ARAŞTIRMA MAKALESİ

Sanayi Sektöründe Enerji Yönetimine Bağlı Gaz Motoru Tahrikli Kojenerasyon Santralinin Termoekonomik Analizi

M. Ziya SÖĞÜT
Prof. Dr.
Piri Reis Üniversitesi
Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği
İstanbul
mzsogut@gmail.com
orcid: 0000-0002-9782-7885

Zuhal OKTAY
Prof. Dr.
İzmir Demokrasi Üniversitesi
Makine Mühendisliği
İzmir
zuhal.coşkun@idu.edu.tr
orcid: 0000-0001-6167-7048

T. Hikmet KARAKOÇ
Prof. Dr.
Eskişehir Teknik Üniversitesi
Havacılık ve Uzay Mühendisliği
Eskişehir
hikmetkarakoc@gmail.com
orcid: 0000-0001-8182-8667

ÖZ

Kaynak kullanımı, enerji yönetimi süreçlerinde değerlendirmeye alınan en önemli konulardan birisidir. Sanayi işletmelerde kaynak seçiminin doğru yapılması, enerji verimliliğinin artırılmasına büyük katkı sağlamaktadır. Ülkemizde doğalgaz kullanımının yaygınlaşması ile birlikte, sanayi kuruluşlarında elektrik ve ısı enerjisi üretimine olanak sağlayan güç teknolojilerinin kullanımına ilgi artmıştır. Enerji üretim maliyetleri her geçen gün artış göstermektedir. Bu bağlamda doğalgaz kaynaklı enerji üretiminin ekonomikliğinin detaylı bir biçimde hesaplanması gerekmektedir. İşletmelerin enerji yönetimi bağlamında eylem planlarını geliştirmeleri gerekmektedir. Eylem planları oluşturulurken performans analizleri yapılması oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada, incelen sanayi kuruluşu bünyesinde yer alan gaz motoru tahrikli kojenerasyon sisteminin termo-ekonomik analizi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda sistemin toplam enerji verimi %63 olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, kojenerasyon sisteminin performansının talep yönetimi perspektifinde düşük olduğu tespitine varılmıştır. Bu çalışmada ayrıca enerji yönetimi bağlamında geliştirilen eylem planı ve buna bağlı uygulama sonuçları sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler
Endüstriyel Prosesler, Kojenerasyon, Enerji Yönetimi, Verimlilik, Termo- Ekonomik Analiz.

Thermoeconomic Analysis of Gas Engine Drive Cogeneration Power Plant Through Energy Management in Industry Sector

ABSTRACT

Resource utilization for the industrial sector is one of the most important topics examined in the context of energy management. In this respect, the right source selection in enterprises is defined as one of the basic parameters in increasing energy efficiency. With the widespread use of natural gas, the use of power technologies, which enable both electricity and heat energy production in industrial establishments, has come to the forefront. Nowadays, when energy production costs further increasing, there is a need to investigate the economics of natural gas energy production. It is important that enterprise develop performance plans by developing performance plans in the context of energy management. In this study, the thermo-economic analysis of the gas-engine driven cogeneration system installed in the sample industrial enterprise was conducted. Total energy efficiency of the system was determined as 63%.In the context of demand management, the performance of the cogeneration system was found to be low. The action plan developed in the context of energy management for the enterprise and related application results are discussed. At the end of the study, an action plan based on the energy management process of the enterprise is presented.

Keywords
Industrial Processes, Cogeneration, Energy Management, Productivity, Thermo-economic Analysis.

Geliş Tarihi : 29.09.2018
Kabul Tarihi : 30.01.2019

Söğüt, M. Z., Oktay, Z., Karakoç, T. H., Sanayi Sektöründe Enerji Yönetimine Bağlı Gaz Motoru Tahrikli Kojenerasyon Santralinin Termoekonomik Analizi , 14. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, sf. 662-672, 17-20 Nisan 2019.

1. GİRİŞ

Sanayide enerji kullanımı çok yönlü ele alınan bir süreçtir. Fosil kaynaklı enerji üretimin neden olduğu sera gazı emisyonları, küresel iklim değişikliğine neden olmaktadır. İklim değişikliğine yönelik politika ve programlar geliştirilirken öncelikli çalışma alanlarından birisi de enerji verimliliğinin artırılması süreçleridir. Enerji verimliliği çalışmaları, son yıllarda önemini artıran alanlardan birisi haline gelmiştir [1,2]. Sanayi sektöründe tüketilen enerji tüm dünya ölçeğinde toplam enerji tüketiminin %40'na karşılık gelmektedir. Sanayide tüketilen enerjinin %83'ü fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Fosil yakıt kullanımının çevreye vermiş olduğu zarar oldukça yüksek seviyededir. Bunun yanında düşük verimliliğe sahip enerji dönüşüm uygulamalarının kullanımı, küresel iklim değişikliği tehdidini artırmasına katkı sağlamaktadır. Sanayi kuruluşlarının kaynak verimliliğinin artırılması üzerine çalışmalar yaptığı görülmektedir.

Ancak özellikle talep yönetimi ve enerji kullanım alışkanlıklarının sürdürülebilir enerji yönetimi bağlamında şekillendirilmesi önemli bir problemdir. Sanayide enerji talebi, çoğunlukla şebeke alt yapılarına bağlı olarak dalgalanmalara maruz kalmaktadır. Özellikle çoklu enerji taleplerinde işletmeler, elektriği şebeke hatları üzerinden alırken, ısı ihtiyaçlarını da konvansiyonel yöntemlerle karşılamaktadır. Tüm bu ihtiyaçların sürdürülebilir etkisi verimsiz teknolojilerle yüksek maliyetlere ulaşmaktadır. Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Belgesinde yer aldığı biçimiyle, 2023 yılına kadar enerji yoğunluğunda %20 azalma (2008 yılı temelinde) ve elektrik üretiminde doğal gazın rolünün % 0 seviyesine çekilmesi (% 14,7 azaltarak) bulunmaktadır [3].

Mevcut enerji teknolojileri ve üretim yöntemleri ve arz süreçleri göz önüne alındığında, bu hedeflerin doğrudan sağlanması oldukça güçtür. Belirtilen hedeflere ulaşılabilmesi için işletmeler için enerji talep yönetiminde enerji verimliliğini temel alan yaklaşımların uygulanması gerekmektedir.

TEİAŞ verilerine göre Türkiye'de elektrik iletim hatlarındaki kayıplar yaklaşık %3, dağıtım hatlarındaki kayıplar ise yaklaşık %9 civarındadır. Konvensiyonel elektrik üretim sistemlerinde ortalama verim %35'ler civarında iken, toplam enerjinin yaklaşık %65'i kayıp olarak atılmaktadır. Özellikle sanayi kaynaklı üretim alanları ve yerleşim yerleri için elektrik iletim ve dağıtım kayıplarının önlenmesi doğrudan veya dolaylı talep yönetimine bağlı kojenerasyon veya tri-jenerasyon sistemleri ile sağlanabilir [4]. Kojenerasyon sistemleri, kısaca önceliği elektrik enerjisine dayalı olarak ısıtma veya soğutma enerji ihtiyaçlarını da aynı cihazla tek seferde üretilmesine olanak sağlayan teknolojilerdir. Elektrik üretiminin yanında, kışın ısıtma ve sıcak su sağlayan bu sistemler aynı zamanda ilave bir cihazla yazın soğutma sağlayarak kolayca trijenerasyona dönüşebilmektedir.

Kojenerasyon sistemleri literatürde pek çok yönle incelenmiştir. Örneğin İmal ve diğ. Kojenerasyon ve trijenerasyon sistemlerinin bir hastane uygulamasını ele almışlar ve bu sistemin ekonomik değerlendirmesini yapmışlar. Çalışmalarında geri ödeme süreleri; kojenerasyon sistemi için 3,9 yıl, trijenerasyon sistemi için 4,15 olarak tanımlanmıştır [5]. Sivrioğlu ve diğ. çalışmalarında bir alışveriş merkezi için kojenerasyon sisteminin eknomik kabul edilebilirliğini incelemişler. Yapılan analizlerde elektrik fiyatlarıyla ömür süreçlerin doğrudan etkilendiğini bulmuşlar [6]. Pirmohamadi ve diğ. geri basınçlı buhar türbinleri ve bunlara ilişkin çoklu düzenlemeleri tanımladıktan sonra, ekserji bakış açısıyla en uygun ısı ve enerji kojenerasyon sistemleri-ekipleri tasarımı belirlediler[7]. Caglayan ve Çalışkan bir seramik fabrikasında gaz türbinli kojenerasyon modelini inceleyerek enerji, ekserji ve sürdürülebilirlik analizi yapılmıştır. Çalışmalarında ekserji verimi 10 °C için %89,46 olarak bulunmuşken, 30 °C için bu değer %29,98 olarak belirlemişler [8]. Tüm bu ve benzeri çalışmalar, bu tür sistem tercihlerinde termoekonomik analizlerin önemini göstermektedir.

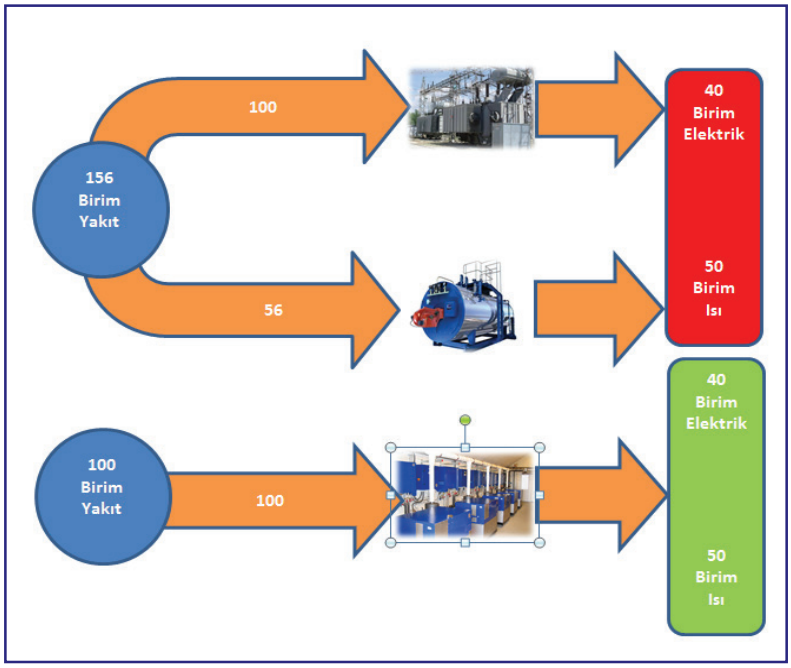
Bu çalışmada; Türkiye için örnek işletme tüketimine bağlı aktif olarak kullanılan kojenerasyon uygulamasının etkileri incelenmiş ve termoekonomik performansı incelenmiştir. İşletmede enerji yönetiminin enerji kullanım davranışlarına bağlı geliştirilmiş eylem planı ve buna bağlı uygulama sonuçları irdelenmiştir. Özellikle işletmenin talep yönetimine göre kojenerasyon işletme performansı değerlendirilerek, işletmenin eylem planı geliştirilmiştir.

2. ENERJİ TALEP YÖNETİMİ

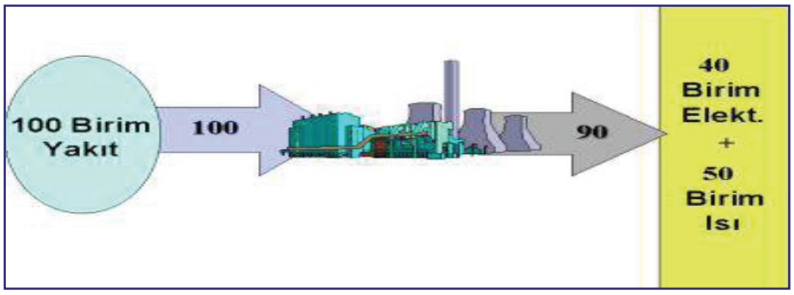
Sanayileşmenin toplumsal refah seviyesinin hızla artmasıyla birlikte mevcut sistemlerin sürekli ve kaliteli enerji isteği, başta elektrik ve ısı enerji talebini de arttırmaktadır. Bu talep mevcut şebeke kayıplarının %65'lere ulaştığı sistemler için kayıplar yanında fosil yakıt tüketimini de arttırmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir kalkınmada temiz enerji üretim prosesleri ve birleşik güç teknolojileri her platformda desteklenmeye başlamıştır.

Birleşik güç sistemleri, kojenerasyon olarak da tanımlanan bu sistemler 2000'li yıllardan bu yana, sanayi başta olmak üzere pek çok alanda yaygınlaşmaya başlayan enerji üretim teknolojileridir. Bir çok sektörde elektrik enerji ihtiyacı genel sistem üzerinden sağlanırken, ısıtma enerjisi bir kazan sistemi veya benzer yapılarla sağlanmaktadır. Özellikle yüksek kapasiteli yapılarda bu ihtiyaçlar karşılanırken sistemlerde kayıp potansiyeli her iki yapı için oldukça yüksektir. Şekil 1'de geleneksel uygulamalar ve kojenerasyon uygulamalarının kaynak enerji kullanım değerleri görülmektedir.

Enerji verimliliği ve enerji tasarrufu konuları, artan çevre bilinci ve Kyoto protokolü gibi uluslararası yükümlülükler ile birlikte başta fosil yakıt tüketiminin azaltılmasını temel alan yüksek verimli enerji üretim tesislerini öne çıkartmıştır. Bu kapsamda 2004 yılında Avrupa Birliği Kojenerasyon yönergesini yayınlayarak, kojenerasyon ve trijenerasyon uygulamaları gibi yüksek verimli enerji üretim tesislerini teşvik etmiştir. Ayrıca kojenerasyon uygulamaları için yüksek verimli mikrokojenerasyona ilişkin bir teşvik sistemi de geliştirilmiştir. Örneğin Almanya da mikrokojenerasyon uygulamalarında vergi indirimi ile birlikte, şebekeye aktarılan fazla elektrik için de teşvik fiyat uygulanmaktadır. Kojenerasyon uygulama-



Şekil 1. Geleneksel ve kojenerasyon sistem karşılaştırması [9]



Şekil 2. Sanayi uygulamalarında mikro-kojenrasyon sistem performansları [5]

larının bina ve bütünleşik yapı uygulamalarında kullanımı artarken, son yıllarda sanayi tercihleri azalmıştır. Ancak özellikle çok amaçlı birden fazla enerji kaynak ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanılmaktadır. Örneğin Almanya teşvik ettiği bu sistemlerde 2020 yılına kadar toplam üretim içindeki payını %25'lere çıkartılmasını hedeflemiştir [10]. Şekil 2'de mikro-kojenerasyon sistem performansları görülmektedir.

Güç santralleri olarak tanımlanan bu yapılar, pek çok sistem ile birlikte verimli enerji teknolojileri için geliştirilmiş sistemlerdir. Günümüzde Kojenerasyon güç santralleri, küçük ölçekli uygulamalar ve mikro-kojen uygulamaları olmak üzere üç bölümde incelenebilir. Özellikle 50 kW güç ihtiyacının altında enerji ihtiyacı olan yapılar için mikro-kojenerasyon sistemleri geliştirilmiştir. Küçük ve mikro kojenerasyon kombine ısı ve güç üretimi yapan sistemler, yüksek verimle küçük alanların enerji gereksinimlerini karşılayan cihazlardır. Bu sistemlerde kullanılan motorlar; gaz türbini, gaz motoru ve dizel motoru olmak üzere 3'e ayrılabilir. Özellikle büyük kapasiteler için kullanılan gaz türbini havayı sıkıştırıp, gaz veya sıvı yakıtı yakarak yanmış gazları önce türbine göndererek elektrik üretilir. Türbininden çıkan yüksek sıcaklıklı egzoz gazları daha sonra atık ısı kazanına gönderilir ve burada yüksek verimde ısı enerjisi üretilir. Gaz türbinlerinin tercihi genellikle 1 MW ve üstü uygulamalarda geçerlidir ve bu türbinlerde ısı kapasitesi türbin çıkış gücünün yaklaşık 2,5-3 katıdır [9].

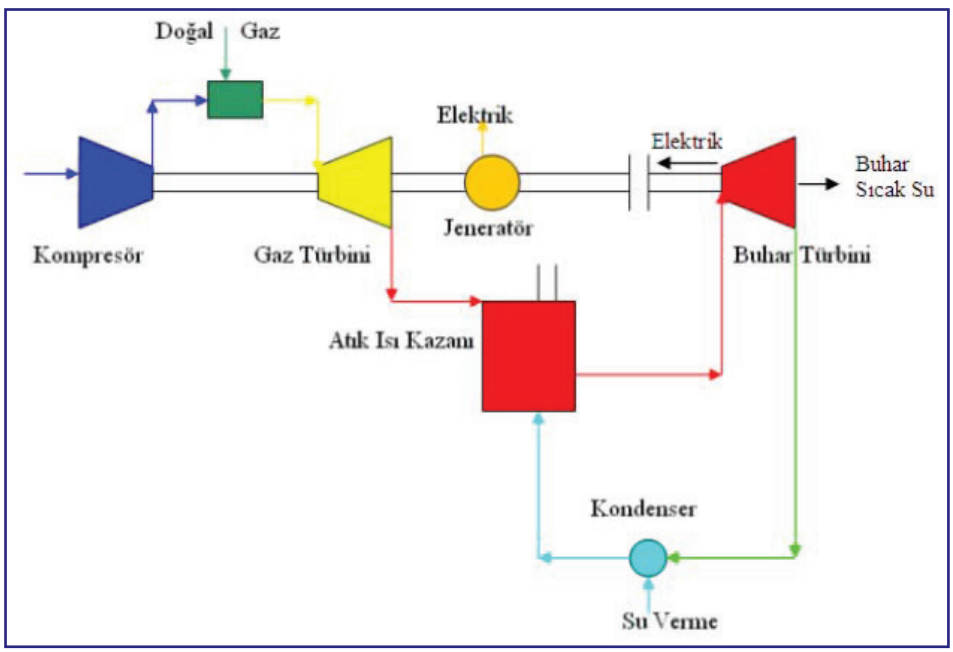
Günümüzde sanayinin ısı ihtiyacını karşılamada kazan teknolojilerinin çok kullanıldığı görülmektedir. Bu kazan teknolojileri, ortalama %75-90 verimde çalışırlar. Ancak kojenerasyon sistemlerinde öncelikle atık ısının %80-90 ısı enerjisine dönüştürülerek, sistemin istediği ısı ihtiyacını karşılamaktadır. Ancak bu oran %80'leri bulurken, %15'i elektrik enerjisine dönüştürülür ve aydınlatma elektrikli cihazların kullanımı gibi ihtiyaçları karşılanır. Kalan %5'lik kısım da baca gazıyla atık ısıya dönüşür. Bu durumda %95'e varan bir verimlilik sağlanmaktadır. Bu teknolojinin sanayide bir enerji kaynağı olarak şekillendirilmesi enerji yönetimi olarak önemli kazanımlar sağlayacaktır.

3. TERMOEKONOMİK ANALİZ

Bir termodinamik ısı makinesinin genel enerji verimliliği aşağıdaki biçimiyle ifade edilebilir;

$$\eta = \dot{W}_{net} / \dot{Q}_{giren} \quad (1)$$

Eşitlik 1'de yer alan η thermal verimi, $\dot{W}_{net}$ sistemden elde edilen net elektrik tüketimini, $\dot{Q}_{giren}$ sistemde dolaşan akışkana aktarılan yakıt enerjisini ifade etmektedir. Kojenerasyon sistemleri, faydalı iş olarak tanımlanan elektrik enerjisi dışında, egzoz, ceket suyu ve intercooler ünitesi gibi farklı ısı geçişleri olmaktadır. Bu bağlamda sistemin toplam



Şekil 3. Kojenerasyon tesisinin (Gaz türbinli) akış şeması [9]

enerjisi aşağıdaki biçimde ifade edilebilir;

$$\dot{Q}_{giren} = \dot{W}_{net} + \dot{Q}_{kayıp} \quad (2)$$

Formülde yer alan, $\dot{Q}_{kayıp}$ sistemlerinde yer alan kayıpları ifade etmektedir. Sisteme verilen enerji doğrudan yakıt miktarına bağlıdır. Bu durumda sisteme verilen enerji aşağıdaki biçimde ifade edilebilir;

$$\dot{Q}_{giren} = \dot{m}_{yakıt} \cdot H_u \quad (3)$$

Formülde yer alan $m_{yakıt}$ sisteme sağlanan yakıt miktarını, H_u yakıtın alt ısıl değerini ifade etmektedir. Bir sistemde toplam enerji yükü için ihtiyaç duyulan yakıt miktarı M_y aşağıdaki biçimiyle hesaplanabilir;

$$M_y = \dot{Q}_{giren} / H_u \cdot \eta_{cihaz} \quad (4)$$

Formülde yer alan η_{cihaz} cihazın ısıl verimini ifade etmektedir [11]. Enerji maliyet etkisi her yakıt için tanımlanış bir ekonomik değerdir. Bir ısıl sistemde elde edilen enerjinin maliyeti, değeri çoğunlukla kaynak maliyetiyle tanımlanmaktadır.

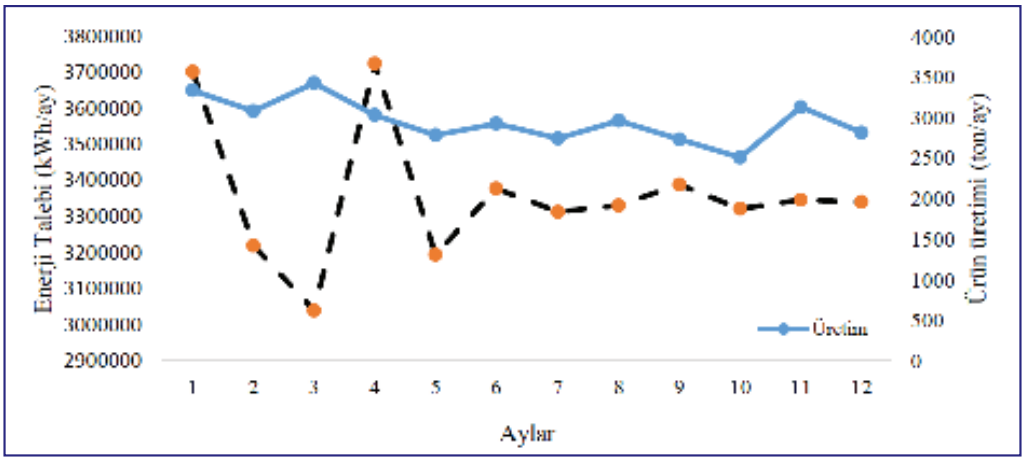
$$c_{giren} = \dot{m}_{yakıt} \cdot c_{birimmaliyet} \quad (5)$$

Bu çalışmada birim maliyetler doğrudan işletmenin satın alma maliyetleri üzerinden yapılmıştır.

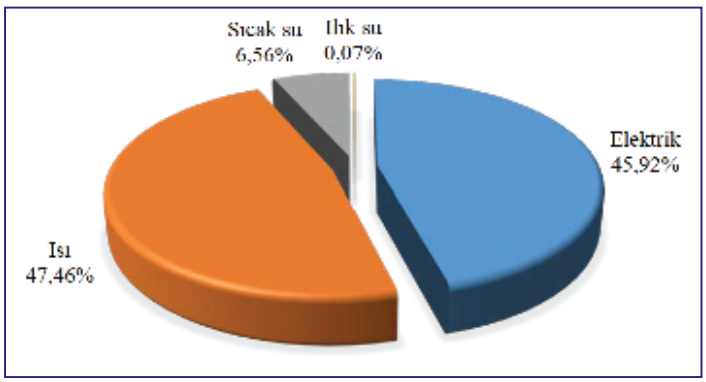
4. BULGULAR ve DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışma gıda üretimi yapan bir işletmenin 3 MW kapasiteli kojenerasyon sisteminin performans analizleri gerçekleştirilmiştir. Bilindiği üzere kojenerasyon sistemlerinde hem elektrik hem de ısı talebini karşılanmaktadır. Bu kapsamda işletmenin elektrik sistemi aylık yük dağılımları ile ısı enerjisi kullanım alışkanlıkları incelenmiştir. İşletmede ürün üretimi ve enerji taleplerindeki değişim Şekil 4'de verilmiştir.

İşletmenin yıllık toplam enerji talebi 40304 MW olarak ölçülmüştür. Yıllık toplam ürün üretimi



Şekil 4. Ürün üretim ve enerji talep dağılımlarının aylık değişimi



Şekil 5. Enerji talep dağılımı

Tablo 1. Kojenerasyon Sistem Verileri

	Birim	Değer		Birim	Değer		Birim	Değer
Çıkış gücü	kW	1500	Ceket suyu ısı akısı	kW	770	Ceket suyu giriş/çıkış sıcaklığı	°C	80/93
Egzoz gazı sıcaklığı	°C	440	Intercooler	kW	133	Intercooler suyu giriş/çıkış sıcaklığı	°C	40/42
Egzoz gazı debisi	kg/h	8480	Egzoz ısı akısı	kW	802	Yağlama yağı hacmi	dm^3	267
Yanma havası debisi	kg/h	6270	Yakıt tüketimi	kW	3610	Elektrik verimi	(%)	42,40
Sıkışma oranı	(-)	13	Ceket suyu debisi	m^3/h	58	Isıl verim	(%)	48,2
			Intercooler debisi	m^3/h	37	Toplam verim	(%)	90,60

36000 ton maya ve benzeri ürün üretimi olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda kg maya üretimi başına 1,135 kWh enerji tüketilmektedir. Enerji talebi dört ana başlık altında incelenmiştir. Bunlar sırasıyla; elektrik, ısı, sıcak su ve ılıksu olarak tanımlanmış ve dağılımları Şekil 5'de sunulmuştur.

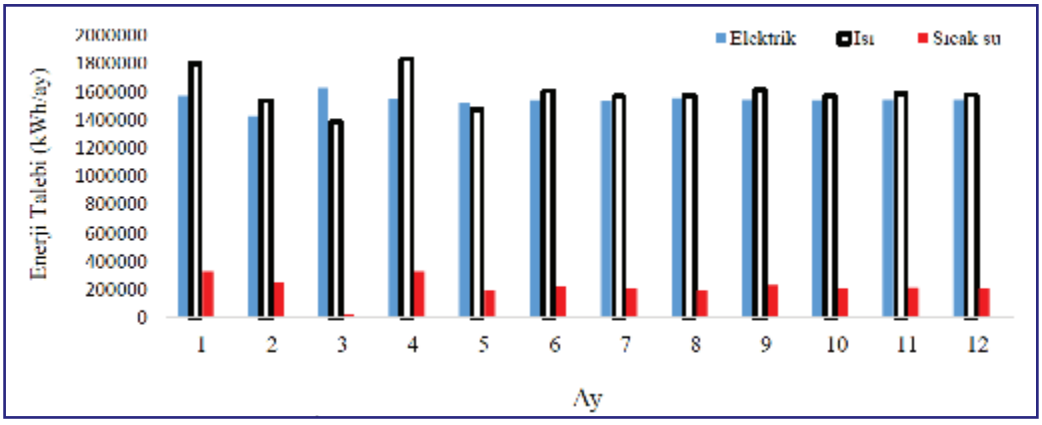
İşletmenin enerji talebinde kullanılan kojenerasyon santrali üretim kapasitesi 2x1500 kW olmak üzere planlanmıştır. İşletmede kullanılan santraller teknik verileri Tablo 1'de verilmiştir. İşletmede elektrik, ısı ve sıcak su talep dağılımı Şekil 6'da verilmektedir.

İşletme aylık ortalamada 3,35 GWh enerji talep ortalamasına sahiptir. Aylık badaki değişim -%1 ile %10 aralığındadır. İşletmede temel enerji talebi ısı ve elektrik talebi olarak görülebilir. Bu kapsamda işletmede tercih edilen santrallerin enerji üretim yükleri işletme verilerine göre dağılımı Şekil 7'de sunulmuştur.

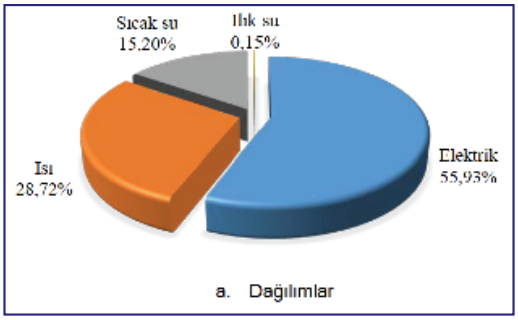
İşletmede toplam enerji ihtiyacının karşılama oranları her kaynak içi ayrı ayrı ele alınmıştır. Analiz sonuçlarına göre kojenerasyon sistemi ile toplam elektrik tüketiminin %52,83'ü karşılanırken, ısı ihtiyacın %25,77'si karşılanmaktadır. Sıcak su ve ılık su ihtiyacın tamamı kojenerasyon sisteminden karşılanmıştır. Aylara göre elektrik ve ısı enerjisi karşılama oranları Şekil 8'de verilmektedir.

Mart ayı ayrı değerlendirildiğinde diğer tüm aylar için ısı bağlamında homojen bir karşılama oran dağılıma ulaşılmaktadır. Sistemin ortalama performansı %63,82 olarak hesaplanmıştır. Tüketim dağılımında ısı etkisi %40,74 olarak hesaplanmıştır. Şebekeden satın alınan elektriğin toplam elektrik tüketimi içindeki oranı %51,88 olarak hesaplanmıştır. Enerji tüketim dağılımları bağlamında doğalgazın ve elektriğin talebi karşılama oranları Şekil 9'da sunulmuştur.

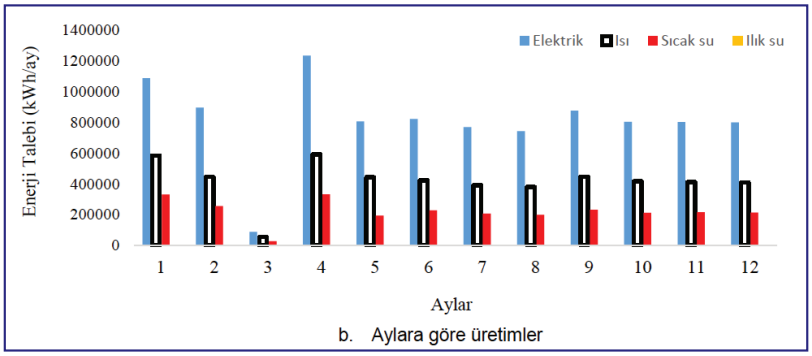
İşletmenin enerji maliyetleri değerlendirirken 2017 verileri dikkate alınmıştır. İşletmenin tüm maliyet etkileri birlikte değerlendirilmiştir. Bu kapsamda işletmede yıllık 123450 kWh/yıl interkonekte şe-



Şekil 6. İşletmenin üretime bağlı enerji talebindeki değişim

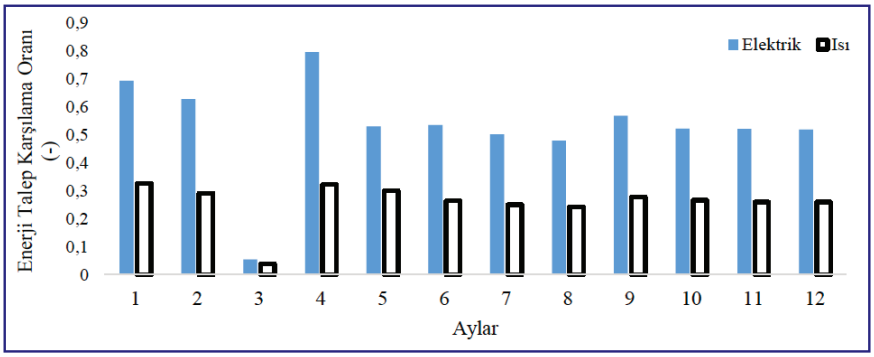


a. Dağılımlar

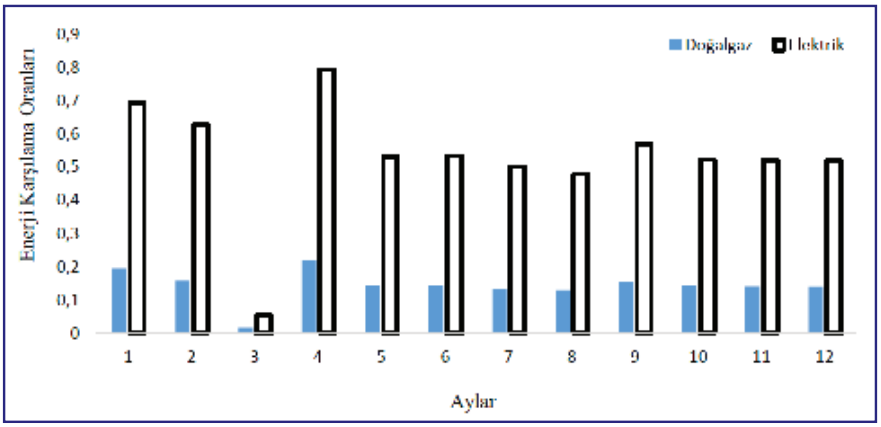


b. Aylara göre üretimler

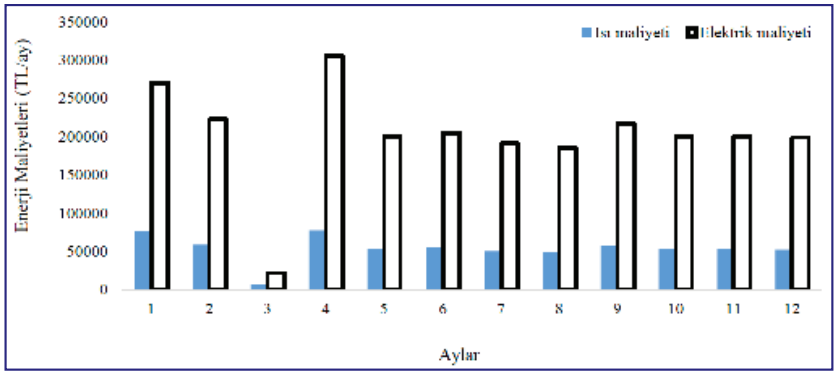
Şekil 7. İşletmenin enerji üretimi ve dağılımları



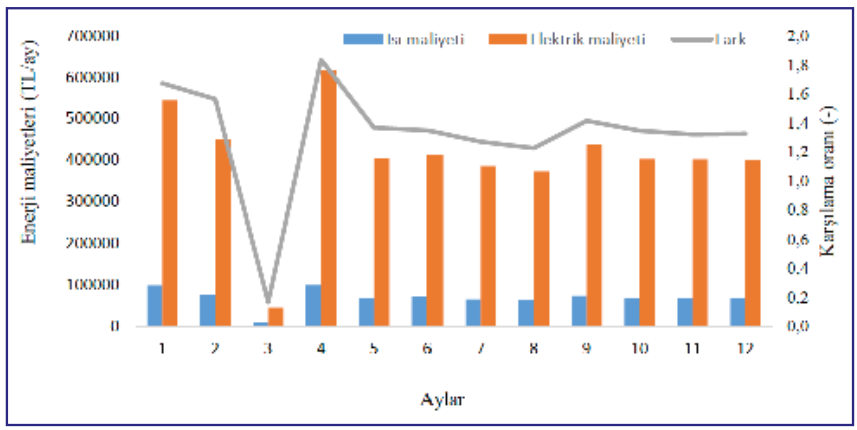
Şekil 8. Aylık bazda kojenerasyon sisteminin ısı ve elektrik enerjisi karşılama oranları



Şekil 9. Enerji üretiminin ihtiyaca bağlı karşılama oranlarının aylık değişimi



Şekil 10. Aylık kojenerasyon maliyet dağılımları



Şekil 11. Güncel maliyetlere göre sistemin maliyet dağılımları ve karşılama oranları

bekeye enerji satmıştır. Bu miktar toplamda satın alınan elektriğin %1,28'ne takabül etmektedir. İşletmenin enerji maliyet performansı 2017 yılı için Şekil 10'da verilmiştir.

Tüketim ortalamasına bağlı olarak kojen kullanımı genel maliyetlerde ortalama %34,15'lik bir etki gösterse de, mart ayının etkisi nedeniyle yanıltıcı olur. Aylık değerlendirmede karşılama oranı yönüyle %93,17'nin üzerine çıkmamaktadır. Şebeke maliyetleri genel toplamda daha iyi bir etkiye sahiptir. Nitekim enerji maliyet etkisini değerlendirildiğinde genel toplamda klasik yöntemle enerji arzı %2,76 daha iyi çıkmaktadır. Bu değerlendirmeleri güncel maliyetlerle değerlendirildiğinde ise daha etkin bir sonuç görülmektedir. Buna bağlı tüketim dağılımları Şekil 11'de verilmiştir.

Bu değerlendirmede kojenerasyon tercihinin işletme için %25,64'lük bir iyileştirme sağladığı belirlenmiştir. Tüm dağılımlarda güncel maliyet etkilerinin olumsuzluğu enerji tercihlerinde kojenerasyon kullanımını öne çıkartmıştır. Kojenerasyon sistemleri sadece işletme tercihleri yönüyle değil verimlilikleri ile de incelenmelidir.

SONUÇ

Bu çalışmada kojenerasyon sisteminin termo-ekonomik analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre termoekonomik parametrelerinin enerji maliyeti ile doğrudan ilişkili olduğu görülmüştür. İşletmede enerji kullanım davranışlarının değiştirilmesine bağlı olarak sistem performansının yükseltilebileceği ve enerji maliyetlerinde azaltma sağlayabileceği belirlendi. Sistemde alınacak önlemler doğrultusunda %25,64'lik bir iyileştirme potansiyeli olduğu tespit edilmiştir. Kojenerasyon sistemde yapılan analizler sonucunda; elektrik karşılama oranının arttırılması ile ısı talebi karşılama oranının da yükseltilebileceği belirlenmiştir. Bu yaklaşım uygulandığı takdirde işletmenin doğal gaz tüketiminin azaltılması sağlanabilecektir.

İşletmenin yapması gereken önlemler aşağıda tanımlanmaktadır;

- Verimi yükseltmeyi temel alan işletme parametrelerinin optimizasyonunu yapılmalıdır.
- Enerji maliyet değişimlerini temel alarak optimum işletme kriterleri tanımlamalıdır.

Bu çalışmadan elde edilen veriler kullanılarak daha sonrasında enerji ve ekserji analizi yöntemiyle tesisteki kayıp potansiyelinin nedenlerini sorgulayacaktır.

KAYNAKLAR

[1] Vyas S., Ahmed S., Parashar A., 2014, "BEE (Bureau of Energy Efficiency) and Green Buildings", International Journal of Research, 1, 23 -32.

[2] Dixon, W., 2014, The Impacts of Construction and the Built Environment, http://www.willmott dixongroup.co.uk/assets/b/r/briefing-note-33-impacts-of-construction-2.pdf

[3] ETKB, 2013, Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması Projesi, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Ankara, http://www.tr.undp.org/content/dam/turkey/docs/projectdocuments/EnvSust/UNDP-TR-brosur_revize%20edilen_baskiyagiden0213.pdf

[4] Bilgili, S., "Enerji Çevre Ilişkisinde Kojenerasyonun Yeri", Doğal Gaz Dergisi, s. 49, Mart 1997.

[5] Sivrioğlu M., Yurdakul M., Aydoğan A. ve Y. T., Büyük Ticari Yapılarda Kurulacak Kojenerasyon Sistemlerinin Ekonomik Açıdan Alternatif Sistemlerle Karşılaştırılması, Çankaya University Journal of Science and Engineering Volume 8 (2011), No. 1, 135–151.

[6] İmal M., Kisakesen T. , Kaya A., Enerji Ekonomisi Açısından Kojenerasyon ve Trijenerasyon Teknolojilerinin Isıtma - Soğutma Kapasitelerinin Analizi: KSÜ Sağlık Uygulama ve Araştırma Hastanesi Örneği, KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19(2), 2016.

[7] Pirmohamadi A., Ghazi M., Nikian M., Optimal Design of Cogeneration Systems in Total Site Using Exergy Approach, Energy 166 (2019) 1291-1330.

[8] Caglayan H., Caliska H., Energy, Exergy and Sustainability Assessments of a Cogeneration System for Ceramic Industry, Applied Thermal Engineering, Volume 136, 25 May 2018, Pages 504-515.

[9] İGDAŞ, (2014), Kojenerasyon ve Trijenerasyon Sistemleri, İstanbul, http://cdn.igdas.com.tr/Web/Content/KojenerasyonVeTrijenerasyonSistemleri.pdf

[10] Pravadalioğlu S., Kojenerasyon Sistemleri İle Yerinde Enerji Üretimi, TTMD dergisi, Ocak / Şubat 2012, Sayfa 24-28.

[11] MMO, 1992, Technical Basis of Central Heating Installation Project Preparation, Mechanical Engineers Association. 1992, 44:127.