

ASANSÖR SİSTEMLERİNDE ENERJİ TÜKETİMİNİN ANALİZİ

H.Tarık DURU

Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Elektrik Mühendisliği Bölümü

tduru@kocaeli.edu.tr

ÖZET:

Bu çalışmada, ISO 25745 taslak metni [1] ve VDI 4707 [2] kılavuzunda tanımlanan yöntem ve hesaplamalar yardımı ile mevcut bir asansör sisteminin seyir ve beklemedeki enerji tüketiminin ölçülmesi ve bu verilerle yıllık enerji tüketiminin kestiriminin nasıl yapılacağı açıklanmış ve bir örnek sistem üzerinde hesaplanmıştır.

1-GİRİŞ

Enerjinin etkin ve verimli kullanımı ve enerji tüketiminin düşürülmesi günümüzde en önemli konu başlıklarından biridir. Enerji verimliliğinin artırılması ve enerji tüketiminin düşürülmesinde ulaşım, taşıma, endüstriyel üretim alanların yanı sıra, konut ve diğer kullanım amaçlı binalarda önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Esas olarak, genel tüketimdeki payının büyük yada küçük olmasına bakılmaksızın, tüm sektör ve ürünlerde daha düşük enerji tüketimi hedefi modern bir mühendislik anlayışının en temel göstergesi olmuştur. Bu bakış açısı ile bina enerji tüketimlerinin bir kısmını oluşturan asansör ve yürüyen merdiven sistemlerinin de daha verimli ve daha az enerji tüketecek şekilde tasarlanması son yıllarda, global asansör sektöründe önem kazanan bir konu haline gelmiştir. Herhangi bir sektör veya alanda enerji veriminin yükseltilmesi ve tüketimlerin düşürülmesinin potansiyel olarak örneğin yıllık olarak ne kadarlık bir enerji tasarrufu sağlayacağını doğru tahmin edilebilmesi için mevcut tüketimlerin doğru tahmin edilmesi ve hedeflerin buna göre belirlenmesi son derece önemlidir.

Asansörlerde enerji tüketiminin ölçülmesi, mevcut sistemlerin tüketimlerinin karşılaştırılması, enerji tüketimleri açısından bir etiketleme yapılması ve yıllık tüketimlerin tahmin edilmesi özellikle AB ülkeleri arasında, son 5 yılda yoğun olarak

ilgilenilen bir konu olmuştur. Yapılan çalışmalar 2007 yılında AB ülkelerindeki asansör sistemlerinin tüketimlerinin 18.000 GWh düzeyinde olduğunu ortaya koymuştur. Bu değer tüm elektrik enerjisi tüketiminin %0.5'i olup, Örnek alınabilecek, 2 Nükleer Santral veya 14 Kömür santralının yıllık üretimine denktir. Bu örnek asansörlerin enerji tüketimi açısından önemsenmeyi hak ettiğini göstermektedir[3].

Asansörlerde enerji tüketimlerinin ölçülmesi, yıllık tüketimin tahmini ve etiketlenmesi açısından en önemli çalışmalar ISO 25745 taslak metni [1] ve VDI 4707 [2] kılavuzudur. VDI 4707, esas olarak yeni kurulacak insan ve yük asansörlerinin enerji verimliliği sınıflandırılmasına yönelik olarak planlanmıştır. Bunun yanı sıra, mevcut asansörlerin enerji verimliliğinin belirlenmesi, üreticiler tarafından verilen enerji tüketim değerlerinin objektif olarak sınanması ve enerji tüketim tahminlerinin öngörülmesi için de kullanılmaktadır. Asansör sisteminin enerji performansının bu şekilde belirlenmesi müteahhit, mimar, planlamacı ve montaj firmalarının binaya ilişkin enerji verimliliği değerlendirmesinde, asansörlere ilişkin gerçekçi bir öngörü yapılması ve farklı ve enerji verimliliği açısından daha avantajlı sistemlerin belirlenmesine ilişkin bir ölçüt oluşturabilmektedir.

2- ENERJİ TÜKETİMİNİN ANALİZİ

2.1 Bekleme ve Seyir Tüketimleri

Yapılan çalışmalar, asansör sistemlerinde iki temel enerji tüketimin tanımlanması gerektiğini ortaya koymuştur. Bunlar

-Bekleme (Stand By) tüketimi

-Seyir tüketimi

olarak adlandırılır.

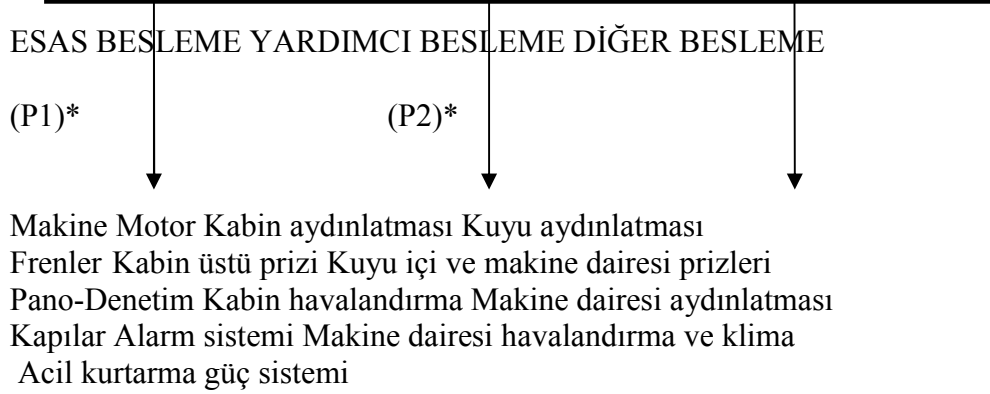
Bekleme Tüketimi, bir asansörün hizmete hazır bekleme durumunda iken tükettiği enerji olarak tanımlanır. Bu tüketime örneğin kuyu ve makine dairesi aydınlatması, havalandırılması gibi asansörün kendi devre, düzenek ve sistemleri dışındaki tüketimler dışında kalan, pano ve varsa inverter bekleme tüketimi, kabin, buton aydınlatmaları, göstergeler, kabin havalandırması gibi bileşenler dahildir. Özellikle düşük trafikli az kullanılan asansörlerde bekleme tüketimi

yıllık tüketimin en önemli bileşenini oluşturmaktadır.

Seyir Tüketimi, asansör sisteminin belirli bir yük altında belirli bir çevrim çalışması sonucunda tüketilen enerji olarak tanımlanmıştır. Bu şekildeki çalışma sonucunda ölçülen enerji değerinden bir asansör sisteminde birim ağırlığın, birim mesafeye taşınması için gereken “Özgül Seyir Enerji Tüketimi” mWh / kgm olarak belirlenmiş olur. Bu değer yardımıyla farklı asansör sistemlerinin karşılaştırılması yapılabilmektedir.

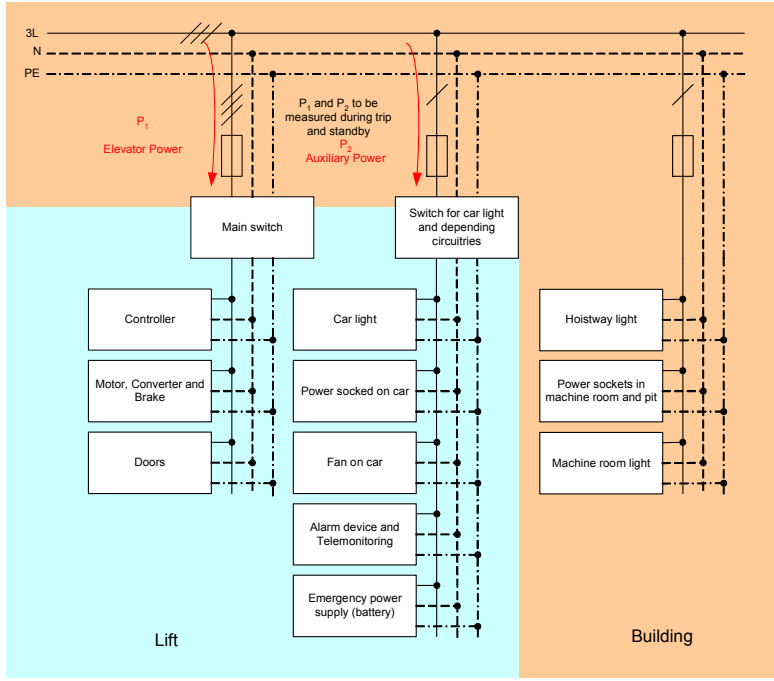
Bekleme ve Seyir tüketimlerinin ne şekilde ve hangi noktalardan yapılması gerektiği ISO ve VDI 4707 de belirtilmiştir. Seyir tüketimlerinin ölçülmesi için öngörülen bağlantı noktaları şekildeki diyagram üzerinde gösterilmiştir. Kılavuz, ISO 25745'te de öngörülen ölçme aletlerinin özelliklerini ve ölçümde dikkat edilmesi gereken temel konuları da tanımlamaktadır.

ASANSÖR KOLON HATTI



(P1)* ve (P2)* seyir ve bekleme durumu için ayrı ayrı ölçülecektir.

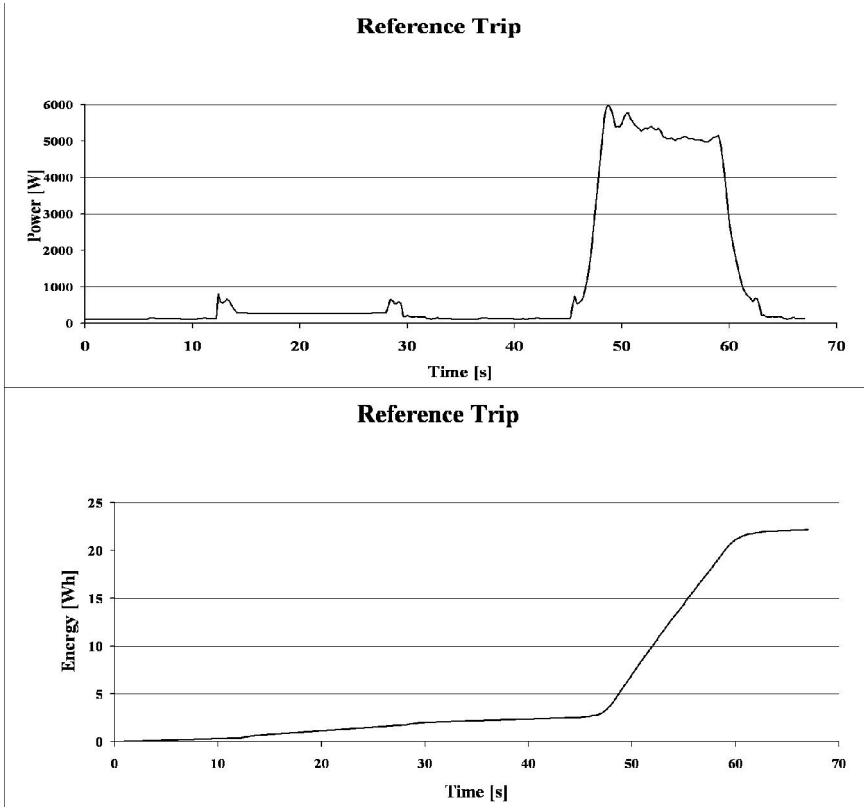
Şekil 1. Ölçüm noktaları.



Şekil 2. VDI 4707 'deki ölçüm noktaları

Ölçümler açısından en önemli hususlar beklemedeki düşük güçler ile motor kalkışı sırasındaki güçler arasındaki farkın çok büyük olduğunun bilinmesi, gerekirse farklı ölçü aletleri kullanılması ve hız kontrollü

sistemlerdeki giriş akımının harmonik bileşenlerinin yüksek olabileceğinin öngörülmesidir. Şekil 3.'te tipik bir referans seyir için güç ve enerji değişimleri gösterilmiştir.



Şekil 3. Referans seyir için (yukarı ve aşağı) tipik güç ve enerji değişimleri

2.2 Enerji Tüketim Sınıfı ve Etiketleme

VDI 4707 Bekleme ve Özgül Seyir Enerji Tüketimi değerlerinin herbirine göre A'dan G'ye kadar yedi kademe enerji tüketimi ve verimlilik sınıfları tanımlanmıştır. Her iki tüketim, daha sonra sistemin kullanım kategorisine göre yine yedi kademedan oluşan genel enerji tüketimi ve enerji verimliliği sınıfının belirlenmesine esas oluşturacaktır. Alışıldığı üzere A sınıfı en az enerji tüketen, dolayısı ile de en yüksek enerji verimliliğine sahip sistem olarak tanımlanmıştır. Bu şekildeki bir etiketlemede "Özgül Seyir Tüketimi" A sınıfı olan bir asansörün "Bekleme Tüketimi" yüksek olduğunda, A'dan daha düşük bir sınıfa düşmesi mümkün olmaktadır. Bu da kabin

aydınlatması, yardımcı sistemlerin tüketimleri, pano elektroniği ve hız denetim cihazının bekleme durumundaki tüketimlerini en az seyir tüketimi kadar önemli hale getirmiştir.

2.3 Kullanım Kategorileri

Bir asansör sisteminin enerji tüketiminin tam olarak sınıflandırılabilmesi için asansörün kullanım sıklığı veya kullanım kategorisinin tanımlı olması gereklidir. Bu kategorilerin belirlenmesinde günlük ortalama seyir ve bekleme süreleri esas alınmıştır. Bu kategorizasyon bir anlamda Seyir ve Bekleme sürelerinin ağırlığını tanımlamaktadır [2].

Tablo 1. Kullanım kategorileri ve Seyir-Bekleme süreleri

Kullanım Kategorisi	1	2	3	4	5
Kullanım Oranı	Çok az	Az	Orta	Yoğun	Çok Yoğun
Günlük Seyir Süresi* (Saat)	0.2	0,5	2.5	3	6
Günlük Bekleme Süresi (Saat)	23.8	23.5	22.5	21	18
Örnek Binalar	Mesken (6 veya daha az daire) ve Küçük Ofisler	Mesken (20 daire) Küçük oteller 2-5 Katlı Ofisler Küçük işletmelerin Yük Asansörleri	Mesken (50 daire) Orta Büyüklükte Oteller 10 Katlı Ofisler Orta Büyüklükteki İşletmelerin Yük Asansörleri	Mesken (>50 daire) Büyük Oteller 10 Kat üzeri Ofisler Büyük İşletmelerin Yük Asansörleri	100 m üzeri binalar Çok büyük Oteller Çok büyük İşletmelerin Yük Asansörleri

- Bu değer günlük seyir sayısı ve seyir süresinden hesaplanabilir.

2.4 Seyir Tüketiminin Ölçülmesi

Seyir tüketimi asansörler için öngörülen yük oran dağılımına uygun referans seyirlerde tüketilen enerjilerin ölçümlerinden

faaydalanılarak belirlenir. Yük oran dağılımı bir asansörün normal çalışma durumunda hangi yük oranlarında yüklendiğini gösteren istatistik bir veridir. Tablo 2.'de kılavuzda öngörülen yük oran dağılımları

gösterilmiştir. Bunların dışındaki bir çalışma durumu beyan edilmek ve belgelenmek şartıyla kullanılabilir.

Referans seyir aşağıdaki seyir aşamalarından oluşmuştur.

- Kapıların açılması
- Kapıların kapanması
- Kuyu boyunca aşağı veya yukarı seyir
- Kapıların açılıp-kapatılması
- Kuyu boyunca aşağı veya yukarı seyir
- Kapıların açılması

Tablo 2. Yük oran dağılımları.

% Yük	% Çalışma
0	50
25	30
50	10
75	10
100	0

Referans seyirleri bu dağılıma uydurmak için örneğin 10 referans seyir için 5 “0” yükte, 3 %25 yükte, 1’er de %50 ve %75 yükte ölçüm yapılması gereklidir. Bu şekildeki yükleme yerine tüm çalışmaların boş kabinle yapılarak sonuçların uygun bir katsayı ile düzeltilmesi de mümkündür.

Tablo 3. Bekleme ve Seyir tüketimleri için enerji sınıfları.

SINIF	A	B	C	D	E	F	G
P_B (W)	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	≤ 1600	> 1600
E_{OST} (mWh / kg.m)	≤ 0.56	≤ 0.84	≤ 1.26	≤ 1.89	≤ 2.80	≤ 4.20	> 4.20

Bekleme ve seyir süreleri kullanım kategorilerine göre değişeceğinden (1) bağıntısı, Tablo 1. ve 3. yardımı ile kullanım kategorileri, Bekleme ve Seyir tüketimlerine göre her kullanım kategorisindeki asansörlerin A’dan G’ye enerji verimliliği

Buna göre karşıt ağırlık oranı %40-%50 arasında olan sistemlerde sonuçların 0.7 ile çarpılması, karşıt ağırlığı bulunmayan veya %30’dan daha düşük dengeleme olan sistemler için sonuçların 1.2 ile çarpılması gereklidir.

2.5 Hesaplamalar ve Etiketleme

Yapılan ölçmeler sonucunda, Seyir ve Bekleme tüketimleri belirlenen bir asansör sisteminde enerji etiketlemesine esas oluşturacak tüketim (1) ile verilen bağıntı ile hesaplanacaktır.

$$(1) \quad E_{OT} = E_{OST} + \frac{P_B \cdot t_B \cdot 1000}{Q \cdot v \cdot t_B \cdot 3600}$$

Burada ;

E_{OT} : Özgül tüketim (mWh / kg.m),
 E_{OST} :Özgül seyir tüketimi (mWh / kg.m),
 P_B : Bekleme durumundaki güç tüketimi (W),
 Q :Anma Yük (kg),
 v : Anma Hız(m/s),
 t_B :Bekleme süresi (h),
 t_S :Seyir süresi (h)’dir.

Bekleme ve Seyir tüketimleri için enerji sınıfları aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

hesaplamalarına esas oluşturan bağıntılar elde edilebilir. Örneğin, 1 ile gösterilen kullanım kategorisi için $t_S=0.2$ h, $t_B=23.8$ h değerleri ve A sınıfı P_B ve E_{OT} değerlerine sahip bir asansörde, A sınıfının 1. Kullanım kategorisi için sınırını tanımlayan bağıntı;

$$E_{OTA_1} = 0.56 + \frac{50 \times 23.8 \times 1000}{Q \times v \times 0.2 \times 3600} \quad (2)$$

şeklindedir.

Bağıntılardaki Q ve v değerlerinin belirli olması veya öngörülmesi durumunda da enerji sınıfları için doğrudan tüketim

değerleri belirlenebilir. Örnek olarak 1000 kg, 1 m/s asansör sistemleri için enerji verimliliği sınıflarını tanımlayan değerler Tablo 4.'e verilmiştir.

$$E_{OTA_1} = 0.56 + \frac{50 \times 23.8 \times 1000}{1000 \times 1 \times 0.2 \times 3600} = 2.21 \text{ mWh / kg m}$$

Tablo 4. Q=1000 kg, v=1 m/s bir sistemin enerji verimliliği sınıfları için sınır değerler.

Enerji Verimliliği Sınıfı	Özgül Enerji Tüketimi (mWh/(kg m))				
	Kullanım Kategorisi				
	1	2	3	4	5
A	≤2.21	≤1.21	≤0.77	≤0.66	≤0.60
B	≤4.15	≤2.15	≤1.26	≤1.03	≤0.92
C	≤7.87	≤3.87	≤2.09	≤1.65	≤1.43
D	≤15.11	≤7.11	≤3.56	≤2.67	≤2.22
E	≤29.24	≤13.24	≤6.13	≤4.36	≤3.47
F	≤57.09	≤25.09	≤10.87	≤7.31	≤5.63
G	>57.09	>25.09	>10.87	>7.31	>5.63

Yukarıda tanımlanan ölçme ve hesaplama yöntemi ve özgül seyir ve bekleme enerji tüketim değerleri yardımı ile bir asansörün yıllık enerji tüketimleri de tahmin edilebilir.

Özgül seyir tüketim değeri, birim yol ve ağırlık için (1 m, 1 kg) tanımlandığından, günlük seyir zamanı (ts) ve anma hız (v) yardımıyla, günlük seyir mesafesi;

$$S = t_s v \quad (3)$$

anma yükü (Q) kullanılarak da günlük seyir tüketimi;

$$E_{SGÜN} = E_{ÖST} S Q \quad (4)$$

şeklinde elde edilir.

Günlük bekleme süresi (tb) ve beklemedeki güç tüketimi yardımıyla beklemedeki günlük enerji tüketimi;

$$E_{BGÜN} = t_b P_B \quad (5)$$

şeklinde hesaplanır.

Buradan yıllık enerji tüketimi;

$$E_{YIL} = 365 (E_{BGÜN} + E_{SGÜN}) \quad (6)$$

olarak bulunur.

2.6 Örnek bir hesaplama

Örnek hesaplama niçin veriler

v = 1 m/s, Q=630 kg, 5 durak ve 12 m seyir mesafeli, tahmini günlük seyir sayısı 200 (Doktor muayenehanesi), bekleme tüketimi 40 W

Ortalama seyir mesafesi 12 m'nin yarısı alınarak, günlük 200 seyir ve 1m/s hız için günlük seyir süresi,

$$(6 \text{ m } 200 \text{seyir}) / (1 \text{ m/s}) = 1200 \text{ s veya } 0.33 \text{ h}$$

Buna göre kullanım kategorisi 2'ye girmektedir. (0.3h < 0.33 h < 1 h)

Bu aşamadan sonraki hesaplamalarda, kategori 2'nin öngördüğü seyir ve bekleme süreleri (0.5 h seyir, 23.5 h bekleme) kullanılacaktır. Örnek sistemin bekleme tüketimini 40 W olduğundan, bekleme

tüketimi açısından Tablo 3.'e göre A sınıfı olacaktır. Sistem için referans seyir (yukarı ve aşağı boş kabin için) tüketiminin 10.8 Wh ölçüldüğü kabul edilsin. Yük faktörü 0.7 alınarak, toplam seyir 2x12m olduğundan, Özgül Seyir Tüketimi

$$E_{OST} = 0.7 E_{RST} / (Q \cdot 2 \cdot S) = (0.7) \\ (10.8) / ((630) (2) (12)) = 0.5 \text{ mWh/kg m}$$

bulunur.

Günlük seyir mesafesi seyir süresi 0.5 h ve 1m/s için 1800 m, günlük seyir tüketimi, 630 kg ve 1800 m için 567 Wh olarak bulunur. 23.5 h'lık bekleme için, 40 W güçteki günlük bekleme enerji tüketimi 940 Wh ve günlük enerji tüketimi 1507 W ve özgül enerji tüketimi (seyir ve bekleme birleşik) 1.33 mWh/ kgm olarak belirlenir. Yıllık tüketim 365 gün için 550 kWh olarak bulunur.

3- SONUÇLAR

Bu çalışmada asansör sistemlerinin enerji tüketimlerinin ölçülmesi ve enerji sınıflarının belirlenmesinde kullanılan tanım ve yöntem ve bağıntılar verilmiştir. Bu şekilde yeni kurulacak sistemlerde enerjinin daha etki kullanımı ve sistemin yüksek verim sınıfına girebilmesi için hangi bileşenlerin tüketimlerinin ne ölçüde düşürülmesi gerektiğinin önceden belirlenmesi mümkün olacaktır. Örneğin

motor sisteminin tükettiği seyir enerjisi çok düşük olan bir sistemde kabin aydınlatmasının yaratacağı tüketim artışı sistemin genel enerji tüketim sınıfını etkileyecektir. Öncelikle makine motor, pano (kontrol elektroniği, hız denetim cihazı vb.) ve kapı-kabinin seyir ve bekleme enerji tüketimlerinin kullanım kategorileri için belirlenen sınırların altında kalmasının sağlanması, daha sonraki aşamada kusursuz bir montajla kurulan sisteme aktarılması gereklidir. Tasarım aşamasında düşük enerji tüketeceği planlanan bir sistem hatalı montaj, yetersiz bakım vb. gibi nedenlerle umulandan daha fazla enerji tüketebilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] ISO 25745 (Taslak) ; Energy Performance of Lifts, Escalators and Moving Walks — Part 1: Energy Measurement and Verification
- [2] VDI 4707 Guidelines for Lifts Energy Efficiency
- [3] ELA presentation, Urs LINDEGGER, 2010 Berlin.
- [4] Asansör Sistemlerinde Enerji Tüketiminin Ölçümü Ve Verimliliğin Etiketlenmesi, H.T.Duru,2010 Asansör Sempozyumu, İzmir