



# TIBBİ CİHAZ ENERJİ TÜKETİM ANALİZİ

## MEDICAL DEVICE ENERGY CONSUMPTION ANALYSIS

Dr. Bilal ÇAKMAK

Ege Meslek Yüksek Okulu-Biyomedikal Cihaz Teknolojisi  
Ege Üniversitesi  
Ege MYO Ege Üniversitesi İzmir TÜRKİYE  
Bilal.cakmak@ege.edu.tr

Şeyma YOL

Biyomedikal Müdürlüğü  
Medicalpark İzmir Hastanesi  
İzmir TÜRKİYE  
seymayol3@gmail.com

### I. GİRİŞ

**Özetçe**—Enerji, sağlık hizmetleri sektöründe personel ücretlerinin ve ilaçların arkasındaki en büyük maliyetlerden birini temsil eder, bu nedenle büyük bir maliyet alanı olarak kabul edilir. Hastaneler de diğer işletmeler gibi varlığını sürekli devam ettirmek zorundadırlar. Bu nedenle hastane yönetimleri verimlilik hesaplamalarını doğru yapmalıdır. Sağlık kuruluşlarının kesintisiz bir hizmet üretebilmeleri, diğer faktörlerin yanı sıra tıbbi cihazların da etkin ve verimli kullanabilmeleriyle mümkün olabilmektedir. Ülkemizde sağlık harcama ve politikalarının düzenli olarak izlenmesi ve analizi sürdürülebilirlik tartışmaları açısından önem taşımaktadır. Bu makalede, tıbbi cihaz tedarikçilerine sağlık hizmetlerinin sunumunda kaliteyi korurken enerjiyi optimize etme konusunda farkındalık oluşturmayı amaçlamıştır. Özetle bu çalışmada, daha verimli bir enerji tüketim modeli oluşturmak için, hastane ekipmanı, ekipman çeşitleri ve tıbbi birimlerin enerji yoğunluğu, ekipman kullanım şekilleri ve ekipmanın verimli bir şekilde kullanılıp kullanılmadığı araştırılıp toplam elektrik yükünün payı hesaplandı.

**Anahtar Kelimeler**—Hastane, enerji, tıbbi cihaz verimliliği, enerji tüketimi, medikal cihaz

**Abstract**—Energy represents one of the highest costs behind personnel wages and medicines in the healthcare sector and is therefore considered a major cost area. Hospitals are obliged to maintain their existence like other business. Therefore, hospital administrations should make productivity analysis. It is possible for health institutions to produce an uninterrupted service with the effective and efficient use of medical devices among other factors. Regular monitoring and analysis of health expenditure and policies in Turkey is important for sustainability discussions. This article aimed to create awareness of optimizing energy while maintaining quality in the provision of health services in medical devices. In conclusion, the energy density of hospital equipment, equipment types and medical units, the ways of using the equipment and whether the equipment is used efficiently and the share of the total electrical load were calculated to create a more efficient energy consumption model in this study.

**Keywords**—Hospital, energy, medical device efficiency, power consumption, medical equipment

Hastanelerin çok yoğun miktarda enerji ve kaynak kullandığı bilinmektedir ve bu durum çoğu hastaneye özgü ekipmanın artan enerji tüketiminden kaynaklanmaktadır. Bu tüketim oranı birimlere göre değişkenlik göstermektedir. Günümüzde bir evin 1 günde harcayacağı enerji miktarı ortalama olarak 3 kilovat ile 5 kilovat arasında değişiklik göstermektedir.[1] Fakat söz konusu tıbbi cihazlar olduğunda bu rakam sadece tek bir cihaza ait olabilir.

Tıbbi cihazların etkili yönetimini sağlamak sağlık kuruluşlarında verimliliğin artırılmasında kilit rol oynamaktadır. Enerji verimliliğinde optimum düzeye ulaşmak için tıbbi cihaz ve ekipmanların Latin alma aşamasında tüm ömür enerji maliyetleri dikkate alınarak enerji stratejisi belirlenmelidir.[2]

2018 yılında sağlığa yaklaşık 126,8 milyar TL kaynak ayrılmıştır. 2002 yılında % 11,3 olan sağlık harcamalarının bütçe içerisindeki payı 2018 yılında % 16,6'ya çıkarılmıştır. [3] Dolayısıyla hastaneler sağlık harcamalarının önemli büyük bir kısmını tüketmesi nedeniyle, sağlık sisteminin verimliliğini de güçlü bir şekilde etkilemektedir. Sağlığa ayrılan bu kaynakların etkin ve verimli kullanımında hastanelerin verimli ve etkin çalışması büyük önem taşımaktadır.

Enerji tüketimini kontrol altına tutmak için birçok yöntemle başvurulabilir. Erken teşhis, bir hastanın sonraki tedavisinin uzunluğunu ve karmaşıklığını azaltırsa, yüksek güçlü tıbbi ekipman bile net bir enerji avantajı sağlayabilir. Bunun yanı sıra gelişen teknoloji ile birlikte enerji maliyetleri oldukça düşmektedir. Özellikle teletıp teknolojisi, haberleşme maliyetlerini düşürme konusunda etkin bir rol oynuyor. [4] Bu hususların ölçülmesi zordur, ancak tıbbi ekipmanın yaşam döngüsü maliyetleri değerlendirilirken gerekli teknolojiyi taşıması gibi hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.

### 1.1 Neden Tıbbi Cihaz Enerji Tüketim Konusunda Çalıştık?

Daha verimli bir enerji tüketim modeli oluşturmak için, hastane ekipmanı, ekipman çeşitleri ve tıbbi birimlerin enerji yoğunluğu, ekipman kullanım şekilleri ve ekipmanın verimli bir şekilde kullanılıp kullanılmadığı araştırılıp toplam elektrik yükünün payı hesaplandı.

## II. MATERYAL VE METOD

### A. Materials

Table 1. Cihaz-Adet Tablosu (Bu tablo cihazların risk sınıfı gözlemlenmesiz oluşturulmuş olup hastanemizdeki başlıca cihaz adedini göstermektedir.)

CİHAZ ADI	ADET
EKG Cihazı	44
Defibrilatör	36
Aspiratör	57
Hastabaşı Monitör	193
Koter	32
Perfüzör	187
İnfüzyon Pompası	273
Pacemaker	9
Vital Monitör	36
Ventilatör	75
Anestezi Cihazı	14
Küvöz	40
Otoklav	5
Görüntüleme Cihazları	17
Ultrason Cihazı	26
Lazer Cihazı	16
Taş kırma Cihazı (ESWL)	1
Biyogüvenlik Kabini	4
Etüv	8
Kombine Elektroterapi Cihazı	17
Aferez Cihazı	4
Santrifüj Cihazı	14
Buzdolabı (tıbbi amaçlı)	6

Görüntüleme cihazlarının içinde Mamografi, MR, Kemik Densitometresi, Flurosopi, Dijital Röntgen (2), Mobil Röntgen (2), CT, Gamma Kamera, Linac, PET – CT, C Kollu Röntgen (3), Periferik Anjiyografi, Kardiyak Anjiyografi cihazı yer almaktadır.

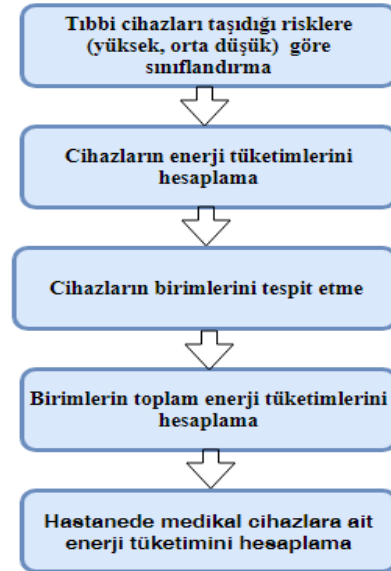
#### A.1 Hastane Tanıtımı

Bu çalışma Medicalpark İzmir Hastanesinin tıbbi cihaz envanteri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Medical Park İzmir Hastanesi, 2011 yılında kurulmuş olup toplamda 46.000 metre kare alana inşa edilmiştir. 10 tanesi engelli yatağı olmak üzere toplam 301 adet hasta yatağına sahip olup 29 Adet dahili-cerrahi yoğun bakım yatağı, 7 Adet KVC yoğun bakım yatağı, 7 Adet koroner yoğun bakım yatağı, 35 adet neonatal Yoğun Bakım Yatağı ile toplamda 88 Yoğun Bakım yatağı bulunmaktadır.[5]

3. basamak yenidoğan yoğun bakım biriminde 35 Küvöz, 20 adet ventilatör, 3 adet transport küvözü bulunmaktadır. Her yatak başında monitör, vakum, oksijen ve hava jakı, pump, enjektomat bulunmaktadır. Radyoloji biriminde ise 1 adet tomografi, 2 adet dijital röntgen, 1 adet flurosopi, 2 adet anjiyografi (1 periferik, 1 kardiyak anjiyografi), 1 adet kemik dansitometresi, 1 adet mamografi, 2 adet mobil röntgen, 1 adet 1,5 tesla MR, 3 adet C kollu röntgen, 1 adet

ESWL (taş kırma cihazı) bulunmaktadır. Diğer taraftan 9 adet ameliyathane salonu bulunmaktadır. 10 adet anestezi cihazı, 3 adet lazer cihazı, 9 adet koter cihazı bulunmaktadır. Genel yoğun bakım biriminde 47 yatak her yatak başında ventilatör, hastabaşı monitör, perfüzyör ve infüzyon cihazları gibi tıbbi ekipmanlar bulunmaktadır. Sterilizasyon biriminde ise 2 adet otoklav, 2 adet yıkama cihazı ve 1 adet kurutma kabini bulunmaktadır. Bunların dışında, 20 yataklı kemoterapi bölümü, 18 üniteli fizik tedavi bölümü, 3 KBB ünitesi, 5 adet göz ünitesi, kemik iliği bölümü, tüp bebek bölümü, doğumhane ve kadın doğum bölümleri ve dermatoloji gibi elektrik yükü olabilecek bölümler bulunmaktadır.

### B. Metod



Envantere ait cihazlar aşağıdaki kriterlere göre risk sınıfına ayrıldı;

#### B.1 Risk Sınıfları

Tıbbi cihaz enerji verimliliğini etkileyen faktörler arasında bakım-onarım ve kalibrasyon periyotlarının belirlenmesi yüksek önem taşımaktadır. Cihazları risk sınıflarına ayırıp, yüksek riskli cihazların 6 ayda bir, düşük riskli cihazların ise 12 ayda bir olmak üzere bakım-onarım, kalibrasyon takvimleri oluşturulmuştur. Böylece kontrolü yapılan cihazların kesintisiz ve verimli çalışması sağlanıp verimlilik esasına bağlılığı sağlanmıştır.

**Yüksek riskli cihazlar:** Arıza veya yanlış kullanım sebebiyle kullanıcı veya hastaya zarar verebilecek cihazlar. Hastanemizde 467 adet yüksek riskli cihaz bulunmaktadır. Bunların başında anestezi cihazları, ventilatörler, defibrillatörler, küvöz, intraaortik balon pompaları gelmektedir.

**Orta riskli cihazlar:** Arıza veya yanlış kullanım sebebiyle hasta üzerinde belirgin bir yaratacak ancak doğrudan ciddi yaralanmaya sebep olmayacak cihazlar. Bu risk sınıfında ise ekg cihazları, aspiratör, ultrasonic görüntüleme cihazları, non invaziv kan basıncı cihazları gelmektedir.

**Düşük riskli cihazlar:** Arıza veya yanlış kullanım sebebiyle hasta üzerinde yaralanmaya sebep olmayacak cihazlar. [6] Düşük hacimli aspiratör cihazları, hasta muayene ışıkları, elektronik tartılar, ameliyat masaları, tansiyon aletleri bu risk sınıfındadır.

Bu adımdan sonar cihaz - birim analizi yapılmış, cihazların toplam tüketimleri servis manuelllerinden aşağıdaki denklem kullanılarak çıkarılmıştır. Uluslararası sistemdeki aktif güç birimi watt (W) dir.[7]

$$Watt (P) = Amper(I) \times Volt (V) \times \cos\phi \quad (i)$$

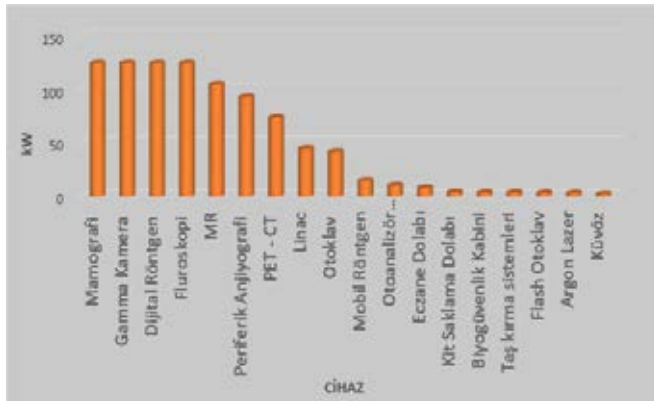
$$1 \text{ faz için ; } P = V.I.\cos\phi \quad (i)$$

$$3 \text{ faz için ; } P = 3.V.I.\cos\phi \quad (ii)$$

Hastanemizde radyoloji cihazları, üroloji lazeri, otoklav 3 faz 380 V,ile beslenirken geri kalan tüm cihazlar şebeke voltajı 220 V ile beslenmektedir. Çekilen akımlar ise cihazdan cihaza farklılık yaratmaktadır.

Birim enerji tüketimi hesaplanan cihazlar bölümlerdeki adedi ile çarpılarak birimlerdeki toplam güç hesaplanmıştır. Bu veriler cihazın çalışma durumuna ait rakamlardır. Bir cihazın günlük ortalama 8 saat çalıştığı varsayılmıştır. Cihazlardan gerçek zamanlı ölçümler alınmamış olup bu veriler teorik verilerdir. Amacımız, hastane tıbbi cihazlarının toplam güç tüketimi ile ilgili teorik bir bilgi oluşturmaktır. Tıbbi ekipmanın toplam enerji tüketiminin tahmini ancak bir cihazın her modda kullandığı güç seviyeleri ve her cihazın her bir güç modunda ne kadar zaman harcadığı bilgisi ile yapılabilir (kapalı, bekleme, şarj etme ve işlem).

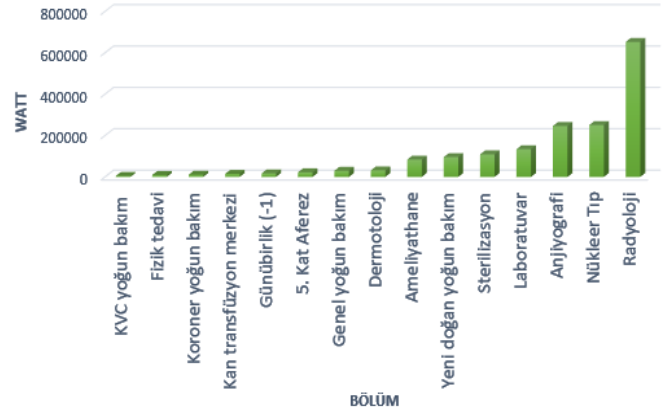
### III. SONUÇ



Şekil 1. Cihaz bazlı enerji tüketimi

En çok enerji tüketimine yol açan cihazlar; iç ortam havasını dışarıya atan laboratuvar cihazları, havalandırma ekipmanları ve görüntüleme cihazlarıdır. Hastabaşı monitörleri ve EKG cihazları az enerji tüketimine sahip olmalarına rağmen sayıları gereği çok fazla olduklarından tüketimde fazla paya sahiptirler.

Yüksek teknoloji ürünü olan görüntüleme cihazları (MR, PET-CT, mamografi, Linac, anjiyografi, gamma camera) yüksek enerji tüketimine sahiptir. Laboratuvar bölümünde biyogüvenlik kabinleri, kit saklama dolapları, sterilizasyonda otoklav, yeni doğan yoğun bakımda küvözler ve son olarak ameliyathanede ise koter, aydınlatma sistemleri, c kollu röntgen birimlerinde en fazla enerji tüketim payına sahip cihazlardır.



Şekil 2. Bölüm bazlı enerji tüketimi

Hastanenin en çok enerji tüketen bölümleri ve tıbbi cihazları sırayla ;

1. Radyoloji görüntüleme cihazları
2. Anjiyografi; anjiyo cihazı
3. Nükleer Tıp; görüntüleme cihazları
4. Laboratuvar; biyogüvenlik kabinleri
5. Sterilizasyon; otoklav
6. Yeni doğan yoğun bakım; küvöz
7. Ameliyathane; bu tüketimde en çok pay lazer cihazlarına aittir.

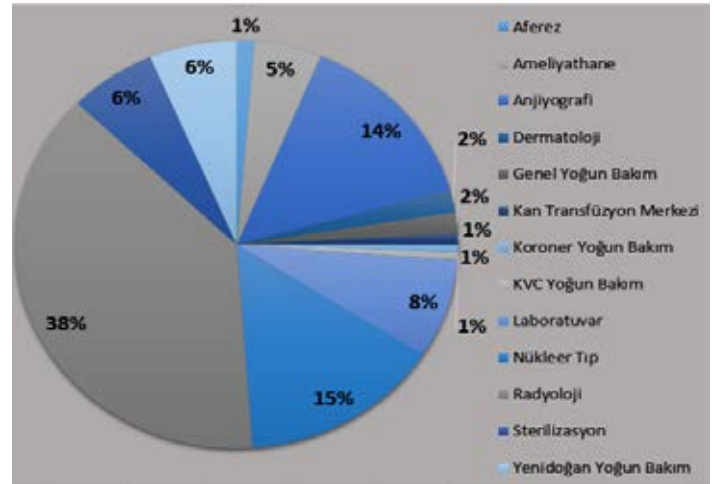


Figure 3. Enerji tüketiminin bölümler arası dağılımı

Büyük tıbbi görüntüleme ekipmanlarının tüm tıbbi ekipmanlarla ilgili enerji tüketiminin yarısından fazlasını, yüzdeler olarak ise %38'ini oluşturmaktadır. Bunun devamında ise yine radyoloji cihazlarını bulunduran nükleer tıp %15 paya sahiptir. Bu yüksek paya sahip cihazlarda tarama zamanlarını azaltmak, bekleme güç seviyesini düşürmek, hazırda bekletme fonksiyonelliğini sağlamak, başlangıç sürelerini kısaltmak cihaz tedarikçilerinin ileri araştırmaları için önerilmektedir. Daha küçük tıbbi ekipman tedarikçileri cihazlarında, özellikle ekranlar için güç tasarrufu modlarında enerji tasarrufu önlemleri almalıdır.



#### IV. TARTIŞMA

Prensip olarak, tıbbi ekipmana ait enerji tüketimini ölçmek için gerekli veriler çeşitli yaklaşımlar ile toplanabilir: bunlardan biri her bir çalışma modunda güç kullanımı ve her modda bir cihaz adedi için harcanan zaman hakkında ayrı ayrı bilgi almak. Bu yaklaşımla çok daha gerçekçi veriler elde edilebilir. Bizim ise bu çalışmada amacımız teorik veriler ile genel bir öngörü oluşturmaktır. Yaptığımız çalışmanın devamı olarak cihazın bekleme, şarj, ve çalışma durumunda tükettiği enerjileri analiz etmeyi planlamakla beraber elde edeceğimiz gerçekçi veriler ile marka, model arasındaki, değişkenliği de ölçmeyi planlamaktayız.

#### KAYNAKÇA

1. Bonino, D., F. Corno, and L. De Russis, *Home energy consumption feedback: A user survey*. Energy and Buildings, 2012. **47**: p. 383-393.
2. Ganiç, N., A.Z. Yılmaz, and S.P. Corgnatı, *Enerji Performansı Gereksinimlerinin Optimum Maliyet Düzeyinin Türkiye'deki Örnek Bir Ofis Binasında Yapılan İyileştirmeler İçin Hesaplanması*
3. Çelik, Y., *Türkiye sağlık harcamalarının analizi ve sağlık harcama düzeyinin uygunluğunun değerlendirilmesi*. SGD-Sosyal Güvenlik Dergisi, 2011. **1**(1).
4. Paksoy, V.M., *Sağlık ekonomisi perspektifinden teletıp uygulamaları*. Sağlık Akademisyenleri Dergisi. **4**(1): p. 9-16.
5. İzmir Medicalpark Hastanesi Web Sitesi <https://www.medicalpark.com.tr/izmir-hastanesi/h-9>.
6. Hohnloser, J., *Medical risk assessment system and method*. 2003, Google Patents.
7. Guillen-Garcia, E., et al., *Power Consumption Analysis of Electrical Installations at Healthcare Facility*. Energies, 2017. **10**(1): p. 64.