

# BAKIM PLANLAMASI VE ENERJİ TASARRUFU

Vedat Bozkan<sup>1</sup>, Tunç Atıl<sup>2</sup>

## 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Enerji, endüstri işletmelerinde yüksek maliyet içerikli bir kaynaktır. Bakım operasyonları da, işletmenin ürün sunumuna doğrudan katma değer sağlayan operasyonlar dışında, maliyet merkezli destek operasyonları arasında yer almaktadır. Enerji kullanımı, bakım operasyonlarının girdisi ve maliyet unsuru olarak, minimize edilmesi gerekli bir unsurdur.

Planla – Uygula – Kontrol Et – Önlem Al (PUKÖ) [1] döngüsü ile sürekli gelişimi hedefleyen işletmeler, başarı grafiklerini gün gün yükseltmektedirler. Bu döngü bağlamında planlama kurgusu iyi yapılandırılan süreçlerin hedeflerine ulaşmadaki başarıları da ortadadır. Bakım süreçlerinin planlamasının da doğru bir yöntem içeriğiyle kurgulan-

ması, gerek süreç girdilerinin sürece katma değeri yüksek girdiler olarak katılmasını, gerekse çıktı olarak verimli bir ürün üretilmesine sağlayacağı destek ile, işletme verimliliğine olumlu etki edecektir.

Bakım planlama kurgusunun verimli olarak yapılandırılması, yüksek maliyet girdisi olarak enerji kaynağının da verimli kullanımı ve dolayısıyla enerji tasarrufu konusunda güçlü bir araç olacaktır.

## 2. TERİMLER

**Bakım:** Avrupa Standardı EN 13306'ya göre bakım, bir nesneyi kullanım ömrü boyunca kullanılabilir durumda tutmak veya gerekli işlevi gerçekleştirecek duruma getirmek veya yenilemek için tüm teknik, idari ve yönetsel eylemlerin birleşimidir [2].

<sup>1</sup> Makina Yük. Müh., HKTM Kalite Müdürü - [vedat.bozkan@hktm.com.tr](mailto:vedat.bozkan@hktm.com.tr)

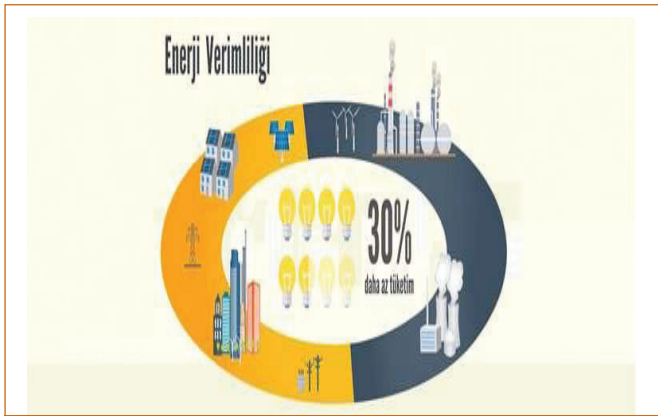
<sup>2</sup> Makina Müh., HKTM Yön.Kur.Başkanı - [tunc.atil@hktm.com.tr](mailto:tunc.atil@hktm.com.tr)

**Bakım Planlaması:** Bakım planlaması, bakım mühendisliği aracılığıyla yapılır. Bakım mühendisliği çalışmaları, temel ve yardımcı fonksiyon çalışmaları olmak üzere iki gruba ayrılır.

**Enerji:** Fizikte, enerji doğrudan doğruya gözlemlenemeyen fakat kendi konumundan hesaplanabilen fiziksel sistemin geniş ve korunmuş bir özelliğidir [3].

**Enerji Verimliliği:** Enerji verimliliği, temelde enerjinin gereksiz kullanım sahalarını belirlemek, gereksiz harcamayı en alt düzeye indirmek veya tamamen ortadan kaldırmak için yapılan çalışmalar olup, enerji arzının azaltılması veya kısıtlanması değildir. Kullanılan enerji miktarının değil, ürün başına tüketilen enerjinin azaltılmasıdır [4].

**Enerji Analizörü:** Gereksiz enerji tüketimlerini ölçmek için, patentli algoritma kullanarak maliyet hesaplayan güç analizörüdür.



Şekil 1. Enerji Verimliliği [4]

### 3. BAKIM MÜHENDİSLİĞİ

Bakım mühendisliği çalışmaları, temel ve yardımcı fonksiyon çalışmaları olmak üzere iki gruba ayrılır.

#### 3.1 Bakım Mühendisliğinin Temel Fonksiyonları

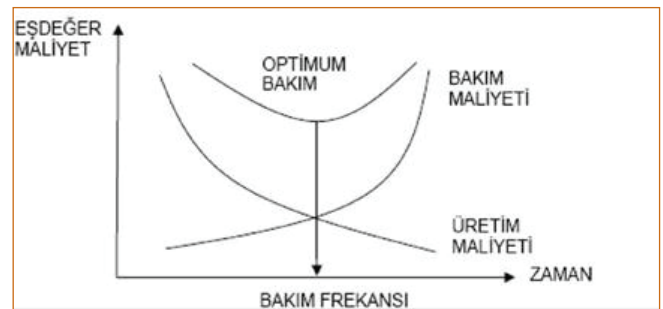
- Mevcut fabrika, makina, araç ve gereçlerin bakımı, korunması ve kontrolü,
- Mevcut makina, araç, gereçlerin ve binaların değiştirilmesi,
- Yeni makina, araç ve gereçlerin yerleştirilmesi ve yeni binaların inşaatı,
- Enerji üretim ve nakil gibi tesisatın kontrolü ve bakımı,
- Bakım hizmetlerinden yararlanma düzeyinin artırılması,

#### 3.2 Bakım Mühendisliğinin Yardımcı Fonksiyonları

- Ambarların korunması ve bakımı,
- Fabrika binasının yangın, patlama gibi tahribata yol açan tehlikelere karşı korunması. Bunun için gerekli olan koruyucu malzeme ve tesislerin bakımı,
- Hurda makina ve araç gereçlerin bakımı ve değerlendirilmesi,
- Çevre kirliliğinin önlenmesi amacı ile atık maddelerin ortadan kaldırılarak değerlendirilmesi,
- Bina, makina, araç ve gereçlerin sigorta ettirilmesi,

#### 3.3 Bakım Faaliyetlerinin Amacı

- Üretim maliyetini düşürmek, verimi ve ürün kalitesini arttırmak,
- Makina duruşlarını azaltarak üretim sürekliliğini sağlamak,
- Önceden hazırlanacak üretim programlarının gerçekleşmesini sağlamak,
- Kapasite kullanım oranının artırılmasını sağlamak,
- Her türlü tesis, makina ve ekipmanın faydalı ömrünü uzatmak ve böylece bu yatırımlar için harcanan sermayeden daha fazla verim elde edilmesini sağlamak, (Enerji Verimliliği/Enerji Tasarrufu)
- Her türlü makina ve ekipmanı kullanan personelin güvenliğini sağlamak,
- Bakım, onarım masraflarını azaltmak,



Şekil 2. Optimum Bakım Maliyeti Grafiği

### 4. BAKIM PLANLAMASI

#### 4.1 Plansız Bakım

Bu sistemde makina arıza yaptığında müdahale edilir.

Bakım-onarım maliyetleri düşüktür ve bakım onarım için daha az elemana gereksinim duyulur. Bu yöntem, çok sayıda yedekleri bulunan, kolay tamir edilebilen ve fazla pahalı olmayan makinalarla üretim yapan tesislerde ve atölyelerde uygulanmaktadır [5].

İşletmede arıza zamanı bakım yapıldığından, onarım sırasında üretim, verimlilik ve enerji kaybı oldukça fazla olmaktadır.

Plansız Bakımın Olumsuz Yönleri:

- Arıza her an olabilir.
- Güvenlik riski bulunmaktadır.
- Makina, plan dışı kontrolden çıkarak arızalanabilmektedir.
- Eğer arızanın meydana geleceği kestirilemez ise, üretim planlamasına ters düşecek şekilde elde olmayan nedenlerden dolayı ansızın makina arızası görülebilmektedir.
- Üretim kaybı ve üretim gecikmesi olur.
- Yedek makina bulunmuyor ise, ya üretim geciktirilir ya da üretim tamamen durdurulur.

#### 4.2 Planlı Bakım

Birçok problem ve arıza, planlı bakımlar sırasında belirlenir ve planlı bakım ile bunların iyileştirilmesi hızlı olur ve maliyeti düşüktür. Planlı bakım çalışmalarının yapılabilmesi ve sonuçların istenen düzeyde iyi olabilmesi için mutlaka makinanın her bir parçasının kontrol altında olması gerekir. Parça ömürleri arttırıldıktan ve parça ömürleri konusunda duyarlılık yakalandıktan sonra planlı bakım çalışmaları daha iyi sonuç vermeye başlar [5].

Planlı bakımın sağladığı avantajlar:

- Güvenli bir çalışma sağlar,
- Makina ömrünün uzamasına yardımcı olur,
- Malzeme ve yedek parça stoklarını en aza indirir,
- Eleman gereksinimini düşürür,
- Kaliteyi arttırır.

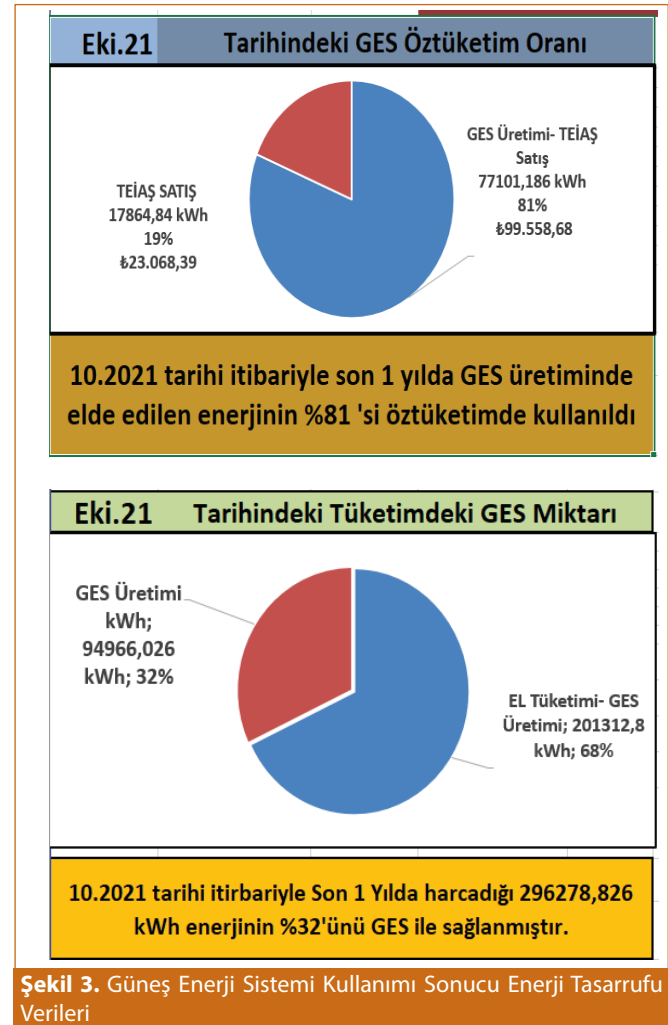
Planlı bakım çalışmaları sonucu, bakım sürecinde harcanması olası enerji girdileri de planlanabilir. Enerji girdilerinin önceden kestirilebilmesi, enerji harcamasının da kontrol altında tutulmasını, bu bağlamda verimli enerji kullanımı ve enerji tasarrufunu da beraberinde getirecektir.

#### Planlı Bakım Programının Hazırlanmasında İzlenecek Yollar:

1. Arızaların giderilmesi ve zayıf noktaların iyileştirilmesi,
2. Ekipmanın teknik özellikleri ve geçmişi hakkında bilgi toplanması,
3. Bakım sıralamasının hazırlanması,
4. Yapılabilirlik araştırması,
5. Bilgi yönetim sisteminin kurulması.

#### 5. PROJE ÇALIŞMASI (Enerji Verimliliğinde İzlenebilirlik Kurgusu ve Enerji Tasarrufu Sağlanması)

HKTM (Hareket Kontrol Teknolojileri Merkezi A.Ş.)'nde ISO5001 Enerji Yönetim Sistemi bağlamında enerji verimliliğini arttıracak birçok proje kurgulanmış ve uygulamaya alınmıştır. Aşağıda, örnek bir proje paylaşılmaktadır.



Şekil 3. Güneş Enerji Sistemi Kullanımı Sonucu Enerji Tasarrufu Verileri

## 5.1 Enerji Analizörleri ile Enerji Tüketim Merkezleri Belirleme ve Enerji Tasarrufu Sağlama Çalışmaları:

Enerji tüketim alanları belirlendikten sonra, her bir yüksek enerji tüketim merkezi, Enerji Analizörü ile izleme ve denetim altına alındı.

### 5.1.1 Mevcut Sistemin İncelenmesi

Güneş enerjisi kullanımıyla elde edilmiş olan güneş enerjisi sistemi kazanım ve elektrik tüketim verileri, Şekil 3'te verilmiştir.

### 5.1.2 Atanmış Enerji Merkezlerini Tanıma ve Projelendirme

Enerji Tüketim Merkezleri belirlenerek, enerji analizörleri aracılığıyla enerji tüketim verileri toplanmaya başlanmıştır (Tablo 1).

- Güvenlik, server odası ve hidrolik test ünitesi, üç ayrı sayaçla izlenmektedir. (Oran: %9)
- CNC talaşlı imalat ve hidrolik sistemler üretim ünitesi, dört sayaçla izlenmektedir. (Oran: %4)

### Planlanan ve uygulamaya alınan projelerin sonucunda;

- Yeşil fabrikasındaki fotovoltaik paneller ile güneş enerjisinden yılda 100.000 kWh elektrik üretilerek, yılda 92 yetişkin ağacın kurtarılması sağlanmıştır.
- Toprak kaynaklı ısı pompası ile, toprağın altındaki sabit sıcaklıktan yararlanılarak ofis ısıtmasında %40 enerji tasarrufu sağlanmıştır.
- Hibrid çalışan hava kaynaklı ısı pompasıyla, soğutmada enerjiden %10 tasarruf sağlanmıştır.

Tablo 1. Enerji Tüketim Merkezleri Veri Takip Tablosu

KWH SAYAÇ (192.168.2.xx)		Ocak 21	Şubat 21	Marif 21	Nisan 21	Mayıs 21	Haziran 21	Temmuz 21	Ağustos 21	Eylül 21	Ekim 21	Kasım 21	Aralık 21	TOPLAM													
1	Diğer	10.156	38%	5.690	24%	12.280	21%	12.316	15%	7.427	48%	9.485	46%	8.428	32%	13.621	34%	12.161	43%	14.071	37%	0	100%	0	100%	105.636	45%
2	ISI MERKEZİ (80)	11.079	41%	11.016	47%	13.300	48%	9.961	49%	1.753	12%	3.191	18%	4.000	28%	5.228	29%	3.551	19%	4.507	25%	0	0%	0	0%	67.586	26%
3	KOMPRESÖR (85)	1.832	7%	1.480	7%	2.299	8%	2.098	10%	1.696	12%	1.651	9%	1.515	11%	1.932	11%	2.271	12%	2.337	13%	0	0%	0	0%	19.312	8%
7	TALAŞLI İMALAT 1 (86)	379	1%	556	2%	826	3%	553	3%	399	3%	1.194	7%	416	3%	601	3%	545	3%	664	4%	0	0%	0	0%	6.133	3%
12	BOYAHANE (91)	914	3%	1.010	4%	1.593	6%	995	5%	541	4%	219	1%	432	3%	891	5%	1.418	8%	1.274	7%	0	0%	0	0%	9.289	4%
8	TALAŞLI İMALAT 2 ( 87 )	348	1%	444	2%	593	2%	466	2%	227	2%	634	4%	497	4%	598	3%	576	3%	562	3%	0	0%	0	0%	4.944	2%
5	CNC TORNA (83)	163	1%	325	1%	516	2%	227	1%	172	1%	484	3%	237	2%	276	2%	296	2%	323	2%	0	0%	0	0%	5.018	1%
6	CNC İŞLEME MERKEZİ (84)	229	1%	184	1%	280	1%	215	1%	219	1%	195	1%	172	1%	363	2%	290	2%	295	2%	0	0%	0	0%	2.442	1%
10	ALT KAT SERVER ODASI VE ELEKTRİK ODASI (89)	663	2%	1.232	5%	1.545	6%	2.054	10%	1.897	13%	1.233	7%	1.435	10%	1.082	6%	700	4%	542	3%	0	0%	0	0%	12.403	6%
9	GÜVENLİK (88)	675	3%	582	3%	699	3%	459	2%	290	2%	361	2%	552	4%	556	3%	342	2%	542	3%	0	0%	0	0%	5.059	2%
4	GRI SU ARITMA (81)	296	1%	331	1%	344	1%	277	1%	258	2%	289	2%	298	2%	306	2%	300	2%	199	1%	0	0%	0	0%	2.897	1%
11	HİDROLİK TEST ( 90KW A KADAR ) (90)	48	0%	188	1%	53	0%	104	1%	83	1%	13	0%	53	0%	126	1%	161	1%	165	1%	0	0%	0	0%	993	0%

## 2021 Yılı Verilerinin Detaylı İncelemesi

### Bulgular

- Mevcut sistem ile, 12 ana katmana ayrıştırılmış durumdadır ve 11 sayaç üzerinden anlık veri izlemesi yapılmaktadır.
- Isı merkezi, en yüksek enerji tüketen birim olarak ayrı bir sayaçla izlenmektedir. (Oran: %41)
- Boyahane, gri su arıtma, kompresör, üç ayrı sayaçla izlenmektedir. (Oran: %11)

- Solarwall sistemiyle, güneş enerjisinden yararlanarak, doğalgazdan %40 tasarruf sağlanmıştır.
- Elektrikli araçlar için şarj sistemi ile, çevreci araçlara öncelik verilmiştir.
- LED aydınlatma, yerden ısıtma, argon gazı ile ısı yalıtımı sağlanmış pencereler ve 10 cm taş yünü izolasyon ile enerjinin tasarrufu ve çevrenin korunması sağlanmıştır.

### İzlenimler

- Sayaç okunarak veri elde edilemeyen %35 oranında

bir tüketim, detaylı olarak veri takibine alınamamaktadır.

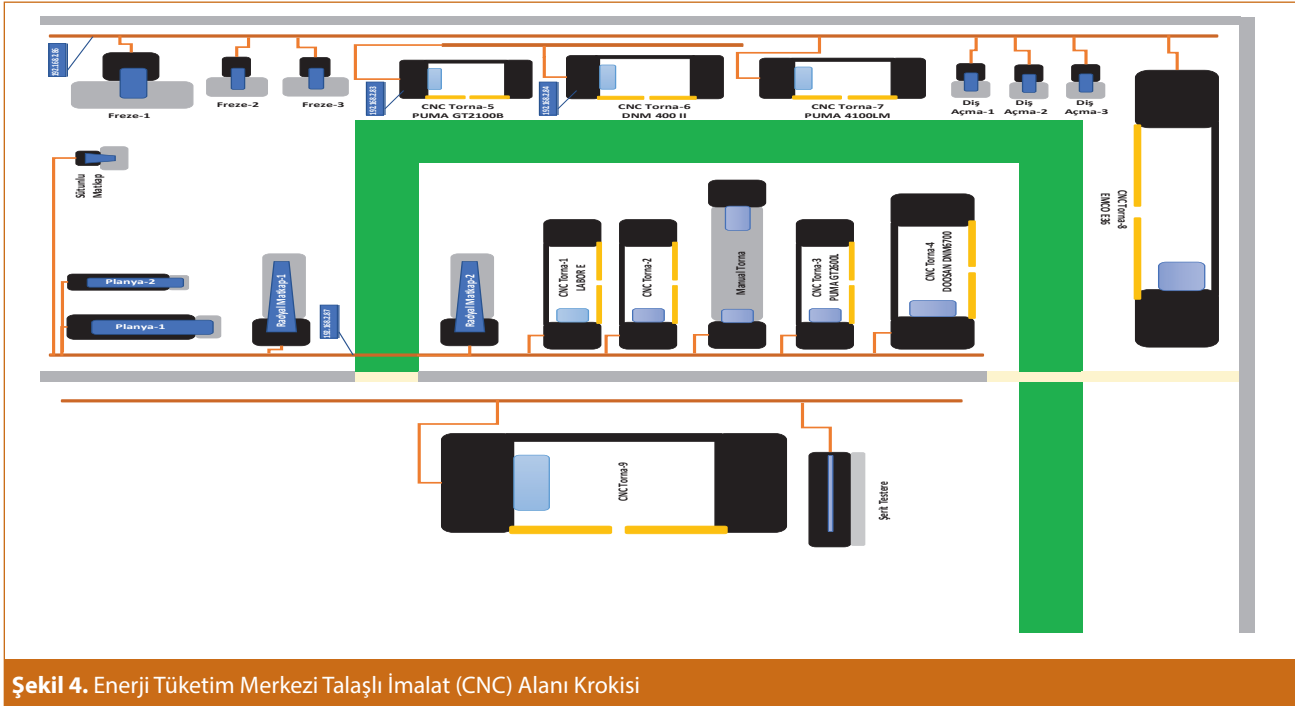
2. Güvenlik ve server odası, CNC üretim merkezi ile yakın oranda enerji tüketmektedir.
3. Yeni alınan ünitelerin tüketim verilerinin, hangi sayaçtan izlendiği net olarak belirlenememiştir.

Yüksek enerji tüketimi olan üretim alanlar, projelendirme alanları olarak belirlenmiştir. Tüketim değerleri elektrik bakım süreçleri içerisinde incelemeye alınarak proje için verilerin toplanması sağlanmıştır. Yerleşim planı üzerinde enerji tüketiminin gerçekleştiği üretim ekipman/tezgâhlarından enerji analizörleri ile elde edilen verilerin analizleri sağlanmıştır. Verilerin yorumlanması sonrasında

## 6. SONUÇ

Günümüz endüstri işletmelerinin yüksek maliyetli girdisi olan enerjinin verimli kullanımı, işletmelerin çalışmalarını verimli ve ekonomik olarak sürdürebilmeleri için önemli bir araçtır. Finans yönetiminde, kullanılmakta olan maliyet merkezleri mantığı, enerji tüketim merkezlerini belirleyerek, enerji tüketimini kontrol altına almada önemli bir süreç yönetimi olmaktadır.

Bakım çalışmalarının plansız bakım süreçlerinden, planlı bakım süreçlerine dönüşüm hızına bağlı olarak, enerji verimliliğinin yanı sıra enerji tasarrufu da yüksek oranda sağlanacaktır. Enerji tasarrufunun sağlanması ile beraber, işletme mali kaynaklarının sürdürülebilir işletme çalışmalarına harcanması sağlanmış olacaktır.



Şekil 4. Enerji Tüketim Merkezi Talaşlı İmalat (CNC) Alanı Krokisi

da bakım çalışmalarının planlanması dikkatlice yapılarak, enerji tasarrufu çalışmaları başlatılmıştır.

Önümüzdeki süreçte özellikle üretim birimlerinde (CNC Talaşlı İmalat-Hidrolik Sistemler-Mekanik Otomasyon ve Robotik Sistemler) enerji analizörleri yeniden gruplandırılarak %35 mertebesinde izlenemeyen enerji tüketimi verileri yakından izlenebilecektir. Veri analizleri sonrasında enerji yoğun alanlarda "Kök Neden Analizlerinin" sonuçları değerlendirilerek, saptanamayan enerji tüketim oranının sıfırlanması planlanmaktadır.

## KAYNAKÇA

1. PUKÖ - Vikipedi (<https://tr.wikipedia.org/wiki/PUKÖ>), 10.06.2022
2. Enerji - Vikipedi (<https://tr.wikipedia.org/wiki/Enerji>), 10.06.2022
3. BS EN 13306:2017 Maintenance. Maintenance Terminology - European Standards (en-standard.eu)
4. Kuloğlu, H. ve Tüfekçier, H., <http://www.enerji.gov.tr/TR/Sayfalar/Enerji-Verimlilik>, 10.06.2022
5. [www.kocaelimakine.com/wp-content/uploads/2013/03/bakim-planlamasi.pdf](http://www.kocaelimakine.com/wp-content/uploads/2013/03/bakim-planlamasi.pdf), 10.06.2022