

BİNALARDA ENERJİ TASARRUFU VE ASANSÖRLERİN ENERJİ TÜKETİMİ

Prof.Dr. C. Erdem İMRAK¹ ve Ar.Gör. Derya ÖZER²

^{1,2} İTÜ. Makina Fakültesi, Gümüşsuyu 34437, İstanbul.

ÖZET

Enerji kaynaklarının azaldığı günümüzde enerji verimliliği büyük önem kazanmıştır. Bu çalışmada, binadaki toplam enerjinin büyük bir kısmını tüketen asansörler mercek altına alınmıştır. Enerji verimini arttırmak amacıyla asansör mekanik sistemi, tahrik ünitesi, elektrik sistemi ve kontrol sisteminde yapılabilecek iyileştirmeler incelenmiştir.

Bu iyileştirmelerin denetlenebilmesi amacıyla 5 Aralık 2008'de 27075 sayılı Resmî Gazetede "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" yayınlanmıştır. Enerji tüketen tüm binaları kapsayacak şekilde enerji kimlik belgesi düzenlenmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, asansörlerin enerji harcamasının hesaplanması ele alınmıştır.

1. ENERJİ VERİMLİLİĞİ NEDİR?

Enerji verimliliği, tüketilen enerji miktarının, üretimdeki miktar ve kaliteyi düşürmeden, ekonomik kalkınmayı ve sosyal refahı engellemeden en aza indirilmesidir. Enerji verimliliğinde en önemli faktör enerji tasarrufudur. Genellikle enerjinin az kullanılması olarak algılanan enerji tasarrufu, aslında enerji atıklarının değerlendirilmesi ve mevcut enerji kayıplarının önlenmesi yoluyla tüketilen enerji miktarının, kalite ve performansı düşürmeden en aza indirilmesidir.

Enerjinin verimli kullanımının sağlanmasında en temel gösterge enerji yoğunluğunun düşürülmesidir. Tablo 1 incelendiğinde, ülkemizde kişi başına enerji tüketimi OECD ülkeleri ortalamasının yaklaşık 1/5'i oranında, enerji yoğunluğu ise OECD ortalamasının iki katı kadardır. Bugüne kadar yürütülen çalışmalara rağmen enerji yoğunluğu, düşme eğilimine girmemiştir. Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre gelişmiş ülkelerde enerji yoğunluğu 0.09-0.19 arasında iken, ülkemizde 0.38 olması ve azalma eğilimi göstermemesi bu konunun ciddi olarak ele alınması gereğini ortaya koymaktadır. Sadece bu rakam bile, Türkiye'nin enerji verimliliğinin artırılması konusunda yapılabilecek çok şey olduğunu göstermektedir.

Tablo 1: Enerji Tüketiminin Karşılaştırılması[1]

Ülke	GDP (milyar \$)	Tüketim (milyon TEP)	Enerji yoğunluğu	Kişi başına tüketim (TEP/nüfus)
Türkiye	190,3	72,5	0,38	1,06
Japonya	5648	520,7	0,09	4,09
ABD	8977,9	2281,5	0,25	7,98
Yunanistan	144,8	28,7	0,20	2,62
OECD	27880,9	8970	0,19	4,68
Dünya	34399,8	10029	0,29	1,64

5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu, 02 Mayıs 2007 tarih ve 26510 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu Yönetmelik kapsamında her binanın bir enerji kimlik belgesi olması gerekmektedir. Ayrıca, binaların yıllık maksimum enerji tüketim miktarlarının (kWh/m²) belirlenmesi gerekmektedir. Enerji Verimliliği Kanunu ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından belirlenen hedef, Türkiye’nin enerji yoğunluğunu 2020 yılına kadar %15 azaltmaktır ve performansı düşürmeden en aza indirilmesidir. Bu bağlamda, binalarda enerji tasarrufu sağlamak için asansör enerji tüketimi konusu da dikkate alınmalıdır.

2. ASANSÖRLERİN ENERJİ TÜKETİMİ

Enerji tüketimi enerji verimliliğini artırarak azaltılmalıdır. Avrupa’da Kyoto anlaşmasından önce her binanın enerji sertifikası(93/76/EEC) olması kararlaştırılmıştır. 31 Temmuz 2001’de Avrupa Birliğince sunulan tasarıda binaların enerji performansının iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Ülkemizde de 5 Aralık 2008’de 27075 sayılı Resmi Gazetede “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” yayınlanmıştır. Bu bağlamda, enerji tüketen tüm binaları kapsayacak şekilde enerji kimlik belgesi düzenlemeyi getirecek düzenlemeler yapılmalıdır. Öncelikle binaların enerji performansının artırılması amacıyla tasarım aşamasında ısıtma-soğutma, ısı yalıtımı ve asansör konularının, uzman makina mühendisleri tarafından projelendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca enerji kimlik belgesi düzenleme işlemlerinin de uzman makina mühendisleri tarafından gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Yasal düzenlemeler ve yönetmelikler bir an önce uygulanmaya başlamalıdır.

Genel düzenlemelere ek olarak, düşey transport sistemlerindeki teçhizatlarda da 10-15 senede bir iyileştirme yapılmalıdır. Böylece; asansör güvenilirliği ve performansı artarken enerji tüketimi azaltılır.

1970’lerdeki enerji krizine kadar asansör motorlarından sadece güvenilirlik, konfor ve ucuzluk beklenmekte iken, daha sonraki yıllarda bunlara enerji verimliliği de ilave edilmiştir. Kabin hareketinde potansiyel ve kinetik enerji dönüşümü ve ısı enerjisi nedeniyle kayıplar oluşmaktadır. Isı kaybının olduğu 4 ana madde şunlardır[2]:

- a) Kaldırmada: Kabin ve karşı ağırlığın raylarda sürtünmesi, kasnak ve makaralarda halat sürtünmesi (%3.5)
- b) Redüktörde: Sonsuz vidada meydana gelen güç aktarımında(%30)
- c) Frenlerde: Mekanik frenlerin çalışmasında(%1)
- d) Motorda: En büyük ısı kaybının olduğu yer(%60)
- e) Elektriksel Kayıplar(%5.5)

Görüldüğü üzere, en fazla ısı kaybı motorda oluşmaktadır. Temel frekansta meydana gelen asenkron motor kayıpları; stator ve rotor bakır kayıpları, demir (nüve) kayıpları (fuko ve histezis), parazit kayıpları (stray loss) ve mekaniksel kayıplar (sürtünme ve rüzgar) olarak özetlenebilir.[5]

Enerji tüketimini etkileyen temel faktörler ise; 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.

Asansör donanımının haricinde enerji tüketiminde rol oynayan diğer bir unsur, asansörün kullanım koşullarıdır. Bu koşullar genellikle asansör hızı, taşınan yük, yolculuk mesafesi ve kullanım sıklığı ile bağlantılıdır.

Enerji tüketimini etkileyen en önemli faktörler aşağıda sırayla incelenmiştir.

2.1. MEKANİK SİSTEMLER

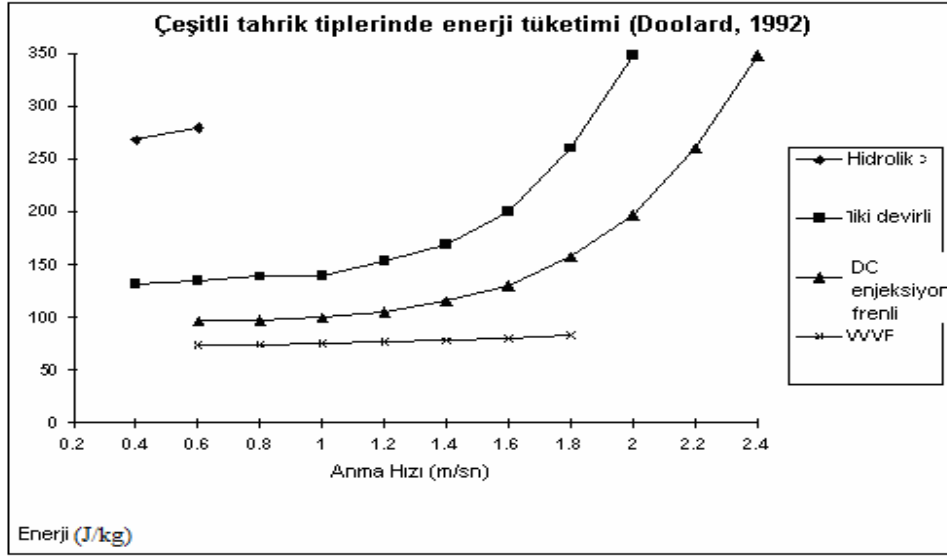
Tahrikte kullanılan dişli kutusunun sonsuz vidalı veya helisel dişli olması enerji tüketimini doğrudan etkilemektedir. Düşük momentlerde dişli kutusu verimi %30 iken yüksek momentlerde %70'e yaklaşmaktadır. Günümüzde ise bu değer %90'a ulaşmaktadır.

Asansördeki halatlama oranına (1:1, 2:1) ve tek veya çift sarım kullanımına bağlı olarak da enerji verimi değişir. Genellikle, halat sistemi ne kadar basitse verim daha yüksektir. Çift hızlı sistemlerde ise volan kullanılmaktadır. Volan kullanımı sistemin verimini düşürmektedir. Diğer hareketli kütlelerin atalet momenti düşürülmelidir. Tüm asansör sistemleri, kılavuz raylardaki ve patenlerdeki sürtünmeyi ve kuyu ile kabin arasındaki hava direncini yenmelidir. Bu nedenle de, boş kabin ağırlığı mümkün olduğunca en düşük seviyede tutulmalıdır.

2.2. TAHRİK ÜNİTESİ

Konforlu bir seyahat için asansörün yolcuları rahatsız etmeyecek şekilde ivmelenmesi, tam kat hizasında durması ve en kısa sürede maksimum yolcu taşıyarak zaman kaybına sebep olmaması gerekmektedir.

Günümüz asansörlerinde sıkça kullanılan 3 çeşit tahrik şekli vardır. Tahrik ünitesi olarak hidrolik, tek hızlı ve çift hızlı AC değişken gerilim(ACVV) ile değişken gerilim değişken frekans(VVVF) kullanılmaktadır. Şekil 1'de tahrik mekanizma tiplerinin karşılaştırılması verilmiştir. Buna göre, hidrolik tahrik en verimsiz, VVVF ise en verimli tahrik yöntemidir.



Şekil 1: Tahrik mekanizmalarının karşılaştırılması[1,2:4]

2.3. KONTROL SİSTEMİ

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

2.4. ELEKTRİK SİSTEMİ

Motorun kendi yapısında açığa çıkan ısıdan dolayı da enerji kaybı olacaktır. Bu değerler Tablo 2’de verilmiştir.

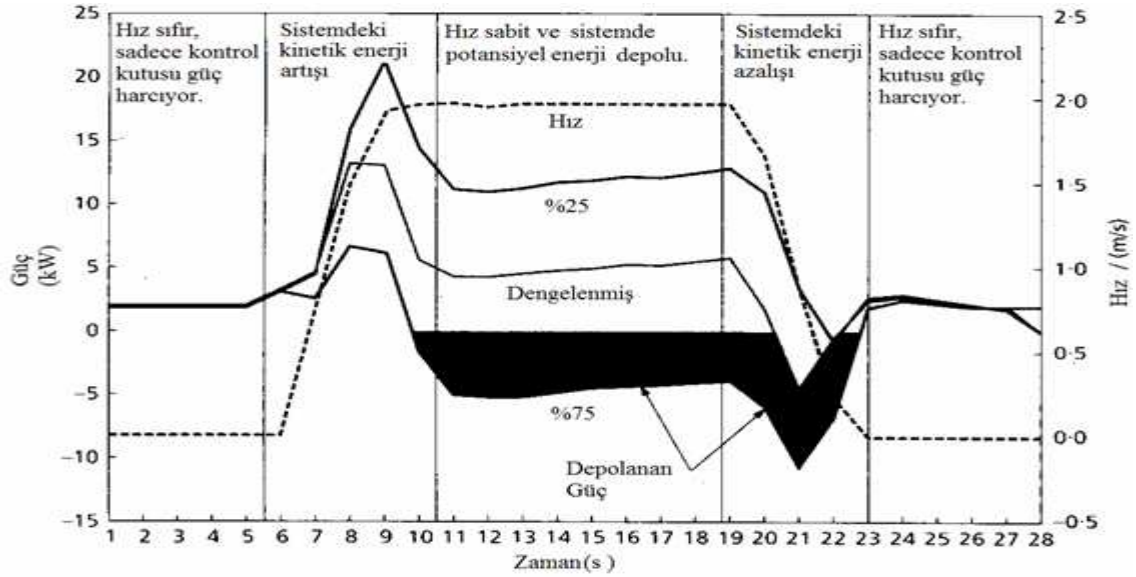
Tablo 2. Elektrik sistemine bağlı olarak ısı kaybı oranları[2:4]

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 mıknatıslı senkron motor	3-90	28-13
Hidrolik	4-20	70-30

Enerji ayrıca, kabin ve makine dairesi aydınlatması, ısıtması, soğutması için de kullanılmaktadır.

2.5. ÇALIŞMA YOĞUNLUĞU

Asansörü kullanan kişi sayısı, yolcuların seyahat sayısı ve gitmek istedikleri kat sayısı, kabindeki yük değişimi, kabin ağırlığı enerji tüketiminde önemli rol oynamaktadır. Aşağıdaki şekilde, %75 dolu bir asansörden farklı yüklemeler için güç kaynağında toplanacak enerji gösterilmiştir.



Şekil 2. Farklı miktarlarda yüklenen asansörlerin enerji tüketimi ve hızları.[3]

Asansörler, yük oranı %40- 50 olacak şekilde dengelenirler. Bu durumun sağlanması içinse karşı ağırlık kütlesi, boş kabin ağırlığına kabindeki yüklem oranının %40-50'si eklenerek hesaplanır. Şekil 2’de %42’lik bir karşı ağırlık söz konusudur. Bu nedenle, en verimli durum kabinin %42 yüklü olduğu durumdur. Ancak, ne yazık ki bu durum nadir görülür.[2:4]

3. ASANSÖRLERİN ENERJİ TÜKETİMİNİN HESABI

Asansörlerin enerji tüketimini belirlemek için yapılan 3 farklı metot bulunmaktadır.

3.1. DOOLARD METODU

Kesin kabul gören bir metot olmamasıyla birlikte Doolard'ın bilgileri (1992) enerji tüketiminin hesaplanmasında yararlı bir kaynaktır. Doolard birbirinden farklı tahrik tiplerinde çok sayıda ölçüm yapmıştır. Bunları bir asansörü boş şekilde üç kat aşağı ve yukarı hareket ettirerek yapmıştır. Çıkardığı grafiklerde kabin ağırlığını normalize etmiştir. Şekil 1'de kabin ağırlığı, J/kg cinsinden gösterilmiştir. Aslında doğru birimin (J/Kg)/start olmalıdır. Bu şekiller boş kabinin 3 katlık seyrine göre hazırlanmıştır.

Bu metot kesinleşmiş değildir. Buna rağmen, grafikler pratikte enerji tüketimi açısından önemli bir fikir edinilmesini sağlamaktadır. Bu sayede, aynı zamanda kabin ağırlığının bilindiği asansörlerde, üç katlık mesafede ne kadar enerji harcanması gerektiği hakkında bir fikir edinilebilir. Genellikle kabin ağırlığı kabindeki kişi sayısına eşit alınabilir.

3.2. SCHROEDER METODU

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

Tablo 3. Tahrik yöntemlerine göre genel seyir süreleri[1,3,4]

Tahrik		Zemin üzerindeki katlar	TP(saniye)	
			Yelpaze	Ortalama
Hidrolik	Karşı ağırlık yok	6'dan az	5-7	6
Redüktörlü	AC 2-hızlı	6	9-12	10.5
	ACVV (büyük kütleli)	12	7-10	8.5
	ACVV (düşük kütleli)	12	5-8	6.5
Redüktörsüz	Motor-jeneratör	18	4-6	5
	Tristör	18	3-5	4

Hesaplanan ve Tablo 3'de gösterilen ortalama *TP* değeri bundan sonraki hesaplarda kullanılacaktır. Hesapların daha tutarlı olması için Schroeder 1:1 oranındaki büyük motor ve 2:1 oranındaki küçük motor için hesaplamalar yapmıştır. Seçilen değerler aşağıdaki denklemde kullanılmaktadır. Buna göre günlük enerji tüketimi:

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

ile ifade etmektedir. ((kWh/gün)). Burada *R* ise motor değerini ifade eder (kW) ve *ST* ise bir günde asansörün kaç kere kullanıldığını ifade etmektedir. Bu denklemdeki zorluk *ST* değerini

belirlemektir. Bu değer ölçülerek bulunur yada bir yaklaşımla belirlenir. Seçilen değer doğrudan sonuca etki etmektedir.

Aşağıdaki denklem ise yukarıda hesaplanan değerle bulunan her kattaki alan başına harcanan yıllık enerjinin hesaplanmasını sağlamaktadır.

$$W = \frac{E_d \times d \times 0.85}{Nf \times F} \quad (2)$$

Burada d bir yıldaki gün sayısını, Nf bina nüfusunu, F her kattaki kişi sayısı ve W ise bir kattaki yıllık enerji tüketimini (kWh/m^2) ifade etmektedir.

SIA standardı 380/4 göre, enerji ölçümleri sonrasında asansörlerin standart kullanımları sırasında harcadıkları enerji miktarı Swiss Society of Engineers and Architects tarafından

$$W = \frac{Z \times k_1 \times k_2 \times h_{\max} \times P_m}{v \times 3600} \quad (3)$$

ile hesaplanmaktadır. Burada Z yıllık hareket çevrim sayısı, k_1 ortalama yük faktörü (halatlı için 0.35, halatlı+enerji geri kazanımlı için 0.21, hidrolik için 0.3), k_2 kuyu yükseklik faktörü (2 katlı için 1, diğer 0.5), h_{\max} maksimum kuyu yüksekliği, P_m motor gücü ve v ise hız (m/s) dir.[1,3,4]

4. ENERJİ TÜKETİMİYLE İLGİLİ ÖRNEK

Binada kullanılan asansör tesisinin enerji tüketimi ve yıllık tutarı hakkında verilen bilgiler ışığında bir örnek hesap ele alınacaktır.

Bir binada, 2 asansörlü, 13 kişi kapasiteli, 1.2 m/s hızında, çift hız tahrikli ve 6.75kW motor gücüne sahip bir asansörün enerji tüketim değerleri Schröder ve Doolard yöntemine göre hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Gün içinde asansörün yoğun olarak 4 saat kullanıldığı ve saatte 95 dur-kalk yaptığı kabul edilmiştir. Ayrıca, diğer 8 saatte asansörün seyrek kullanıldığı ve 15 dur-kalk yaptığı öngörülmüştür. (Burada gün 12 saat olarak düşünülmüştür, 7:00-19:00). Gün içinde toplam asansör kullanımı:

$$ST = (4 \times 95) + (8 \times 15) = 500 \text{ gün-1}$$

Binada 10 m^2 'lik alana bir kişi düşmekle birlikte 500 kişi bulunmaktadır. Öncelikle, Schröder'in yöntemi kullanılarak Tablo 2'den TP değeri 10.5 olarak alınır. Böylece, toplam günlük enerji tüketimi aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$E = 2 \times \frac{10.5 \times 500 \times 6.75}{3600} = 19.68 \text{ kWh/gün}$$

Bir yılda 260 iş günü olduğunu varsayarak, denklem 2'den asansörün yıllık bir kat alanında ne kadar enerji harcadığı hesaplanır.

$$W = \frac{19.68 \times 260 \times 0.85}{500 \times 10} = 0.87 \text{ kWh/ m}^2$$

Buna göre yıllık enerji tüketimi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$E_a = 19.68 \times 260 = 5116.8 \text{ kWh/yıl}$$

Her kWh için enerji maliyetini 0.272 lira ve bir yıldaki çalışma günlerinin sayısını 260 kabul ederek yıllık enerji tutarı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\text{Yıllık Enerji Maliyeti} = 19.68 \times 260 \times 0.272 \text{ lira/kWh} = 1391,77 \text{ TL}$$

Binada harcanılan günlük enerji tüketiminin 900 kWh/gün olduğunu kabul ederek asansörün harcadığı enerjinin yüzdesi bulunur.

$$\text{Toplam enerji tüketiminin yüzdesi} = \frac{19.68 \times 100}{900} = \%2.19$$

Doolard'ın sonuçlarına göre, çift hızlı bir asansör şekil 1'e göre her başlatma işlemi için 150 J/kg enerji harcamaktadır. Kabin yükü ile kabin ağırlığının eşit olması kabulü ile günlük enerji tüketimi aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$E_d = 2 \times \frac{(150 \times 500 \times 13 \times 75)}{3600 \times 10^3} = 40.6$$

Yukarıdaki sonuçlardan görüldüğü gibi, Doolard'ın yöntemine göre yapılan hesabın sonucu Schroeder'in yöntemiyle bulunan sonucun yaklaşık olarak iki katıdır. Bunun sebebi, Doolard'ın yönteminde 3 kata göre Schroeder'in yönteminde ise 1.1 kata göre hesap yapılmasıdır. Buna göre enerji tüketimi hesabı yapılırken bu iki yöntemin kullandığı yaklaşımlar göz önünde tutulmalıdır.

5. SONUÇ

Asansör motorları kesikli olarak ve değişken yüklerle 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. Örneğin, Ward Leonard sistemleri çok verimsizdir ve fazla enerji tüketir. Asansör hızı amaca göre belirlenmelidir. Yolcu olmadığında, kabin aydınlatması ve havalandırılması azaltılmalıdır. Asansörler yoğun olarak kullanılıyorsa, asansör makina dairesinde motordaki atık ısı geri kazanılmalıdır. Asansör makine dairesinde elektrikli tahrikte %30, hidrolik tahrikte ise %50 enerji açığa çıkar. Kısacası, enerji tüketimi doğru teçhizatları kullanarak ve trafik yoğunluğuna göre tasarım yaparak azaltılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Imrak, C.E. *Binalarda Enerji Verimliliği ve Asansörlerde Enerji Tüketimi*, Asansör Dünyası, Ocak2010, 56.
- [2] Imrak, C.E. ; Gerdemeli, I. *Asansörler ve Yürüyen Merdivenler*. Birsen Yayınevi, İstanbul, 85-86, 2000, ISBN 975-511-244-8
- [3] Barney, G., *Transportation Systems in Buildings CIBSE Guide D*,13.Bölüm, ISBN 1903287-61-8, Great Britain, Page Bros. (Norwich), Ltd, 2005
- [4] Al Sharif , L., *Lift Energy Consumption:General Overview* , Elevator Technology 14, IAEE Yayınları, s.7-10, 2004, ISBN: 965-90338-2-6, İsrail
- [5] Saracoğlu, B., Meşe, E., Özdemir, E., Duru, T., *Asenkron Motorların Optimal Enerji Denetimi*, Elektrik, Elektronik, Bilgisayar Mühendisliği 9.Ulusal Kongresi, s 5-8, 19-23 Eylül, 2001. İzmit,