



Bu bir MMO yayınıdır

PALETLİ HİDROLİK POMPALARDA KONDİSYON İZLEME VE PERFORMANS İYİLEŞTİRME

Atalay Tayfun TÜREDİ¹

Hakan YAVUZ²

Durmuş Ali BİRCAN²

¹ WAVIN TR Plastik Sanayi A.Ş

² Çukurova Üniversitesi



PALETLİ HİDROLİK POMPALARDA KONDİSYON İZLEME VE PERFORMANS İYİLEŞTİRME

Atalay Tayfun TÜREDİ¹, Hakan YAVUZ², Durmuş Ali BİRCAN²

¹ WAVIN TR Plastik Sanayi A.Ş., Ceyhan Yolu Üzeri 7. Km P.K 87 01321 Yüreğir, ADANA, TÜRKİYE

Tel: 322 9991227, atalaytayfunturedi@yahoo.com

² Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 01330 Balcalı, Adana, TÜRKİYE

Tel: 322 3386084/2722, hyavuz@cu.edu.tr, abircan@cu.edu.tr

ÖZET

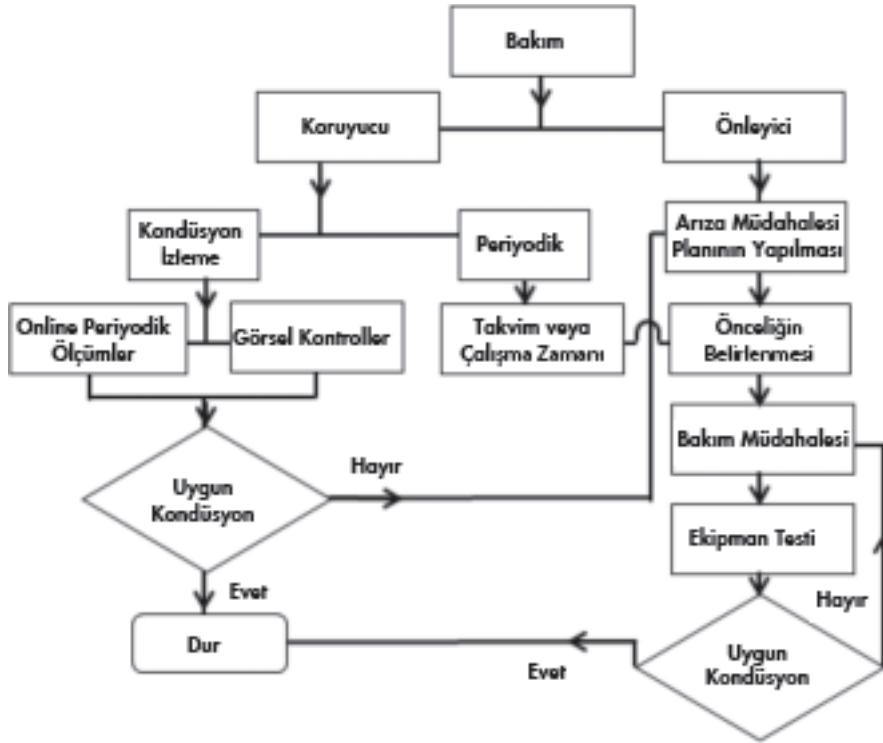
Bu çalışmada, Güvenilirlik Merkezli Bakım (GMB) ve Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA) metotları, endüstriyel hidrolik tahrikli sistemlerde yaygın olarak kullanılan paletli hidrolik pompaların güvenilirlik, kondisyon ve performans parametrelerinin izlenmesinde ve iyileştirilmesinde kullanılmıştır. Performans kaybına neden olan hata verilerinin işlenmesiyle, hatalar risk ve kritiklik seviyelerine göre sınıflandırılmıştır. Hataların risk seviyelerinin belirlenmesi ve minimize edilmesi için oluşturulan GMB prosedürlerinin yaratılmasında, aşınma analizi, hidrolik yağ analizi gibi teknik analizlerin sonuçları büyük oranda etkili olmuştur. Çalışmanın sonunda, minimize edilen hata risk seviyelerinin, endüstriyel sistemlerin Toplam Ekipman Etkinliği (TEE) değerine olan etkileri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güvenilirlik Merkezli Bakım (GMB), Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA), Hidrolik Sistemler, Makine Elemanları Hataları.

1. GİRİŞ

Bakım, endüstriyel işletmelerde kullanılan ekipmanların temel fonksiyonlarının, optimum ekipman servis ömrü süresince, istenilen performansta çalıştırılabilmesi için uygulanan mühendislik stratejisidir. İşletmelerin takip ettiği bakım stratejisi döngüsü Şekil 1'de gösterilmektedir.

Bakım stratejisi, işletmelerde değişik seviyelerde uygulanmaktadır. Bu seviyeler, işletmelerde kullanılan ekipmanların teknik risk seviyelerine ve ekipmanların kullanıldığı proseslerin hassasiyet durumlarına göre çeşitlilik göstermektedir. Yukarıdaki döngüden de görüldüğü gibi, işletmelerin ekipman verimliliğini iyileştirmek için uygulanacak bakım stratejisinin merkezinde kondisyon izleme ve ekipman



Şekil 1. Bakım Stratejisi Döngüsü

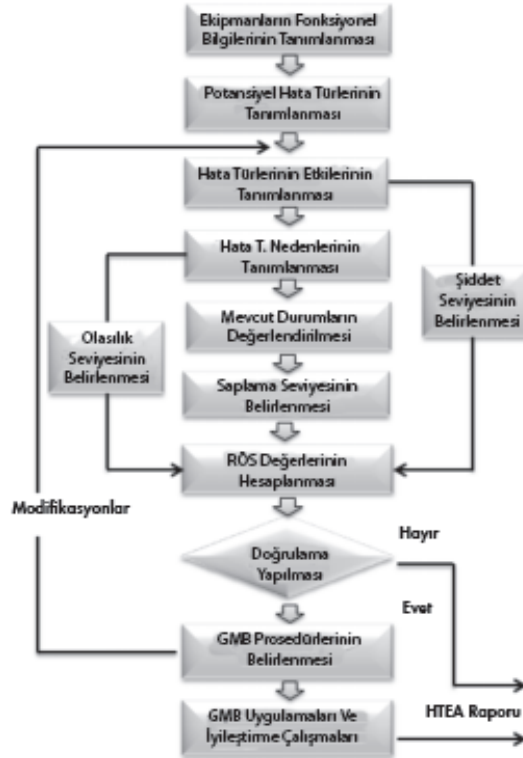
kritiklik seviyesinin belirlenmesi bulunmaktadır. Kondisyon izleme ve risk öncelikli analiz, GMB uygulamaları desteğiyle birleşerek, iyileştirilmiş ekipman servis ömrü ve kontrollü ekipman yaşlanması imkanlarını sağlamaktadır.

GMB yaklaşımının ana hedefi, güvenilirliği ve verimliliği yüksek ekipmanlarla desteklemiş işletmelerin rekabet çitasını yükseltmek, emre amadeliğini arttırmak ve aynı zamanda sürdürülebilir iyileştirmeleri desteklemektir. GMB uygulamalarında, hata analiz yöntemleri, hata verilerinin işlenmesi ve durum değerlendirmelerinin yapılması amacıyla kullanılmaktadır, bu yöntemlerin arasında en güçlü olanı ise HTEA yöntemidir. Bu yöntem, hata türlerini, şiddet, olasılık ve saptama bileşenleri bazında inceleyerek risk verilerinin analiz edilebilmesini sağlamaktadır. HTEA uygulamalarında, her hata türü ve etkisi bileşeni düşükten yükseğe doğru sayısal olarak derecelendirilir. Her hata türü için, ayrı ayrı belirlenen bileşen değerlerinin çarpımı ile elde edilen sayısal değer, Risk Öncelik Sayısı (RÖS) olarak tanımlanır. Elde edilen RÖS değerleri, hatayı önlemeye yönelik aksiyonların alınmasında referans olarak kullanılabilir. RÖS değerleri, aynı zamanda, ekipmanların operasyonel risk göstergeleridir. HTEA yöntemi, birçok ekipman veya proses güvenilirliği artırma çalışmasının, sürekli iyileştirme ve inovatif yaklaşımli çözüm üretme süreçlerinde, bilim adamları ve endüstriyel uzmanlar tarafından kullanılmıştır ve yaygın olarak kullanılmaya devam etmektedir.

Degu ve Moorthy (2014), plastik boru işletmesindeki üretim hattı ekipmanlarının risk seviyelerini, HTEA çalışmasıyla belirlemişlerdir. Riyanto vd. (2014), bir ofset baskı makinasının bakım prosedürlerini, GMB yöntemiyle iyileştirmişlerdir. Shafiee ve Dinmohammadi (2014), rüzgar türbini ekipmanlarının risk seviyelerini HTEA yöntemiyle analiz etmişlerdir. Narnaware vd. (2014), bir termal güç

santralinde kullanılan hava kompresörünün, on sekiz aylık hata verilerinden yola çıkarak GMB yöntemiyle, önleyici bakım takvimi oluşturmuşlardır. Khodabakhshian (2013), tarım makinalarının, GMB prosedürlerini, kondisyon izleme destekli olarak tanımlamıştır. M. Kostina vd. (2012), bir imalat prosesinin güvenilirliğinin, HTEA ve diğer araçların desteğiyle iyileştirilmesi ve bu araçların güvenilirliğin iyileştirilmesine olan etkilerini inceleyen bir çalışma yapmışlardır. Tsarouhas (2012), bir içecek üretim ve şişeleme hattındaki, duruş ve performans kaybına neden olan faktörleri tanımlamıştır, ve bu veriler yardımıyla ekipman performansı ve bileşenlerini değerlendirmiştir. Yeh ve Sun (2011), ekipman performans geçmişi verilerinden yola çıkarak, önleyici bakım periyotlarını belirlemiştir. Hidalgo vd. (2011), LNG tankerinde bulunan ekipmanların hata verilerini HTEA ve kök neden analizi yöntemleriyle analiz ederek, kritiklik seviyelerini belirlemişler ve sonuçlara uygun GMB prosedürleri üretmişlerdir. Afefy (2010), buhar üretim tesisinde, GMB yöntemi yardımıyla bakım planlarını geliştirmiş ve toplam duruş sürelerinde yüksek oranlarda iyileşmeler kaydetmiştir. Jafari vd. (2009) HTEA desteğiyle, tünel kazma makinasının hata türlerini ve risk seviyelerini tanımlamışlardır. Atamer ve Çavdar (2009), tek kademeli dişli kutusunun güvenilirlik analizi çalışmalarında, HTEA yöntemiyle elde edilen ekipman riski verilerinden faydalanmışlardır. Kadioğlu vd. (2009), makine imalatı prosesinin kalite iyileştirmelerinde ve tasarım hatalarının minimize edilmesinde HTEA yöntemini kullanmışlardır.

Bu performans iyileştirme çalışmasında ise, HTEA metodu yardımıyla, ele alınan paletli hidrolik pompa sistemi hatalarının incelenerek, elde edilen hataların verimlilik ve ekipman performansına olan etkilerini GMB yaklaşımıyla minimize etmek ve GMB prosedürleri üretmek üzerine çalışmalar yapılmıştır. Takip edilen HTEA uygulama mantığının döngüsü ise Şekil 2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2. HTEA Uygulama Döngüsü

2. MALZEME VE METOT

Hidromekanik bir plastik enjeksiyon presinin hidrolik sistem basıncının oluşturulmasında kullanılan paletli hidrolik pompanın hata türleri, diğer paletli hidrolik pompalarda da karşılaşılan sistem hatalarını da içerecek şekilde, numaralandırma yöntemiyle tanımlanmıştır. Her hata türü için, hata modu ve sisteme olan etkisi tanımlanmış, RÖS sayısal değerinin bileşenleri olan, şiddet, olasılık ve saptama sayısal değerleri ise, tecrübeler doğrultusunda belirlenmiştir. Hata türlerinin RÖS formülasyonu, $RÖS = \text{Ş} \times \text{O} \times \text{S}$ olarak gösterilebilir. Tablo 1, paletli pompa ekipmanı HTEA uygulamasında kullanılacak olan RÖS bileşenlerini ve tanımlarını vermektedir.

Bu tablodaki veriler ve sayısal değerleri, hata türlerine özel, tecrübe edilen vaka detaylarından yola çıkılarak elde edilmiştir.

Tablo 1. Tanımlanan Şiddet, Olasılık ve Saptama Değerleri

Şiddet		Olasılık	
1	Üretim personeli tarafından derhal düzeltilir çok önemsiz etki	1	Son 3 yılda hata kaydı yoktur
2	Bakım personeli tarafından derhal düzeltilir önemsiz etki	2	Son 3 yılda 1 hata kaydı vardır
3	Doğuk ölçüde etki, sistem küçük müdahalelerle eski haline dönebilir	3	Son 3 yılda 3 hata kaydı vardır
4	Orta ölçüde etki, düzeltme işlemi için duruş gerekliliği yoktur ve ekipman işlevini tamamen kaybetmez	4	Son 3 yılda 3 hata kaydı vardır
5	Orta ölçüde etki, düzeltme işlemi için duruş gerekliliği vardır ve çok kısa süreli duruşa neden olur	5	Son 3 yılda 4 veya 5 hata kaydı vardır
6	Orta ölçüde etki, düzeltme işlemi için duruş gerekliliği vardır ve bir günlük duruşa neden olur	6	Son 3 yılda 6 hata kaydı vardır
7	Kritik ölçüde etki, düzeltme işlemi için duruş gerekliliği vardır ve birden fazla gün duruşa neden olur	7	Son 3 yılda 7 hata kaydı vardır
8	Çok kritik ölçüde etki, düzeltme işlemi için duruş gerekliliği vardır ve sistem fonksiyonlarının çok büyük zarar görme durumu vardır.	8	Son 3 yılda 8 hata kaydı vardır
9	Çok kritik ölçüde etki, sistem tamamen durur ve prosesin çökmesine neden olur	9	Son 3 yılda 9 hata kaydı vardır
10	En üst düzey etki, sistem ekipmanlarına ve personele zarar gelmesi durumu vardır	10	Son 3 yılda 10 hata kaydı vardır
Saptama			
1	Hata, direkt ölçümlerle tanımlanabilir		
3	Hata, günlük kontrollerle tanımlanabilir		
5	Hata, anormal sesler ve indirekt ölçümle de tanımlanabilir		
7	Hata, personel tarafından tanımlanamaz		

3. UYGULAMALAR

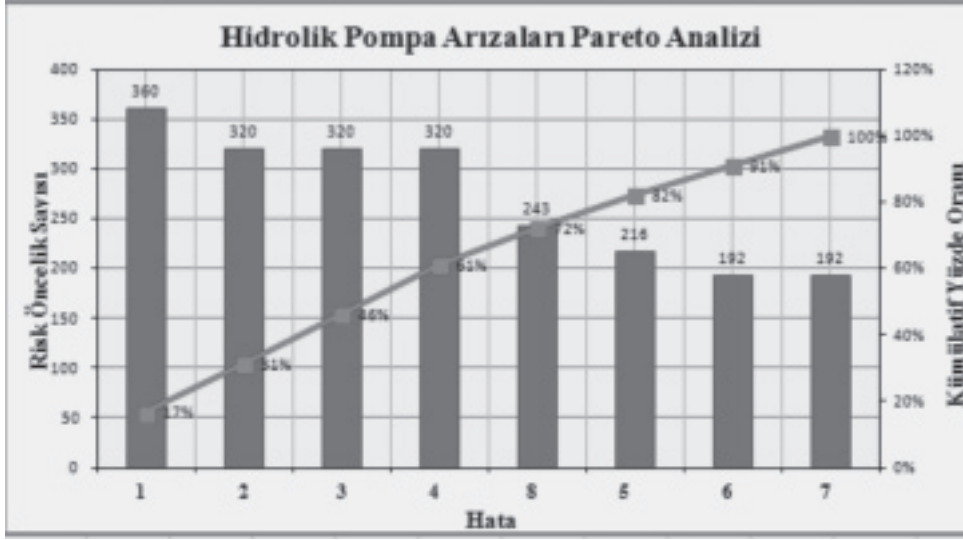
Elde edilen paletli hidrolik pompa hata verileri, HTEA tablosunda, RÖS değerleri ve belirlenen risk bileşenleriyle beraber detaylı olarak ele alınmıştır. HTEA analiz verileri, Tablo 2.'de görülebilmektedir. Bu sonuçların, pareto analizi çalışmaları ile zenginleştirilerek incelendiği sonuçlar ise Şekil 3.'te görülebilmektedir. Pareto diyagramları, hataların, risk derecelerini belirlemek, kümülatif dağılımlarını hesaplamak, hataların oranlarını ve önem dereceleri görmek, hatalar üstündeki en önemli sebebi belirlemek ve hataların listelenmesini sağlamak için kullanılmıştır.

Paletli hidrolik pompa HTEA analizinden elde edilen risk verileri incelendiğinde, pompa aşınmaları, hidrolik yağ ve sızdırmazlık elemanları kök nedenli hataların, yüksek RÖS değerleri oluşturduğu gözlemlenmektedir. RÖS değerlerinin risk bileşenlerinin, uzun ve maliyetli arıza oluşumuna neden

Tablo 2. Paletli Hidrolik Pompa HTEA Formu

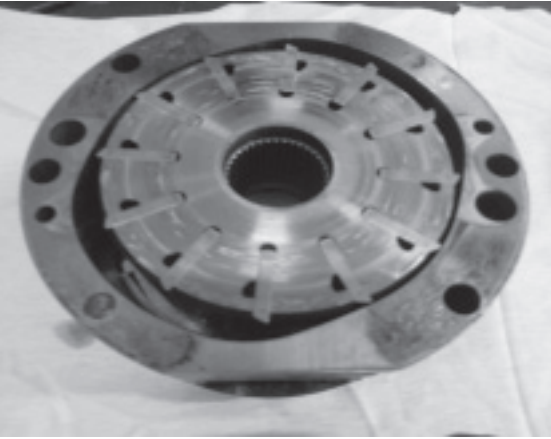
EKİPMAN	EKİPMAN FONKSİYONU	FONKSİYONEL HATA	HATA MODU	HATA NEDENİ	HATA ETKİSİ	S	O	S	RÖS
HİDROLİK POMPA	Hidrolik yağın Basınçlandırılması	Pompanın sesli çalışması	1. Yüksek sesli çalışma	1. pompanın aşırı yüksek devirle çalışması 2. maksimum pompa basıncının aşılması 3. pompa çıkışında deformasyon 4. şaft keçelerinin deforme olması 5. pompa aşınması 6. basınç ve dönüş hatlarının yanlış bağlanması veya tıkanması 7. kontrol sisteminde dalgalanma 8. hidrolik yağ hataları 9. şaft arızası 10. katriç arızası	Pompanın devre dışı kalması	9	8	5	360
		Pompa çıkışındaki basınç set değerinden düşük olması	2. Düşük basınçta çalışma	1. aşınmadan dolayı pompada iç kaçak oluşması 2. uygunsuz pompa veya katriç tipi 3. pompa iç gövdesi aşınması 4. pompa set basıncının çok düşük olması veya kontrol sistemi arızası 5. basınç ve dönüş hatlarının yanlış bağlanması veya tıkanması 6. hidrolik yağ hataları 7. katriç arızası 8. emiş filtresi arızası	Sistem fonksiyonlarında kesintinin oluşması	8	8	5	320
		Pompa çıkışındaki basınç değerinde dalgalanma ve debi değerlerinde çalışma kesintili çalışmanın gözlenmesi	3. Değişken basınç ve debi değerlerinde çalışma	1. değişken debili sistemlerde kontrol sistemi arızası 2. pompa iç gövdesi aşınması 3. hidrolik sistem koşullarının pompa kontrol sistemini etkilemesi 4. uygunsuz pilot valf kullanımı 5. hidrolik yağ hataları 6. katriç arızası	Sistem fonksiyonlarında kesintinin oluşması	8	8	5	320
		Pompa çıkış basıncı ve debisinin kesintili devam etmesi	4. Pompa enerjisinin kesilmesi veya çok düşük devirde çalışma	1. aşınmadan dolayı pompada iç kaçak oluşması 2. pompa iç gövdesi aşınması 3. basınç ve dönüş hatlarının yanlış bağlanması veya tıkanması	Sistem fonksiyonlarında kesintinin oluşması	8	8	5	320
		Yağ sıcaklığının 50 C üzerinde seyretmesi	5. Aşırı yağ sıcaklığı	1. aşınmalardan dolayı performans kaybı 2. değişken debili sistemlerde kontrol sistemi arızası 3. aşırı pompa devri 4. oil failures 5. katriç arızası 6. emiş filtresi arızası	Pompanın ve valflerin devre dışı kalması	9	8	3	216
		Yağ tankında köpüklenmenin görülmesi	6. Hidrolik yağın köpürmesi	1. şaft keçelerinin deforme olması 2. yağ kaçığının hidrolik devre yağ seviyesini düşürmesi 3. hidrolik yağ hataları	Pompanın ve valflerin devre dışı kalması	8	8	3	192
		Pompa fonksiyonlarının stabil olmaması	7. Pompanın çok sık devreye girip çıkması	1. pompa iç gövdesi aşınması 2. akümülatör kapasitesinin pompa kapasitesine göre büyük seçilmesi 3. katriç hatası	Pompanın devre dışı kalması	8	8	3	192
		Hidrolik yağın hidrolik devre dışına çıkması	8. Yağ kaçığı	1. pompa gövdesi aşınmaları 2. yatakla veya rulman arızaları 3. sızdırmazlık elemanı deformasyonu 4. hidrolik hortum veya fittings arızaları	Pompanın devre dışı kalması ve iş kazası riski	9	9	3	243

olacak yüksek seviyeli şiddet değerlerinde, yüksek sıklık değerlerinde, yüksek seviyeli tespit değerlerinde olduğu tespit edilebilmektedir. Bağlı olduğu hidrolik tahrikli endüstriyel sistemin en kritik elemanlarından olan paletli hidrolik pompanın HTEA ve Pareto analizleri sonucunda belirlenen risk değerleri, aynı zamanda tüm sistemin de risk önceliklerini ortaya koymaktadır. Risk seviyesi yüksek hataların minimize edilmesi için kullanılacak olan GMB prosedürleri ve bu prosedürlerin teknik içerikleri, HTEA analizinde incelenen hata sonuçlarının teknik analiz sonuçlarıyla güçlendirilmesi yoluyla elde edilmiştir. Bahsi geçen teknik analizler, pompanın aşınma analizleri, hidrolik yağ analizi gibi pompanın kondisyon değerlerinden elde edilecek sonuçları içermektedir.

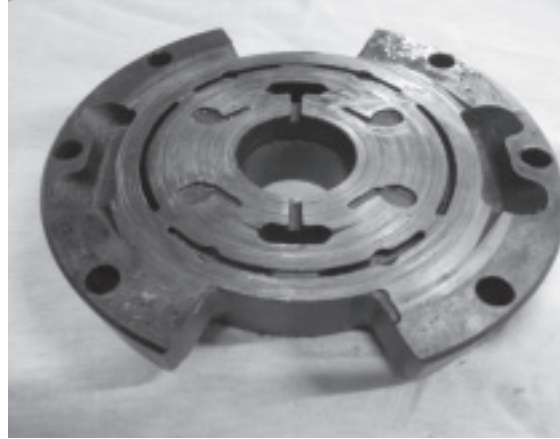


Şekil 3. Paletli Hidrolik Pompa Arızaları Pareto Analizi

RÖS değeri 320 ve üzeri olan hataların sistem duruşlarında, yapılan teknik müdahalelerde en çok karşılaşılan pompa katrici durumu Şekil 6. ve Şekil 7.'de görüldüğü gibi olmaktadır



Şekil 4. Pompa Katrici İç Gövde Aşınması



Şekil 5. Pompa Katrici Kapak Aşınması

Şekil 4.'de pompa rotor yüzeyinde 0,5-1 mm derinliğinde abrasif aşınma oluşumları görülmektedir. Ayrıca, rotora bağlı kanatçık yuvalarında çalışma toleransı kayıpları ve kanatçık yüzeylerinde yorulma konturları görülebilmektedir. Kanatçıkların uç noktalarının çalışma alanını belirleyen ve deplasman miktarının belirlenmesinde büyük rol oynayan, rotoru çevreleyen kam ringinin iç yüzeylerinde de abrasif aşınmalar ve yüzey yorulması oluşumları görülmektedir. Şekil 5.'de ise, pompa kam ringinin iki yüzeyine monte olan ve katricin bütün hale gelmesini sağlayan katric kapağının arıza sonucunda ortaya çıkan durumu görülebilmektedir. Hidrolik yağın katric içerisine giriş ve çıkışının da düzenlenmesini sağlayan katric kapağının iç yüzeyindeki aşınmalar, karşılıklı çalıştığı rotor yüzeyinde tespit edilen abrasif aşınmalarla benzer hasar seviyesinde belirlenmiştir. Hidrolik yağın, pompa tasarım şartlarında istenen mekanik ve volümetrik verimi sağlayabilmesi, hassas çalışma toleranslarında tasarlanıp imal edilen paletli hidrolik pompa elemanlarının mekanik kondisyonlarının korunmasıyla sağlanabilir. Kontrol altında tutulamayan mekanik eleman kondisyonu, sistemde kullanılan hidrolik yağın servis ömrünün de kontrol edilememesine neden olmaktadır. Mekanik pompa elemanlarında meydana gelecek ve kontrolsüz ilerleyecek olan hasarlar, kararsız yağ sıcaklıkları ve yüksek oranda kirlilik kaynağı olacaktır. Pompanın bağlı olduğu diğer tüm hidrolik sistem ekipmanları içerisinde transfer olan hidrolik yağın kondisyonu, çalışmakta olan hidrolik ekipmanların kondisyon göstergesi olduğu gibi, hidrolik yağda meydana gelen performans değişimleri hidrolik sistem ekipmanlarının servis ömürlerini de direkt etkilemektedir. Yukarıdaki yüksek RÖS değerli hidrolik pompa arızaları sonucunda tespit edilen aşınma ve yorulma göstergelerinin, hidrolik yağ kondisyon değerlerine olan yansımaları, laboratuvar hidrolik yağ analizi sonuçlarıyla irdelenmiş, standart ve kritik sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır. İlgili yağ analizi sonuçları Tablo 3.'de görülebilmektedir.

Tablo 3. Hidrolik Yağ Analizi Sonuçları

HİDROLİK YAĞ ANALİZİ SONUÇ TABLOSU			
Yağ Bulguları	Ölçülen	Kritik Sınır	Standart
Görsel Durum	Bulanık	Bulanık	Berrak
Viskosite	64	±10%	68
Kirlilik Seviyesi NAS (50-150 bar sistem basıncı)	11	9	9
Aşınma Bulguları-ppm (mg/kg)	Ölçülen	Kritik Sınır	Standart
Alüminyum (Al)	7	5	1
Krom (Cr)	12	9	0,7
Bakır (Cu)	14	12	0,7
Demir (Fe)	30	26	0,9
Kirlilik Bulguları-ppm (mg/kg)	Ölçülen	Kritik Sınır	Standart
Sodyum (Na)	5	3	1
Silikon (Si)	3	2	0

HTEA sonuçlarına göre, yüksek RÖS değerlerinde hesaplanan arızaların yaşandığı servis dönemlerinde incelenen hidrolik yağın analiz sonuçları, yağın görsel olarak bulanık, normalden düşük viskozitede ve yüksek kirlilik değerinde olduğunu göstermektedir. Aşınma bulguları sonuçlarında görülen yüksek alüminyum, krom, bakır ve demir değerleri, pompa katrici elemanları, pompa yatak ve rulmanları, hidrolik valf iç gövdesi, silindirik gövdesi aşınmalarının göstergeleri olarak değerlendirilebilir.

mektedir. Kirlilik bulguları sonuçlarında görülen sodyum, yağda su oluşumunun, silikon ise yüksek kirliliğin göstergesi olarak değerlendirilebilmektedir.

Pompa katrici aşınma analizi sonuçlarıyla örtüşen hidrolik yağ analizi sonuçlarının içeriği incelendiğinde, hidrolik yağ analizinin başta hidrolik pompa olmak üzere tüm hidrolik sistem ekipmanları kondisyonları hakkında bilgi verdiği görülebilmektedir.

Ele alınan paletli hidrolik pompanın HTEA, Pareto, aşınma ve yağ analizi sonuçlarının göstermiş olduğu risk seviyeleri ve ekipman kondisyon bilgileri ışığında, RÖS değerlerinin iyileştirilmesi için belirlenen GMB prosedürleri Tablo 4.'deki gibidir.

Tablo 4. Paletli Hidrolik Pompa GMB Prosedürleri

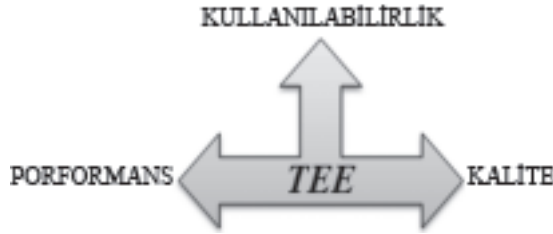
Bakım Prosedürü	Hata Türü	Bakım Yöntemi	Uygulama Periyodu
Hidrolik Yağ Sıcaklığı Kontrolü	1,2,3,4,5,6,7	Otonom Bakım	Günlük
Pompanın Gürültü Kontrolü	1,2,3,4,5,6,7	Otonom Bakım	Günlük
Pompanın Titreşim Kontrolü	1,2,3,4,5,6,7	Otonom Bakım	Günlük
Yağ Kaçakları Kontrolü	1,2,3,4,5,6,8	Otonom Bakım	Günlük
Yağ Tankı Seviye Kontrolü	1,2,3,4,5,6,8	Otonom Bakım	Günlük
Hidrolik Hatların Kontrolü	1,2,3,4,5,6,7,8	Otonom Bakım	Günlük
Sistem Basıncı Kontrolü	1,2,3,5,6,7	Otonom Bakım	Günlük
Pompa Fonksiyonları Kontrolü	1,2,3,4,5,6,7	Otonom Bakım	Günlük
Pompa Gövde Bağlantıları Kontrolü	1,6,7,8	Otonom Bakım	Günlük
Pompa Hidrolik Bağlantıları Kontrolü	1,2,3,4,5,7,8	Otonom Bakım	Günlük
Sızdırmazlık Elemanlarının Kontrolü	6,7,8	Planlı Bakım	Yıllık
Yapısal Yorulma Kontrolü	1,2,3,4,5,6,7,8	Planlı Bakım	Yıllık
Yapısal Çatlak Kontrolü	1,2,3,4,5,6,7,8	Planlı Bakım	Yıllık
İşlevsiz Parçaların Değiştirilmesi	1,2,3,4,5,6,7,8	Planlı Bakım	Yıllık
Hidrolik Yağ Değişimi	1,2,3,5,6	Planlı Bakım	Yıllık
Hidrolik Sistemin Temizlenmesi (Flushing)	1,2,3,5,6	Planlı Bakım	Yıllık
Yağ Filtrelerinin Temizlenmesi veya Değiştirilmesi	1,2,3,5,6	Planlı Bakım	Yıllık
Pompa Şaftı Balans Kontrolü	1,2,3,4,5,6,8	Planlı Bakım	Yıllık
Titreşim Analizi	1,2,3,4,5,6,7	Önleyici Bakım	3 Ayda Bir
Hidrolik Yağ Laboratuvar Analizi	1,2,3,4,5,6,7	Önleyici Bakım	3 Ayda Bir
Pompa Kondisyonunun Ölçümlendirilmesi	1,2,3,4,5,6,7	Önleyici Bakım	3 Ayda Bir

GMB yöntemleri arasında tanımlanan otonom bakım, üretim personeli tarafından, her vardiya başlangıcında, en çok yarım saat müdahale süresi içerisinde uygulanacak olan, gözle kontrol, yağlama, temel anlamda tamir veya düzeltme faaliyetlerinden oluşmaktadır. Planlı bakım, ilgili ekipmanın sistem üzerinden demonte edilerek detaylı olarak kontrol edilmesi, kritik ölçümlene verilerinin alınması, önceden planlanmış yedek parçaların değiştirilmesi, kondisyon testleri, yapısal revizyonlar ve ilgili analiz çalışmalarını içermektedir. Önleyici bakım müdahalesi, mümkün olduğu kadar minimum duruş gerektirecek şekilde planlanır ve ilgili prosedürler bu mantık çerçevesinde tanımlanır. Önleyici veya

kestirimci bakım prosedürleri, üretimine devam eden sistemin teknik performans verilerinin, belirlenen noktalarda enstrümantasyonel olarak takip edilmesi ve belli zaman periyotlarında elde edilen verilerin değerlendirilmesi yaklaşımı odaklı olarak hazırlanmaktadır. Belirli periyotlarda uygulanan, önleyici bakım ölçüm ve analiz raporları, gelecek muhtemel arıza veya hataların çok uzun plansız duruşlara neden olmasının engellenmesi ve beklenmeyen yüksek bakım maliyetlerinin minimize edilmesi yönünde değerlendirilmektedir. İşletme verimliliği ve ekipman ömrü kriterlerine büyük katkı sağlayan önleyici ve kestirimci bakım uygulamaları, ileri ve modern üretim tekniklerinin kullanıldığı işletmelerin vazgeçilmez ekipman yönetim unsurlarındandır.

4. SONUÇLAR

Endüstriyel ekipmanların, kullandıkları prosesin verimliliğe etki eden performanslarının ölçümlenmesinde kullanılan TEE değeri, birçok profesyonel endüstriyel işletmenin kullandığı bir gösterge değeridir. Ekipman performansının, TEE yaklaşımı ile tanımlanmasında kullanılan bileşenler Şekil 6.'da gösterilmiştir.



Şekil 6. TEE

İşletmede gerçekleştirilen üretimde, gerçekleşen sağlam üretim zamanları, plansız duruşlar, planlı duruşlar, kaliteli üretim adedi gibi parametrelerin kayıtlarından elde edilen, Kalite, Performans ve Kullanılabilirlik yüzde değerlerinin çarpımı sonucunda TEE değeri elde edilir. Üretimde kullanılan ekipmanın, sağlam ürün üretilmesindeki etkisi ve verimliliğinin ölçümlenmesinin en güçlü göstergesi olarak kullanılan TEE değeri formülasyonu ve bileşen detayları Şekil 7'de gösterilmiştir.

TEE=PERFORMANS*KALİTE*KULLANILABİLİRLİK
PERFORMANS=ÜRETİMDE GEÇEN ZAMAN / TOPLAM ÇALIŞMA ZAMANI
KALİTE=SAĞLAM ÜRÜN / TOPLAM ÜRÜN
KULLANILABİLİRLİK=MTBF / (MTBF+MTTR)
MTBF= İki Arıza Arasında Geçen Zaman
MTTR= Bakım Süresi

Şekil 7. TEE Formülasyonu

Yukarıdaki formülasyona göre, ekipmanın iki arızası arasında geçen zaman, arıza sıklığı ve arızaya müdahale süresi, TEE değerinin kullanılabilirlik bileşenine etki eden, ekipmanın bakım stratejisi ve teknik performansını ölçümlendiren önemli değerlerdir.

HTEA, hata veya arıza kayıtlarından yola çıkarak, hataların şiddeti, olasılığı ve saptama değerlerinin belirlenmesinde etkili bir araçtır. Elde edilen RÖS değerlerine göre belirlenen GMB prosedürleri ve RÖS değerlerini iyileştirecek aksiyonlar, iki arıza arasında geçen zaman ve bakım süresi değerlerinin iyileşmesi anlamında da gelmektedir. Bu sonuçlar, TEE performans göstergelerine, minimize edilmiş arızaların sağladığı daha uzun üretim süreleri ve dolayısıyla daha yüksek performans değerleri olarak yansımaktadır. Ayrıca, daha uzun MTBF ve daha kısa MTTR zamanları, daha yüksek kullanılabilirlik değerleri ve dolaylı olarak daha yüksek kalite oranları sonuçlarını yaratmaktadır.

Günümüz endüstriyel işletmelerinin sektörel katı rekabet koşulları karşısında ayakta kalmaları ve başarılı olabilmeleri için, başta enerji kaynakları olmak üzere, hammadde, işçilik gibi diğer kaynakları da etkili kullanabiliyor olmaları ve aynı zamanda ekipmanları etkili yönetiyor olmaları gerekmektedir. Bu anlamda, verimlilik göstergelerinin iyi izlenmesi, risk seviyelerinin güncellenerek kayıt altına alınması, güvenilirlik merkezli üretim ve bakım stratejilerinin belirlenmesi, etkili analiz yöntemlerinin araç olarak kullanılması, kaynakları etkili kullanarak iyileştirme aksiyonlarının belirlenmesi ve bu verimlilik merkezli mekanizmanın sürdürülebilirliğinin sağlanması gerekmektedir.

5. REFERANSLAR

- [1] Y.M. Degu, R.S.Moorthy, "Implementation of Machinery Failure Mode and Effect Analysis in Amhara Pipe Factory P.L.C., Bahir Dar, Ethiopia". American Journal of Engineering Research (AJER), 2014, Volume-03, Issue-01, pp-57-63.
- [2] N.P.Riyanto, W. A. Jauhari, A. Aisyati, C. N. Rosyidi, "Developing Maintenance Policy for Solna Printing Machine with Reliability Centered Maintenance". Proceedings of the International Multi-Conference of Engineers and Computer Scientists, 2014, Vol II.
- [3] M. Shafiee , F. Dinmohammadi, "An FMEA-Based Risk Assessment Approach for Wind Turbine Systems: A Comparative Study of Onshore and Offshore". Energies, 2014, 7, 619-642.
- [4] V. S. Narnaware, G. D.Gosavi, P. V. Jadhav, R. D. Gorle, "Implementation of Reliability Centered Maintenance In Air Compressor Unit". International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), 2014, Volume 5, pp. 26-32.
- [5] R. Khodabakhshian, "A Review of Maintenance Management of Tractors and Agricultural Machinery: Preventive Maintenance Systems". Agric Eng Int: CIGR Journal, 2013, Agric Eng Int: CIGR Journal, 15(4): 147-159.
- [6] M. Kostina, T. Karaulova, J. Sahnó, M. Maleki, "Reliability Estimation for Manufacturing Processes". Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 2012, 7-13.
- [7] P.H. Tsarouhas, "Evaluation Of Overall Equipment Effectiveness in the Beverage Industry: A Case Study". International Journal of Production Research, 2012, 1-9.
- [8] T.M. Yeh, J. J. Sun, "Preventive Maintenance Model With HTEA and Monte Carlo Simulation for the Key Equipment in Semiconductor Foundries". Department of Industrial Engineering and



- Technology Management, Dayeh University, Taiwan, Scientific Research and Essays Vol. 6(26), 2011, pp. 5534-5547.
- [9] E. M. P. Hidalgo, D. W. R. Silva, G. F. M. de Souza, “FMEA and FTA Analysis Applied to the Steering System of LNG Carriers for the Selection of Maintenance Policies”. 21st Brazilian Congress of Mechanical Engineering, 2011.
- [10] I.H.Afey, “Reliability-Centered Maintenance Methodology and Application: A Case Study. Engineering”, 2010, 2, 863-873.
- [11] M.J.Jafari, N.Gharari, H.R.Sheikhi, “The Reliability of a Tunnel Boring Machine”. International Journal of Occupational Hygiene, 2009, 20-25.
- [12] Ş. Atamer, K. Çavdar, “Tek Kademeli Dişli Kutusunun Güvenilirlik Analizi”. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2009, Cilt 14, Sayı 1.
- [13] M. Kadioğlu, E. Uçmuş, D. Gönen, “Makine İmalatı Yapan Bir İşletmede Tasarım Hata Türü ve Etkileri Analizi ile Hata Kaynaklarının Belirlenmesi ve Kalitenin İyileştirilmesi”. BAÜ FBE Dergisi, 2009, Cilt:11, Sayı:1, 42-55.
- [14] A.T.Türedi, “Reliability Analysis of Heavy Duty Hydraulic Driven Machinery”. Thesis for Master of Basic and Applied Science, Department of Mechanical Engineering, Çukurova University, Turkey, Adana, 2013.