

TÜRKİYE VE DÜNYADA ELEKTRİK MOTORLARI ENERJİ TÜKETİMİ VE İLGİLİ TEKNİK MEVZUAT

Güvenir Kaan ESEN
Türk Standardları Enstitüsü
Elektroteknik Laboratuvarı Gebze Müdürlüğü
Gebze / KOCAELİ
gkesen@tse.org.tr

ÖZET

Enerjide arz güvenliğinin sanayide, sanayide sürdürülebilirliğinin ve büyümenin ise kalkınmada oldukça önem taşıdığı günümüzde saklı enerji kaynağı sayılabilecek olan verimlilik hususu önem arz etmektedir. TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) verilerine göre Türkiye elektrik enerjisinin 2013 yılı itibariyle %47,1'si sanayi sektöründe tüketilmektedir. Sanayide kullanılan elektrik motorları ise bu sektörde tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık %70'ini teşkil etmektedir. Bu veriler enerji verimliliğinde hedeflenmesi gereken noktaların başında sanayi sektörünün olduğunu sanayide de elektrik motorlarının olduğunu göstermektedir. Sanayinin büyümeye ve son yıllardaki ar-ge desteklerine endeksli olarak gelişmesi, otomasyon sistemleri ile daha teknoloji yoğun olma yolunda ilerlemesi her yıl Türkiye piyasasına 1 milyon adedin üzerinde elektrik motoru arz edilmesine neden olmaktadır. Türkiye'de BSTB (Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı) tarafından AB (Avrupa Birliği) mevzuatı ile uyumlu hale getirilen yerel mevzuat, söz konusu elektrik motorları için enerji verimlilik endeksi beyanını ve bulunması gereken en düşük seviyeyi zorunlu kılmaktadır. Bu çalışma ile dünyada ve Türkiye'de elektrik motorlarının sektörel ve sınıfsal açıdan enerji tüketimi irdelenmekte; ayrıca Türkiye pazarına arz edilen yerli ve yabancı menşeli elektrik motorlarının piyasa gözetim ve denetimi faaliyetlerinin hukuki dayanağı ve gelişim süreci aktarılmaktadır. Çalışma neticesinde düşük verimli elektrik motorlarının yüksek verimli olanlar ile değiştirilmesi yoluyla Türkiye'de yaklaşık yılda 2500 GWh'lik enerji tasarrufu sağlanabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Motorları, Sincap Kafesli Asenkron Motorlar, Enerji Verimliliği, Enerji Etiketlemesi

1. GİRİŞ

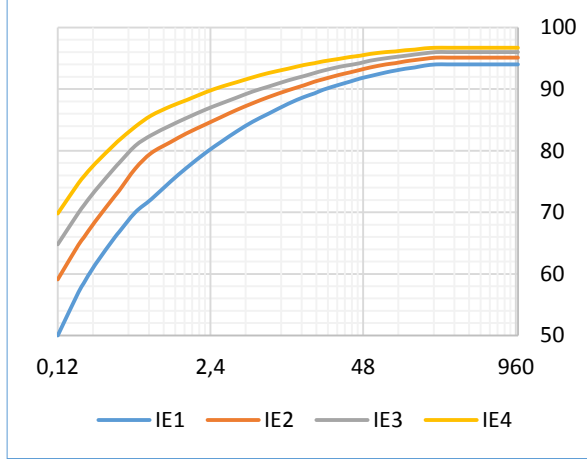
Elektrik motorlarında verimlilik üzerine kurulan ilk oluşum, tüketiciyi korumak ve haksız rekabeti önlemek için 1998 yılında CEMEP (Avrupa Elektrik Makinaları ve Güç Elektroniği İmalatçıları Komitesi) tarafından kabul edilen ve tamamen ihtiyari olan elektrik motorlarını, EFF3, EFF2 ve EFF1 olmak üzere verimlilik değerlerine göre sınıflandıran uygulamadır. 1,1-90 kW motorları kapsayan bu uygulamada EFF3 en düşük verimlilik sınıfı, EFF1 en yüksek verimlilik sınıfı olarak belirlenmiştir.[1]

Verimlilik sınıflarına ise 2008 yılında IEC tarafından yayımlanan ve 2009 yılında CENELEC ile Avrupa Normu haline gelen ve 2010 yılında ise TSE

tarafından kabul edilen TS EN 60034-30 standardı, verimlilik sınıflarına IE1, IE2, IE3, IE4 şeklinde yeni bir tanımlama getirilmiştir. Bu yeni tanımlamaya göre IE1 → EFF2'nin, IE2 → EFF1'in karşılığı olup, IE1 Standard verimli, IE2 Yüksek verimli, IE3 Çok Yüksek Verimli Motorlar ve IE4 Süper Çok Yüksek Verimli Motorlar olarak tanımlanmıştır. [2]

İlk olarak 2/4/6 kutuplu anma gerilimi 1000V aşmayan ve 0,75 ila 375 kW güç aralığında sincap kafesli asenkron motorları kapsayan TS EN 60034-30 standardı, 2014 yılında doğrudan şebekeden beslenen motorlar ve değişken hız sürücülü motorlar olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. Şebeke tarafından doğrudan beslenen motorlar için verimlilik sınıflarını tayin eden TS EN 60034-30-1 standardı

yayımlanmıştır. TS EN 60034-30-2 ise taslak halindedir. TS EN 60034-30-1 standardı farklı olarak 0,12 ila 1000 kW güç aralığını kapsamakta ve IE4 verimlilik sınıfını tanımlarken IE5 verimlilik sınıfının ileride yayımlanacağını bildirmektedir. Ayrıca 8 kutuplu motorlar da bu değişiklik ile kapsama dâhil olmuş bulunmaktadır. [3,4]

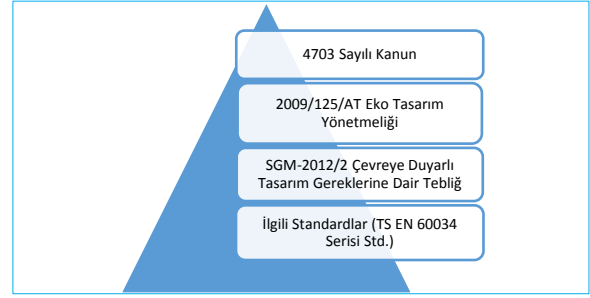


Grafik 1 TS EN 60034-30-1 Standardına Göre Verimlilik Sınıfları [3]

2. MEVZUAT

Elektrik motorları hususunda ilk yasal düzenleme Avrupa Birliğinin *Elektrik Motorları ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gereklere Dair EC/640/2009* sayılı tüzüğüdür. Beraberinde, 4703 sayılı *Ürünlerle İlişkin Teknik Mevzuatın Hazırlanması ve Uygulanmasına Dair Kanununun* 14 üncü maddesine dayanılarak hazırlanan *Enerji ile İlgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik* 2010 yılında yürürlüğe girmiştir. Daha sonra 2012 yılında *EC/640/2009* referans alınarak hazırlanan ve uyumlaştırılan *SGM-2012/2 Elektrik Motorları İle İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gereklere Dair Tebliğ* yayımlanarak ulusal mevzuata kazandırılmıştır. [5]

Yasal düzenlemeler ile elektrik motorlarına dair mevzuat, piyasa gözetim ve denetim faaliyetlerini de uygulanabilir kılmıştır. SGM-2012/2 sayılı tebliğ ile 2, 4, 6 kutuplu, anma gerilimi (UN) en fazla 1000 V olan, anma çıkış gücü (PN) 0,75 kW ile 375 kW arasında olan ve sürekli çalışacak şekilde tasarlanmış tek hızlı, 3 fazlı, 50 Hz veya 50/60 Hz sincap kafesli endüksiyon motorları denetim kapsama alınmış bulunmaktadır.[6]



Şekil 1 Elektrik Motorlarında Doğrudan Etkili Yasal Düzenlemeler [5]

Tebliğde göze çarpan en önemli husus zorunlu uygulamaya dair düzenlemelerdir. Tebliğ 02.04.2012 tarihi itibariye IE1 verimlilik sınıfı motorların piyasaya arz edilmesini yasaklamakta ve diğer verimlilik sınıfları için süreç tanımlamaktadır. Bunun dışında 01.01.2015 tarihinden itibaren, anma çıkış gücü 7,5 kW ile 375 kW arasında olan motorların veriminin, IE3 verim seviyesinden düşük olmayacağını veya piyasaya arz edilen motorların IE2 verim seviyesini karşılayacak ve değişken hızlı tahrikle teçhiz edilmesi gerektiğini bildirmektedir.[6]

Tablo 1 Türkiye'de zorunlu uygulamaya geçiş süreci [6]

Sınıfı	Zorunlu Yürürlük Tarihi	Açıklama (İstisnalar)
IE1	02.04.2012	2 Nisan 2012 tarihinden itibaren piyasaya sürülmesi yasaklanmıştır.
IE2	02.04.2012	01.01.2015 tarihine kadar kullanılabilir.
IE3	01.01.2015	Değişken hızlı tahrikle teçhiz edilmesi halinde IE2 verim seviyesi kullanılabilir. (7,5 kW - 375 kW)
IE3	01.01.2017	Değişken hızlı tahrikle teçhiz edilmesi halinde IE2 verim seviyesi kullanılabilir. (0,75 kW - 375 kW)

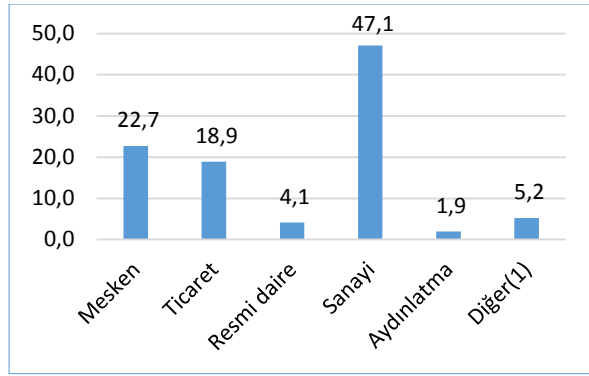
Sürecin devamında ise 01.01.2017 tarihinden itibaren, anma çıkış gücü 0,75 kW ile 375 kW arasında olan motorların verimi, IE3 verim seviyesinden düşük olmamalı veya piyasaya arz edilen motorların IE2 verim seviyesini karşılaması ve değişken hızlı tahrikle teçhiz edilmesi zorunludur. [6]

Tablo 2 Başlıca ülkelerin verimlilik sınıfı uygulama tarihleri[7]

BÖLGE	IE1	IE2	IE3
ABD	-	1998	2011
AB	-	2011	2015
PRC	2006	2011	2015
TÜRKİYE	-	2012	2015

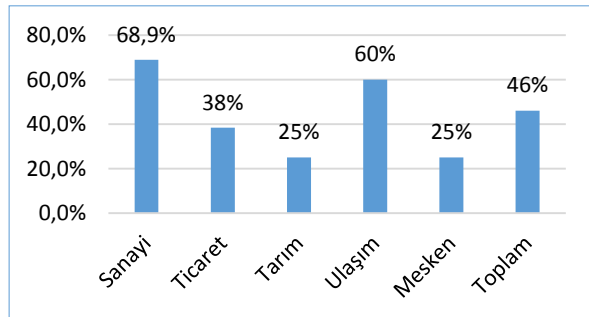
1998 yılından 2011 yılına kadar ABD’de en az IE2 verimlilik sınıfında motorların, 2011 yılından itibaren ise en az IE3 sınıfı motorların tesis edilmesine müsaade edilmektedir. AB ve Çin’de ise 2011-2015 yılları arası IE2 sınıf motorlar, 2015 sonrası ise en IE3 sınıf motorların kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Türkiye’de ise bir yıl gecikme ile IE2 sınıfı ve AB ve Çin’e paralel olarak IE3 sınıfı zorunlu uygulamaya geçmiş bulunmaktadır. [7]

3. TÜRKİYE’DE VE DÜNYADA ELEKTRİK MOTORLARI ENERJİ TÜKETİMİ



Grafik 2 Türkiye Nihai Enerji Tüketiminin Sektörlere Göre Payları 2013 [8]

2013 yılı TÜİK verilerine göre Türkiye’de toplam 198.045 GWh Elektrik Enerjisi Tüketilmiştir Türkiye nihai enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı Grafik 2’de görülmektedir. 2013 yılında 93.280 GWh elektrik sanayi sektöründe tüketilmiş bulunmaktadır. [8] Uluslararası Enerji Ajansı tarafından 2011 yılında yayımlanan ve 29 ülke üzerinde yapılan çalışma neticesinde elektrik motorlarının, arz edilen tüm elektrik enerjisinin yaklaşık %46’sını, sanayi sektöründe ise %69’unu tüketmektedir. [9]

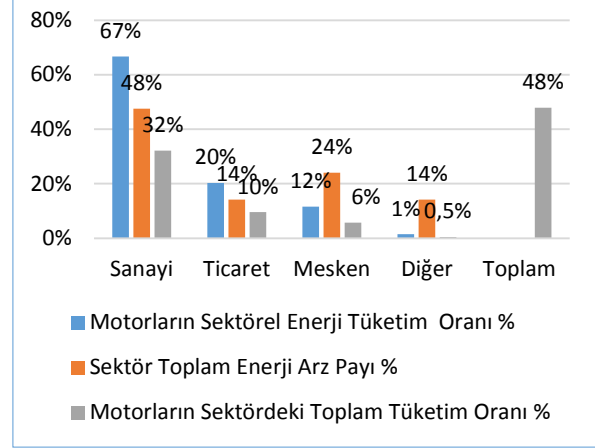


Grafik 3 Elektrik Motorlarının Sektörlere Göre Enerji Kullanım Oranı [9]

Söz konusu araştırmada Türkiye’ye ait 2006 yılı verileri kullanılmış olup Tablo 3’te sektörlere göre elektrik motorlarının enerji tüketimleri verilmiştir.

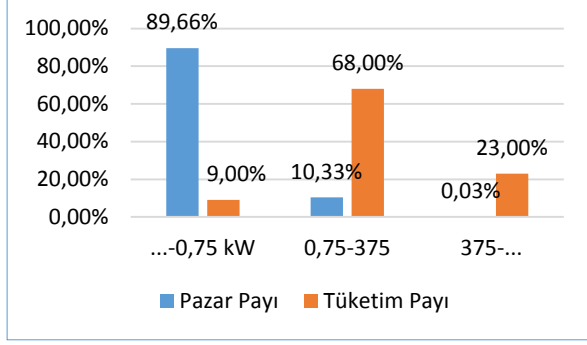
Tablo 3 Türkiye 2006 yılı Elektrik Motorlarının Sektörlere Göre Tüketimi [9]

Sektör	Elektrik Motorların Sektörel Tüketimi TWh/Yıl	Sektörün Toplam Enerji Tüketimi TWh/Yıl
Sanayi	46	68
Ticaret	14	20
Mesken	8	35
Diğer	1	20
Toplam	69	144



Grafik 4 Türkiye’de Elektrik Motorlarının Sektörlere Göre Enerji Tüketim Oranı [9]

Türkiye’de elektrik motorlarının toplam arz ve sanayide kullanım oranı Grafik 3’de verilen 29 ülke ortalaması ile örtüşüğünü söyleyebiliriz.[9] Elektrik motorlarının enerji tüketiminde sektörel durumunun yanı sıra motorların sınıflandırması hususu da enerji verimliliği çalışmalarının hedefi açısından oldukça önem taşımaktadır. Dünyada işletmede olan elektrik motorlarının, 2,23 milyar adet olduğu tahmin edilmektedir. Bu motorların yaklaşık 2 milyar adedinin 0,75 kW ve altında güce sahip olduğu düşünülmektedir. Ancak bu rakam enerji tüketimi açısından %9 seviyesinde kalmaktadır. Adet bazında toplamın yaklaşık %11’i seviyesinde kalan 0,75-375 kW aralığı ise toplam enerji tüketiminde %68’lik orana sahiptir. 375 kW ve üzeri motorların adet bazında %1’den az olmasına rağmen enerji tüketiminin ise %23 seviyesinde kalmaktadır.[10]

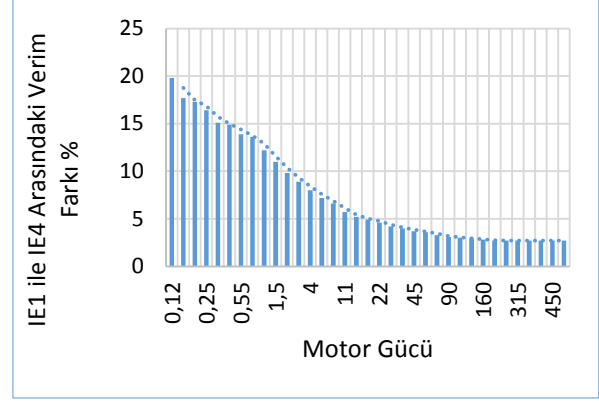


Grafik 5 Elektrik Motorları Küresel Pazar ve Enerji Tüketim Payı Oranları [10]

Tablo 4 Elektrik Motorlarının Türlerine Göre Pazar Dağılımı [10]

Tipi	≤ 750 W	0,75 - 375 kW	> 375 kW
DC Motor ve Generatörler	56%	21%	5%
AC Tek Fazlı Motorlar	29%	30%	-
AC Üç Fazlı Motorlar	5%	49%	95%
Diğer	10%	-	-

Ayrıca Tablo 4’de gösterildiği gibi 0,75-375 kW güç aralığında bulunan motorların yaklaşık %80’i asenkron motorlardan oluşmaktadır. [10] Sonuç olarak elde edilen veriler ışığında Türkiye’de elektrik enerjisinin %47,1’i sanayide, sanayide tüketilen elektrik enerjisinin %67’si motorlarda, motorlarda tüketilen elektrik enerjisinin %91’i 0,75-1000 kW güç aralığındaki motorlarda tüketilmekte ve bu motorların %87’sinin asenkron motorlar olduğu söylenebilir. Bu değerler sanayide kullanılan asenkron motorların toplam enerji tüketiminin yaklaşık %25’ini kapsadığını göstermektedir.[8,9,10] Mevcut yasal düzenlemeler ışığında hedeflenen enerji verimlilik sınıfı IE4 ile standardın belirlediği en düşük verimlilik sınıfı IE1 arasında Grafik 6’de verilen yüzde cinsinden fark mevcuttur. 90 kW ve üzeri güç seviyelerinde ortalama fark yaklaşık %3 seviyesindedir. 0,75 kW ve daha düşük güç seviyelerinde verim farkı ortalama %17 seviyelerinde olsa da bu değer toplam tüketimin yaklaşık %9’unu ancak adet bazında yaklaşık %90’ını kapsadığı göz önüne alınırsa bu güç aralığında bulunan motorların verimli olanlara dönüşümünün oldukça fazla maliyet ve zaman gerektireceği düşünülmelidir. 0,75 ile 7,5 kW arasında ortalama verim farkı yaklaşık %10, 7,5 ile 90 kW aralığında ise ortalama verim farkı %5 seviyesindedir. [3,10]



Grafik 6 IE1 ile IE4 Sınıfları arası fark (%) [3]

Tablo 5 IE4 ile IE1 Arasındaki Ortalama verim farkı (%) [3]

Güç Aralığı	Ortalama IE1 - IE4 verim Farkı (%)
0,12-0,75 kW	17
0,75-7,5 kW	10
7,5-90 kW	5
90-1000 kW	3

SGM-2012/2 tebliğinin de kapsamının 2015-2017 arası için 7,5-375 kW ve 2017 sonrası için 0,75-375 kW olduğu göz önüne alınırsa, adet bazında yaklaşık %11 olan 0,75-375 kW güç aralığındaki motorlar verimlilik çalışması açısından anlamlı görünmektedir.

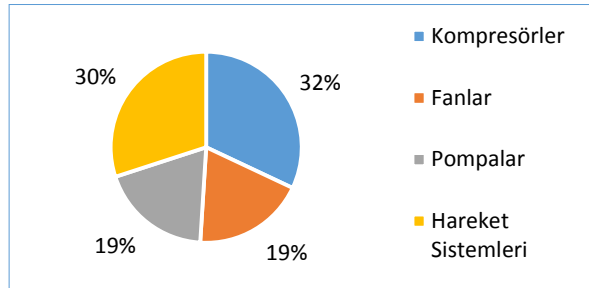
4. PİYASA GÖZETİM VE DENETİMİ

Nisan 2012 tarihinden sonra Türkiye’de üretilerek veya ithal olarak piyasaya arz edilen, 2, 4, 6 kutuplu, anma gerilimi (UN) en fazla 1000 V olan, anma çıkış gücü (PN) 0,75 kW ile 375 kW arasında olan ve sürekli çalışacak şekilde tasarlanmış tek hızlı, 3 fazlı, 50 Hz veya 50/60 Hz sincap kafesli endüksiyon motorlarının, SGM-2012/2 tebliğinin gereklerini karşılayıp karşılamadığını kontrol etmek amacıyla BSTB tarafından piyasa gözetimi ve denetimi faaliyetleri gerçekleştirilmektedir. Bu denetimler esnasında yasal mevzuata aykırı olduğu tespit edilen ürünlerin üreticileri, ithalatçıları veya satıcıları hakkında hukuki süreç işletilmekte ve gerek duyulduğu takdirde TSE Elektrik Motoru Laboratuvarında TS EN 60034-2-1 standardı kapsamında test ve muayene işlemleri gerçekleştirilmektedir. Söz konusu laboratuvar TS EN 17025 Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarlarının Yeterliliği için Genel Şartlar standardı kapsamında faaliyet gösteren ve BSTB tarafından onaylanmış 0,75-90 kW güç aralığında test ve muayene işlemleri gerçekleştirebilecek tek bağımsız test laboratuvarıdır. [6,11]

Test ve muayene işlemleri numune alma aşamasından raporlama aşamasına kadar tüm süreçleri ile SGM-2012/2 sayılı tebliğde gözetim ve denetim, faaliyetlerinde uygulanacak doğrulama prosedürü adı altında tanımlanmaktadır. Enerji Verimliliği ile ilgili diğer yasal düzenlemelerde olduğu gibi elektrik motorlarında da numune alma işleminde 1+3 usulü geçerlidir. Bu usule göre öncelikle bir numune alınması ve test edilmesi gereklidir. Test edilen numune için Nominal motor veriminde (η), kayıplar (1- η); SGM 2012/2 sayılı Tebliğ Ek-I'de belirtilen değerlerden, 0,75 – 150 kW güç aralığında %15'den, 150 – 375 kW güç aralığında ise %10'dan daha farklı değil ise söz konusu numune, tebliğin hükümlerine uygun kabul edilir. [6]

Test sonuçları uygun çıkmadığı takdirde yılda beş adetten az sayıda üretilen motorlar hariç, ilave üç ünite daha test edilir ve yine aynı kriterlere göre 3 numunenin nominal verimi (η) ortalaması değerlendirilir. Uygunsuzluğun devam etmesi halinde Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı 4703 sayılı kanunun ilgili maddeleri gereğince söz konusu ürünlerin piyasadan toplatılmasına ek müteselsilen ilgililere 4703 sayılı kanunun öngördüğü cezai müeyyideleri uygulamaktadır. [6]

Grafik 7'de elektrik motorlarının kullanım yerine göre dağılım oranları belirtilmektedir.[12] Bu dağılım ise piyasa gözetim ve denetim faaliyetlerinde üreticiler ve ithalatçılar dışında ara üretici konumunda olan fan, kompresör, pompa, ısıtma soğutma sistemleri üreticilerinin de kapsamda olması gerektiğini göstermektedir.



Grafik 7 Elektrik Motorlarının Kullanım Yerine Göre Dağılım Oranları [12]

SGM 2012/2 tebliğinin 1. maddesi “motorların ayrı olarak ve başka ürünlere takılı halde piyasaya arz edilmesi ve hizmete alınması” ifadesi ile ara üreticileri de kapsama dâhil etmiş bulunmaktadır. [6]

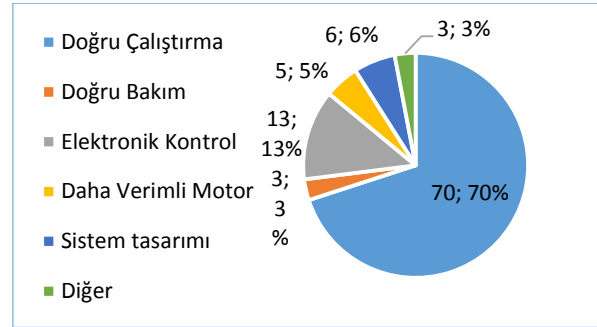
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Çalışma içerisinde aktarılan veriler ışığında dünyada ve Türkiye’de elektrik motoru sektörünün oldukça önemli olduğu görülmektedir. Dünyada 2,23 milyar motorun işletmede olduğu tahmin edilmektedir[9]. Türkiye’de tesis edilmiş motorların sayısı hakkında

literatürde bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak EİEİ (Elektrik İşleri Etüt İdaresi) yeni adıyla YEGM (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü) tarafından 2008 yılında ENVER motor hareketi kapsamında yapılan geniş katılımlı olmayan anket neticesinde 10 ila 15 milyon arası motorun işletmede olduğu düşünülmektedir. 2015 yılı içerisinde BSTB’den geniş kapsam ve katılım ile düzenleyeceği anket çalışması neticesinde daha sağlıklı veriler beklenmektedir.

Yapılan değerlendirme neticesinde Türkiye elektrik enerjisinin yaklaşık %25’inin tüketildiği elektrik motorlarının, verimlilik ve denetim açısından oldukça önem arz ettiği düşünülmektedir. Bu noktada 0,75-1000 kW güç aralığında düşük verimli IE1 asenkron motorların yerine yüksek verimli IE4 asenkron motorların kullanımı ile yaklaşık %5’lik bir kazanç sağlanacağı söylenebilir. Bu sayede 2013 yılı verilerine göre yaklaşık yılda 2500 GWh’lik enerji tasarrufu sağlanabilecektir. 2500 GWh’lik enerji, Birecik Barajının yıllık ürettiği enerji ile ya da bir başka deyişle Keban Barajının yıllık ürettiği enerjinin yarısı kadar bir enerji ile özdeştir.[13,14]

Ayrıca elektrik motorlarında yapılabilecek verimlilik çalışmaları sadece verimli motorların verimsiz olanlarla değiştirilmesi değil; bunun dışında doğru motor seçimi, değişken hız sürücüsü ile tahrik etme, zamanında bakım yapılması gibi hususlarla desteklendiği takdirde tüm dünyada %10’a yakın bir tasarruf potansiyeli öngörülmektedir. [12]



Grafik 8 Elektrik Motorlarında Verimlilik Çalışma Alanları [12]

6. KAYNAKLAR

- [1] Electric Motors and Variable Speed Drives: Standards and legal requirements for the energy efficiency of low-voltage three-phase motors. 2011 <http://www.cemep.org/>
- [2] Türk Standardları Enstitüsü- 27.12.2012, TS EN 60034-30 Döner elektrik makineleri - Bölüm 30: Tek hız kademeli, üç fazlı kafesli endüksiyon motorlarının verimlilik sınıfları (IE kodu)
- [3] Türk Standardları Enstitüsü- 30.10.2014, TS EN 60034-30-1 Döner elektrik makineleri - Bölüm 30-1: Şebeke tarafından beslenen a.a motorlar için verimlilik sınıfları (IE kodu)

- [4] International Electrotechnical Commission- (draft,) IEC 60034-30-2 TS Ed.1: Rotating electrical machines - Part 30-2: Efficiency classes of variable speed AC motors (IE-code)
- [5] T.C. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, “Mevzuat Bilgi Sistemi”, www.mevzuat.gov.tr
- [6] Elektrik Motorları İle İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gereklere Dair Tebliğ, 7 Şubat 2012 tarih ve 28197 sayılı Resmî Gazete
- [7] Brunner et al. 2011, *Harmonized Standards for Motors and Systems Global progress report and Outlook*
- [8] Türkiye İstatistik Kurumu, *Net Elektrik Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı 2013*, <http://www.tuik.gov.tr/>
- [9] Waide, P. & Brunner, C.U., 2011. *Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems. Internationale energy agency*
- [10] Almeida, A. De et al., 2008. *Ecodesign of Electric Motors and Drives – The EuP Lot 30 Preparatory Study*
- [11] Türk Standardları Enstitüsü- 24.12.2014, *TS EN 60034-2-1 Döner elektrik makineleri - Bölüm 2-1: Kayıplar ve verimin deneylerle belirlenmesinde kullanılan yöntemler (cer taşları için kullanılan makineler hariç)*
- [12] Policy, E.E. & Pricing, C., 2011. *Walking The Torque Proposed work plan for energy-efficiency policy opportunities for electric motor-driven systems. Internationale energy agency, Energy Eff*
- [13] *Birecik Baraj ve Hidroelektrik Santralî Tesis ve İşletme A.Ş.* <http://www.birecik.com/>,2015
- [14] *Keban Barajı ve Hidroelektrik Santralî.* <http://www.dsi.gov.tr/projeler/keban-baraji,2015>