

# BİNALARIN EN AZ ENERJİ İLE ISITILMASININ VEYA SOĞUTULMASININ TERMODİNAMİK BİRİNCİ VE İKİNCİ YASALARINA GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

Ahmet CAN

## ÖZET

Binaların ısıtılmasında veya soğutulmasında, termodinamik ve sürdürülebilirlik en az enerji kullanımını gerektirmektedir.

Binaların ısıtılması veya soğutulması, insanların bir yönden doğal gereksinimi, diğer yönden de yaşam kalitesinin artmasında önemli unsurlardır. Bunu karşılamak için bugüne kadar geliştirilmiş birçok yöntemde oldukça yüksek enerji dönüşüm verimlerine ulaşılmıştır. Ancak, bazen çevreye duyarlılık, bazen de varlığa sahip olmanın verdiği kolaycılık ile enerjinin nitelikli kullanılması koşulları göz ardı edilmektedir.

Zora RANT'ın ellili yıllarda dünyaya tanıttığı Ekserji büyüklüğü, binaların ısıtılmasında ve soğutulmasında önemli bir büyüklük olarak kullanılması gerekirken, birçok araştırmacı ve tasarımcı yaklaşımlarını talihsiz bir şekilde, termodinamiğin birinci yasası, enerji dönüşümünün nicelik değerlendirmesi ile sınırlamışlardır ve bu gün de sınırlamaktadırlar.

Uygulama örneğini, kılcal borulara sahip elemanlar kullanılan binaların en az enerji ile ısıtılması veya soğutulması oluşturmuştur. Isı alışverişi yapan akışkanlar arasındaki sıcaklık farkına ve akışkanların tesisattaki sürtünme basınç kaybına bağlı tersinmezlikler göz önüne alınarak, termodinamiğin birinci ve ikinci yasalarına göre en uygun tasarımlar tanıtılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bina Isıtma, Güneşle ısıtma, Ekserji analizi, Termodinamik Birinci ve İkinci Yasası.

## ABSTRACT

The expression Exergy was introduced by Zora RANT in the fifties. This approach, which is based on the first and second laws of thermodynamics, was put forward in the 19<sup>th</sup> Century.

The stable use and development of the Exergy analysis for the design of the heating and cooling systems of buildings has rather been slow. Nowadays, there are still some researchers and engineers who use Exergy analysis. Many of them confine their approach only to the first law.

The examples of application used here concern the buildings having cooling and heating elements. An analysis is made depending on irreversibility's due to pressure losses arising because of differences in the temperatures of liquids while flowing through the pipes.

In conclusion, the theoretical and practical results are discussed for optimal application.

**Key Words:** Buildings having, Solar heating, Exergy analysis, first and second laws of thermodynamics.

## 1. GİRİŞ

Enerji, üretiminde, ticari ve evsel kullanımında ikame edilemez ve yaşam konforunun sürdürülebilmesi için günlük yaşamın pek çok alanında vazgeçilmez durumdadır.

Enerjinin dünya üzerindeki her ülke için, bu gün ve gelecekte, tükeneyeceği, azalacağı gerçeği yadsınamaz.

Gelişen teknoloji ve artan enerji açığı, tüm ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde daha fazla düşünülmesi ve hızla alternatifler üretilmesini gerektirmektedir. Türkiye birincil enerji tüketiminde yüzde 75, elektrik üretiminde yüzde 60 seviyelerinde dışa bağımlıdır. 2008 yılında 48.2 milyar dolar dış alım faturası ödenmiştir.

Bu gün, tesisatı standartlara uygun yapılmamış her bina, bir yandan insanların yaşam konforunu olumsuz etkiliyor, diğer yandan ciddi enerji kaybına neden oluyor. Yapılarda kullanılan enerji, Türkiye’nin toplam enerji tüketiminin yüzde 35’i civarındadır. İmalathane ve fabrika yapıları da katıldığında, bu oranın yüzde 55’e ulaştığı tespit edilmiştir. İyi bir tesisat yapılandırılması ile yüzde 20 enerji tasarrufu yapılması ve yapılarda enerji tüketiminin yüzde 10 seviyesine düşürülmesi hedeflenmektedir.

Binalarda rasyonel enerji kullanımı, CO<sub>2</sub> salımı minimum olmasını, kaynakların tükenecek olmasının dikkate alınmasını, enerji depolamasının ve yeniliklerin uygulamaya alınmasını ve yenilenebilir enerjilerden başarılı şekilde faydalanılmasını gerektirmektedir [1],[2],[3].

Gerek, fosil yakıtlardan sağlanan birincil enerji ve gerekse, yenilenebilir enerji kullanılarak binaların ısıtılmasında veya soğutulmasında, termodinamik ve sürdürülebilirlik en az enerji kullanımını gerektirmektedir. Bunun gerçekleştirilmesi, hem enerji tasarrufunu hem de İklim değişikliklerinin önlenmesini termodinamik birinci ve ikinci esaslarına uygun tasarımı yapılmış uygulamalarla olanaklıdır [4],[5].

## 2. YASAL ESASLAR VE BİNALARDA ENERJİ KİMLİK BELGESİ

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından yayınlanan yasal düzenleme ve Türk Standartları uygulamaları ile ilgili olarak “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” 05.12.2008 Tarih, 27075 Sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe giren yasal düzenlemeye göre 1 Ocak 2011 tarihinden sonra Şekil 1’de şematik gösterilmiş bilgileri içeren “Binalarda Enerji Kimlik Belgesi” düzenlenecektir. Bu yönetmelikle ilgili olarak 2017 yılına kadar hem eskiden yapılmış binalar ilave tedbirlerle hem de 1 Ocak 2011 tarihinden sonra inşa edilecek yeni binalar yönetmeliğin öngördüğü şekilde inşa edilmiş olması gerekmektedir. Böylece yeni yapılan tüm binalar için hangi sınıf enerji verimliliğini ifade eden bu belgenin binaya ait inşaat ruhsatı alınmadan önce verilmiş olması gerekmektedir.

Bu düzenlemeleri gerekli yapan unsurların başında, Avrupa Standartları ve Türkiye’de Yaşam Konforunun uluslar arası düzeye yükseltilmesi gelmektedir. Enerji kullanımında çevrenin korunması ve sürdürülebilirlik koşulunun sağlanmasıdır.

Binalarda enerji kullanımı ile ilgili yasal düzenleme ve hedef aşağıdaki eşitlik ile tanımlanan değerin sağlanmasıdır.

$$\text{Enerji Karakteristik Değeri} = (\text{Enerji}) / (\text{Yüzey}) \cdot (\text{Yıl}) \quad \text{kWh} / \text{m}^2 \text{ yıl} \quad (1)$$

Yeni inşa edilecek binalar ilk tasarımlarında ve mevcut binalar ek olarak yapısal değişiklikler yapılarak (1) eşitliği ile tanımlanan 60 kWh / m<sup>2</sup> yıl enerji değerine eşit veya daha düşük değeri sağlanması gerekmektedir.

Mevcut önceden inşa edilmiş binaların enerji karakteristik değerleri tespit edildiğinde D, E, F, G, H gibi belge değerleri ortaya çıkarsa enerji verimliliği için yalıtım projeleri ile enerji verimli hale getirilmesi gereklidir. Bu yönetmelik kapsamında yaklaşık 100 kamu binası örnek olarak 2011 yılında enerji verimli hale getirilecektir. İlk kamu binası olarak Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Binası Enerji Kimlik Belgesi E sınıfı tespit edilmiştir. Yönetmelik, en düşük D Seviyesinde olmasını gerektirmektedir.

**ENERJİ KİMLİK BELGESİ**

**Binanın**  
Tipi  
İnşaat Yılı  
Kapalı Kullanım Alanı  
Ada, Parsel  
Adresi  
**Bina Sahibinin**  
Adı Soyadı  
Adresi  
**Müşterek Tesisatların Sahibi**  
Adı Soyadı  
Adresi

**Binanın Resmi**

**Enerji Performansı**

**YÜKSEK**

**DÜŞÜK**

**SES Emisyonu**

**DÜŞÜK**

**YÜKSEK**

**Yenilenebilir Enerji Kullanım Oranı**

%.....

k W h / m<sup>2</sup> YIL

Enerji Kullanım Alanı	Kullanılan Sistem	Yıllık	Enerji Tüketimleri		SINIFI
TOPLAM					ABCDEF
ISITMA					ABCDEF
SICAK SU					ABCDEF
SOĞUTMA					ABCDEF
HAVALANDIRMA					ABCDEF
AYDINLATMA					ABCDEF

**Açıklamalar**

<b>Belgenin</b>	<b>Belgeyi Düzenleyenin</b>
Numarası :	Adı Soyadı :
Veriliş Tarihi :	Firması :
Son Geçerlilik Tarihi :	Oda Sicil Numarası :

Şekil 1. Binalarda Enerji Kimlik Belgesi [6].

Tablo 1'de Yıllara ve Bina özelliklerine göre Avrupa ve Türkiye için enerji karakteristik değerleri verilmiştir [6],[7].

**Tablo 1.** Avrupa'da ve Türkiye'de TSE 825 ve 4 Bölgeye Göre Enerji Karakteristik Değerleri.

Bina Enerji Karakteristik Değeri için Yıl veya Bina Özelliği Açıklama	Avrupa'da	Türkiye'de				Durum
	Avrupa kWh / m <sup>2</sup> yıl	Türkiye (2010'a kadar)				
		1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	
1995'e kadar	160					
2001'e kadar	125	184	239	263	284	
3 litre Evi	75	İzmir 0 °C Edirne-9 °C Ankara -12 °C Sivas-15 °C				
Güneş Pasif Evi	60			60		
Sıfır Emisyon Evi	60			60		
Sıfır Isıtma Enerjisi	30			30		

## 2.1. Yeni Yapılar İçin Hedefler

Çevre yönünden sürdürülebilir hacim ısıtma ve hacim soğutmada, en az ısıtma enerji gereksinimli binalarda yüzeyli ısıtıcılar ve hava ısıtıcıları kullanılmaktadır. Doğal olarak çeşitli kriterlerin değerlendirmeye alınmış olduğu tüm kararlar, bir ortak çözüm anlamını taşımaktadır. Bunlar içinde düşük yapı maliyetleri en etkili olanıdır. Diğer teknik belirleyici karakteristiklerin başında, bu güne kadar yüksek ısıtma enerjili oturma yapılarının ısı ve hava sızdırmaz yapılmaları gelmektedir. Bunun yanında, düşük enerji gereksinimli ya da pasif ısıtım yapılarının gerçekleştirilmesi gelmektedir. Bunları gerçekleştirecek teknik çözümler; iyi ısı yalıtımını, ısı köprülerinin engellenmesini, düşük ısı geçirgenlik sayısına sahip yüzeylerin uygulanmasını ve verimi yüksek mekanik bir havalandırma kurulumunu içermelidir. Bütün bu gelişmeler, çok olumlu şekilde takdirle karşılanmaktadır ve çevrenin korunması ile kaynakların tükenmesinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır.

Bu gün ısıtma tekniği için önemli sonuçlar, verimli bir ısı yalıtımı ve bunu tamamlayan tasarımlar, pencerelerin üç katmanlı camlanması, 400 mm kalınlıklı çatı yalıtımı, hava sızdırmaz tasarım ve hava ön ısıtması için toprak kanalları olmaktadır.

Isıtma sistemi inanılmaz şekilde küçültülmektedir veya tamamen ortadan kaldırılmaktadır. Pasif evlerde, ısıtma yükünün 10 W/m<sup>2</sup> değerinden küçük olduğu adlandırılmaktadır [8].

Bazı uygulamalar, reküperatif ısı geri kazanımına göre atık havanın ısı kaynağı olarak kullanıldığı ısı pompalarına sahip verimli ısı hazırlamaya sahiptir [9].

### 2.1.1. Binaların Enerji Performansının Hesaplanması

Binalarda enerji kimlik belgesinin hesaplanması, kullanılan yöntemin hassaslığına, hesaplamada kullanılan giriş verilerinin doğruluğuna ve yapılan kabullerin isabetli olmasına bağlıdır. Türkiye'de dış ortam sıcaklıkları TS 2164'e göre alınmaktadır. Avrupa Topluluğuna uyum ve enerji tekniklerinin uyumlaştırılması yönünden, Avrupa Normu EN 15251'de ise binalar, ısı konfor PMV indeksine göre sınıflandırılmış ve binalardaki ısı konfor sıcaklıkları TS 2164'den farklı olarak verilmiştir. EN 12251 yaklaşımının, konutlardaki fiziksel durumu daha iyi temsil ettiği görülmektedir. EN 12251'de yaşam alanı, konuttaki hollerin, kilerlerin ve depoların dışındaki alanların toplamı olarak tanımlanmaktadır. Türk Standartlarında da yaşam alanı netleştirilmelidir [10].

Türkiye'de yalıtım kuralları TS 825 standardı ile belirlenmiştir. Türkiye iklim özelliklerine göre ayrılmış olan dört bölgenin koşullarına göre dış duvarlar için k tarafa ısı geçiş sayısı değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Türkiye’de TSE 825’te Tanımlanmış 4 Bölge İçin k Tarafa Isı Geçiş Sayısı Değerleri.

BÖLGE	k Tarafa Isı Geçiş Sayısı W / m <sup>2</sup> K	Örnek İller
Birinci Bölge	0.70	İZMİR
İkinci Bölge	0.60	EDİRNE
Üçüncü Bölge	0.50	ANKARA
Dördüncü Bölge	0.40	SİVAS

Güneş ışınımı değerleri bölgelere göre değil, şehirlere göre tablolar halinde belirlenmeli ve hesaplamalarda bu değerler kullanılmalıdır.

“5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu”na bağlı çıkarılan “Binalarda Enerji Verimliliği”ne göre, Birincil Enerjiye Göre Referans Göstergesi (RG) kWh / m<sup>2</sup> Yıl birimi ile anılan yönetmelikten alınmış Tablo 3’te görüldüğü gibi bina tipleri; Konutlar, Hizmet Binaları ve Ticari Binalar olmak üzere tanımlanmıştır [6]. Referans Göstergesi değerleri; 1. Isıtma Bölgesi için (RG) 165, 2. Isıtma Bölgesi için (RG) 240, 3. Isıtma Bölgesi için (RG) 285 ve 4. Isıtma Bölgesi için (RG) 420 alınması gerekir. Bu tablo değerleri esas alınarak; Enerji Karakteristik Değerlerinin alt ve üst sınır değerleri belirlenmektedir. Burada örnek olarak “Binalarda Enerji verimliliği Yönetmeliği”ne göre Tablo 4’te “Enerji Kimlik Belgesi”nde “Bina Enerji Sınıfı”nı tanımlayan A, B, C, D, E, F ve G harflerinin karşılık geldiği “Enerji Sınıfı Endeksi” (EP) değerleri örnek olarak 1. Isıtma Bölgesi için geçerli değerler verilmiştir.

**Tablo 3.** Birincil Enerjiye Göre Referans Göstergesi (RG)

BİNA TİPLERİ	KULLANIM AMAÇLARI	1. Isıtma Bölgesi (RG)	2. Isıtma Bölgesi (RG)	3. Isıtma Bölgesi (RG)	4. Isıtma Bölgesi (RG)
Konutlar	Tek ve İki Aile evleri	165	240	285	420
	Apartman Blokları	180	255	300	435
Hizmet Binaları	Ofis ve Büro Binaları	240	300	360	495
	Eğitim Binaları Okul, Yurt, spor Tesisleri	180	255	300	450
	Sağlık Binaları	600			
Ticari Binalar	Otel, Motel Restoran	540			
	Alışveriş ve Ticari Merkezler	750			

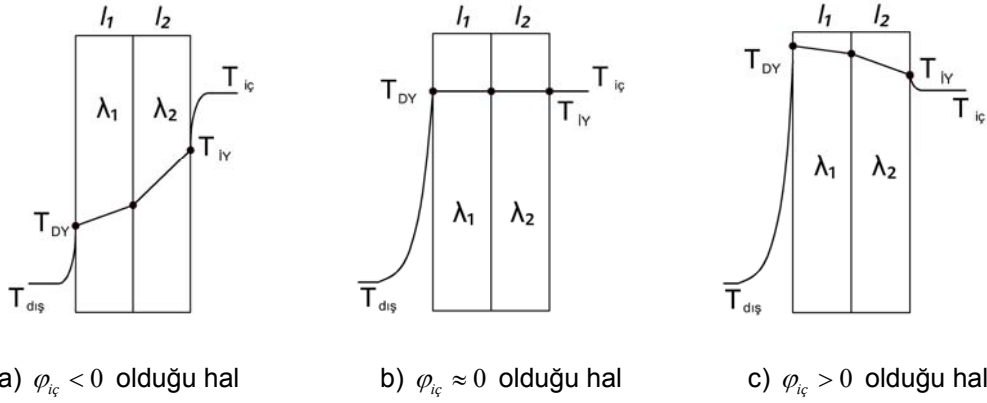
RG: Birincil Enerji cinsinden referans göstergesi ( kWh / m<sup>2</sup> Yıl )

**Tablo 4.** Birincil Enerjiye Tüketimlerine Göre Enerji Sınıfı (EP)

Bina Enerji Sınıfı	Birincil Enerji Tüketimlerine Göre Enerji Sınıfı Endeksi (EP) Örnek 1. Isıtma Bölgesi kWh / m <sup>2</sup> Yıl	
A	$EP \leq 0.4 * RG$	$EP \leq 66$
B	$0.4 * RG \leq EP < 0.8 * RG$	$66 \leq EP < 132$
C	$0.8 * RG \leq EP < RG$	$132 \leq EP < 165$
D	$RG \leq EP < 1.2 * RG$	$165 \leq EP < 198$
E	$1.2 * RG \leq EP < 1.4 * RG$	$198 \leq EP < 231$
F	$1.4 * RG \leq EP < 1.75 * RG$	$231 \leq EP < 288.75$
G	$1.75 * RG \leq EP$	$288.75 \leq EP$

### 2.1.2. Sıfır Enerji Evi Güneş Işınımı Alan Dış Duvar

Bir binanın duvarı, Şekil 2'de şematik gösterildiği gibi  $l_1$  ve  $l_2$  kalınlıklarına sahip iki tabakadan oluşmaktadır. Birinci tabakanın ısı iletim katsayısı  $\lambda_1$  ve ikinci tabakanın ısı iletim katsayısı  $\lambda_2$  olsun. Dış ortam sıcaklığı  $t_a$  ve iç ortam sıcaklığı  $t_i$  verilmişlerdir. İç yüzey ve dış yüzey için konveksiyonla ısı transfer sayıları  $\alpha_{iç}$  ve  $\alpha_{dış}$  olarak verilmişlerdir. Güneşten ışınım ile gelen ısı  $\varphi_{ışınım}$  duvar dış cidarı ince bir tabaka tarafından absorbe edilmektedir. Hacim ısıtması yapılan durumda iç ortam sıcaklığı  $t_i$  dış ortam sıcaklığı  $t_a$  değerinden büyüktür. Burada, dış yüzey cidarı tarafından absorbe edilen güneş ışınımı ile birlikte hacim ısıtmasında avantaj veya dezavantaj olarak değerlendirilebilecek üç farklı ısı geçiş olayı oluşabilir.



**Şekil 2.** Sıfır Enerji Evi Güneş Işınımı Alan Dış Duvar Uygulama Koşulları

Birinci durum; güneş enerjisi olarak duvar dış cidarına absorbe edilen ısı ile birlikte iç ortamdan iç duvar yüzeyine konveksiyonla ve oradan duvar dış yüzeyine iletimle ve ondan sonra dış duvar yüzeyinden dışarıya konveksiyonla ısı geçişi durumudur.

$$\varphi_{ışınım} < \alpha_{dış} (T_{dış} - T_{iç}) \quad (2)$$

Açıklanmış olan bu ilk durum, güneş enerjisinin kısmen ısıtma amaçlı kullanıldığı ve yeterli olmadığı durumdur. Birinci durum ve iç ile dış ortam arasındaki sıcaklık değişimi Şekil 2 a)'da şematik gösterilmiştir.

Bunlardan ikinci durumu; Dış duvar iç yüzeyinden içeriye konveksiyonla ısı geçişi olmadığı durumda, güneş enerjisi olarak duvar dış cidarına absorbe edilen ısının tamamı dış yüzeyden konveksiyonla dışarıya geçer.

$$\varphi_{ışınım} = \alpha_{dış} (T_{dış} - T_{iç}) \quad (3)$$

Hacim içinde hangi sıcaklık mevcut ise sabit kalır. Bu ikinci durum ile iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık değişimi Şekil 2 b)'de şematik gösterilmiştir.

Üçüncü durumu; güneş enerjisi olarak duvar dış cidarına absorbe edilen ısı, dış duvarın hem dış yüzeyinden dışarıya hem de iç yüzeyinden içeriye konveksiyonla ısı geçer.

$$\varphi_{ışınım} > \alpha_{dış} (T_{dış} - T_{iç}) \quad (4)$$

Absorbe edilen güneş enerjisinin değeri ve diğer ısı geçiş parametrelerine göre iç ortam sıcaklığı belirli bir değere yükselir ve bir termik denge durumuna uygun iç ortam sıcaklığı oluşur. Bu üçüncü durum ile iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık değişimi Şekil 2 c)'de şematik gösterilmiştir.

### 3. BİNALARDA ISITMA ENERJİSİ KULLANIMI TALEPLERİ VE EKSİKLİKLER

Isıtma psikolojik temel beklenti, hissetme sıcaklığı  $t_E$  olarak tespit edilmesi gereken konfor hacim sıcaklığı  $t_{Hacim}$  değerinin gerçekleştirilmesinde bulunmaktadır. Teorik olarak bunun değeri, hava sıcaklığı  $t_L$  ile çevrenin ışıyım sıcaklığı  $t_{Çevre}$  aritmetik ortalaması alınarak belirlenmektedir. Konfor sıcaklığı  $t_{Hacim}$  için önerilen değerler, cildin etkilenmesi, etkinlik ve giyilen elbisenin ısı iletim direncine bağlı olarak ISO EN 7730 standardından alınmış Tablo 5'te verilmiştir.

**Tablo 5.** ISO EN 7730'a göre Tipik Etkinlikler ve Kıyafetler  $W \approx 0.2$  m/s ve  $\phi = \% 50$  için Hissetme Sıcaklıkları

Etkinlik	Hacim içinde Elbise ile		
	YAZ 0,5 clo	GEÇİŞ 0,75 clo	KIŞ 1 clo
1 (58) Sakin oturma	26,8 °C	25,3 °C	23,9 °C
1,2 (70) Hafif hareket	25,5 °C	23,9 °C	22,3 °C

#### 3.1. Şu Anda Uygulanan Sistemlerin Zayıf Yönleri

Hacmin hava durumu her şeyden önce hava sıcaklığı hiçbir zaman homojen oluşmamaktadır. Ortam hava sıcaklığı, öyle ideal düşünülüyor gibi, konvansiyonel ısıtma sistemlerinde öngörüldüğü şekilde güzel sabit tutulamamaktadır.

Düşük enerji gereksinimli binaların yapımları, değişik yaklaşımlara bağımlı olarak gerçekleştirilmektedir.

Örneğin hijyen nedenler sebebiyle yer altı kanallarında havanın ön ısıtılması yapılamaz.

Klima tesisatlarından istenilen ve son zamanlarda zorunlu tutulan koşullar ne yazık gerçekleştirilememektedir. Rölatif yüksek bir dinamiklikle yararlanılması arzu edilen hacimlerin çoğunlukla gün içinde kullanıldığının düşünülmesidir.

Konfor hissinin temel gereksinimi, cam havalandırmasının gerçekleştirilebilir olması ve buna göre hacmin ısıtılmasının da sonlu bir zaman içinde yapılmasıdır. Taze hava fanatikleri bile ısı yalıtımı yönünden tüm kurallara uygun yapılmış binaların kullanılmasında ayrıcalıklı değildir.

#### 3.2. Tesisat Tekniksel Beklentiler ve Mevcut Eksiklikler

Tesisatın işletimi minimum enerji ile gerçekleştirilmelidir. Bunun anlamı, elektriğin doğrudan ısıtma amaçlı kullanılmaması ve en düşük ısıtma akışkan sıcaklıklarının gerçekleştirilmesidir. Hacim ısıtmasında hedef, en düşük  $t_{DİŞ}$  dış sıcaklığında hacmi sabit bir  $t_{HACİM}$  hacim sıcaklığında sabit tutmaktır [11]. Hacme önceden belirlenmiş bir  $t_{SİCSU}$  sıcak su sıcaklığında  $\dot{Q}$  ısı akımı verilmektedir. Kararlı durumda bu ısı akımının değeri yaklaşık hacimden dışarıya kendiliğinden geçen kadardır.

"Isının ekserjisi" Ekserji akımı, dış sıcaklıkla ilişkilendirilmiş şekilde aşağıdaki değerde olur. Köşeli parantez içindeki ifade, Carnot Faktörü olarak tanımlanır.

$$\dot{E}_{Q,SİCSU} = \left[ 1 - \frac{T_{DİŞ}}{T_{SİCSU}} \right] \dot{Q} \quad (5)$$

Isının hacme geçişi aşağıdaki ifade ile tanımlanan değerde kalite düşüklüğü ile mümkün olmaktadır. Sadece bu ekserji akımı mevcut olmaktadır.

$$\dot{E}_{Q,HACIM} = \left[ 1 - \frac{T_{DİŞ}}{T_{HACIM}} \right] \dot{Q} \quad (6)$$

Eğer, kayıp olarak bu ısı akımı dışarıya ulaşırsa, o zaman dışarı geçen ekserji akımı tanımlanabilir.

$$\dot{E}_{Q,DİŞ} = \left[ 1 - \frac{T_{DİŞ}}{T_{DİŞ}} \right] \dot{Q} = 0 \quad (7)$$

$\dot{Q}$  ve  $\dot{E}$  arasındaki fark A enerji akımı olarak tanımlanmaktadır. Bunun anlamı, çevre sıcaklığındaki ısı akımı yüzde 100 A enerji akımından oluşmaktadır.

Buna göre ekserji kayıpları tanımlanabilir. Hacim içinden dışarıya ekserji kaybı akımı aşağıdaki değerdedir:

$$\dot{E}_{KAYIP,HACIM \rightarrow DİŞ} = \dot{E}_{Q,HACIM} = \left[ 1 - \frac{T_{DİŞ}}{T_{HACIM}} \right] \dot{Q} \quad (8)$$

Isıtıcı akışkandan hacme ekserji akımı kaybı aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$\dot{E}_{KAYIP,HACIM \rightarrow DİŞ} = \dot{E}_{Q,SİCSU} - \dot{E}_{Q,HACIM} = \left[ 1 - \frac{T_{DİŞ}}{T_{SİCSU}} \right] \dot{Q} - \left[ 1 - \frac{T_{DİŞ}}{T_{HACIM}} \right] \dot{Q} \quad (9)$$

Ekolojik olarak esas hedef, ısıtma sistemine minimum gerekli ekserji akımını vermek ve enerji akımını çevrim içinde tutmaktır. Bu durum, ideal bir ısı pompası süreci,  $t_{DİŞ}$  sıcaklıklı ısı kaynağı ile  $t_{SİCSU}$  sıcaklıklı ısı kaynağı arasında çalıştırılabilirse mümkün olabilir. Yani, sadece ısıtma sürecinin ekserji kaybı akımı  $\dot{E}_{Q,SİCSU}$  karşılanmış olur.

Eğer, hissetme sıcaklığı  $t_{HACIM} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $t_{HACIM} = 293 \text{ K}$ ) ve  $t_{DİŞ} = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $T_{DİŞ} = 273 \text{ K}$ ) dış sıcaklık değerlerinde ise, Tablo 6'da gösterilmiş üç farklı ısı kullanımı için bunlara uygun sonuçlar elde edilir.

**Tablo 6.** Farklı Isıtma Sistemlerinin Ekserji Kayıpları

	SEÇENEK 1	SEÇENEK 2	SEÇENEK 3
Isının Hazır Tutulma Şekli	Elektrik Direnç Isıtması	İdeal Isı Pompası $t_{SİCSU} = 43 \text{ }^{\circ}\text{C}$	İdeal Isı Pompası $t_{SİCSU} = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Gerekli Ekserji Akımı (5) veya (6) eşitliği	1.000 $\dot{Q}$	0,136 $\dot{Q}$	0,090 $\dot{Q}$
Ekserji kaybı akımı (8) eşitliği	0,068 $\dot{Q}$	0,068 $\dot{Q}$	0,068 $\dot{Q}$
Ekserji Kaybı Akımı – Isıtma Yüzeyi Hacim (9) eşitliği	0,932 $\dot{Q}$	0,068 $\dot{Q}$	0,022 $\dot{Q}$



## SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Beklenildiği gibi tüm seçenekler için hacimden dışarıya ekserji kaybı akımı aynı değerdedir. Çünkü bunun değeri sistemin yapısına bağımlı değildir, sadece hacmin ve dış ortamın sıcaklığına bağımlıdır. Bunun azaltılması sadece yalıtımla mümkündür.

Isı yalıtımında yalıtım malzemesinin sadece  $\lambda$  ısı iletim sayısının düşük olması yeterli değildir. Bunun yanında; buhar difüzyonu, su iticilik özelliği, yanma dayanımı, basınç dayanımı, uzun ömürlülük ve akustik konfor yönünden ses geçirgenliğinin düşüklüğü gibi özelliklere sahip olmalıdır.

Isıtma sisteminden hacme ekserji kaybı doğrudan ısıtma sistemine bağlı olarak değişmektedir. Pratik olarak  $0,068 \dot{Q} \dots 0,022 \dot{Q}$  ekserji akımı kaybı değerlerine ulaşmak mümkündür.

Enerjiye, ucuz, sürekli, güvenilir ve sürdürülebilir şekilde ulaşmak için ulusal ve kamusal çıkarlara dayalı enerji politikası ile programlar tasarlanmalı ve uygulanmalıdır.

Dünya pazarlarında yer almak için teknik standartları yükseltmek, bunun için kalite kontrolü ve yenileşim (innovasyon), geleneksel malzemelerin yeni standartlara göre üretilmesi ve dünyadaki yeni gereksinim alanlarının saptanması ve bütün bunların enerji tasarrufu düşünülerek tasarlanması gerekiyor.

## KAYNAKLAR

- [1] CAN, A., BABADAGLI, A. "Importance of Form and Placement of Heating Elements from the Aspect of Comfort, Environment, Health and Economy", Strojarsvo, Journal for Theory and Application in Mechanical Engineering, ISSN 0562-1887, Vol. 50 (2008) Numbers 1-6, pp. 37-43.
- [2] GLÜCK, B., "Wärmetechnisches Raummodell-Gekoppelte Berechnungen und Wärmephysiologische Untersuchungen", Heidelberg: C.F. Müller Verlag, 1997 (ISBN 3-7880-7615-1).
- [3] GLÜCK, B., "Möglichkeiten des Energieeinsatzes mit niedrigem Exergiepotential zum Heizen und Kühlen von Räumen", Gesundheits-Ingenieur (2001) Heft 1, S.23-31.
- [4] EĞRİCAN, N., UYGUR, S., "Entropy Generation in Passive Heating Systems", Proceeding of Workshop on Second Law of Thermodynamics, Erciyes University-T.I.B.T.D., pp. 10/1-11, 27-30/08 1990, Kayseri.
- [5] CORNELISSEN, R.L., "Thermodynamics and Sustainable Development-The Use of Exergy Analysis and the Reduction of Irreversibility", Printing: FEBODRUK BV, En Schede, ISBN 90 365 10538, 1997, The Netherlands.
- [6] "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" 05.12.2008 Tarih, 27075 Sayılı Resmi Gazete.
- [7] TSE 825 "Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği"
- [8] FEIST, W., "Vom Niedrigenergiehaus zum Passivhaus-Erfahrungen mit Gebäuden ohne Heizung", Institut für Wohnen und Umwelt, Darmstadt, Internet, 2001.
- [9] Anonim, "Innovative Technik im 1 – Liter – Solarhaus" Heizung – Lüftung/Klima – Haustechnik Heft 1, S.12, (2001).
- [10] ERİŞ, B., "Binalarda Enerji Verimliliği ve Yasal Düzenlemeler", 1. Ulusal Enerji Verimliliği Forumu, 15-16 Ocak 2009, İstanbul, Bildiriler Kitabı, s.89-93. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Yayını.
- [11] GLÜCK, B., "Wärmeübertragung durch raumbegrenzende Heiz- und Kühlflächen mit geringem Exergieverlust-Lehren aus der Bionik" Gesundheits-Ingenieur (2002) Heft 4, S. 189 bis 196.

## ÖZGEÇMİŞ

### Ahmet CAN

19.02.1953 tarihinde Tekirdağ'da doğdu. 1974 yılında Yıldız Devlet Mühendislik Mimarlık Akademisinden Makine Mühendisi unvanı aldı. 1978 yılında girdiği devlet sınavını kazanarak Türkiye Cumhuriyeti 1416 sayılı kanununa tabi olarak yurtdışına Berlin Teknik Üniversitesi'ne Doktora için gönderildi. 1981 yılında Berlin Teknik Üniversitesi "Fachbereich für Energie –und Verfahrenstechnik" enerji ve süreç tekniği bölümünden Diplom – Ingenieur "Dipl.-Ing." "Türkçesi: Yüksek Mühendis", 1984 yılında aynı bölümden, Doktor Ingenieur "Dr.-Ing." "Türkçesi: Doktor Mühendis" unvanını aldı. 1984 yılında Yardımcı Doçent olarak atandı. 1989 yılında Termodinamik Bilim Dalı Doçenti, 1997 yılında Profesör unvanı aldı. 1989 Yılında 1 yıl, 2007–2010 arası 3 yıl Bölüm Başkanlığı yaptı. Eylül 2008'den beri ve şu an Dekan olarak görev yapmaktadır. Evlidir, biri İstanbul Teknik Üniversitesi makine fakültesi mezunu, diğeri Marmara Üniversitesi Hukuk Fakültesi mezunu, iki kız çocuğu vardır.