(m.K)
ϕ	Isıl güç	W
χ	Noktasal ısı geçirgenlik	W/K
ψ	Doğrusal ısı geçirgenlik	W/(m.K)
* Hesaplamaların cinsine göre zaman dilimi olarak megasaniye (Ms) veya saat kullanılmaktadır. Birimler formüllerin altlarında belirtilmiştir.		

Çizelge 2 – Alt indisler

a	Hava	H	Isıtma	max	Azami
ac	Gerçek (verilebilen)	H,nd	Isıtma ihtiyacı	min	Asgari
adj	Uyarlanmış	HC,nd	Isıtma-soğutma ihtiyacı	p	Kişi
app	Cihazlar	hor	Yatay, ufuk	p	izdüşüm
at	Bağlaşım terimi	hru	Isı geri kazanım	r	Sağ
bf	Bodrum kat döşemesi	i	İç (sıcaklık)	r	Işınımsal
bw	Bodrum kat duvarı	ia	İç hava	S	Güneş
d	Tasarım	int	İç (ısı)	se	Yüzey, dış
C	Soğutma, kapasite	is	İletkenlik terimi	sen	Duyulur
c	Opak eleman	k	Zon tipi indisi	set	Ayar (sıcaklık)
D	Diğer (konutlarda mutfak ve salon dışındaki)	i, j, k, n	Temsili tamsayılar	sh	Gölgeleme
dif	Yaygın	l	Sol	si	Yüzey, iç
dir	Doğrudan	L	Aydınlatma (sistemi)	sol	Güneş
do	Dış kapı	lat	Gizli	sup	Besleme (hava)
e	Dış	lg	Aydınlatma aygıtı	st	Yüzey sıcaklığı
em	Salım	m	Kütle ile ilgili iletkenlik veya sığa	stnd	Standart
ex	Egzos sistemi	mn	Ortalama (zaman, mekan)	tot	Toplam
F	Çerçeve	ms	İletkenlik terimi ^a	tr	İletim (ısı geçişi)
F_1	Form 1	M	Mutfak ve salon	u	Şartsız
f	Döşeme	n	Hava değişim sayısı	un	Sınırsız
f	Fan	nd	İhtiyaç	unit	Birim
f	Isı geri kazanım faktörü	ob	Engeller	V	Havalandırma (sistem)
fin	Düşey engel	Oc	İnsanlar (Sakinler)	v	Hacim
fo	Temel	Of	Ofis	ve	Havalandırma (ısı geçişi)
frac	Oran	op	Opak	W	Sıcak su
g	Toprak	opr	Operatif	w	Duvar
gl	Cam, saydam eleman	ov	Saçak	x'	Fanın kapalı olma durumu

5 Hesaplama yönteminin ana hatları

Isıtma ve soğutma net enerji hesaplama yöntemi için gerekli olan başlıca girdiler aşağıda belirtilmiştir:

- İklim verileri,
- Bina geometrisi
- Binanın havalandırma ve ısı özellikleri,
- İç kazançlar ve güneş enerjisinden kazançlara bağlı özellikleri,
- Bina malzemelerinin ve bina bileşenlerinin tanımı,
- Bina fonksiyonuna bağlı iç konfor şartları (sıcaklık ve nem ayar değerleri, havalandırma miktarı),
- Bina tipolojisine bağlı zonlama yöntemleri ve zon bilgileri

Bu bölümde ısıtma ve soğutma için net enerji hesaplamasında kullanılan yöntemin ana hatları açıklanmaktadır.

5.1 Bina enerji dengesi

5.1.1 Giriş

Duruma (özellikle bina tiplolojilerine) bağlı olarak, bina çoklu zonlara bölünür veya tek zon olarak işleme tabi tutulur.

Enerji dengesi, bina seviyesinde net enerji ve sistem seviyesinde enerji olarak ikiye ayrılır.

Binanın ısıtılması ve soğutulması için enerji ihtiyaçları, bina zonlarının ısı dengesi esas alınarak hesaplanır.

Binanın ısıtma ve soğutma için net enerji ihtiyacı, bina sistemlerinin enerji dengesi için veri oluşturur.

5.1.2 Bina zon seviyesinde enerji dengesi

Bina zon seviyesinde enerji dengesi aşağıda verilen maddeleri içerir:

- İklimlendirilen mekân ile dış ortam arasında iletim ve taşınım ile ısı geçişi, iklimlendirilen mekân ile dış ortam arasındaki sıcaklık farkı ile bu ortamları ayıran yapı bileşenlerinden geçen ısı olarak hesaplanır.
- Havalandırma ile ısı geçişi, iklimlendirilen zonun sıcaklığı ile, doğal havalandırmada dış hava sıcaklığı, mekanik havalandırmada ise besleme havası sıcaklığı arasındaki fark ile havalandırma boşluklarından ve çatlaklardan geçen ısı olarak hesaplanır.
- İklimlendirilen bir zon ile bitişik iklimlendirilmeyen zon arasında iletim/taşınım ve havalandırma ile ısı geçişi, iklimlendirilmeyen zonun iletim/taşınım ve havalandırma ile ısı kayıp/kazançlarının, belirli bir azaltım faktörü aracılığı ile iklimlendirilen zona aktarıldığı varsayılarak hesaplanır.
- İç ısı kazançları, örneğin kişiler, cihazlar ve aydınlatma ve sıcak su sistemlerinden yayılan veya soğurulan ısıdır.
- Güneşten ısı kazançları, pencerelerden doğrudan yolla ve/veya opak yapı bileşenlerinden soğurma yoluyla dolaylı olarak kazanılan ısıdır.
- Binanın ısıl kütlesinin ısıyı depolama veya depolanan ısıyı salması özelliği ısı dengesinde hesaba katılır.
- Isıtma için enerji ihtiyacı, zon ısıtılmaktaysa , ısıtma sisteminin iç sıcaklığı gerekli olan asgari seviyeye (ısıtma için ayar sıcaklığına) yükseltmek için sağladığı enerji miktarıdır.

- Soğutma için duyulur ısı enerjisi ihtiyacı, zon soğutulmaktaysa, soğutma sisteminin iç sıcaklığı gerekli olan azami seviyeye (soğutma ayar sıcaklığına) düşürmek ve nemi konfor düzeyinde tutmak için sağladığı enerji miktarıdır.

Not - İnsanlardan ve cihazlardan kazanılan gizli ısı bina net enerjisi ihtiyacına ilaveten katılır.

6 Bina Geometrisi

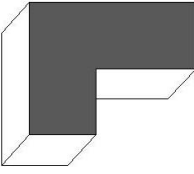
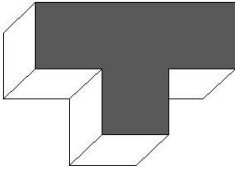
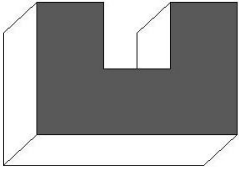
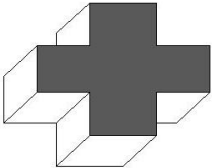
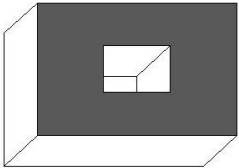
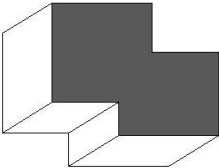
Binanın mimari tasarımıyla belirlenmiş olan bina formunu tanımlar.

6.1 Bina Formları

Hesaplama yöntemi, bina geometrisinin basitleştirilmiş yöntem ile tanımlanmasını sağlayan bina formlarını içermektedir. Yöntemde, bir yazılım kullanılması durumunda kolaylık sağlamak açısından belirlenen genel formlar **Şekil 1.**'de verilmiştir.

Tüm formlarda yüzeylerin birbirlerine dik olduğu kabul edilmiştir, bu nedenle farklı açıyla birleşmiş yüzeyler için genelleme yapılmaktadır. Enerji tüketimi hesaplanması istenen bina, verilen formlardan en yakın bina formuna indirgenerek modellenebilir.

Binaların formlarından dolayı birbirini gölgeleyen yüzeyleri, her bir form alt başlığında tanımlanmıştır ve gölgelemenin nasıl hesaplandığı bölüm **11.3.1.3'** de açıklanmıştır.

			
Dikdörtgen form	L form	T form	U form
			
Artı form	Avlulu form	İkili dikdörtgen form	

Şekil 1. Bina Formları

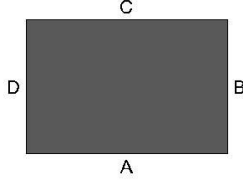
Bina formlarının yüzey kodları ve çevre-alan hesapları aşağıdaki gibidir:

AA	:A yüzeyi uzunluğu, m
BB	:B yüzeyi uzunluğu, m
CC	:C yüzeyi uzunluğu, m
DD	:D yüzeyi uzunluğu, m
EE	:E yüzeyi uzunluğu, m
FF	:F yüzeyi uzunluğu, m
GG	:G yüzeyi uzunluğu, m
HH	:H yüzeyi uzunluğu, m
II	:I yüzeyi uzunluğu, m
JJ	:J yüzeyi uzunluğu, m
KK	:K yüzeyi uzunluğu, m
LL	:L yüzeyi uzunluğu, m

6.1.1 Dikdörtgen Form

Dikdörtgen formlu binalar, binanın formu itibarıyla dört yüzeyi olan veya dört yüzeye indirgenebilecek formda olan binalar için kullanılır. Yüzeyler birbirine dik kabul edilmektedir.

Bu formda birbirini gölgeleyen bina çıkıntıları yoktur.



$$\text{Çevre: } P_{FI} = 2 \cdot (AA + BB) \quad (01)$$

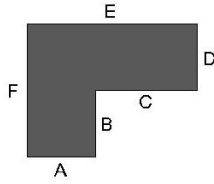
$$\text{Alan: } A_{FI} = AA \cdot BB \quad (02)$$

Şekil 2. Dikdörtgen Form

6.1.2 “L” Form

“L” formundaki binalar, dikdörtgen formdaki binaların herhangi bir girinti veya çıkıntısını modelleme olanağı sunar.

Yüzeylerin birbiri ile ilişkisinden dolayı bu tür formlarda aşağıdaki kontroller yapılmaktadır.



$$EE = AA + CC \quad (03)$$

$$FF = BB + DD \quad (04)$$

$$\text{Çevre: } P_{F2} = 2 \cdot (EE + FF) \quad (05)$$

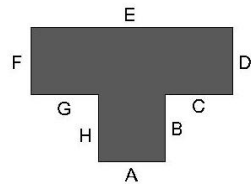
$$\text{Alan: } A_{F2} = (EE \cdot FF) - (BB \cdot CC) \quad (06)$$

Şekil 3. “L” Form

Bu formda B yüzeyinin C yüzeyini ve aynı şekilde C yüzeyinin B yüzeyini gölgeleme durumu hesaba katılmaktadır.

6.1.3 “T” Form

Yüzeylerin birbiri ile ilişkisinden dolayı aşağıdaki kontroller yapılmaktadır:



$$EE = AA + CC + GG \quad (07)$$

$$FF + HH = BB + DD \quad (08)$$

$$\text{Çevre: } P_{F3} = 2 \cdot (EE + FF + HH) \quad (09)$$

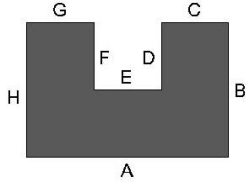
$$\text{Alan: } A_{F3} = (EE \cdot (FF + HH)) - (GG \cdot HH) - (BB \cdot CC) \quad (10)$$

Şekil 4. “T” Form

T formundaki binalarda, B ile C ve G ile H yüzeyleri arasında gölgeleme etkisi vardır.

6.1.4 “U” Form

Yüzey uzunlukları arasındaki bağıntı şu şekildedir;



$$AA = CC + EE + GG \quad (11)$$

$$FF < HH \text{ ve } DD < BB \text{ ve } FF = DD \quad (12)$$

$$\text{Çevre: } P_{F4} = 2 \cdot (AA + BB) + DD + FF \quad (13)$$

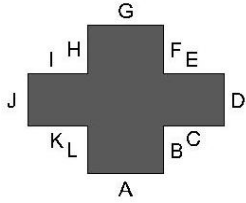
$$\text{Alan: } A_{F4} = (AA \cdot BB) - (DD \cdot EE) \quad (14)$$

Şekil 5. “U” Form

“U” formundaki binalarda, D, E ve F yüzeylerinin birbirini gölgeleme durumu göz önünde bulundurulmaktadır.

6.1.5 Artı “+” Form

Artı formu yüzeyleri arasındaki kontrol bağıntısı şu şekildedir:



$$AA + CC + KK = EE + GG + II \quad (15)$$

$$BB + DD + FF = HH + JJ + LL \quad (16)$$

$$\text{Çevre: } P_{F5} = 2 \cdot \left((AA + CC + KK) + (BB + DD + FF) \right) \quad (17)$$

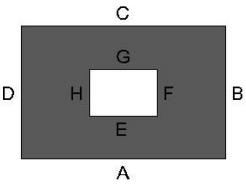
$$\text{Alan: } A_{F5} = (AA + CC + KK) (BB + DD + FF) - (BB \cdot CC) - (EE \cdot FF) - (HH \cdot II) - (KK \cdot LL) \quad (18)$$

Şekil 6. Artı “+” Form

Artı formda B-C, E-F, H-I, K-L yüzeyleri arasında gölgeleme etkisi vardır.

6.1.6 Avlulu Dikdörtgen Form

Avlulu formdaki binaların yüzeylerinde aşağıdaki bağıntılar kullanılmaktadır:



$$AA = CC \text{ ve } BB = DD \quad (19)$$

$$EE < AA \text{ ve } FF < BB$$

$$\text{Çevre: } P_{F6} = 2 \cdot (AA + BB) + 2 \cdot (EE + FF) \quad (20)$$

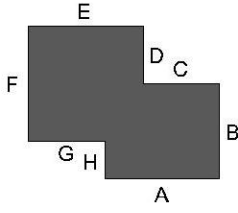
$$\text{Alan: } A_{F6} = (AA \cdot BB) - (EE \cdot FF) \quad (21)$$

Şekil 7. Avlulu Form

Avlu yüzeyleri için gölgeleme hesaplarında, karşı yüzeyler karşı engel olarak, yan yüzeyler düşey çıkıntı engeli olarak tanımlanacaktır.

6.1.7 İkili Dikdörtgen Form

İkili dikdörtgen formda, yüzeyler arasında aşağıdaki kontroller yapılmaktadır;



$$AA + GG = CC + EE \quad (22)$$

$$BB + DD = FF + HH \quad (23)$$

$$\text{Çevre: } P_{F7} = 2 \cdot ((AA + GG) + (BB + DD)) \quad (24)$$

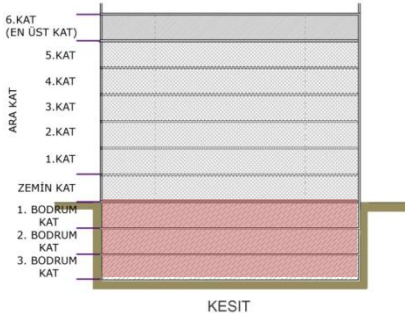
$$\text{Alan: } A_{F7} = (AA + GG) \cdot (BB + DD) - (CC \cdot DD) - (GG \cdot HH) \quad (25)$$

Şekil 8. İkili Dikdörtgen Form

İkili dikdörtgen formda D-C yüzeyleri arasında ve G-H yüzeyleri arasında gölgelenme etkisi kabul edilmektedir.

6.2 Bina Katları

6.2.1 Bodrum Kat

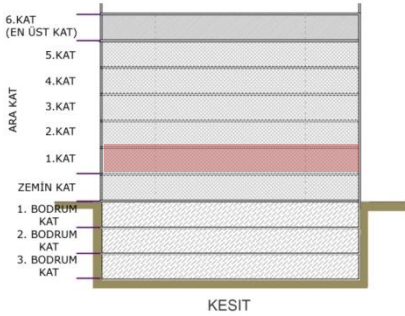


Bu hesaplama yönteminde, zemin katın altındaki toprak temaslı dış duvar veya duvarları olan tüm katlar borum kat olarak alınır.

Not - Subasman yüksekliği 1. Bodrum katta tanımlanır.

Şekil 9. Bodrum Katlar

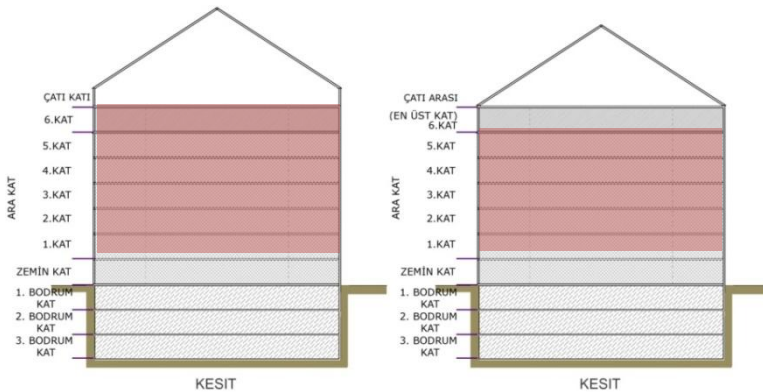
6.2.2 Zemin Kat



Binanın ana girişinin bulunduğu ve varsa bodrum katın üzerinde yer alan kattır.

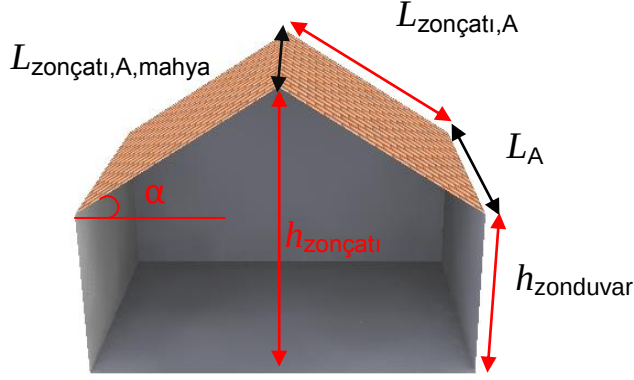
Şekil 10. Zemin Kat

6.2.3 Ara Kat



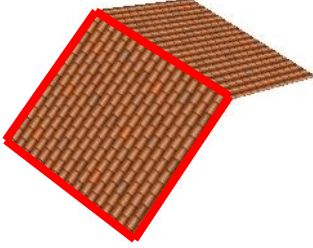
Ara kat zemin kat ile varsa çatı katı veya çatı arası katı yoksa en üst kat arasında bulunan katların her biridir.

Şekil 11. Ara Katlar



Şekil 14. Çatı Ölçü Tanımları

DİKDÖRTGEN ÇATI YÜZEYİ

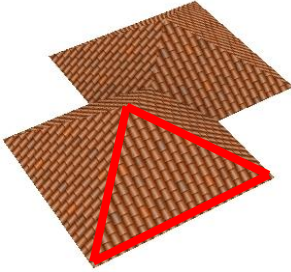


$$A_{\text{zonçatı, A}} = L_{\text{zonçatı, A}} \cdot L_A \quad (27)$$

$A_{\text{zonçatı, A}}$: eğimli çatı yüzeyi alanı, m^2
 $L_{\text{zonçatı, A}}$: çatı yüzey uzunluğu, m,
 (dikdörtgen çatı yüzeyleri için her noktada eşittir).
 L_A : eğimli çatı yüzeyinin oturduğu duvarın uzunluğu, m

Şekil 15. Dikdörtgen Çatı Yüzeyi

ÜÇGEN ÇATI YÜZEYİ

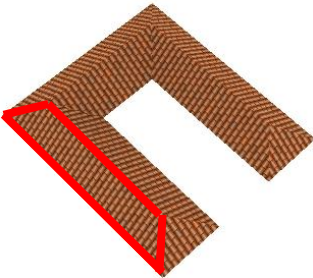


$$A_{\text{zonçatı, A}} = (L_{\text{zonçatı, A}} \cdot L_A) / 2 \quad (28)$$

$A_{\text{zonçatı, A}}$: eğimli çatı yüzeyi alanı, m^2
 $L_{\text{zonçatı, A}}$: üçgen çatı yüzeyleri için çatı yüzey uzunluğu,
 mahyadan eğimli çatı yüzeyinin oturduğu
 duvara dik uzunluktur, m
 L_A : eğimli çatı yüzeyinin oturduğu duvarın uzunluğu, m

Şekil 16. Üçgen Çatı Yüzeyi

YAMUK ÇATI YÜZEYİ

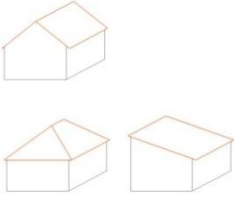
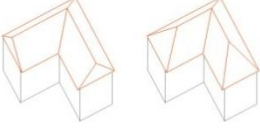
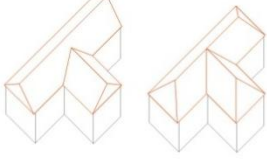
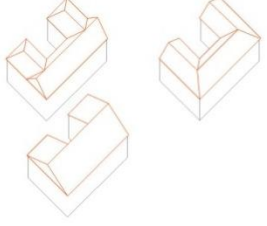
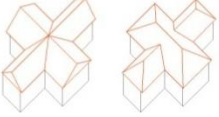
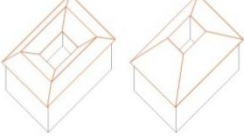


$$A_{\text{zonçatı, A}} = ((d_{\text{zonçatı, A, mahya}} + L_A) / 2) \cdot L_{\text{zonçatı, A}} \quad (29)$$

$A_{\text{zonçatı, A}}$: eğimli çatı yüzeyi alanı, m^2
 $L_{\text{zonçatı, A, mahya}}$: eğimli çatı yüzeyinin mahya uzunluğu, m
 $L_{\text{zonçatı, A}}$: yamuk çatı yüzeyleri için çatı yüzey uzunluğu,
 mahyadan eğimli çatı yüzeyinin oturduğu
 duvara dik uzunluktur, m
 L_A : eğimli çatı yüzeyinin oturduğu duvarın uzunluğu, m

Şekil 17. Yamuk Çatı Yüzeyi

Çatı formları bina formlarına bağlı olarak aşağıdaki **Şekil 18.** ' den seçilecektir.

			
Dikdörtgen form	L form	T form	U form
			
Artı form	Avlulu form	İkili dikdörtgen form	

Şekil 18. Çatı Formları

7 Bina Zonları

7.1 Genel

Isıtma ve soğutma enerjisinin hesaplanması için binanın sınırları tanımlanmalıdır. Binalarda enerji performansının derecelendirilmesi amacıyla ilgili standartlara uygun olarak, birim döşeme alanı başına ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma ve sıcak su ihtiyaçlarının belirlenmesi için zemin alanının bilinmesi gerekir. Zemin alanı net döşeme alanıdır.

7.2 Hesaplama için binanın sınırları

Isıtma ve/veya soğutma için enerji ihtiyacının hesaplanmasında binanın sınırını, değerlendirilmekte olan iklimlendirilen mekânı dış ortamdan (hava, zemin veya su) veya bitişik binalardan² veya iklimlendirilmeyen mekânlardan ayıran bütün bina elemanları oluşturur.

7.3 Isıl zonlar

Binada kullanılan mekânlar, ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin çalışma özellikleri, mekândaki aktivite durumu, kullanıcı profilleri, iç kazançlardaki farklılıklar gibi ısı etmenlere göre farklı gruplara ayrılırlar. Benzer özellikler gösteren her bir grup zon olarak isimlendirilir ve her bir zon bağımsız birim olarak hesaplama yönteminde ayırt edici özellikleriyle tanımlanmalıdır.

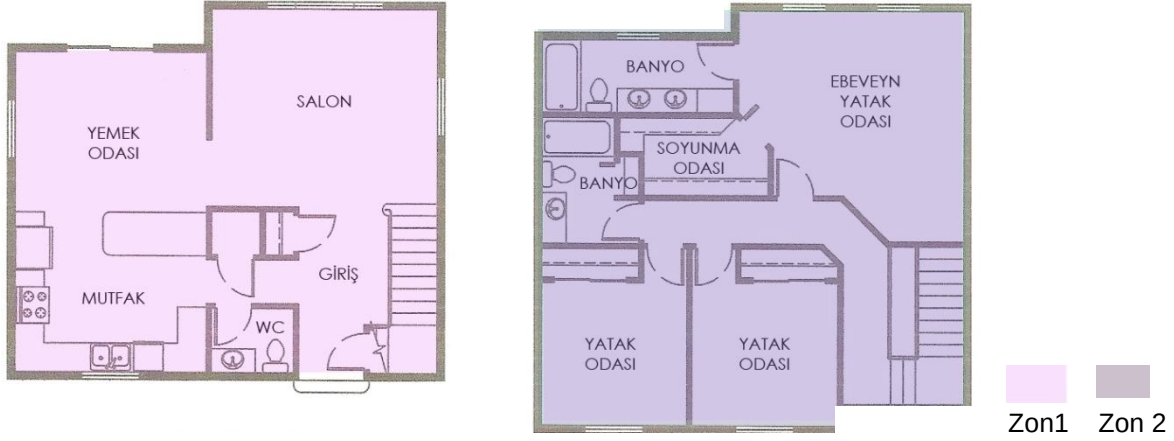
Zonlara ayırma kriterleri bina fonksiyonlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ancak tüm fonksiyonlarda katlar arasında alanlar ve engel durumu değişiklik gösterebileceğinden, katlar arasında sistemler, iç kazançlar ve konfor sıcaklık değerleri aynı olsa bile her kat ayrı birer zon olarak ele alınmaktadır. Bu yöntemde kullanılan çok zonlu hesaplama için (bağımsız çok zonlu hesaplama), zonlar arasında iletim/taşıma ile ve hava hareketi/sızıntısı ile ısı geçişi hesaba katılmaz. Her zon için ayrı ayrı yapılan hesaplama bağımsız tek zonlu hesaplamalar serisi olarak kabul edilir. Aynı ısıtma ve soğutma sistemlerini paylaşan zonlarda, ısıtma ve soğutma için enerji ihtiyacı, bağımsız zonlar için hesaplanan enerji ihtiyacının toplamıdır.

7.3.1 Konutlar

7.3.1.1 Müstakil Konutlar

Müstakil konutlarda (Villa tipi tekil aile konutları), bina içindeki farklı mekanların konfor sıcaklıklarının değişkenlik gösterdiği ve tüm dolaşım alanlarının açık olduğu düşünülerek tüm bina için olası mekanların ağırlıklı alan ortalaması hesaplanarak iç konfor sıcaklığı, konutlar için öngörülen 20 °C yerine, 19.4 °C alınmıştır. İklimlendirilen zonlar içinde yer alan küçük iklimlendirilmeyen mekanlar (wc'ler, kilerler ...vb. gibi) kapıların sık sık açık kalması durumu göz önünde bulundurularak iklimlendirilen mekânlar olarak sayılmaktadır. İklimlendirilmeyen bağımsız bodrum katı gibi mekanlar ise iklimlendirilmeyen zon olarak ele alınır. Müstakil konutlar için zonlama örneği **Şekil19.**' da görülmektedir.

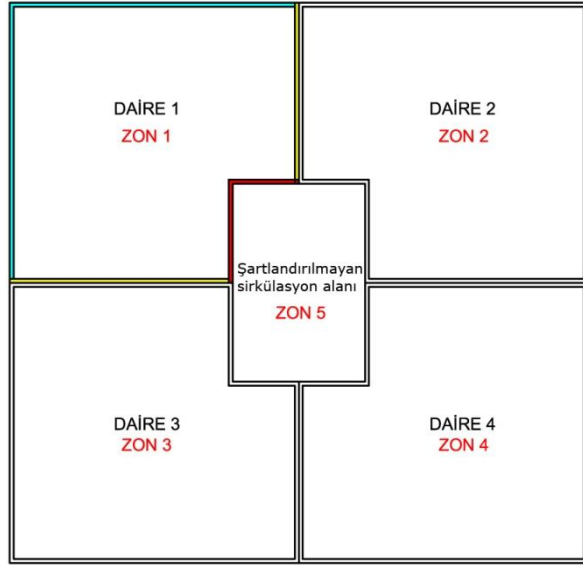
² Sıra konutlar ve ikiz konutlar gibi birlikte projelendirilen ve birlikte inşa edilen binalar dışında kalan durumlarda bitişik binalar göz ardı edilerek dış ortam sıcaklığıyla hesaplama yapılır.



Şekil 19. Müstakil Konut Zonlama Örneği

7.3.1.2 Apartmanlar

Bina farklı daireler şeklinde zonlara bölünmüşse, zonlar arasında ısı geçirimsiz (adiyabatik) sınırlar olduğu varsayılarak her zon için bağımsız tek zon yöntemi kullanılır. Bu uygulama, zonlar arasında ısı etkileşim olmaksızın bağımsız çok zonlu hesaplama olarak adlandırılır. Apartman tipli konut zonlama örneği Şekil 20.'de verilmiştir.



ZON 1³ : Farklı mülkiyete sahip tek bir daire

ZON 2³ : Farklı mülkiyete sahip tek bir daire

ZON 3³ : Farklı mülkiyete sahip tek bir daire

ZON 4³ : Farklı mülkiyete sahip tek bir daire

ZONx5 : Dış ortamla bağlantısı olmayan iklimlendirilmeyen çekirdek alanı (düşey sirkülasyon alanı).

Şekil 20. Apartman Tipli Konut Zonlama Örneği

Not - Çekirdeğin iklimlendirilmesi durumunda çekirdek ile daireler arasında ısı geçişi olmadığı kabul edilir ve çekirdeğin iklimlendirilmesi için gerekli enerji miktarı dairelerin alanlarıyla orantılı olarak dairelere paylaştırılır. Çekirdek alanının dış ortamla bağlantısı olması durumunda, çekirdek ve daire duvarı arasındaki ısı geçişi hesaplarında sıcaklık farkı için düzeltme katsayısı uygulanır (Bkz. Madde 8.3).

7.3.1.3 Rezidanslar

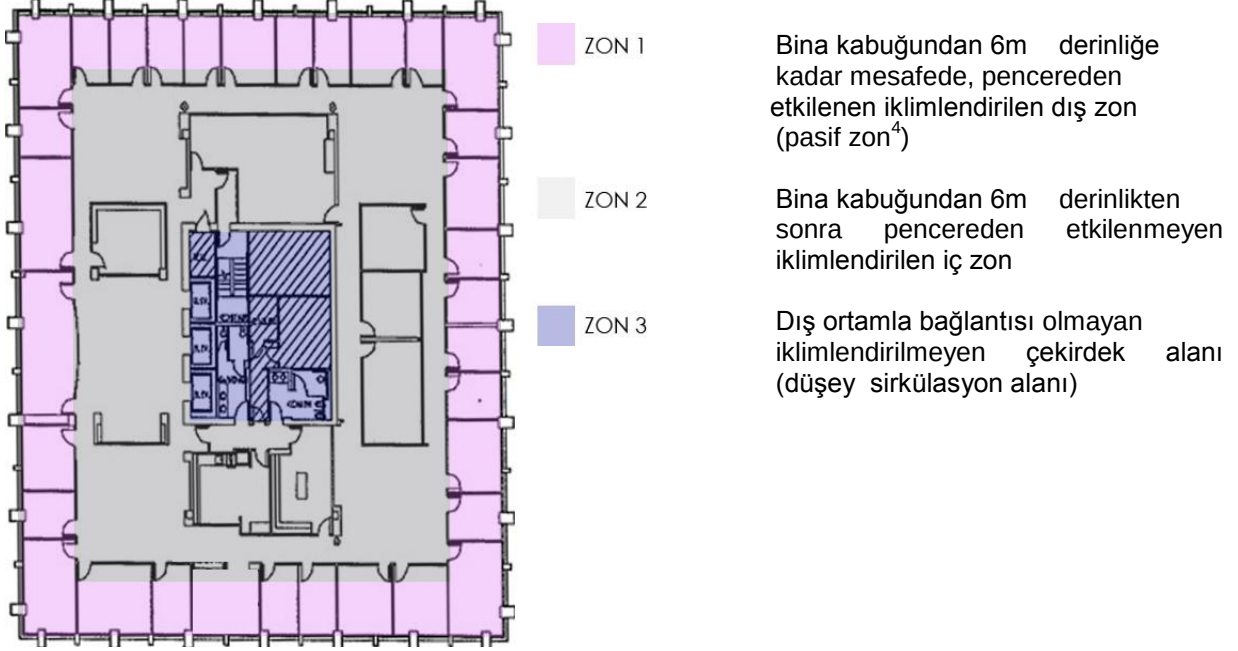
Rezidanslarda basitleştirilmiş bir kabul ile her kat tek zon olarak hesaplanmaktadır. Ancak her katta mekan fonksiyonları kullanıcıya tanımlatılarak alan ile orantılı olarak iç kazanç ve konfor sıcaklığı değeri kat başına belirlenir. Mekanın fonksiyonuna bağlı olarak değişiklik gösteren ayar sıcaklıkları ve iç kazançlar Ek 1.'de verilmiştir.

³ Daire içerisinde yer alan tüm mekanların iklimlendirildiği kabul edilmiştir.

7.3.2 Ofisler

7.3.2.1 Çekirdeği iklimlendirilmeyen ofisler

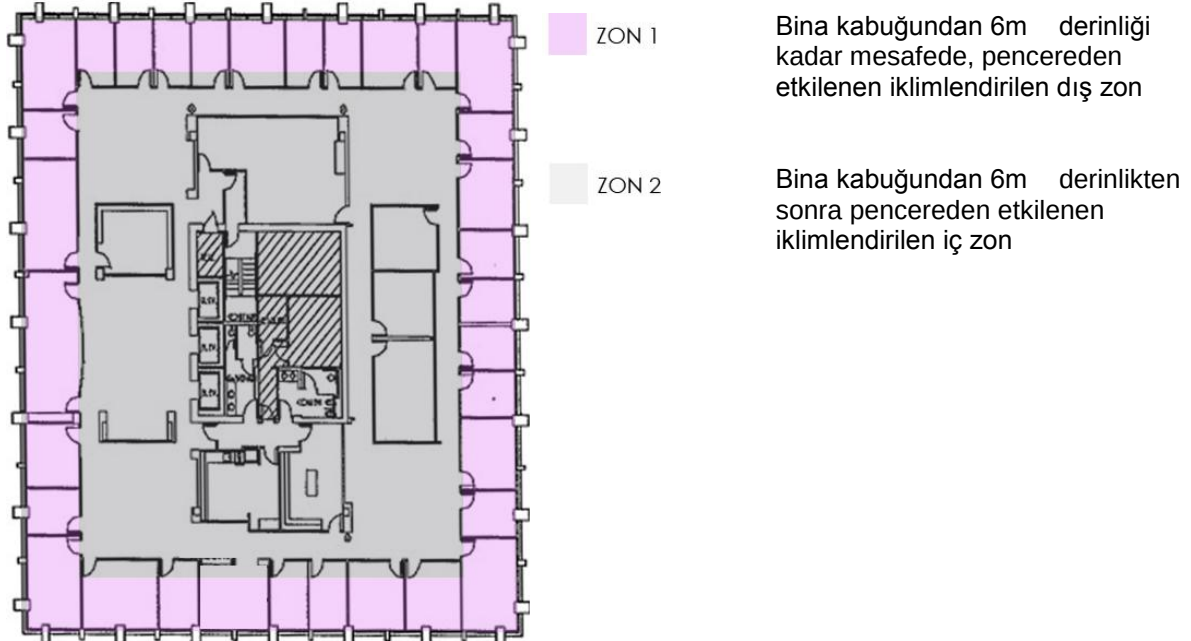
Çekirdeği iklimlendirilmeyen ofislerin zonlama modeline örnek **Şekil 21.**' de verilmiştir.



Şekil 21. Ofis Zonlama Örneği 1, İklimlendirilmeyen Çekirdek Olması Durumu

7.3.2.2 Çekirdeği iklimlendirilen ofisler

Çekirdeği iklimlendirilen ofislerin zonlama modeline örnek **Şekil 22.**' de verilmiştir.



Şekil 22. Ofis Zonlama Örneği 2, İklimlendirilen Çekirdek Olması Durumu

⁴ Cephedeki saydam yüzey oranına bağlı olarak güneş ışınımına doğrudan mağruz kalan ve cephe ile kat yüksekliğinin yarısı kadar mesefedeki alan pasif zon olarak adlandırılır.

Energy and Environment in Architecture, Nick Baker and Koen Steemers, 2000

7.3.3 Eğitim Binaları

Eğitim binalarında basitleştirilmiş bir kabul ile her kat tek zon olarak hesaplanmaktadır. Ancak her katta mekan fonksiyonları kullanıcıya tanımlatılarak alan ile orantılı olarak iç kazanç ve konfor sıcaklığı değeri kat başına belirlenir. Mekanın fonksiyonuna bağlı olarak değişen iç kazançlar ve ayar sıcaklıkları **Ek 1.**' de verilmiştir.

7.3.4 Oteller

Otellerde basitleştirilmiş bir kabul ile her kat tek zon olarak hesaplanmaktadır. Ancak her katta mekan fonksiyonları kullanıcıya tanımlatılarak alan ile orantılı olarak iç kazanç ve konfor sıcaklığı değeri kat başına belirlenir. Mekanın fonksiyonuna bağlı olarak iç kazançlar ve ayar sıcaklıkları **Ek 1.**' de verilmiştir.

7.3.5 Sağlık binaları

Sağlık binalarında basitleştirilmiş bir kabul ile her kat tek zon olarak hesaplanmaktadır. Ancak her katta mekan fonksiyonları kullanıcıya tanımlatılarak alan ile orantılı olarak iç kazanç ve konfor sıcaklığı değeri kat başına belirlenir. Mekanın fonksiyonuna bağlı olarak iç kazançlar ve ayar sıcaklıkları **Ek 1.**' de verilmiştir.

7.3.6 Alışveriş ve Ticaret Merkezleri

Alışveriş ve Ticaret Merkezleri' nde basitleştirilmiş bir kabul ile her kat tek zon olarak hesaplanmaktadır. Ancak her katta mekan fonksiyonları kullanıcıya tanımlatılarak alan ile orantılı olarak iç kazanç ve konfor sıcaklığı değeri kat başına belirlenir. Mekanın fonksiyonuna bağlı olarak iç kazançlar ve ayar sıcaklıkları **Ek 1.**' de verilmiştir.

Not 1 - İç kazançların üretiminin baskın olduğu mekânlar (örneğin, bina içi yüzme havuzu, bilgisayar/sunucu odası veya konut dışı mutfak gibi) referans binada da aynen tanımlanarak binanın alacağı sertifikanın derecesini değiştirmeyecektir.

Not 2 - Bağıl nemlilik için konfor değeri kış ve yaz % 50 olarak kabul edilmektedir.

Not 3 - İç sıcaklıklar için başka değerlere karar verildiğinde bu tablo değişecektir.

7.4 İklimlendirilen zemin alanının tayini, A_f

Binanın sınırları içindeki mekanların zemin alanı, binanın iklimlendirilen zemin alanıdır. Bütün zonların iklimlendirilen zemin alanlarının toplamı, binanın iklimlendirilen zemin alanının toplamına eşit olmalıdır.

8 İletim ve taşınım ile ısı geçişi

Sıcaklığı farklı ortamları ayıran yapı bileşenlerinden iletim ve taşınım ile geçen ısı miktarının hesaplanma yöntemi aşağıda özetlenmiştir.

8.1 Hesaplama yöntemi

Basit saatlik hesaplama yönteminde binanın ele alınan zonu için yapı bileşenlerinin toplam iletim ve taşınım ısı geçiş katsayısı “W/K” cinsinden hesaplanır. Bu değer hesaplama algoritmasında H_{tr} sembolü ile temsil edilmektedir. Zonu oluşturan farklı elemanların (duvarlar, çatı yüzeyleri, döşeme) ve bu elemanları oluşturan farklı bileşenlerin H_{tr} değerleri ayrı ayrı hesaplanarak toplanır, bu yolla zonun opak yüzeylerinden iletim ve taşınım ile toplam ısı geçiş katsayısı ($H_{tr,op}$) ve saydam yüzeylerden iletim ve taşınım ile toplam ısı geçiş katsayısı ($H_{tr,win}$) değerlerine ulaşılır.

8.2 İletim ve taşınım ile ısı geçiş katsayısı

8.2.1 Opak bileşenler

Opak bir bileşenin ısıl geçirgenlik katsayısı **Bağıntı 30** ile hesaplanır. U_{std} , bir opak bileşenin iç ve dış yüzey ısıl direnç katsayıları, $(1 / h_{si}) = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ ve $(1 / h_{se}) = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ referans alınarak hesaplanan ısıl geçirgenlik değeridir. Bağıntı 30, her eleman için, elemandaki her bileşen için hesaplanır.

$$U_{op,std,i} = 1 / (1 / h_{si} + d_1 / \lambda_1 + d_2 / \lambda_2 + \dots + 1 / h_{se}) + \square (1/R_{gap}) \quad (30)$$

h_{si} : iç yüzey ısıl taşınım katsayısı, W/(m².K)

h_{se} : dış yüzey ısı taşınım katsayısı, W/(m².K)

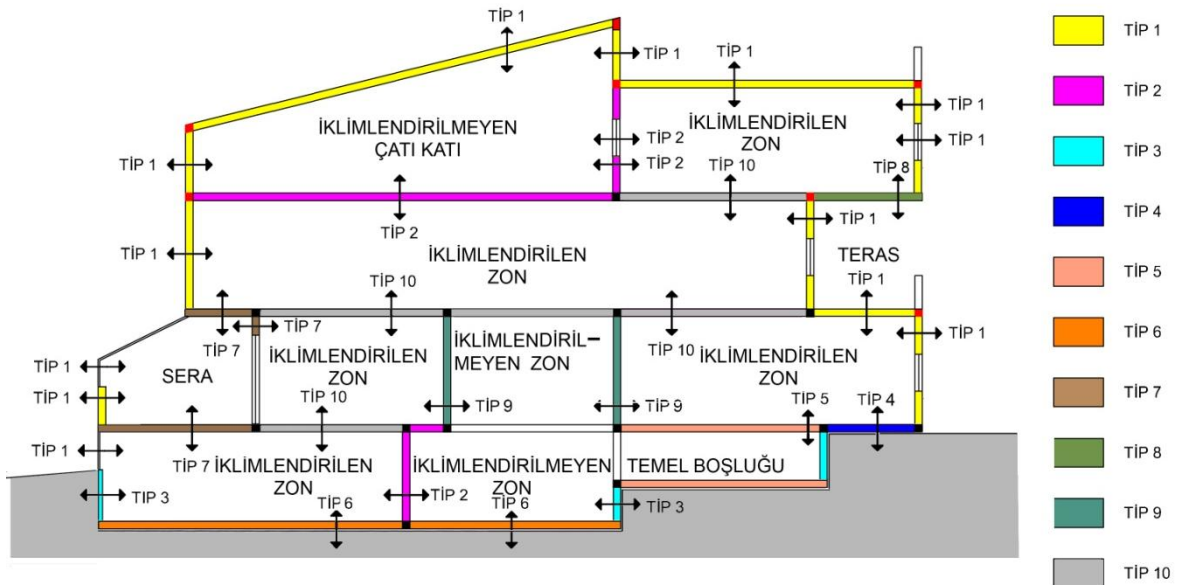
d_1 : 1 numaralı malzemenin kalınlığı, m

λ_1 : 1 numaralı malzemenin ısıl iletkenlik hesap değeri, W/(m.K)

$U_{op,std}$: opak bileşen standart ısıl geçirgenlik katsayısı, W/m²K

R_{gap} : opak bileşenler arasındaki havanın ısıl direnci, m²K/W

$1 / h_{si}$ ve $1 / h_{se}$ değerleri bileşen tipine göre **Tablo 2.**’ den alınır. Tablodaki tüm tipler **Şekil 23.**’ te gösterilmiştir.



Şekil 23. Isı Geçiş Hesapları İçin Isıl Şartları Farklı Zonları Ayıran Bileşenlerin Tanımlanması

Tablo 2. Yapı bileşenleri / elemanları için yüzey ısı direnç katsayıları

TİP NO	Yapı bileşen tipi	Yüzey ısı direnci	
		R _{si} (m ² K/W)	R _{se} (m ² K/W)
TIP1	(DIŞ YÜZEY) - DIŞ HAVA TEMASLI İklimlendirilen veya iklimlendirilmeyen zonun dış hava temaslı opak ve saydam bileşenleri.	0,13	0,04
TIP2	(İÇ YÜZEY) - DIŞA AÇIK İKLİMLENDİRİLMİYEN ZON TEMASLI İklimlendirilen bir zonun dışa açık iklimlendirilmeyen bir başka zon ile arasındaki opak ve saydam bileşenleri	0,13	0,08
TIP3	(DIŞ DUVAR) - TOPRAK TEMASLI İklimlendirilen bir bodrum katın toprak temaslı dış duvarı.	0,13	0
TIP4	(DÖŞEME) - TOPRAK TEMASLI YÜZER DÖŞEME Altında bodrum olmayan, iklimlendirilen veya iklimlendirilmeyen bir zonun zemine oturan yüzer döşemesi.	0,17	0
TIP5	(DÖŞEME) - TOPRAK TEMASLI İKLİMLENDİRİLMİYEN HACİM TEMASLI Toprağa yarı gömülü iklimlendirilen zonun temel boşluğu ile temas eden döşemesi.	0,17	0,17
TIP6	(DÖŞEME) Altında bodrum olmayan iklimlendirilen zonun toprak temaslı tabanı.	0,17	0
TIP7	(İÇ YÜZEY) - SERA İklimlendirilen bir zonun dışa açık iklimlendirilmeyen bir sera (kış bahçesi) ile arasındaki iç yüzeyler.	0,13	0,08
TIP8	(DÖŞEME) - KONSOL İklimlendirilen bir zonun dış hava ile sınırını oluşturan çıkma döşemesi.	0,17	0,04
TIP9	(İÇ YÜZEY) - DIŞA AÇIK OLMAYAN İKLİMLENDİRİLMİYEN ZON TEMASLI İklimlendirilen bir zonun dışa açık olmayan iklimlendirilmeyen zon ile temas eden iç yüzeyleri (örn:çekirdeğe bakan duvarlar)	0,13	0,13
TIP10	(DÖŞEME) - İKLİMLENDİRİLEN ZON TEMASLI İklimlendirilen bir zon ile başka bir iklimlendirilen zonu ayıran döşemeler.	0,13	0,13

Tablo 2.a Yapı malzemeleri arasındaki hava için ısı direnç katsayıları

Tip	Kalinlik Aralığı (mm)	R _{gap}
Dusey	0.1-10	0.14
Dusey	11_20	0.16
Dusey	21-50	0.18
Dusey	51-100	0.17
Dusey	100-9999	0.16
Yatay	0.1-10	0.14
Yatay	11_20	0.15
Yatay	20-9999	0.16

Ele alınan zonu çevreleyen tüm opak bileşenlerin iletim ve taşınım ısı geçiş katsayısı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$H_{tr,op} = \sum A_{op} \cdot U_{op} + \sum L_{op} \cdot \Psi_{op} + \sum x_{op} \quad (31)$$

$H_{tr,op}$: zonu çevreleyen opak yüzeylerin iletim ve taşınım ısı geçiş katsayısı , W/K

A_{op} : opak yüzeyin alanı, m²

U_{op} : opak bileşenin ısı geçirgenlik katsayısı , W/(m²·K)

L_{op} : doğrusal ısı köprüsü uzunluğu, m

Ψ_{op} : doğrusal ısı köprüsü birim uzunluk başına ısı geçiş katsayısı, W/(m.K)

x_{op} : noktasal ısı köprüsü ısı geçiş katsayısı, W/K

8.2.1.1 Opak bileşenler için ısı köprülerinin hesaplanması

Hesaplama metodunda ısı köprüleri ISO 14683:2007 standardının öngördüğü yöntemle göre hesaba katılmaktadır. Bina bileşenlerinin birleşim noktalarında oluşan doğrusal ısı akılarının belirlenmesi için basit bir metod tanımlanmıştır. Bu yaklaşımda noktasal ısı köprüleri de doğrusal ısı köprüleri içerisinde hesaba katılmaktadır. Farklı tipteki ısı köprüleri için ısı geçiş katsayıları **Tablo 3'** te ve olası ısı köprüsü tipleri ve kodları **Ek 2.'** de verilmektedir.

Tablo 3. Isı geçiş hesapları için yapı bileşenlerinin oluşturduğu ısı köprülerinin tanımlanması

Isı Köprüleri				
Kod	Ad	Ψ_e (W/m.K)	Ψ_{oi} (W/m.K)	Ψ_o (W/m.K)
C1	Çatı	0.55	0.75	0.75
C2	Çatı	0.5	0.75	0.75
C3	Çatı	0.4	0.75	0.75
C4	Çatı	0.4	0.65	0.65
C5	Çatı	0.6	0.8	0.8
C6	Çatı	0.5	0.7	0.7
C7	Çatı	0.65	0.85	0.85
C8	Çatı	0.45	0.7	0.7
C9	Çatı	-0.05	0.15	0.15
C10	Çatı	0	0.2	0.2
C11	Çatı	0.05	0.25	0.25
C12	Çatı	0.15	0.4	0.4
B1	Balkon	0.95	0.95	1.05
B2	Balkon	0.95	0.95	1.05
B3	Balkon	0.9	0.9	1
B4	Balkon	0.7	0.7	0.8
AK1	Asma Kat	0	0	0.1
AK2	Asma Kat	0.95	1.05	1.05
AK3	Asma Kat	0.9	1	1
AK4	Asma Kat	0.7	0.8	0.8
AK5	Asma Kat	0.6	0.65	0.65
AK6	Asma Kat	0.9	1	1

AK7	Asma Kat	0.7	0.8	0.8
AK8	Asma Kat	0.45	0.6	0.6
TUD1	Toprak Üstü Yüzer Döşeme	0.65	0.8	0.8
TUD2	Toprak Üstü Yüzer Döşeme	0.6	0.75	0.75
TUD3	Toprak Üstü Yüzer Döşeme	0.55	0.7	0.7
TUD4	Toprak Üstü Yüzer Döşeme	0.5	0.65	0.65
TUD5	Toprak Üstü Yüzer Döşeme	0.6	0.75	0.75
TUD6	Toprak Üstü Yüzer Döşeme	0.45	0.6	0.6
TUD7	Toprak Üstü Yüzer Döşeme	-0.05	0.1	0.1
TUD8	Toprak Üstü Yüzer Döşeme	0.05	0.2	0.2
AGK1	Asma Giriş Kat	0.75	0.95	0.95
AGK2	Asma Giriş Kat	0.65	0.85	0.85
AGK3	Asma Giriş Kat	0.55	0.75	0.75
AGK4	Asma Giriş Kat	0.5	0.7	0.7
AGK5	Asma Giriş Kat	0.6	0.8	0.8
AGK6	Asma Giriş Kat	0.45	0.65	0.65
AGK7	Asma Giriş Kat	-0.1	0.1	0.1
AGK8	Asma Giriş Kat	0	0.2	0.2
KL1	Kolon	1.3	1.3	1.3
KL2	Kolon	1.2	1.2	1.2
KL3	Kolon	1.15	1.15	1.15
KL4	Kolon	0.9	0.9	0.9

8.2.2 Saydam bileşenler

Saydam bileşenler için iletim ve taşınım ile ısı geçiş katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanır:

- 1) Saydam bileşende kullanılan cam malzemesi tablodan seçilir. Bu tablodan camın ısı geçirgenlik katsayısı (U_{gl}) alınır. Türkiye’ de yaygın olarak kullanılan camların U_{gl} değerleri EK A3’ de verilmiştir. Bu tabloda camın güneş ışıınımı geçirgenlik faktörü (g_{gl}) ve camın gün ışığı geçirgenlik faktörü (τ_{gl}) de bulunmaktadır.
- 2) Saydam bileşenin çerçeve tipi (doğrama türü) seçilir. Bu seçim ile çerçevenin malzemesinin ısı geçirgenlik katsayısı (U_F) elde edilir. Bu katsayılar doğrama malzemesine göre **Tablo 4.**’ te verilmiştir.

Tablo 4. Saydam bileşen çerçevelerinin ısı geçirgenlik katsayısı

Çerçeve tipi	U_F (W/m ² K)
Ahşap	3,4
Polivinil	1,8
Aluminyum	2,6

- 3) Pencere için ısı geçirgenlik (U_{win}) katsayısı **Tablo 5.**’ te cam ve çerçeve özelliklerine bağlı olarak verilmiştir. **Tablo 5.**’ te yer alan U_F değerlerinden en yakın olan seçilir. U_{gl} değerinde lineer enterpolasyon yapılarak pencerenin U_{win} değeri bulunur.

- 4) **Tablo 5.**' ten seçilen U_{win} değeri aşağıdaki hesapta kullanılır ve bu hesapla saydam bileşenin iletim ve taşınım ısı geçiş katsayısına ($H_{tr,win}$) ulaşılır.

$$H_{tr,win} = A_{win} \cdot U_{win} \quad (32)$$

$H_{tr,win}$: bir zonü çevreleyen tüm saydam bileşenlerin iletim ve taşınım ısı geçiş katsayısı, W/K
 A_{win} : bileşenin alanı, m²
 U_{win} : saydam bileşenin ısıl geçirgenlik katsayısı, W/(m²·K)

Not 1 - Camlı balkon kapıları için pencere kabulü yapılmaktadır.

Not 2 - Pencerelerde gece yalıtımı olması durumunda U_{win} , pencere bileşeninin ısıl geçirgenlik katsayısı, bölüm 11.' de açıklanan güneş kazançlarının gerçekleşmediği (günbatımından gün doğuşuna kadar) süre içerisinde gece yalıtımı etkisi ile tekrar hesaplanır. Bu hesaba pencere bileşeninin ısıl geçirgenlik katsayısının yanında gece yalıtımı ile pencere bileşeni arasındaki hava boşluğu ve gece yalıtımı için kullanılan bileşenin ısıl geçirgenlik katsayısı hesaba katılır.

Tablo 5. Çerçeve ve Cam Özelliklerine Bağlı Saydam Bileşen ısıl Geçirgenlik Katsayısı (U_{win} , W/m²K)

Cam tipi	U_{gl} (W/m ² K)	U_F (W/m ² K)									
		1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0	
TEK CAM	5,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,9	U_{win} (W/m ² K)
ÇİFT CAM	3,3	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	4,0	
	3,1	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,9	
	2,9	2,6	2,7	2,8	2,8	3,0	3,0	3,1	3,2	3,7	
	2,7	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,6	
	2,5	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,4	
	2,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	3,3	
	2,1	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,1	
	1,9	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	3,0	
	1,7	1,7	1,8	1,8	2,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,8	
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,6	
	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5	
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,3	
ÜÇLÜ CAM	2,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	3,2	
	2,1	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,1	
	1,9	1,8	1,9	2,0	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,9	
	1,7	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,2	2,8	
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,6	
	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5	
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,3	
	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	2,2	
	0,7	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0	
	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,8	

8.2.2.1 Pencereelerde Kepenk Olması Durumu

Bu hesaplama yönteminde pencere kepenkleri, gece yalıtımı sağlaması için kullanılmıştır. Bu nedenle kepenk, yalnızca güneşin batmış olduğu ve dış hava sıcaklığının 10°C 'nin altında olması durumunda aktif (kapalı) kabul edilir ve U_{win} değeri bağıntı 32.a ile hesaplanır. .

$$U_{\text{win}} = U_{\text{win+shut}} = 1 / (1 / U_{\text{win}} + d_{\text{shut}} / \lambda_{\text{shut}} + R_{\text{gap}}) \quad (32.a)$$

Elde edilen $U_{\text{win+shut}}$ ile $H_{\text{tr,win}}$ hesaplanır.

$$H_{\text{tr,win}} = A_{\text{win}} \cdot U_{\text{win+shut}} \quad (32.b)$$

$H_{\text{tr,win}}$: bir zonü çevreleyen tüm saydam bileşenlerin iletim ve taşınım ısı geçiş katsayısı, W/K

A_{win} : bileşenin alanı, m^2

$U_{\text{win+shut}}$: saydam bileşenin ve kepengin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Tablo 5.1. Hava tabakalarının ısıl geçirgenlik direnci hesap değerleri

Hava tabakasının			
Sıra No		Kalınlık (d_{gap}) mm	Isıl İletkenlik Direnci (R_{gap}) $\text{m}^2\text{K/W}$
1	Düşey	$d_{\text{gap}} \leq 10$	0,14
		$11 < d_{\text{gap}} < 20$	0,16
		$21 < d_{\text{gap}} < 50$	0,18
		$51 < d_{\text{gap}} < 100$	0,17
		$d_{\text{gap}} \geq 100$	0,16
2	Yatay (ısı akışı aşağıdan yukarıya)	$d_{\text{gap}} \leq 10$	0,14
		$11 < d_{\text{gap}} < 20$	0,15
		$d_{\text{gap}} \geq 20$	0,16
3	Yatay (ısı akışı yukarıdan aşağıya)	$d_{\text{gap}} \leq 10$	0,15
		$11 < d_{\text{gap}} < 20$	0,18
		$d_{\text{gap}} \geq 20$	0,21

8.2.3 Kapı bileşenleri

Kapı bileşenleri için ısı geçirgenlik katsayısı **Tablo 6.**' dan seçilir.

Tablo 6. Kapı Bileşenleri İçin Isıl Geçirgenlik Katsayısı

Kapı seçiminde kullanılacak konstrüksiyon tipleri		Isıl geçirgenlik katsayısı U_{do} (W/m ² K)
DIŞ KAPI	Ağaç, plastik	3,50
	Metal (ısı yalıtımlı)	4,00
	Metal (ısı yalıtımsız)	5,50

Tablo 6.' dan seçilen U_{do} değeri aşağıdaki hesapta kullanılır ve kapı bileşeninin iletim ve taşınım ısı geçiş katsayısına ($H_{tr,do}$) ulaşılır.

$$H_{tr,do} = A_{do} \cdot U_{do} \quad (33)$$

$H_{tr,do}$: bir zonda yer alan tüm kapı bileşenlerinden iletim ve taşınım ısı geçiş katsayısı, W/K
 A_{do} : kapı yüzeyinin alanı, m²
 U_{do} : kapı bileşeninin U katsayısı, W/(m²·K)

8.2.4 İklimlendirilen zonun döşeme karakteristik ölçüsünün belirlenmesi

Zeminden ısı geçişinin ifade edilebilmesi için döşemenin alanının, çevresinin yarısına oranı ile tanımlanan “karakteristik ölçü” nün belirlenmesi gerekir.

$$B' = A / 0,5 P \quad (34)$$

A : ele alınan zonun alanı, m²
 P : ele alınan zonun çevresi, m
 B' : ele alınan zon için döşemenin karakteristik ölçüsü, m

Bu yöntemde ifade edilen P değeri, iklimlendirilen zonun çevreleyen ortamlardan ayıran duvarların uzunluğudur. Bu nedenle:

- tüm bina için; P değeri binanın tüm çevresini, A ise toplam döşeme alanını ifade eder.
- binanın bir zonunda ısı geçişini hesaplamak için; P yalnızca iklimlendirilen alanı çevreleyen ortamlardan ayıran duvarların uzunluğunu, A ise hesaplanan zonun toplam döşeme alanını ifade eder.
- binanın iklimlendirilen zonun bitişik bir iklimlendirilmeyen zon olması durumunda (garajlar, depolar); P ve A hesaplarında iklimlendirilmeyen zon hariç tutulur (iklimlendirilen hacim ile iklimlendirilmeyen hacim arasındaki duvarlar P' ye eklenir, alan hesabında iklimlendirilmeyen hacmin alanı A' ya eklenmez).

Not - P ve A hesaplanırken kullanılan uzunluklar dıştan dışa alınmıştır.

8.2.5 İklimlendirilen zonda yapı bileşenlerinin eşdeğer kalınlıklarının belirlenmesi

“Eşdeğer kalınlık” ifadesi, toprak temaslı yapı bileşenleri için ısı geçirgenlik ifadelerinin basitleştirilmiş yöntem ile hesaba katılmasında kullanılmaktadır. Isıl direnç, bu eşdeğer kalınlık ile ifade edilmektedir.

$$d_f = W_{op} + \lambda_g \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}) \quad (35)$$

- d_f : döşeme toplam eşdeğer kalınlığı, m
 W_{op} : duvar toplam kalınlığı (tüm katmanları içeren), m
 λ_g : toprak ısı iletkenlik hesap değeri, W/m.K
 R_f : tüm döşeme malzemelerinin (içerideki veya dışarıdaki yalıtım dahil tüm katmanlar) ısı direnç katsayısı, m².K/W
 R_{si} : döşeme için iç yüzey ısı direnç katsayısı, m².K/W
 R_{se} : döşeme için dış yüzey ısı direnç katsayısı, m².K/W

Not 1 - Döşeme tablası altındaki sıkıştırılmış toprak, çakıl R_f değerine dahil değildir. Bu katmanlar toprak ısı iletkenlik hesap değerine eş tutulur ve λ_g ile birlikte hesaba katılır.

Not 2 - Toprak ısı iletkenlik hesap değeri 2 W/m.K olarak sabit kabul edilmektedir. Toprak altı seviyedeki zonlar için, duvarların toplam eşdeğer kalınlığı bağıntı (36) ile hesaplanır.

$$d_w = \lambda_g \cdot (R_{si} + R_{bw} + R_{se}) \quad (36)$$

- d_w : bodrum kat toprak altı seviyedeki duvarların eşdeğer kalınlığı, m
 λ_g : toprak ısı iletkenlik hesap değeri, W/m.K
 R_{bw} : bodrum kat duvarları ısı direnci, m².K/W

Bodrum kat döşemesi, Madde 8.3.5'de verilen toprağa yarı gömülü iklimlendirilen bir zonun temel boşluğu ile temas eden döşemesi olması durumunda bağıntı (37)'de verilen, temelin eşdeğer kalınlığı hesaplanır.

$$d_g = W_{op} + \lambda_g \cdot (R_{si} + R_g + R_{se}) \quad (37)$$

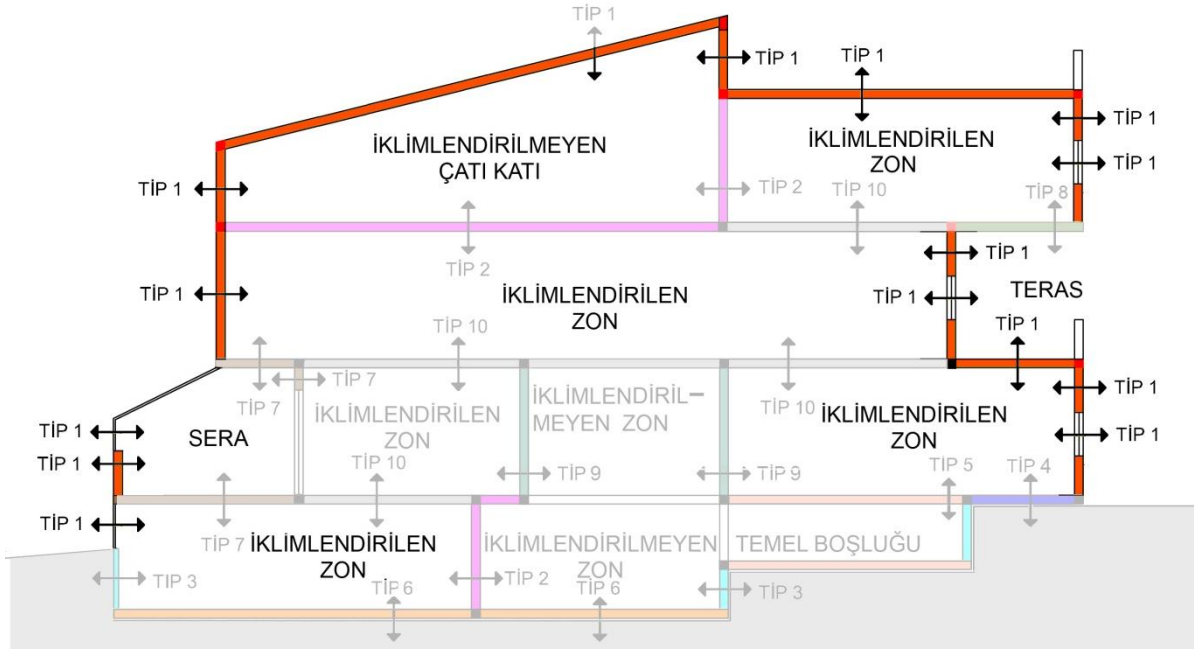
- d_g : bodrum kat, temel toplam eşdeğer kalınlık, m
 R_g : bodrum kat temelinin ısı direnci, m².K/W
 W_{op} : duvar toplam kalınlığı (tüm katmanları içeren), m

8.3 Farklı ısı şartları olan bileşenlerin iletim ve taşınım ısı geçiş katsayıları

Bu bölümde **Şekil 23.**' de tanımlanan yapı bileşenlerinin iletim ve taşınım ısı geçiş katsayılarının belirlenme yöntemi anlatılmaktadır.

8.3.1 İklimlendirilen veya iklimlendirilmeyen zonun dış hava temaslı opak ve saydam bileşenleri

İklimlendirilen veya iklimlendirilmeyen zonun dış hava temaslı opak bileşenleri (TİP1) **Şekil 24.**' te gösterilir ve bölüm 8.2.1.' deki bağıntı (30) – (31), bölüm 8.2.2.' deki bağıntı (32), bölüm 8.2.3.' deki bağıntı (33) ile hesaplanır.



Şekil 24. Tip 1- İklimlendirilen Veya İklimlendirilmeyen Zonun Dış Hava Temaslı Opak Ve Saydam Bileşenleri

8.3.2 İklimlendirilen zon ile dışa açık iklimlendirilmeyen bitişik zon ayıran duvarların opak ve saydam bileşenleri

İklimlendirilen bir zonun dışa açık iklimlendirilmeyen bitişik zon ile arasındaki bileşenler (TİP 2) Şekil 25.' te gösterilir ve bu bileşenler için b_{tr} azaltım faktörü kullanılır. Düzeltme faktörü iklimlendirilen zon ile iklimlendirilmeyen zon arasındaki bileşenin ısı geçirgenlik katsayısının iklimlendirilmeyen zon ile dış ortam arasındaki ısı geçirgenlik katsayısına oranına eşittir ve bağıntı (39) - (41) ile hesaplanır.

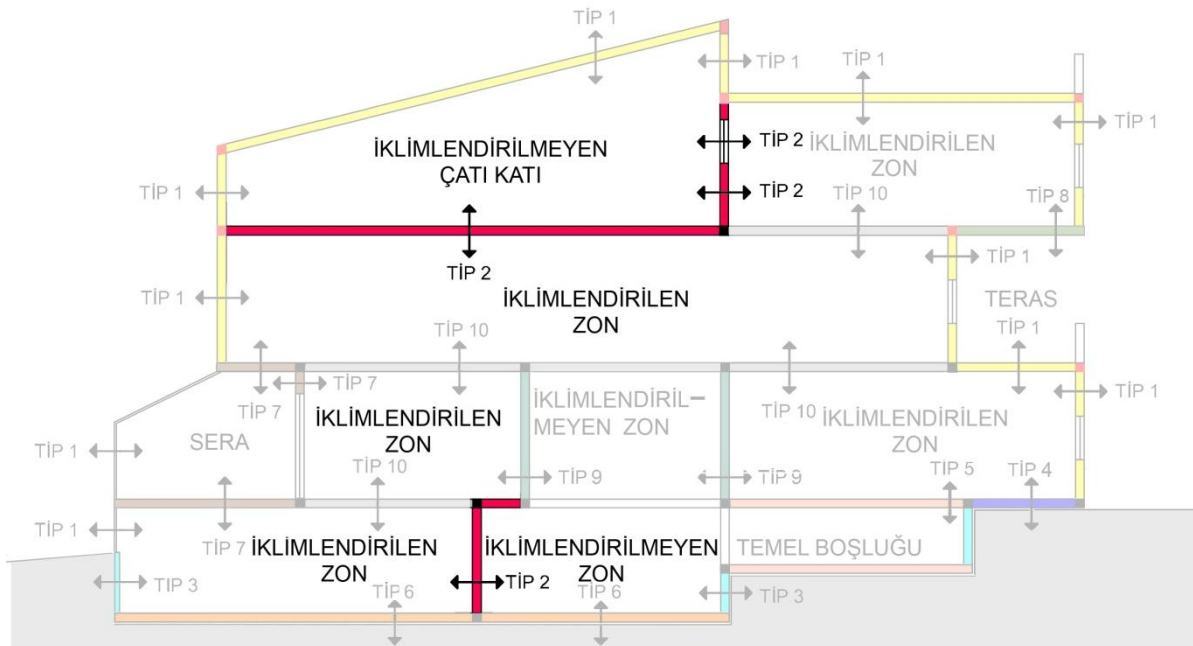
$$H_{tr} = b_{tr} (\sum H_{tr,op} + \sum H_{tr,win} + \sum H_{tr,do}) \quad (38)$$

$$H_{iu} = H_{T,iu} + H_{V,iu} \quad (39)$$

$$H_{ue} = H_{T,ue} + H_{V,ue} \quad (40)$$

$$b_{tr} = H_{ue} / (H_{iu} + H_{ue}) \quad (41)$$

- H_{tr} : iklimlendirilen zonun dışa açık iklimlendirilmeyen bitişik zon ayıran opak ve saydam bileşenlerinin toplam iletim ve taşınım ile ısı geçiş katsayısı, W/K
- $H_{T,iu}$: iklimlendirilen zon ile iklimlendirilmeyen zon arasındaki iletim ve taşınım ile ısı geçiş katsayısı, W/K
- $H_{V,iu}$: iklimlendirilen zon ile iklimlendirilmeyen zon arasındaki havalandırma ısı geçiş katsayısı, W/K
- H_{iu} : iklimlendirilen zon ile iklimlendirilmeyen zon arasındaki toplam ısı geçiş katsayısı, W/K
- $H_{T,ue}$: iklimlendirilmeyen zon ile dış ortam arasındaki iletim ve taşınım ile ısı geçiş katsayısı, W/K
- $H_{V,ue}$: iklimlendirilmeyen zon ile dış ortam arasındaki havalandırma ile ısı geçiş katsayısı, W/K
- H_{ue} : iklimlendirilmeyen zon ile dış ortam arasındaki toplam ısı geçiş katsayısı, W/K
- b_{tr} : iklimlendirilen zonun dışa açık iklimlendirilmeyen zona bitişik yüzeyleri için düzeltme faktörü



Şekil 25. Tip 2 - İklimlendirilen Zon ile Dışa Açık İklimlendirilmeyen Zonu Ayıran Duvarlar

8.3.3 İklimlendirilen bir bodrum katının toprak temaslı dış duvarları

Bodrum katlar için sunulan bu işlem, ele alınan zonun toprağın altında olması durumunda (TİP 3) kullanılır ve **Şekil 26.**'da gösterilir.

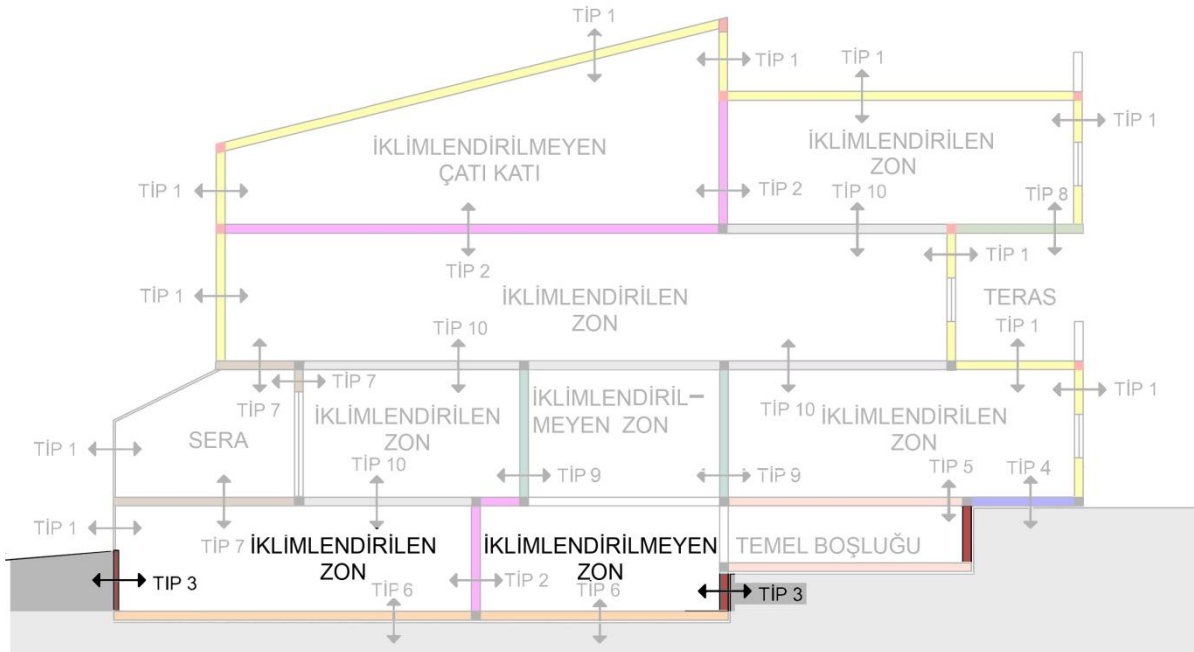
$$d_w > d_f$$

$$U_{bw} = 2 \lambda / (\pi z) (1 + 0,5 d_f / (d_f + z)) \ln (z / d_f + 1) \quad (42)$$

$$d_w < d_f$$

$$U_{bw} = 2 \lambda / (\pi z) (1 + 0,5 d_w / (d_w + z)) \ln (z / d_w + 1) \quad (43)$$

- d_f : döşeme toplam eşdeğer kalınlık, m
 d_w : bodrum kat duvarı toplam eşdeğer kalınlık, m
 λ : donmamış toprak ısı iletkenlik değeri, W/(m.K)
 z : bodrum kat döşemesi toprağa gömülme derinliği, m
 U_{bw} : bodrum kat duvarı, ısı iletkenlik katsayısı, W/(m².K)
 π : sabit sayı



Şekil 26. Tip 3 - İklimlendirilen Bir Bodrum Katının Toprak Temaslı Dış Duvarları

8.3.4 İklimlendirilen zonun toprak temaslı yüzey döşemesi

Yüzey döşeme, altında bodrum olmayan bir zonun toprak temaslı zemin döşeme tablasıdır (TİP 4) ve **Şekil 27.**'de gösterilmektedir.

Yüzey döşeme tablasının ısı geçirgenliği, döşemenin karakteristik ölçüsü B' ve duvar eşdeğer kalınlığı d_f arasındaki oranla bağlantılıdır.

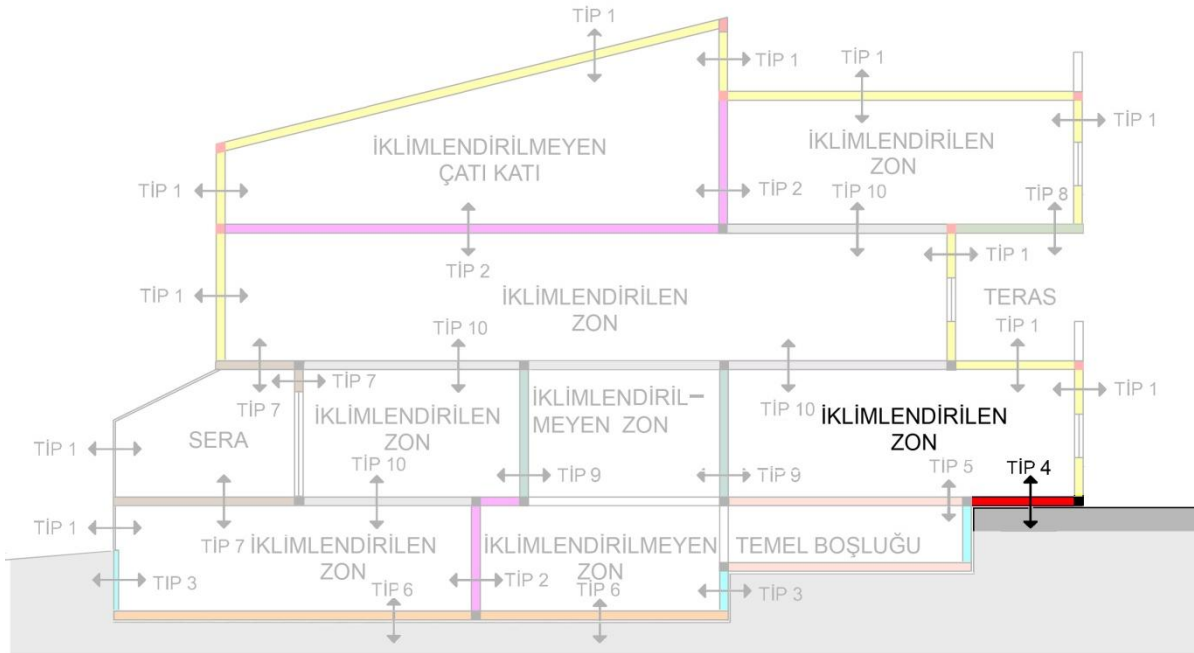
$$d_f < B' \\ U_g = (2\lambda_g / (\pi B' + d_f)) \ln (\pi B' / d_f + 1) \quad (44)$$

$$d_f > B' \\ U_g = (\lambda_g / (0,457 B' + d_f)) \quad (45)$$

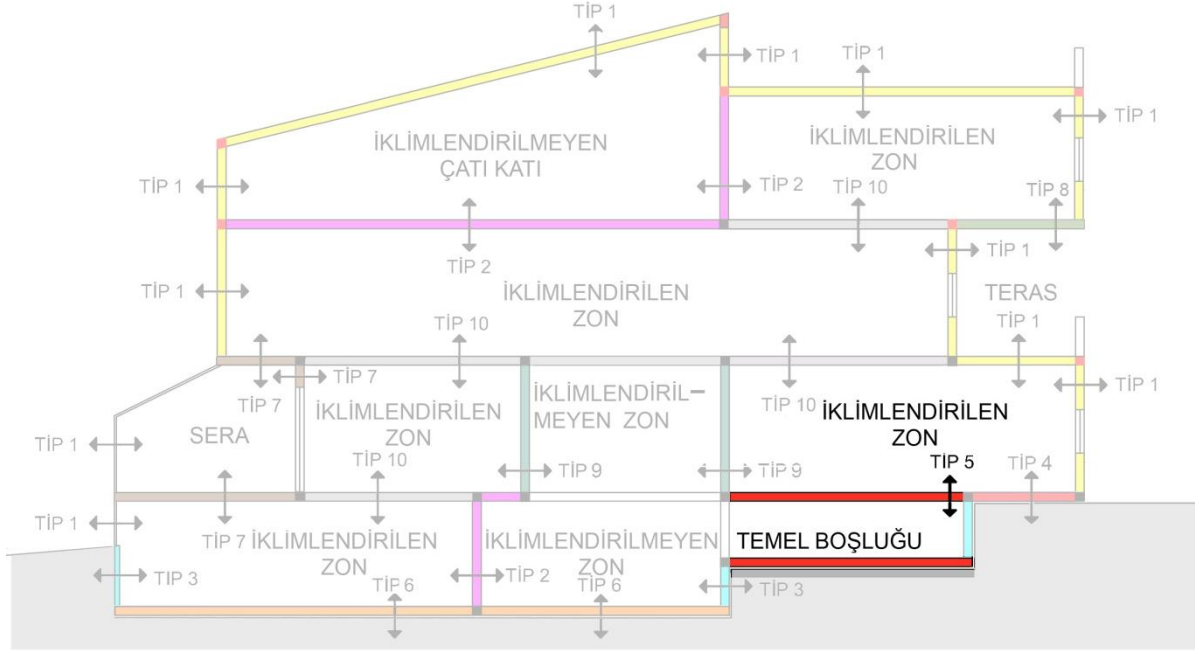
λ_g : donmamış toprak ısı iletkenlik değeri, W/(m·K)

d_f : döşeme toplam eşdeğer kalınlık, m

B' : döşemenin karakteristik ölçüsü, m



Şekil 27. Tip 4 - İklimlendirilen Zonun Toprak Temaslı Yüzey Döşemesi



8.3.6 İklimlendirilen veya iklimlendirilmeyen bodrum katın toprak temaslı döşemesi

Bu yöntem, döşemesi toprağa oturan iklimlendirilen veya iklimlendirilmeyen bodrum katın (TİP 6) hesapları için kullanılır ve **Şekil 29.**' da gösterilir. Döşemde U_{bf} ' nin belirlenmesinde, bodrum kat döşemesinin karakteristik ölçüsünün B' ve tüm yalıtım katmanlarını içeren döşeme eşdeğer kalınlığının d_f hesaplanması gerekmektedir.

$$(d_f + 0,5z) < B'$$

ise yalıtımsız veya orta derecede yalıtımlı bodrum kat döşemesidir ve döşemenin ısıl geçirgenlik katsayısı bağıntı (49) ile hesaplanır.

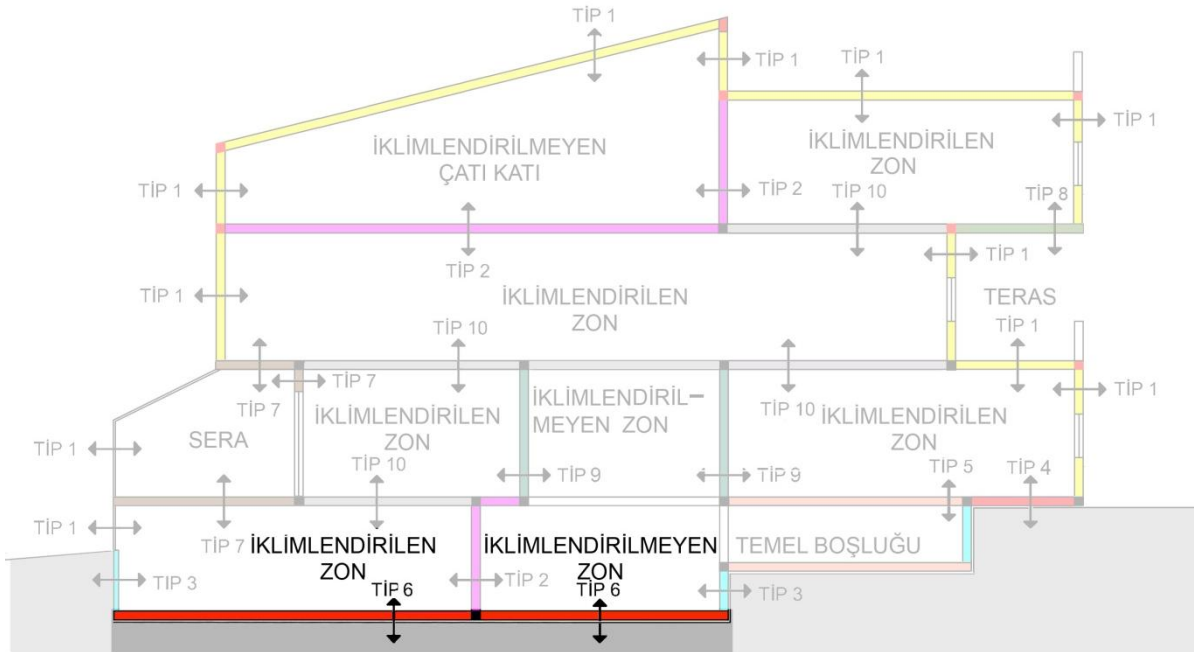
$$U_{bf} = (2\lambda_g / (\pi B' + d_f)) \ln (\pi B' / (d_f + 0,5z) + 1) \quad (49)$$

$$(d_f + 0,5z) > B'$$

ise iyi yalıtılmış bodrum kat döşemesidir ve döşemenin ısıl geçirgenlik katsayısı bağıntı (50) ile hesaplanır.

$$U_{bf} = \lambda_g / (0,457 B' + d_f + 0,5z) \quad (50)$$

- U_{bf} : bodrum kat toprak temaslı döşemesinin ısıl geçirgenlik katsayısı, $W/(m^2 \cdot K)$
 λ_g : donmamış toprak ısıl iletkenlik değeri, $W/(m \cdot K)$
 d_f : döşeme toplam eşdeğer kalınlık, m
 z : bodrum kat döşemesi toprağa gömülme derinliği, m
 π : 3,14
 B' : döşemenin karakteristik ölçüsü,



Şekil 29. Tip 6 - İklimlendirilen veya İklimlendirilmeyen Bodrum Katın Toprak Temaslı Döşemesi

8.3.7 İklimlendirilen zonun dışa açık iklimlendirilmeyen bir seraya (kış bahçesine) bakan yüzeyleri

İklimlendirilen zonun dışa açık iklimlendirilmeyen bir sera (kış bahçesi) ile arasındaki duvarlar (TİP 7) Şekil 30.' da gösterilir ve ısı geçiş katsayısı 8.3.2.'deki yöntem ile hesaplanır. Ele alınan zonun dışa açık iklimlendirilmeyen bir sera/kışbahçesi ile arasındaki bileşenler için b_{tr} düzeltme faktörü kullanılır. Düzeltme faktörü iklimlendirilen zon ile iklimlendirilmeyen zon arasındaki bileşenin ısı geçiş katsayısının iklimlendirilmeyen zon ile dış ortam arasındaki ısı geçiş katsayısına oranına eşittir ve bağıntı (52) – (54) ile hesaplanır.

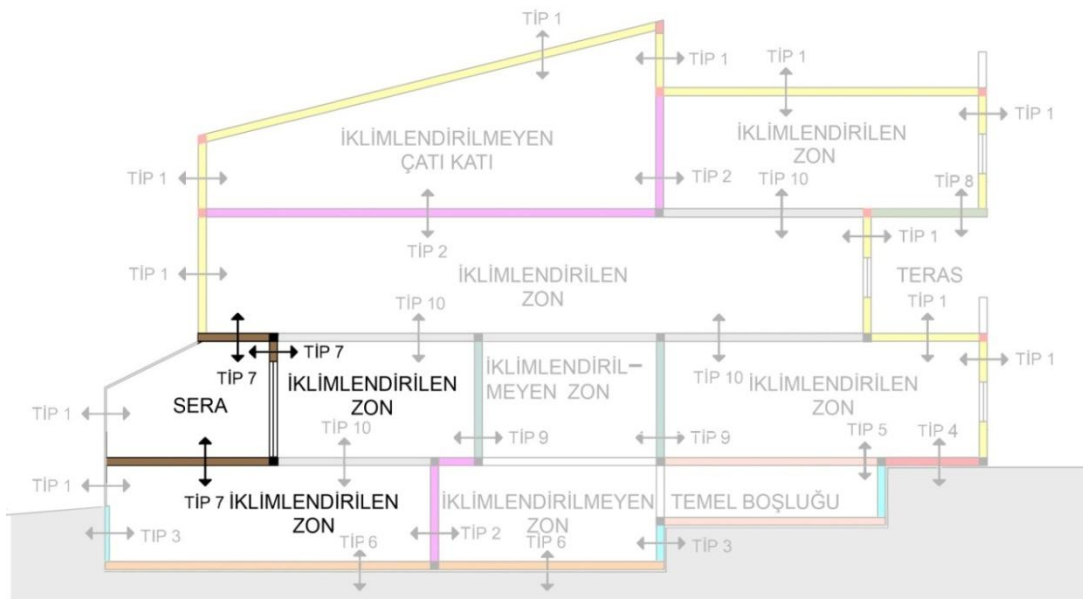
$$H_{tr} = b_{tr} (\sum H_{tr,op} + \sum H_{tr,win} + \sum H_{tr,do}) \quad (51)$$

$$H_{iu} = H_{T,iu} + H_{V,iu} \quad (52)$$

$$H_{ue} = H_{T,ue} + H_{V,ue} \quad (53)$$

$$b_{tr} = H_{ue} / (H_{iu} + H_{ue}) \quad (54)$$

- H_{tr} : iklimlendirilen zonun dışa açık iklimlendirilmeyen bitişik zonlu ayıran opak ve saydam bileşenlerinin toplam iletim ve taşınım ile ısı geçiş katsayısı, W/K
- $H_{T,iu}$: iklimlendirilen zon ile iklimlendirilmeyen zon arasındaki iletim ve taşınım ile ısı geçiş katsayısı, W/K
- $H_{V,iu}$: iklimlendirilen zon ile iklimlendirilmeyen zon arasındaki havalandırma ısı geçiş katsayısı, W/K
- H_{iu} : iklimlendirilen zon ile iklimlendirilmeyen zon arasındaki toplam ısı geçiş katsayısı, W/K
- $H_{T,ue}$: iklimlendirilmeyen zon ile dış ortam arasındaki iletim ve taşınım ile ısı geçiş katsayısı, W/K
- $H_{V,ue}$: iklimlendirilmeyen zon ile dış ortam arasındaki havalandırma ile ısı geçiş katsayısı, W/K
- H_{ue} : iklimlendirilmeyen zon ile dış ortam arasındaki toplam ısı geçiş katsayısı, W/K
- b_{tr} : iklimlendirilen zonun dışa açık iklimlendirilmeyen zona bitişik yüzeyleri için azaltım faktörü



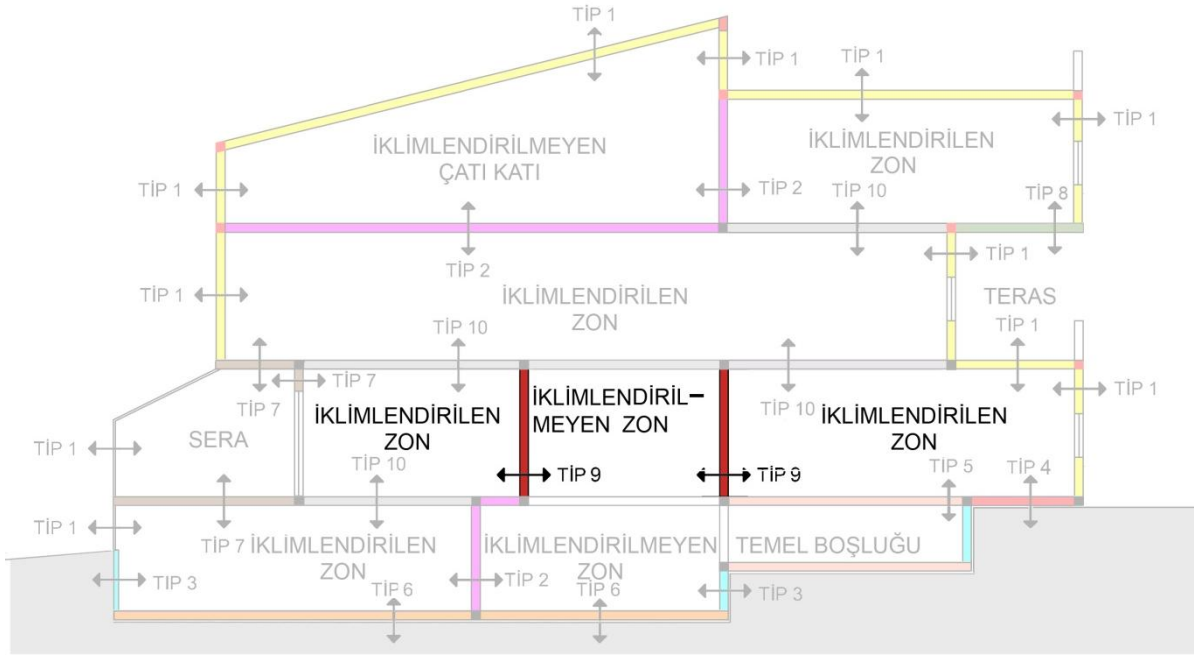
Şekil 30. Tip 7 - İklimlendirilen Zonun Dışa Açık İklimlendirilmeyen Bir Seraya Bakan Duvarları

8.3.9 İklimlendirilen zonun, dışa açık olmayan iklimlendirilmeyen zona bakan bileşenleri

İklimlendirilen zonun dışa açık olmayan iklimlendirilmeyen zona bakan duvarları (örn: çekirdeğe bakan iç duvarlar) (TİP 9) **Şekil 32.**' de gösterilir. Bu yüzeyler için önce 8.3.1.' de (TİP 1) yapılan hesaplar uygulanır, dışa açık olmayan iklimlendirilmeyen zona ısı geçişi değeri H_{op} 0,5 ile çarpılarak bulunur.

$$U_{op, std} = 1 / (1 / h_{si} + d_1 / \lambda_1 + d_2 / \lambda_2 + \dots + 1 / h_{se}) \quad (57)$$

$$H_{tr} = 0,5 (\sum H_{tr, op} + \sum H_{tr, win} + \sum H_{tr, do}) \quad (58)$$

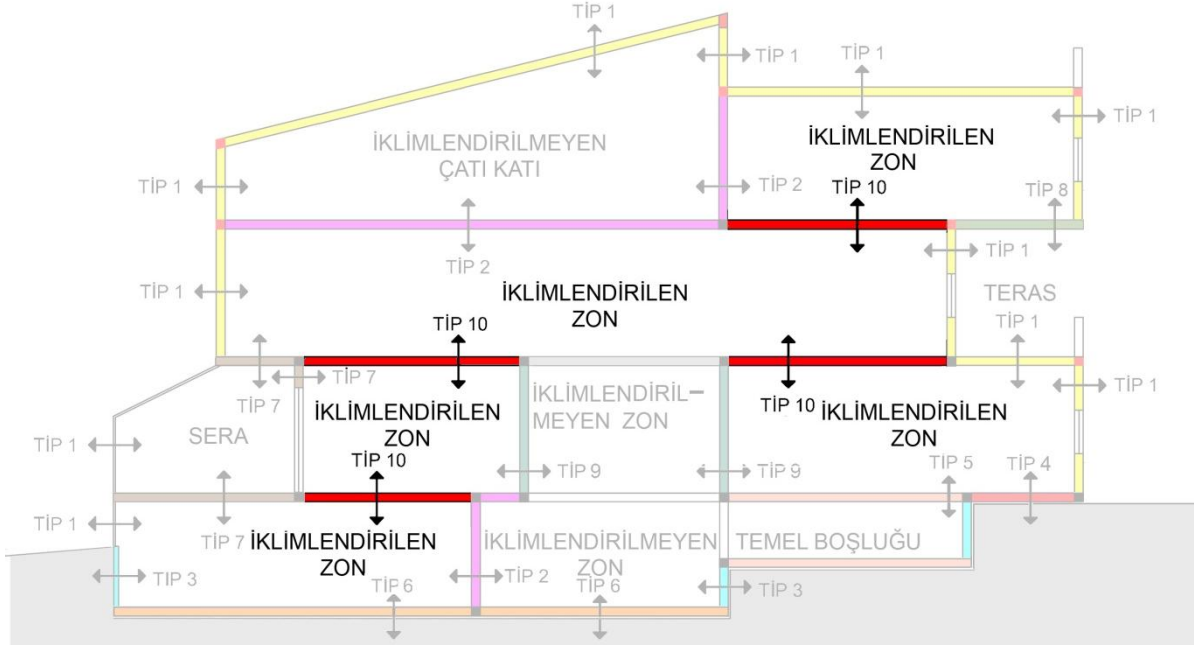


Şekil 32. Tip 9 - İklimlendirilen Zonun, Dışa Açık Olmayan İklimlendirilmeyen Zona Bakan Duvarları

Not - Programda kullanıcıya tanımlattırılan ısı geçiş tiplerindeki Tip 11, Tip 9 ile aynı olup birlikte projelendirilmiş bitişik binalar arasındaki elemanın tanımlanmasını kolaylaştırmak için ilave edilmiştir.

8.3.10 İklimlendirilen zonun iklimlendirilen başka bir zon ile ilişkili bileşenleri

İklimlendirilen zonun iklimlendirilen diğer zon ile ayıran opak bileşenler (TİP 10) **Şekil 33.**' te gösterilir. Bu hesaplama yönteminde, iklimlendirilen iki zon arasındaki ısı geçişi, bir zonun ısı kaybının diğer zonun ısı kazancı olması nedeniyle, binanın toplam enerji performansına yansıtılmaması öngörülerek, iklimlendirilen zonlar arasında ısı geçişi hesaba katılmamaktadır.



Şekil 33. Tıp 10 - İklimlendirilen Zonun İklimlendirilen Başka Bir Zon İle İlişkili Opak Bileşenleri

9 Havalandırma ile Isı Geçişi

9.1 Minimum Havalandırma İhtiyacı

Binalarda hijyen ve konfor koşullarının sağlanabilmesi için gerekli olan minimum havalandırma ihtiyacı ($q_{ve,min}$), (m^3/h) vardır. Bu ihtiyaç binanın tipi ve kullanım amacına göre değişiklik gösterir. Aşağıda bina tiplerine göre tipik veriler bulunmaktadır. (EN 13789)

9.1.1 Müstakil konutlar ve Daireler

$$q_{ve,min} = 0.3 \cdot v \quad (59)$$

$q_{ve,min}$: Minimum hava hacimsel debisi, m^3 / h

v : Havalandırılan zonun hacmi, m^3

9.1.2 Ofisler

$$q_{ve,min} = ((N_p \cdot q_p) + (A \cdot q_m)) \quad (60)$$

$q_{ve,min}$: Minimum hava hacimsel debisi, m^3 / h

N_p : Kişi sayısı

q_p : Kişi başına gerekli taze hava miktarı, $m^3 / kişi.h$

A : Zonun/mekanın alanı m^2

q_m : m^2 başına gerekli taze hava miktarı, $m^3 / m^2.h$

9.1.3 Diğer Bina Tipolojileri

Bir zon içindeki her fonksiyonel mekan için minimum hava hacimsel debisi;

$$q_{ve,min,i} = ((N_p \cdot q_p) + (A \cdot q_m)) \quad (61)$$

$q_{ve,min,i}$: bir zondaki i fonksiyonel mekanı için minimum hava hacimsel debisi, m^3 / h

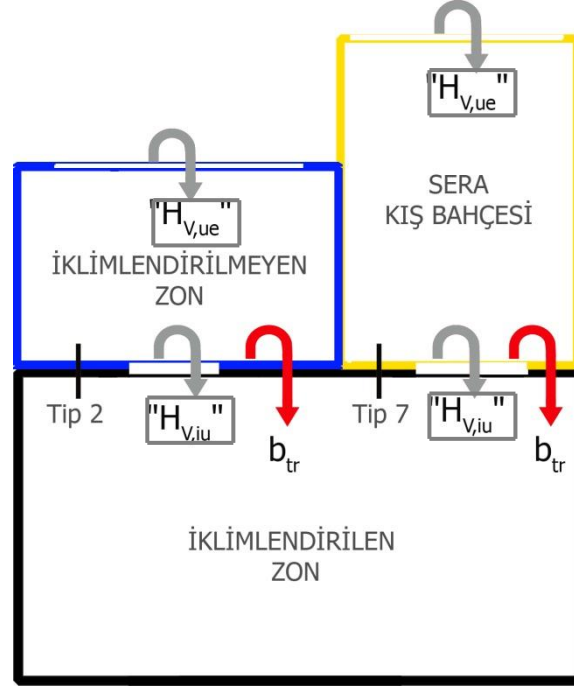
Bir zon içindeki tüm fonksiyonel mekanın minimum hava hacimsel debisi toplamı;

$$q_{ve,min,tot} = \sum (q_{ve,min,i}) \quad (61.a)$$

$q_{ve,min,tot}$: bir zondaki tüm fonksiyonel mekanların toplam minimum hava hacimsel debisi, m^3 / h

9.2 Özel Durumlar için Hesaplama

9.2.1 İklimlendirilen Zon ile Bitişik İklimlendirilmeyen Zon Arasındaki Havalandırma ile Isı Geçiş Katsayısı



Şekil.33.a. Tip 2 ve Tip 7 elemanlara sahip iklimlendirilen ve iklimlendirilmeyen zon için havalandırma ısı geçiş katsayıları ile sıcaklık düzeltme katsayıları

Bir zonda Tip2 veya Tip7 eleman var ise hesabı yapılan iklimlendirilen zona bitişik bir iklimlendirilmeyen zon veya sera (kiş bahçesi) vardır. Bu durumda, iklimlendirilmeyen zon ile dış ortam arasındaki hava değişim sayısı (n_{ue}) aşağıdaki gibi hesaplanır. 50 Pa basınçtaki hava değişim oranının (n_{50}) belirlenmesi için **Tablo 7.**' den yararlanılır.

Tip 7 ve Tip 2 elemanlar için sıcaklık düzeltme faktörü b_{tr} için **8.3.2'** ye ve **8.3.7'** ye bakınız.

$$n_{ue} = n_{50} / 20 \quad (62)$$

n_{ue} : iklimlendirilmeyen zon ile dış ortam arasındaki hava değişim sayısı, 1 / h
 n_{50} : 50 Pa basınçtaki hava değişim oranı, 1 / h

Tablo 7. Bağımsız kaçak karakteri elemanları için düzeltme faktörleri ve farklı konstrüksiyon tipleri için temel sızdırma değerleri (50 Pa basınçta) ve eklenecek değerler (EN 13465)

Konstrüksiyon Tipine Bağlı Hava Sızdırma Değeri	Temel Hava Sızdırma Değeri	Kompleks (Dikdörtgen Olmayan Kat Planı)	Sızdırmaz Bant Olmayan Pencere ve Kapılar	Sızdırmaz Bant Olan Pencere ve Kapılar	Bitişik Bina	Sıva Yapılmış Duvar	Toplam n_{50}
Konstrüksiyon Tipi							
Ahşap Konstrüksiyonlu Yalıtılmış Alçak Bina n_{50} [h^{-1}]	3	1	1	-1	-0,5	0	
Tuğla veya Blok Alçak Bina n_{50} [h^{-1}]	8	1	1	-1	0	-1	
Beton veya Perde Duvar Yüksek Bina n_{50} [h^{-1}]	3	1	1	-1	0	-1	

9.2.1.1 İklimlendirilmeyen zon ile dış ortam arasındaki hacimsel hava debisi ($q_{v,ue}$)

$$q_{v,ue} = V \cdot n_{ue} \quad (63)$$

n_{ue} : İklimlendirilmeyen zon ile dış ortam arasındaki hava değişim sayısı, 1 / h
 V_u : İklimlendirilmeyen zonun hacmi, m³

9.2.1.2 İklimlendirilmeyen zon ile dış ortam arasındaki havalandırma ısı geçiş katsayısı ($H_{v,ue}$)

$$H_{v,ue} = \rho \cdot c \cdot q_{v,ue} \quad (64)$$

$H_{v,ue}$: İklimlendirilmeyen zon ile dış ortam arasında havalandırma ısı geçiş katsayısı, W / K

$\rho \cdot c$: Havanın ısı kapasitesi, J / (m³ · K) = 0,33 W · h / (m³ · K)

$q_{v,ue}$: İklimlendirilmeyen zon ile dış ortam arasındaki hacimsel hava debisi, m³ / h

İklimlendirilen zona bitişik her iklimlendirilmeyen zon için yapılan bu hesaplama, zonun o iklimlendirilmeyen zona bakan tüm yüzeyleri için bir kez hesap yapılır;

9.2.1.3 İklimlendirilen zonla iklimlendirilmeyen zon arasında kapı ve/veya pencere varsa;

İklimlendirilmeyen zon ile iklimlendirilen zon arasındaki hava değişim sayısı (n_{iu}) değeri iklimlendirilmeyen zonun özelliğine göre **Tablo 8.**' den alınır.

Tablo 8. İklimlendirilmeyen Zon ile İklimlendirilen Zon arasındaki Hava Değişim Sayısı

No	İklimlendirilmeyen Hava Sızdırmazlık Tipi	n_{iu}
1	Duvarlarda çatlak yok, kapı ve pencerelerin sızdırmazlığı yüksek	0,5
2	Duvarlarda çatlak çok az, kapı ve pencerelerin sızdırmazlığı yüksek	1
3	Duvarlarda çatlak orta seviyede, kapı ve pencerelerin sızdırmazlığı orta	3
4	Duvarlarda çatlak çok fazla, kapı ve pencerelerin sızdırmazlığı çok düşük	10

$$q_{ve,iu} = V \cdot n_{iu} \quad (65)$$

$q_{ve,iu}$: iklimlendirilmeyen zon ile iklimlendirilen zon arasındaki hava hacimsel debisi, m³ / h

V : zonun hacmi

n_{iu} : iklimlendirilen zon ile iklimlendirilmeyen zon arasındaki hava değişim sayısı, 1 / h

$$H_{v,iu,i} = \rho_a \cdot c_a \cdot q_{ve,iu} \quad (66)$$

$H_{v,iu,i}$: İklimlendirilmeyen zon ile iklimlendirilen zon arasındaki i elemanından havalandırma ısı geçiş katsayısı, W / K

$\rho_a \cdot c_a$: havanın ısı kapasitesi, W h / m³ K

$$q_{ve,infu} = q_{ve,iu}$$

$b_{ve,infu}$: iklimlendirilmeyen zondan havalandırma için düzeltme katsayısı
 $q_{ve,infu}$: iklimlendirilmeyen zon ile iklimlendirilen zon arasındaki hava hacimsel debisi, m^3 / h
 $q_{ve,iu}$: iklimlendirilmeyen zon ile iklimlendirilen zon arasındaki hava hacimsel debisi, m^3 / h

9.2.1.4 İklimlendirilen zonla iklimlendirilmeyen zon arasında kapı ve/veya pencere yoksa;

İklimlendirilen zon ile iklimlendirilmeyen zon arasında rüzgar ve baca etkilerinin çok düşük olmasından dolayı bu iki zon arasındaki hacimsel hava debisi ($q_{ve,iu}$) aşağıdaki gibi kabul edilir:

$$q_{ve,iu} = 0 \quad (67)$$

$$H_{V,iu} = 0 \quad (68)$$

9.3 Doğal Havalandırma ve Sızıntı (İnfiltrasyon)

Tasarım hacimsel hava debisi ($q_{ve,d}$) hesaplanırken, daha önce **Tablo 7.**' den elde edilen binanın hava sızdırma değerine (n_{50}) göre **Tablo 9.**' dan hava sızdırmazlık seviyesi belirlenir. Belirlenen hava sızdırmazlık seviyesi ile binanın korunma durumuna göre hava değişim oranı (n), bina tipolojisine bağlı olarak **Tablo 10.** veya **Tablo 11.** den alınacaktır. (EN 13789)

Doğal havalandırma için hacimsel hava debisi, minimum havalandırma ihtiyacı hacimsel hava debisi ($q_{ve,min}$) ile tasarım hacimsel hava debisinden ($q_{ve,d}$) büyük olanı alınır.

$$q_{ve,d} = V \cdot n \quad (69)$$

$q_{ve,d}$: dizayn hava hacimsel debisi, m^3 / h
 n : zondaki hava değişim sayısı, $1 / h$
 V : zonun hacmi, m^3

$$q_{ve,infe} = \max [q_{ve,min} ; q_{ve,d}] \quad (69.a)$$

$q_{ve,infe}$: doğal havalandırma hacimsel hava debisi, m^3 / h
 $q_{ve,min}$: Minimum hava hacimsel debisi, m^3 / h
 $q_{ve,d}$: dizayn hava hacimsel debisi, m^3 / h

Tablo 9. Hava Sızdırmazlık Seviyeleri

Hava Değişim Oranı (Toplam n_{50})		Sızdırmazlık
Ofis ve diğer bina tipolojileri	Müstakil konut ve Apartmanlar	
< 2	< 4	Yüksek
2 ile 5 arası	4 ile 10 arası	Orta
> 5	> 10	Düşük

Tablo 10. Ofisler ve Diğer Bina Tipolojilerinde Doğal Havalandırma Hava Değişim Sayısı (n), (1/h)

Binanın Korunma Durumu	Birden Fazla Yüzey			Bir Yüzey		
	Binanın Sızdırmazlığı			Binanın Sızdırmazlığı		
	Düşük	Orta	Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek
Korunmasız (Açık alandaki ve şehir merkezindeki yüksek binalar)	1,2	0,7	0,5	1	0,6	0,5
Hafif Korunmalı (Ağaçlık alandaki ve şehir merkezinde az sıklıktaki binalar)	0,9	0,6	0,5	0,7	0,5	0,5
Tam Korunmalı (Orman içindeki ve şehir merkezindeki sık binalar)	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Tablo 11. Müstakil Konutlar ve Apartmanlarda Doğal Havalandırma Hava Değişim Sayısı (n), (1/h)

Binanın Korunma Durumu	Binanın Sızdırmazlığı		
	Düşük	Orta	Yüksek
Korunmasız (Açık alandaki ve şehir merkezindeki yüksek binalar)	1,5	0,8	0,5
Hafif Korunmalı (Ağaçlık alandaki ve şehir merkezinde az sıklıktaki binalar)	1,1	0,6	0,5
Tam Korunmalı (Orman içindeki ve şehir merkezindeki sık binalar)	0,7	0,5	0,5

gelen hacimsel hava debisi ($q_{ve,i}$) ile rüzgar ve baca etkileri nedeniyle oluşan sızıntı (infiltrasyon) hacimsel hava debisinin ($q_{ve,x}$) toplamıdır :

$$H_{ve} = \rho_a \cdot c_a \cdot \sum_{k=1}^n (b_{ve,infe} \cdot q_{ve,infe}) + (b_{ve,infu} \cdot q_{ve,infu}) + (b_{ve,infss} \cdot q_{ve,infss}) \quad (70)$$

- H_{ve} : havalandırma ısı geçiş katsayısı, W / K
 $\rho_a \cdot c_a$: havanın ısı kapasitesi, W h / m³·K
 $b_{ve,infe}$: doğal havalandırma için düzeltme katsayısı
 $q_{ve,infe}$: doğal havalandırma hava hacimsel debisi, m³ / h
 $b_{ve,infu}$: iklimlendirilmeyen zondan havalandırma için düzeltme katsayısı
 $q_{ve,infu}$: iklimlendirilmeyen zon ile iklimlendirilen zon arasındaki hava hacimsel debisi, m³ / h
 $b_{ve,infss}$: sera ile iklimlendirilen zon arasındaki havalandırma için düzeltme katsayısı
 $q_{ve,infss}$: sera ile iklimlendirilen zon arasındaki hava hacimsel debisi, m³ / h

10 İç Kazançlar

10.1 Hesaplama yöntemi

İç kazançlar, negatif kazançlar dahil olmak üzere (iç ortamdan soğuk kaynaklara yayılan ısı), iç ısı kaynaklarından kazanılan ısıdır.

Bu hesaplama yönteminde göz önüne alınan iç kazançlar aşağıda belirtilenleri içerir:

- İnsanlardan, metabolik aktiviteye bağlı, duyulur ve gizli ısı kazançları,
- Cihazlardan yayılan duyulur ve gizli ısı kazançları,
- Aydınlatma aygıtlarından ısı kazançları.

İç kazançlar (insanlardan ve cihazlardan), hesabı yapılan zonun fonksiyonuna göre değişiklik göstermektedir. Zondaki aktiviteye bağlı olarak insanlardan ısı kazançları, hacimdeki ekipman yoğunluğuna bağlı olarak cihazlardan ısı kazançları hesaplanır. Ayrıca hesabı yapılan binanın fonksiyonuna göre binanın zonlaması farklılık gösterdiğinden toplam iç kazanç hesabı değişir. Bina fonksiyonuna bağlı hesap farklılıkları Madde 10.2.'de açıklanmıştır.

10.2 İnsanlardan ve cihazlardan iç kazanların hesaplanması

Binada bulunan insan sayısı ve binanın fonksiyonuna göre insanlardan ve cihazlardan olan iç yükler hesaplanır. Konutlar için ayrıca sıcak su iç yükü hesaba katılır.

10.2.1 Müstakil konutlar ve apartman daireleri

Konutlarda iç kazançlar mutfak ve salon alanları (m^2) ile diğer mekanların alanları (m^2) üzerinden hesaplanır. Mutfak ve salon ile diğer mekanlar ayrı tanımlanarak toplam konut alanındaki iç kazanç değerine ulaşılır.

$$A_f = A_{f,D} + A_{f,M} \quad (71)$$

A_f : konut toplam döşeme alanı, m^2

$A_{f,M}$: mutfak ve salon alanı, m^2

$A_{f,D}$: konutun mutfak ve salon hariç kalan döşeme alanı, m^2

$$\Phi_{int, sen, M} = A_{f, M} \cdot \Phi_{int, sen, M, unit} \quad (72)$$

$\Phi_{int, sen, M}$: mutfak ve salon için toplam duyulur ısı kazancı, W

$\Phi_{int, sen, M, unit}$: mutfak ve salon için birim alandan (m^2) duyulur ısı kazanç miktarı, W/m^2

$$\Phi_{int, sen, D} = A_{f, D} \cdot \Phi_{int, sen, D, unit} \quad (73)$$

$\Phi_{int, sen, D}$: mutfak ve salon dışındaki mekanlar için toplam duyulur ısı kazancı, W

$\Phi_{int, sen, D, unit}$: mutfak ve salon dışındaki mekanlar için birim alandan (m^2) duyulur ısı kazanç miktarı, W/m^2

$$\Phi_{int, sen} = \Phi_{int, sen, D} + \Phi_{int, sen, M} \quad (74)$$

$\Phi_{int, sen}$: toplam duyulur ısı kazancı, W

Toplam iç kazançlara insanlardan gizli ısı kazançları aşağıdaki bağıntı ile eklenir.

$$\Phi_{\text{int,Oc,lat}} = N_p \cdot \Phi_{\text{int,Oc,lat,unit}} \quad (75)$$

$\Phi_{\text{int,Oc,lat}}$: insanlardan toplam gizli ısı kazancı, W

N_p : toplam kişi sayısı

$\Phi_{\text{int,Oc,lat,unit}}$: bir kişiden gizli ısı kazancı, W/kişi (Bu değer **Tablo 15.**' dan alınır).

Toplam iç kazançlara cihazlardan gizli ısı kazançları 2001 ASHRAE Handbook'ta ifade edilen yöntem ile hesaba katılmaktadır. Bu yöntemde cihazlardan olan iç kazançlar, buhar üretebilecek cihazların olduğu mutfak alanları gibi hacimler için hesaba katılmaktadır. Bu hacimlerden cihazlardan birim alan başına kazanılan gizli ısı kazancı $LF=1/SHF$ oranı ($SHF=0,77$) kullanılarak bağıntı (76) ve (78) ile cihazlardan gizli ısı kazancına dönüştürülür ve bağıntı (80) ile zondaki cihazlardan toplam gizli ısı kazancı hesaplanır.

$$\Phi_{\text{int,App,lat,M,unit}} = (\Phi_{\text{int,App,sen,M,unit}} / 0,77) - \Phi_{\text{int,App,sen,M,unit}} \quad (76)$$

$$\Phi_{\text{int,App,lat,M}} = A_{f,M} \cdot \Phi_{\text{int,App,lat,M,unit}} \quad (77)$$

$\Phi_{\text{int,App,sen,M,unit}}$: mutfak ve salon için, birim alan başına (m^2) cihazlardan duyulur ısı kazancı, W/m^2 ($\Phi_{\text{int,App,sen,M,unit}}$, **Tablo 13**'ten alınır.)

$\Phi_{\text{int,App,lat,M,unit}}$: mutfak ve salon için, birim alan başına (m^2) cihazlardan gizli ısı kazancı, W/m^2

$\Phi_{\text{int,App,lat,M}}$: mutfak ve salon için, cihazlardan toplam gizli ısı kazancı, W/m^2

$$\Phi_{\text{int,App,lat,D,unit}} = (\Phi_{\text{int,App,sen,D,unit}} / 0,77) - \Phi_{\text{int,App,sen,D,unit}} \quad (78)$$

$$\Phi_{\text{int,App,lat,D}} = A_{f,D} \cdot \Phi_{\text{int,App,lat,D,unit}} \quad (79)$$

$\Phi_{\text{int,App,sen,D,unit}}$: mutfak ve salon dışındaki hacimler için, birim alan başına (m^2) cihazlardan duyulur ısı kazancı, W/m^2 ($\Phi_{\text{int,App,sen,D,unit}}$, **Tablo 13.**' ten alınır.)

$\Phi_{\text{int,App,lat,D,unit}}$: mutfak ve salon dışındaki hacimler için, birim alan başına (m^2) cihazlardan gizli ısı kazancı, W/m^2

$\Phi_{\text{int,App,lat,M}}$: mutfak ve salon dışındaki hacimler için, cihazlardan toplam gizli ısı kazancı, W/m^2

$$\Phi_{\text{int,App,lat}} = \Phi_{\text{int,App,lat,M}} + \Phi_{\text{int,App,lat,D}} \quad (80)$$

Banyo vb. ıslak hacimlerden kazanılan iç yük, sıcak su iç yükü olarak ele alınır. Konutlarda sıcak su iç yükü aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$\Phi_{\text{int,W}} = 25 + (15 \cdot N_p) \quad (81)$$

$\Phi_{\text{int,W}}$: toplam sıcak su yükü ısı kazancı, W

Konutlar için iç yükler 24 saat boyunca var kabul edilir, ancak kazanç yoğunluğu saatlere göre farklılık göstermektedir. Konutlarda saatlere göre iç yük dağılımı **Tablo 13.**' te verilmiştir. (**Tablo 13**, EN ISO 13790'da verilmiş olan varsayılan değerler uyarlanarak oluşturulmuştur.)

Tablo 13. Konut ve apartman dairelerinde duyulur ısı kazançları saatlik zaman çizelgesi

Saat	Konutlar			
	Mutfak + Salon		Diğer alanlar	
	$\Phi_{\text{int, sen, M, unit}}$ W/m ² ($\Phi_{\text{int, App, sen, M, unit}}$ + $\Phi_{\text{int, Oc, sen, M, unit}}$)	$\Phi_{\text{int, App, sen, M, unit}}$ W/m ²	$\Phi_{\text{int, sen, D, unit}}$ W/m ² ($\Phi_{\text{int, App, sen, D, unit}}$ + $\Phi_{\text{int, Oc, sen, D, unit}}$)	$\Phi_{\text{int, App, sen, D, unit}}$ W/m ²
07:00 - 17:00	8	5,2	1	0
17:00 - 23:00	20	17,2	1	0
23:00 - 07:00	2	0	6	5

İnsanlar için kişi başına metabolik kazançlar **Tablo 14.**' te verilmiştir.

Tablo 14. Konutlarda ve ofislerde insanlardan metabolik ısı kazançları için duyulur ve gizli ısı değerleri

Etkinlik Derecesi	$\Phi_{\text{int, Oc, sen, unit}}$ (W/kişi)	$\Phi_{\text{int, Oc, lat, unit}}$ (W/kişi)
Oturma, çalışma	75	55

10.2.2 Ofisler için;

Ofisin çalışma saatlerinde iç yükler aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanır. Bina ve hacim fonksiyonlarına bağlı zaman çizelgeleri **Ek 1**' de verilmiştir.

$$\Phi_{\text{int, Oc, sen}} = N_p \cdot \Phi_{\text{int, Oc, sen, unit}} \quad (82)$$

$\Phi_{\text{int, Oc, sen, unit}}$: bir insandan kazanılan duyulur ısı miktarı, W/kişi

N_p : kişi sayısı

$$\Phi_{\text{int, Oc, lat}} = N_p \cdot \Phi_{\text{int, Oc, lat, unit}} \quad (83)$$

$\Phi_{\text{int, Oc, lat, unit}}$: bir insandan kazanılan gizli ısı miktarı, W/kişi

$$\Phi_{\text{int, Oc}} = \Phi_{\text{int, Oc, sen}} + \Phi_{\text{int, Oc, lat}} \quad (84)$$

$\Phi_{\text{int, Oc, sen}}$: insanlardan kazanılan toplam duyulur ısı kazancı, W

$\Phi_{\text{int, Oc, lat}}$: insanlardan kazanılan toplam gizli ısı kazancı, W

Ofis yoğunlukları, **Tablo 15.** üzerinden kişi başına düşen m² ler aracılığı ile tanımlanacaktır.

Tablo 15. Ofis yoğunluklarının tanımı

	İnsan başına düşen alan (m ²)			
İnsan yoğunluğu	Az Yoğun	Orta Yoğun	Yoğun	Çok Yoğun
Ofis alanı	15,5	11,6	9,3	7,8

Cihazlardan olan ısı kazançları ; ofisin yoğunluk durumuna bağlı olarak **Tablo 16.**'den gelir.

Ofis cihazlarından kazanılan duyulur ısı miktarı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır. Ofislerde gizli ısı yayan cihaz vb. durumlar (buhar göz ardı edilmekte, bu nedenle cihazlardan gizli kazançlar hesaba katılmamaktadır).

$$\Phi_{\text{int,App}} = A_f \cdot \Phi_{\text{int,App,unit}} \quad (85)$$

$\Phi_{\text{int,App,unit}}$: cihazlardan m² başına kazanılan birim ısı, W/m²
 A_f : toplam zon döşeme alanı, m²
 $\Phi_{\text{int,App}}$: cihazlardan toplam iç kazanç değeri, W

Tablo 16. Ofislerde cihazlardan ısı kazançları

	$\Phi_{\text{int,App,unit}}$ (W/m ²)			
İnsan yoğunluğu	Az Yoğun	Orta Yoğun	Yoğun	Çok Yoğun
Ofis	5,4	10,8	16,1	21,5

10.2.3 Rezidanslar ve diğer bina tipolojileri

Bu bina tipolojilerinde her kat bir zon olarak alınır ve kat içerisindeki mekanların alanları (m²) ve fonksiyonları üzerinden alanla ağırlıklı ortalama toplam iç kazanç belirlenir.

$$\Phi_{\text{int,Oc,sen}} = \sum_{i=1}^n (A_{f,i} \cdot \Phi_{\text{int,Oc,sen},i}) \quad (86)$$

$\Phi_{\text{int,Oc,sen},i}$: i hacminde m² başına insanlardan duyulur ısı kazanç değeri, W/m²

$A_{f,i}$: i hacminin alanı, m²

$\Phi_{\text{int,Oc,sen}}$: kat içerisindeki tüm mekanlarda insanlardan toplam duyulur ısı kazanç değeri, W

$$\Phi_{\text{int,Oc,lat}} = \sum_{i=1}^n (A_{f,i} \cdot \Phi_{\text{int,Oc,lat},i}) \quad (87)$$

$\Phi_{\text{int,Oc,lat},i}$: i hacminde m² başına insanlardan gizli ısı kazanç değeri, W/m²

$A_{f,i}$: i hacminin alanı, m²

$\Phi_{\text{int,Oc,lat}}$: kat içerisindeki tüm hacimlerden, insanlardan toplam gizli ısı kazanç değeri, W

İnsanlardan toplam ısı kazancı **(88)** bağıntısı ile hesaplanır.

$$\Phi_{\text{int,Oc}} = \Phi_{\text{int,Oc,sen}} + \Phi_{\text{int,Oc,lat}} \quad (88)$$

$\Phi_{\text{int,Oc}}$: kat içerisindeki tüm hacimlerden insanlardan toplam ısı kazanç değeri, W

Cihazlardan ısı kazancı ise **(89)** bağıntısı ile hesaplanır.

$$\Phi_{\text{int,App}} = \sum_{i=1}^n (A_{f,i} \cdot \Phi_{\text{int,App},i,\text{unit}}) \quad (89)$$

$\Phi_{\text{int,App}}$: kat içerisindeki tüm hacimlerden, cihazlardan toplam ısı kazanç değeri, W

$\Phi_{\text{int,App},i,\text{unit}}$: i hacminde m² başına cihazlardan ısı kazanç değeri, W/m²

10.3 Aydınlatma aygıtlarından iç kazanların hesaplanması

Aydınlatma aygıtlarından iç kazançlar 2.Cilt' te aydınlatma hesaplarının anlatıldığı konutlar için 6.2.1.1' de ve ofisler için 6.2.2' de açıklanmıştır.

10.4 Toplam iç kazanç değerinin hesaplanması

10.4.1 Müstakil konutlar ve apartman daireleri

Konut birimlerinde iç kazanç değerleri altı maddede toplanmıştır.

- Mutfak ve salon alanları için m² başına duyulur ısı kazanç değeri üzerinden toplam duyulur ısı kazancının hesaplanması
- Mutfak ve salon alanları hariç diğer alanlar için m² başına duyulur ısı kazanç değeri üzerinden toplam duyulur ısı kazancının hesaplanması
- İnsanlardan gizli ısı kazançlarının hesaplanması
- Cihazlardan gizli ısı kazançlarının hesaplanması
- Toplam sıcak su yükü ısı kazancının hesaplanması
- Aydınlatma aygıtlarından iç kazançların hesaplanması

$$\Phi_{\text{int}} = \Phi_{\text{int,sen,D}} + \Phi_{\text{int,sen,M}} + \Phi_{\text{int,App,lat}} + \Phi_{\text{int,Oc,lat}} + \Phi_{\text{int,W}} + \Phi_{\text{int,Ig}} \quad (90)$$

$\Phi_{\text{int,sen,D}}$: mutfak ve salon dışındaki mekanlar için toplam duyulur ısı kazancı, W

$\Phi_{\text{int,sen,M}}$: mutfak ve salon için toplam duyulur ısı kazancı, W

$\Phi_{\text{int,App,lat}}$: cihazlardan toplam gizli ısı kazancı, W

$\Phi_{\text{int,Oc,lat}}$: insanlardan toplam gizli ısı kazancı, W

$\Phi_{\text{int,W}}$: toplam sıcak su yükü ısı kazancı, W

$\Phi_{\text{int,Ig}}$: aydınlatma aygıtlarından ısı kazancı, W

10.4.2 Ofisler

Ofis binalarında iç kazanç değerleri dört maddede toplanmıştır.

- İnsanlardan duyulur ısı kazançları
- İnsanlardan gizli ısı kazançları
- Cihazlardan iç kazançlar
- Aydınlatma aygıtlarından iç kazançlar

$$\Phi_{\text{int}} = \Phi_{\text{int,Oc,sen}} + \Phi_{\text{int,Oc,lat}} + \Phi_{\text{int,App}} + \Phi_{\text{int,Ig}} \quad (91)$$

$\Phi_{\text{int,Oc,sen}}$: insanlardan toplam duyulur ısı kazancı, W

$\Phi_{\text{int,Oc,lat}}$: insanlardan toplam gizli ısı kazancı, W

$\Phi_{\text{int,App}}$: cihazlardan toplam ısı kazancı, W

$\Phi_{\text{int,Ig}}$: aydınlatma aygıtlarından ısı kazancı, W

10.4.3 Rezidanslar ve diğer bina tipolojileri için;

Rezidans ve diğer bina tipolojilerinden binalarında iç kazanç değerleri dört maddede toplanmıştır, bağıntı (92) ile hesaplanmaktadır.

- Zon içerisindeki hacimlerde insanlardan duyulur ısı kazançlarının toplamı
- Zon içerisindeki hacimlerde insanlardan gizli ısı kazançlarının toplamı
- Zon içerisindeki hacimlerde cihazlardan iç kazançların toplamı
- Zon içerisindeki hacimlerde aydınlatma aygıtlarından iç kazançların toplamı

$$\Phi_{\text{int}} = \Phi_{\text{int,Oc,sen}} + \Phi_{\text{int,Oc,lat}} + \Phi_{\text{int,App}} + \Phi_{\text{int,Ig}} \quad (92)$$

$\Phi_{\text{int,Oc,sen}}$: zon içerisindeki hacimlerde insanlardan duyulur ısı kazançlarının toplamı, W

$\Phi_{\text{int,Oc,lat}}$: zon içerisindeki hacimlerde insanlardan gizli ısı kazançlarının toplamı, W

$\Phi_{\text{int,App}}$: cihazlardan toplam ısı kazancı, W

$\Phi_{\text{int,Ig}}$: aydınlatma aygıtlarından ısı kazancı, W

11 Güneş kazançları

11.1 Hesaplama yöntemi

Güneş enerjisi kazançları, opak ve saydam bileşenlerden olmak üzere iki düzeyde incelenmektedir. Geliştirilen yöntem dış engeller ve bina çıkıntılarının gölgeleme etkisini, saydam ve opak bileşenlerin etkin toplama alanına dayanan güneş kazançlarını ve gökyüzüne kaybedilen ısı ışıınım miktarını hesaba katmaktadır.

11.2 Güneş enerjisinden toplam ısı kazançları

Bina elemanından güneş kazançlarını ifade eden ısı miktarı, $\phi_{sol,k}$ "W" watt cinsinden ifade edilmekte ve bağıntı (93) ile verilmektedir:

$$\phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \phi_{r,k} \quad (93)$$

- $F_{sh,ob,k}$: k yüzeyinin etkin güneş toplama alanının dış engellerden gölgelenme faktörü
 $A_{sol,k}$: değerlendirilmekte olan zon veya binada verilen bir yön ve eğim açısındaki k yüzeyinin etkin toplama alanı, m^2
 $I_{sol,k}$: verilen yön ve eğim açısındaki k yüzeyinin toplama alanının metrekaresi başına gelen toplam güneş ışıınımı, W/m^2
 $F_{r,k}$: k bina elemanı ve gökyüzü arasındaki ışıınımsal biçim faktörüdür ve değerleri aşağıdaki gibidir:
- $F_r = 1$: gölgelenmemiş yatay yüzeyler için,
 $F_r = 0,5$: gölgelenmemiş düşey yüzeyler için.
 $\phi_{r,k}$: k bina elemanından gökyüzüne ısı ışıınım ile ısı kaybı miktarı, W

Bina yüzeyi toplam etkin toplama alanı (A_{sol}), aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$A_{sol} = A_{sol,op} + A_{sol,gl} \quad (94)$$

- $A_{sol,op}$: değerlendirilmekte olan zon veya binada, verilen bir yön ve eğim açısındaki opak yüzeyin etkin toplama alanıdır, m^2
 $A_{sol,gl}$: değerlendirilmekte olan zon veya binada, verilen bir yön ve eğim açısındaki saydam yüzeyin etkin toplama alanıdır, m^2

11.2.1 Saydam bileşenler için güneş enerjisinden ısı kazançları

Saydam bileşende (örneğin pencere) dış stor olmayan veya hareketli dış stor olup storun aktif olmadığı saat için etkin güneş enerjisi toplama alanı, $A_{sol,gl}$ metrekaresi cinsinden ifade edilir ve değeri bağıntı (95) ile hesaplanır:

$$A_{sol,gl} = F_{ov} \cdot F_{fin} \cdot g_{gl} \cdot A_{gl} \quad (95)$$

$$F_{sh,gl} = F_{ov} \cdot F_{fin} \quad (96)$$

- $F_{sh,gl}$: saydam bileşen için gölgelenme faktörü
 F_{ov} : yatay gölgeleme elemanının gölgeleme faktörü
 F_{fin} : düşey gölgeleme elemanının gölgeleme faktörü
 g_{gl} : saydam bileşenin cam yüzeyi için toplam güneş enerjisi geçirgenlik katsayısı

$$A_{gl} = A_{win} \cdot (1 - F_F) : \text{saydam bileşenin (örneğin, pencere) toplam alanı, m}^2$$

$$A_{win} : \text{çerçeve dahil saydam bileşenin toplam alanı, m}^2$$

$$F_F : \text{çerçeve faktörü}$$

Not - F_F çerçeve faktörü, sabit pencereler için 0,2, açılır pencereler için 0,3 alınmaktadır.

Saydam bileşende hareketli dış stor var ve aktif ise storun pencerenin tamamını kapattığı kabul edilir.

Saydam bileşende hareketli dış stor var ve storun aktif olduğu saat için etkin güneş enerjisi toplama alanı, $A_{sol,gl}$ metrekare cinsinden ifade edilir ve değeri bağıntı (97) ile hesaplanır:

$$A_{sol,gl} = F_{ov} \cdot F_{fin} \cdot g_{gl} \cdot A_{gl} \cdot g_{stor} \quad (97)$$

Saydam bileşende (örneğin pencere) sabit dış stor olduğu durum için etkin güneş enerjisi toplama alanı, $A_{sol,gl}$ metrekare cinsinden ifade edilir ve değeri bağıntı (99.b) ve (99.c) ile hesaplanır:

Saydam bileşende sabit dış stor var ise storun pencerenin yüzde kaçını örttüğü bilgisi kullanıcıdan alınır.

Yatay engel storu tamamen örtmüyor.

$(1 - F_{ov}) < F_{stor}$ ise;

$$A_{sol,gl} = F_{fin} \cdot g_{gl} \cdot A_{gl} \cdot (F_{stor} - (1 - F_{ov})) \cdot g_{stor} + (1 - F_{stor}) \quad (98)$$

Yatay engel storu tamamen örtüyor

$(1 - F_{ov}) \geq F_{stor}$ ise;

$$A_{sol,gl} = F_{ov} \cdot F_{fin} \cdot g_{gl} \cdot A_{gl} \quad (99)$$

F_{stor} : Storun pencereyi örtme oranı, sabit elemanda kullanıcı tanımlar, hareketli eleman için her zaman =1

g_{stor} : Storun (SHGC) güneş geçirgenlik faktörü

11.2.2 Opak bileşenler için güneş enerjisinden ısı kazançları

Bina kabuğunun opak bileşeninin etkin güneş enerjisi toplama alanı metre kare cinsinden bağıntı (101) ile verilir:

$$A_{sol,op} = \alpha_{sol,em} \cdot R_{se} \cdot U_{op} \cdot A_{op} \quad (100)$$

$\alpha_{sol,em}$: opak yüzeyin güneş ışıını yutuculuk katsayısı

R_{se} : opak bileşen dış yüzey ısı direnci, m²K/W

U_{op} : opak bileşen ısı geçirgenlik katsayısı, W/m²K

A_{op} : opak bileşen izdüşüm alanı, m²

11.2.3 Kapı bileşenleri için güneş enerjisinden ısı kazançları

Kapı bileşenlerinin saydam bileşen içermesi durumunda (balkon kapıları) bu bileşenler pencere olarak tanımlanır ve güneş kazançları saydam bileşen gibi hesaplanır. Kapılarda cam olmaması durumunda ise güneş kazançlarının hesaplanmasında opak bileşenler için kullanılan işlem uygulanır.

11.3 Hesaba katılan özel durumlar

11.3.1 Gölgeleme

Güneş kazançlarında bina cephesinde yatay ve düşey gölgeleme araçları ile karşı binaların veya bitişik bina kollarının gölge etkilerini hesaba katacak yöntem aşağıda açıklanmıştır.

$$R_{dir} = I_{dir} / I_{sol,k} \quad (101)$$

$$R_{dif} = I_{dif} / I_{sol,k} \quad (102)$$

$$R_{tot} = R_{dir} + R_{dif} \quad (103)$$

R_{dir} : yüzeyin yön ve eğimine göre düzleme gelen doğrudan güneş ışınımının (I_{dir}) toplam güneş ışınımına ($I_{sol,k}$) oranı

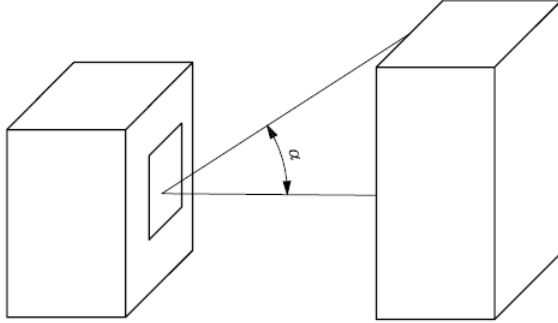
R_{dif} : yüzeyin yön ve eğimine göre düzleme gelen yaygın güneş ışınımının (I_{dif}) toplam güneş ışınımına oranı

R_{tot} : yüzeyin yön ve eğimine göre düzleme gelen yaygın ve doğrudan güneş ışınım oranlarının toplamı

11.3.1.1 Çevre binalardan gölgeleme

Çevre binaların gölgeleme etkisinin hesaplanması için çevre binalarla ilgili yapılacak tanımlar aşağıda verilmiştir. Eğer ele alınan bina çevre binalar tarafından gölgeleniyorsa, cephelerden uzun dalga ışınımıyla gölge kaçan ısı da yok varsayılmıştır.

Çevre binaların engelleme açısı **Şekil 34.**' teki gibi girdi olarak her pencere için ayrı tanımlanmaktadır. Dolayısı ile çevre bina engelini her kat ve her pencere için etkisi ayrı ayrı ele alınabilmektedir.



Şekil 34. Çevre Binalardan Gölgeleme Hesapları İçin A Açısının Hesaplanması

Çevre binalardan gölgeleme katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanır:

S_h : Güneş yükseliş açısı

F_{hor} : Çevre binalardan gölgeleme katsayısı

$S_h > \alpha$ ise ; $F_{hor} = 1$ alınır.

$$S_h < \alpha \text{ ise ; } F_{hor} = 1 - (I_{dir} / I_{sol,k}) \quad (104)$$

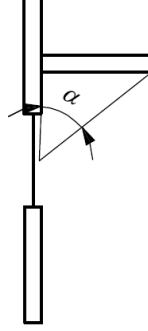
I_{dir} : Düzlemin yön ve eğimine göre doğrudan güneş ışınım şiddeti, W/m^2

$I_{sol,k}$: Düzlemin yön ve eğimine göre toplam güneş ışınımı şiddeti, W/m^2

11.3.1.2

Güneş kontrol elemanları ve bina çıkıntıları ile gölgelenme

11.3.1.2.1 Yatay gölgeleme elemanları



Şekil 35. Yatay Gölgeleme Elemanları

Yatay gölgeleme elemanları gölgeleme katsayıları, pencere orta noktasından engele olan açı ile zenit açısı arasındaki bağıntı ile hesaplanır.

$$F_{ov,dir} = \max(0; 1 - (0,5 \cdot \tan \alpha_{ov} / \tan \theta_z)) \quad (105)$$

$$F_{ov,dif} = 1 - (\alpha_{ov} / (\pi / 2)) \quad (106)$$

$$F_{ov} = (F_{ov,dir} \cdot R_{dir} + F_{ov,dif} \cdot R_{dif} + 1 - R_{tot}) / R_{tot} \quad (107)$$

α_{ov} : Yatay engel açısı

θ_z : Zenit açısı

$F_{ov,dif}$: Yatay engelin yaygın ışıınımı gölgeleme katsayısı

$F_{ov,dir}$: Yatay engelin doğrudan ışıınımı gölgeleme katsayısı

F_{ov} : Yatay engelin gölgeleme katsayısı

R_{dir} : yüzeyin yön ve eğimine göre düzleme gelen doğrudan güneş ışıınının toplam güneş ışıınınına oranı

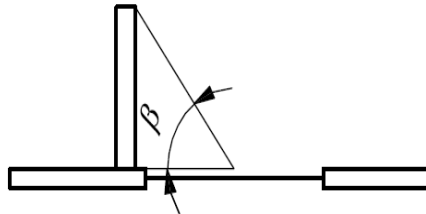
R_{dif} : yüzeyin yön ve eğimine göre düzleme gelen yaygın güneş ışıınının toplam güneş ışıınınına oranı

R_{tot} : yüzeyin yön ve eğimine göre düzleme gelen yaygın ve doğrudan güneş ışıının oranlarının toplamı

11.3.1.3

Düşey gölgeleme elemanları

Düşey gölgeleme elemanları gölgeleme katsayıları, pencere orta noktasından engele olan açı ile azimut açısı arasındaki bağıntı ile hesaplanır.



Şekil 36. Düşey Gölgeleme Elemanları

$$\gamma_{S,fin,l} = \pi / 2 - \gamma_S + \gamma \quad (108)$$

$$F_{fin,dir,l} = 1 - 0,5 \cdot \tan \beta_{fin,l} / \tan \gamma_{S,fin,l} \quad (109)$$

$$F_{fin,dif,l} = 1 - (\beta_{fin,l} / (\pi / 2)) \quad (110)$$

$$\gamma_{fin,l} = (F_{fin,dir,l} \cdot R_{dir} + F_{fin,dif,l} \cdot R_{dif} + (1 - R_{tot})) / R_{tot} \quad (111)$$

$$\gamma_{S,fin,r} = \pi / 2 + \gamma_S + \gamma \quad (112)$$

$$F_{fin,dir,r} = 1 - 0,5 \cdot \tan \beta_{fin,r} / \tan \gamma_{S,fin,r} \quad (113)$$

$$F_{fin,dif,r} = 1 - (\beta_{fin,r} / (\pi / 2)) \quad (114)$$

$$F_{fin} = F_{fin,r} \cdot F_{fin,l} \quad (115)$$

γ_S	: Güneş azimut açısı
γ	: Yüzey azimut açısı (yön açısı)
$\gamma_{S,fin}$	: Düşey engelin azimut açısı
β_{fin}	: Düşey engel açısı
$F_{fin,dir}$	: Düşey engelin doğrudan ışıınımı gölgeleme katsayısı
$F_{fin,dif}$	: Düşey engelin yaygın ışıınımı gölgeleme katsayısı
$F_{fin,l}$	: Sol düşey engelin gölgeleme katsayısı
$F_{fin,r}$	: Sağ düşey engelin gölgeleme katsayısı

Not - Yarı saydam gölgeleme elemanları için gölgeleme katsayıları, (yüzeyde güneş ışıınımı olduğu süre boyunca) direkt ışıınım için %100 gölgelenme sağladığı ve yaygın ışıınım için %0 gölgelenme gerçekleştiği kabulü yapılarak hesaplanır. Bu yöntem ile tanımlanan yarı saydam gölgeleme elemanları, hareketli gölge elemanı olarak çalışır. Gölgeleme elemanının çalışma zaman çizelgesi otomatik olarak tanımlanabileceği gibi gölgeleme elemanlarının elle kontrol edildiği varsayılarak (güneş ışıınımı ve gün ışığı hesaba katılarak geliştirilmiş stratejiler doğrultusunda) kullanıcıya ait zaman çizelgesi de tanımlanabilir.

11.3.2 Isıl ışıınım ile gökyüzüne ısı kaybı

Belirli bir bina kabuk elemanından gökyüzüne ısı ışıınımdan kaynaklanan ısı kaçıısı, ϕ_r bağıntı (116) ile verilir ve W cinsinden ifade edilir:

$$\phi_r = R_{se} \cdot U_{op} \cdot A_{op} \cdot h_r \cdot \Delta \theta_{er} \quad (116)$$

R_{se}	: elemanın dış yüzey ısı ışıınım direnç katsayısı, m ² K/W
U_{op}	: opak elemanın ısı ışıınım geçirgenlik katsayısı, W/m ² K
A_{op}	: opak elemanın izdüşüm alanı, m ²
h_r	: dış ışıınımsal ısı geçiş katsayısı, W/m ² K
$\Delta \theta_{er}$	: dış hava sıcaklığı ile görünür gökyüzü sıcaklığının ortalama farkıdır, °C

h_r değeri, EN ISO 13790' da belirtildiği üzere, 10 °C ortalama sıcaklığa karşılık gelen 5 ε W/(m²·K) olarak alınabilir.

$$h_r = 5 \cdot \varepsilon \quad (117)$$

ε : opak bileşen dış yüzeyi ışıınım salım faktörü

Not - Opak bileşen dış yüzey malzemeleri emisivite değeri ε, **EK 3. Opak Malzeme Kütüphanesi'**nden alınacaktır.

İklim verilerinden gök sıcaklığı elde edilemediği durumlarda, dış hava sıcaklığı ile gökyüzü sıcaklığı arasındaki ortalama fark, $\Delta \theta_{er}$, Türkiye'nin de içinde bulunduğu, kutup ve tropik bölgeler arasında kalan bölgelerde 11 K alınır.

12 Saatlik Isıtma – Soğutma Net Enerji İhtiyacının Hesaplanması

Not - Bina ısıtma kapasitesi için bu hesaplama yönteminde, yapı malzemelerinin özgül ısılarının standartlara geçmiş değerlerinin olmaması nedeniyle, ortalama bir değer atanmıştır. Bu değer binanın orta ağırlıktaki yapı elemanlarıyla orta değerli ısıtma kapasitesi olması durumunu ifade eder. Yapı malzemelerinin bu hesaplamalara ilişkin değerlerinin elde edilebilir olması durumunda ısıtma kütlesi detaylı hesaplama yöntemiyle hesaba katılabilecektir.

12.1.2 İç kazançlar ve güneş kazançlarıyla oluşan ısı miktarlarının hesaplanması

İç kazançlar (Φ_{int}) ve güneş kazançlarından (Φ_{sol}) kaynaklanan ısı miktarının (W cinsinden ifade edilir) iç hava, yüzey ve kütleye etkisi aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanır.

İç hava sıcaklığına etki eden kazanç ısı miktarı:

$$\Phi_{ia} = 0,5 \times \Phi_{int} \quad (118)$$

Φ_{ia} : iç kazançlardan iç ortam havasına geçen ısı miktarı, W

Kazançlardan yüzey sıcaklığına etki eden ısı miktarı bağıntı 119 ile hesaplanır.

$$\Phi_{st} = \left(1 - \frac{A_m}{A_{tot}} - \frac{H_{tr,win}}{9,1 \cdot A_{tot}} \right) (0,5 \cdot \Phi_{int} + \Phi_{sol}) \quad (119)$$

Φ_{st} : iç kazanç ve güneş kazançlarından yüzeye geçen ısı miktarı, W

A_m : kütlesi alanı, m²

$H_{tr,win}$: saydam bileşenlerin iletim ve taşınım ısı geçiş katsayısı, W/K

Φ_{int} : zonun toplam ısı kazancı, W

Φ_{sol} : zonun toplam güneş enerjisi kazancı, W

A_{tot} : bir zonun çevreleyen tüm iç yüzeylerin alanları toplamı, m²

$$A_{tot} = A_{at} \times A_f$$

A_{at} : iç yüzey alanı ile döşeme alanı arasındaki ölçüsüz oran

A_f : zonun net döşeme alanı, m²

Not - Bina geometrisinin tanımlanması sırasında tüm yüzeylerin alanları hesaplatılmaktadır.

Kütleye etki eden ısı miktarı, aşağıda verilen bağıntı (121) ile hesaplanır:

$$\Phi_m = \left(\frac{A_m}{A_{tot}} \right) \cdot (0,5 \cdot \Phi_{int} + \Phi_{sol}) \quad (120)$$

Φ_m : iç kazanç ve güneş kazançlarından kabuk kütlesine geçen ısı miktarı, W

12.1.3 Isı geçirgenlik katsayıları

RC modelinde ısı geçirgenlik katsayıları aşağıdaki bağıntılarla hesaplanır:

$$H_{tr,is} = (h_{is} \cdot A_{tot}) \quad (121)$$

$H_{tr,is}$: iç yüzey ile iç ortam arasındaki ısı geçiş katsayısı, W/K

$$h_{is} = 3,45 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$H_{tr,1}$, $H_{tr,2}$ ve $H_{tr,3}$ ısı geçirme katsayılarının RC modelindeki düğüm noktalarına dağıtılması için kullanılan katsayılardır ve aşağıdaki bağıntılarla hesaplanır.

$$H_{tr,1} = \left(\frac{1}{1/H_{ve} + 1/H_{tr,is}} \right) \quad (122)$$

$H_{tr,1}$: ısı geçiş katsayısı 1

H_{ve} : havalandırma ile ısı geçiş katsayısı, W/K

$H_{tr,is}$: iç yüzey ile iç ortam arasındaki ısı geçiş katsayısı, W/K

$$H_{tr,2} = (H_{tr,1} + H_{tr,win}) \quad (123)$$

$H_{tr,2}$: ısı geçiş katsayısı 2

$H_{tr,win}$: saydam bileşenlerden iletim ve taşınım ile sıcaklık geçiş katsayısı, W/K

$$H_{tr,3} = \left(\frac{1}{1/H_{tr,2} + 1/H_{tr,ms}} \right) \quad (124)$$

$H_{tr,3}$: ısı geçirme katsayısı 3

$H_{tr,ms}$: kütle ile iç yüzey arasındaki ısı geçiş katsayısı, W/K

$$H_{tr,ms} = h_{ms} \cdot A_m \quad (125)$$

$H_{tr,ms}$: kütle ile iç yüzey arasındaki ısı geçiş katsayısı, W/K

$$h_{ms} = 9,1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$H_{tr,em} = \left(\frac{1}{1/H_{tr,op} + 1/H_{tr,ms}} \right) \quad (126)$$

$H_{tr,em}$: dış hava ile kabuk arasındaki ısı geçiş katsayısı, W/K

12.1.4 Verilen ısıtma-soğutma yükü enerjisi ihtiyacı $\Phi_{HC,nd}$ için hava ve operatif sıcaklıkların hesaplanması

Yöntem, EN ISO 13790 'da tanımlanan *Crank-Nicholson* yöntemini temel almaktadır. Bu yöntem, başlangıç ısıtma-soğutma yükü için bir değer atanıp seçilen zaman aralıklarıyla yakınsama yapılması esasına dayanmaktadır. Bu çalışmada zaman aralığı 1 saat olarak seçilmiştir.

Benimsenen zaman adımları için düğüm sıcaklıklarının ortalama değerleri aşağıdaki bağıntılarla verilir:

$$\theta_{m,t} = \frac{\theta_{m,t-1} \cdot \left[\frac{C_m}{3600} - 0,5 \cdot (H_{tr,3} + H_{tr,em}) \right] + \Phi_{m,tot}}{\frac{C_m}{3600} + 0,5 \cdot (H_{tr,3} + H_{tr,em})} \quad (127)$$

$$\theta_m = \frac{\theta_{m,t} + \theta_{m,t-1}}{2} \quad (128)$$

t ve $t-1$ anındaki anlık sıcaklıklar olan $\theta_{m,t}$ ve $\theta_{m,t-1}$ dışındaki sıcaklıklar bir saat üzerinden hesaplanan ortalama sıcaklıklardır.

t anındaki kütle sıcaklığını ifade eden $\theta_{m,t}$, verilen bir zaman adımı için, , zaman adımının sonunda, bir önceki zaman adımının $\theta_{m,t-1}$ değerine dayanarak aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır:

$$\theta_s = \frac{(H_{tr,ms} \cdot \theta_m) + \Phi_{st} + (H_{tr,win} \cdot \theta_e) + H_{tr,1} [\theta_{sup} + (\Phi_{ia} + \Phi_{HC,nd}) / H_{ve}]}{H_{tr,ms} + H_{tr,w} + H_{tr,1}} \quad (129)$$

$$\theta_{air} = \frac{(H_{tr,is} \cdot \theta_s) + (H_{ve} \cdot \theta_{sup}) + \Phi_{ia} + \Phi_{HC,nd}}{H_{tr,is} + H_{ve}} \quad (130)$$

Operatif sıcaklık aşağıdaki bağıntıdan elde edilir:

$$\theta_{opr} = 0,3 \cdot \theta_s + 0,7 \cdot \theta_{air} \quad (131)$$

$$\Phi_{m,tot} = \Phi_m + H_{tr,em} \cdot \theta_e + \frac{H_{tr,3}}{H_{tr,2}} \left\{ \Phi_{st} + H_{tr,w} \cdot \theta_e + \frac{H_{tr,1}}{H_{ve}} (\Phi_{ia} + \Phi_{HC,nd}) \theta_{sup} \right\} \quad (132)$$

$\Phi_{m,tot}$: Kütle seçilen zaman aralığında ısı geçişi miktarı, W

$\theta_{m,t}$: t zamanındaki kabuk sıcaklığı, °C

$\theta_{m,t-1}$: $t-1$ zamanındaki kabuk sıcaklığı, °C

θ_m : Kütle sıcaklığı, °C

θ_s : İç yüzey sıcaklığı, °C

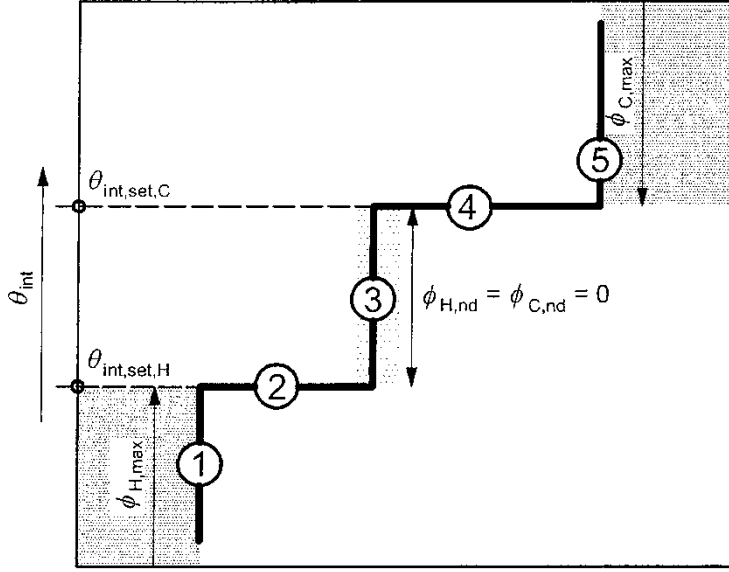
θ_{air} : İç ortam sıcaklığı, °C

θ_{opr} : Operatif sıcaklık, °C

θ_{sup} : Besleme hava sıcaklığı, °C

12.1.5 İç sıcaklığın ve gerekli ısıtma ve soğutma gücünün hesaplanması

Direnç-Kapasite modeli, her saat için gerekli miktardaki ısıtma ve soğutma ihtiyacı $\Phi_{HC,nd}$ için, iç sıcaklığın hesaplanmasını mümkün kılar. Hesaplama yöntemi, iç sıcaklığın, $\Phi_{HC,nd}$ 'nin doğrusal bir fonksiyonu olarak tayin edilmesi şeklindedir. Ele alınan zonun ısıtma veya soğutmaya ihtiyacı olup olmadığı (131) bağıntısıyla hesaplanan operatif sıcaklığa göre yapılır.



Şekil 38. RC Modelinde Sistem Davranışına Karşı Bina Zonu Sıcaklık Davranışı

Her zaman aralığında yapılan hesaplamalar sonucunda beş durum oluşabilir:

- 1) Bina zonu ısıtma gerektirmektedir ve ısıtma sistemi güç kapasitesi ayar sıcaklığını elde etmek için yeterli değildir. Isıtma ihtiyacı, sistemin azami gücü ile sınırlıdır ve hesaplanan iç sıcaklık ısıtma ayar sıcaklığı $\Phi_{int,H,set}$ 'ten daha küçüktür.
- 2) Bina zonu ısıtma gerektirir ve ısıtma gücü yeterlidir. İç sıcaklık, $\Phi_{int,H,set}$ 'e eşittir ve hesaplanan ısıtma enerjisi ihtiyacı sistemin azami değerinden daha düşüktür.
- 3) Bina zonunun ısıtma veya soğutma ihtiyacı yoktur (serbest akış durumu). Isıtma veya soğutma uygulanmamakta, hesaplanan iç sıcaklık konfor sıcaklığını sağlamaktadır.
- 4) Bina zonunda soğutma gerekmektedir ve soğutma sistemi gücü yeterlidir. İç sıcaklık, $\Phi_{int,C,set}$ 'e eşittir ve hesaplanan soğutma ihtiyacı, soğutma sistemi azami gücünden daha düşüktür.
- 5) Bina zonu soğutma gerektirmektedir ve soğutma sistemi gücü yeterli değildir. Soğutma ihtiyacı, sistemin azami soğutma gücü ile sınırlıdır. Hesaplanan iç sıcaklık soğutma ayar sıcaklığı, $\Phi_{int,C,set}$ 'ten daha yüksektir.

$\Phi_{HC,nd}$: Soğutma veya ısıtma ihtiyacı, W

12.2 Hesaplama yöntemi

Bu maddedeki yöntem, ayar sıcaklığı olarak, operatif sıcaklık θ_{opr} 'u temel almaktadır. Ayar sıcaklığı olarak operatif sıcaklığın hesaplanması, 131. bağıntıda verilmiştir. Hesaplama yöntemi, gerçek iç sıcaklık $\theta_{air,ac}$ 'yi ve gerçek ısıtma ve soğutma gücü, $\Phi_{HC,nd,ac}$ 'yi 1 saat aralıklarla hesaplamaktadır. Bütün bu durumlarda, $\theta_{m,i}$ 'nin değeri hesaplanır ve bir sonraki adımda kullanılmak üzere kaydedilir. Saatlik aralıklarla yakınsama yapılarak hesaplara devam edilir.

Adım 1: Isıtma veya soğutmaya ihtiyaç olup olmadığı kontrol edilir (Şekil 38.' de Durum 3).

$$\Phi_{HC,nd} = 0$$

olarak alınır ve (123, 124, 128, 129, 130) bağıntılarına uygulanır.

Bulunan değer,

$\theta_{air,0}$ olarak adlandırılır ($\theta_{air,0}$ serbest akış durumundaki hava sıcaklığıdır).

Eğer,

$\theta_{int,H,set} \leq \theta_{air,0} \leq \theta_{int,C,set}$ ise, ısıtma veya soğutma gerekmemektedir.

Bu durumda;

$\Phi_{HC,nd,ac} = 0$ ve $\theta_{air,ac} = \theta_{air,0}$ olur, başka hesaplama yapılması gerekmez.

Eğer $\theta_{air,0}$ ısıtma ve soğutma konfor sıcaklıkları arasında değil ise adım 2 uygulanır.

Adım 2: Ayar sıcaklığı seçilir ve ısıtma ve soğutma ihtiyacı hesaplanır.

Eğer $\theta_{air,0} > \theta_{int,C,set}$ ise, $\theta_{air,set} = \theta_{int,C,set}$ alınır.

Eğer $\theta_{air,0} < \theta_{int,H,set}$ ise, $\theta_{air,set} = \theta_{int,H,set}$ alınır.

$$\Phi_{HC,nd} = \Phi_{HC,nd,10} \quad \text{ile} \quad \Phi_{HC,nd,10} = 10 \cdot A_f$$

alınarak, bağıntı (123, 124, 128, 129, 130) uygulanır.

Bulunan θ_{air} değeri,

$\theta_{air,10}$ olarak adlandırılır ($\theta_{air,10}$, 10 W/m² ısıtma gücünde elde edilen hava sıcaklığıdır).

$\Phi_{HC,nd,un}$ hesaplanır (öngörülen ayar sıcaklığına ulaşmak için sınırsız ısıtma ve soğutma ihtiyacı;

$\Phi_{HC,nd,un}$ ısıtma için pozitif ve soğutma için negatiftir).

$$\Phi_{HC,nd,un} = \Phi_{HC,nd,10} (\theta_{air,set} - \theta_{air,0}) / (\theta_{air,10} - \theta_{air,0}) \quad (133)$$

Bağıntı (123, 124, 125, 129, 133) kullanılarak $\theta_{air,ac}$ hesaplanır.

Not - Bu durumda ayar sıcaklığı sağlanamaz. Ancak hesaplama mevcut sistemin karşılayabileceği ısıtma veya soğutma enerji ihtiyacı üzerinden değil öngörülen ayar sıcaklığına ulaşmak için sınırsız ısıtma veya soğutma ihtiyacı ($\Phi_{HC,nd,un}$) üzerinden yapılacaktır.

Verilen bir saat için ısıtma veya soğutma için enerji ihtiyacı, $\Phi_{HC,nd}$ 'nin megajoule cinsinden değeri $0,036 \times \Phi_{HC,nd,ac}$ 'dir. Isıtma ihtiyacı durumunda değer pozitif ve soğutma ihtiyacı durumunda ise negatiftir.

13 İklim Verileri

Bu hesap yönteminde kullanılan iklim verileri ile ilgili bilgiler bu bölümde özetlenmiştir.

13.1 Genel Bilgi

Bina enerji performansı değerlendirmesi için, binanın bulunduğu il ve ilçeye bağlı iklim verileri kullanılır. Türkiye için kullanılan iklim verileri, İstanbul dışında bütün illerin, öncelikli olarak merkez meteoroloji istasyonlarından, eksik verinin çok olması durumunda ise merkeze en yakın meteoroloji istasyonlarından alınmıştır. İstanbul için ise dört istasyona ait veri bulunmaktadır. **Tablo 18.**' da, iklim verilerinin merkez istasyonlar dışındaki istasyonlardan alındığı iller ve ilgili istasyonlar görülmektedir.

Tablo 18. Merkez istasyonlar dışındaki istasyonların kullanıldığı iller ve ilgili istasyonlar

Şehir	Seçilen istasyon
Burdur	Tefenni
İstanbul_1	Florya
İstanbul_2	Göztepe
İstanbul_3	Kumköy
İstanbul_4	Şile
Şırnak	Cizre

Veriler, bazı istasyonlar için daha kısa dönemlere ait olmakla birlikte genel olarak 1989-2008 arası ölçümler kullanılarak oluşturulmuştur. **Tablo 19.**' de, bu aralıktan farklı ölçüm değerlerinin kullanıldığı iller ve iklim verileri için kullanılan zaman dilimi gösterilmektedir.

Tablo 19. İklim verilerinin alındığı yıllar

Şehir	Yıllar	Şehir	Yıllar
Afyon	1989-2006	İstanbul_3	1989-2006
Ankara	1989-2006	İstanbul_4	1989-2006
Antalya	1989-2006	İzmir	1989-2006
Aydın	1989-2006	Kastamonu	1989-2006
Balıkesir	1989-2006	Kırıkkale	1989-2006
Bartın	1989-2006	Kırklareli	1989-2006
Batman	1989-2006	Kırşehir	1989-2006
Bilecik	1989-2006	Kocaeli	1989-2006
Bolu	1989-2006	Manisa	1989-2006
Burdur	1989-2006	Muğla	1989-2006
Bursa	1989-2006	Sinop	1989-2006
Çanakkale	1989-2006	Tekirdağ	1989-2006
Çankırı	1989-2006	Trabzon	1989-2005
Corum	1989-2006	Uşak	1989-2006
Denizli	1989-2006	Van	1989-2007
Edirne	1989-2006	Yalova	1989-2006
Eskişehir	1991-2008	Zonguldak	1989-2006
Isparta	1989-2006	Düzce	1989-2006
İstanbul_1	1989-2006	Kütahya	1989-2006
İstanbul_2	1989-2006	Karabük	1999-2006

13.2 Verilerin Kontrolü ve Eksik Verilerin Tamamlanması

Günlük verilerin eksikliği durumunda izlenen yöntem şu şekildedir:

- İklim değişkeninin tamamen olmaması veya çoğunluğunun olmaması durumunda o veri hesaplamalara katılmaz.
- Eksik veri fazla değilse en yakın istasyondan tamamlanır.
- Eksik veriler nadir ise, eksik günün verisi önceki ve sonraki iki günün verilerin toplamının aritmetik ortalamasının alınmasıyla doldurulur.

Eksik verilerin doldurulmasından sonra ölçüm hatası gibi problemlerden kaynaklanan aşırı değer değişimi durumlarındaki hatalı verileri düzeltmek için kontrol işlemi yapılır. İklim değişkenlerinde günlük değerler arasındaki farkın hatalı kabul edildiği değerler **Tablo 20.**' de görülebilir.

Tablo 20. Hatalı kabul edilen günlük farklar

Hava Değişkeni	Hata
Sıcaklık	10 °C
Maksimum Sıcaklık	10 °C
Minimum Sıcaklık	10 °C
Rüzgar Hızı	4 m/s
Maksimum Rüzgar Hızı	12 m/s
Güneşlenme Şiddeti	40000 cal/cm ²
Nem	%35

Saatlik veri eksikliği durumunda izlenen yöntem şu şekildedir:

1. İklim değişkeninin tamamen veya çoğunluğunun olmaması durumunda o veriler 2. veya 3. TMY (Temsili Meteorolojik Yıl)' den, onların da olmaması durumunda en yakın istasyondan tamamlanır. En yakın istasyon öncelikle o şehrin içerisinde daha sonra da çevre şehirlerdeki istasyonlarda aranır.
2. Eksikler nadir ise eksik saatin verisi önceki ve sonraki iki saatin verilerin aritmetik ortalaması ile elde edilen değer olarak doldurulur.

Eksik verilerin doldurulmasından sonra ölçüm hatası gibi problemlerden kaynaklanan aşırı veri değişimi durumlarındaki hatalı verileri düzeltmek için kontrol işlemi yapılır. İklim değişkenlerinde saatlik değerler arasındaki farkın hatalı kabul edildiği değerler **Tablo 21.**' de görülebilir.

Tablo 21. Hatalı kabul edilen saatlik farklar

Hava Değişkeni	Hata
Sıcaklık	5 °C
Rüzgar Hızı	2.5 m/s
Güneşlenme Şiddeti	30 cal/cm ²
Güneşlenme Süresi	90%

Eksik veriler ve ölçüm hatalarından kaynaklı ani sapmalar dışında, TMY oluşturma işlemi farklı yıllardan seçilen, uzun yıllar ortalama değerlerine en yakın aylardan oluştuğu için, ayların başlangıç ve bitişleri ile yılın başı ve sonu arasındaki değerlerin anormal dalgalanmalar göstermesi beklenebilir. Bu problemin çözümünde izlenen yol, başlangıç ve bitişteki üç saatlik verinin geçişi düzenleyecek şekilde interpolasyonla normalizasyonunun yapılmasıdır.

13.3 İklim Verisi Kapsamı

Türkiye için oluşturulmuş olan Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi saatlik hesap adımını kullanır ve gerekli iklim verileri detay ve hassasiyet olarak saatliktir.

13.3.1 Sıcaklık

Basit saatlik metotta saatlik dış hava sıcaklık değerleri (°C) kullanılır. Saatlik sıcaklık değerleri, binanın saatlik ısı davranışını, binanın saatlik kullanım zaman çizelgesini hesaba katarak, iletim ve taşınım ile yapı kabuğundan ısı geçişinin hesaplanmasında kullanılır.

13.3.2 Bağıl nem

Bağıl nem değerleri, doğal havalandırma ile binaya alınan temiz havanın nem değerinin binanın iç konfor koşullarına etkisini ve bu yolla mekanik sisteme gelecek gizli yüklerin hesaplanmasında kullanılır.

Not - Bağıl nem değeri, her gün için o günün günlük ortalama değeridir.

13.3.3 Güneş ışıınımı

Bina enerji dengesine etki eden en önemli etkenlerden güneş faktörü, tüm değerleri ile saatlik olarak hesaplanmaktadır. Meteorolojik veri olarak elde edilen yatay düzleme gelen saatlik güneş ışıınımı (W/m^2), hesaplama yönteminin içerdiği algoritma ile tüm yön (360°) ve tüm eğim açılarındaki yüzeylere gelen saatlik güneş ışıınımını hesaplamada kullanılmaktadır.

Güneş yükseklik açısı ve güneş azimutu yılın her günü, her saati için, binanın bulunduğu enleme bağlı olarak hesaplanır.

13.3.3.1 Yatay düzleme gelen toplam güneş ışıınımı

Türkiye’de meteoroloji istasyonlarında toplam güneş ışıınımı ve güneşlenme süresi ölçülmektedir. Veriler meteoroloji istasyonlarının ölçümlerinden alınmıştır.

13.3.3.2 Yatay düzleme gelen doğrudan güneş ışıınımı

Doğrudan güneş ışıınımı ölçülmediğinden dolayı, yatay düzleme gelen saatlik doğrudan güneş ışıınımı hesaplanarak elde edilmiştir.

Yatay düzleme gelen doğrudan güneş ışıınımının hesaplanması için öncelikle yatay düzleme gelen toplam güneş ışıınımı günlük toplamı üzerinden o güne ait yaygın güneş ışıınımı miktarı ve buna bağlı olarak doğrudan güneş ışıınımı miktarı Duffie-Beckman yöntemi ile (Duffie, J., A., Beckman, W., A., *Solar Engineering of Thermal Processes*, 1991) saatlik değerler olarak hesaplanır.

13.4 Basit saatlik metotta gerekli datalar için temsili meteorolojik yıl oluşturulması

13.4.1 Yöntem

Temsili Meteorolojik Yıl (TMY) uzun yıllara ait meteorolojik verilerin kullanılmasıyla oluşturulan bir yıllık veri topluluğudur. Her yıl kendi içerisinde değerlendirilir. Her ayın ortalama değerine ve standart sapmasına göre hesaplanan kümülatif dağılım fonksiyonları (CDF - Cumulative Distribution Function) elde edilir. Şubat ayının gün sayısının 4 yılda bir değişmesi nedeniyle günlük CDF değerleri toplamı o aydaki gün sayısına bölünür. TMY oluşturulurken izlenen yöntem aşağıdaki gibidir:

$$F_{(p,y,m,i)} = \frac{J(i)}{n + 1} \quad (134)$$

F : Her bir ay için Kümülatif Dağılım Fonksiyonu’nu,
J Ayların günlük ortalamalarının değerini,

n : Aylardaki gün sayısını,
m : Yılın ayını,
p : İklim değişkenini,
y : Yılı

Her ay için uzun yıllara ait verilerin ortalamasına ve standart sapmasına göre CDF'ler tekrar hesaplanır ve yine günlük toplamlar aydaki gün sayısına bölünür.

$$\Phi_{(p,m,i)} = \frac{K_{(i)}}{N + 1} \quad (135)$$

Φ : Uzun yıllara ait aylar için Kümülatif Dağılım Fonksiyonu'nu,
N : Uzun yıllara ait aylardaki toplam gün sayısını,
m : Yılın ayını,
p : İklim değişkenini

Her yıl ve uzun yıllar için ayrı ayrı yapılan bu CDF hesaplamaları *Finkelstein-Schafer İstatistiği* kullanılarak değerlendirilir. Bu iki CDF değerinin farkının mutlak değeri, o veri için ortalama değerlere en yakın ayın hangisi olduğunu gösterir. Farkın küçük olması, verinin ortalamaya yakın olduğu anlamına gelir.

$$FS_{(p,y,m)} = \sum_{i=1}^n |F_{(p,y,m,i)} - \Phi_{(p,m,i)}| \quad (136)$$

FS : Finkelstein-Schafer İstatistiği'ni,
F : Her bir ay için Kümülatif Dağılım Fonksiyonu'nu,
 Φ : Uzun yıllara ait aylar için Kümülatif Dağılım Fonksiyonu'nu,
J : Ayların günlük ortalamalarının değerini,
n : Aylardaki gün sayısını,
m : Yılın ayını,
p : İklim değişkenini,
y : Yılı

Bulunan bu FS değerleri sadece kullanılan iklim değişkeni için ortalamaya en yakın olan ayı verir. Ancak istenen, sadece iklim değişkenine göre değil, TMY'nin kullanılış amacına göre değerlendirilebilecek meteorolojik değişkenlere verilen ağırlıklara göre hesaplanacak yeni değerlerle bulunan aylarla oluşturulacak TMY'dir. Bu ağırlık katsayıları **Tablo 22'** te verilmiştir (*International Weather for Energy Calculations – IWECC. IWECC uluslararası bir ASHRAE projesidir*).

Tablo 22. Hava değişkenleri için ağırlık katsayıları

Hava Değişkenleri	IWECC
Maksimum Kuru Termometre Sıcaklığı	5/100
Minimum Kuru Termometre Sıcaklığı	5/100
Ortalama Kuru Termometre Sıcaklığı	30/100
Maksimum Yaş Termometre Sıcaklığı	2.5/100
Minimum Yaş Termometre Sıcaklığı	2.5/100
Ortalama Yaş Termometre Sıcaklığı	5/100
Maksimum Rüzgar Hızı	5/100
Ortalama Rüzgar Hızı	5/100
Toplam Yatay Güneş Işınımı	40/100

13.4.2 Sıcaklık

TMY'ın sıcaklık verileri, **13.4.1.** bölümünde anlatılan yöntem ile seçilmiştir.

13.4.3 Bağıl nem

Bağıl nem değerleri, günlük ortalamalar olarak o ay için dış hava sıcaklığını temsil eden TMY'ın değerlerinden atanır.

13.4.4 Güneş ışıınımı

TMY'ın güneş ışıınımı verileri, **13.4.1.** bölümünde anlatılan yöntem ile seçilen TMY değerleridir.