

GAZ MOTORLU KOJENERASYON SANTRALLERDE BAKIM YÖNETİMİ UYGULAMASI VE SONUÇLARI

Levent KILIÇ

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.
İş Kuleleri Kule 3
34330 4.Levent İstanbul

lkilic@sisecam.com

ÖZET

Santralin gücü, yeri, kullanılacak hammadde, makine tipi, sayısı ve boyutları ve işletmeye alındıktan sonra karşılaşılabilecek çalışma koşulları tesisin veriminde ve kendini ödemesinde belirleyici olacaktır.

Santrallerin, kurulum maliyetleri (faiz, amortisman) ile beraber işletme (tamir, bakım, idari) ve yakıt maliyetlerinin de göz önüne alınması tesisin kendini geri ödemesinin hesaplanabilmesi bakımından çok önemlidir. Santral kurulurken beklenen teorik duruma karşılık hesaplamalar yapılmaktadır. Oysa bu yaklaşım, çeşitli işletme verilerinden görüldüğü üzere belli sapmaya uğrayabilmektedir. Bu sapma, özellikle ekonomik hesaplamalarda beklentileri geciktirebilmektedir.

GİRİŞ

Bakım maliyetlerini, tamamen kaldırmak yerine, etkili stratejilerle düşürmek mümkündür. Bunun için işletmecilik bilgisi, teknik altyapı ve araştırma çok önem kazanmaktadır.

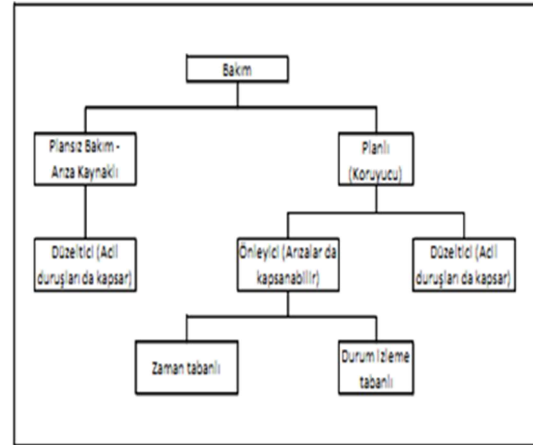
3811 numaralı İngiliz Standardında bakım, bir parçanın işlevinin devam ettirilmesi için gereken “teknik ve idari” hareketler olarak tanımlanmıştır [1].

İşletmenin ömrü; yıpranma, korozyon gibi doğal aşınmalar ve işletme hatalarından kaynaklanan arızalardan etkilenir. Bunlar, doğru malzeme seçimi, dikkatli tasarım, optimum işletme ve bakım stratejileri oluşturularak minimize edilebilir.

İşletme hatalarından kaynaklanan olası hasarlar verimli ve eğitimli personel ve makine güvenliği önlemleriyle azaltılabilir. Bakımın önemini anlamamak kronik sorunlara ve bazen de çok maliyetli ve zaman kayıplı seri arızalara yol açabilir.

BAKIM STRATEJİLERİ

İşletmenin ömrü için ekonomik bir bakım stratejisi kurmak çok önemlidir. Buna bir örnek Şekil 1’ de görülmektedir.



Şekil 1. Bakım ağacı

Bakımın önceden planlanması, düşünülmesi, kontrol edilmesi, tedbir alınması, iyi bir dökümantasyon ve kayıt sistemi ile de organize edilmesi gereklidir. Buna planlı bakım denir. Eğer önceden düşünülmemiş ve planlanmamış hareketlerden oluşursa, buna da plansız bakım denir.

Plansız bakım, çalışan bir işletmede herhangi bir arıza olmadan bakım yapılmadığını ifade eder. Buna arıza ilişkili strateji denir ve düzeltici (corrective) ve acil (emergency) bakım şekillerinden oluşur. Düzeltici çalışmalar arıza oluşuktan sonra yürütülür. Acil bakımda ise, ciddi sonuçlara sebep olmadan, belirgin bir rahatsızlık duyulduğunda ele alınır. Bu tarz bakımlara planlı bakım stratejilerinde yer yoktur. Ancak en iyi organizasyonlarda bile, bu tür çalışmalara gerek kalabilir. Fakat bir norm olarak kabul edilmez.

Bazı işletmelerde bakım maliyetlerinin ve duruş zamanlarının yüksek olması nedeniyle, plansız, arıza bakımcılığına doğru gidilmektedir. Bu, küçük işletmelerde, duruşların, üretim maliyetlerini etkilemediği durumlarda, ikinci el işletmelerde, vb. düşünülebilir, ancak büyük ve daha değerli makinelerin olduğu işletmelerde düşünülemez.

Planlı bakımın amacı, makine arızalarını azaltarak, işletmedeki duruşları ve hasarların maliyetlerini düşürmektir. Önleyici (preventive) bakım planlı bakımın bir parçasıdır.

Önleyici bakım, arıza olasılığını düşürmek ve ekipman ömrünü uzatmak için oluşturulmuştur. Önceden tanımlanmış kriterlere göre belirli periyotlarda yapılır. İşletmenin durma anında, çalışma anında ya da durdurulmasını gerektirecek şekilde yürütülür.

Eğer işletmenin yüksek emre amadeliği (availability) isteniyorsa, çoğu bakımın generatörler çalışırken yapılması gerekmektedir. Bu nedenle özellikle bakımlarda duruş sürelerini ve maliyetlerini azaltacak yöntemler geliştirilmelidir.

Önleyici bakım zaman tabanlı (scheduled) ya da durum tabanlı (predictive =

kestirimci) olabilir. Zaman tabanlı önleyici bakımda önceden düşünülmüş, makine imalatçısına, deneyimlerine, vb. göre bir zaman aralığı, periyot belirlenir. Örneğin, makinelerde değiştirilmesi gerekli parçalar, yapılması gerekli ölçümler, vb. belirlenir.

Durum tabanlı önleyici (kestirimci) bakımda sürekli ya da dönemsel ölçümlerle, durum hakkında bilgi edinerek ve bunu yorumlayarak karar verilir. Gittikçe tercih edilen bakım türü budur.

Durum izleme, sürekli ya da periyodik ölçüm ve veri yorumu ile nelerin ve ne zaman bakıma ihtiyacı olduğu belirlenir. İyi planlanmış bir durum izlemesi ile arıza oluşumu da gözlemlenir ve bu da parça maliyet ve duruşlarını, bekleme sürelerini önler.

Durum izlemesine,

- titreşim ölçümü,
- kaymalı ve rulmanlı yataklar izlenmesi,
- piston segmanlarının (ring) silindir gömlek (liner) yüzeylerine temasını ölçen yaklaşıklık sensörleri (proximity probe) ölçümü,
- yüzey termokupl sensörleri ile gömlek aşınmasının ölçümü,
- egzoz emisyon ölçümleri ile yanma ve ekipmanlarının kontrolü,
- Yüksek frekans ölçüm teknikleriyle stator sargılarının ölçümü, vb.

örnek verilebilir [2, 7].

Bu şekilde izleme ile, belli bir trend oluşturulur. İşletme sensörlerinden gelen analog sinyaller bir bilgisayarda işlenir. İşletme personeline de trendleri, ölçüm sonuçlarının ve değişikliğinin ne ifade ettiği dikkatlice anlatılmalıdır.

Kirlenmeyi anlayabilmek için düzenli kimyasal ve yağ analizleri yapılmalıdır. Yağ analizi içerisindeki elementler, ekipmanın aşınmasını ve arıza olasılığı hakkında ciddi bilgi vermektedir.

Örneğin, makine yağının içerisinde sodyum ya da bor görülmesi, yağa su karıştığını gösterir. Çünkü aynı elementler, makine soğutma suyunun inhibitörleridirler. Yine yağda, yüksek seviyedeki demir ve krom piston segmanlarındaki aşınmaya işaret eder. Yüksek kurşun, bakır ve kalay, piston kolu yatak aşınmalarına işaret eder. Suyun artması pompa keçelerindeki aşınmaya, nikel ve molibdenin artması ise pompa şaftındaki aşınmaya işaret eder.

Kestirimci bakımın yerini artık koruyucu (proactive) bakım almaya başlamıştır. Bunun farkı, kök sebeplere (root cause) inerek, burada çözüm üretilmesidir. Kestirimci ile koruyucu bakım genellikle eşdeğer tutulmaktadır. Ancak aralarında aşağıdaki Tablo 1' deki gibi fark vardır:

| Bakım Stratejisi | Tekniği | Sağlık ile Kıyaslama |
|---|--|--|
| Koruyucu (Proactive) Bakım | Kök neden analizi, izleme ve başlangıcında düzeltme | Kolesterol ve kan değerlerinin ölçümü, diyet uygulanması |
| Önleyici (Preventive) Bakım | | |
| Predictive=Kestirimci Bakım = Durum Tabanlı | Titreşim, ısı, eksen kaçıklığı, parçacık aşınması, vb. nin izlenmesi | Kalp hastalığının EKG ya da ultrasonla tespiti |
| Önleyici (Preventive) Bakım | | |
| Scheduled=Zaman Tabanlı | Perivodik parça değişimi | Bypass va da transplant ameliyatı |
| Arıza (Breakdown) Bakım | Çok büyük bakım bütçesi | Kalp krizi |

Tablo 1: Karşılaştırmalı bakım

ÖNLEYİCİ BAKIM

Makine imalatçılarının önerdiği genellikle zaman tabanlı kestirimci bakım olmaktadır. Bu şekilde parça güvenilirliği artmaktadır.

Durum izlemesi için gerekli ekipmanlar, ilk yatırım maliyetlerinin düşürülebilmesi için genellikle verilmemektedir. Bunların sonradan eklenmesi de hem teknik ve hem de idari olarak daha zor olabilmektedir.

Zaman tabanlı önleyici bakım için gerekli duruş süresi, parça maliyetleri ve servis işçiliği çok artmaktadır. Çıkan malzemeler bertaraf sıkıntısı oluşturmaktadır. Topkapı işletmesinde buna bir örnek Tablo 2'de görülmektedir.

Küvet eğrisi incelendiğinde, arıza duruşlarının önemli bir kısmının planlı ya da plansız duruşlardan sonra gerçekleştiği görülmektedir.

| Makine | 8087 |
|---|-----------------|
| Tarih | 21.07.2005 |
| Çalışma Saati | 57825 |
| Bakım cinsi | 4000 bakım |
| Duruş süresi | 15,1 saat |
| 2000 çalışma saati bakımı (Ana işler) | Açıklama |
| Makineyi boşa alarak, overspeed (aşırıhız) ile durdurun. | Yapılmıştır |
| Yağ filtrelerini değiştirin, filtre mahfazasını temizleyin, çıkan yağı filtre edip, geri koyun. | Yapılmıştır |
| Governor yağını değiştirin. | Yapılmıştır |
| Pilot pompayı gresleyin. | Yapılmıştır |
| Santrifüj filtreleri temizleyin | Yapılmıştır |
| Yakıt pompasını gresleyin | Yapılmıştır |
| Önyağlama pompasını gresleyin | Yapılmıştır |
| Yakıt filtrelerini değiştirin, mahfazayı temizleyin, motorini filtre ederek geri koyun. | Yapılmıştır |
| Pilot yakıt filtrelerini değiştirin, mahfazayı temizleyin, motorini filtre ederek geri koyun. | Yapılmıştır |
| Gaz filtreleri değiştirin. | - |
| Valf ayarı yapın. | Yapılmıştır |

| | |
|--|-------------|
| 2000 çalışma saati bakımı (İlave işler) | |
| Makineyi boşa düşürerek, geri dönüşlerden motorin nümunesi alarak, su kaçak testi yapın. | Yapılmıştır |
| Karter kapaklarını açarak, silindirlerden kartere su kaçağını kontrol edin. | Yapılmıştır |
| Hava coolerleri giriş çıkış basınç testi yapın | - |

| | |
|---|---|
| 4000 çalışma saati bakımı (Ana işler) | |
| Hava coolerlerini temizleyin, değiştirin. ...devam... | Coolerler temizletirilmiştir. Çıkanlar:A bank (2D 184816=A1), B bank (2D 184818=B) seri numaralıdır. 1. makineden çıkan 8086A=2D1848-04, 8086B=2D184802 nolu coolerler takılmıştır. |
| Elektriki bağlantıları kontrol edin. | A1 exhaust sensörü B4' e takıldı. Depodaki çıkma exhaust sensörü B5' e takıldı. Tek kanallı kırık. B4 exh ve liner sensör kabloları ile A5' inkiler yer değiştirildi. |
| Camshaft yüzeylerini kontrol edin. Tappet rollersları kontrol edin. Rollerslar rahatça dönüyormu diye, makineyi turning gearla döndürerek kontrol edin. | Kontrol edilmiştir (Oğuz). |
| Governör ile injeksiyon pompaları arasındaki bağlantıları aşınma ve işlevsellik bakımından kontrol edin. | Kontrol edilmiştir (Oğuz). |
| Crankshaft eksenlemesini kontrol edin. Makine sıcakken ve suyu boşaltmadan yapın. Değerleri WV98V036 nolu forma kaydedin. | Hot deflection alınmıştır. |
| Crankshaft thrust yataklarını boşluğunu (clearance) kontrol edin. Eksenel boşluğu ölçün. | Kontrol edilmiştir (Oğuz). |
| Silindir ceketlerindeki su kanallarını kontrol edin. 1 mm' den fazla deposit olmamalıdır. | Deposit yoktur. |
| Gaz filtresi kartrujlarını değiştirin. Filtre mahfazalarını temizleyin. | |
| Enjektörleri değiştirin. | - |
| Silindir kaçırılmazlık testi yapın. | Etkili olmamaktadır. Bu nedenle yapılmamıştır. |

Tablo 2: Kronolojik olarak sağa kayan bakım, arıza takibi, sınıflandırması

Mevcut durumu iyileştirecek yöntemler geliştirilmiştir:

Örnek Durum -1: 1000 saatlik bakımda tüm yakıt filtrelerinin değişimi öngörülmüştür.

İyileştirme: Tüm filtrelerin giriş ve çıkışlarından değer alan fark basınç transmitterleri monte edilmiştir. Filtre kirliliği ve değişim periyodu, buna karşılık düşürülmüştür. Buna göre 1000 saatlik periyot, en azından 4000 saate çıkarılmış, her bakımda da 13 yakıt filtresi ve filtre mahfazasındaki yakıt geri kazanılmıştır.

Örnek Durum -2: 2000 saatlik bakımda yağ filtrelerinin değişimi öngörülmüştür.

İyileştirme: Aynı işlem yağ filtreleri için de gerçekleştirilmiş ve her 2000 saatte 8 adet yağ filtresi ve yağı geri kazanılmıştır.

Örnek Durum -3: 4000 saatlik bakımda hava soğutucularının (air cooler) temizliği öngörülmüştür.

İyileştirme: Hava soğutucularının kimyasal temizliği montajıyla beraber yaklaşık 4 gün sürmektedir. Bir makine sadece hava soğutucusu temizliği için yılda 2 kez 4' er gün durmaktadır. Bunun için ve aynı zamanda yedekleme amacıyla bir takım soğutucu alınmış ve bunlar, bakım amacıyla sökülenlerin yerine takılarak yaklaşık olarak %87,5 zaman tasarrufu, işçilik tasarrufu ve üretim kaybı önlenmiştir. Aynı zamanda alınan soğutucular sistem güvenilirliğini arttırmak için yedek parça stoğuna alınmıştır. Bu bakım yöntemine literatürde rastlanmamaktadır. Ben buna yedek parça tabanlı bakım diyorum. Süre, işçilik ve üretim maliyetleri ile, gereken en az yedek parça kıyaslanırsa, hangi malzemenin ne kadar fayda sağlayacağı görülebilir.

Örnek Durum -4: Hava soğutucularının 4000 saatte bir temizlenmesi öngörülmüştür.

İyileştirme: Örnek 3' te anlatılan iyileştirmelere gerçekten gerek var mıydı? Soğucuların giriş çıkışı U basınç ölçeri ile kontrol edilerek, kirlilik seviyesi anlaşılmasına çalışılmıştır. Bu kirliliğin, makine yanma verimine nasıl etki ettiği egzoz gazı periyodik ölçülerek anlaşılmasına çalışılmıştır. Uzun süreli ölçümlerle, fark basınç fonksiyonu kurularak, verimliliğin trendi çıkarılmış ve periyodun 4000 saatten daha uzun olması gerektiği hesaplanmıştır.

Örnek Durum -5: Verimin artırılması için periyodik yapılan otomasyon değişiklikleri ve parça ihtiyacı.

İyileştirme: İşletmenin olduğu Topkapı bölgesinde her yıl aynı şekilde mart ve nisan aylarında işletme veriminin, diğer parametreler aynı kalmak şartıyla arttığı görülmüştür. Meteoroloji Müdürlüğü istatistikleri, havanın basınç, nem ve sıcaklık düzeltmeleri yapıp, bunlar referans alınarak, (Stokiyometrik oran yakalanarak) yanma optimizasyonu yapılmış ve ciddi yakıt tasarrufu ve işletme güvenilirliği sağlanmıştır.

| bakım | malzeme kodu | malzeme adı | miktar |
|-------|--------------|-----------------------------|--------|
| 1000 | 470 200 | fuel filter | 9 |
| | 470 130 | pilot filter | 4 |
| | 473 040 | sealing set for centrifugal | 2 |
| | 470 241 | sealing set for LFO | 1 |
| | 470 061 | o ring | 2 |
| | 470 067 | o ring | 2 |
| | 470 070 | o ring | 2 |
| | 470 072 | o ring | 2 |
| | 470 075 | o ring | 1 |
| | 470 076 | o ring | 1 |
| 2000 | 471 196 | lube oil filter | 8 |
| | 471 235 | sealing set for LO | 1 |
| 4000 | 476 004 | gasket | 2 |
| | 476 005 | gasket | 4 |
| | 476 006 | gasket | 2 |
| | 354 001 | gasket | 16 |
| | 167 045 | pilot fuel injection valve | 18 |
| | 167 162 | o ring | 18 |
| | 167 174 | o ring | 18 |
| | 167 274 | o ring | 36 |
| | | alternator | 8 |
| | | antistatic filter | 1 |
| | 207 926 | WG pilotventil | 1 |
| | | WG spare part kit | 1 |
| | 207 930 | dlaphgram | 1 |
| | GRU filters | | |

Tablo 3: Örnek bakımlarda kullanılan ve tasarruf edilen yedek parça listesi

| Bakım | İmalatçı baz alınarak | gerçekleşen | Gerçekleş-tirilebilir |
|-------|--------------------------------|--------------------|-----------------------|
| | adam sayısı (+1=supervisor) | Süre (gün=8 sa) | |
| 2000 | 0 | 0 | 0 |
| 4000 | 2 | 8 | 0 |
| 8000 | 2 | 8 | 0 |
| 12000 | 4 +1 | 16 | 80 |
| 16000 | 8 +1 | 96 | 864 |

Tablo 4a: Referans duruma göre gelen iyileştirilmiş durum

| Sözleşme, bakım türü | adedi | İşçilik süresi (sa) | toplam |
|----------------------|-------|---------------------|--------|
| 2000 | 31 | 60 | 1860 |
| 4000 | 15 | 249 | 3735 |
| 8000 | 7 | 180 | 1260 |
| 12000 | 5 | 530 | 2650 |
| 16000 | 3 | 385 | 1155 |
| | | 1404 | 10660 |

Tablo 4b: Tasarruf edilen malzeme durumu

Makine imalatçısının zaman tabanlı bakım programı baz alınarak (8 yıl süresinde) yapılan iyileştirmeler ve işçilik ve malzeme tasarrufu Tablo 3 ve 4a-b' de görülmektedir:

Burada işçilikte %87,5, yedek parçada ise tam zamanlı kestirimci bakım izlenilmesine rağmen %33,5 tasarruf sağlanmıştır.

İşletme emre amadeliğinde şu sonuca ulaşılmıştır (Tablo 5):

| | 1. Makine* | | | | 2. Makine* | | | | plant |
|------|-------------|--------------|----------|-------------|-------------|--------------|----------|-------------|------------|
| | reliability | availability | capacity | load factor | reliability | availability | capacity | load factor | efficiency |
| 2000 | 95,96 | 93,40 | 83,68 | 89,43 | 88,86 | 83,63 | 76,80 | 91,23 | 39,53 |
| 2001 | 96,15 | 89,22 | 80,10 | 89,56 | 96,93 | 95,54 | 86,49 | 90,60 | 38,91 |
| 2002 | 98,36 | 96,62 | 86,47 | 89,57 | 97,61 | 92,15 | 80,92 | 88,08 | 40,29 |
| 2003 | 98,94 | 94,72 | 89,23 | 94,35 | 98,23 | 96,77 | 89,15 | 91,93 | 40,57 |
| 2004 | 99,38 | 99,23 | 90,21 | 90,88 | 98,49 | 95,07 | 85,23 | 88,92 | 40,37 |
| 2005 | 98,00 | 96,81 | 74,81 | 77,15 | 95,74 | 94,31 | 72,46 | 76,78 | 40,28 |

Tablo 5: Gerçekleşen değerler

$$RL = \frac{D - (B + A)}{(D - B)} \quad AV = \frac{D - (B + A)}{D}$$

$$CF = \frac{\text{Üretilen MWh}}{\text{Santral Gücü} * D} \quad LF = \frac{\text{Üretilen MWh}}{\text{Santral Gücü} * (D - (A + B))}$$

D = Dönem zamanı (Saat, Gün, Ay, Yıl)

B = Bakım zamanı (Saat, Gün, Ay, Yıl)

A = Arıza zamanı (Saat, Gün, Ay, Yıl)

Planlı ve arıza (Yüzdesel) duruşları Tablo 6' da görülmektedir. 2005 yılında ülkemizin enerji politikaları doğrultusunda arıza ve bakım harici duruşlar olmuştur.

Bakım yönetiminde, “yalın üretim tekniği” kuralları uygulamak, süre açısından çok faydalı olmaktadır. Buna örnek, bakım parçalarının kutucuklara ayrıştırılması verilebilir. Bu şekilde parça arama, kaybetme, vb. tür sıkıntıların önüne geçilmiş olur.

İşletmede Pareto analizlerinin yapılması, olayların sınıflandırılıp, buna göre çözüm bulunmasında faydalı olacaktır. Pareto analizinde; yedek parça bekleme, servis bekleme, sorunun tespiti, sipariş gecikmesi, uygun olmayan malzeme kullanımı, personel eksikliği, bilgi eksikliği, yanlış iş yapmak, yönetim ve organizasyon hataları, vb. tür parametreler ayrıştırılmalı ve bunun üzerine giderek,

hatanın nereden kaynaklandığı araştırılmalıdır. Makine üzerindeki sınıflandırma ile ilgili bir örnek aşağıdaki Tablo 7' de görülmektedir:

Diagnostik matrisleri geriye doğru bilgilerin her zaman kullanılmasını mümkün kılacaktır. Tablo 8' de örneği görülmektedir:

| arıza | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1. Mak. | 3,95 | 3,48 | 1,63 | 1,02 | 0,62 | 2,54 |
| 2. Mak. | 9,73 | 2,95 | 2,26 | 1,77 | 1,32 | 3,01 |
| bakım | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| 1. Mak. | 2,67 | 7,38 | 2,76 | 4,22 | 0,15 | 1,22 |
| 2. Mak. | 6,60 | 1,54 | 6,07 | 1,38 | 4,55 | 1,82 |
| diğer | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| 1. Mak. | | | | | | 12,33 |
| 2. Mak. | | | | | | 12,00 |

Tablo 6: Arıza – Bakım Süreleri

| Arıza Kodları | |
|---------------|---|
| Makine | |
| 100 | Makine bloğu |
| 101 | karter |
| 102 | Ana yataklar |
| 103 | Silindir gömlekleri |
| 104 | kapaklar |
| 110 | Krankşaft ve bağlantı elemanları |
| 111 | Titreşim dampert, volan |
| 112 | Piston kolu, yatakları ve bağlantı elemanları |
| 114 | Piston, piston pinli |
| 115 | Piston segmanları |
| 240... | Krankşaft dengeleme ağırlıkları, vb. |

Tablo 7: Arıza kodlama

| Arıza | Belirtisi (Alarm, Gözlem) | Çözüm Önerileri | Yeri |
|--|---|--|---|
| Genel Kurallar | | İş emniyeti sağlamadan işe başlamayın | |
| | | Bir arızada en son iş yapılan bölgeye yoğunlaşın. | |
| | | Bir yer arızalı ise; bir önceki ve bir sonraki bağlantılarına bakın (n-1 ve n+1 noktaları) | |
| | | Düzenli çalışın, işi bitirdikten sonra malzemelerinizi toplayın | |
| | | Temizliğe aşırı önem verin | |
| Makine (3000 kW üzerinde) yük alamıyor | High load swing | TDC uyarı kaymış olabilir | Kemşaft üzerindeki ışıklı hız sensörünün (ST...) ayarlanması gerekli. |
| | Sensor failure air temperature TC inlet | T/C A bank tarafındaki charge air inlet sensörü arızası ya da gevşemesi | |
| | Kontrol havasının kesilmesi | SMU3-2' deki bağlantı gevşekliği | |
| | LT inlet temp sensörünün gevşemesi; arızası | | |
| Kontrol hava basıncının aşırı artması | High exhaust gas temperature | Wastegate positioner içerisindeki pistonu basan yayın yerinden çıkması | Wastegate |
| | Heavy knocking | | |
| | Wastegate açısı sıfıra düşer | | |

Tablo 8 : Kök neden oluşturulması

TRIZ problem çözme tekniklerini uygulamak ve geliştirmek, ekipman ve sistem kütüklerinin (logbook) oluşturulması, hata ve olay ağaçlarının çıkarılması, vb. gibi yöntemler arızaların kök nedenlerinin bulunmasında çok fayda sağlamaktadır.

SONUÇ

Bakım yönetiminde amaç, çok fazla değil, etkili ve gerekli bakım yapmak olmalıdır. Artan bakım maliyetleri, bakımların hiç yaptırılmamasına yol açmaktadır. Yedek parçalar belirlenirken, sadece arıza durumlarını gidermek amaçlı değil, aynı zamanda bakım sürelerini ve işçiliğini de düşürecek şekilde düşünülmeli ve kullanılmalıdır.

Bakım yöntemlerinin geliştirilmesi, işletme bilgi ve tecrübelerinin paylaşılması, kayıt altına alınması, ölçme ve kontrol sistemlerinin sağlanması ile işletmedeki

ekonomik bakım ve üretiminin sağlanması mümkün olacaktır.

Burada yapılan işler ile ilgili genel bilgi verilmiştir. Tabloların ve bakımların kapsamı çok daha geniştir. Bu nedenle, işletmelere dönük malzeme, hammadde, bakım ve enerji takip ve yönetim sistemlerinin kurulması gerekir.

KAYNAKLAR

- [1] BS 3811 Standard
- [2] Lindley R. Higgins, Maintenance Engineering Handbook, 1995
- [3] Doc Palmer, Maintenance Planning and Scheduling Handbook, 1999
- [4] S. R. Calabro, Reliability Principles and Practices, 1962
- [5] David J. Smith, Reliability, Maintainability and Risk, 2001
- [6] Robert C. Rosaler, Standart Handbook of Plant Engineering, 1994
- [7] Doug Woodyard, Marine Diesel Engines, 2004