

# ASANSÖRLER VE YÜRÜYEN MERDİVENLERDE ENERJİ TÜKETİMİ VE VERİMLİLİĞİ

YUSUF ZİYA KOCABAL<sup>1</sup>, C. ERDEM İMRAK<sup>2</sup>, ADEM CANDAS<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>İTÜ Makina Fakültesi, Gümüşsuyu 34437, İstanbul  
kocabal@itu.edu.tr<sup>1</sup>, imrak@itu.edu.tr<sup>2</sup>, candas@itu.edu.tr<sup>3</sup>

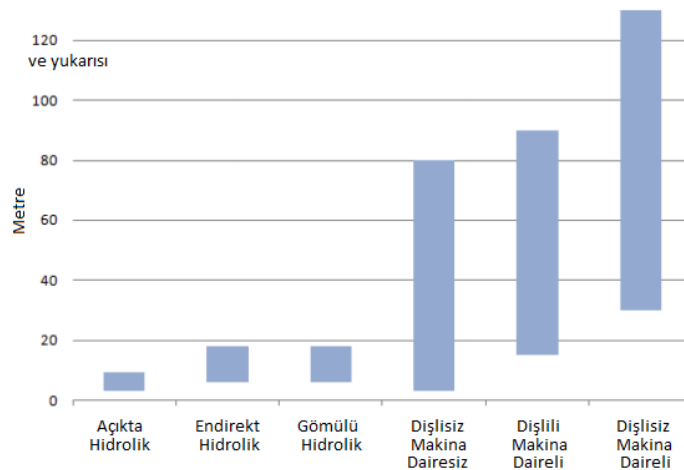
## ÖZET

Son yıllarda artan karbondioksit emisyonları ve küresel ısınma ile birlikte enerji verimliliği konusunda alınan tedbirler, geleneksel yöntemlerle tasarımı ve imalatı gerçekleştirilen transport sistemlerinin enerji verimliliği konusunda tekrar değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Dünyada ve ülkemizde enerji kaynaklarının azalması ve maliyetlerdeki artışlar nedeniyle, enerji tüketimine yönelik tasarruf tedbirlerinin uygulanması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, binalarda kullanılan asansörlerin ve yürüyen merdivenlerin enerji tüketimi ve yasal mevzuat genel itibariyle irdelenmiş, güncel hesaplar ve enerji tüketiminin azaltulmasına yönelik tedbirler incelenmiştir. Asansörlerin mekanik sistemleri, elektrik ünitesi ve kontrol sistemlerini kapsayan durum değerlendirilmesi yapılmış ve dünyadaki güncel uygulamalar sunulmuştur.

## 1. ASANSÖRLERDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Enerji verimliliği, tüketilen enerji miktarının, üretimdeki miktar ve kaliteyi düşürmeden, ekonomik kalkınmayı ve sosyal refahı engellemeden en aza indirilmesidir [1]. Enerji tasarrufu, enerji verimliliğinde en önemli etkidir. Enerji tasarrufu her ne kadar enerjinin az kullanılması olarak algılsa da, gerçekte enerji atıklarının değerlendirilmesi, enerji kayıplarının azaltılması ve dolayısıyla verimin artırılması amaçlanırken mevcut kalite ve performansı kaybedilmemesi esastır. Enerji tüketimi enerji verimliliğini artırarak azaltılmalıdır. Enerji yoğunluğunun düşürülmesi enerjinin verimli kullanımında en temel göstergedir. Ülkemizde kişi başına enerji tüketimi OECD ülkeleri ortalamasının yaklaşık 1/5'i oranında, enerji yoğunluğu ise OECD ortalamasının iki katı kadardır [2]. Bugüne kadar yürütülen çalışmalara rağmen enerji yoğunluğu, düşme eğilimine girmemiştir.

Asansörler genel olarak her proje için özel olarak tasarlanırlar. Her bir eleman asansörün genel verimine etki eder. Günümüzde kullanılan farklı asansör çeşitleri bulunmaktadır. İki ana kategori hidrolik ve halatlı (kayışlı) asansörlerdir. Farklı tipteki asansörlerin bina yüksekliğine göre kullanımı Şekil 1'de gösterilmiştir [3].



Şekil 1. Bina yüksekliğine bağlı asansör tipleri [3].

Ulusal mevzuatta binaların enerji performansı ve verimliliği hakkında yayınlanmış kanun, yönetmelik ve tebliğler bulunmaktadır:

- Enerji Verimliliği Kanunu (R.G. T.02.05.2007 ve S.26510)
- Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Arttırılmasına Dair Yönetmelik (R.G. T.25.10.2008 ve S. 27035)
- Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (R.G. T.05.12.2008 ve S.27075) 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu Kapsamında Yapılacak Yetkilendirmeler, Sertifikalandırmalar, Raporlamalar ve Projeler Konusunda Uygulanacak Usul Ve Esaslar Hakkında Tebliğ (R.G. T.06.02.2009 ve S.27133).

Enerji verimliliği kanununda, Enerji Kimlik Belgesi: Asgarî olarak binanın enerji ihtiyacı ve enerji tüketim sınıflandırması, yalıtım özellikleri ve ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi ile ilgili bilgileri içeren belge; Enerji Verimliliği: Binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan enerji tüketiminin azaltılması, olarak tanımlanmıştır [4]. Aynı yönetmelikte, Enerji kimlik belgesinde binanın enerji ihtiyacı, yalıtım özellikleri, ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi ve binanın enerji tüketim sınıflandırması ile ilgili bilgiler asgarî olarak bulundurulması gerektiği belirtilmiştir. Bu bağlamda, binalarda enerji tasarrufu sağlamak için asansör enerji tüketimi konusu da dikkate alınmalıdır.

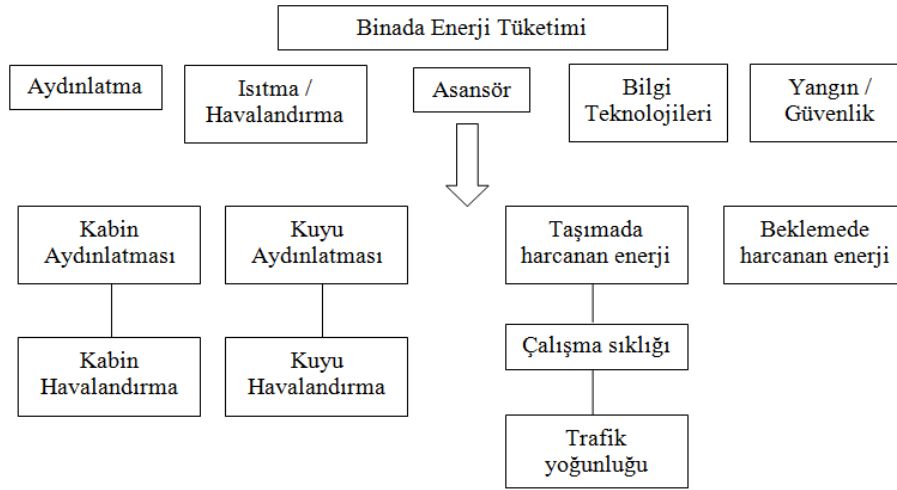
5 Aralık 2008'de 27075 sayılı Resmi Gazete'de "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" yayınlanmıştır. Bu bağlamda, enerji tüketen tüm binaları kapsayacak şekilde enerji kimlik belgesi düzenlemeyi getirecek düzenlemeler yapılmalıdır. Öncelikle binaların enerji performansının arttırılması amacıyla tasarım aşamasında ısıtma-soğutma, ısı yalıtımı ve asansör konularının, uzman makina mühendisleri tarafından projelendirilmesi ve enerji kimlik belgesi düzenleme işlemlerinin de uzman makina mühendisleri tarafından gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu yönetmelikte doğrudan asansörler ve yürüyen merdivenlerle ilgili bir hüküm yer almamaktadır.

Uluslararası mevzuatta ise aşağıda verilen başlıklarda enerji verimliliği ile ilgili düzenlemeler yapılmaktadır.

- Energy Efficiency: Energy Performance of Building Directive (2002/91/EC),
- ISO/DIS 25745-1: Energy Performance of Lifts, Escalators and Moving Walks — Part1: Energy Measurement and Verification.
- VDI 4707 Blatt 1: Lifts – Energy Efficiency (Asansörler Enerji Verimliliği) (Alman Mühendisler Birliği)

## 2. ASANSÖRLERDE ENERJİ TÜKETİMİ

Asansör sistemlerinde harcanan enerjinin, tüm binada harcanan enerjinin ne kadarını kapsadığı konusunda farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Asansörün binadaki kullanım amacına göre toplam harcamanın %3-8 arasında değiştiği belirtilmektedir [5]. Binalardaki diğer enerji harcayan elemanlar ve asansör Şekil 2'de gösterilmiştir. Asansörde enerji tüketimini etkileyen temel faktörler; mekanik sistem, tahrik kasnağı verimi (tahrik sistemi, frenleme için harcanan enerji tüketimi, kontrol sistemi, elektrik sistemi, motor verimi, dişli verimi (mevcutsa), güç faktörü, ısıtma-soğutma, kapı sistemi, aydınlatmalar (asansör kuyusu, makine dairesi ve kabin), kılavuz sistem (raylar, patenler), halatlama faktörü olarak sıralanabilir [1]. Bir asansörde en fazla ısı kaybı motorda oluşmaktadır. Asansör hızı, taşınan yük, yolculuk mesafesi ve kullanım sıklığı gibi kullanım koşulları da enerji tüketiminde önemli etkenlerdir.



Şekil 2. Binada enerji tüketimi ve asansörler.

Asansörlerde enerji tüketimini belirlemek için bir dizi farklı yöntem ve teknikler kullanılmaktadır. Çağdaş enerji tüketimi incelemelerinde modelleme ve benzeşim kullanılmaktadır. Bütün bu enerji tüketimi modelleri farklı gereksinimler, örneğin tasarım iyileştirme, aksam ve/veya çevre sorunlarının iyileştirilmesine yöneliktir.

Asansörler ve yürüyen merdivenlerde enerji verimliliğini artırmak için alınabilecek önlemler:

- Asansör ve yürüyen merdivenler için standart bir enerji tüketimi ölçüm yöntemi geliştirilmesi.
- Ulusal ve uluslar arası mevzuatta binalar için tanımlanmış olan enerji gerekliliklerine asansörlerin ve yürüyen merdivenlerin de dahil edilmesi.
- Enerji etiketleme sisteminin kullanılması ve farkındalık yaratmak.

Hidrolik asansörler genellikle karşı ağırlık bulundurmadıklarından kolay kurulum, az servis ve yüksek güvenilirlik sağlarlar. Bunun beraber karşı ağırlık kullanılmaması nedeniyle eş değer bir halatlı asansöre göre enerji tüketimi daha fazla olmaktadır [6]. Karşı ağırlık kullanımı ile birlikte çekme tipi bir hidrolik asansörde motor gücünde %40'a varan düşüşler; kullanılan hidrolik akışkan hacminde %30 tasarruf sağlanabildiği belirtilmektedir [6].

### 3. MEKANİK SİSTEMLER

Enerji tüketimini etkileyen elemanlar: Tahrik ünitesi, kontrol sistemi, çalışma yoğunluğu, tahrik mekanizmaları, aydınlatma ve bekleme modu sırayla incelenmiştir.

#### 3.1 Tahrik Ünitesi

Asansörün konforlu bir seyahat için ivmelenmesi, tam kat hizasında durması gerekmektedir. Günümüz asansörlerinde kullanılan üç çeşit tahrik şekli vardır: Hidrolik, tek hızlı ve çift hızlı AC değişken gerilim (ACVV) ve değişken gerilim değişken frekans (VVVF-Vairable Voltage Variable Frequency). Hidrolik en verimsiz, VVVF ise en verimli tahrik yöntemidir (Tablo 1).

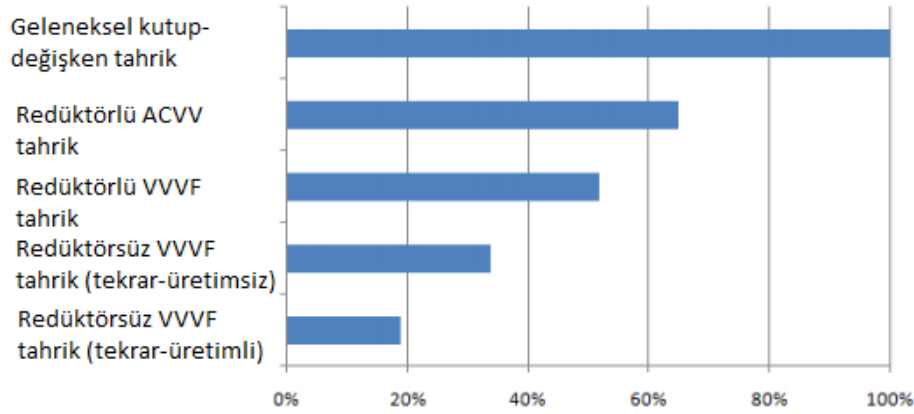
Tablo 1. Elektrik sistemine bağlı olarak ısı kaybı oranları

Sistem tipi	Güç aralığı (kW)	Isı kaybı oranı (% motor gücü)
VVVF(redüktörlü)	7,5 - 30	40 - 28
VVVF(redüktörsüz)	7,5 - 40	38 - 26
Sabit mknatıslı senkron motor	3,0 - 90	28 - 13
Hidrolik	4,0 -20	70 - 30

Asansör tahriki bakımında ise çift-hızlı asansör sistemleri yerini, hızı değiştirilebilen motor sistemlerine (elektrik motoru + sürücü) bırakmakta olup, bu sistemlerde sıkça inverter olarak da tanınan VVVF (değişken voltaj- değişken frekans) sürücüler kullanılarak, indüksiyon veya sabit mıknatıslı motorlar tahrik edilmektedir. Makina dairesiz asansör sistemlerinde VVVF kullanılmasıyla dişli gurupları terk edilmiş, sürüş kalitesi artırılmış ve daha küçük motor kullanılarak hareket halindeki enerji tüketimi konvansyonel halatlı asansörlere göre %50'lere varan oranlarda düşürüldüğü bildirilmiştir.

VVVF sürücülerin, makina dairesiz sistemlerle birlikte makina dairesiz ve redüktörlü halatlı asansörlerde kullanımı da artmaya başlanmıştır. Bu uygulamalara en güçlü alternatif ise VVVF sürücülü ve/veya akümülatörlü hidrolik asansör olup, düşük katlı yapılarda ciddi rekabet oluşmuştur. Böylece sürücülerin bekleme durumunda çekmiş oldukları güç asansörlerin enerji sarfiyatında ilave değer olarak hesaba katılması gerekmektedir.

Şekil 3'te farklı tahrik yöntemlerine göre yayınlanan ortalama enerji tüketim değerleri yer almaktadır.



Şekil 3. Tahrik yöntemine bağlı asansör ortalama enerji tüketimi [3].

Buna göre tekrar üretimli redüktörsüz VVVF tahrik kullanımı, geleneksel metotlara göre %19 enerji tasarrufu sağlayabilmektedir [3].

### 3.2 Kontrol Sistemi

Tahrik ünitesi kontrol sistemi yardımıyla katlar arasındaki duruş uygun bir şekilde sağlanır. Hız, ivme, titreşim için seçilen değerler enerji tüketimini etkilemektedir.

### 3.3 Çalışma Yoğunluğu

Asansörü kullanan kişi sayısı, yolcuların seyahat sayısı ve gitmek istedikleri kat sayısı, kabindeki yük değişimi, kabin ağırlığı enerji tüketiminde önemli rol oynamaktadır. Asansörler, yük oranı %40-50 olacak şekilde dengelenirler. Bu durumun sağlanması içinse karşı ağırlık kütleleri, boş kabin ağırlığına kabindeki yükleme oranının %40-50'si eklenerek hesaplanır.

### 3.4 Aydınlatmanın Etkileri

Asansörlerin kabinlerinde kullanılan aydınlatmalar, asansörün toplam enerji tüketiminin %40'ını veya yaklaşık olarak 100 kWh kısmını oluşturabilir. Halen kullanılmakta olan halojen lambalar, uzun ömürlü ve verimli LED lambalar veya modern floresant lamba teknolojisiyle değiştirilmelidir. LED lambalar, geleneksel halojen ampullerden 10 kat daha uzun ömürlü ve %80 daha az enerji kullanmaktadır.

### 3.5 Bekleme Modu (Stand-By) Konumunda Asansör Enerji Tüketimi

Asansörlerde yer alan aydınlatma, sinyalizasyon ve havalandırma, asansörler çalışmadığında bile önemli miktarlarda enerji tüketmektedir. Bu nedenle kullanım dışında aydınlatmanın, fanın ve sinyalizasyonunun kapatılması gibi seçenekler sayesinde bu tüketimi en aza indirilebilir.

Çelik'e [7] göre, bekleme durumunda en yüksek enerji tüketimi sürekli açık olan kabin ışıkları ve kapı kilit sistemi tarafından gerçekleştirilmektedir. Bunları, elektronik kumanda ve inverter (VVVF sürücü) izlemektedir. Diğer etkenler ise kat butonları, kat ekranları, kabin butonları ve kabin ışık perdesidir.

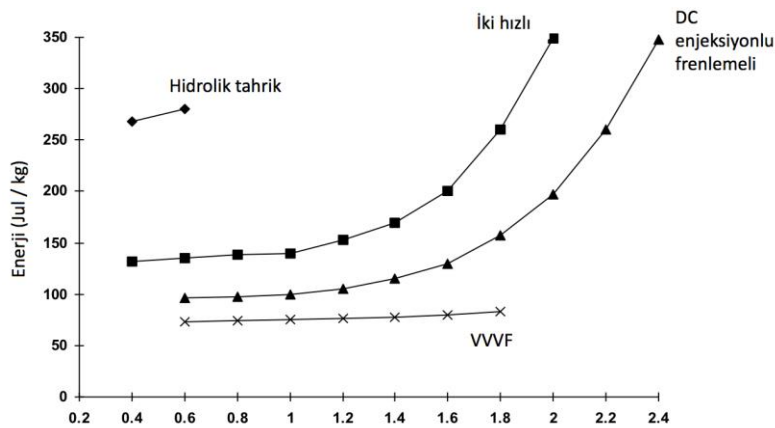
Almeida'ya [5] göre Avrupa'da asansörler ve yürüyen merdivenler Avrupa genelinde toplam elektrik tüketiminin %0,7'sinden sorumludurlar ve yürüyen merdivenler için otomatik hız düzenleyicileri ve bekleme durumunda düşük güç modu gibi önlemler alındığında potansiyel tasarruf %30 dolaylarında olabilir.

## 4. ASANSÖRLERİN ENERJİ TÜKETİMİ HESABI

Asansörlerin enerji tüketimini belirlemek için kullanılan iki farklı metot bulunmaktadır: Doolard Metodu, Schroeder Metodu. Bunların dışında simülasyon yöntemleri de mevcuttur.

### 4.1 Doolard Metodu

Doolard Metodu [8] enerji tüketiminin hesaplanmasında yararlı bir kılavuzdur. Doolard farklı tahrik tiplerinde asansörleri boş şekilde üç kat aşağı ve yukarı hareket ettirerek deneyler yapmıştır. Grafiklerde kabin ağırlığını normalize etmiştir. Şekil 4'te J/kg cinsinden kabin ağırlığı olarak gösterilmiştir. Aslında doğru birim (J/kg)/başlama olmalıdır. Bu şekiller boş kabinin 3 katlık seyrine göre hazırlanmıştır. Kesin bir metot olmamasına rağmen pratikte enerji tüketimi açısından önemli bir fikir edinilmesini sağlamaktadır.



Şekil 4. Doolard Metoduna göre çeşitli tipte tahriklerde enerji tüketimi.

### 4.2 Schroeder Metodu

Schroeder [9,10] birçok asansörde ölçümler yaparak günlük enerji tüketimi için genel bir formül oluşturmuştur. İlk olarak motor için zamana göre ortalama terimini bulmuştur: %m (Tablo 2). Bu terim sayesinde Schroeder'in TP ile gösterdiği genel seyir süresi hesaplanmaktadır (Tablo 3). Bu terim kat sayısına, tahrik mekanizmasının tipine ve ortalama hıza bağlıdır. Tablo 2 ve Tablo 3'te Schroeder'in değişik tahrik mekanizmaları için hesapladığı değişken değerleri bulunmaktadır.

Tablo 2. Çeşitli tipte tahrikler ve kurulumlar için m parametre değerleri

Tahrik		Zemin üstü m(%)		
		Kat adedi	Aralık	Ortalama
Hidrolik tahrik	Karşı ağırlıksız	3-4	22-28	25
Dişlil makina	AC 2-hızlı	4-8	37-50	44
	ACVV (yüksek kütleli)	6-12	29-33	31
	ACVV (düşük kütleli)	6-12	21-33	27
Dişlisiz makina	Motor- jeneratör	12-18	17-25	21
	Tristor	12-18	12-21	17

Tablo 3. Çeşitli tipte tahrikler ve kurulumlar için TP parametre değerleri.

Tahrik yöntemi	Zemin üstü kat adedi	Genel Seyir süresi TP (s)	
		Aralık	Ortalama
Hidrolik tahrik (karşı ağırlıksız)	<6	5-7	6
Dişlil makine	AC çift hızlı	9-12	10,5
	ACVV (yüksek kütleli)	7-10	8,5
	ACVV (düşük kütleli)	5-8	6,5
	Dişlisiz makine		
Motor-jeneratör	18	4-6	5
Tristor	18	3-5	4

Günlük enerji tüketimi [kWh/gün]:

$$E_d = \frac{R \times ST \times TP}{3600} \quad (1)$$

Burada  $R$ : motor değeri [kW];  $ST$ : asansörün bir gündeki kullanım sayısı [gün<sup>-1</sup>].  $ST$  değeri ölçümle veya yaklaşımla belirlenir. Birim m<sup>2</sup> döşeme alanı başına yıllık enerji tüketimi ( $e$ ):

$$e = \frac{E_d \times \text{gün} \times 0,85}{\text{bina nüfusu} \times \text{alan} / \text{insan}} \quad (2)$$

Buradan birim m<sup>2</sup> başına (kWh) cinsinden yıllık enerji tüketimi bulunur. Yukarıda hesaplanan değerle bulunan her kattaki alan başına harcanan yıllık enerji:

$$W = \frac{E_d \times d \times 0.85}{Nf \times F} \quad (3)$$

Burada  $d$ : bir yıldaki gün sayısı;  $Nf$ : bina nüfusu,  $F$ : her kattaki kişi sayısı;  $W$ : bir kattaki yıllık enerji tüketimini ifade etmektedir [kWh/m<sup>2</sup>].

**Örnek 1.** Bir binada her biri 4 m/s hızla çalışan, 23 kişilik 6 adet asansör bulunmaktadır. Asansörlerin tahrik mekanizmalarının dişli kutusu bulunmamakla birlikte tristor tipi motor kullanılmıştır. Motorun gücü 45 kW'tır. Binada 20 m<sup>2</sup>'lik alana bir kişi düşmekte ve toplam 2000 kişi bulunmaktadır.

$ST$  (günlük çalışma sayısı) günün en yoğun iki saatindeki değerlerden bir yaklaşımla hesaplanabilir. Sabah (2 saat) ve akşam (2 saat) zamanlarında en fazla çalıştırma sayısı 240; 8 saatlik az sayıda çalıştırma döneminde 40 olarak kabul edilebilir. Buna göre  $ST$ :

$$ST = (2 \times 240) + (2 \times 240) + (8 \times 40) = 1280$$

Denklem 1'den bir günlük enerji tüketimi hesaplanabilir:

$$E_d = \frac{45 \times 1280 \times 4}{3600} = 64 \text{ [kWh/gün]}$$

Binada 6 adet asansör bulunduğundan,  $E_d$ :

$$E_d = 6 \times 64 = 384 \text{ [kWh/gün].}$$

Bir yılda 260 iş günü olduğu düşünülürse, Denklem 3'ten asansörün yıllık bir kat alanında ne kadar enerji harcandığı hesaplanabilir:

$$W = \frac{384 \times 260 \times 0,85}{2000 \times 20} = 2,12 \text{ [kWh/m}^2\text{]}$$

Enerji maliyeti ortalama 0,42 [₺/kWh] olduğu kabul edilirse yıllık enerji maliyeti:

$$\text{Yıllık enerji maliyeti} = 384 \times 260 \times 0,42 = 41.932 \text{ ₺ olacaktır.}$$

**Örnek 2.** Bir binada bulunan 13 kişilik iki adet çift hızlı asansör için Schroeder'in ve Doolard'ın sonuçlarını karşılaştırması. Asansörler 1,2 m/s hızla günde 500 kez çalıştırılmaktadır. Motor gücü 6,75 kW'tır.

Doolard'ın sonuçlarına göre, çift hızlı bir asansör Şekil 4'e göre her başlatma işlemi için 150 J/kg enerji harcamaktadır. Kabin yükü ile kabin ağırlığının eşit olması kabulü ile günlük enerji tüketimi:

$$E_d = 2 \times \frac{(150 \times 500 \times 13 \times 75)}{3600 \times 10^3} = 40,6 \text{ [kWh/gün]}$$

Schroeder metodunda Tablo 3'ten TP değeri 10,5 alınır. Buna göre günlük enerji tüketimi:

$$E = 2 \times \frac{10,5 \times 500 \times 6,75}{3600} = 19,68 \text{ [kWh/gün]}$$

Görüldüğü üzere Doolard'ın yöntemine göre yapılan hesabın sonucu Schroeder'in yöntemiyle bulunan sonucun yaklaşık olarak iki katıdır. Bunun nedeni Doolard'ın yönteminde 3 kata göre Schroeder'in yönteminde ise 1,1 kata göre hesap yapılmıştır.

## 5. YÜRÜYEN MERDİVENLERDE ENERJİ TÜKETİMİ

Yürüyen merdivenlerde enerji tüketimi sabit ve değişken olarak iki bölüme ayrılabilir. Al-Sharif [11,12] yaptığı çalışmada yürüyen merdivenin enerji tüketimini, yürüyen merdiveni kullanan günlük ortalama yolcu sayısına göre hesaplamıştır.

Buna göre değişken enerji tüketimi:

$$\text{Değişken enerji tüketimi} = \text{Yür. mer. yüksekliği} \times 9,81 \times 75 \times \text{Yolcu say.} \times \text{Yürüme faktörü} \quad (4)$$

Burada 75 kg cinsinden ortalama yolcu ağırlığıdır. Yürüme faktörü 0,7-1 arasında, yürüyen merdivende hareketli olan yolcular için kullanılmaktadır. Yürüyen yolcuların artması ile faktör küçülmektedir. Merdivende herkesin sabit kalması durumunda faktör 1 olmaktadır.

Sabit enerji tüketimi ve toplam tüketim:

$$Sabit\ tüketim = 0,55 \times Yür.\ Mer.\ yüksekliği + 1,95 \text{ [kW]} \quad (5)$$

$$Toplam\ tüketim = Sabit\ enerji\ tüketimi + / - Değişken\ enerji\ tüketimi \quad (6)$$

Denklem 5'teki +/- işareti yürüyen merdivenin sırasıyla yukarı ve aşağı yönde hareketine göre kullanılır. Aynı denklemdeki 0,55 ve 1,95 Al-Sharif'in sunduğu katsayılarıdır.

**Örnek 3.** Bir metro girişinde yılın 365 günü, günlük çalışma süresi 18 saat olan, 9 metre yüksekliğinde ve günde 29200 yolcu tarafından kullanılan aşağı yönlü bir yürüyen merdivenin enerji hesaplaması. Ortalama yolcu ağırlığı 75 kg alındığında hesaplamalar:

$$Sabit\ tüketim = (9m \times 0,55 + 1,95) \times 18 = 124,2 \text{ [kWh/gün]}$$

$$\begin{aligned} Değişken\ tüketim &= 0,7 \times 29.200 \times 75 \times 9,81 \times 9 = 135.348.570 \text{ [J]} \\ &= 135.348.570 \text{ J} / 3.600.000 \text{ J/kWh} = 37,60 \text{ [kWh/gün]} \end{aligned}$$

$$Toplam\ tüketim = 124,2 - 37,60 = 86,6 \text{ [kWh/gün]}$$

Bu yürüyen merdivenin enerji tüketim bedeli (enerji bedeli yaklaşık: 0,42 [₺/kWh]):

$$Yıllık\ maliyet = 86,6 \times 0,42 \times 365 = 13.276 \text{ ₺}$$

Görüldüğü üzere yürüyen merdivenlerde, aşağı veya yukarı yönlü hareket, merdivenleri kullananların durma veya hareket etmesi gibi işletme faktörleri maliyete doğrudan etki etmektedir. Bununla beraber ısı kayıpların azalması amacıyla düzenli bakım yürüyen merdiven verimliliğinde önemli bir yer teşkil etmektedir.

Enerji verimliliğini arttırmanın bir yolu, daha hafif merdiven basamakları kullanmaktır. Alüminyum basamaklar kullanarak böylece yaklaşık 300 kg kadar bir hafifleme ve dolayısıyla daha az enerji tüketimi elde edilebilir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Schroeder, hesaplarında değerler trafiğin günlük ortalama değerine göre değil en yoğun olduğu zamana göre yapılmıştır. Doolard, hesaplarını boş kabinin üç kat yukarı çıkması ve aşağı inmesine göre yapmıştır. Bu Schroeder'in hesaplarına göre üç kat fazla değer bulunmasına yol açmaktadır. Doolard'ın hesapları ortalama değerleri belirlemekte daha etkilidir. Enerji tüketimi hesabı yapılırken bu iki yöntemin kullandığı yaklaşımlar göz önünde tutulmalıdır.

Asansör motorları kesikli olarak ve değişken yükte çalışır. Bu nedenle, binadaki enerjinin %5-%15'ini tüketen asansörlerde verimli tahrik sistemi seçilerek enerji tüketimi azaltılabilir. Bu amaçla, öncelikle kullanılan eski tahrik sistemleri, verimi daha yüksek olan motorlarla değiştirilmelidir. Asansör hızı amaca göre belirlenmelidir. Yolcu olmadığında, kabin aydınlatması ve havalandırılması azaltılmalıdır. Asansörler yoğun olarak kullanılıyorsa, asansör makina dairesinde motordaki atık ısı geri kazanılmalıdır. Kısacası, enerji tüketimi doğru teçhizatları kullanarak ve trafik yoğunluğuna göre tasarım yaparak azaltılabilir.



**KAYNAKLAR**

- [1] İmrak, C. E., Gerdemeli İ., 2000, Asansörler ve Yürüyen Merdivenler, Birsen Yayınevi, İstanbul
- [2] İmrak, C. E., Özer, D., 2010, Binalarda Enerji Tasarrufu ve Asansörlerin Enerji Tüketimi, İzmir Asansör Sempozyumu, İzmir.
- [3] E4 Energy Efficient Elevators and Escalators Report, 2010, ISR-University of Coimbra, Portugal
- [4] Resmi Gazete, 2018, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/05/20070502-2.htm>, Erş. tarihi: 01.09.2018
- [5] Aníbal De Almeida, Simon Hirzel, Carlos Patrão, João Fong, Elisabeth Dütschke, 2012, Energy-efficient elevators and escalators in Europe: An analysis of energy efficiency potentials and policy measures, Energy and Buildings, Sayı 47, s 151-158, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.11.053>.
- [6] K. F. Çelik, 2010, Hidrolik Asansörlerde Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi, İzmir Asansör Sempozyumu, İzmir.
- [7] K. F. Çelik, 2008, Asansörlerde Stand-by Enerji Sarfıyatı, İzmir Asansör Sempozyumu, İzmir.
- [8] Doolard, D.A., 1992, Energy Consumption of Different Types of Lift Drive System, Elevator Technology 4: Proceedings of Elevcon '92, Editor Dr. G. Barney, The International Association of Elevator Engineers.
- [9] Schroeder, J., 1986, Energy Consumption and Power Requirements of Elevators, Elevator World, March 1986, pp28-29.
- [10] Schroeder, J., 1986, "The Energy Consumption of Elevators", 1986, in Elevator Technology, Editor Dr. G. Barney, Ellis Horwood.
- [11] L. Al-Sharif, L. 1996. Lift and Escalator Energy Consumption, Proceedings of the CIBSE/ASHRAE Joint National Conference (pp. 231-239).
- [12] L. Al-Sharif, 'Lift Energy Consumption: General overview (1974-2001)', Proceedings of Elevcon 2004, pp. 1-10.