Bir Altın ve Gümüş Madeni Açık Ocağındaki Kazıyıcı-Yükleyicilerin Performans Analizi

Arda ÇELİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak 2026

A Performance Analysis of Excavator–Loaders in an Open-Pit Gold and Silver Mine

Arda ÇELİK

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Mining Engineering

January 2026

Bir Altın ve Gümüş Madeni Açık Ocağındaki Kazıyıcı-Yükleyicilerin Performans Analizi

Arda ÇELİK

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Maden İşletme Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

Danışman: Prof. Dr. Hamdi AKÇAKOCA
Ocak 2026

ONAY

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Arda ÇELİK'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Bir Altın ve Gümüş Madeni Açık Ocağındaki Kazıyıcı-Yükleyicilerin Performans Analizi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Hamdi AKÇAKOCA

İkinci Danışman :-

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye: Prof. Dr. Hamdi AKÇAKOCA

Üye: Prof. Dr. Melih İPHAR

Üye: Doç. Dr. Ali Ekrem ARITAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fatma TÜMSEK

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Hamdi Akçakoca danışmanlığında hazırlamış olduğum "Bir Altın ve Gümüş Madeni Açık Ocağındaki Kazıyıcı-Yükleyicilerin Performans Analizi" başlıklı Yüksek Lisans /Doktora tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallarına uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 23/01/2026

Arda ÇELİK

İmza

T.C.
ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÜRETKEN YAPAY ZEKÂ KULLANIMI BEYAN FORMU

Bu tezi/projeyi hazırlarken aşağıdaki Üretken Yapay Zekâ (ÜYZ) araçlarından destek aldığımı beyan ederim:

Aşağıdaki ÜYZ araçlarını kullandım. (Birden fazla seçenek işaretlenebilir)

☐ Claude
☑ ChatGPT
☐ DeepSeek
☐ Gemini
☐ Copilot
☐ Diğer (Belirtiniz): .....

ÜYZ araçlarını tezimin/projemin aşağıdaki aşamalarında ilgili amaçlar için kullandım. (Birden fazla seçenek işaretlenebilir):

☑ Metin oluşturma
☐ Literatür tarama
☑ Çeviri
☑ Düzenleme/dil kontrolü
☐ Veri işleme ve analizi
☐ Veri görselleştirme
☐ Görüntü üretme
☐ Kaynakça düzenleme
☐ Diğer (Belirtiniz): .....

Bu çalışmada ÜYZ kullanımı ***Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Faaliyetlerinde Üretken Yapay Zekâ Kullanımına Dair Etik Rehber***'e ve akademik dürüstlük ilkelerine uygun şekilde gerçekleştirilmiş olup ÜYZ araçlarından alınan destek etik kurallar ve kaynak gösterme esaslarına uygun biçimde belirtilmiştir.

ÜYZ araçlarının sağladığı bilgilerin doğruluğunu kontrol ettiğimi, yanlış veya eksik bilgi bulunması halinde tüm sorumluluğun tarafıma ait olduğunu; ayrıca çalışmamla ilgili bu beyana aykırı bir durumun herhangi bir zamanda tespit edilmesi durumunda ortaya çıkabilecek akademik ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi beyan ederim.

503620230009

Arda ÇELİK

17/03/2026

ÖZET

Bu çalışma, bir açık ocak altın ve gümüş madeni işletmesinde kullanılan kazıcı-yükleyici ekipmanların operasyonel performansının değerlendirilmesini amaçlamıştır. Açık ocak madenciliğinde üretim sürecinin sürekliliği ve verimliliği, kazı-yükleme faaliyetlerinin etkin biçimde yürütülmesine doğrudan bağlıdır. Bu nedenle çalışmada kazıcı-yükleyici ekipmanların yükleme çevrim süreleri, vardiya koşulları, yükleme lokasyonları ve kamyon-kazıcı eşleşmeleri gibi parametreler performans analizlerinde irdelenmiştir.

Araştırmada kullanılan veriler, işletmede aktif olarak kullanılan bilgisayarlı filo yönetim ve sevk (dispatch) sisteminden elde edilmiştir. Dört aylık süre boyunca kaydedilen çok sayıda yükleme çevrimine ait veriler değerlendirilmiş ve gerçek saha koşullarını yansıtan geniş ölçekli bir veri seti oluşturulmuştur. Elde edilen veriler yardımıyla kazıcı-yükleyici ekipmanların ortalama yükleme süreleri, üretkenlik düzeyleri ve duruş süreleri belirlenmiş; bu değişkenlerin ekipmanların performansları üzerindeki etkileri analiz edilirken değerlendirilmiştir.

Performans analizleri sonucunda, kazıcı-yükleyici modeline, yükleme yapılan ocak içi konumun fiziksel özelliklerine ve kamyon tipine bağlı olarak yükleme çevrim sürelerinde anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca vardiya koşulları ve ekipman-kamyon uyumu, üretim sürekliliği ve ekipman verimliliği üzerinde belirleyici faktörler olarak öne çıkmıştır. İncelenen veriler doğrultusunda üretken olmayan sürelerin başlıca nedenleri ortaya konmuş ve ekipman performansını doğrudan etkileyen operasyonel aksaklıklar belirlenmiştir.

Elde edilen bulgular, kazıcı-yükleyici ekipmanların performansının düzenli olarak izlenmesinin; üretim planlamasının iyileştirilmesi, duruş sürelerinin azaltılması ve açık ocak işletmelerinde genel üretim verimliliğinin artırılması açısından önemli olduğunu göstermektedir. Çalışma sonucunda, mevcut sistemde performans kaybına neden olan unsurlar belirlenmiş ve ekipman kullanım etkinliğini artırmaya yönelik iyileştirme önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Açık ocak madenciliği, kazıcı-yükleyici performansı, yükleme çevrim süresi, filo yönetim sistemi, operasyonel verimlilik, duruş süreleri, üretim planlaması

SUMMARY

This study aims to evaluate the operational performance of excavator–loader equipment used in an open-pit gold and silver mining operation. In open-pit mining, the continuity and efficiency of the production process directly depend on the effective execution of excavation and loading activities. Therefore, in this study, parameters such as the loading cycle times of excavator-loader equipment, shift conditions, loading locations, and truck–excavator matching were examined in performance analyses.

The data used in the research were obtained from the computerized fleet management and dispatch system actively utilized in the operation. A large-scale dataset reflecting real field conditions was constructed by evaluating numerous loading cycle records collected over a four-month period. With the help of the obtained data, the average loading times, productivity levels, and downtime durations of the excavator-loader equipment were determined; these variables were evaluated while analyzing their effects on the performance of the equipment.

The results of the performance analyses revealed that loading cycle times differ significantly depending on the excavator–loader model, the physical characteristics of the in-pit loading location, and the type of truck being loaded. In addition, shift conditions and equipment–truck compatibility were identified as key factors affecting production continuity and equipment efficiency. Based on the examined data, the main causes of non-productive times were identified, and operational disruptions directly influencing equipment performance were determined.

The findings indicate that regular monitoring of excavator–loader performance is essential for improving production planning, reducing downtime durations, and increasing overall production efficiency in open-pit mining operations. As a result of the study, the factors causing performance losses in the current system were identified, and improvement recommendations were presented to enhance equipment utilization efficiency.

Keywords: Open-pit mining, excavator–loader performance, loading cycle time, fleet management system, operational efficiency, downtime analysis, production plannings

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında bilgi ve deneyimleriyle yol gösteren, her aşamada desteğini ve değerli katkılarını esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Hamdi AKÇAKOCA'ya en içten teşekkürlerimi sunarım. Akademik bakış açısı, yönlendirici eleştirileri ve sabrı, bu çalışmanın bilimsel niteliğinin güçlenmesinde önemli rol oynamıştır.

Çalışma süresince gerekli veri ve teknik desteğin sağlanmasında katkıda bulunan Eskişehir'de faaliyet gösteren ve çalıştığım işyerinin yetkililerine ve saha çalışmalarında yardımcı olan tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.
Ayrıca, akademik yaşamım boyunca bilgi ve deneyimleriyle ufkumu genişleten saygıdeğer jüri üyelerine değerli katkılarından dolayı şükranlarımı sunarım.

Son olarak, eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiren, sabırları ve anlayışlarıyla bana güç veren eşime, aileme ve sevdiklerime en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ..... **vii**
SUMMARY ..... **viii**
TEŞEKKÜR ..... **ix**
İÇİNDEKİLER ..... **x**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xiii**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xiv**
1. GİRİŞ VE AMAÇ **1**
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI **6**
2.1. Altın-Gümüş Açık Ocak Madenciliği 6
2.2. Madencilikte Kazı İşleri 7
2.3. Kazıcı-Yükleyici Performansı ve Yükleme Çevrim Süresi 10
2.3.1. Yükleme Çevrim Süresini Belirleyen Faktörler 11
2.3.2. Operasyonel Gecikmeler ve Çevrim Süresine Etkileri 11
2.3.3. Performansın Artırılmasına Yönelik Yaklaşımlar 11
2.4. Hidrolik ve Elektrikli Kazıcıların Performans Özellikleri 12
2.5. Performans Analiz Kavramı 14
2.5.1. Performans Anlayışının Tarihsel Gelişimi 16
2.5.2. Performans Boyutları 17
2.6. Geleneksel Yöntemlerle Performans Analizi 28
2.7. Modern Yöntemlerle Performans Analizi 29
3. MATERYAL VE YÖNTEM **32**
3.1. Araştırmanın Türü ve Yaklaşımı 32
3.2. Çalışma Alanı ve İşletmenin Genel Özellikleri 33
3.3. Verilerin Toplanması 35
3.4. Veri Ön İşleme ve Performans Göstergelerinin Hesaplanması 36
3.5. SPSS Ortamına Veri Aktarımı 36
3.6. Veri Analizi Yöntemi 37

3.6.1. Veri Setinin Hazırlanması ve Ön İşlemler 37
3.6.2. Performans Göstergeleri ve Değişkenlerin Tanımlanması 37
3.6.3. Tanımlayıcı İstatistikler ve Aylık Dağılım Analizleri 38
3.6.4. Normallik Varsayımının Sınanması 39
3.6.5. Ekipmanlar Arası Karşılaştırma: Kruskal–Wallis H Testi 39
4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR 40
4.1. İşletmede Kullanılan Kırıcı (E5) Makinesine Ait Performans Bulguları 40
4.2. İşletmedeki L2 Kodlu Yükleyicinin Performans Analizleri Üzerine Bulgular 45
4.3. İşletmedeki E8 Kodlu Yükleyicinin Performans Analizleri Üzerine Bulgular 49
4.4. İşletmedeki E6 Kodlu Yükleyicinin Performans Analizleri Üzerine Bulgular 52
4.5. E10 Kodlu Yükleyiciye Ait Performans Analizi Üzerine Bulgular 55
4.6. E12 Kodlu Yükleyici İçin Performans Bulguları 60
4.7. E13 Kodlu Yükleyici İçin Performans Bulguları 66
4.8. E14 Kodlu Yükleyici İçin Performans Bulguları 71
4.9. Performans İndeksi Verileri İçin Normallik Analizi 76
4.10. Yükleyici ve Kırıcı Ekipmanlar Arasında Performans İndeksi Karşılaştırması Normallik Sonrası Karşılaştırmalı Analiz Yöntemi 77
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 80
KAYNAKLAR DİZİNİ 84
EK AÇIKLAMALAR 90
Ek Açıklama-A: İşletmeye Ait L2 Kodlu Yükleyicinin SPSS Veri Hesaplama Tablosu 90

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

2.1.Kazı maliyetinin açık ocakta açılan tünel veya delik uzunluğuna göre değişim grafiği (Pakes, 1991) 10
4.1 Kırıcı (E5) aylık performans analizinin tanımlayıcı istatiksel grafiği 42
4.2. L2 kodlu yükleyiciye ait aylık performans analizinin tanımlayıcı istatiksel grafiği 47
4.3. E10 kodlu ekipmana ait aylık yakıt tüketim performans analiz grafiği 57
4.4. E10 kodlu ekipmana ait performans indeksi grafiği..... 59
4.5. E12 ekipmana ait yakıt sarfiyatı performans analizi grafiği..... 62
4.6. E12 kodlu ekipmana ait performans indeksi grafiği..... 65
4.7. E13 kodlu ekipmana ait aylık yakıt sarfiyatı performans analiz grafiği 68
4.8. E13 kodlu ekipmanın aylık performans indeksi grafiği 70
4.9. E14 kodlu ekipmanın aylık yakıt tüketim performans analiz grafiği 73
4.10. E14 kodlu ekipmanın aylık performans indeksi grafiği 75

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

2.1.Performans Ölçütlerine İlişkin Literatür Özeti 27
4.1. Kırıcı (E5) İçin Tanımlayıcı İstatistik Sonuçları 40
4.2. Kırıcı (E5) Ekipmanının Aylık Saatlik Yakıt Sarfiyatı (Cycle-Time) Tanımlayıcı İstatistikleri 42
4.3. Kırıcı (E5) Performans İndeksi İçin Tanımlayıcı İstatistikler 43
4.4.Kırıcı (E5) Aylık Ortalama Performans İndeksi 44
4.5. L2 Kodlu Yükleyiciye Ait Saatlik Yakıt Sarfiyatı Tanımlayıcı İstatistikleri 45
4.6.L2 Kodlu Yükleyicinin Aylık Ortalama Yakıt Sarfiyatı 46
4.7. L2 Yükleyici İçin Aylık Ortalama Performans İndeksi 48
4.8. E8 Yükleyici İçin Tanımlayıcı İstatistikler 50
4.9.E8 Yükleyici Aylık Ortalama Yakıt Sarfiyatı 50
4.10. E8 Yükleyici Aylık Performans İndeksi (PI) Tanımlayıcı İstatistikleri 51
4.11. E6 Yükleyici İçin Saatlik Yakıt Sarfiyatı Tanımlayıcı İstatistikleri 53
4.12.E6 Yükleyici Aylık Ortalama Yakıt Sarfiyatı 53
Ç 4.13. E6 Yükleyici Performans İndeksi Tanımlayıcı İstatistikleri 54
4.14. E6 Yükleyici Aylık Ortalama Performans İndeksi 55
4.15. E10 Yükleyici İçin Saatlik Yakıt Sarfiyatı Tanımlayıcı İstatistikleri 56
4.16. E10 Yükleyici Aylık Ortalama Yakıt Sarfiyatı 57
4.17. E10 Yükleyici Performans İndeksi Tanımlayıcı İstatistikleri 58
4.18. E10 Yükleyici Aylık Ortalama Performans İndeksi 59
4.19. E12 Yükleyici İçin Saatlik Yakıt Sarfiyatı Tanımlayıcı İstatistikleri 61
4.20. E12 Yükleyici Aylık Ortalama Yakıt Sarfiyatı 62
4.21.E12 Yükleyici Performans İndeksi Tanımlayıcı İstatistikleri 63
4.22.E12 Yükleyici Aylık Ortalama Performans İndeksi 64
4.23. E13 Yükleyici İçin Saatlik Yakıt Sarfiyatı Tanımlayıcı İstatistikleri 66
4.24. E13 Yükleyici Aylık Ortalama Yakıt Sarfiyatı 67
4.25.E13 Yükleyici Performans İndeksi Tanımlayıcı İstatistikleri 69
4.26. E13 Yükleyici Aylık Ortalama Performans İndeksi 69
4.27.E14 Yükleyici İçin Saatlik Yakıt Sarfiyatı Tanımlayıcı İstatistikleri 71
4.28. E14 Yükleyici Aylık Ortalama Yakıt Sarfiyatı 72
4.29. E14 Yükleyici Performans İndeksi Tanımlayıcı İstatistikleri 74
4.30. E14 Yükleyici Aylık Ortalama Performans İndeksi 75
4.31. Performans İndeksi (PI) Verileri İçin Normallik Testi Sonuçları 76
4.32. Ekipmanlara Ait Performans İndeksi İçin Kruskal–Wallis Sıra Ortalamaları 78
4.33. Kruskal–Wallis Test İstatistikleri 78

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
(\bar{X})	Sürecin aritmetik ortalaması (merkez çizgi)
CL	Merkez çizgi (Center Line)
UCL	Üst kontrol limiti (Upper Control Limit)
LCL	Alt kontrol limiti (Lower Control Limit)
MR	Hareketli aralık (Moving Range)
(\overline{MR})	Hareketli aralıkların ortalaması
Σ	Süreç standart sapması
d_2	Hareketli aralık sabiti
D_3	MR kartı alt limit sabiti
D_4	MR kartı üst limit sabiti
Cp	Süreç yeterlilik indeksi
Cpk	Süreç performans indeksi
N	Örneklem büyüklüğü
lt/km	Litre / kilometre yakıt tüketim birimi
Ton	Taşınan yük miktarı
Km	Taşıma mesafesi

Kısaltmalar	Açıklama
SPC	Statistical Process Control (İstatistiksel Proses Kontrol)
İPK	İstatistiksel Proses Kontrol
I–MR	Bireysel – Hareketli Aralık Kontrol Kartları
$\bar{X}$	Ortalama Kontrol Kartı
MR	Moving Range (Hareketli Aralık)
DOE	Department of Energy
BREE	Bureau of Resources and Energy Economics
AIAG	Automotive Industry Action Group
AusIMM	Australasian Institute of Mining and Metallurgy
ECOS	Energy Conversion and Optimization Symposium
km/saat	Kilometre / saat
lt	Litre
APA	American Psychological Association

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Madencilik faaliyetleri, insanlık tarihinin en eski üretim faaliyetlerinden biri olup, toplumların ekonomik gelişimi ve sanayileşme süreçlerinde stratejik bir rol üstlenmektedir. Yer altı ve yer üstü doğal kaynaklarının çıkarılmasında kullanılan yöntemler, tarihsel süreç içerisinde önemli bir dönüşüm geçirmiştir. İlk dönemlerde maden üretimi büyük ölçüde insan gücüne dayalı ilkel kazı teknikleriyle gerçekleştirilirken, artan nüfus, sanayi üretimi ve hammadde ihtiyacının yükselmesi, bu yöntemlerin yetersiz kalmasına neden olmuş ve mekanize üretim sistemlerine geçiş hız kazanmıştır (Hartman & Mutmansky, 2002). Günümüzde gerek yeraltı gerekse açık ocak madenciliğinde yüksek miktarlarda üretimin sürdürülebilmesi, ancak ileri teknolojiye sahip kazı, yükleme ve nakliyat makinelerinin etkin kullanımı ile mümkün olabilmektedir.

Modern madencilik işletmelerinde üretim süreçleri; delme–patlatma, kazı, yükleme ve nakliyat operasyonlarından oluşan bütünleşik bir sistem yapısına sahiptir. Bu süreçlerin her biri, toplam üretim kapasitesi, sürekliliği ve işletme maliyetleri üzerinde doğrudan belirleyici etkiye sahiptir (Hustrulid, Kuchta, & Martin, 2013). Özellikle açık ocak maden işletmelerinde kazı ve yükleme faaliyetleri, kamyonlarla gerçekleştirilen nakliyat süreciyle tam bir entegrasyon içerisinde çalışmakta; kazıcı-yükleyici ekipmanlar ile nakliyat kamyonları arasındaki uyum, üretim verimliliğinin temel belirleyicilerinden biri olarak öne çıkmaktadır.

Açık ocak madenciliğinde malzeme taşımacılığı süreci, kazıcı-yükleyiciler tarafından yüklenen kamyonların, üretim aynası ile döküm sahaları arasında sürekli olarak tam yüklü ve boş çevrimler halinde hareket etmesine dayanmaktadır. Kamyonların hangi kazıcı-yükleyiciye yönlendirileceği, yükleme ve boşaltma sıralarının nasıl planlanacağı gibi kararlar literatürde “kamyon sevk (dispatch) problemi” olarak tanımlanmaktadır. Bu problem, yalnızca madencilik sektöründe değil, filo yönetimi gerektiren birçok endüstriyel uygulamada karşılaşılan karmaşık bir optimizasyon problemi olarak ele alınmaktadır (White ve Olson, 1986; Topal, 2005).

Günümüzde açık ocak maden işletmelerinde kazıcı–kamyon etkileşimi büyük ölçüde bilgisayarlı filo yönetim ve sevk sistemleri aracılığıyla yürütülmektedir. Bu sistemler operatörlere gerçek zamanlı yönlendirme sağlamakta; yükleme, taşıma, boşaltma ve bekleme sürelerine ilişkin ayrıntılı operasyonel verileri sürekli olarak kayıt altına almaktadır. Elde edilen bu büyük ölçekli saha verileri, ekipman performansının değerlendirilmesi, üretim planlamasının geliştirilmesi ve operasyonel iş süreçlerini-performansının belirlenmesi açısından önemli bir bilgi kaynağı sunmaktadır (Kecojevic ve Komljenovic, 2010).

Açık ocak madenciliği, yüksek sermaye yatırımı gerektiren ve işletme maliyetlerinin büyük bir bölümünü kazı, yükleme ve nakliyat faaliyetlerinin oluşturduğu bir üretim sürecidir. Özellikle yükleme ve nakliyat operasyonları; yakıt tüketimi, bakım-onarım giderleri, ekipman yatırım maliyetleri ve iş gücü gereksinimi nedeniyle toplam üretim maliyetleri üzerinde belirleyici etkiye sahiptir (Caterpillar, 2018). Bu nedenle kazıcı-yükleyici ekipmanların performansının doğru biçimde analiz edilmesi ve verimli kullanımının sağlanması, işletme ekonomisi açısından kritik öneme sahiptir.

Açık ocak işletmelerinde üretim miktarlarında gözlenen değişkenlik; kazıcı-yükleyici modeli, kamyon tipi, yükleme lokasyonu, vardiya koşulları, operatör deneyimi, hava şartları ve malzeme özellikleri gibi çok sayıda faktörün eş zamanlı etkisiyle ortaya çıkmaktadır (Vagenas, 1999). Bu karmaşık yapı içerisinde performansı etkileyen temel faktörlerin belirlenmesi ve sayısal verilerle analiz edilmesi, üretim kapasitesinin artırılmasına yönelik bilimsel karar desteği sağlamaktadır.

Literatürde açık ocak madenciliğinde ekipman performansına yönelik birçok çalışma bulunmakla birlikte, kazıcı-yükleyici performansının doğrudan yükleme çevrim süresi temel alınarak ayrıntılı biçimde incelendiği çalışmalar sınırlı sayıdadır. Yükleme çevrim süresi, toplam nakliyat çevriminin en kritik bileşenlerinden biri olup, malzemenin fiilen elleçlendiği aşamayı temsil etmektedir. Bu nedenle yükleme çevrim süresinde sağlanacak küçük iyileştirmeler dahi, toplam üretim kapasitesi ve işletme maliyetleri üzerinde önemli kazanımlar sağlayabilmektedir (Nelson ve Carmichael, 2015).

Altın ve gümüş açık ocak işletmeleri, yüksek yatırım maliyetleri ve değişken metal fiyatları nedeniyle üretim verimliliğinin doğrudan ekonomik sürdürülebilirliği etkilediği madencilik faaliyetleri arasında yer almaktadır. Bu işletmelerde kazıcı-yükleyici performansının düzenli olarak izlenmesi ve sayısal veriler üzerinden değerlendirilmesi, üretim planlamasının iyileştirilmesi ve ekipman kullanım etkinliğinin artırılması açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışma kapsamında, bir açık ocak altın ve gümüş işletmesinde kullanılan kazıcı-yükleyici ekipmanların performansı, yükleme çevrim süresi verileri temel alınarak ayrıntılı biçimde analiz edilmiştir. Filo yönetim sisteminden elde edilen gerçek saha verileri kullanılarak; kazıcı-yükleyici modelleri, yükleme lokasyonları, vardiya koşulları ve kamyon tiplerinin yükleme çevrim süresi üzerindeki etkileri nicel yöntemlerle değerlendirilmiştir. Bu sayede ekipmanlar arası performans farklılıkları ortaya konmuş, üretken olmayan sürelerin başlıca nedenleri belirlenmiş ve operasyonel süreçlerde iyileştirmeye açık alanlar tespit edilmiştir.

Elde edilen bulgular doğrultusunda kazıcı-yükleyici ekipmanların kullanım etkinliğini artırmaya yönelik teknik ve operasyonel öneriler geliştirilmiş; üretim planlaması, ekipman–kamyon uyumu ve vardiya organizasyonunun performans üzerindeki etkileri bütüncül bir bakış açısıyla ele alınmıştır. Bu yönüyle çalışma, açık ocak altın ve gümüş madenciliğinde kazı–yükleme süreçlerinin veri temelli analiz edilmesine katkı sunmakta; işletmelerde üretim sürekliliğinin sağlanması, duruş sürelerinin azaltılması ve toplam üretim verimliliğinin artırılmasına yönelik uygulanabilir bir değerlendirme çerçevesi ortaya koymaktadır.

Ayrıca çalışma sonuçlarının, benzer açık ocak maden işletmelerinde kazıcı-yükleyici performansının izlenmesi ve geliştirilmesine yönelik gelecekte yapılacak araştırmalara referans oluşturması ve sektörde karar vericilere bilimsel dayanak sağlaması beklenmektedir.

a. Çalışmanın Amacı:

Bu çalışmanın temel amacı, bir altın ve gümüş madeni açık ocak işletmesinde kullanılan kazıcı-yükleyici ekipmanların operasyonel performansını, yükleme çevrim süresi

temel alınarak analiz etmektir. Açık ocak madenciliğinde toplam nakliyat çevriminin en kritik bileşenlerinden biri olan yükleme süreci, malzemenin fiilen elleçlendiği aşamayı temsil etmekte ve üretim sürekliliği ile verimliliği üzerinde doğrudan belirleyici olmaktadır. Bu kapsamda çalışmada, kazıcı-yükleyici performansının zamana bağlı değişimi değerlendirilerek ekipmanların üretkenlik düzeyleri, duruş süreleri ve çevrim sürelerindeki farklılıkların ortaya konulması hedeflenmiştir.

Bu doğrultuda çalışmada; kazıcı-yükleyici model ve tipleri, yükleme yapılan ocak içi konumun fiziksel özellikleri, vardiya koşulları ve kamyon–kazıcı eşleşmeleri gibi operasyonel faktörlerin yükleme çevrim süresi üzerindeki etkileri ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Gerçek saha verilerine dayalı olarak gerçekleştirilen analizlerle ekipmanlar arası performans farklılıkları belirlenmiş, üretken olmayan sürelerin başlıca nedenleri ortaya çıkarılmış ve operasyonel süreçlerde iyileştirmeye açık alanlar tespit edilmiştir. Böylece kazıcı-yükleyici performansının yalnızca ortalama değerler üzerinden değil, çevrim sürelerinin dağılım yapısı ve süreç içi değişkenlik dikkate alınarak bütüncül biçimde değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Elde edilen bulgular doğrultusunda, kazıcı-yükleyici ekipmanların kullanım etkinliğini artırmaya yönelik teknik ve organizasyonel öneriler geliştirilmiş; üretim planlaması, ekipman–kamyon uyumu ve vardiya organizasyonunun performans üzerindeki etkileri nicel verilerle ortaya konulmuştur. Bu yönüyle çalışma, açık ocak altın ve gümüş işletmelerinde kazı–yükleme süreçlerinin veri temelli analiz edilmesine katkı sunmayı amaçlamaktadır.

b. Çalışmanın Önemi:

Açık ocak altın ve gümüş madenciliği, yüksek sermaye yatırımı ve işletme maliyetleri nedeniyle üretim verimliliğinin doğrudan işletme ekonomisini etkilediği madencilik faaliyetleri arasında yer almaktadır. Bu işletmelerde kazıcı-yükleyici ve kamyonlardan oluşan yükleme–nakliyat sistemi, toplam üretim maliyetlerinin büyük bir bölümünü oluşturmakta; bu nedenle kazıcı-yükleyici performansında sağlanacak küçük ölçekli iyileştirmeler dahi üretim kapasitesi, yakıt tüketimi, ekipman kullanım oranları ve toplam işletme maliyetleri üzerinde önemli kazanımlar sağlayabilmektedir.

Literatürde açık ocak madenciliğinde ekipman performansına yönelik çok sayıda çalışma bulunmakla birlikte, kazıcı-yükleyici performansının doğrudan yükleme çevrim süresi temelinde, gerçek saha verilerine dayalı ve ayrıntılı biçimde analiz edildiği çalışmalar sınırlı sayıdadır. Çoğu araştırmada ortalama çevrim süreleri veya üretim miktarları esas alınmakta, çevrim süreleri içerisindeki değişkenliğin operasyonel nedenleri yeterince detaylandırılmamaktadır. Bu çalışma, yükleme çevrim sürecini temel performans göstergesi olarak ele alması ve geniş ölçekli saha verileriyle analiz etmesi bakımından literatürdeki bu eksikliğin giderilmesine katkı sağlamaktadır.

Ayrıca çalışmadan elde edilen bulguların; açık ocak altın ve gümüş işletmelerinde ekipman seçimi, kamyon–kazıcı eşleşmesi, vardiya planlaması, üretim planlaması ve operasyonel iyileştirme süreçlerine doğrudan katkı sunması beklenmektedir. Yükleme çevrim sürelerinin optimize edilmesi, üretken olmayan sürelerin azaltılması ve ekipman kullanım etkinliğinin artırılması, işletmelerin daha öngörülebilir, sürdürülebilir ve rekabetçi bir üretim yapısına ulaşmasına olanak tanımaktadır. Bu yönüyle çalışma, hem akademik literatüre bilimsel katkı sunmakta hem de madencilik sektöründeki uygulayıcılar için karar destek niteliği taşımaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Açık ocak madenciliğinde çevrim süreleri, ekipman performansı ve üretim verimliliğinin değerlendirilmesinde kritik bir göstergedir. Çevrim süreleri; kazıcı-yükleyiciden kamyona malzemenin yüklenmesini, nakliyatını ve boşaltılmasını kapsayan tüm aşamaları içerir ve toplam üretim kapasitesini doğrudan etkiler. Literatürde çevrim sürelerinin bileşenleri ve bu sürelerin performans ölçümüne etkileri üzerinde kapsamlı analizler yapılmıştır; ancak özellikle kazıcı-yükleyici performansı ve bu performansın operasyonel faktörlerle ilişkisine odaklanan çalışmalar sınırlı sayıda bulunmaktadır (Manyele, 2017; Çetin, 2004).

2.1. Altın-Gümüş Açık Ocak Madenciliği

Açık ocak madenciliğinde kazıcı-yükleyici ve nakliyat ekipmanlarının performansı, üretim verimliliği ve toplam işletme maliyetleri üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Özellikle altın ve gümüş gibi değerli metallerin üretiminde, cevher genellikle yüzeye yakın rezervlerde bulunduğundan açık ocak işletmeciliği tercih edilmektedir. Bu üretim sisteminde kazı, yükleme ve nakliyat süreçleri birbirine bağlıdır ve her bir aşamadaki etkinlik, toplam üretim kapasitesi ve ekonomik verimlilik açısından kritik öneme sahiptir (Hartman ve Mutmansky, 2002; Humphreys, 2015).

Altın ve gümüş açık ocak işletmelerinde en yaygın kullanılan sistemlerden biri kamyon–kazıcı (truck–shovel) uygulamasıdır. Bu sistemde, kazıcı-yükleyiciler tarafından doldurulan kamyonlar, malzemeyi kırma veya döküm sahalarına taşımakta ve bu süreçte hem ekipman performansı hem de operatör verimliliği doğrudan üretim çevrim süresini belirlemektedir (Singh ve Long, 2010; Sahoo, Bandyopadhyay ve Tripathy, 2010). Kazıcı-yükleyici çevrim süreleri, yükleme verimliliğinin temel göstergesi olarak kabul edilmekte ve işletme kararlarının optimizasyonu için kritik veri sağlamaktadır.

Açık ocak üretiminde enerji ve yakıt tüketimi, özellikle yüksek tonajlı nakliyat faaliyetlerinde önemli bir maliyet unsurudur. Kazıcı-yükleyici ve kamyon performansındaki

değişkenlik, çevrim sürelerini etkileyerek enerji kullanımını ve işletme maliyetlerini artırabilmektedir (Bureau of Resources and Energy Economics [BREE], 2014; Department of Energy [DOE], 2012). Bu nedenle, kazıcı-yükleyici ve kamyon sistemlerinin performansının analiz edilmesi, hem ekonomik hem de çevresel açıdan işletmeler için büyük önem taşımaktadır.

Öte yandan, çevresel sürdürülebilirlik ve operasyonel verimliliğin artırılması, modern açık ocak işletmelerinde odak noktaları arasında yer almaktadır. Büyük makina parkları ve yoğun enerji kullanımı nedeniyle, kazıcı-yükleyici performansının optimize edilmesi ve üretim süreçlerindeki gereksiz bekleme sürelerinin azaltılması, hem üretkenliği artırmakta hem de çevresel etkileri minimize etmektedir (Asafu ve Mahadevan, 2003).

Literatürde, kazıcı-yükleyici performansını değerlendiren çalışmalar genellikle ekipman kapasitesi, operatör becerileri ve çevrim süresi bileşenleri üzerine odaklanmaktadır. Hem teorik modellemeler hem de saha verisine dayalı analizler, üretim çevrim sürelerini ve ekipman verimliliğini anlamak için kullanılmaktadır (Alarie ve Gamache, 2002; Coyle, 2007). Ancak saha çalışmalarında, kazıcı-yükleyici modeli, yükleme lokasyonu, vardiya koşulları ve kamyon eşleşmeleri gibi operasyonel faktörlerin bir arada incelenmesine yönelik araştırmalar sınırlıdır.

2.2. Madencilikte Kazı İşleri

Madencilikte Kazı İşleri Madencilikteki kazı işlemlerinin amacı, maden yatağındaki değerli minerallerin bulunduğu yerden çıkarılmasının sağlanmasına yöneliktir. Ayrıca kazı yan kayaçların kazılması işlerinde de uygulanmaktadır. Madencilik birbirini takip eden ya da eş zamanlı birçok temel işlemin yapılmasını gerektirir. Son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte, özellikle galeri açma ve kuyu açmada mekanizasyon uygulamasının arttığı görülmektedir. Fakat kazı işlerinde mekanizasyon durumu yalnızca teknolojinin bugünkü imkânlarına bağlı olmayıp, aynı zamanda maden yatağının jeolojik yapısına da bağlı olmaktadır. Günümüzde kullanılan başlıca kazı yöntemlerini şöyle sıralayabiliriz (Saltoğlu, 1976).

i.) Mekanik kazı
ii.) Delme-patlatma ile kazı
iii.) Hidromekanik kazı
iv.) Isıtma ile kazı
v.) Gazlaştırma yoluyla kazı
vi.) Ergitme yoluyla kazı
vii.) Suda eritme yoluyla kazı

Henüz tamamlanmamış halen üzerinde araştırmalar yapılan yeni kazı teknikleri de bulunmaktadır. Bu teknikler; lazer, plazma jetleri, kıvılcım erozyonu ve termal kazı gibi tekniklerdir (Bilgin, 1989). Yukarıda maddeler halinde verilen bazı kazı türleri üzerine açıklamalar kısaca verilmiştir.

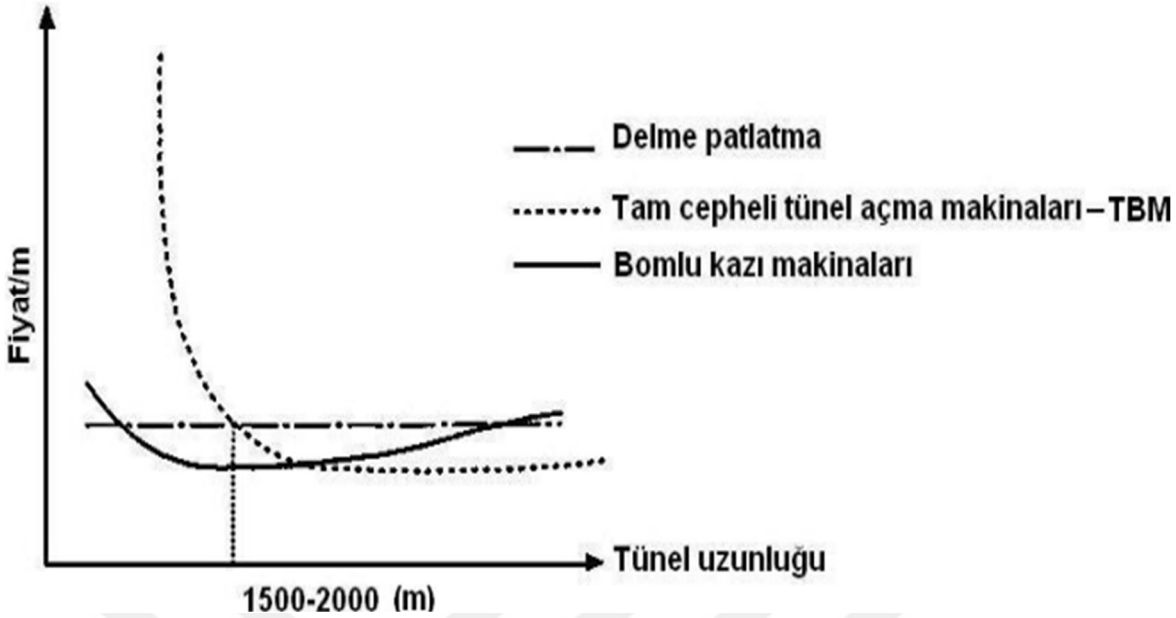
Mekanize kazı, yüksek yatırımlar gerektiren madencilik sektöründe, en uygun verimlilik düzeyini yakalamak ve işletme maliyetlerini düşürmek için hazırlık ve üretim gibi madenciliğin her aşamasında teknolojik gelişmelere paralel olarak, makina ile kazı kaçınılmaz hale gelmiştir. Yeraltı madenciliği ilk olarak insan gücüne dayalı olarak başlamış, daha sonra delme-patlatma ve martopikör kullanılmaya başlanmıştır. 20. yüzyılın başında sanayi devrimi ile kömüre olan ihtiyaç artmıştır. Uzun ayak yöntemi ile kömür üretiminde kapasite artırmak amacıyla yapılan mekanik kazı çalışmaları ile potkapaç, saban ve günümüzde daha çok kullanılan tamburlu kesici-yükleyiciler geliştirilmiştir. Kazı işlemlerinin makinalar ile yapılması sonucunda büyük miktarlarda üretim imkânı sağlanmış olup, çalışan işçi sayısında da azalma sağlanmıştır. Dünyada enerji ihtiyacının artmasından dolayı, kazı teknolojisinin gelişimi de hızlanmıştır (Çıkıt, 2015).

Delme-patlatma ile yapılan kazı işlemlerine karşı birçok avantajı olmasından dolayı da artık mekanize kazı daha çok kullanılmaya başlanmıştır. Delme-patlatma yöntemi ile mekanize kazı sistemleri karşılaştırıldığında, delme-patlatma yönteminin ilk yatırım maliyeti daha düşük olduğu bilinmektedir. Fakat bu tek başına yöntem seçimini belirlememektedir. Şekil 2.1'de görüldüğü gibi TAM ile mekanize kazı yönteminde, birim maliyet tünel uzunluğu arttıkça azalmaktadır. Diğer mekanik kazı sisteminde en düşük maliyetin 1500–2000 m civarında olduğu görülmektedir.

Mekanize kazı sistemleri, patlayıcı madde kullanılmadığı için daha güvenilir, daha az işgücü gerektiren dolayısıyla daha az işçi maliyeti ve daha düşük kaza oranının olduğu bir yöntem niteliğindedir. Patlayıcı madde kullanılmaması yeraltı açıklığı etrafındaki kaya kütlesinin örselenmesini engellemekte, bu da tahkimat ve havalandırma maliyetlerini azaltmaktadır. Teknolojinin ilerlemesi sayesinde, madencilik çalışmaları ile geliştirilen kazı makinaları istenilen birçok amaca hizmet edebilmektedir. Nüfus artışı ve buna bağlı olarak yeni yerleşim alanlarının kurulması sonucunda özellikle büyük şehirlerde ulaşım sorunları ortaya çıkmıştır (Zheng vd., 2016).

Büyük şehirlerdeki trafik sıkışıklığının üstesinden gelmek ve hızlı bir ulaşımın sağlanması yeraltı ulaşım sistemlerinin (tünel, metro) devreye sokulmasını bir zorunluluk haline getirmiştir. Yeraltı yapı sistemlerinin inşa edilmesi ve kazı faaliyetlerinin gerçekleştirilebilmesi için farklı teknik özelliklere sahip kazı makinelerinden yararlanılmaktadır. Özellikle şehirleşmenin olduğu bölgelerde açılan yeraltı boşlukları (metro vb.) için delme-patlatma metodu tercih edilmemektedir. Çünkü bu yöntemde patlatma nedeniyle tünel çevresinde zayıf zonlar oluşmakta ve tünel duyarlılığı azalmaktadır (Kabaloğlu, 2003).

Ayrıca istenilen boyutta düzgün bir tünel kesitinin elde edilmesi çok güç olmaktadır. Kazı makinaları kullanıldığında ise, bu tür sorunlarla daha az karşılaşılmaktadır. Mekanik kazı; en az enerjiyi kullanarak çok fazla miktardaki kayayı kesmeyi hedefler. Bu amacı başarmak için, karakteristik kaya kırılma özelliklerinin kullanılması gerekmektedir. Özellikle de kayanın zayıflık düzlemleri dikkate alınmalıdır. Kaya özelliklerini, doğal arazi gerilme oranı, ısı, akışkanlık gibi birçok faktör etkilemektedir. Bunların arasında en önemlisi doğal arazi gerilmesidir (Pakes, 1991).



Şekil 2.1.Kazı maliyetinin açık ocakta açılan tünel veya delik uzunluğuna göre değişim grafiği (Pakes, 1991)

2.3. Kazıcı-Yükleyici Performansı ve Yükleme Çevrim Süresi

Açık ocak altın ve gümüş madenciliğinde kazıcı-yükleyici ekipmanların performansı, üretim verimliliğinin ve süreç etkinliğinin temel göstergelerinden biri olan yükleme çevrim süresi üzerinden değerlendirilmektedir (Yılmaz, 2007). Yükleme çevrim süresi; kazma, yükleme, dönme ve boşaltma gibi operasyonel aşamaların toplamından oluşmakta olup ekipmanın çalışma verimliliğini doğrudan yansıtmaktadır. Bu nedenle çevrim sürelerindeki değişimler, hem üretim kapasitesi hem de işletme maliyetlerinin kontrolü açısından önemli bir performans göstergesi olarak kabul edilmektedir.

Çevrim süreleri, ekipman kapasitesini, operatör becerilerini ve malzeme taşımacılığı sisteminin etkinliğini ölçmek için kritik bir parametre olarak kabul edilmektedir. Yüksek çevrim süreleri, süreçte performansı sınırlandıran veya operasyonel aksaklıkların varlığına işaret ederken, ölçümlerin düzenli yapılması işletmeler için karşılaştırma ölçütleri oluşturmayı ve üretim sorunlarının hızlı bir şekilde giderilmesini sağlamaktadır (Ersoy, 2008).

2.3.1. Yükleme Çevrim Süresini Belirleyen Faktörler

Kazıcı-yükleyici çevrim süresi, kepçe dolum süresi, boş dönüş süresi, dolu dönüş süresi ve boşaltma süresi gibi alt bileşenlerden oluşmaktadır (Özfırat, 2007). Operatör becerileri ve kamyon sürücülerinin deneyimi, çevrim süresinin azaltılmasında belirleyici rol oynamaktadır. Özellikle kepçe geçiş sayısı (pass matching), optimal doluluk oranı ve malzeme taşınan yük miktarı çevrim süresini doğrudan etkiler (Özdemir, 2009; Haydar ve Kuzu, 2005).

Kepçe ve kamyon konumlandırması, yükleme performansını önemli ölçüde değiştirebilir. Ön kepçeli sistemlerde yükseklik farkları çevrim süresini artırırken, arka kepçeli sistemlerde uygun kurulum ile çevrim süreleri kısaltılabilir. Tek ve çift taraflı yükleme konfigürasyonlarının karşılaştırılması, daha karmaşık olsa da çift taraflı yüklemenin bazı durumlarda daha yüksek üretkenlik sağladığını göstermektedir (Fekete ve Diederichs, 2013).

2.3.2. Operasyonel Gecikmeler ve Çevrim Süresine Etkileri

Kazıcı-yükleyici ve kamyon sistemlerinde operasyonel gecikmeler, üretkenliği düşüren önemli faktörlerdendir. Bu gecikmeler; kazıcı-kamyon uyumsuzluğu, yol tasarımı ve koşulları, bakım-onarım kültürü, operatör verimsizlikleri ve aşırı hava koşulları gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır (Gokhale, 2011). Yükleme alanındaki sınırlı alanlar, kamyonların pozisyon alma süresini (spotting time) artırarak çevrim süresini uzatmaktadır. Yoğun sis veya düşük görüş mesafesi gibi hava koşulları ise operasyonların durmasına ve tüm filonun boşta kalmasına neden olarak genel üretkenliği azaltmaktadır (Gokhale, 2011).

2.3.3. Performansın Artırılmasına Yönelik Yaklaşımlar

Modern kazıcı-yükleyiciler, üretkenliği artırmaya yönelik çok sayıda teknolojik özellikle donatılmıştır. Elektronik pompa yönetim sistemleri, kapalı devre swing mekanizmaları, bağımsız soğutma sistemleri ve yüksek basınçlı hidrolik sistemler çevrim süresini kısaltan başlıca yeniliklerdir (Yurttaş, 2013). Ayrıca operatörlerin ekipmanı doğru

kullanması, kepçe açısını ve kazı pozisyonunu optimize etmesi performans artışını sağlamaktadır.

Altın ve gümüş açık ocaklarında, kazıcı-yükleyici performansının sistematik olarak izlenmesi ve çevrim sürelerinin optimize edilmesi, üretim verimliliğinin artırılması, üretken olmayan sürelerin azaltılması ve operasyonel kararların bilimsel temellere dayandırılması açısından kritik öneme sahiptir (Yılmaz, 2010, Arıtan, 2011). Bu çalışma, kazıcı-yükleyici performansını yükleme çevrim süresi üzerinden ele alarak, operasyonel faktörlerin üretkenlik üzerindeki etkilerini ortaya koymayı hedeflemektedir.

2.4. Hidrolik ve Elektrikli Kazıcıların Performans Özellikleri

Açık ocak madenciliğinde kazıcı-yükleyici sistemlerinin performansı, üretim verimliliği ve maliyetler üzerinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu sistemlerde çevrim süresi, farklı paydaşlar için farklı anlamlar taşır. Örneğin, bir halatlı kazıcı operatörü çevrimi, kepçenin boşaltma anından bir sonraki boşaltmaya kadar geçen süre olarak değerlendirirken; kamyon sürücüsü, bir devri tamamlamak yani madenden boşaltma noktasına gidip geri dönmek olarak ölçer. İşletme yönetimi açısından ise belirli bir tonajın bir noktadan diğerine taşınması için geçen ortalama süre çevrim süresini oluşturur (Demir ve Usta, 2019).

Çevrim sürelerinin ölçülmesi, hem ekipman performansını hem de operatör verimliliğini değerlendirmek için kritik öneme sahiptir. Ayrıca, bu ölçümler tüm operasyonun etkinliğini gösteren bir performans göstergesi olarak kullanılabilir. Belirli alanlarda olağan dışı yüksek çevrim süreleri, süreçteki operasyonel performansı sınırlandırma parametrelerini ve aksaklıkları ortaya çıkarır. Çevrim sürelerinin sistematik takibi sayesinde, performans karşılaştırmaları yapılabilir ve operasyonel sorunlar hızlı bir şekilde tespit edilebilir (Kılıç, vd., 2008).

Günümüzde açık ocak işletmelerinde, kamyon filolarını optimize etmek için dağıtım sistemleri ve kurumsal yazılımlar kullanılmaktadır. Bu sistemler, kazıcıların kamyonlarla koordineli çalışmasını sağlayarak operasyonel verimliliği artırmayı amaçlar. Bununla

birlikte, kazıcı performansı yalnızca teknolojik sistemlerle değil, operatör becerileri ve doğru ekipman kullanımıyla da doğrudan ilişkilidir (Kılıç, vd., 2008).

Hidrolik kazıcılar, son yıllarda elektronik pompa yönetim sistemleri, kapalı devre swing mekanizması, bağımsız soğutma sistemleri ve yüksek basınçlı hidrolik sistemler sayesinde performans artışı göstermektedir. Örneğin, Terex RH 200 hidrolik kazıcısında ortalama çevrim süresi 29,5 saniye olup, boş kepçe için swing süresi %25, kepçe dolum süresi %41, dolu kepçe için swing süresi %24 ve boşaltma süresi %10'dur. Çevrim sürelerinin optimizasyonunda kepçe geçiş sayısı (pass matching) önemli bir parametredir ve genellikle üç ile altı geçiş arasında optimum değer sağlanmaktadır (Bilgin, vd.,2016).

Yükleme sürecinde, kepçe ve kamyonun konumlandırılması çevrim süresini etkileyen bir diğer önemli faktördür. Ön kepçeli sistemlerde alt ve üst seviye farklılıkları, çevrim süresini belirgin şekilde değiştirebilir. Ayrıca, çift taraflı yükleme konfigürasyonu, tek taraflı yüklemeye göre bazı durumlarda daha yüksek üretkenlik sağlamaktadır (Mallı, 2021). Bununla birlikte, yükleme alanındaki manevra mesafesi, kamyonların sıraya giriş–çıkış düzeni ve kepçe dönüş açısı da çevrim süresini doğrudan etkileyen operasyonel parametrelerdir. Özellikle dar yükleme alanlarında kamyonların manevra sürelerinin artması, kepçe bekleme sürelerini uzatarak sistemin toplam üretkenliğini düşürebilmektedir. Buna karşılık, uygun yükleme geometrisinin tasarlanması ve kamyon–kepçe etkileşiminin optimize edilmesi, hem çevrim süresini kısaltmakta hem de ekipman kullanım verimliliğini artırmaktadır. Literatürde, yükleme konfigürasyonunun doğru seçilmesinin açık ocak işletmelerinde toplam üretim maliyetleri üzerinde önemli bir belirleyici olduğu vurgulanmaktadır (Hustrulid, Kuchta ve Martin, 2013; Topal, 2005).

Elektrikli kazıcılar ise hidrolik kazıcılara göre çevrim süresinde farklılık gösterir. Örneğin, 70º swing yarıçapına sahip bir elektrikli kazıcıda ortalama çevrim süresi 33,8 saniye olup, dolum süresi 11 saniye, swing süresi 11,5 saniye, boşaltma süresi 3 saniye ve kepçeyi yeni pozisyona indirme süresi 8,3 saniyedir (Özdoğan ve Taksuk, 2011). Çevrim süresinin kısaltılması, operatör becerileri, yükleme algoritmaları, kepçe konumlandırma ve temizleme süreçlerinin etkinliği ile mümkündür. Bu iyileştirmeler, bir kazıcının günlük 20 saatlik çalışma süresinde toplamda yaklaşık 125 dakika tasarruf sağlayabilir (Özdoğan ve Taksuk, 2011).

Ek olarak, yükleme çevrim süresine etki eden diğer faktörler arasında yük miktarına uygun kamyon-kepçe eşleşmesi, güzergâh ve yol tasarımı, malzeme özellikleri (parçacık büyüklüğü, gevşeklik, nem içeriği), aşırı hava koşulları ve operatör verimliliği sayılabilir. Malzeme özellikleri, kepçenin dolum kapasitesini ve dolayısıyla çevrim süresini doğrudan etkiler. Özellikle büyük parçacıklı ve yüksek nemli malzemelerde dolum süresi artarken, üretim hızı düşmektedir (Çiçek, 2010).

Genel olarak, kazıcı-yükleyici sistemlerinde yükleme çevrim süresini optimize etmek, hem teknolojik iyileştirmeler hem de operatör eğitimi ve süreç yönetimi ile mümkündür. Bu optimizasyon, açık ocak madenciliğinde üretkenliğin artırılması ve operasyonel maliyetlerin düşürülmesi açısından kritik öneme sahiptir.

2.5. Performans Analiz Kavramı

Literatürde performans kavramının tek ve üzerinde uzlaşılmış bir tanımının bulunmadığı, farklı disiplinler ve bakış açılarına göre değişen biçimlerde ele alındığı görülmektedir. Kavramın kökeni incelendiğinde, performans sözcüğünün Türkçeye Fransızca “performance” kelimesinden geçtiği ve genel anlamda bir görevin, hedefin ya da taahhüdün başarıyla yerine getirilmesini ifade ettiği anlaşılmaktadır (TDK, 1992). Bu yönüyle performans, yalnızca yapılan işin sonucunu değil, aynı zamanda bu sonuca ulaşma sürecini de kapsayan bütüncül bir kavramdır.

Performans kavramını erken dönem çalışmalarda ele alan Kenger (1986), performansı belirli bir işin, belirli bir zaman dilimi içerisinde ve tanımlanmış bir çalışma temposu ile gerçekleştirilmesi olarak tanımlamıştır. Bu yaklaşımda performans, daha çok işin zaman ve hız boyutuna odaklanmaktadır. Benzer şekilde Baş ve Artar (1991), performansı bir bireyin, grubun ya da örgütün belirlenen hedeflere ulaşma düzeyinin nicel ve nitel göstergelerle ifade edilmesi olarak değerlendirmiştir. Bu tanım, performansın yalnızca miktar değil, aynı zamanda kalite unsurlarını da içerdiğini vurgulamaktadır.

Türk Dil Kurumu performansı “başarım” veya “takat sınırı” kavramlarıyla açıklamakta ve birey ya da sistemlerin kapasitesini ortaya koyan bir ölçüt olarak ele

almaktadır (TDK,1992). Akal (1998) ise örgütsel bağlamda performansı, belirli bir dönem sonunda elde edilen sonuçların, örgütün amaç ve hedeflerini karşılama derecesi olarak tanımlamıştır. Akal'a (2005) göre performans, bir iş sisteminin belirli bir zaman aralığında ortaya koyduğu çıktının, işletme amaçlarıyla ne ölçüde örtüştüğünü gösteren temel bir göstergedir. Bu bağlamda performans, yalnızca elde edilen çıktıyı değil, bu çıktıyı elde etmek için gösterilen tüm çabaların değerlendirilmesini de içermektedir.

Bozkurt, Ergun ve Sezen (1998), performansı "iş başarımı" kavramı çerçevesinde ele alarak, herhangi bir işte ulaşılan başarı düzeyi şeklinde tanımlamışlardır. Elitaş ve Ağca (2006) ise performansı daha geniş bir perspektifle ele almış; hedeflere ulaşma düzeyi, kullanılan kaynakların etkinliği, çıktıların ölçülmesi ve bu çıktılara ulaşmadaki verimlilik ve etkililik unsurlarını kapsayan çok boyutlu bir yapı olarak değerlendirmişlerdir. Ayrıca performansın; etkililik, verimlilik, kalite, yenilik, kârlılık ve çalışma yaşamının kalitesi gibi göstergeler arasında karmaşık bir ilişki ağı oluşturduğunu vurgulamışlardır.

Falay (2000), performansı bir bireyin, grubun veya kurumun gerçekleştirdiği faaliyetler sonucunda ulaşmayı amaçladığı hedefleri ne ölçüde başardığının nicel ve nitel göstergelerle ifade edilmesi olarak tanımlamıştır. Barutçugil (2002) ise örgütsel performansı, stratejik, taktiksel ve işlevsel amaçların gerçekleştirilmesi sürecinde çalışanların gösterdiği tüm çabaların sistematik olarak değerlendirilmesi şeklinde ele almıştır . Bilgin'e (2004) göre performans, planlı ve amaçlı faaliyetler sonucunda elde edilen çıktının düzeyini belirleyen temel bir ölçüttür (Celep, 2010).

Lawson (1995) performans kavramına daha bütüncül bir yaklaşım getirerek, performansın yalnızca finansal sonuçlarla sınırlandırılamayacağını belirtmiştir. Performansın kimi zaman finansal başarıya, kimi zaman politika etkinliğine, kimi zaman ise iş süreçlerinin verimliliğine veya ürün ve hizmet kalitesine odaklandığını ifade etmiştir. Ancak gerçek anlamda performans değerlendirmesinin, organizasyonun tüm süreçlerini ve bölümlerini kapsayan bütünsel bir bakış açısıyla yapılması gerektiğini vurgulamıştır.

Bu tanımlar birlikte değerlendirildiğinde, literatürde kavramsal bir birliktelik bulunmamakla birlikte performansın genel olarak, belirlenmiş hedeflere yönelik gerçekleştirilen faaliyetlerin bu hedeflere ulaşma düzeyini ifade ettiği görülmektedir.

Performans kavramından söz edilebilmesi için öncelikle açık ve ölçülebilir hedeflerin belirlenmesi gerekmektedir. Hedeflere ulaşma derecesi başarı olarak kabul edildiğinde, performans ile başarı kavramlarının birbirini tamamlayan kavramlar olduğu söylenebilir (Celep, 2010).

2.5.1. Performans Anlayışının Tarihsel Gelişimi

Organizasyonların kuruluş amaçları, performans anlayışlarının şekillenmesinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Kâr amacı güden işletmeler için temel performans göstergesi en yüksek kârlılığa ulaşmak iken, kamu kurumlarında performans daha çok hizmetin en düşük maliyetle, etkin ve eksiksiz bir biçimde sunulması üzerinden değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, kuruluş amacı ne olursa olsun tüm organizasyonlar için ortak ve vazgeçilmez bir performans boyutu "ekonomiklik"tir. Sosyal amaçlı kuruluşlar dahi varlıklarını sürdürebilmek için belirli bir ekonomik dengeyi sağlamak zorundadır (Songur, 1995).

Drucker (1977), kârın işletmeler için bir amaç değil, faaliyetlerin doğal bir sonucu olduğunu ifade etmiş ve işletmelerin asıl sorumluluğunun sürdürülebilirlik ve etkinlik olduğunu vurgulamıştır. Bu yaklaşım, performansın yalnızca kârlılık üzerinden değerlendirilmesini zamanla yetersiz kılmıştır. Performans anlayışında ikinci önemli boyut olarak verimlilik kavramı ön plana çıkmıştır. Verimlilik düşüncesinin kökenleri 16. ve 17. yüzyıllardaki Merkantilist döneme kadar uzanmakta olup, ekonomik büyümenin temel unsurlarından biri olarak kabul edilmiştir (Peru, 2010).

Klasik ekonomi okulunun öncülerinden Adam Smith, Ulusların Zenginliği adlı eserinde işbölümünün emeğin verimliliğini artırmadaki rolüne dikkat çekmiştir [22]. Turgot, Malthus ve Ricardo gibi iktisatçılar da çalışmalarında verimlilik kavramını doğrudan ifade etmeseler de, üretkenlik ve kaynak kullanımının etkinliği üzerinde durmuşlardır. Bu süreç, 19. yüzyılda Marx'ın emek verimliliğine ilişkin görüşleriyle ve daha sonra Neo-Klasik iktisadın "marjinal verimlilik teorisi" ile devam etmiştir.

Zamanla performansın yalnızca maliyet ve kârlılık boyutuna indirgenemeyeceği anlaşılmış; verimlilik, performans değerlendirmelerinin merkezine yerleşmiştir. Bu

gelişmeler doğrultusunda 20. yüzyılın ilk çeyreğinde ulusal verimlilik merkezleri kurulmaya başlanmış, 1921 yılında Almanya'da Rasyonelleştirme Kurumu (RKW) faaliyete geçmiştir (URL-1). Türkiye'de ise 1965 yılında 580 sayılı Kanun ile Milli Prodüktivite Merkezi kurulmuştur (URL-2).

Verimliliğin önem kazanmasıyla birlikte işletmeler, üretim odaklı yaklaşımlardan müşteri odaklı yaklaşımlara yönelmişlerdir. "Ne üretirsek onu satarız" anlayışı yerini, "pazarın ve hizmet alıcılarının taleplerine uygun üretim" anlayışına bırakmıştır (Songur, 1995). Bu dönüşüm, performans kavramının yalnızca iç süreçlerle değil, çevresel ve rekabetçi unsurlarla birlikte değerlendirilmesini zorunlu kılmıştır.

Performans anlayışının tarihsel gelişimindeki son aşama ise "yeni rekabet" yaklaşımıdır. Bu anlayışa göre, yalnızca verimli olmak performans için yeterli değildir; işletmelerin rekabetçi, yenilikçi ve sürekli gelişim içerisinde olmaları gerekmektedir. Rekabet baskısı, işletmeleri yeni teknolojilere yöneltmekte, organizasyon yapılarını yeniden şekillendirmeye zorlamaktadır. Rekabet edebilirliği göz ardı eden işletmelerin uzun vadede ayakta kalmaları mümkün değildir (Akal, 2002).

Genel olarak performans anlayışı tarihsel süreçte; kârlılık, verimlilik ve rekabet eksenlerinde evrilmiş; küreselleşen dünyada daha çevreye duyarlı, müşteri odaklı ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşmuştur. Günümüzde performans, yalnızca geçmiş sonuçların değerlendirilmesi değil, aynı zamanda geleceğe yönelik stratejik bir yönetim aracı olarak ele alınmaktadır (Oyman, 2010).

2.5.2. Performans Boyutları

Performans kavramına ilişkin literatürde ortak bir sınıflandırma bulunmamakla birlikte, performans boyutlarının tarihsel süreç içerisinde önemli bir dönüşüm geçirdiği görülmektedir. Sanayi Devrimi'nin ilk dönemlerinde performans, ağırlıklı olarak kâr ve maliyet ekseninde değerlendirilmiş; işletmelerin başarısı finansal sonuçlar üzerinden ölçülmüştür. Zamanla bu yaklaşım genişlemiş ve performans değerlendirmeleri kâr–maliyet–verimlilik üçgeni çerçevesinde ele alınmaya başlanmıştır. İlerleyen dönemlerde ise

kalite anlayışının gelişmesi ve müşteri beklentilerinin ön plana çıkmasıyla birlikte, bu üçlü yapıya ürün ve hizmet kalitesi ile müşteri doyumu boyutları eklenmiştir (Yılmaz vd., 1997).

Günümüzde performans, yalnızca finansal çıktılarla sınırlı bir kavram olmaktan çıkmış; insan faktörü, pazar koşulları ve toplumsal sorumluluk gibi unsurları da kapsayan çok boyutlu bir yapıya dönüşmüştür. Bu kapsamda çalışan davranışları, pazar payı ve rekabet gücü, ürün ve hizmetlerde liderlik, kurumsal sosyal sorumluluk gibi yeni boyutlar performans değerlendirmelerinde giderek daha fazla dikkate alınmaktadır (Celep, 2010).

Literatürde yer alan çok sayıda sınıflandırma ve yaklaşım incelendiğinde, yerli ve yabancı çalışmalarda en yaygın kabul gören performans boyutlarının yedi temel başlık altında toplandığı görülmektedir. Bu çalışmada da literatürle uyumlu olarak aşağıdaki performans boyutları esas alınmıştır:

i. Etkenlik,
ii. Verim,
iii. Verimlilik,
iv. Kalite,
v. Çalışma yaşamının kalitesi,
vi. Yenilik,
vii. Kârlılık ve bütçeye uygunluk (Oyman, 2010).

Performans ölçüm süreçlerinde bu boyutların tamamının aynı anda kullanılmasının her zaman mümkün veya gerekli olmadığı belirtilmektedir. Hangi performans boyutlarının ölçüm ve değerlendirme sürecine dâhil edileceği; işletmenin faaliyet alanına, stratejik önceliklerine, amaç ve hedeflerine ve üst yönetimin değer yargılarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Atakuş, 2006). Bu nedenle performans değerlendirme sistemleri, her organizasyon için standart bir yapıdan ziyade, kuruma özgü olarak tasarlanması gereken dinamik bir yapıya sahiptir.

Etkenlik (effectiveness), işletmenin belirlemiş olduğu amaç ve hedeflere ulaşma derecesini ifade eden temel bir performans boyutu olarak ele alınmaktadır. Toplam performans göstergelerinden biri olan etkenlik, örgütün tanımlı hedeflerine ne ölçüde ulaştığını ortaya koyan bir ölçüt niteliğindedir. Literatürde “yeterlilik derecesi” olarak da

adlandırılan etkenlik, bir faaliyetin ya da önceden planlanmış bir programın ne ölçüde gerçekleştirildiğinin göstergesidir (Oluç, 1978).

Drucker (1977), etkenlik kavramını yalın bir biçimde "doğru işlerin yapılması" şeklinde tanımlamış; burada "doğru iş" ifadesiyle örgütün amaç ve hedeflerine vurgu yapmıştır. Bu yaklaşımda etkenlik, çoğunlukla işletmelerin uzun vadeli ve stratejik hedefleriyle ilişkilendirilmektedir [26]. Yapılan faaliyetlerin ve seçilen amaçların uygunluğu; bu faaliyetlerin zamanında, beklenen kalitede ve istenilen miktarda gerçekleştirilip gerçekleştirilmediği, etkenliğin temel ölçütleri arasında yer almaktadır.

Farklı tanımlar bulunmakla birlikte, ortak yönleri dikkate alındığında etkenlik; işletmelerin hedeflerine ne ölçüde ulaşabildiğini belirleyen bir performans kriteri olarak ifade edilebilir. Etkenlik sayesinde yöneticiler, işletmenin mevcut durumunu değerlendirme, geleceğe yönelik stratejik konumunu belirleme ve "nasıl daha iyi olabiliriz?" sorusuna yanıt arama imkânı bulmaktadır (Akal, 2003).

Etkenlik ölçümü, en genel anlamıyla, işletmenin ulaşmayı amaçladığı hedefler ile fiilen elde edilen sonuçların karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Bu ilişki aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Akal, 2003):

Etkenlik = Gerçekleşen Sonuç (Çıktı) / Beklenen Sonuç (Çıktı) (2.1)

Bu noktada dikkat edilmesi gereken temel husus, etkenlik ölçümünde esas alınan hedeflerin nasıl belirlendiğidir. İşletme amaçlarının saptanması çoğunlukla üst yönetimin sorumluluğunda olduğundan, etkenlik göstergeleri yalnızca yönetim performansını yansıtan bir ölçüt olarak algılanabilmektedir. Oysa etkenlik, toplam performans açısından son derece anlamlı bir gösterge niteliği taşımaktadır. Bu durumun sağlanabilmesi için işletme amaçlarının, yöneticiler ve çalışanların ortak katılımıyla, katılımcı bir yönetim anlayışı çerçevesinde belirlenmesi gerekmektedir (Akal, 2002).

Uygulamada etkenlik ölçümü için farklı oranlar kullanılmakla birlikte, en yaygın kullanılan göstergeler üretim ve ekonomik etkenlik oranlarıdır (Akal, 2002):

Üretim etkenliği = Gerçekleşen üretim / Planlanan (beklenen) üretim (2.2)

Ekonomik etkenlik = Gerçekleşen kâr / Beklenen kâr (2.3)

Bu oranların birden büyük olması, işletmenin beklenen düzeyin üzerinde bir performans sergilediğini; birden küçük olması ise hedeflenen performans düzeyine ulaşılamadığını göstermektedir (Atakuş, 2006).

Verim, bir işletmenin mal veya hizmet üretim sürecinde sahip olduğu üretim kaynaklarından ne ölçüde yararlandığını ve bu kaynakları nasıl kullandığını gösteren önemli bir performans boyutudur. Verim göstergeleri, performans geliştirme sürecinde işletmelere "mevcut durumumuz nedir?" ve "nasıl daha iyi olabiliriz?" sorularına yanıt sunmaktadır. Bu bağlamda verim, işgücü, makine kapasitesi ve diğer üretim faktörlerinden ne düzeyde faydalanıldığını ortaya koymaktadır (Doğan, 1987)

.

Verim, etkenlikten farklı olarak çıktılardan ziyade girdilere odaklanmakta; yani amaçlardan çok bu amaçlara ulaşmada kullanılan araçları incelemektedir. Bu nedenle bir işletme etken olduğu hâlde verimli olmayabileceği gibi, verimli olduğu hâlde etken de olmayabilir. Yüksek etkenliğe sahip bir işletme, kaynak kullanımındaki yetersizlikler nedeniyle başarısızlığa uğrayabileceği gibi; yüksek verimliliğe sahip bir işletme de yanlış hedefler belirlemişse (etkenliği düşükse) benzer sonuçlarla karşılaşabilmektedir. Bu açıdan etkenlik başarı için temel bir koşul iken, verim bu başarının sürdürülebilirliğini sağlayan önemli bir unsurdur.

Verim, işletmenin sahip olduğu toplam kaynak potansiyeli ile fiilen kullanılan kaynaklar arasındaki ilişkiyi incelemekte; verimlilik ise kullanılan kaynakların üretim gücünü değerlendirmektedir. Her ne kadar işletmelerde mevcut kaynak potansiyelinin tamamından yararlanmak mümkün olmasa da, teknik ve yönetsel nedenlerle ortaya çıkan kayıplar dikkate alınarak belirlenen "standart performans düzeyi" verim değerlendirmelerinde temel alınmaktadır (Doğan, 1987).

Verim ve verimlilik ilişkisi çeşitli oranlar yardımıyla ölçülmektedir. Bu oranlar arasında en yaygın kullanılanlar aşağıda yer almaktadır (Alpugan, 1991):

Verim oranı = (Tüketilmesi beklenen kaynaklar / Tüketilen kaynaklar) × 100 (2.4)

Yararlanma oranı = (Tüketilen kaynaklar / Potansiyel kaynaklar) × 100 (2.5)

Bu oranlar işgücü, makine, malzeme, enerji ve sermaye gibi tüm üretim faktörleri için hesaplanabilmektedir. Verim oranının %100 olması, standart performans düzeyine ulaşıldığını; %100'ün üzerinde olması beklenenin üzerinde bir verim düzeyini; %100'ün altında olması ise verimsizliği ifade etmektedir.

Teknik verim (randıman) ise girdilerden elde edilen yararlı çıktı ile girdi arasındaki ilişkiyi ifade etmekte ve şu şekilde tanımlanmaktadır:

Teknik verim (randıman) = Yararlı çıktı / Girdi ≤ 1 (2.6)

Ekonomik açıdan ise verim ve verimlilik, çıktı–girdi ilişkisi çerçevesinde değerlendirilmekte; işletmelerin sürdürülebilirliği açısından bu oranın en az 1 veya daha büyük olması hedeflenmektedir (Alpugan, 1991).

Verimlilik, çok boyutlu bir kavram olup farklı açılardan ele alınabilmektedir. Literatürde verimlilik; kaynakların optimum kullanımı, maliyet ve zaman kaybının azaltılması, kalite artışı, teknolojik gelişim, yenilikçilik, yönetimsel etkinlik ve yaratıcılığın desteklenmesi gibi unsurları kapsayan geniş bir çerçevede değerlendirilmektedir (Rastogi, 1988).

Lawlor'a (1985) göre verimlilik, çıktının girdiye oranı olup, kaynakların ne ölçüde etkin ve etkili kullanıldığını gösteren, örgütsel performansın daha çok fiziksel yönünü ortaya koyan bir ölçüttür. Prokopenko (1992) ise verimliliği, bir üretim veya hizmet sisteminde elde edilen çıktı ile bu çıktıyı üretmek için kullanılan girdiler arasındaki ilişki olarak tanımlamaktadır (Prokopenko, 1992).

Benzer şekilde literatürde verimlilik; mal ve hizmet çıktıları ile üretim sürecinde kullanılan insan ve insan dışı kaynaklar arasındaki ilişki şeklinde ifade edilmektedir Verimlilik, üretim araçlarının ekonomik etkinliğinin bütüncül olarak ölçülmesini sağlamakta ve üretilen değer ile bu değeri üretmek için harcanan kaynaklar arasındaki orantıyı yansıtmaktadır (Olcay, 1995).

Farklı tanımlar bulunmasına rağmen, verimlilik özünde kullanılan her birim girdi ile elde edilen çıktı miktarını artırmaya yönelik bir kavramdır. Güran'ın da belirttiği üzere

verimlilik, "üretilen mal veya sunulan hizmetler açısından kullanılan girdiler ile elde edilen çıktılar arasındaki ilişkidir" (Güran, 2005). Bu yönüyle verimlilik, yalnızca işletmeler için değil, bireyden topluma kadar her düzeyde ekonomik ve sosyal gelişim açısından kritik bir öneme sahiptir (Alpugan, 1991).

Verimlilik ölçümleri; çıktıların fiziksel olarak girdilere oranlanması durumunda fiziksel verimlilik, çıktıların parasal değeri ile girdilerin maliyetleri karşılaştırıldığında ise ekonomik verimlilik olarak adlandırılmaktadır. Bu kapsamda verimlilik artışı, yalnızca üretim miktarındaki artışı değil, aynı zamanda daha az girdi kullanarak daha düşük maliyetle üretim yapabilme yeteneğini de ifade etmektedir (Zerenler, 2005).

Genel anlamda verimlilik, çıktı ve girdi arasındaki ilişki aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Alpugan, 1991):

$$\text{Verimlilik} = \text{Çıktı} / \text{Girdi} \tag{2.7}$$

Kalite; kaynakların etkin ve verimli kullanımını destekleyen, ürün ve hizmetlerin kullanım amacına uygunluğunu sağlayan ve müşteri beklentilerini merkeze alan bir performans boyutu olarak değerlendirilmektedir. Kalite anlayışı, yalnızca üretim sürecinin çıktılarıyla sınırlı olmayıp, işletmelerin toplumsal sorumluluklarını yerine getirmelerine de katkı sunmaktadır. Çok boyutlu bir kavram olan kalite; işlevsellik, standartlara uygunluk, güvenirlik, dayanıklılık, hizmet edilebilirlik, estetik ve kurumsal itibar gibi unsurlardan oluşmaktadır (Akal, 2005).

Çalışma yaşamının kalitesi, çalışanların ücret düzeyi, fiziksel çalışma koşulları, örgüt kültürü, liderlik anlayışı, işbirliği ortamı ve iletişim yapısı gibi faktörlere yönelik algı ve tutumlarını ifade eden bir performans boyutudur. Bunun yanı sıra; çalışanların karar alma süreçlerine katılımı, mesleki gelişim olanakları, iş tatmini, tanınma ve takdir edilme düzeyi ile iş-yaşam dengesi gibi unsurlar da çalışma yaşamının kalitesini belirleyen önemli bileşenler arasında yer almaktadır (Akal, 2005).

Performans yönetimi açısından yenilik, işletmenin yalnızca mevcut kaynaklarını etkin biçimde kullanması değil, aynı zamanda geleceğe yönelik değer yaratma kapasitesini de ifade etmektedir. Yönetim, bugünün gereksinimlerinden hareketle yarının işletmesini inşa etmekle sorumludur. Bu süreç; sistematik analiz, risk alma, girişimcilik ve değişime açıklık

gibi unsurları içermektedir. İşletme düzeyinde yenilik; ürün ve hizmet yenilikleri, üretim süreci veya yöntemlerinde gerçekleştirilen yenilikler ile kullanım alanlarına yönelik yenilikler şeklinde sınıflandırılmaktadır (Akal, 1998).

Kârlılık, işletmenin toplam gelirleri ile toplam maliyetleri arasındaki ilişkiyi ortaya koyan temel bir performans göstergesidir. En basit tanımıyla kâr, satış gelirleri ile maliyetler arasındaki pozitif farkı ifade etmektedir. Kârlılık ise dönemsel kârın satışlara oranlanmasıyla elde edilen bir ölçüt olarak tanımlanmaktadır. Kâr ve kârlılık, ölçülmesi en kolay performans boyutları arasında yer almakta; gelişmiş mali bilgi sistemleri ve endüstri standartları sayesinde yaygın biçimde kullanılmaktadır.

Bütçeye uygunluk ise özellikle kâr amacı gütmeyen veya maliyet merkezi olarak faaliyet gösteren kamu kurumlarında, kârlılığın yerine kullanılan bir performans göstergesidir. Bu boyut, planlanan bütçe değerleri ile gerçekleşen maliyet ve çıktılar arasındaki sapmaların değerlendirilmesine dayanmaktadır. Planlanan ve gerçekleşen değerler arasındaki farkın azalması, bütçeye uygunluk açısından yüksek bir performansı ifade etmektedir. Bütçe kontrolleri yalnızca performansın ölçülmesine değil, aynı zamanda düzeltici önlemlerin alınmasına ve gelecek dönem performans hedeflerinin belirlenmesine de katkı sağlamaktadır (Celep, 2010).

2.5.3. Performans Göstergeleri ve Denetimi

Performans ölçüm ve denetim sistemlerinde kullanılan göstergeler, genel olarak finansal göstergeler ve teknik göstergeler olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma, performansın hem parasal sonuçlar hem de operasyonel süreçler açısından bütüncül biçimde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Finansal göstergeler, performans ölçümünde uzun süredir kullanılan ve işletmenin mali sonuçlarını ortaya koyan temel ölçütlerdir. Bu göstergeler; bilanço, gelir tablosu, fon akım tablosu gibi finansal raporlar ile muhasebe ve maliyet muhasebesi kayıtlarından elde edilen verilere dayanmaktadır. Birçok finansal gösterge, yasal düzenlemeler gereği zorunlu olarak hesaplanmakta ve raporlanmaktadır (Akal, 2005).

Finansal sonuçlar, işletme faaliyetlerinin parasal yansımalarını ifade etmekte olup, iyi bir finansal performans genellikle etkin bir işletme politikasının sonucu olarak değerlendirilmektedir. Bu göstergeler, özellikle işletme planlaması ve bütçeleme süreçlerinde temel veri kaynağı niteliği taşımaktadır. Finansal göstergelerin düzenli olarak hesaplanabilir olması, doğruluğunun yüksek olması ve tüm paydaşlar tarafından kolay anlaşılabilmesi, bu göstergelerin en önemli avantajları arasında yer almaktadır.

Finansal göstergeler kapsamında; işletmenin finansal yapısını ortaya koyan oranlar ile maliyet analizine dayalı göstergeler bulunmaktadır. Ancak günümüzde değişen endüstriyel yapı, esnek üretim sistemleri, düşük stok politikaları ve müşteri odaklı yaklaşımlar nedeniyle yalnızca maliyet temelli göstergelerin performansı açıklamada yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu nedenle finansal göstergelerin, teknik göstergelerle birlikte kullanılması gerekliliği ön plana çıkmaktadır.

Teknik göstergeler, işletme performansının tüm boyutlarıyla ölçülmesine olanak sağlayan ideal ölçüm araçlarıdır. Bu göstergeler; işletmenin en üst yönetim kademesinden operasyonel seviyeye kadar tüm süreçlerin, üretim kaynaklarının, birimlerin ve çalışanların performanslarının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Celep, 2010).

Teknik performans göstergeleri, yalnızca sonuçları değil, bu sonuçlara yol açan nedenleri de ortaya koyarak performans iyileştirmeye yönelik düzeltici önlemlerin belirlenmesine katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte, ayrıntılı ve güvenilir veri gereksinimi teknik göstergelerin uygulanmasında bazı sınırlamalar oluşturabilmektedir. Performans göstergeleri, performans kavramının temel boyutları dikkate alınarak aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır ((Bilgin, 2004).

a) Etkenlik Göstergeleri

- Satış kotasının gerçekleştirilme oranı
- Ürün veya bölge bazında müşteri kayıp oranı
- Program ve planlardan sapma düzeyi
- Pazar payı
- Müşteri nezdinde işletmenin itibarı
- Gerçekleşen ve planlanan proje sayıları
- Zamanında teslim edilen ürün oranı

b) Verim ve Girdi Kullanım Göstergeleri

- Hedeflenen en yüksek ve en düşük üretim düzeyleri
- Planlanan üretimde malzeme eksikliği oranı
- Sipariş başına ortalama maliyet değişimi
- Kritik stok seviyelerine düşen kalemler
- Hatalı veya bozuk ürün oranları
- Makine arıza sıklığı
- Doğrudan ve dolaylı işgücü oranları
- Ortalama üretim süresi
- Makine ve alan kullanım oranları
- Stok devir oranları

c) Verimlilik Göstergeleri

- Çalışan başına satış tutarı
- Çalışan başına üretim miktarı
- Enerji verimliliği

d) Kalite Göstergeleri

- Satın alınan malzemelerde ret oranı
- Üretimde hata ve fire oranları
- Yeniden işleme ve düzeltme oranları
- Müşteri şikâyet sıklığı
- Garanti ve servis maliyetleri

e) Yenilik Göstergeleri

- Uygulamaya alınan yeni üretim yöntemleri
- Yeni yöntemler sonucu sağlanan zaman ve maliyet tasarrufu
- Yeni teknoloji kullanımıyla elde edilen kazanımlar

f) Çalışma Yaşamının Kalitesi Göstergeleri

- Devamsızlık oranı
- İşgücü devir oranı
- İşçi-işveren uyuşmazlıkları
- İş kazası sayısı
- Hedefleri aşan işçilik saatleri

g) Kârlılık ve Bütçeye Uygunluk Göstergeleri

- Planlanan ve gerçekleşen satışlar arasındaki fark
- Bütçe sapmaları
- Yatırım getirisi
- Satışlara oranla kâr
- Çalışan başına kâr
- Temettü artış oranları
- Diğer finansal oranlar

Bu göstergelerin performans boyutları çerçevesinde sınıflandırılmasının amacı, performans denetimi sürecine açıklık kazandırmak ve göstergeler arasındaki ilişkilerin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktır. Bu çalışmada söz konusu göstergelerin ayrıntılı analizine girilmeyecek, genel çerçeve sunulacaktır (Akal, 2005).

Küresel rekabet koşullarının giderek ağırlaştığı günümüzde, işletme performansının ölçülmesi; işletmenin sürdürülebilirliği, rekabet gücünün korunması ve pazar payının artırılması açısından büyük önem taşımaktadır. Etkin bir performans ölçüm sistemine sahip işletmelerin, değişen koşullara daha hızlı uyum sağlayabildiği ve daha dinamik bir yapıya sahip olduğu görülmektedir (Martinsons vd., 1991).

İşletme performansının belirlenebilmesi; amaç ve hedeflerin gerçekleştirilmesi sürecinde yürütülen faaliyetlerin ölçülmesini ve bu ölçüm için uygun performans kriterlerinin tanımlanmasını gerektirmektedir (Ergüler, 2007). İşletmeler, faaliyet alanları farklı olsa da belirli amaçları gerçekleştirmek üzere kurulmaktadır. Bu amaçların hayata geçirilmesinde yöneticilerin temel görevi, stratejik hedefleri en etkin biçimde uygulamaya dönüştürmektir.

Performans ölçümü, yalnızca işletmenin genel başarısını değil, aynı zamanda birimlerin ve çalışanların işletme hedeflerine katkı düzeyini de ortaya koymaktadır (Grady, 1991). Ayrıca işletmelerin küresel pazarlarda rekabet edebilmesi; yüksek kalite, düşük maliyet ve kısa teslim sürelerini aynı anda sağlayabilmesine bağlıdır. Bu nedenle performans ölçümü, işletmeler arası kıyaslama yapılmasına, güçlü ve zayıf yönlerin belirlenmesine ve sürekli iyileştirme süreçlerinin geliştirilmesine olanak tanımaktadır (Zerenler, 2005).

Literatürde işletme performansının ölçümüne ilişkin farklı yaklaşımlar bulunmakta olup, tarihsel gelişim süreci Çizelge 2.1'de sunulmaktadır. Bu gelişim süreci, performans ölçümünün yalnızca çıktı miktarına dayalı klasik anlayıştan; verimlilik, kalite, maliyet ve sürdürülebilirlik boyutlarını da kapsayan çok kriterli değerlendirme yaklaşımlarına evrildiğini göstermektedir. Günümüzde ise performans ölçümü, istatistiksel analizler ve dijital izleme sistemleriyle desteklenen bütünleşik karar destek mekanizmalarının temel bileşeni haline gelmiştir.

Çizelge 2.1.Performans Ölçütlerine İlişkin Literatür Özeti

Yazar(lar)	Öne Çıkan Performans Ölçütleri
Skinner	Üretkenlik, hizmet düzeyi, kalite, yatırımların geri dönüşü
Campanella & Corcoran	Kalite seviyesi, kalite maliyetleri
Richardson, Taylor & Gordon	Çıktı hacmi, birim başına maliyet, kalite, zamanında teslim, işgücü verimliliği, yeni ürün sunma yeteneği, ürün ve hacim esnekliği
Rosenfield, Shapiro & Bohn	Maliyet, teslim süresi
Skinner	Maliyet ve etkenlik, ürün kalitesi/güvenirlik, teslim süresi ve güvenirliği, yatırım, ürün ve hacim esnekliği
Fine	Uygunluk seviyesi (hatasızlık oranı), maliyet
Miller & Roth	Fiyat, kalite tutarlılığı, üretkenlik, esneklik, hızlı teslim, güvenilir teslim, satış sonrası hizmet
Munir Ahmad & Dhafr	Ürün çeşitliliği, teslim süresi, esneklik, kalite, verimlilik
Ferdows & De Meyer	Kalite, birim üretim maliyeti, envanter değişimi, gelişme hızı, zamanında teslim, yığın büyüklüğü, genel maliyetler
Miller & Kim	Genel maliyetler, üretim maliyeti, teslim hızı, ürün geliştirme hızı, stok devir hızı, kalite
Schonberger	İşleme süresi, işgücü üretkenliği, girdi ve çıktı kalitesi, birim üretim maliyeti, tahmin uygunluğu
Rajan Suri & Desiraju	Esneklik, üretim süreci esnekliği, teslim süresi, ürün çeşitliliği
Flynn, Filipini & Forza	Teslim süresi, kalite tutarlılığı, üretkenlik, satış maliyeti
Braglia & Petroni	Üretkenlik, esneklik, üretim süreci hızı, teslim süresi, depolama süresi, yeni ürün sunumu
Mapes	Üretim süresi, kalite tutarlılığı, süreç esnekliği, teslimat güvenirliği, yeni ürün sunum hızı ve oranı
New & Szwecjczewski	Üretkenlik, müşteri hizmetleri
Parker & Wirth	Üretim esnekliği, süreç esnekliği, yeni ürün sunumu, teslim süresi

Kaynak: Zerenler, 2005

2.6. Geleneksel Yöntemlerle Performans Analizi

Performans analizinde en yaygın kullanılan geleneksel yaklaşım, verimliliğin çıktı/girdi oranı üzerinden hesaplanmasına dayanmaktadır. Bu yöntem uzun yıllar üretim işletmelerinde temel performans göstergesi olarak kullanılmıştır. Ancak günümüzde yalnızca üretim miktarının değil; kalite, müşteri memnuniyeti ve operasyonel süreklilik gibi faktörlerin de önem kazanmasıyla, çıktı/girdi temelli ölçümler performans analizinin yalnızca bir boyutu olarak değerlendirilmektedir (Nakajima, 1988; Seiford, 1996). Bu doğrultuda özellikle üretim yapılan ocak ve işletmelerde kullanılan makinelerin performanslarının değerlendirilmesinde, kullanım oranlarına dayalı ölçüm sistemleri ön plana çıkmaktadır. Makinelerin çalışma süreleri ve duruş nedenlerinin ayrıntılı biçimde analiz edilmesi, geleneksel verimlilik hesaplamalarına kıyasla daha güvenilir performans göstergeleri sunmaktadır. Bununla birlikte sağlıklı bir performans ölçümü, işletmede değerlendirilmesi gereken performans boyutlarının doğru belirlenmesi ve tümünün bütüncül biçimde ele alınması ile mümkün olmaktadır.

Makine performansının belirlenmesinde literatürde en yaygın kullanılan göstergeler kullanım oranlarıdır. Kullanım oranı, bir makinenin mevcut çalışma koşullarında kendisinden beklenen işlevi yerine getirebilme olasılığı olarak tanımlanmakta ve aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır:

$$KO=(W/T)\times 100 \tag{2.8}$$

Burada W makinenin çalıştığı süreyi; T ise toplam çalışma ve durma süresini ifade etmektedir. Kullanım oranı amacına göre mekanik kullanım oranı, fiziksel kullanım oranı ve efektif kullanım oranı olmak üzere üç grupta incelenmektedir. Ayrıntılı performans değerlendirmelerinde bu üç göstergenin birlikte hesaplanması önerilmektedir (Seiford, 1996).

Mekanik kullanım oranı, makinenin arıza ve bakım kaynaklı duruşlar dışında ne kadar süreyle çalışabilir durumda olduğunu göstermektedir. Bu oran, ekipmanın mekanik güvenilirliğini ve yaşlanmaya bağlı performans kayıplarını ortaya koymak açısından önem taşımaktadır. Mekanik kullanım oranı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır:

$$MKO=W/(W+R)\times 100 \quad (2.9)$$

Burada W net çalışma süresini, R ise revizyon ve bakım sürelerini ifade etmektedir. MKO (Makine Kullanım Oranı), toplam zaman içerisindeki efektif çalışma süresinin yüzdesel karşılığını göstermektedir. Bu gösterge, özellikle farklı marka, model ve yaş gruplarındaki makinelerin performans karşılaştırmalarında yaygın olarak kullanılan temel bir verimlilik parametresidir (Nakajima, 1988). MKO değeri arttıkça makinenin toplam zaman içindeki üretken kullanım oranı artmakta; bakım ve duruş sürelerinin toplam içindeki payı azalmaktadır.

Fiziksel kullanım oranı, işletmedeki planlama ve organizasyonun etkinliğini yansıtan bir göstergedir. Makine mekanik olarak çalışmaya hazır olsa dahi operasyonel veya ekonomik nedenlerle kullanılmayabilir. Bu durum fiziksel kullanım oranı ile değerlendirilmektedir:

$$FKO=W+S/P\times 100 \quad (2.10)$$

Burada S hazır halde bekleme süresini, P ise çalışması planlanan süreyi ifade etmektedir. Fiziksel kullanım oranının mekanik kullanım oranından yüksek çıkması, makinenin mevcut kapasitesinin tam olarak değerlendirilemediğini göstermektedir.

Efektif kullanım oranı ise makinenin fiilen üretimde kullanıldığı süreyi ortaya koymaktadır:

$$EKO=F/T\times 100 \quad (2.11)$$

Efektif kullanım oranının düşük olması, makinenin işletmeye gerçek katkısının sınırlı olduğunu ve performans düşüklüğünün nedenlerinin mekanik veya idari kaynaklı olup olmadığının ayrıca analiz edilmesi gerektiğini göstermektedir (Nakajima, 1988).

2.7. Modern Yöntemlerle Performans Analizi

Geleneksel performans ölçümlerinde temel kriter verimlilik olarak ele alınsa da, yalnızca çıktı/girdi oranına dayalı değerlendirmeler işletmenin gerçek performans düzeyini

ortaya koymakta yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle modern performans yönetim yaklaşımlarında finansal ve finansal olmayan çok boyutlu göstergelerin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir (Charnes, Cooper ve Rhodes, 1978).

Çalışma kapsamında ilk sistematik ölçüm yaklaşımlarından biri olan Tableau de Bord, işletmenin hedeflerine ulaşma düzeyini izlemeye yönelik çok kriterli bir performans izleme panelidir. Finansal ve operasyonel göstergeleri bütünleşik biçimde sunarak yönetime hızlı geri bildirim sağlamaktadır (Seiford, 1996).

Tableau de Bord yaklaşımı, yalnızca sonuç göstergelerini değil, aynı zamanda süreç göstergelerini de izleyerek yönetsel karar alma sürecini desteklemektedir. Bu yönüyle sistem, performansı geçmişe dönük bir muhasebe aracı olarak değil, aynı zamanda ileriye dönük bir kontrol ve yönlendirme mekanizması olarak ele almaktadır. Özellikle üretim ve bakım süreçlerinin yoğun olduğu sektörlerde, operasyonel verimlilik ile finansal çıktıların eş zamanlı izlenebilmesi önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Literatürün bu yaklaşımı daha sonraki yıllarda geliştirilen Dengeli Performans Karnesi (Balanced Scorecard) ve Toplam Verimli Bakım (TPM) gibi performans yönetim sistemlerine kavramsal altyapı oluşturmuştur. Özellikle çok boyutlu performans ölçümü anlayışı, işletmelerde yalnızca mali göstergelere dayalı değerlendirme yaklaşımının yetersiz kaldığını ortaya koymuş ve süreç odaklı izleme sistemlerinin önemini vurgulamıştır.

Dolayısıyla Tableau de Bord, modern performans ölçüm sistemlerinin öncülü olarak kabul edilmekte ve entegre performans yönetimi anlayışının gelişiminde temel bir kilometre taşı niteliği taşımaktadır.

Modern endüstriyel uygulamalarda yaygın biçimde kullanılan bir diğer yöntem ise Toplam Ekipman Etkinliği (Overall Equipment Effectiveness – OEE) yaklaşımıdır. OEE, makine ve ekipmanlardan işletmenin ne ölçüde yararlandığını gösteren bütünleşik bir performans ölçütüdür. Kullanılabilirlik, performans oranı ve kalite oranının çarpımı ile hesaplanmakta ve ekipman etkinliğini sınırlayan kayıpların bütüncül biçimde izlenmesine olanak sağlamaktadır (Nakajima, 1988).

OEE'nin geliştirilmiş uygulama çerçevesini oluşturan Toplam Üretken Bakım (TPM) yaklaşımı ise, çalışanların tümünün katılımını esas alan ve sıfır arıza, sıfır kusur ve sıfır iş kazası hedefleri doğrultusunda ekipman etkinliğini en üst düzeye çıkarmayı amaçlayan bir yönetim sistemidir. TPM uygulamalarının üretkenlik artışı, bakım maliyetlerinin azalması ve iş güvenliği performansının iyileşmesi üzerinde önemli katkılar sağladığı literatürde yaygın biçimde rapor edilmektedir (Nakajima, 1988).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmanın temel amacı, bir altın ve gümüş madeni açık ocak işletmesinde kullanılan kazıcı–yükleyici ve kırıcı ekipmanların operasyonel performansını, birim üretim başına yakıt sarfiyatı temel performans göstergesi olarak analiz etmektir. Açık ocak madenciliğinde kazı, yükleme, kırma ve nakliyat faaliyetleri toplam üretim maliyetlerinin büyük bir bölümünü oluşturmakta; bu süreçlerdeki yakıt tüketimi ise işletme ekonomisini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle ekipmanların enerji verimliliği temelli performansının değerlendirilmesi, üretim planlaması ve maliyet kontrolü açısından kritik öneme sahiptir.

Çalışma kapsamında farklı kazıcı–yükleyici ekipmanlar ile kırıcı ünitesinin günlük operasyonel verileri incelenmiş; ekipman kodlarına göre performans karşılaştırmaları yapılmıştır. Analizler, gerçek saha koşullarını yansıtan filo yönetim ve yakıt takip sisteminden elde edilen veriler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın kapsamı, kazı–yükleme–kırma süreçlerinde kullanılan ekipmanların yakıt sarfiyatına dayalı performans değerlendirmesi ile sınırlıdır. Patlatma ve cevher zenginleştirme süreçleri araştırma kapsamı dışında tutulmuştur.

3.1. Araştırmanın Türü ve Yaklaşımı

Bu çalışma nicel araştırma yaklaşımına dayalı, saha verileri kullanılarak yürütülen tanımlayıcı ve karşılaştırmalı bir performans analizidir. Araştırmada gerçek işletme koşullarında elde edilen operasyonel veriler kullanılarak ekipmanların yakıt tüketimi ve üretim miktarı arasındaki ilişki istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmiştir.

Çalışmada ekipman performansının değerlendirilmesinde enerji verimliliği temelli performans analizi yaklaşımı benimsenmiştir. Bu kapsamda her bir ekipman için günlük yakıt tüketimi, sayaç başlangıç ve bitiş değerleri kullanılarak günlük üretim veya ilerleme miktarı hesaplanmış; ardından birim üretim başına yakıt sarfiyatı performans değişkeni olarak tanımlanmıştır. Böylece ekipmanların yalnızca mutlak yakıt tüketimleri değil, üretime göre normalize edilmiş göreli performans düzeyleri ortaya konulmuştur.

3.2. Çalışma Alanı ve İşletmenin Genel Özellikleri

Araştırma, Eskişehir ili sınırlarında yer alan Kaymaz Altın ve Gümüş Madeni açık ocak işletmesinde gerçekleştirilmiştir. İşletmede üretim açık ocak yöntemiyle yürütülmekte; kazı, yükleme ve nakliyat faaliyetleri vardiyalı çalışma düzeninde süreklilik arz etmektedir. Sahada farklı kapasitelerde kazıcı–yükleyici ekipmanlar ve birincil kırıcı ünitesi birlikte çalışmakta; bu ekipmanların operasyonel uyumu üretim verimliliği açısından belirleyici rol oynamaktadır.

Araştırmanın yürütüldüğü açık ocak işletmesinde kazı ve yükleme faaliyetleri entegre bir üretim zinciri içerisinde yürütülmektedir. Ocak aynasında delme–patlatma işlemi sonrası gevşetilen malzeme, farklı kapasitelerdeki kazıcı–yükleyici ekipmanlar tarafından nakliyat kamyonlarına yüklenmektedir. Bu süreçte kazıcı–yükleyici ekipmanlar, üretim zincirinin sürekliliğini sağlayan temel unsurlar arasında yer almakta; kepçe kapasitesi, çevrim süresi, operatör deneyimi, malzeme özellikleri ve saha koşulları ekipman performansını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle kazıcı–yükleyici ekipmanların çevrim verimliliği ve operasyonel sürekliliği, toplam üretim performansı üzerinde belirleyici bir role sahiptir.

Çalışma kapsamında analiz edilen kazıcı–yükleyici ekipmanlar, dizel motor tahrikli hidrolik ekskavatör tipinde olup farklı kepçe kapasitelerine ve motor güçlerine sahiptir. Her bir kazıcı–yükleyici için filo yönetim sistemi üzerinden günlük yakıt tüketimi, sayaç başlangıç ve bitiş değerleri kayıt altına alınmakta; bu veriler yardımıyla ekipmanların günlük üretim miktarı ve birim üretim başına yakıt sarfiyatı hesaplanmaktadır. Böylece kazıcı–yükleyicilerin yalnızca mutlak yakıt tüketimleri değil, üretime oranlanmış göreli performans düzeyleri değerlendirilebilmektedir.

Kazıcı–yükleyiciler tarafından yürütülen üretim faaliyetleri sırasında, patlatma sonrası yeterli derecede parçalanmayan iri bloklar sahada bulunan hidrolik kırıcı ataşmanlı ekskavatörler tarafından ikincil kırma işlemine tabi tutulmaktadır. Bu kırıcı ekipmanlar, sabit bir tesis ünitesi olmayıp kazı sahasında mobil olarak çalışan yardımcı üretim makineleridir. Dolayısıyla kırıcı performansı, kazıcı–yükleyici çevrim süreleri ve yükleme

sürekliliği üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. Özellikle blok boyutunun büyümesi durumunda kırıcı kullanım süresinin artması, kazı ve yükleme operasyonlarında gecikmelere neden olabilmektedir. Bu nedenle saha içi kırıcı ekipman verimliliğinin izlenmesi, kazı–yükleme performansının bütüncül değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır.

Kırıcı ataşmanlı ekskavatörün performansı, saha filo takip sisteminde yer alan ilerleme (sayaç) verileri üzerinden değerlendirilmiştir. Sayaç başlangıç ve bitiş değerleri arasındaki fark, ekipmanın ilgili vardiya süresince gerçekleştirdiği efektif ilerleme miktarını temsil etmektedir. İşletmede kırıcı ekipman vardiyalı düzende çalışmakta olup günlük kayıtlar 8 saatlik aktif çalışma süresine karşılık gelmektedir.

Çalışma kapsamda kırıcı ekipmanın bir vardiyada ilerlediği kademe miktarı, günlük sayaç farkı kullanılarak metre cinsinden hesaplanmış ve performans göstergesi olarak analize dahil edilmiştir. İncelenen saha verileri doğrultusunda ekipmanın 8 saatlik vardiya süresince gerçekleştirdiği ilerleme miktarının yaklaşık 90–170 metre aralığında değiştiği belirlenmiştir.

Bu değerler, sabit bir tesis performansını değil; saha içi blok kırma etkinliğini ve kazı–yükleme operasyonlarının sürekliliğini etkileyen mobil ekipman verimliliğini yansıtmaktadır. Dolayısıyla ilerleme metresi, kazı ve yükleme çevrim süreleri üzerinde dolaylı etkisi bulunan önemli bir operasyonel performans göstergesi olarak değerlendirilmiştir.

Kazıcı–yükleyici ve kırıcı ataşmanlı ekskavatör ekipmanlarının aynı veri yapısı içerisinde analiz edilmesi sayesinde, kazı–yükleme–blok kırma zincirinin performansı bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmiştir. Ekipmanlara ait çevrim süreleri, yakıt tüketim değerleri ve ilerleme (sayaç) verileri birlikte incelenerek üretim sürecindeki değişkenlikler sayısal olarak ortaya konulmuştur.

Bu kapsamda operasyonel iş sürecini ve performansı kısıtlayıcı ifade isebu ; belirli günlerde çevrim sürelerinin uzaması, birim yakıt tüketiminin artması veya kırıcı ekipmanın ilerleme metresinin düşmesi gibi üretim sürekliliğini etkileyen performans sapmaları üzerinden tanımlanmıştır. Böylece üretim zincirinin hangi aşamasında kapasite kısıtı veya verim düşüşü oluştuğu somut göstergelerle belirlenmiştir.

Ekipmanlar arası etkileşimler incelendiğinde, kırıcı ekipmanın düşük ilerleme performansı gösterdiği günlerde kazıcı–yükleyici çevrim sürelerinin uzadığı ve kamyon yakıt tüketiminde artış eğilimi oluştuğu gözlenmiştir. Bu durum, üretim zincirindeki ekipmanların birbirine bağımlı çalıştığını ve tek bir ekipmandaki performans değişiminin tüm sistemi etkileyebildiğini ortaya koymaktadır.

Elde edilen bulgular, açık ocak üretim sisteminde iyileştirme gerektiren noktaların veri temelli biçimde belirlenmesine olanak sağlamış; özellikle enerji verimliliği ve birim üretim maliyeti açısından optimize edilebilir alanları ortaya çıkarmıştır. Bu bütüncül değerlendirme yaklaşımı, sürdürülebilir üretim hedefleri doğrultusunda kaynak kullanımının rasyonel biçimde yönetilmesine katkı sunmaktadır.

3.3. Verilerin Toplanması

Araştırmada kullanılan veriler, işletmede aktif olarak kullanılan bilgisayarlı filo yönetim ve yakıt takip sisteminden elde edilmiştir. Sistem tarafından günlük olarak kaydedilen operasyonel kayıtlar analizde kullanılmıştır. Her bir ekipman için aşağıdaki değişkenler veri setine dahil edilmiştir:

- Tarih
- Ekipman kodu
- Sayaç başlangıç değeri
- Sayaç bitiş değeri
- Günlük yakıt tüketimi (lt)

Kazıcı–yükleyiciler için sayaç farkı günlük yükleme çevrimlerine karşılık gelen üretim miktarını; kırıcı için ise sayaç farkı 8 saatlik vardiyada gerçekleşen ilerleme mesafesini temsil etmektedir. Ham veriler Excel ortamında düzenlenmiş, eksik ve hatalı kayıtlar ayıklanarak analize uygun hale getirilmiştir. Veri setinin güvenilirliğini artırmak amacıyla uç değerler kontrol edilmiş ve ölçüm tutarlılığı sağlanmıştır. Bu süreç sonunda elde edilen düzenli veri seti, ekipman performansının istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesine olanak sağlamıştır.

3.4. Veri Ön İşleme ve Performans Göstergelerinin Hesaplanması

Ham veriler SPSS yazılımında analiz edilebilecek biçimde Excel ortamında ön işleme tabi tutulmuştur. Ön işleme aşamasında:

- Sayaç bitiş ve başlangıç değerleri arasındaki fark alınarak günlük üretim/ilerleme miktarı (Δ değer) hesaplanmıştır.
- Günlük yakıt tüketimi bu üretim miktarına oranlanarak birim üretim başına yakıt sarfiyatı (lt/birim) performans değişkeni elde edilmiştir.

Bu çalışmada ekipman performans göstergesi aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

Performans (Sarfiyat İndeksi) = Günlük Yakıt Tüketimi (lt) / Günlük Üretim veya İlerleme Miktarı (birim) (3.1)

Bu yaklaşım, literatürde enerji verimliliği temelli ekipman performans değerlendirme yöntemi olarak tanımlanmaktadır ve madencilik operasyonlarında yaygın biçimde kullanılmaktadır. Ekler bölümünde analiz için L2 kodlu yükleyici üzerinden hazırlanmış tablonun son sütununda bu değer hesaplanmıştır.

3.5. SPSS Ortamına Veri Aktarımı

Saha kayıtlarından elde edilen ham veriler, analiz öncesinde veri temizleme ve düzenleme işlemlerinden geçirilmiştir. Bu kapsamda eksik ve tutarsız kayıtlar kontrol edilmiş, sayaç başlangıç ve bitiş değerleri kullanılarak günlük farklar hesaplanmış, yakıt tüketim verileri lt/saat formatına dönüştürülmüş ve tüm değişkenler istatistiksel analiz için uygun veri yapısına getirilmiştir. SPSS yazılımına aktarılmak üzere aşağıdaki değişken yapısıyla düzenlenmiştir:

- veh_code (Ekipman kodu)
- date (Tarih)
- fuel_l (Yakıt tüketimi, lt)
- counter_start (Sayaç başlangıç)
- counter_end (Sayaç bitiş)

- delta (Günlük üretim/ilerleme miktarı)
- perf_sarfiyat (Birim başına yakıt sarfiyatı)

Bu yapı sayesinde kazıcı–yükleyici ve kırıcının aynı veri formatında SPSS ortamında analiz edilebilir hale getirilmiştir.

3.6. Veri Analizi Yöntemi

Bu çalışmada açık ocak altın ve gümüş işletmesinde kullanılan 1 adet kırıcı ve 7 adet yükleyici ekipmanın operasyonel performansı, saha koşullarında üretilen gerçek zamanlı filo verileri üzerinden nicel yöntemlerle analiz edilmiştir. Analizler IBM SPSS Statistics yazılımı kullanılarak yürütülmüş; istatistiksel değerlendirmelerde anlamlılık düzeyi **α = 0,05** olarak kabul edilmiştir (Field, 2018).

3.6.1. Veri Setinin Hazırlanması ve Ön İşlemler

Analiz sürecine başlanmadan önce veri seti içerisindeki ekipman kodları standartlaştırılmış, kategorik nitelikteki ekipman tanımlayıcıları SPSS ortamında uygun biçimde düzenlenmiştir. Ardından performans değerlendirmelerinin ekipman bazında yapılabilmesi için her bir ekipman (kırıcı: E5; yükleyiciler: L2, E6, E8, E10, E12, E13, E14) ayrı ayrı filtrelenmiş ve analizlere yalnızca ilgili ekipmana ait gözlemler dâhil edilmiştir. Bu yaklaşım ile farklı ekipmanların veri seti içerisindeki etkisi elimine edilmiş, her ekipman için gerçek performans dağılımı bağımsız biçimde elde edilmiştir.

3.6.2. Performans Göstergeleri ve Değişkenlerin Tanımlanması

Ekipmanların enerji temelli performansının değerlendirilmesinde iki temel gösterge kullanılmıştır:

a) **Sarfiyat (Cycle-Time):** Ekipmanın birim zamanda tükettiği yakıt miktarını (lt/saat) temsil eden değişkendir. Açık ocak operasyonlarında yakıt tüketimi, ekipman yükü, çalışma rejimi ve saha koşullarına duyarlılığı nedeniyle ekipman etkinliğini doğrudan yansıtan kritik bir enerji girdisi olarak kabul edilmektedir.

b) **Enerji Temelli Performans İndeksi (PI):** Bu çalışma kapsamında performans indeksi, birim yakıt tüketimi başına sağlanan üretim çıktısını temsil edecek şekilde tanımlanmıştır. Kırıcı ekipman için saha gözlemlerinde bildirilen 8 saatlik vardiya ilerlemesinin 90–170 m aralığında gerçekleştiği dikkate alınmış; ortalama vardiya ilerlemesi 130 m olarak hesaplanmıştır. Buna göre saatlik ortalama ilerleme hızı:

- Ortalama vardiya ilerlemesi: (90 + 170) / 2 = 130 m (3.2)
- Saatlik ilerleme hızı: 130 / 8 = 16,25 m/saat (3.3)

Referans ilerleme hızı **16,25 m/saat** alınarak her bir gözlem için PI aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

PI=İlerleme Hızı (m/saat)/Yakıt Sarfiyatı (lt/saat) (3.4)

Bu tanım doğrultusunda PI, ekipmanın tükettiği 1 litre yakıt karşılığında gerçekleştirdiği ilerleme miktarını ifade etmekte olup metre/litre (m/lt) cinsinden yorumlanmıştır. Bu gösterge, yakıt kullanım etkinliğini ve enerji temelli performansı nicel olarak ortaya koymaktadır. PI değerlerinin yüksek olması, yakıtın üretim çıktısına daha etkin dönüştürüldüğünü ifade etmektedir.

3.6.3. Tanımlayıcı İstatistikler ve Aylık Dağılım Analizleri

Her bir ekipman için Cycle-Time ve PI değişkenlerine ait tanımlayıcı istatistikler (N, minimum, maksimum, ortalama, standart sapma) hesaplanarak ekipmanların genel çalışma karakteristiği ortaya konmuştur. Ayrıca ekipman performansındaki dönemsel değişimi değerlendirmek amacıyla veriler ay bazında gruplanmış; aylık ortalama ve standart sapma değerleri üzerinden süreç içi değişkenlik yorumlanmıştır. Bu yaklaşım, ekipmanların belirli dönemlerde operasyonel zorlanma, yük değişkenliği veya organizasyonel etkiler nedeniyle farklı performans profilleri sergileyip sergilemediğini test etmeye yönelik bir çerçeve sunmaktadır. Bununla birlikte, elde edilen istatistiksel göstergeler ekipman performansındaki eğilimleri ortaya koyarak üretim planlaması ve operasyonel iyileştirme çalışmalarına veri temelli bir değerlendirme imkânı sağlamaktadır.

3.6.4. Normallik Varsayımının Sınanması

Ekipmanlar arası performans karşılaştırması yapılmadan önce, PI değişkeninin dağılım özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla her ekipman için **Kolmogorov–Smirnov** ve **Shapiro–Wilk** normallik testleri uygulanmıştır. Normallik testlerinde **$p < 0,05$** elde edilmesi, ilgili değişkenin normal dağılım varsayımını sağlamadığını göstermektedir (Field, 2018). Bu çalışmada PI değişkeni tüm ekipmanlarda normal dağılım göstermediğinden, gruplar arası karşılaştırmalarda parametrik yöntemlerin (ANOVA vb.) kullanımı uygun bulunmamıştır.

3.6.5. Ekipmanlar Arası Karşılaştırma: Kruskal–Wallis H Testi

Normallik varsayımının sağlanmaması nedeniyle ekipmanlar arasındaki PI farkları, parametrik olmayan yöntemlerden **Kruskal–Wallis H testi** ile analiz edilmiştir. Kruskal–Wallis testi, bağımsız ikiden fazla grubun ortanca/dağılım farklarını sıralama temelli olarak değerlendirmekte olup, normal dağılım koşuluna ihtiyaç duymaması nedeniyle saha verileri için uygun bir yöntemdir (Conover, 1999). Test sonucunda elde edilen **Ki-kare (χ^2)** istatistiği ve anlamlılık değeri (p) üzerinden ekipmanlar arasında PI açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunup bulunmadığı yorumlanmıştır. Anlamlı fark saptanması durumunda sıra ortalamaları (mean rank) dikkate alınarak hangi ekipmanların daha yüksek/düşük performans düzeyine sahip olduğu değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Çalışmanın bu bölümünde işletmede kullanılan 1 adet kırıcı ve 7 adet yükleyicinin performans analizleri incelenmiştir. İncelemeler nitel ve nicel olarak yapılmıştır.

4.1. İşletmede Kullanılan Kırıcı (E5) Makinesine Ait Performans Bulguları

Bu çalışmada açık ocak altın ve gümüş işletmesinde kullanılan kırıcı ekipmanının (E5) operasyonel performansı, enerji temelli performans analizi yaklaşımı çerçevesinde değerlendirilmiştir. Kırıcı ekipmanı, malzemenin işleme tesisine uygun tane boyutuna indirgenmesini sağlayan kritik bir üretim basamağı olduğundan, performansının sürekliliği ve kararlılığı üretim verimliliği açısından doğrudan önem taşımaktadır.

Performans analizine başlamadan önce veri setinde yer alan tüm araç kodları sayısal forma dönüştürülmüş ve kırıcı ekipmanı (E5) filtrelenerek analizlere yalnızca bu ekipmana ait gözlemler dahil edilmiştir. Böylece farklı ekipmanların veri seti içerisindeki etkisi elimine edilmiş ve kırıcıya özgü gerçek performans dağılımı elde edilmiştir.

Kırıcı performansının değerlendirilmesinde temel gösterge olarak Cycle-Time (Sarfiyat) değişkeni kullanılmıştır. Bu değişken, birim zamanda gerçekleşen yakıt tüketimini temsil etmekte olup enerji temelli performans analizinde ekipman etkinliğini doğrudan yansıtan güvenilir bir ölçüttür. Tanımlayıcı istatistikler SPSS ortamında hesaplanarak kırıcı ekipmanının genel çalışma karakteristiği ortaya konmuştur (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Kırıcı (E5) İçin Tanımlayıcı İstatistik Sonuçları

Değişken	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Cycle-Time (Sarfiyat)	105	10,64	40,20	20,89	3,84

Elde edilen sonuçlara göre kırıcı (E5) ekipmanına ait toplam **105 gözlem** analiz edilmiştir. Cycle-Time (saatlik yakıt sarfiyatı) değerlerinin **minimum 10,64 lt/saat**,

maksimum 40,20 lt/saat arasında değiştiği belirlenmiştir. Ortalama saatlik yakıt tüketimi **20,89 lt/saat** olarak hesaplanmış olup, standart sapma değeri **3,84 lt/saat** düzeyindedir.

Genel standart sapma değerinin ortalamaya kıyasla sınırlı düzeyde olması (Std. Sapma = 3,84), kırıcı ekskavatörün (E5) incelenen dönem boyunca enerji tüketim değerlerinde aşırı dalgalanma göstermediğini ortaya koymaktadır. Bu durum, tüketim değerlerinin belirli bir aralıkta toplandığını ve süreçte yüksek düzeyli oynaklık bulunmadığını göstermektedir. Saha verileri dikkate alındığında, kırıcı ekskavatörün 8 saatlik vardiya süresince 90–170 metre aralığında kademe ilerlemesi gerçekleştirdiği görülmektedir. Bu ilerleme aralığı ile birlikte değerlendirildiğinde, ölçülen enerji tüketim düzeyinin ekipmanın üretim çıktısı ile uyumlu bir performans sergilediğine işaret ettiği söylenebilir.

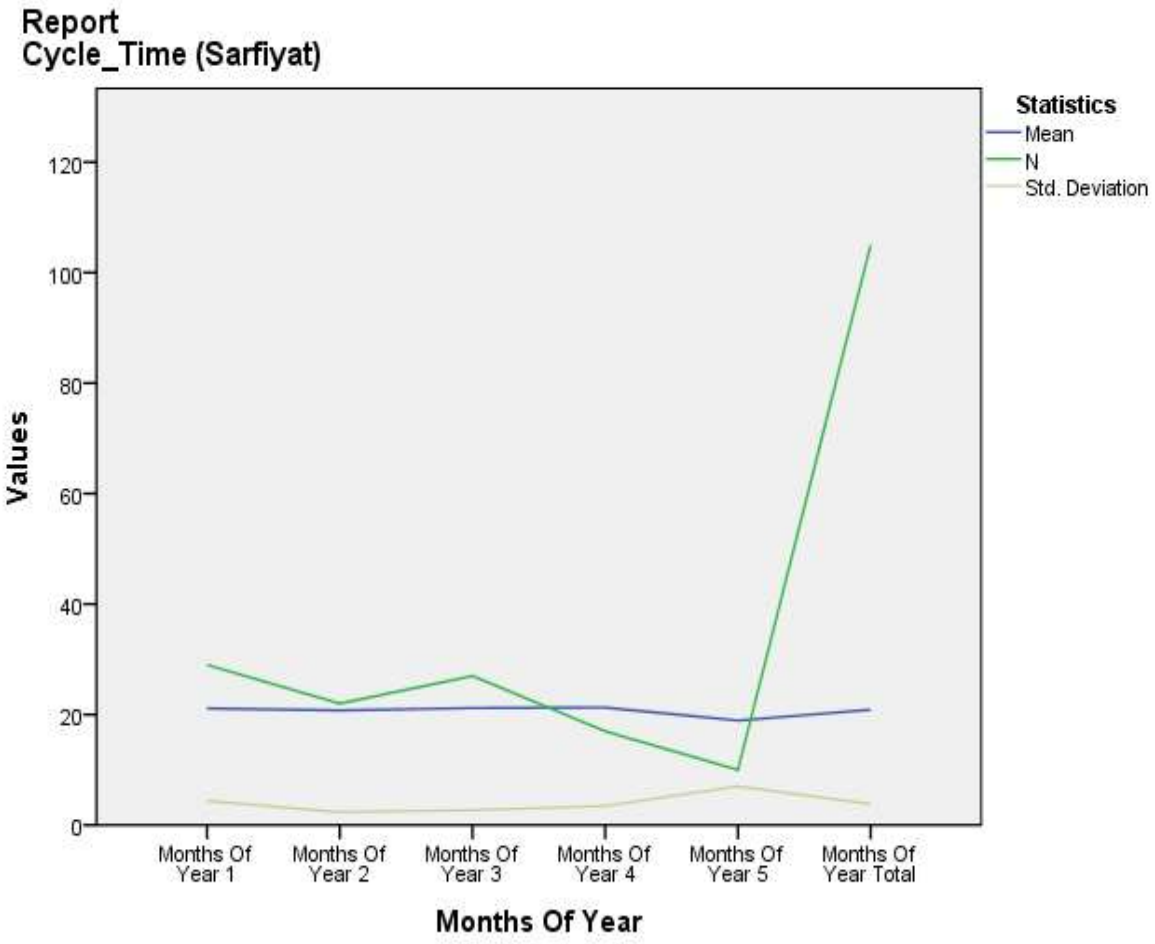
Standart sapma değerinin ortalamaya göre düşük olması, kırıcı ekskavatörün (E5) incelenen dönem boyunca benzer çalışma koşullarında faaliyet gösterdiğini ve performans değerlerinin belirli bir aralıkta seyrettiğini göstermektedir. Bununla birlikte maksimum değerin ortalamanın belirgin biçimde üzerine çıkması, bazı vardiyalarda E5'in daha yoğun blok kırma faaliyeti yürüttüğünü veya saha koşullarına bağlı olarak zorlanma yaşadığını düşündürmektedir. Bu durum, özellikle iri blok oluşumunun arttığı veya kazı alanındaki jeolojik koşulların değiştiği periyotlarla ilişkili olabilir. Gözlenen bu artışlar, süreç içerisinde dönemsel performans farklılıklarının oluşabileceğine işaret etmekte olup, ekipman performansının düzenli izlenmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Ayrıca saha gözlemleri doğrultusunda kırıcının(E5) 8 saatlik vardiya süresinde 90–170 metre aralığında ilerleme gerçekleştirdiği dikkate alındığında, enerji tüketimi ile ilerleme mesafesi arasında doğrudan bir performans ilişkisi bulunduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle kırıcı performansı yalnızca ortalama değerler üzerinden değil, süreç içi değişkenlik boyutu ile birlikte değerlendirilmelidir.

Kırıcı ekskavatörün aylık ortalama performansına ait hesaplanan istatistiksel göstergeler Çizelge 4.2'de yer almaktadır. Şekil 4.1' de çizgi grafiği SPSS grafik bölümünde çizilmiştir.

Çizelge 4.2. Kırıcı (E5) Ekipmanının Aylık Saatlik Yakıt Sarfiyatı (Cycle-Time) Tanımlayıcı İstatistikleri

Ay	Ortalama (lt/saat)	Gözlem Sayısı (N)	Standart Sapma
Ocak	21,12	29	4,40
Şubat	20,77	22	2,36
Mart	21,20	27	2,71
Nisan	21,28	17	3,45
Mayıs	18,94	10	7,03
Genel Ortalama	**20,89**	**105**	**3,84**



Şekil 4.1 Kırıcı (E5) aylık performans analizinin tanımlayıcı istatiksel grafiği

Kırıcı (E5) ekipmanına ait saatlik yakıt sarfiyatı verileri aylık bazda incelendiğinde, ekipmanın genel ortalama yakıt tüketiminin **20,89 lt/saat** olduğu belirlenmiştir. Aylık ortalama değerlerin **18,94 – 21,28 lt/saat** aralığında değiştiği görülmektedir. Bu durum,

kırıcı ekipmanının çalışma süreci boyunca genel olarak istikrarlı bir enerji tüketim profili sergilediğini göstermektedir.

Aylık bazda en düşük ortalama sarfiyat Mayıs ayında **(18,94 lt/saat)** gözlenmiştir. Ancak aynı ayda standart sapma değerinin **7,03 lt/saat** ile en yüksek düzeye ulaşması, bu dönemde kırıcı ekipmanının çalışma koşullarında yük değişkenliğinin arttığını ve bazı vardiyalarda normalin üzerinde zorlanmalar yaşandığını işaret etmektedir. Buna karşılık Şubat ve Mart aylarında standart sapmanın düşük seviyede kalması, ekipmanın bu dönemlerde kararlı ve düzenli bir çalışma rejimi sergilediğini ortaya koymaktadır.

Elde edilen bulgular, kırıcı ekskavatörün (E5) genel çalışma performansının incelenen dönem boyunca belirli bir bant içerisinde seyrettiğini göstermektedir. Bununla birlikte özellikle Mayıs ayında gözlenen artan değişkenlik, söz konusu dönemde performans değerlerinde dalgalanma yaşandığını ortaya koymaktadır. Bu durum, ilgili ayda operasyonel koşulların farklılaşmış olabileceğini düşündürmekte ve performans değişkenliğinin ayrıntılı biçimde değerlendirilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Kırıcı ekskavatörün performansı, enerji temelli yaklaşım çerçevesinde analiz edilmiştir. Bu yaklaşımda amaç, tüketilen yakıt miktarı ile elde edilen üretim çıktısı arasındaki ilişkiyi nicel olarak ortaya koymaktır. Bu doğrultuda performans indeksi (PI), ekipmanın birim yakıt tüketimi karşılığında sağladığı kademe ilerleme miktarı esas alınarak tanımlanmıştır.

Söz konusu indeks, 1 litre yakıt başına gerçekleştirilen kademe ilerlemesini metre/litre (m/L) cinsinden ifade etmektedir. Önceki bölümde her bir gözlem için hesaplanan enerji temelli performans indeksi değerleri, SPSS ortamına aktarılarak aylık dağılımları ve tanımlayıcı istatistikleri incelenmiştir. Böylece kırıcı ekskavatörün dönemsel performans değişimi sayısal veriler üzerinden değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.3. Kırıcı (E5) Performans İndeksi İçin Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Performans İndeksi (PI) (m/L)	105	0,40	1,53	0,8031	0,1476

Çizelge 4.4.Kırıcı (E5) Aylık Ortalama Performans İndeksi

Ay	Ortalama PI (m/lt)	Gözlem Sayısı (N)	Std. Sapma
Ocak	**0,7923**	29	0,1211
Şubat	**0,7929**	22	0,0974
Mart	**0,7782**	27	0,0953
Nisan	**0,7828**	17	0,1278
Mayıs	**0,9582**	10	0,3143
Genel Ortalama	**0,8031**	105	**0,1476**

Kırıcı (E5) ekipmanına ait enerji temelli performans indeksi değerleri, toplam 105 gözlem üzerinden analiz edilmiştir. Çizelge 4.3'te görüldüğü üzere performans indeksi değerleri 0,40 ile 1,53 m/lt aralığında değişmekte olup, genel ortalama performans indeksi 0,803 m/lt olarak hesaplanmıştır. Bu değer, kırıcı ekipmanının bir litre yakıt tüketimi başına ortalama 0,803 metre kademe ilerlemesi sağladığını göstermektedir.

Çizelge 4.4'te, standart sapmanın 0,1476 düzeyinde olması, performans indeksinin ortalama etrafında sınırlı bir değişkenlik sergilediğini ve kırıcı ekipmanının enerji kullanım etkinliğinin genel olarak kontrol altında yürütüldüğünü ortaya koymaktadır. Bununla birlikte minimum ve maksimum değerler arasındaki fark, bazı vardiyalarda kırıcı ekipmanının değişen yük koşullarına bağlı olarak enerji kullanım etkinliğinde dalgalanmalar yaşandığını göstermektedir.

Aylık bazda performans indeksi dağılımı incelendiğinde (Çizelge 4.4), Ocak–Nisan aylarında ortalama performans indeksinin birbirine oldukça yakın değerlerde seyrettiği görülmektedir. Bu durum, kırıcı ekipmanının bu dönemlerde kararlı ve düzenli bir çalışma rejimi sergilediğini ve enerji tüketimi ile üretim çıktısı arasındaki dengenin korunabildiğini göstermektedir.

Buna karşılık Mayıs ayında ortalama performans indeksinin 0,958 m/lt düzeyine yükselmesi, aynı dönemde daha düşük yakıt sarfiyatı ile daha yüksek kademe ilerlemesi sağlandığını ve enerji kullanım etkinliğinin arttığını işaret etmektedir. Ancak Mayıs ayındaki standart sapmanın 0,3143 ile diğer aylara göre belirgin biçimde yükselmesi, vardiyalar

arasında yük değişkenliğinin arttığını ve süreç kararlılığında geçici sapmalar oluştuğunu göstermektedir.

Genel olarak elde edilen bulgular, kırıcı ekskavatörün (E5) enerji temelli performansının incelenen dönem boyunca belirli bir düzeyde seyrettiğini; ancak dönemsel operasyonel değişkenliklerin performans değerlerinde dalgalanmalara yol açabildiğini göstermektedir. Özellikle standart sapma değerinin görece yükseldiği dönemlerde performans dağılımının genişlediği görülmektedir. Bu durum, söz konusu periyotlarda saha koşulları, yük dağılımı veya çalışma yoğunluğuna bağlı farklılaşmaların etkili olabileceğini düşündürmektedir. Bu nedenle performans değişkenliğinin düzenli aralıklarla izlenmesi ve dönemsel sapmaların operasyonel verilerle birlikte değerlendirilmesi, üretim sürekliliğinin korunması açısından önem taşımaktadır.

4.2. İşletmedeki L2 Kodlu Yükleyicinin Performans Analizleri Üzerine Bulgular

Açık ocak altın ve gümüş işletmesinde kullanılan L2 kodlu yükleyici ekipmanının operasyonel performansı, enerji temelli performans analizi yaklaşımı çerçevesinde değerlendirilmiştir. Yükleyici ekipmanlar, kazı–yükleme–nakliye zincirinde üretim sürekliliğini doğrudan etkileyen temel üretim araçları olduğundan, performanslarının izlenmesi ve karşılaştırılması işletme verimliliği açısından kritik öneme sahiptir.

Performans analizlerine başlamadan önce veri seti içerisinden yalnızca L2 kodlu yükleyiciye ait gözlemler seçilerek diğer ekipmanlara ait veriler analiz dışı bırakılmıştır. SPSS ortamında gerçekleştirilen filtreleme işlemi sonucunda toplam 119 gözlemin tamamının L2 kodlu yükleyiciye ait olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. L2 Kodlu Yükleyiciye Ait Saatlik Yakıt Sarfiyatı Tanımlayıcı İstatistikleri

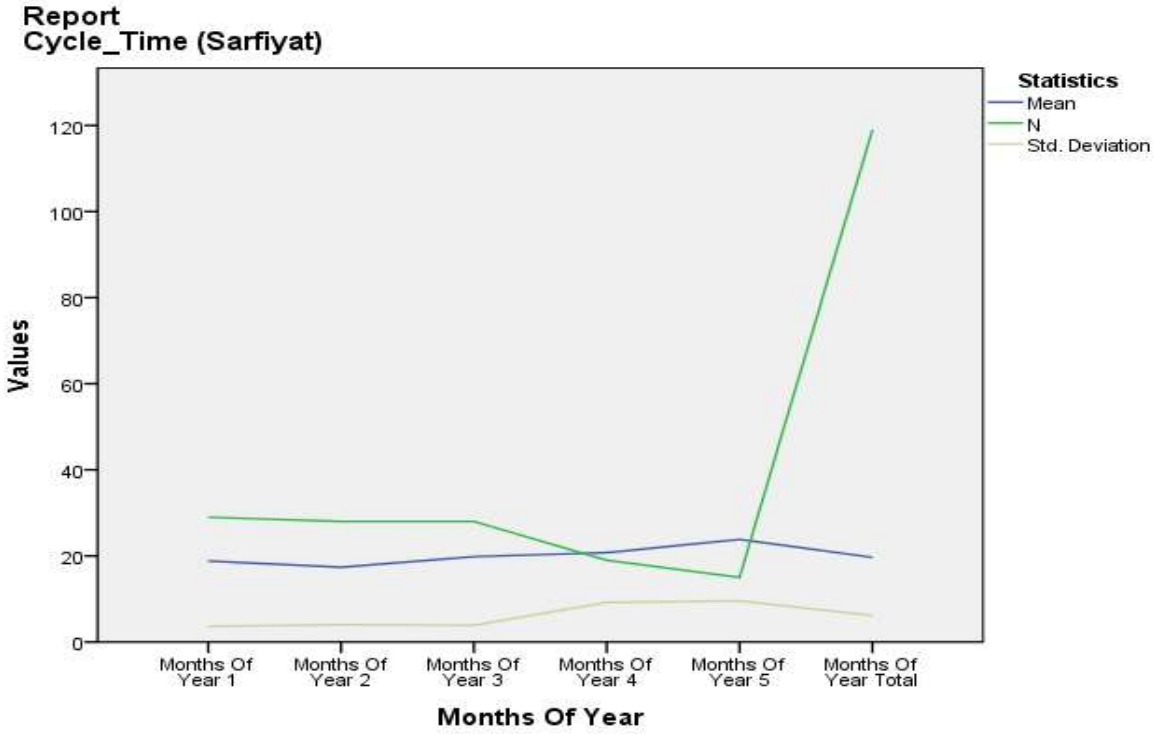
Değişken	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Cycle-Time (Sarfiyat)	119	5,63	55,43	19,66	6,16

Çizelge 4.5' te, L2 kodlu yükleyiciye ait toplam **119 gözlem** analiz edilmiştir. Saatlik yakıt sarfiyatı değerlerinin **5,63 – 55,43 lt/saat** aralığında değiştiği görülmektedir. Ortalama saatlik yakıt tüketimi **19,66 lt/saat**, standart sapma ise **6,16 lt/saat** olarak hesaplanmıştır.

Standart sapmanın ortalamaya kıyasla görece yüksek olması, L2 yükleyicisinin çalışma süreci içerisinde yük altında çalışma düzeyinin vardiyalara göre önemli ölçüde değiştiğini göstermektedir. Özellikle maksimum sarfiyat değerinin ortalamanın oldukça üzerinde olması, bazı dönemlerde ekipmanın zorlanarak çalıştığını veya malzeme özelliklerine bağlı yük artışları yaşandığını işaret etmektedir. Bu durum, çalışma koşullarındaki değişkenliğin ekipman performansı üzerinde doğrudan etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca kazı malzemesinin fiziksel özellikleri ve operasyonel şartlardaki farklılıklar sarfiyat değerlerinde dönemsel artışlara neden olabilmektedir.

Çizelge 4.6.L2 Kodlu Yükleyicinin Aylık Ortalama Yakıt Sarfiyatı

Ay	Ortalama (lt/saat)	N	Std. Sapma
Ocak	18,83	29	3,67
Şubat	17,38	28	4,01
Mart	19,84	28	3,89
Nisan	20,76	19	9,22
Mayıs	23,84	15	9,56
Genel Ortalama	**19,66**	**119**	**6,16**



Şekil 4.2. L2 kodlu yükleyiciye ait aylık performans analizinin tanımlayıcı istatiksel grafiği

Aylık ortalama değerler incelendiğinde, L2 yükleyicisinin en düşük ortalama yakıt sarfiyatının Şubat ayında **(17,38 lt/saat)**, en yüksek ortalama sarfiyatının ise Mayıs ayında **(23,84 lt/saat)** gerçekleştiği belirlenmiştir.

Nisan ve Mayıs aylarında standart sapmanın belirgin biçimde artması, bu dönemlerde yükleyicinin çalışma koşullarında yük değişkenliğinin arttığını ve süreç istikrarının zayıfladığını göstermektedir. Buna karşılık Ocak, Şubat ve Mart aylarında standart sapmanın düşük seviyede kalması, ekipmanın bu dönemlerde kararlı bir çalışma rejimi sergilediğini ortaya koymaktadır.

Genel olarak elde edilen bulgular, L2 kodlu yükleyicinin enerji tüketimi açısından ortalama düzeyde stabil bir performans sergilediğini**,** ancak bazı dönemlerde operasyonel yük dalgalanmalarının performans kararlılığını etkilediğini göstermektedir.

Açık ocak altın ve gümüş işletmesinde kullanılan L2 kodlu yükleyici ekipmanının operasyonel performansı, enerji temelli performans analizi yaklaşımı çerçevesinde değerlendirilmiştir. Performans göstergesi olarak, birim yakıt başına sağlanan kademe ilerleme miktarını temsil eden Performans İndeksi (PI) kullanılmıştır. Performans indeksi,

kırıcı için belirlenen ortalama ilerleme hızı (16,25 m/saat) referans alınarak hesaplanmıştır. Böylece yükleyici ekipmanın enerji kullanım etkinliği sayısal olarak ortaya konulmuştur.

Çizelge 4.7. L2 Yükleyici İçin Aylık Ortalama Performans İndeksi

Ay	Ortalama PI (m/lt)	Gözlem Sayısı (N)	Std. Sapma
Ocak	0,9028	29	0,2235
Şubat	1,0115	28	0,4030
Mart	0,8472	28	0,1526
Nisan	0,8657	19	0,2239
Mayıs	0,7634	15	0,2337
Genel Ortalama	0,8918	119	0,2731

Yukarıda verilen çizelgede hesaplama; Her ay için hesaplanan PI değerleri ay değişkenine göre gruplandırılmış ve SPSS'te MEANS komutu kullanılarak aritmetik ortalamaları alınmıştır.

L2 kodlu yükleyiciye ait performans indeksi değerleri incelendiğinde, ekipmanın genel ortalama performans indeksinin **0,8918 m/lt** olduğu belirlenmiştir. Bu değer, yükleyicinin 1 litre yakıt ile ortalama 0,89 metre kademe ilerlemesine katkı sağladığını göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, L2 yükleyicinin enerji kullanım etkinliğinin genel olarak kabul edilebilir ve üretim sürecini destekleyen bir seviyede olduğunu ortaya koymaktadır.

Aylık bazda değerlendirildiğinde, en yüksek ortalama performans Şubat ayında (PI = 1,0115 m/lt) elde edilmiştir. Bu durum, Şubat döneminde yükleyici ekipmanın birim yakıt başına en yüksek üretim katkısını sağladığını ve operasyonel uyumun optimum düzeyde gerçekleştiğini göstermektedir. Buna karşılık Mayıs ayında ortalama performans indeksinin 0,7634 m/L ile en düşük seviyeye gerilediği görülmektedir. Bu düşüş, söz konusu dönemde yükleyici ekipmanın daha ağır saha koşullarında çalıştığını, malzeme sertliğinin arttığını veya operasyonel zorlanmalar yaşandığını işaret etmektedir.

Standart sapma değerleri incelendiğinde, özellikle Şubat ayında sapmanın görece yüksek olması (Std. Sapma = 0,4030)**,** bu dönemde performans değişkenliğinin arttığını ve bazı vardiyalarda özel nedenli sapmaların oluştuğunu göstermektedir. Buna karşın Mart ayında düşük standart sapma (0,1526), yükleyici ekipmanın bu dönemde daha kararlı ve düzenli bir performans sergilediğini ortaya koymaktadır.

Genel standart sapma değerinin **0,2731** olması, L2 yükleyicinin enerji temelli performansının süreç boyunca istatistiksel olarak büyük ölçüde kontrol altında olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte aylık performans dalgalanmaları, vardiya düzeni, operatör etkisi ve ocak içi yükleme konumlarının performans üzerinde belirleyici olduğunu işaret etmektedir.

Bu bulgular doğrultusunda L2 yükleyicinin genel olarak yüksek enerji verimliliğine sahip ve üretim sürecini destekleyen bir ekipman olduğu, ancak özellikle düşük performans görülen dönemlerde saha koşulları ve operasyonel organizasyonun yeniden gözden geçirilmesinin performans iyileştirmesi açısından faydalı olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte, operatör kullanım alışkanlıklarının ve bakım planlamasının performans üzerindeki etkisi dikkate alındığında, periyodik eğitim ve önleyici bakım uygulamalarının sürekliliği üretim kararlılığını artıracaktır. Böylece ekipmanın kapasitesinin tam olarak kullanılmasına yönelik sürdürülebilir bir işletme performansı sağlanabilecektir.

4.3. İşletmedeki E8 Kodlu Yükleyicinin Performans Analizleri Üzerine Bulgular

İşletmede kullanılan E8 kodlu yükleyici ekipmanının operasyonel performansı enerji temelli performans analizi yaklaşımı çerçevesinde değerlendirilmiştir. Analiz sürecinde çevrim süreleri, birim üretim miktarı, yakıt tüketimi ve enerji verimlilik katsayıları birlikte ele alınarak ekipmanın üretim–enerji dengesi ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgular, yükleyicinin farklı çalışma koşullarında gösterdiği performans değişkenliğini nicel göstergeler üzerinden değerlendirme imkânı sağlamıştır.

Analizlere başlamadan önce veri setinde yer alan tüm ekipmanlar arasından yalnızca E8 kodlu yükleyici filtrelenmiş ve analizler bu ekipmana ait gerçek saha verileri üzerinden

yürütülmüştür. Böylece diğer ekipmanların etkisi elimine edilerek E8 yükleyicisine özgü performans dağılımı ortaya konulmuştur.

Ekipmanın enerji temelli performansının değerlendirilmesinde temel gösterge olarak Cycle-Time (Sarfiyat) değişkeni kullanılmıştır. Bu değişken, ekipmanın birim zamanda tükettiği yakıt miktarını temsil etmekte olup enerji temelli performans analizinde ekipman etkinliğini doğrudan yansıtan güvenilir bir ölçüt olarak kabul edilmektedir. İlk aşamada E8 yükleyici için tanımlayıcı istatistikler hesaplanarak genel çalışma karakteristiği ortaya konulmuştur.

Çizelge 4.8. E8 Yükleyici İçin Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	**N**	**Minimum**	**Maksimum**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
Cycle-Time (Sarfiyat)	22	20,60	53,11	33,14	6,47

Tanımlayıcı istatistik sonuçları, E8 yükleyici ekipmanına ait toplam **22 gözlem** üzerinden elde edilmiştir. Saatlik yakıt tüketiminin **20,60 – 53,11 lt/saat** aralığında değiştiği, ortalama değerin **33,14 lt/saat** olduğu ve standart sapmanın **6,47 lt/saat** düzeyinde gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, E8 yükleyicinin analiz döneminde görece yüksek enerji tüketimiyle çalıştığını göstermektedir.

Aylık performans davranışının daha ayrıntılı incelenebilmesi amacıyla E8 yükleyicinin Cycle-Time değişkeni aylık bazda analiz edilmiş ve aylık tanımlayıcı istatistikler hesaplanmıştır. Böylece ekipmanın çalışma dönemindeki süreç kararlılığı ve enerji tüketim değişkenliği ortaya konulmuştur.

Çizelge 4.9.E8 Yükleyici Aylık Ortalama Yakıt Sarfiyatı

Ay	**Ortalama (Lt/saat)**	**N**	**Std. Sapma**
Ocak	33,14	22	6,47
Genel Ortalama	33,14	22	6,47

Aylık dağılım sonuçları, E8 yükleyici ekipmanının analiz dönemi boyunca yalnızca Ocak ayında aktif olarak çalıştığını göstermektedir. Bu nedenle aylık performans

değerlendirmesi tek ay üzerinden yapılmıştır. Ortalama saatlik yakıt tüketiminin **33,14 lt/saat** olması, ekipmanın analiz döneminde yüksek üretim temposuna veya ağır yükleme koşullarına bağlı olarak çalıştığını işaret etmektedir.

Standart sapmanın sınırlı düzeyde kalması, ekipmanın çalışma sürecinde genel olarak kararlı ve düzenli bir enerji tüketim davranışı sergilediğini göstermektedir. Bu durum, yükleyici ekipmanın operasyonel süreçte istikrarlı biçimde görev yaptığını ortaya koymaktadır.

E8 kodlu yükleyici ekipmanının enerji temelli performansı, birim yakıt tüketimi başına üretim çıktısını ifade eden performans indeksi (PI) üzerinden değerlendirilmiştir. Performans indeksi, kırıcı analizinde kullanılan enerji temelli yaklaşım ile aynı metodolojiye dayalı olarak hesaplanmış; böylece yükleyici ekipmanların enerji verimliliği nesnel ve karşılaştırılabilir biçimde ortaya konulmuştur.

Performans indeksi, sabit referans üretim çıktısı ile saatlik yakıt sarfiyatı arasındaki oran esas alınarak SPSS ortamında her bir gözlem için hesaplanmıştır. Ardından E8 yükleyicinin performans indeksinin aylık dağılımı ve genel tanımlayıcı istatistikleri elde edilmiştir. Böylece ekipmanın analiz dönemi boyunca enerji verimliliği ve süreç içi değişkenliği değerlendirilmiştir.

Aylık performans indeksine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.10'da sunulmuştur. Bu kapsamda ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler incelenerek indeksin dönem içerisindeki dağılım özellikleri ortaya konulmuştur.

Çizelge 4.10. E8 Yükleyici Aylık Performans İndeksi (PI) Tanımlayıcı İstatistikleri

Ay	**Ortalama PI (m/lt)**	**Gözlem Sayısı (N)**	**Std. Sapma**
Ocak	0,5086	22	0,1039
Genel Ortalama	0,5086	22	0,1039

Elde edilen sonuçlara göre E8 kodlu yükleyici ekipmanının enerji temelli performans indeksi ortalama **0,5086 m/lt** olarak hesaplanmıştır. Bu değer, yükleyici ekipmanın 1 litre yakıt tüketerek ortalama 0,51 metre malzeme yükleme/ilerleme karşılığı üretim gerçekleştirdiğini göstermektedir.

Performans indeksine ait standart sapmanın **0,1039** düzeyinde olması, ekipmanın analiz döneminde genel olarak kararlı bir enerji verimliliği davranışı sergilediğini ortaya koymaktadır. Standart sapmanın ortalamaya göre sınırlı düzeyde olması, yükleyici ekipmanın çalışma sürecinde belirgin dalgalanmalar yaşamadığını ve süreç içerisinde istikrarlı bir performans yapısına sahip olduğunu göstermektedir.

Aylık dağılım incelendiğinde E8 yükleyicinin analiz döneminde yalnızca Ocak ayında aktif olarak çalıştığı görülmektedir. Bu nedenle aylık performans değerlendirmesi tek dönem üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu durum ekipmanın analiz periyodu içerisinde sınırlı süreyle operasyona dahil olduğunu göstermekte; ancak mevcut veriler ışığında elde edilen performans indeksinin güvenilir biçimde temsil edici olduğu anlaşılmaktadır.

Genel olarak E8 yükleyici ekipmanının enerji temelli performansının kontrol altında ve istikrarlı olduğu; ekipmanın yakıt tüketimi açısından operasyonel sürece etkin biçimde katkı sunduğu değerlendirilmektedir. Bu sonuçlar, açık ocak yükleme operasyonlarında enerji verimliliğinin izlenmesi açısından performans indeksi yaklaşımının uygulanabilirliğini ortaya koymaktadır.

4.4. İşletmedeki E6 Kodlu Yükleyicinin Performans Analizleri Üzerine Bulgular

E6 kodlu yükleyici ekipmanının operasyonel performansı, enerji temelli performans analizi yaklaşımı çerçevesinde değerlendirilmiştir. Performans analizinde temel gösterge olarak saatlik yakıt sarfiyatını temsil eden Cycle-Time (Sarfiyat) değişkeni kullanılmıştır. Böylece yükleyici ekipmanın enerji tüketim karakteristiği, süreç içi değişkenliği ve çalışma istikrarı ortaya konulmuştur.

Analiz sürecinde veri seti içerisinden yalnızca E6 kodlu yükleyici ekipmana ait gözlemler filtrelenmiş ve SPSS ortamında tanımlayıcı istatistikler ile aylık dağılım analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.11'de sunulmaktadır.

Çizelge 4.11. E6 Yükleyici İçin Saatlik Yakıt Sarfiyatı Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişken	**N**	**Minimum**	**Maksimum**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
Cycle-Time (Sarfiyat)	92	19,23	87,00	**33,23**	**7,41**

Çizelge 4.11'de, E8 kodlu yükleyiciye ait toplam **92 gözlem** analiz edilmiştir. Saatlik yakıt sarfiyatı değerlerinin **19,23 – 87,00 lt/saat** aralığında değiştiği belirlenmiştir. Ortalama saatlik yakıt tüketimi **33,23 lt/saat** olarak hesaplanmış olup, standart sapma değeri **7,41 lt/saat** düzeyindedir.

Minimum ve maksimum değerler arasındaki geniş fark, yükleyici ekipmanın farklı çalışma koşullarında ve değişken yükleme lokasyonlarında görev aldığını göstermektedir. Standart sapmanın ortalamaya göre orta düzeyde olması ise E6 yükleyicinin bazı dönemlerde yüksek yük ve enerji tüketimi altında çalıştığını, ancak genel eğilim açısından aşırı dalgalı bir performans sergilemediğini ortaya koymaktadır.

Bu bulgular, ekipmanın operasyonel açıdan esnek bir kullanım yapısına sahip olduğunu ve farklı üretim senaryolarına uyum sağlayabildiğini göstermektedir. Bununla birlikte, performans indeksindeki değişkenliğin üretim planlaması, malzeme sertliği ve çalışma yoğunluğu gibi operasyonel parametrelerle birlikte değerlendirilmesi, süreç kararlılığının daha sağlıklı yorumlanmasına katkı sağlayacaktır.

Çizelge 4.12.E6 Yükleyici Aylık Ortalama Yakıt Sarfiyatı

Ay	**Ortalama (lt/saat)**	**N**	**Std. Sapma**
Ocak	32,99	7	2,19
Şubat	33,13	29	3,72
Mart	35,20	20	14,12
Nisan	32,90	21	4,15
Mayıs	31,36	15	4,74
Genel Ortalama	**33,23**	**92**	**7,41**

Çizelge 4.12'de aylık dağılım incelendiğinde E8 yükleyicinin saatlik yakıt tüketiminin **31,36 – 35,20 lt/saat** aralığında değiştiği görülmektedir. En yüksek ortalama

yakıt tüketimi Mart ayında **(35,20 lt/saat)** gözlenmiştir. Aynı ayda standart sapmanın **14,12 lt/saat** gibi yüksek bir değere ulaşması, bu dönemde yükleyici ekipmanın yük değişkenliğinin arttığını ve bazı vardiyalarda olağandışı zorlanmalar yaşandığını göstermektedir.

Ocak ve Şubat aylarında standart sapmanın düşük seviyede kalması, bu dönemlerde ekipmanın kararlı ve düzenli bir çalışma rejimi sergilediğini ortaya koymaktadır. Genel olarak aylık ortalama değerlerin birbirine yakın olması, E6 yükleyicinin analiz dönemi boyunca istikrarlı bir enerji tüketim profiline sahip olduğunu göstermektedir.
Yükleyici ekipmanın enerji verimliliğini değerlendirmek amacıyla her bir gözlem için **enerji** temelli performans indeksi (PI) hesaplanmıştır. Bu indeks, birim yakıt tüketimi başına üretilen iş miktarını temsil etmekte olup, yükleyici ekipmanın enerji verimliliğini doğrudan yansıtan bir göstergedir.

Performans indeksine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.13'te, aylık dağılımı ise Çizelge 4.14'te sunulmaktadır.

Çizelge 4.13. E6 Yükleyici Performans İndeksi Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişken	**N**	**Minimum**	**Maksimum**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
Performans İndeksi (PI) (m/L)	92	0,19	0,85	**0,5056**	**0,0871**

E6 yükleyiciye ait performans indeksi ortalama **0,5056 m/lt** olarak hesaplanmıştır. Bu değer, ekipmanın 1 litre yakıt ile ortalama 0,51 metre eşdeğer üretim gerçekleştirdiğini göstermektedir. Minimum ve maksimum PI değerleri arasındaki fark, yükleyici ekipmanın farklı üretim koşullarında çalıştığını ve enerji verimliliğinin vardiyadan vardiyaya değişebildiğini ortaya koymaktadır.

Standart sapmanın düşük düzeyde olması, E6 yükleyicinin genel olarak kararlı ve dengeli bir enerji verimliliği performansı sergilediğini göstermektedir. Minimum ve maksimum performans indeksi değerleri arasındaki sınırlı fark, ekipmanın farklı çalışma periyotlarında benzer üretim karakteristiği ortaya koyduğunu işaret etmektedir. Bu durum, E6 yükleyicisinin saha koşullarına yüksek uyum sağladığını ve operatör kullanım alışkanlıklarının standart bir yapıya kavuştuğunu göstermektedir. Dolayısıyla E6

yükleyicisi, açık ocak üretim sürecinde enerji verimliliği açısından istikrarlı katkı sunan güvenilir ekipmanlar arasında yer almaktadır.

Çizelge 4.14. E6 Yükleyici Aylık Ortalama Performans İndeksi

Ay	**Ortalama PI (m/lt)**	**N**	**Std. Sapma**
Ocak	0,4945	7	0,0332
Şubat	0,4966	29	0,0567
Mart	0,5092	20	0,1464
Nisan	0,5013	21	0,0627
Mayıs	0,5295	15	0,0823
Genel Ortalama	**0,5056**	**92**	**0,0871**

Aylık performans indeksleri incelendiğinde, E6 yükleyicinin enerji verimliliğinin **0,49 – 0,53 m/lt** aralığında değiştiği görülmektedir. En yüksek ortalama performans indeksi Mayıs ayında **(0,5295 m/lt)** elde edilmiştir. Bu durum, söz konusu ayda yükleyici ekipmanın daha verimli ve dengeli bir çalışma gerçekleştirdiğini göstermektedir. Mart ayında performans indeksine ait standart sapmanın görece yüksek olması (0,1464), bu dönemde enerji verimliliğinde vardiyalar arası dalgalanmaların arttığını ve süreç kararlılığının kısmen bozulduğunu işaret etmektedir. Diğer aylarda standart sapmanın düşük seviyede kalması ise ekipmanın çoğu dönemde istikrarlı bir performans rejimi sergilediğini ortaya koymaktadır.

Genel olarak elde edilen bulgular, E6 yükleyici ekipmanının enerji temelli performans açısından kontrol altında ve üretime etkin katkı sağlayan bir ekipman olduğunu göstermektedir.

4.5. E10 Kodlu Yükleyiciye Ait Performans Analizi Üzerine Bulgular

Açık ocak altın ve gümüş işletmesinde kullanılan E10 kodlu yükleyici ekipmanının operasyonel performansı, enerji temelli performans analizi yaklaşımı çerçevesinde değerlendirilmiştir. Performans analizinde temel gösterge olarak saatlik yakıt sarfiyatını temsil eden **Cycle-Time (Sarfiyat)** değişkeni kullanılmıştır. Böylece yükleyici ekipmanın enerji tüketim karakteristiği, süreç içi değişkenlik düzeyi ve çalışma istikrarı ortaya konulmuştur.

Analiz sürecinde veri seti içerisinden yalnızca E10 kodlu yükleyiciye ait gözlemler filtrelenmiş ve SPSS ortamında tanımlayıcı istatistikler ile aylık dağılım analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.15'te sunulmaktadır.

Çizelge 4.15. E10 Yükleyici İçin Saatlik Yakıt Sarfiyatı Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişken	**N**	**Minimum**	**Maksimum**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
Cycle-Time (Sarfiyat)	121	10,14	38,36	**26,68**	**3,81**

Çizelge 4.15'te E10 kodlu yükleyiciye ait saatlik yakıt sarfiyatı tanımlayıcı istatistikleri sunulmaktadır. Toplam 121 gözlem üzerinden gerçekleştirilen analiz sonucunda saatlik yakıt tüketiminin 10,14 – 38,36 lt/saat aralığında değiştiği belirlenmiştir. Ortalama tüketim değeri 26,68 lt/saat olarak hesaplanmış, standart sapma ise 3,81 lt/saat düzeyinde bulunmuştur. Bu değerler, E10 yükleyicinin enerji tüketiminde görece dar bir dağılım sergilediğini ortaya koymaktadır.

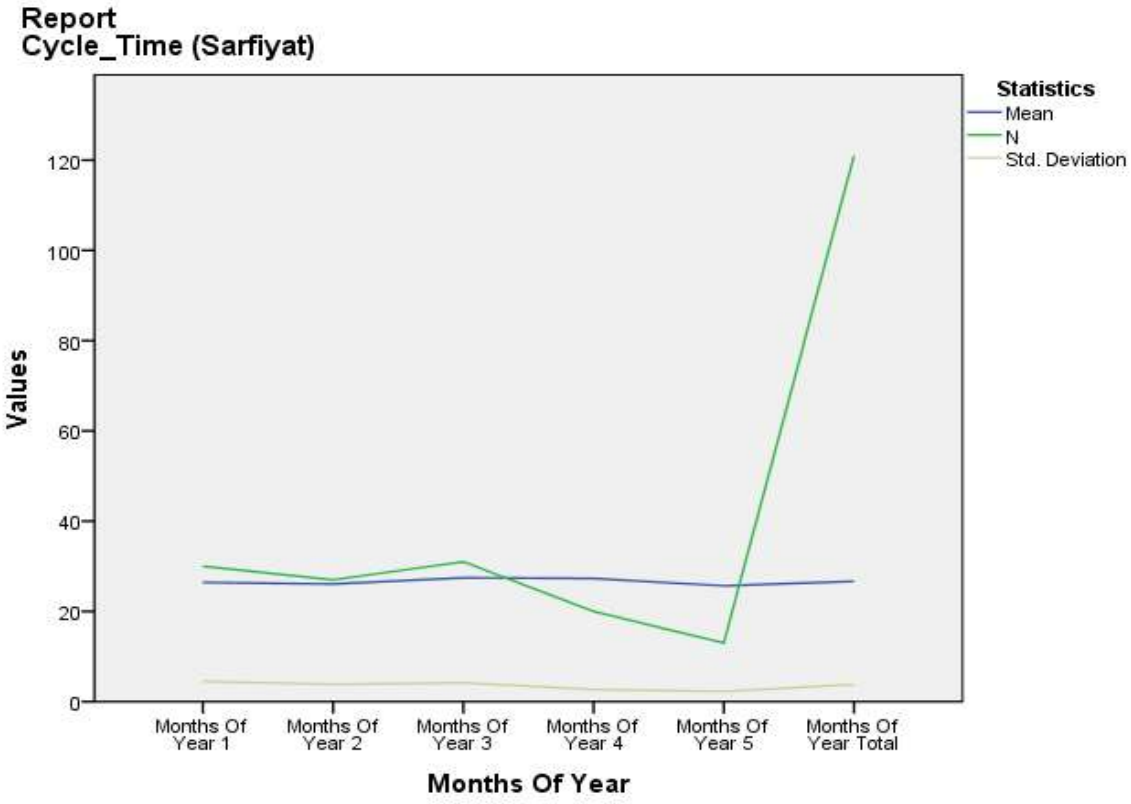
Standart sapmanın ortalamaya göre düşük düzeyde olması, E10 yükleyicinin analiz dönemi boyunca kararlı ve düzenli bir enerji tüketim performansı gösterdiğini ifade etmektedir. Minimum ve maksimum değerler arasındaki sınırlı fark, ekipmanın farklı saha koşullarında çalışmasına rağmen tüketim davranışının büyük ölçüde dengeli kaldığını göstermektedir. Bu durum, yükleme organizasyonunun etkin biçimde yürütüldüğünü ve operatör kullanım alışkanlıklarının standartlaştırılmış olduğunu düşündürmektedir. Ayrıca ekipmanın teknik kapasitesine uygun çalışma koşullarında kullanılması, enerji tüketimindeki dalgalanmaların sınırlı kalmasına katkı sağlamaktadır. Bu durum, operasyon sürecinde ekipman–saha uyumunun büyük ölçüde sağlandığını göstermektedir.

Bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, E10 yükleyicisinin enerji tüketimi açısından kontrol altında bir süreç yürüttüğü ve üretim sürekliliğine istikrarlı katkı sağladığı anlaşılmaktadır. Buna karşın, bazı dönemlerde gözlenen küçük ölçekli sapmaların yük değişkenliği ve saha koşullarındaki geçici farklılıklardan kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Dolayısıyla saha planlamasının optimize edilmesi ve operasyonel süreçlerin düzenli izlenmesi, mevcut performans düzeyinin korunmasına ve enerji verimliliğinin daha da artırılmasına katkı sağlayacaktır. Bu kapsamda ekipman

performansının periyodik olarak izlenmesi ve veri temelli değerlendirmelerin sürdürülmesi, olası performans düşüşlerinin erken tespit edilmesine imkân sağlayacaktır. Böylece üretim verimliliği ile enerji tüketimi arasındaki dengenin sürdürülebilir biçimde korunması mümkün olacaktır.

Çizelge 4.16. E10 Yükleyici Aylık Ortalama Yakıt Sarfiyatı

Ay	**Ortalama (lt/saat)**	**N**	**Std. Sapma**
Ocak	26,43	30	4,49
Şubat	26,07	27	3,85
Mart	27,46	31	4,17
Nisan	27,30	20	2,70
Mayıs	25,67	13	2,27
Genel Ortalama	**26,68**	**121**	**3,81**



Şekil 4.3. E10 kodlu ekipmana ait aylık yakıt tüketim performans analiz grafiği

Aylık dağılım incelendiğinde E10 yükleyicinin saatlik yakıt tüketiminin **25,67 – 27,46 lt/saat** aralığında değiştiği görülmektedir. En yüksek ortalama yakıt tüketimi Mart

ayında **(27,46 lt/saat)** gözlenmiştir. Aynı ayda standart sapmanın görece yüksek olması, bu dönemde yükleyicinin daha yoğun veya zorlayıcı çalışma koşullarında görev aldığını göstermektedir.

Mayıs ayında ortalama sarfiyatın düşmesi ve standart sapmanın düşük seviyede kalması, bu dönemde ekipmanın daha dengeli ve verimli bir çalışma rejimi sergilediğini ortaya koymaktadır. Aylık ortalama değerlerin birbirine yakın olması, E10 yükleyicinin genel olarak istikrarlı bir enerji tüketim profiline sahip olduğunu göstermektedir.

Yükleyici ekipmanın enerji verimliliğini değerlendirmek amacıyla her bir gözlem için enerji temelli performans indeksi (PI) hesaplanmıştır. Bu indeks, birim yakıt tüketimi başına üretilen iş miktarını temsil etmekte olup, yükleyici ekipmanın enerji verimliliğini doğrudan yansıtan bir performans göstergesidir.

Performans indeksine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.17'de, aylık dağılımı ise Çizelge 4.18'de sunulmaktadır.

Çizelge 4.17. E10 Yükleyici Performans İndeksi Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişken	**N**	**Minimum**	**Maksimum**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
Performans İndeksi (PI) (m/L)	121	0,42	1,60	**0,6272**	**0,1398**

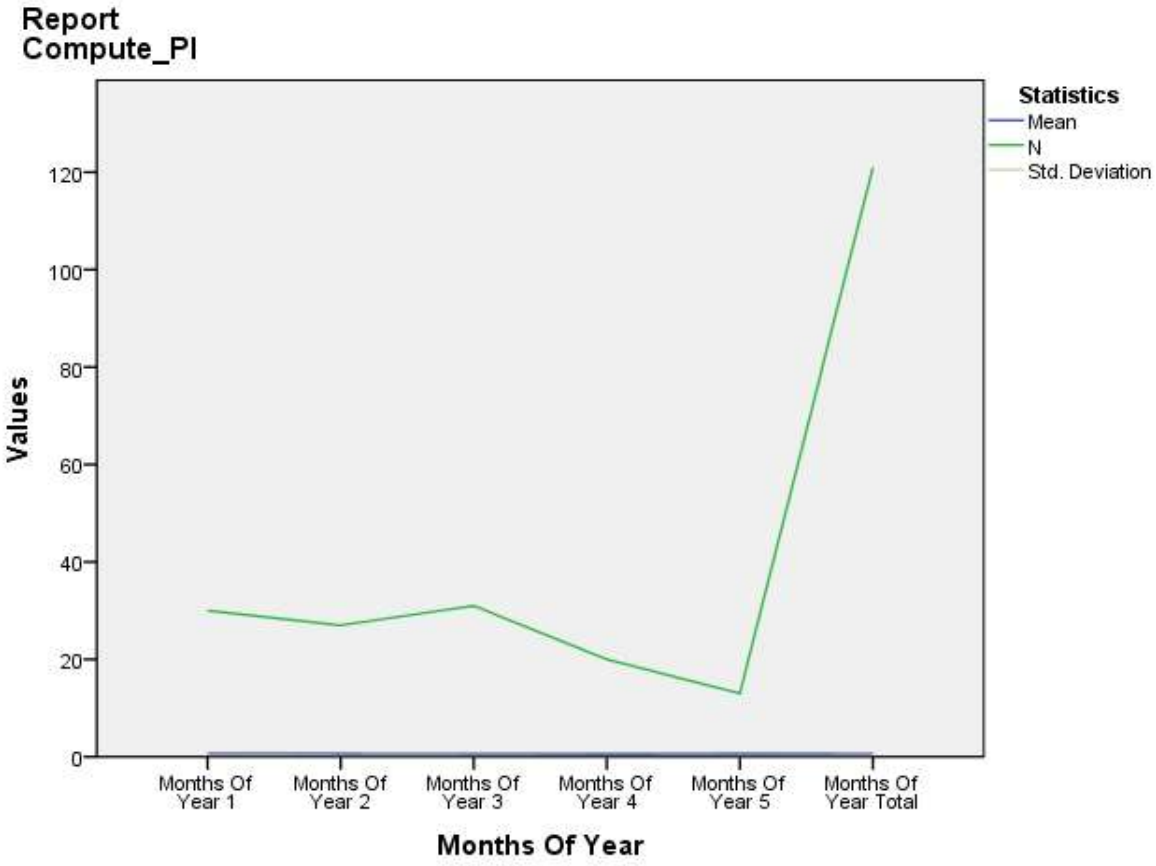
E10 yükleyiciye ait performans indeksi ortalama **0,6272 m/L** olarak hesaplanmıştır. Bu değer, ekipmanın 1 litre yakıt ile ortalama 0,63 metre eşdeğer üretim gerçekleştirdiğini göstermektedir. Minimum ve maksimum PI değerleri arasındaki fark, yükleyici ekipmanın farklı üretim koşullarında değişken enerji verimliliği sergilediğini ortaya koymaktadır.

Standart sapmanın düşük düzeyde olması, E10 yükleyicinin genel olarak kararlı ve dengeli bir enerji verimliliği performansı sunduğunu göstermektedir. Bu durum, ekipmanın farklı çalışma vardiyalarında ve üretim periyotlarında benzer performans çıktıları ürettiğine işaret etmektedir. Ayrıca, enerji tüketimi ile üretim miktarı arasındaki ilişkinin istikrarlı seyretmesi, operasyonel süreçlerin planlanan üretim hedefleriyle uyumlu yürütüldüğünü ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, gözlenen küçük ölçekli sapmaların büyük ölçüde saha zemin koşulları, malzeme sertliği ve operatör davranışlarından kaynaklandığı

değerlendirilmektedir. Bu nedenle, mevcut performans seviyesinin korunması ve daha da iyileştirilmesi için saha organizasyonu ve operatör farkındalığının artırılmasına yönelik uygulamaların sürdürülmesi önerilmektedir.

Çizelge 4.18. E10 Yükleyici Aylık Ortalama Performans İndeksi

Ay	**Ortalama PI (m/lt)**	**N**	**Std. Sapma**
Ocak	0,6447	30	0,1983
Şubat	0,6385	27	0,1106
Mart	0,6129	31	0,1565
Nisan	0,6011	20	0,0628
Mayıs	0,6377	13	0,0586
Genel Ortalama	**0,6272**	**121**	**0,1398**



Şekil 4.4. E10 kodlu ekipmana ait performans indeksi grafiği

Aylık performans indeksleri incelendiğinde E10 yükleyicinin enerji verimliliğinin **0,60 – 0,65 m/lt** aralığında değiştiği görülmektedir. En yüksek ortalama performans indeksi Ocak ayında (0,6447 m/lt) elde edilmiştir. Bu durum, söz konusu ayda ekipmanın daha verimli ve dengeli bir çalışma gerçekleştirdiğini göstermektedir.

Mart ayında performans indeksine ait standart sapmanın görece yüksek olması, bu dönemde ekipmanın yükleme yoğunluğu ve saha koşullarındaki değişkenlikten etkilendiğini işaret etmektedir. Nisan ve Mayıs aylarında standart sapmanın düşük düzeyde kalması ise ekipmanın bu dönemlerde istikrarlı bir performans rejimi sergilediğini ortaya koymaktadır.

Genel olarak elde edilen bulgular, E10 yükleyici ekipmanının enerji temelli performans açısından verimli, kararlı ve üretime etkin katkı sağlayan bir ekipman olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, aylık performans indekslerindeki sınırlı dalgalanmalar, ekipmanın saha koşullarına ve yükleme organizasyonuna duyarlı bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle performansın yüksek olduğu dönemlerde yükleme planlamasının ve operatör kullanım alışkanlıklarının ekipman kapasitesinin etkin kullanımına olanak sağladığı değerlendirilmektedir.

Buna karşılık, performans indeksinin nispeten düştüğü dönemlerde saha koşullarının yeniden düzenlenmesi, malzeme akışının optimize edilmesi ve operatör farkındalığının artırılmasına yönelik uygulamaların enerji verimliliğini daha da iyileştirebileceği öngörülmektedir. Bu bağlamda E10 yükleyicisinin düzenli performans izleme sistemleriyle takip edilmesi, açık ocak üretim sürecinde sürdürülebilir ve dengeli bir işletme performansının sağlanmasına önemli katkı sunacaktır.

4.6. E12 Kodlu Yükleyici İçin Performans Bulguları

Bu bölümde açık ocak altın ve gümüş işletmesinde kullanılan E12 kodlu yükleyici ekipmanının operasyonel performansı, enerji temelli performans analizi yaklaşımı çerçevesinde değerlendirilmiştir. Performans analizinde temel gösterge olarak saatlik yakıt tüketimini temsil eden Cycle-Time (Sarfiyat) değişkeni esas alınmış, ardından enerji temelli performans indeksi (PI) hesaplanarak ekipmanın enerji verimliliği ortaya konmuştur.

Veri seti içerisinden yalnızca E12 kodlu yükleyiciye ait gözlemler filtrelenmiş ve SPSS ortamında tanımlayıcı istatistikler ile aylık dağılım analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen istatistiksel sonuçlar aşağıdaki çizelgelerde sunulmaktadır.

Çizelge 4.19. E12 Yükleyici İçin Saatlik Yakıt Sarfiyatı Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişken	**N**	**Minimum**	**Maksimum**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
Cycle-Time (Sarfiyat)	123	9,30	61,25	**28,99**	**6,56**

Çizelge 4.19'da E12 kodlu yükleyiciye ait saatlik yakıt sarfiyatı tanımlayıcı istatistikleri sunulmaktadır. Toplam 123 gözleme dayalı analiz sonuçlarına göre, saatlik yakıt tüketiminin 9,30 lt/saat ile 61,25 lt/saat arasında değiştiği belirlenmiştir. Ortalama yakıt tüketimi 28,99 lt/saat olarak hesaplanmış olup standart sapma değeri 6,56 lt/saat düzeyindedir. Bu dağılım, E12 yükleyicinin çalışma sürecinde enerji tüketiminin geniş bir aralıkta seyrettiğini ortaya koymaktadır.

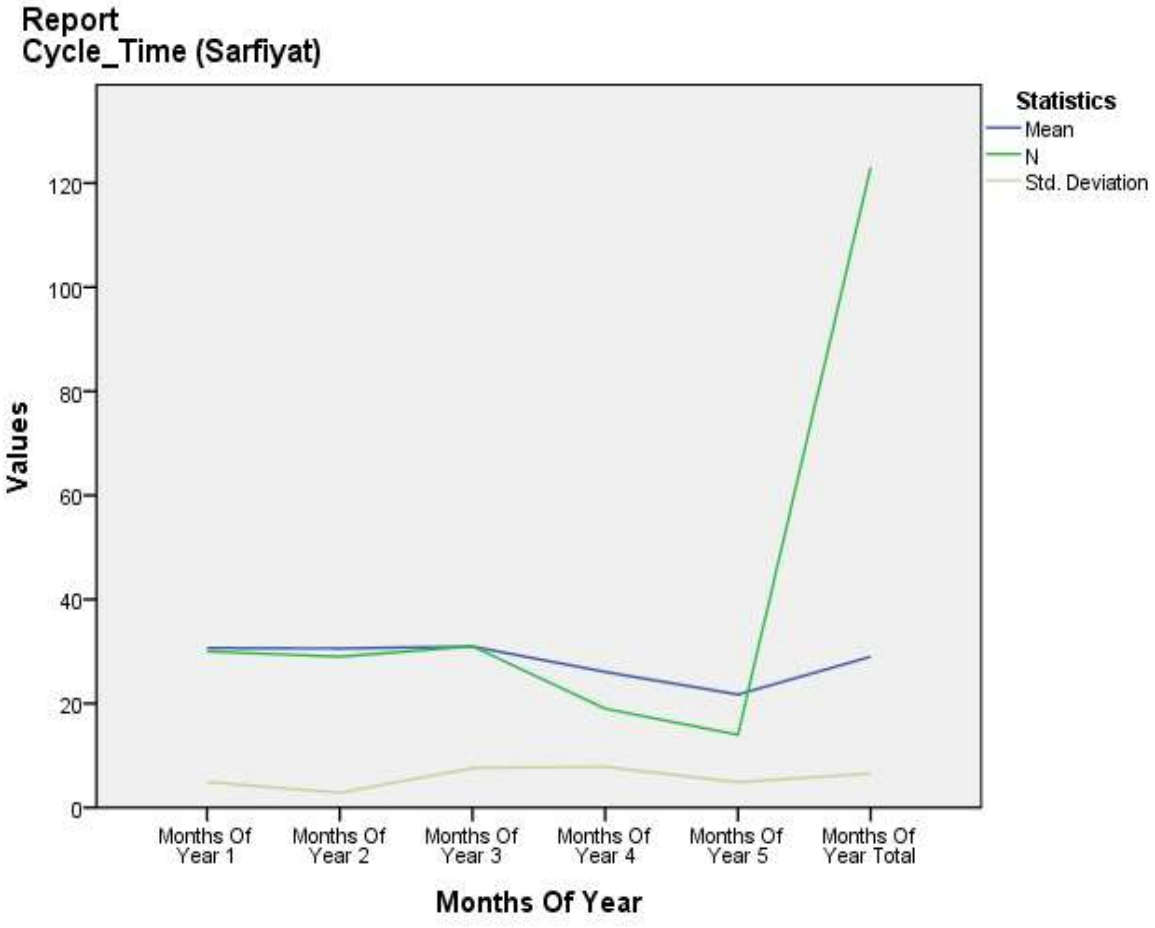
Standart sapmanın ortalama değere kıyasla görece yüksek olması, ekipmanın farklı çalışma periyotlarında homojen bir enerji tüketim karakteristiği sergilemediğini göstermektedir. Bu durum, yükleyicinin karşılaştığı malzeme sertliği, kazı direnci, yükleme mesafesi ve zemin koşullarındaki değişkenliklerin yakıt tüketimi üzerinde belirgin etkilere sahip olduğunu düşündürmektedir. Özellikle maksimum tüketim değerinin yüksek olması, bazı dönemlerde ekipmanın ağır yük altında veya zorlayıcı saha koşullarında çalıştığını işaret etmektedir.

Buna karşılık, ortalama tüketim değerinin işletmenin üretim planlarıyla uyumlu bir düzeyde bulunması, E12 yükleyicinin genel olarak yüksek üretim kapasitesine sahip bir çalışma rejimi yürüttüğünü göstermektedir. Ancak tüketim değerlerindeki dalgalanmalar, operasyonel planlama ve yükleme organizasyonunun enerji verimliliğini doğrudan etkilediğini ortaya koymaktadır. Literatürde açık ocak işletmelerinde yükleyici ekipmanların performansındaki değişkenliğin büyük ölçüde saha jeomekanik özellikleri ve operatör davranışlarıyla ilişkili olduğu vurgulanmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, E12 yükleyicide gözlenen tüketim dalgalanmalarının saha koşulları ve operasyonel düzenlemelerle optimize edilmesi mümkündür.

Genel olarak elde edilen bulgular, E12 yükleyicisinin üretim zincirinde yüksek kapasiteli bir ekipman olduğunu; ancak enerji verimliliğinin artırılması amacıyla saha organizasyonu, yükleme planlaması ve operatör kullanım alışkanlıklarının sürekli izlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu yaklaşımın benimsenmesi, üretim sürekliliğinin korunmasına ve birim üretim maliyetlerinin düşürülmesine katkı sağlayacaktır.

Çizelge 4.20. E12 Yükleyici Aylık Ortalama Yakıt Sarfiyatı

Ay	**Ortalama (Lt/saat)**	**N**	**Std. Sapma**
Ocak	30,66	30	4,91
Şubat	30,58	29	2,86
Mart	30,94	31	7,60
Nisan	26,08	19	7,83
Mayıs	21,73	14	4,89
Genel Ortalama	**28,99**	**123**	**6,56**



Şekil 4.5. E12 ekipmana ait yakıt sarfiyatı performans analizi grafiği

Aylık dağılım incelendiğinde E12 yükleyicinin saatlik yakıt tüketiminin **21,73 – 30,94 lt/saat** aralığında değiştiği görülmektedir. Ocak, Şubat ve Mart aylarında yakıt tüketiminin yüksek seviyelerde seyrettiği, Nisan ve özellikle Mayıs ayında ise belirgin bir düşüş gözlendiği anlaşılmaktadır.

Mart ve Nisan aylarında standart sapmanın yüksek olması, bu dönemlerde yükleyicinin yükleme yoğunluğunda dalgalanmalar ve saha koşullarında değişkenlik yaşadığını göstermektedir. Mayıs ayında ortalama sarfiyatın düşmesi ise ekipmanın bu dönemde daha dengeli ve düşük yük altında çalıştığını ortaya koymaktadır.

Genel olarak aylık ortalamaların geniş bir bantta değişmesi, E12 yükleyicinin yüksek kapasiteli ancak çalışma koşullarına duyarlı bir performans yapısına sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, saha koşullarındaki değişkenlik, malzeme kazılabilirliği ve yükleme organizasyonunun ekipman performansı üzerinde doğrudan etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle uygun saha şartlarında performans indeksinin belirgin biçimde yükselmesi, E12 yükleyicisinin verimli çalışma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Buna karşılık olumsuz koşullarda performans düşüşü yaşanması, operasyonel planlamanın ekipman verimliliğini belirleyen temel unsurlardan biri olduğunu işaret etmektedir.

Ekipmanın enerji verimliliğini değerlendirmek amacıyla her bir gözlem için enerji temelli performans indeksi (PI) hesaplanmıştır. Bu indeks, bir litre yakıt ile gerçekleştirilen üretim miktarını temsil etmekte olup, yükleyici ekipmanın enerji kullanım etkinliğini doğrudan ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.21. E12 Yükleyici Performans İndeksi Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişken	**N**	**Minimum**	**Maksimum**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
Performans İndeksi (PI) (m/L)	123	0,27	1,75	**0,5967**	**0,1892**

E12 yükleyiciye ait performans indeksi ortalama 0,5967 m/lt olarak hesaplanmıştır. Bu değer, ekipmanın 1 litre yakıt ile ortalama 0,60 metre eşdeğer üretim gerçekleştirdiğini

göstermektedir. Bu sonuç, ekipmanın genel üretim kapasitesinin enerji girdisi açısından belirli bir verimlilik seviyesinde olduğunu ortaya koymaktadır.

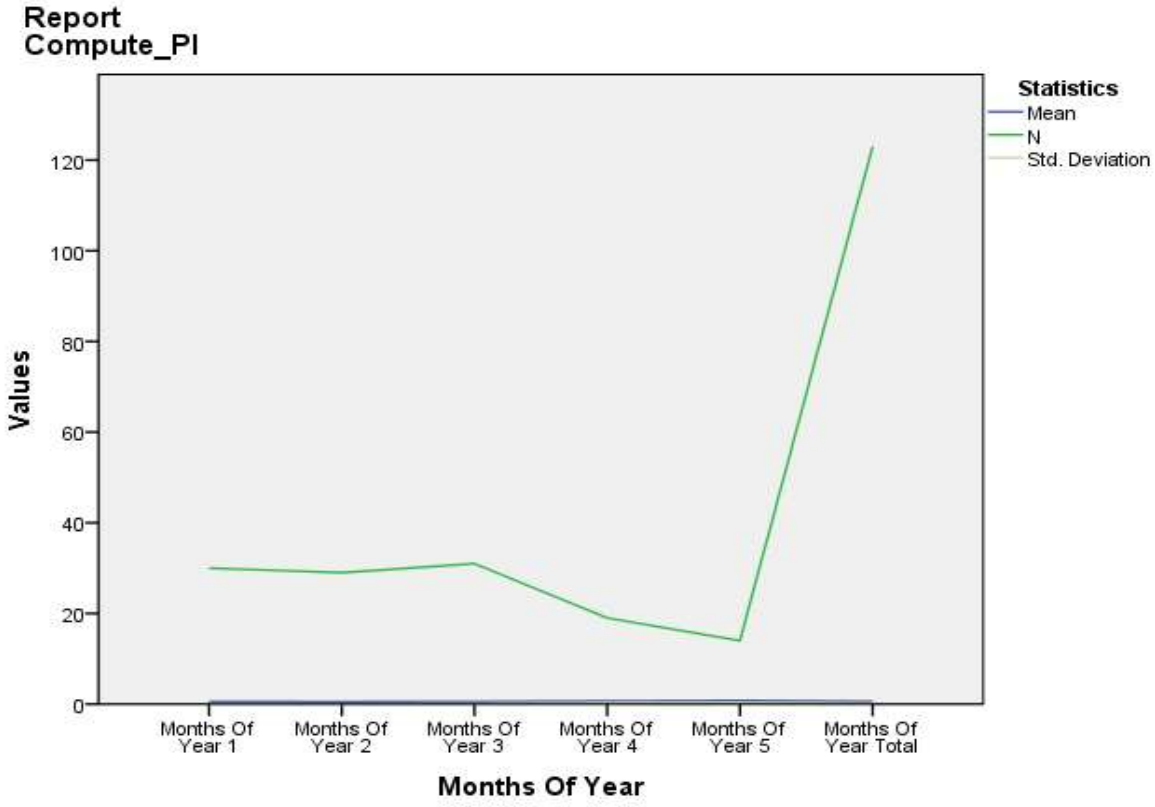
Minimum (0,27) ve maksimum (1,75) PI değerleri arasındaki belirgin fark, yükleyicinin farklı dönemlerde oldukça değişken çalışma performansı sergilediğini göstermektedir. Özellikle maksimum değerin ortalamanın yaklaşık üç katına yaklaşması, bazı operasyonel koşullarda ekipmanın oldukça yüksek enerji verimliliği sağlayabildiğini düşündürmektedir. Buna karşılık minimum değerin düşük seviyede kalması, belirli zaman dilimlerinde üretim–enerji dengesinin optimal düzeyin altına indiğini göstermektedir.

Standart sapma değerinin 0,1892 olması, performans indeksinin ortalama etrafında belirli bir yayılım gösterdiğini ve sürecin tamamen homojen bir yapıda olmadığını ortaya koymaktadır. Bu değişkenlik; malzeme sertliği, yükleme mesafesi, kamyon bekleme süreleri, saha eğimi ve operatör performansı gibi çok sayıda saha parametresinden etkilenmiş olabilir. Dolayısıyla performans indeksindeki dalgalanma, yalnızca ekipmana bağlı değil, aynı zamanda operasyonel organizasyon yapısıyla da ilişkilidir.

Bulgular birlikte değerlendirildiğinde, E12 yükleyicinin yüksek üretim kapasitesine sahip olduğu; ancak saha koşullarına duyarlı bir performans profili sergilediği anlaşılmaktadır. Bu durum, yükleme planlamasının daha dengeli yapılmasının ve kamyon–yükleyici senkronizasyonunun iyileştirilmesinin enerji verimliliği üzerinde doğrudan etkili olabileceğini göstermektedir. Ayrıca performans indeksinin periyodik olarak izlenmesi, enerji temelli performans yaklaşımının işletme düzeyinde karar destek aracı olarak kullanılmasına katkı sağlayacaktır.

Çizelge 4.22.E12 Yükleyici Aylık Ortalama Performans İndeksi

Ay	**Ortalama PI (m/lt)**	**N**	**Std. Sapma**
Ocak	0,5415	30	0,0776
Şubat	0,5360	29	0,0505
Mart	0,5524	31	0,1314
Nisan	0,6954	19	0,2833
Mayıs	0,8046	14	0,2919
Genel Ortalama	**0,5967**	**123**	**0,1892**



Şekil 4.6. E12 kodlu ekipmana ait performans indeksi grafiği

Aylık performans indeksleri incelendiğinde E12 yükleyicinin enerji verimliliğinin 0,54 – 0,80 m/lt aralığında değiştiği görülmektedir. Ocak–Mart aylarında performans indeksi düşük seviyelerde seyrederken, Nisan ve özellikle Mayıs ayında belirgin bir artış gözlenmiştir. Bu artış, söz konusu dönemlerde saha koşullarının iyileşmesi, malzeme kazılabilirliğinin artması ve yükleme organizasyonunun daha etkin yürütülmesiyle ilişkilendirilmektedir. Ayrıca standart sapma değerlerinin Nisan ve Mayıs aylarında yükselmesi, bu dönemlerde yüksek performansla birlikte tüketim değişkenliğinin de arttığını göstermektedir. Bu durum, E12 yükleyicisinin uygun saha koşullarında yüksek verim potansiyeline sahip olduğunu, ancak operasyonel düzenlemelere duyarlı bir performans karakteristiği sergilediğini ortaya koymaktadır.

Bu durum, Nisan ve Mayıs aylarında ekipmanın daha düşük yakıt tüketimiyle daha etkin üretim gerçekleştirdiğini**,** dolayısıyla enerji verimliliğinin arttığını göstermektedir. Aynı aylarda standart sapmanın yüksek olması, bu dönemde yükleyicinin çalışma koşullarında yük değişkenliğinin arttığını işaret etmektedir.

Genel olarak E12 yükleyicinin performans indeksi sonuçları, ekipmanın yüksek kapasiteli fakat çalışma koşullarına duyarlı bir enerji performans yapısına sahip olduğunu ortaya koymaktadır. E12 yükleyici ekipmanının enerji temelli performans analizi sonuçları, ekipmanın genel olarak yüksek üretim kapasitesiyle çalıştığını**,** ancak saha koşullarına bağlı olarak enerji verimliliğinde dönemsel değişkenlikler yaşadığını göstermektedir. Bu bulgular doğrultusunda, yükleyici çalışma planlarının saha koşullarına göre optimize edilmesi, enerji verimliliğinin artırılması açısından önem taşımaktadır.

4.7. E13 Kodlu Yükleyici İçin Performans Bulguları

Bu bölümde açık ocak altın ve gümüş işletmesinde kullanılan E13 kodlu yükleyici ekipmanının operasyonel performansı, istatistiksel ve enerji temelli performans analizi yaklaşımı çerçevesinde değerlendirilmiştir. Performans incelemesinde öncelikle ekipmanın saatlik yakıt tüketim davranışı Cycle-Time (Sarfiyat) değişkeni üzerinden analiz edilmiş, ardından enerji temelli performans indeksi (PI) hesaplanarak ekipmanın enerji verimliliği ortaya konmuştur.

Veri seti içerisinden yalnızca E13 kodlu yükleyiciye ait gözlemler filtrelenmiş ve SPSS ortamında tanımlayıcı istatistikler ile aylık dağılım analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen istatistiksel sonuçlar aşağıda sunulmaktadır. Bu analizler aracılığıyla E13 yükleyicinin saatlik yakıt tüketimi, çevrim süreleri ve enerji temelli performans indekslerinin zamana bağlı değişimi ortaya konulmuştur. Ayrıca aylık dağılımlar üzerinden ekipmanın performans kararlılığı ve saha koşullarına duyarlılığı değerlendirilerek, üretim sürecindeki olası dalgalanmaların nedenleri yorumlanmıştır. Böylece E13 yükleyicinin açık ocak üretim zincirindeki yeri ve operasyonel katkısı sayısal verilerle desteklenmiştir.

Çizelge 4.23. E13 Yükleyici İçin Saatlik Yakıt Sarfiyatı Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişken	**N**	**Minimum**	**Maksimum**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
Cycle-Time (Sarfiyat)	99	8,42	206,00	**32,29**	**19,23**

Çizelge 4.23'te E13 yükleyicisine ait saatlik yakıt sarfiyatı tanımlayıcı istatistikleri sunulmaktadır. E13 kodlu yükleyiciye ait toplam 99 gözlem analiz edilmiştir. Saatlik yakıt sarfiyatının 8,42 – 206,00 lt/saat aralığında değiştiği belirlenmiş; ortalama yakıt tüketimi

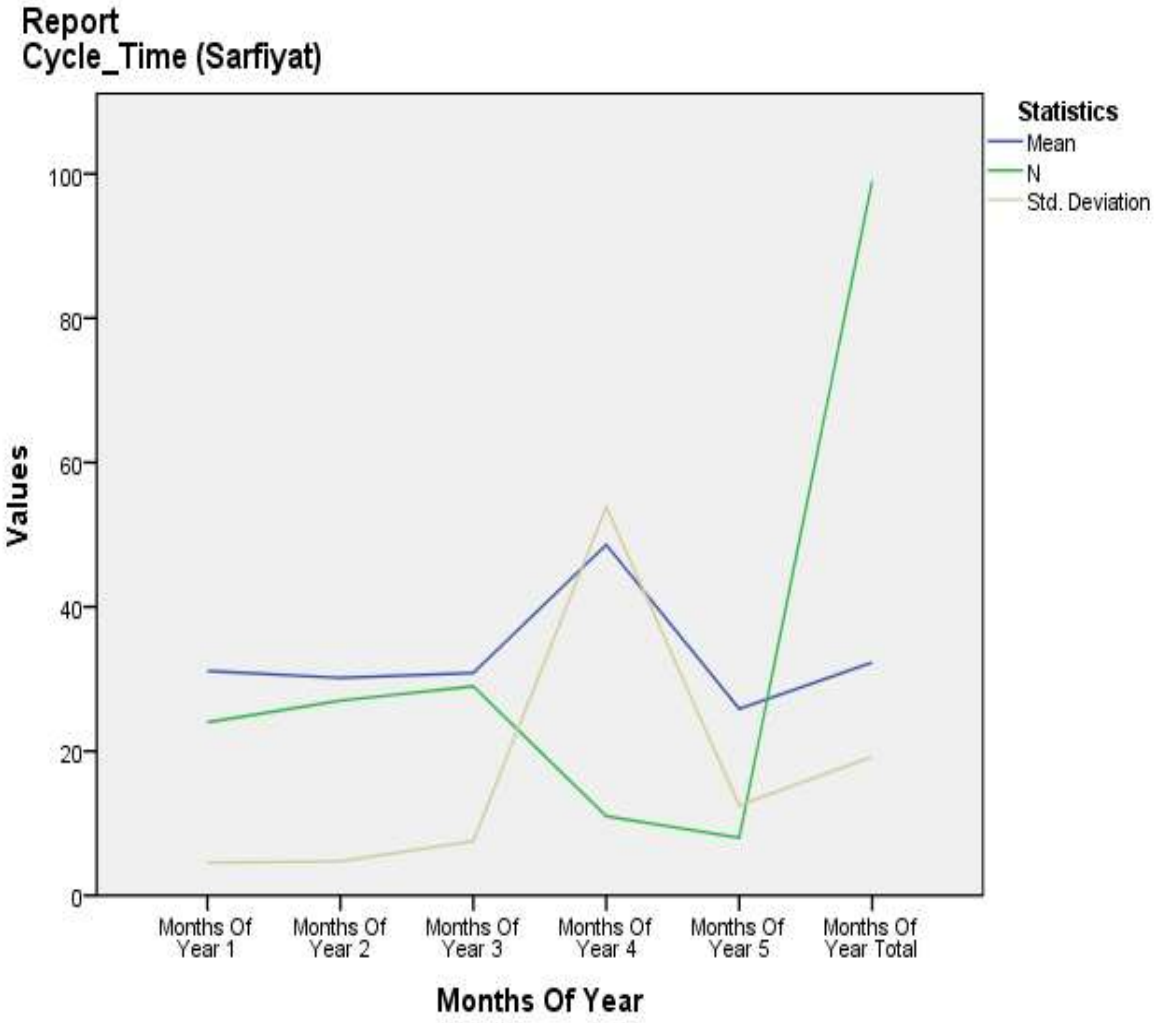
32,29 lt/saat ve standart sapma değeri 19,23 lt/saat olarak hesaplanmıştır. Minimum ve maksimum değerler arasındaki geniş fark, ekipmanın çalışma periyotları arasında önemli düzeyde enerji tüketim değişkenliği yaşandığını ortaya koymaktadır.

Standart sapmanın yüksek ve maksimum değerin dikkat çekici düzeyde büyük olması, E13 yükleyicinin bazı vardiyalarda olağan dışı yüksek yük altında çalıştığını veya operasyonel süreçlerde zorlanmalar yaşadığını göstermektedir. Bu durum, üretim sürecinde özel nedenli sapmaların varlığına ve saha koşullarının ekipman performansı üzerinde belirleyici rol oynadığına işaret etmektedir. Buna karşın ortalama tüketim değerinin üretim planlarıyla uyumlu düzeyde bulunması, E13 yükleyicisinin genel olarak yüksek kapasiteli ve üretime etkin katkı sağlayan bir ekipman olduğunu ortaya koymaktadır.

Ekipmanın saha koşulları, yükleme yoğunluğu ve operasyonel organizasyondaki değişkenliklere duyarlı bir performans profili sergilediği anlaşılmaktadır. Bu nedenle enerji verimliliğinin sürdürülebilir biçimde artırılması için saha planlamasının optimize edilmesi gerekmektedir. Ayrıca yükleme organizasyonunun iyileştirilmesi ve operatör koordinasyonunun güçlendirilmesi performans dalgalanmalarını azaltacaktır. Düzenli performans izleme ve veri temelli karar mekanizmalarının uygulanması üretim sürekliliğine katkı sağlayacaktır. Böylece ekipmanın kapasitesinin daha etkin kullanılması mümkün olacaktır. Aynı zamanda operasyonel süreçlerin sistematik olarak değerlendirilmesi, ekipman kullanım verimliliğinin artırılmasına katkı sağlayacaktır. Bu doğrultuda elde edilen performans verilerinin periyodik olarak analiz edilmesi, enerji tüketimi ve üretim dengesi açısından daha sürdürülebilir bir işletme yapısının oluşturulmasına yardımcı olacaktır.

Çizelge 4.24. E13 Yükleyici Aylık Ortalama Yakıt Sarfiyatı

Ay	**Ortalama (lt/saat)**	**N**	**Std. Sapma**
Ocak	31,11	24	4,56
Şubat	30,16	27	4,74
Mart	30,85	29	7,55
Nisan	48,61	11	53,87
Mayıs	25,87	8	12,50
Genel Ortalama	**32,29**	**99**	**19,23**



Şekil 4.7. E13 kodlu ekipmana ait aylık yakıt sarfiyatı performans analiz grafiği

Aylık dağılım incelendiğinde Ocak–Mart aylarında E13 yükleyicinin yakıt tüketiminin **30–31 lt/saat** bandında kararlı biçimde seyrettiği görülmektedir. Buna karşılık Nisan ayında ortalama yakıt tüketiminin 48,61 lt/saat'e yükselmesi ve standart sapmanın **53,87 lt/saat** gibi çok yüksek bir değere ulaşması, bu dönemde ekipmanın yükleme yoğunluğunun aşırı arttığını veya saha koşullarında ciddi zorlanmalar yaşandığını göstermektedir.

Mayıs ayında ortalamanın düşmesi, bu dönemde ekipmanın daha düşük yük altında çalıştığını ortaya koymaktadır. Genel olarak aylık dağılım sonuçları, E13 yükleyicinin yüksek üretim kapasitesine sahip olmakla birlikte saha koşullarına son derece duyarlı bir çalışma karakteristiği sergilediğini göstermektedir.

Ekipmanın enerji verimliliğini değerlendirmek amacıyla her bir gözlem için enerji temelli performans indeksi (PI) hesaplanmıştır. Bu indeks, bir litre yakıt ile gerçekleştirilen üretim miktarını temsil etmekte olup ekipmanın enerji kullanım etkinliğini doğrudan ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.25. E13 Yükleyici Performans İndeksi Tanımlayıcı İstatistikleri

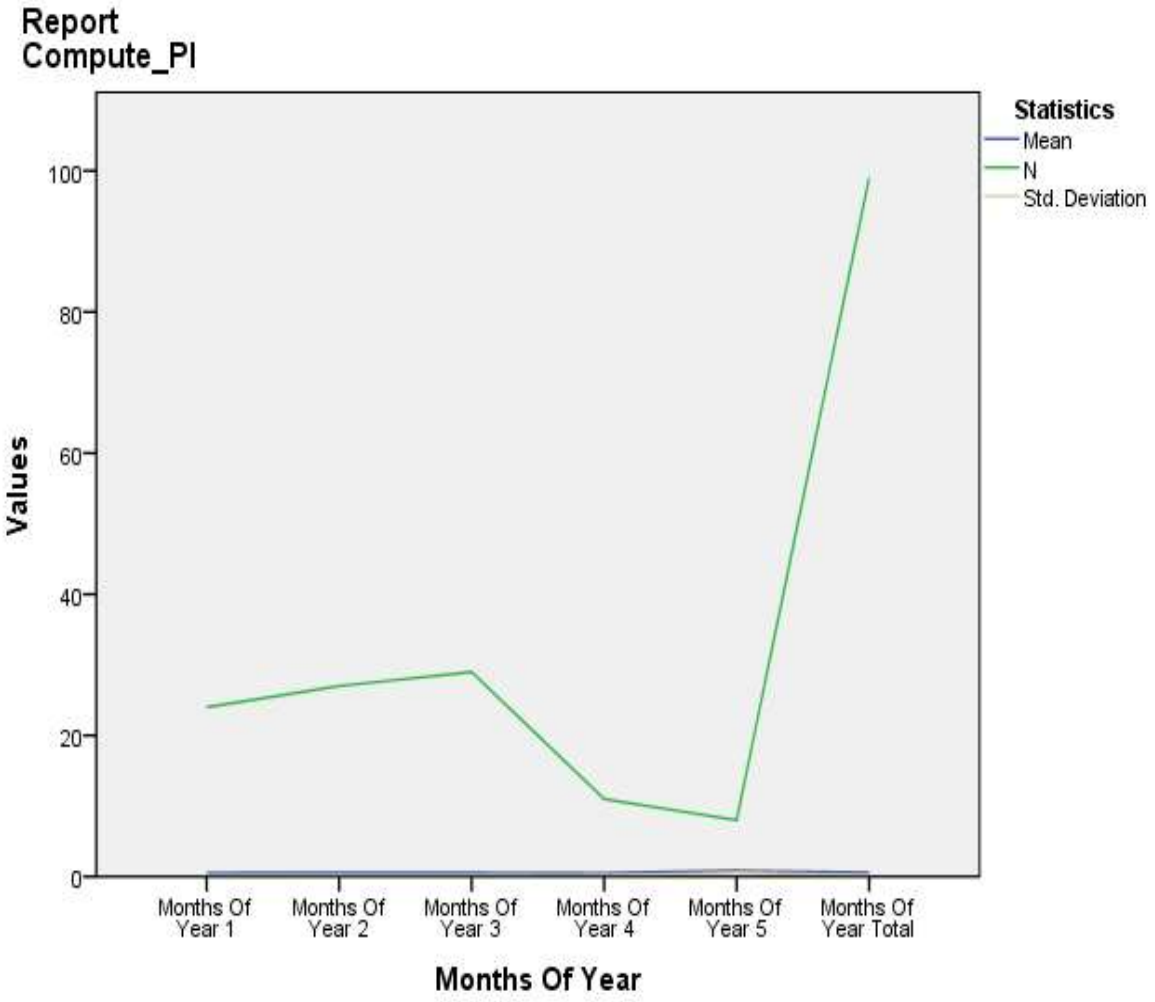
Değişken	**N**	**Minimum**	**Maksimum**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
Performans İndeksi (PI) (m/L)	99	0,08	1,93	**0,5667**	**0,2097**

E13 yükleyicinin performans indeksi ortalama 0,5667 m/L olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, ekipmanın 1 litre yakıt ile ortalama 0,57 metre eşdeğer üretim gerçekleştirdiğini göstermektedir. Minimum ve maksimum performans indeksi değerleri arasındaki geniş fark, E13 yükleyicisinin farklı çalışma koşullarında belirgin enerji verimliliği değişkenliği sergilediğini ortaya koymaktadır. Standart sapmanın görece yüksek düzeyde olması, ekipmanın performansında homojen bir dağılım bulunmadığını ve bazı periyotlarda olağan dışı yüksek veya düşük verimlilik değerlerinin oluştuğunu işaret etmektedir. Bu durum, saha koşulları, yükleme yoğunluğu ve operatör kullanım alışkanlıklarının E13 yükleyicisinin enerji temelli performansı üzerinde belirleyici rol oynadığını göstermektedir.

Minimum ve maksimum PI değerleri arasındaki geniş fark, E13 yükleyicinin bazı dönemlerde yüksek enerji verimliliğiyle**,** bazı dönemlerde ise enerji etkinliği düşük çalışma koşullarıyla faaliyet gösterdiğini ortaya koymaktadır. Standart sapmanın yüksek olması, ekipmanın performansında belirgin süreç değişkenliği bulunduğunu doğrulamaktadır.

Çizelge 4.26. E13 Yükleyici Aylık Ortalama Performans İndeksi

Ay	**Ortalama PI (m/lt)**	**N**	**Std. Sapma**
Ocak	0,5329	24	0,0774
Şubat	0,5564	27	0,1220
Mart	0,5506	29	0,1112
Nisan	0,4992	11	0,1850
Mayıs	0,8542	8	0,5791
Genel Ortalama	**0,5667**	**99**	**0,2097**



Şekil 4.8. E13 kodlu ekipmanın aylık performans indeksi grafiği

E13 kodlu aylık performans indeksleri incelendiğinde Ocak–Mart aylarında PI değerlerinin **0,53–0,56 m/lt** aralığında dengeli biçimde seyrettiği görülmektedir. Nisan ayında PI değerinin düşmesi**,** bu dönemde yüksek yakıt tüketimi nedeniyle enerji verimliliğinin azaldığını göstermektedir.

Buna karşılık Mayıs ayında PI değerinin 0,85 m/lt'ye yükselmesi, bu dönemde ekipmanın daha düşük yakıtla daha etkin üretim yaptığını**,** yani yüksek enerji verimliliğine ulaştığını ortaya koymaktadır. Ancak Mayıs ayındaki yüksek standart sapma, bu dönemde performansın vardiyalar arasında büyük farklılıklar gösterdiğini işaret etmektedir.

Genel olarak E13 yükleyicinin enerji temelli performans analizi sonuçları, ekipmanın yüksek üretim kapasitesine sahip olmakla birlikte saha koşullarına bağlı olarak enerji verimliliğinde belirgin dalgalanmalar yaşadığını göstermektedir.

E13 kodlu yükleyici, üretim kapasitesi bakımından güçlü bir ekipman olmasına karşın, çalışma sürecinde yük değişkenliği ve saha koşullarına duyarlılık nedeniyle performans ve enerji verimliliğinde dönemsel dalgalanmalar göstermektedir. Bu nedenle ekipmanın vardiya planlaması, yükleme dağılımı ve operatör yönetimi açısından süreç iyileştirme çalışmalarına ihtiyaç duyduğu değerlendirilmektedir.

4.8. E14 Kodlu Yükleyici İçin Performans Bulguları

Bu bölümde açık ocak işletmesinde kullanılan E14 kodlu yükleyici ekipmanının operasyonel performansı, saatlik yakıt tüketimi ve enerji temelli performans indeksi yaklaşımı çerçevesinde değerlendirilmiştir. Analizlerde veri seti içerisinden yalnızca E14 kodlu yükleyiciye ait gözlemler filtrelenmiş ve SPSS ortamında tanımlayıcı istatistikler ile aylık dağılım analizleri gerçekleştirilmiştir.

Performans değerlendirmesinde ilk aşamada ekipmanın Cycle-Time (Sarfiyat) değişkeni üzerinden enerji tüketim davranışı ortaya konmuş; ikinci aşamada ise enerji temelli performans indeksi (PI) hesaplanarak yakıt başına üretim etkinliği değerlendirilmiştir. Elde edilen istatistiksel sonuçlar aşağıda sunulmaktadır.

Çizelge 4.27. E14 Yükleyici İçin Saatlik Yakıt Sarfiyatı Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişken	**N**	**Minimum**	**Maksimum**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
Cycle-Time (Sarfiyat)	92	18,88	65,43	33,55	5,22

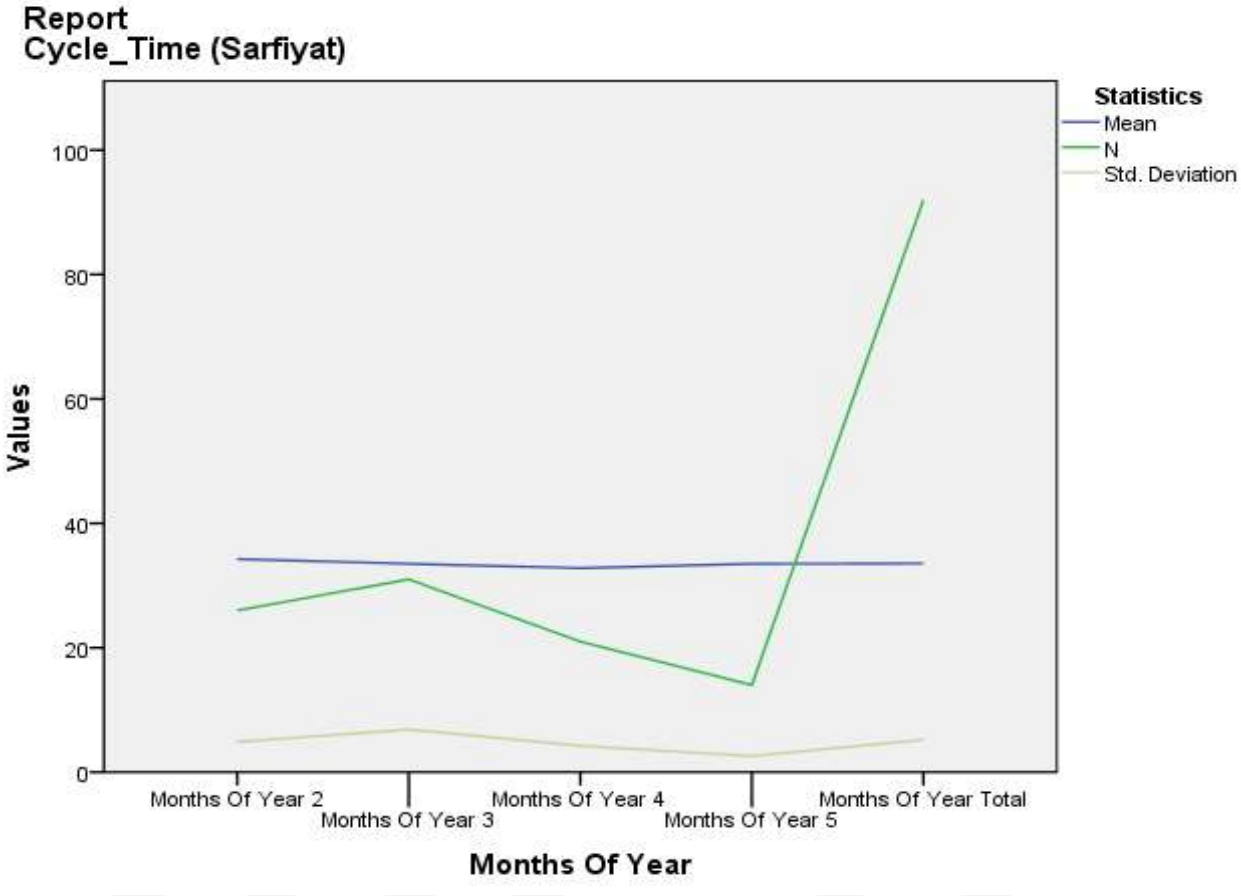
E14 kodlu yükleyiciye ait **92 gözlem** analiz edilmiştir. Saatlik yakıt sarfiyatının **18,88 – 65,43 lt/saat** aralığında değiştiği belirlenmiştir. Ortalama yakıt tüketimi **33,55 lt/saat**, standart sapma ise **5,22 lt/saat** olarak hesaplanmıştır.

Standart sapmanın ortalamaya göre sınırlı düzeyde olması, E14 yükleyicinin genel olarak kararlı ve düzenli bir enerji tüketim davranışı sergilediğini göstermektedir. Maksimum değerin ortalamanın üzerinde olması ise bazı vardiyalarda yükleme yoğunluğunun arttığını veya geçici saha zorlanmaları yaşandığını işaret etmektedir. Buna rağmen genel dağılım, E14 yükleyicinin işletmede istikrarlı çalışan ekipmanlar arasında yer aldığını göstermektedir.

Ekipmanın saha koşullarına uyumlu bir çalışma karakteristiğine sahip olduğu ve operasyonel planlamanın E14 yükleyicisi üzerinde olumlu etki yarattığı anlaşılmaktadır. Ayrıca tüketim değerlerindeki sınırlı değişkenlik, operatör kullanım alışkanlıklarının dengeli olduğunu ve yükleme organizasyonunun etkin biçimde yürütüldüğünü düşündürmektedir. Dolayısıyla E14 yükleyicisinin mevcut performans düzeyinin korunması, üretim sürekliliğinin sağlanması ve enerji maliyetlerinin kontrol altında tutulması açısından önemli bir avantaj oluşturmaktadır. Bunun yanında ekipmanın çalışma verilerinin düzenli olarak izlenmesi ve operasyonel parametrelerin periyodik olarak değerlendirilmesi performans sürekliliğinin korunmasına katkı sağlayacaktır. Saha planlamasının üretim yoğunluğu ile uyumlu şekilde yürütülmesi ve yükleme operasyonlarının dengeli dağıtılması enerji tüketimindeki olası dalgalanmaların azaltılmasına yardımcı olacaktır. Bu yaklaşım, ekipmanın uzun vadeli verimliliğinin artırılması ve işletme maliyetlerinin optimize edilmesi açısından önemli bir yönetim aracı olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 4.28. E14 Yükleyici Aylık Ortalama Yakıt Sarfiyatı

Ay	**Ortalama (lt/saat)**	**N**	**Std. Sapma**
Şubat	34,25	26	4,87
Mart	33,50	31	6,87
Nisan	32,81	21	4,25
Mayıs	33,49	14	2,57
Genel Ortalama	**33,55**	**92**	**5,22**



Şekil 4.9. E14 kodlu ekipmanın aylık yakıt tüketim performans analiz grafiği

Çizelge 4.28'de E14 kodlu yükleyiciye ait aylık ortalama saatlik yakıt sarfiyatı değerleri sunulmaktadır. Toplam 92 gözlem üzerinden yapılan analiz sonuçlarına göre, E14 yükleyicinin aylık ortalama yakıt tüketiminin 32,81 – 34,25 lt/saat aralığında dar bir bantta seyrettiği belirlenmiştir. Genel ortalama yakıt tüketimi 33,55 Lt/saat olarak hesaplanmış, standart sapma ise 5,22 lt/saat düzeyinde bulunmuştur. Şekil 4.9'da verilen grafik de aylık tüketim değerlerinin zamana bağlı olarak belirgin bir dalgalanma göstermediğini ve istikrarlı bir dağılım sergilediğini ortaya koymaktadır.

Aylık ortalamalar incelendiğinde, E14 yükleyicinin dönemsel yük değişimlerinden sınırlı düzeyde etkilendiği ve saha koşullarına yüksek adaptasyon kabiliyeti gösterdiği anlaşılmaktadır. Mart ayında standart sapma değerinin diğer aylara kıyasla görece yüksek olması, bu dönemde yükleme programında veya saha düzeninde geçici değişiklikler yaşandığını düşündürmektedir. Buna karşın Mayıs ayında standart sapmanın düşük seviyede

gerçekleşmesi, operasyonun bu dönemde dengeli ve planlı biçimde yürütüldüğünü göstermektedir.

Genel olarak aylık dağılım sonuçları, E14 yükleyicisinin yüksek süreklilik, operasyonel kararlılık ve dengeli enerji tüketim performansı sergilediğini ortaya koymaktadır. Bu durum, ekipmanın saha organizasyonuna uyumlu çalıştığını ve operatör kullanım alışkanlıklarının standart bir yapıya kavuştuğunu göstermektedir. Dolayısıyla E14 yükleyicisi, açık ocak üretim zincirinde enerji maliyetlerinin kontrol altında tutulması ve üretim sürekliliğinin sağlanması açısından avantajlı bir ekipman olarak değerlendirilmektedir.

Ekipmanın enerji verimliliğini ortaya koymak amacıyla her gözlem için performans indeksi (PI) hesaplanmış ve aylık dağılımları incelenmiştir. Bu indeks, 1 litre yakıt ile gerçekleştirilen üretim miktarını temsil etmekte olup ekipmanın enerji kullanım etkinliğini doğrudan göstermektedir. Elde edilen performans indeksi sonuçları aşağıda sunularak E14 yükleyicisinin üretim sürecindeki katkısı ayrıntılı biçimde değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.29. E14 Yükleyici Performans İndeksi Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişken	**N**	**Minimum**	**Maksimum**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
Performans İndeksi (PI) (m/L)	92	0,25	0,86	**0,4951**	**0,0774**

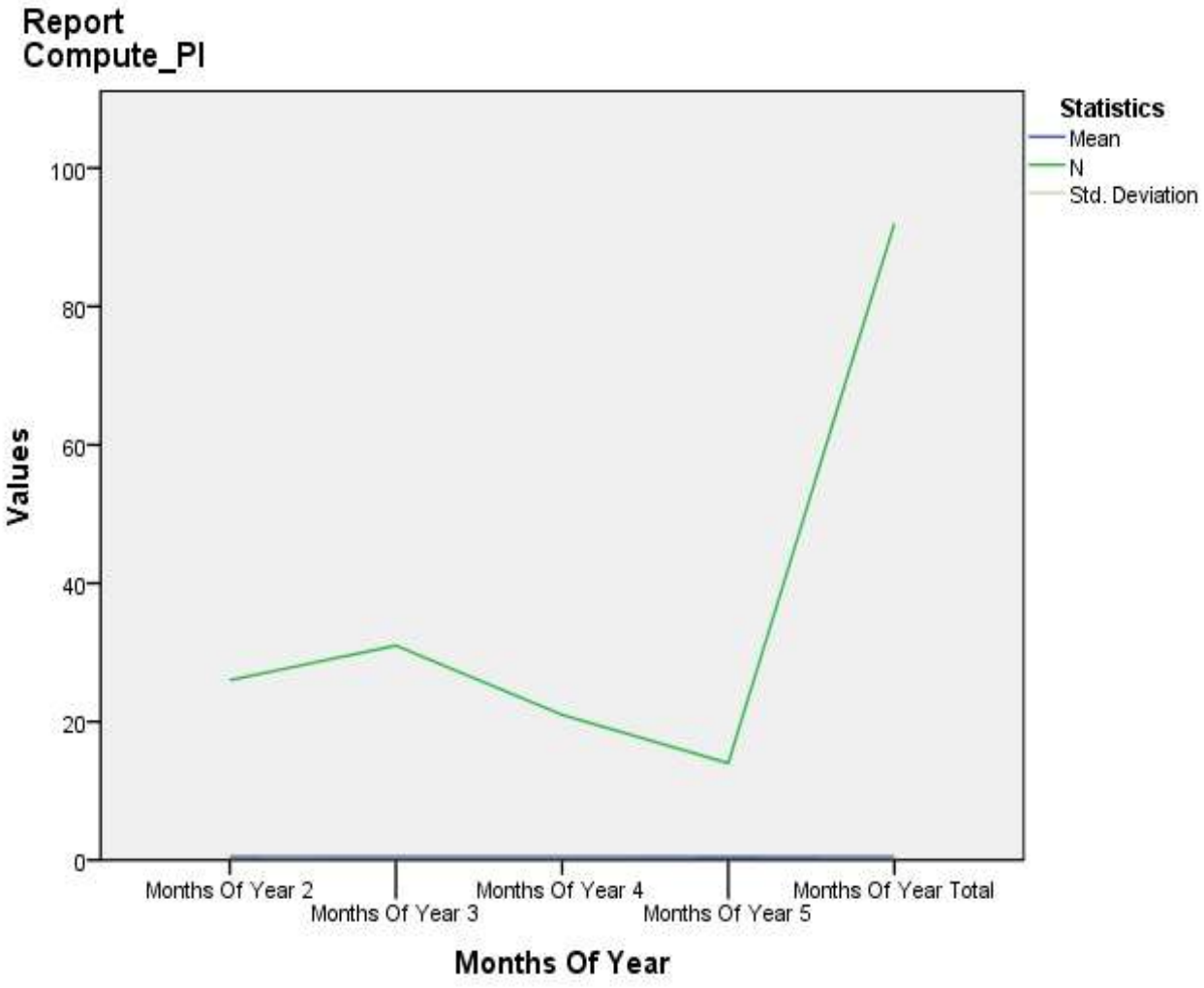
E14 yükleyicinin ortalama performans indeksi 0,495 m/L olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, ekipmanın 1 litre yakıt ile ortalama 0,50 m eşdeğer üretim gerçekleştirdiğini göstermektedir. Standart sapmanın düşük olması, E14 yükleyicinin enerji verimliliği açısından oldukça dengeli çalıştığını ve vardiyalar arasında büyük performans farkları oluşmadığını ortaya koymaktadır. Bu durum, E14 yükleyicinin yakıt kullanım etkinliği açısından işletmedeki en kararlı ekipmanlardan biri olduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte, performans indeksinin istikrarlı seyretmesi, ekipmanın saha koşullarına iyi uyum sağladığını ve yükleme organizasyonunun etkin biçimde yürütüldüğünü işaret etmektedir. Ayrıca düşük değişkenlik, operatör kullanım alışkanlıklarının standartlaştırılmış olduğunu ve ekipman kapasitesinin planlanan üretim hedefleri doğrultusunda etkin biçimde kullanıldığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla E14

yükleyicisi, açık ocak üretim zincirinde sürdürülebilir enerji verimliliği ve üretim sürekliliği açısından referans ekipman niteliği taşımaktadır.

Çizelge 4.30. E14 Yükleyici Aylık Ortalama Performans İndeksi

Ay	**Ortalama PI (m/lt)**	**N**	**Std. Sapma**
Şubat	0,4868	26	0,0936
Mart	0,5000	31	0,0861
Nisan	0,5028	21	0,0626
Mayıs	0,4880	14	0,0393
Genel Ortalama	**0,4951**	**92**	**0,0774**



Şekil 4.10. E14 kodlu ekipmanın aylık performans indeksi grafiği

Aylık performans indeksleri **0,49 – 0,50 m/lt** bandında oldukça dar bir aralıkta dağılmaktadır. Bu durum E14 yükleyicinin farklı aylarda dahi benzer enerji verimliliğiyle çalıştığını göstermektedir.

Özellikle Nisan ve Mayıs aylarında standart sapmanın düşmesi, bu dönemlerde ekipmanın yük ve saha koşullarına tam uyumlu çalıştığını göstermektedir. Genel sonuçlar, E14 yükleyicinin hem yakıt tüketimi hem de enerji verimliliği açısından yüksek süreç kararlılığına sahip bir ekipman olduğunu ortaya koymaktadır. E14 kodlu yükleyici, saatlik yakıt tüketimi açısından istikrarlı, enerji temelli performans indeksi açısından ise yüksek verimlilik ve düşük değişkenlik sergileyen bir ekipman olarak belirlenmiştir. Bu nedenle E14 yükleyici, işletmede referans performans düzeyi yüksek ekipmanlar arasında değerlendirilebilir.

4.9. Performans İndeksi Verileri İçin Normallik Analizi

Yükleyici ve kırıcı ekipmanlara ait enerji temelli performans indeksi (PI) değerleri üzerinden ekipmanlar arası karşılaştırma yapılmadan önce, verilerin dağılım özellikleri incelenmiştir. İstatistiksel test yönteminin doğru seçilebilmesi için performans indeksi verilerinin normal dağılıma uyup uymadığı Kolmogorov–Smirnov ve Shapiro–Wilk normallik testleri ile değerlendirilmiştir. Normallik analizleri SPSS ortamında her bir ekipman için ayrı ayrı gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.31'de sunulmuştur.

Çizelge 4.31. Performans İndeksi (PI) Verileri İçin Normallik Testi Sonuçları

Ekipman Kodu	**Kolmogorov–Smirnov Sig.**	**Shapiro–Wilk Sig.**	**Sonuç**
E5 (Kırıcı)	0,016	0,000	Normal değil
E6	0,012	0,000	Normal değil
E8	0,011	0,008	Normal değil
L2	0,000	0,000	Normal değil
E10	0,000	0,000	Normal değil
E12	0,000	0,000	Normal değil
E13	0,000	0,000	Normal değil
E14	0,000	0,000	Normal değil

Normallik testi sonuçları incelendiğinde, tüm ekipmanlara ait performans indeksi verilerinin Kolmogorov–Smirnov ve Shapiro–Wilk testlerinde anlamlılık değerlerinin **p < 0,05** olduğu görülmektedir. Bu durum, performans indeksi verilerinin istatistiksel olarak normal dağılım göstermediğini ortaya koymaktadır.

Dolayısıyla ekipmanlar arası performans karşılaştırmalarında parametrik testlerin (ANOVA vb.) kullanılmasının uygun olmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle çalışmanın devamında ekipmanların enerji temelli performans indeksleri arasındaki farkların analiz edilmesinde parametrik olmayan Kruskal–Wallis testi tercih edilmiştir.

Ayrıca sapma yaprak (Stem-and-Leaf) ve Q-Q grafikleri de performans indeksi dağılımlarında uç değerlerin ve asimetrik dağılım eğilimlerinin bulunduğunu desteklemektedir. Bu durum saha koşullarındaki operasyonel değişkenliğin performans indeksi değerlerine doğrudan yansıdığını göstermektedir.

4.10. Yükleyici ve Kırıcı Ekipmanlar Arasında Performans İndeksi Karşılaştırması Normallik Sonrası Karşılaştırmalı Analiz Yöntemi

Önceki aşamada yapılan normallik testleri sonucunda performans indeksi (Compute_PI) değişkeninin tüm ekipman gruplarında normal dağılım göstermediği belirlenmiştir (Shapiro–Wilk ve Kolmogorov–Smirnov testlerinde $p<0,05$). Bu nedenle ekipmanlar arasında performans indeksi bakımından istatistiksel farklılıkların araştırılmasında parametrik olmayan yöntemlerden biri olan Kruskal–Wallis H testi tercih edilmiştir.

Kruskal–Wallis testi, birden fazla bağımsız grubun ortanca değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığını inceleyen parametrik olmayan bir yöntemdir. Bu test, verilerin normal dağılım göstermediği durumlarda parametrik testlere alternatif olarak kullanılmaktadır. Normallik varsayımı gerektirmemesi, özellikle saha koşullarından elde edilen değişken ve heterojen veri yapılarıyla uyumlu olmasını sağlamaktadır. Bu yönüyle Kruskal–Wallis testi, açık ocak işletmelerinde ekipman performanslarının karşılaştırılmasında güvenilir bir analiz yaklaşımı sunmaktadır. Ayrıca

test sonuçları, ekipmanlar arası performans farklılıklarının rastlantısal mı yoksa sistematik nedenlere mi dayandığını ortaya koymaya olanak tanımaktadır.

Bu kapsamda kırıcı (E5) ve yükleyici ekipmanlar (E6, E8, L2, E10, E12, E13, E14) için hesaplanan enerji temelli performans indeksleri (m/L) Kruskal–Wallis testi ile karşılaştırılmıştır. Böylece ekipmanların enerji verimliliği düzeyleri arasındaki istatistiksel farklar bütüncül biçimde değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen bulgular, hangi ekipmanların daha yüksek enerji kullanım etkinliğine sahip olduğunu sayısal olarak ortaya koymaktadır. Ayrıca performans dağılımlarındaki değişkenlik düzeyleri dikkate alınarak saha koşullarının ekipmanlar üzerindeki etkileri yorumlanmıştır. Bu yaklaşım, üretim zincirinde yer alan ekipmanların göreli performanslarını nesnel bir ölçütle karşılaştırma imkânı sağlamaktadır.

Çizelge 4.32. Ekipmanlara Ait Performans İndeksi İçin Kruskal–Wallis Sıra Ortalamaları

Ekipman Kodu	**N**	**Sıra Ortalaması (Mean Rank)**
E10	121	422,04
E12	123	336,17
E13	99	294,19
E14	92	174,42
E5 (Kırıcı)	**105**	**602,63**
E6	92	202,68
E8	22	198,25
L2	**119**	**632,59**
Toplam	**773**	

Çizelge 4.33. Kruskal–Wallis Test İstatistikleri

Test Değeri	**Sonuç**
Ki-Kare (χ^2)	430,129
Serbestlik Derecesi (df)	7
Anlamlılık (p)	0,000

Kruskal–Wallis testi sonuçlarına göre ekipmanlar arasında performans indeksi bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmaktadır ($\chi^2(7)=430,129$; $p<0,001$). Bu sonuç, açık ocak işletmesinde kullanılan kırıcı ve yükleyici ekipmanların birim yakıt başına gerçekleştirdiği kademe ilerleme performanslarının birbirinden anlamlı biçimde ayrıştığını göstermektedir.

Sıra ortalamaları incelendiğinde, L2 kodlu ekipmanın (Mean Rank = 632,59) en yüksek performans indeksine sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, L2 ekipmanının bir litre yakıtla daha fazla kademe ilerlemesi gerçekleştirdiğini ve enerji temelli performans açısından en verimli ekipman olduğunu ortaya koymaktadır.

Kırıcı ekipman E5 (Mean Rank = 602,63) ikinci en yüksek sıraya sahip olup, kırıcı ünitenin enerji kullanımını üretim çıktısına etkin biçimde dönüştürdüğü anlaşılmaktadır. Bu bulgu, kırıcı ekipmanının 8 saatlik vardiyada 90–170 m ilerleme gerçekleştirdiği saha verileriyle uyumlu bir enerji verimliliği sergilediğini göstermektedir.

Diğer yükleyiciler arasında E10 (Mean Rank = 422,04) ve E12 (Mean Rank = 336,17) orta düzey performans sergilerken, E14 (Mean Rank = 174,42) **ve** E8 (Mean Rank = 198,25) en düşük performans sıralarına sahip ekipmanlar olarak belirlenmiştir. Bu durum, bu ekipmanların birim yakıt başına gerçekleştirdiği üretim miktarının daha düşük olduğunu ve operasyonel iyileştirme gereksinimi bulunduğunu göstermektedir.

Genel olarak elde edilen bulgular, açık ocak işletmesinde ekipman seçimi, vardiya planlaması ve kamyon–kazıcı eşleşmesi kararlarında enerji temelli performans indeksinin güçlü bir karar destek ölçütü sunduğunu ortaya koymaktadır. Ekipmanlar arasındaki anlamlı performans farkları, filo içi operasyonel dengeleme ve bakım planlaması açısından dikkate alınması gereken önemli bir bulgudur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Madencilik sektöründe üretim maliyetlerinin önemli bir bölümünü enerji tüketimi ve ekipman işletme giderleri oluşturmaktadır. Bu nedenle kazı, yükleme ve kırma gibi temel üretim aşamalarında kullanılan ekipmanların performanslarının nicel göstergelerle izlenmesi, hem üretim sürekliliğinin sağlanması hem de maliyet optimizasyonu açısından kritik öneme sahiptir. Literatürde ekipman performansının değerlendirilmesine yönelik farklı yaklaşımlar geliştirilmiş olup; çevrim süresi (cycle-time), üretim miktarı, enerji tüketimi ve duruş süreleri gibi parametreler performans analizlerinde yaygın biçimde kullanılmaktadır. Özellikle son yıllarda enerji maliyetlerinin artmasıyla birlikte, üretim çıktısı ile enerji girdisini birlikte ele alan enerji temelli performans indeksleri madencilik operasyonlarında tercih edilen güncel yöntemler arasında yer almaktadır.

Arıtan (2011) tarafından geliştirilen mekanize kazı sistemlerinde performans analizi modeli ile Benndorf vd. (2015)'in açık ocak ekipmanlarında üretim–enerji ilişkisini ele alan çalışmaları, ekipman performansının yalnızca üretim miktarı üzerinden değil, enerji verimliliği boyutuyla birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Ayrıca bilgisayarlı filo yönetim sistemlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte gerçek zamanlı saha verilerine dayalı istatistiksel proses kontrol yaklaşımları, ekipman performansının izlenmesinde güvenilir bir analiz altyapısı sunmaktadır. Bu bağlamda mevcut çalışma, literatürde önerilen enerji temelli performans değerlendirme yaklaşımlarını açık ocak altın ve gümüş işletmesine uygulayarak, saha verilerine dayalı bütüncül bir performans analiz modeli ortaya koymayı amaçlamıştır.

Bu çalışma, açık ocak altın ve gümüş madeni işletmesinde kullanılan kazıcı–yükleyici ve kırıcı ekipmanların operasyonel performanslarının enerji temelli performans indeksi yaklaşımıyla değerlendirilmesini amaçlamıştır. Çalışmada, saha koşullarında bilgisayarlı filo yönetim sistemlerinden elde edilen gerçek operasyonel veriler kullanılarak ekipmanların saatlik yakıt tüketimleri ve üretim çıktıları analiz edilmiş; performans göstergeleri istatistiksel yöntemlerle incelenmiştir.

Tanımlayıcı istatistikler sonucunda tüm ekipmanlar için saatlik yakıt tüketimi verilerinin belirli bir değişkenlik düzeyi içerdiği, ancak genel olarak üretim süreçlerinin düzenli biçimde sürdürüldüğü görülmüştür. Kırıcı ekipmanının ortalama saatlik yakıt tüketiminin 20,89 lt/saat, yükleyicilerin ise ortalama olarak 19–33 lt/saat aralığında değiştiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, açık ocak üretim sürecinde enerji tüketiminin ekipman türüne, çalışma koşullarına ve yük yoğunluğuna bağlı olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Çalışmada performans değerlendirmesi yalnızca ortalama tüketim değerleriyle sınırlı tutulmamış; üretim çıktısı ile enerji girdisinin birlikte ele alındığı enerji temelli performans indeksi (m/L) hesaplanarak ekipmanların birim yakıt başına üretim etkinliği ortaya konmuştur. Kırıcı ekipmanının 8 saatlik vardiyada 90–170 metre arasında kademe ilerlemesi gerçekleştirdiği saha verisi dikkate alınarak hesaplanan performans indeksi sonuçları, kırıcı ünitenin enerji kullanımını üretim çıktısına etkin biçimde dönüştürdüğünü göstermiştir.
Yükleyici ekipmanlar arasında hesaplanan performans indeksleri incelendiğinde, L2 kodlu ekipmanın en yüksek enerji temelli performans indeksine sahip olduğu, bunu kırıcı E5 ve E10 kodlu yükleyicilerin izlediği belirlenmiştir. Buna karşılık E14 ve E8 kodlu ekipmanların daha düşük performans değerleri sergilediği görülmüştür. Bu durum, filo içerisinde ekipmanlar arası üretim etkinliğinin homojen olmadığını ve bazı ekipmanlarda operasyonel iyileştirme potansiyeli bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Normallik testleri sonucunda performans indeksi verilerinin normal dağılım göstermediği belirlenmiş; bu nedenle ekipmanlar arasında istatistiksel karşılaştırmalar Kruskal–Wallis H testi ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, ekipmanlar arasında performans indeksi bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunduğunu göstermiştir ($\chi^2(7)=430{,}129$; $p<0{,}001$). Bu bulgu, açık ocak işletmesinde kullanılan ekipmanların enerji verimliliği ve üretim etkinliği açısından birbirinden belirgin biçimde ayrıştığını bilimsel olarak doğrulamaktadır.

Elde edilen tüm bulgular bir arada değerlendirildiğinde, açık ocak işletmesinde üretim kapasitesinin ve enerji tüketiminin optimize edilmesi için ekipman performanslarının düzenli biçimde izlenmesinin zorunlu olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Özellikle enerji maliyetlerinin toplam işletme giderleri içindeki yüksek payı dikkate alındığında, enerji

temelli performans indeksi yaklaşımının işletme yönetimine önemli bir karar destek mekanizması sunduğu görülmektedir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda açık ocak altın ve gümüş işletmelerinde ekipman performansının artırılmasına yönelik aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir:

i. **Enerji Temelli Performans İzleme Sisteminin Sürekli Kullanımı:**
Bu çalışmada uygulanan enerji temelli performans indeksi yaklaşımı, ekipmanların birim yakıt başına üretim etkinliğini açık biçimde ortaya koymuştur. Bu nedenle işletmede tüm kazıcı–yükleyici ve kırıcı ekipmanlar için performans indekslerinin düzenli olarak hesaplanması ve aylık bazda izlenmesi önerilmektedir.

ii. **Düşük Performanslı Ekipmanlar İçin Operasyonel İyileştirme:**
E14 ve E8 kodlu yükleyici ekipmanların performans indekslerinin diğer ekipmanlara göre düşük olduğu belirlenmiştir. Bu ekipmanlarda operatör eğitimi, bakım planlarının gözden geçirilmesi ve yükleme noktası organizasyonunun iyileştirilmesi ile performans artışı sağlanabilir.

iii. **Filo İçi Ekipman Dengeleme:**

L2 ve E5 kodlu ekipmanların performans indekslerinin diğer ekipmanlara kıyasla daha yüksek olması, bu makinelerin üretim açısından daha verimli çalıştığını göstermektedir. Bu durum, söz konusu ekipmanların özellikle üretim baskısının yüksek olduğu kritik kazı bölgelerinde daha etkin biçimde değerlendirilmesinin işletme genel verimliliğine olumlu katkı sağlayabileceğini düşündürmektedir.

Bu çerçevede filo planlamasının sabit bir dağılım yerine performans verileri dikkate alınarak dinamik biçimde kurgulanması önem taşımaktadır. Kamyon–kazıcı eşleşmelerinin saha koşulları ve ekipman kapasitesi doğrultusunda yeniden düzenlenmesi, bekleme sürelerinin azaltılması ve birim yakıt başına üretimin artırılması açısından rasyonel bir yaklaşım olacaktır..

iv. **Bakım ve Arıza Yönetiminin Performans Verilerine Dayalı Planlanması:**

Performans indeksinde ani düşüş gösteren ekipmanların önleyici bakım programlarına alınması, arıza kaynaklı duruş sürelerinin azaltılmasına katkı sağlayacaktır.

v. **Süreç Kararlılığının İleri Analiz Yöntemleri ile İzlenmesi:**
Yakıt tüketiminde gözlenen dönemsel değişkenlikler dikkate alındığında, ilerleyen çalışmalarda süreç kararlılığının istatistiksel süreç kontrol yöntemleri ile izlenmesi faydalı olabilir. Bu tür analizler, operasyonel sapmaların erken aşamada belirlenmesine ve performans dalgalanmalarının sistematik olarak değerlendirilmesine katkı sağlayabilir.

vi. **Operatör Performansının Analize Dahil Edilmesi:**
Gelecek çalışmalarda operatör bazlı performans farklarının analiz edilmesi, insan faktörünün ekipman performansı üzerindeki etkisinin daha ayrıntılı değerlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

vii. **Farklı Maden Sahalarında Karşılaştırmalı Çalışmalar:**
Benzer analizlerin farklı açık ocak işletmelerinde uygulanması, enerji temelli performans indeksinin sektörel karşılaştırmalarda standart bir ölçüt haline gelmesine katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak bu çalışma, açık ocak altın ve gümüş işletmesinde kullanılan kazıcı–yükleyici ve kırıcı ekipmanların performanslarının enerji temelli istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesinin, üretim planlaması ve maliyet kontrolü açısından güçlü bir araç sunduğunu ortaya koymuştur. Uygulanan yöntem, yalnızca ortalama tüketim değerlerine dayalı geleneksel performans değerlendirme yaklaşımlarına kıyasla daha bütüncül ve bilimsel bir analiz sağlamaktadır. Bu yönüyle çalışma, hem akademik literatüre katkı sunmakta hem de madencilik sektöründe saha uygulamalarına doğrudan yol gösterici nitelik taşımaktadır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Akal, Z. (1998). *İşletmelerde performans ölçüm ve denetimi*. MPM Yayınları.

Akal, Z. (2002). *İşletmelerde performans ölçüm ve denetimi*. MPM Yayınları.

Akal, Z. (2005). *İşletmelerde performans ölçüm ve denetimi: Çok yönlü performans göstergeleri*. MPM Yayınları.

Alpugan, O. (1991). Hastanelerde verimlilik sorunu. *1. Verimlilik Kongresi Bildiriler* içinde. MPM Yayınları.

Applied Sciences. (2023). *Research on selection and matching of truck-shovel in oversized open-pit mines*. MDPI.

Arıtan, A. E. (2011). *Garp linyitleri işletmesi mekanize sistem performans ve maliyet analizleri* (Doktora tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı).

Artar, A., & Baş, İ. M. (1991). *İşletmelerde verimlilik denetimi: Ölçme ve değerlendirme modelleri*. MPM Yayınları (No. 435).

Atakuş, N. D. (2006). *Adana ili gıda sanayindeki işletmelerin performanslarının değerlendirilmesi üzerine bir araştırma* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Barutçugil, İ. (2002). *Performans yönetimi*. Kariyer Yayınları.

Benndorf, J., & Buxton, M. (2017). Application of process control in mining operations. *Minerals Engineering, 101*, 12–21.

Benndorf, J., & Buxton, M. W. N. (2017). The use of process control methods in mining operations: A review. *International Journal of Mining Science and Technology, 27*(3), 433–440. https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2017.03.012

Bilgin, K. U. (2004). *Kamu performans yönetimi*. TODAİE.

Bilgin, N., Çopur, H., & Balcı, C. (2016). *TBM excavation in difficult ground conditions: Case studies from Turkey*. Ernst & Sohn/Wiley.

Bozkurt, Ö., Ergün, T., & Sezen, S. (1998). *Kamu yönetimi sözlüğü*. TODAİE.

Caterpillar Inc. (2018). *Performance handbook* (48th ed.).

Caterpillar Inc. (2018). *Mining trucks and loading tools performance handbook*. Caterpillar Global Mining.

Celep, H. (2010). *Kamu sektöründe performans yönetimi ve ölçümü* (Mesleki yeterlilik tezi). Maliye Bakanlığı.

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research, 2*(6), 429–444.

Çiçek, O. (2010). *Patlatmalı kazılardan kaynaklanan titreşim ve gürültünün insanlar üzerindeki etkilerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi.

Demir, Y. Z., & Usta, Y. (2019). Kazıcı yükleyici makineler için kazıcı kepçe ile çalışan hidrolik bir çene tasarımı ve denenmesi. *Muş Alparslan University Journal of Science, 7*(1), 621–634. https://doi.org/10.18586/msufbd.550535

Doğan, Ü. (1987). *Verimlilik analizleri ve verimlilik-ergonomi ilişkileri*. İzmir Ticaret Borsası Yayınları.

Drucker, P. F. (1977). *Management: An abridged and revised version of management: Tasks, responsibilities, practices*. Pan Books.

Elitaş, C., & Ağca, V. (2006). Firmalarda çok boyutlu performans değerleme yaklaşımları: Kavramsal bir çerçeve. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 8*(1), 347–(sayfa aralığı eksik).

Ercelebi, S. G., & Başçetin, A. (2009). Optimization of shovel-truck system for surface mining. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 109*(7), 433–439.

Ergüler, G. K. (2007). Metal madenciliğinde kullanılan bazı makinelerin performans analizi. *I. Maden Makineleri Sempozyumu*, Kütahya.

Ersoy, M. (2007). Dünya ve Türkiye kömür sektöründe yaşanan gelişmeler. *TKİ Genel Müdürlüğü Hidrojen Teknolojisi Eğitim Programı 2*. Çankaya Üniversitesi.

Falay, N. (2000). Yerel yönetimlerde performans ölçümü: Bir ön çalışma. *15. Maliye Sempozyumu* (15–17 Mayıs 2000), Antalya.

Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A, 120*(3), 253–281.

Fekete, S., & Diederichs, M. (2013). Integration of three-dimensional laser scanning with discontinuum modelling for stability analysis of tunnels in blocky rock masses. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 57*, 11–23.

Gokhale, B. V. (2011). *Rotary drilling and blasting in large surface mines*. CRC Press/Balkema.

Grady, M. W. (1991). Performance measurement: Implementing strategy. *Management Accounting*, June. (Cilt/sayı/sayfa eksik)

Hartman, H. L., & Mutmansky, J. M. (2002). *Introductory mining engineering* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Hüdaverdi, T., & Kuzu, C. (2005). Madencilik faaliyetlerinde patlatma kaynaklı çevresel etkilerin ölçülmesi ve analizi. *3. Madencilik ve Çevre Sempozyumu* (5–6 Mayıs), Ankara.

Hustrulid, W., Kuchta, M., & Martin, R. (2013). *Open pit mine planning and design* (3rd ed.). CRC Press.

International Journal of Mining Science and Technology. (2019). *Investigation of excavator performance factors in an open-pit mine using loading cycle time*. Scientific Research Publishing. (Dergi/künye bilgileri net değil)

Kecojevic, V., & Komljenovic, D. (2010). Haul truck performance analysis. *Mining Engineering*. (Cilt/sayı/sayfa eksik)

Kecojevic, V., & Komljenovic, D. (2010). A review of fault diagnosis methods for mining haul trucks. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment, 24*(3), 189–200. https://doi.org/10.1080/17480930.2010.502840

Kecojevic, V., Komljenovic, D., & Radovic, D. (2012). Optimization of shovel–truck systems in open pit mines. *Mining Science and Technology, 22*(3), 321–330.

Kenger, F. (1986). Performans arttırma planlaması. *Verimlilik Dergisi*. (Cilt/sayı/sayfa eksik)

Kılıç, B., Balkan, T., & Söylemez, E. (2008). Kazıcı-yükleyici iş makinasının hidrolik ve mekanik sistemlerinin dinamik analizi. *V. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi*, İzmir, 1–3.

Lawlor, A. (1985). *Productivity improvement manual*. Cambridge University Press.

Lawson, P. (1995). Performance management: An overview. In *The performance management handbook* (p. 9). London. (Editör/yayınevi eksik)

Mallı. (2021). Açık kömür işletmeleri makina planlamasında örtü-kazı sistemlerinin yatırım analizi. *8. Uluslararası Maden Makinaları ve Teknolojileri Kongresi* (13–15 Ekim), İzmir, 96–105.

Manyele, S. V. (2017). Cycle time variations as determinants of production capacity in open pit mining. *Engineering*. (Dergi/künye eksik)

Martinsons, M., Davison, R., & Tse, D. (1999). The balanced scorecard: A foundation for the strategic management of information systems. *Decision Support Systems*. (Cilt/sayı/sayfa eksik)

Montgomery, D. C. (2019). *Introduction to statistical quality control* (8th ed.). John Wiley & Sons. MPM. (n.d.). *[Website]*. Retrieved January 12, 2026, from http://www.mpm.org.tr (Erişim Tarihi:12.01.2026)

Nelson, M., & Carmichael, D. G. (2015). Estimation of loading and hauling productivity in open pit mines. *International Journal of Mining Science and Technology, 25*(3), 389–394. https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2015.03.004

Nelson, M., & Carmichael, D. (2015). Simulation-based shovel–truck performance analysis. *International Journal of Mining Science and Technology*. (Cilt/sayı/sayfa eksik — yukarıdaki kayıtla benzer; elindeki doğru başlığa göre tekleştirilebilir)

Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total productive maintenance*. Productivity Press.

Oluç, M. (1978). *İşletme organizasyonu ve yönetimi* (Cilt 1, 3. baskı). İÜ-İF Yayınları (No. 7).

Özdemir, K. (2009). *Basamak patlatmasında parça boyut dağılımının ardışık işlem faaliyetlerine olan etkilerinin araştırılması* (Doktora tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Özdoğan, M., & Taksuk, M. (2011). GLİ Tunçbilek Maden işletmesi F/C panosunda çalışan elektrikli yerkazarların bakım-onarım ve üretkenlik göstergeleri. *3. Maden Makinaları Sempozyumu* (05–06 Mayıs), İzmir, 11–22.

Özfırat, K. (2007). *Ömerler yeraltı kömür ocağında tam mekanize üretimde oluşan kayıpların belirlenmesi ve azaltılması üzerine araştırmalar* (Yayımlanmamış doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Oyman, S. (2010). *Stratejik yönetim sürecinde performans ölçümü ve dengeli sonuç kartı uygulaması: Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası için bir değerlendirme* (Yayımlanmamış uzmanlık yeterlilik tezi). Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası.

Peng, S. S. (2008). *Coal mine ground control* (3rd ed.). Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME).

Peru, O. N. (2010). *İşletmelerde performans ölçümlenmesi ve bir uygulama örneği* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Prokopenko, J. (1992). *Verimlilik yönetimi: Uygulamalı el kitabı*. MPM Yayınları (No. 476).

Rastogi, P. N. (1988). *Productivity, innovation, management and development*. Sage Publications.

RKW Kompetenzzentrum. (n.d.). *[Website]*. Retrieved January 12, 2026, from http://www.rkw.de (erişim tarihi: 29.12.2025)

Seiford, L. M. (1996). Data envelopment analysis: The evolution of the state of the art (1978–1995). *Journal of Productivity Analysis, 7*, 99–137.

Simulation Modelling Practice and Theory. (2019). *Simulation-based optimization of truck-shovel material handling systems*. (Cilt/sayı/sayfa eksik)

Singh, R., & Kecojevic, V. (2015). Productivity improvement of shovels and trucks in surface mining. *Mining Engineering, 67*(5), 56–63.

Songur, H. M. (1995). *Mahalli idarelerde performans ölçümü*. Mahalli İdareler Genel Müdürlüğü (Yayın No. 6).

Topal, E. (2005). A simulation-based truck dispatching system for open pit mines. *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment, 19*(2), 109–121. https://doi.org/10.1080/13895260500106523

Türk Dil Kurumu. (1992). *Türkçe sözlük*. Türk Dil Kurumu Yayınları.

Vagenas, N. (1999). Modeling of open pit production systems. *Mining Engineering*. (Cilt/sayı/sayfa eksik)

Vagenas, N. (1999). Risk analysis of mining projects. *International Journal of Mining and Mineral Engineering, 13*(1), 23–39.

White, J. W., & Olson, J. P. (1986). Computer-based dispatching in mines. *Mining Engineering*. (Cilt/sayı/sayfa eksik)

White, J. W., & Olson, J. P. (1986). Truck dispatching in open pit mines: A simulation study. *Mining Engineering, 38*(3), 221–224.

Yılmaz, A., Uysal, Ş., Ağan, A., Göç, D., & Aydın, N. (1997). *1/100 000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi: Sivas-F23 paftası* (No. 47). MTA.

Yılmaz, M. (2008). *GLİ Ömerler yeraltı ocağı mekanize üretim sisteminde arka kömürün alınmasına başlamada uygun kesim aralığının belirlenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yılmaz, P. (2010). *Basamak ayna profilinin patlatma performansına etkilerinin araştırılması* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yurttaş, M. (2013). Elektronik kapsüller ve muhtemel kullanım alanları. Orica-Nitro Pat. Mad. San. ve Tic. A.Ş.

Vagenas, N. (1999). Risk analysis of mining projects. *International Journal of Mining and Mineral Engineering, 13*(1), 23–39.

White, J. W., & Olson, J. P. (1986). Truck dispatching in open pit mines: A simulation study. *Mining Engineering, 38*(3), 221–224.

Zerenler, M. (2005). Performans ölçüm sistemleri tasarımı ve üretim sistemlerinin performansının ölçümüne yönelik bir araştırma. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, (1), 1–36.

Zheng, Y.L., Zhang,Q.B., Zhao. (2016). Challenges and opportunities of using tunnel boring machines in mining. Tunnelling and Underground Space Technology, 57, 287–299.

EK AÇIKLAMALAR

Ek Açıklama-A: İşletmeye Ait L2 Kodlu Yükleyicinin SPSS Veri Hesaplama Tablosu

veh_code	date	fuel_l	counter_start	counter_end	delta	perf_sarfiyat
L2	01.01.2024	292	5140	5152	12	24.33333333
L2	02.01.2024	214	5152	5162	10	21.4
L2	03.01.2024	102	5162	5173	11	9.272727273
L2	04.01.2024	170	5173	5186	13	13.07692308
L2	05.01.2024	176	5186	5195	9	19.55555556
L2	06.01.2024	302	5195	5207	12	25.16666667
L2	07.01.2024	142	5207	5215	8	17.75
L2	08.01.2024	288	5215	5230	15	19.2
L2	09.01.2024	170	5230	5242	12	14.16666667
L2	11.01.2024	367	5242	5261	19	19.31578947
L2	12.01.2024	234	5261	5275	14	16.71428571
L2	13.01.2024	292	5275	5289	14	20.85714286
L2	15.01.2024	316	5289	5304	15	21.06666667
L2	16.01.2024	104	5304	5311	7	14.85714286
L2	17.01.2024	319	5311	5326	15	21.26666667
L2	18.01.2024	205	5326	5340	14	14.64285714
L2	19.01.2024	238	5340	5350	10	23.8
L2	20.01.2024	259	5350	5365	15	17.26666667
L2	21.01.2024	175	5365	5374	9	19.44444444
L2	22.01.2024	227	5374	5384	10	22.7
L2	23.01.2024	324	5384	5399	15	21.6
L2	24.01.2024	211	5399	5412	13	16.23076923
L2	25.01.2024	269	5412	5426	14	19.21428571
L2	26.01.2024	138	5426	5434	8	17.25
L2	27.01.2024	297	5434	5453	19	15.63157895
L2	28.01.2024	142	5453	5461	8	17.75
L2	29.01.2024	247	5461	5472	11	22.45454545
L2	30.01.2024	158	5472	5479	7	22.57142857
L2	31.01.2024	333	5479	5498	19	17.52631579
L2	01.02.2024	281	5498	5509	11	25.54545455
L2	02.02.2024	159	5509	5519	10	15.9
L2	03.02.2024	139	5519	5528	9	15.44444444
L2	04.02.2024	144	5528	5534	6	24
L2	05.02.2024	219	5534	5544	10	21.9
L2	06.02.2024	234	5544	5555	11	21.27272727
L2	07.02.2024	265	5555	5568	13	20.38461538
L2	08.02.2024	261	5568	5583	15	17.4
L2	09.02.2024	139	5583	5592	9	15.44444444
L2	10.02.2024	304	5592	5611	19	16

L2	11.02.2024	140	5611	5620	9	15.55555556
L2	12.02.2024	180	5620	5630	10	18
L2	13.02.2024	269	5630	5643	13	20.69230769
L2	14.02.2024	245	5643	5657	14	17.5
L2	15.02.2024	179	5657	5669	12	14.91666667
L2	16.02.2024	214	5669	5680	11	19.45454545
L2	17.02.2024	205	5680	5692	12	17.08333333
L2	19.02.2024	214	5692	5706	14	15.28571429
L2	20.02.2024	95	5706	5713	7	13.57142857
L2	21.02.2024	267	5713	5731	18	14.83333333
L2	22.02.2024	159	5731	5743	12	13.25
L2	23.02.2024	237	5743	5757	14	16.92857143
L2	24.02.2024	256	5757	5770	13	19.69230769
L2	25.02.2024	45	5770	5778	8	5.625
L2	26.02.2024	277	5778	5793	15	18.46666667
L2	27.02.2024	278	5793	5805	12	23.16666667
L2	28.02.2024	167	5805	5818	13	12.84615385
L2	29.02.2024	230	5818	5832	14	16.42857143
L2	01.03.2024	111	5832	5838	6	18.5
L2	02.03.2024	310	5838	5854	16	19.375
L2	03.03.2024	277	5854	5871	17	16.29411765
L2	04.03.2024	117	5871	5876	5	23.4
L2	05.03.2024	259	5876	5890	14	18.5
L2	06.03.2024	250	5890	5905	15	16.66666667
L2	07.03.2024	203	5905	5912	7	29
L2	08.03.2024	212	5912	5923	11	19.27272727
L2	09.03.2024	201	5923	5935	12	16.75
L2	10.03.2024	309	5935	5948	13	23.76923077
L2	11.03.2024	200	5948	5960	12	16.66666667
L2	12.03.2024	283	5960	5972	12	23.58333333
L2	13.03.2024	181	5972	5978	6	30.16666667
L2	14.03.2024	240	5978	5991	13	18.46153846
L2	15.03.2024	163	5991	6000	9	18.11111111
L2	18.03.2024	406	6000	6019	19	21.36842105
L2	19.03.2024	256	6019	6032	13	19.69230769
L2	20.03.2024	185	6032	6043	11	16.81818182
L2	21.03.2024	148	6043	6052	9	16.44444444
L2	22.03.2024	219	6052	6062	10	21.9
L2	23.03.2024	207	6062	6071	9	23
L2	24.03.2024	226	6071	6081	10	22.6
L2	25.03.2024	117	6081	6089	8	14.625
L2	26.03.2024	146	6089	6098	9	16.22222222
L2	27.03.2024	262	6098	6112	14	18.71428571
L2	28.03.2024	244	6112	6124	12	20.33333333
L2	29.03.2024	166	6124	6136	12	13.83333333

L2	30.03.2024	214	6136	6146	10	21.4
L2	01.04.2024	185	6146	6158	12	15.41666667
L2	02.04.2024	270	6158	6170	12	22.5
L2	03.04.2024	162	6170	6181	11	14.72727273
L2	04.04.2024	189	6181	6192	11	17.18181818
L2	05.04.2024	205	6192	6201	9	22.77777778
L2	15.04.2024	353	6201	6214	13	27.15384615
L2	16.04.2024	252	6214	6228	14	18
L2	18.04.2024	245	6228	6243	15	16.33333333
L2	19.04.2024	189	6243	6253	10	18.9
L2	20.04.2024	191	6253	6268	15	12.73333333
L2	21.04.2024	179	6268	6275	7	25.57142857
L2	22.04.2024	158	6275	6283	8	19.75
L2	23.04.2024	246	6283	6296	13	18.92307692
L2	24.04.2024	245	6296	6307	11	22.27272727
L2	25.04.2024	134	6307	6315	8	16.75
L2	26.04.2024	236	6315	6328	13	18.15384615
L2	27.04.2024	154	6328	6339	11	14
L2	28.04.2024	107	6339	6345	6	17.83333333
L2	30.04.2024	388	6345	6352	7	55.42857143
L2	01.05.2024	219	6352	6365	13	16.84615385
L2	02.05.2024	154	6365	6374	9	17.11111111
L2	03.05.2024	287	6374	6384	10	28.7
L2	04.05.2024	326	6384	6396	12	27.16666667
L2	05.05.2024	199	6396	6409	13	15.30769231
L2	06.05.2024	326	6409	6418	9	36.22222222
L2	07.05.2024	243	6418	6434	16	15.1875
L2	08.05.2024	251	6434	6439	5	50.2
L2	09.05.2024	129	6439	6447	8	16.125
L2	10.05.2024	199	6447	6456	9	22.11111111
L2	11.05.2024	230	6456	6464	8	28.75
L2	13.05.2024	230	6464	6473	9	25.55555556
L2	14.05.2024	254	6473	6485	12	21.16666667
L2	15.05.2024	196	6485	6495	10	19.6
L2	16.05.2024	140	6495	6503	8	17.5