T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
KALİTE YÖNETİMİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

TPM ANLAYIŞI KAPSAMINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN OEE ANALİZLERİ VE BİR İMALAT İŞLETMESİNDE UYGULANMASI

Uugangerel JUGDERRAGCHAA

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Murat TANIK

İZMİR – 2017

TEZ ONAY SAYFASI

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum "TPM Anlayışı Kapsamında Gerçekleştirilen OEE Analizleri Ve Bir İmalat İşletmesinde Uygulanması " adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

……/……/2017

Uugangerel JUGDERRAGCHAA

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TPM Anlayışı Kapsamında Gerçekleştirilen OEE Analizleri ve Bir İmalat İşletmesinde Uygulanması

Uugangerel JUGDERRAGCHAA

Dokuz Eylül Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Toplam Kalite Yönetimi Anabilim Dalı
Kalite Yönetimi Tezli Yüksek Lisans Programı

Rekabetin giderek arttığı bugünlerde, işletmelerin sahip oldukları varlıkları verimli kullanabilmeleri çok önemlidir. TPM (Total Productive Maintenance- Toplam Üretken Bakım), Toplam Kalite Yönetimi felsefesi çerçevesinde üretimin ve hizmetin sağlandığı her türlü makinenin ve ekipmanın verimli kullanılması ile sıfır arıza ve sıfır kayıp hedefleyen bir anlayıştır. TPM uygulamalarının başarısının ölçülmesinde en büyük rol oynayan OEE, (Overall Equipment Effectiveness – Toplam Ekipman Etkinliği) makine ve tesislerin hangi etkinlikte kullanıldığını ölçen çok önemli bir parametredir.

Bu çalışmada, öncelikle bakım ve toplam üretken bakım kavramları açıklanmış ve ekipman etkinliğiyle ilgili literatür taraması sunulmuştur. İşletmenin etkinliğinin ölçülmesinde kullanılan, Toplam Ekipman Etkinliği (OEE) kavramı ve bu kapsamda gerçekleştirilen makine ve ekipman uygunluğu, performans etkinliği, kaliteli ürün oranı hesaplamalarına ilişkin analizleri yapılmıştır.

Polyester depolama tank imalatı yapan bir firmada gerçekleştirilen OEE analiz çalışması sunulmuştur. Toplam ekipman etkinliği yöntemi hakkında literatür araştırma sonucunda işletmeden alınan bir aylık veriler ile OEE hesaplama yapılmıştır. Hesaplamayı haftalık bazında değerlenip haftaları karşılaştırarak değerler arasındaki farkları hakkında bilgi verilmiştir. OEE sonuçtan yola çıkarak, durumun iyileştirilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: TPM, Toplam Üretken Bakım, Bakım, OEE, Toplam Ekipman Etkinliği, Polyester Depolama Tank.

ABSTRACT

Master's Thesis

OEE Analysis Performed Under The TPM Concept and Implementation In A Manufacturing Operation

Uugangerel JUGDERRAGCHAA

Dokuz Eylül University

Graduate School of Social Sciences

Department of Total Quality Management

Quality Management Program

Nowadays, when competition is on the rise, it is very important that businesses can use their assets efficiently. TPM (Total Productive Maintenance) is an understanding of zero failure and zero loss through the efficient use of all types of machines and equipment provided for production and service in the framework of Total Quality Management philosophy. Overall Equipment Effectiveness (OEE), which plays the biggest role in measuring the success of TPM applications, is a very important parameter that determines the effectiveness of machines and facilities.

In this study, firstly the concept of maintenance and total productive maintenance are explained and literature review on equipment effectiveness are presented. The concept of Total Equipment Effectiveness (OEE) and the analysis of machine and equipment suitability, performance efficiency and quality ratio calculations carried out in this context were analyzed.

OEE analysis carried out in a company which manufactures polyester storage tank were presented. With outcome of the litreature review on the Overall Equipment Effectiveness Method, the datas were extracted and OEE calculated from the operation within one month's period. The calculation is evaluated and compared on a weekly basis and resulting information about the differences between the values were given. As a result of OEE method, recommendations to improve the situation found.

Keywords: TPM, Total Productive Maintenance, OEE, Overall Equipment Effectiveness, Polyester Storage Tank.

TPM ANLAYIŞI KAPSAMINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN OEE ANALİZLERİ VE BİR İMALAT İŞLETMESİNDE UYGULANMASI

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI ii
YEMİN METNİ iii
ÖZET iv
ABSTRACT vi
İÇİNDEKİLER viii
KISALTMALAR x
TABLOLAR LİSTESİ xi
ŞEKİLLER LİSTESİ xii
EKLER LİSTESİ xiii

GİRİŞ 1

BİRİNCİ BÖLÜM
BAKIM VE TOPLAM ÜRETKEN BAKIM

1.1. BAKIM KAVRAMI 3
1.1.1. Bakım Tanımı ve Önemi 3
1.1.2. Bakım Yaklaşımı 7
1.1.2.1.Arıza Bakım 7
1.1.2.2.Önleyici Bakım 8
1.1.2.3.Verimli Bakım 9
1.1.2.4.Toplam Üretken Bakım 9
1.1.3. Bakım Sisteminin Önemi ve Amacı 11
1.2. TOPLAM ÜRETKEN BAKIM KAVRAMI 12
1.2.1. TPM'in Tarihsel Gelişimi 19
1.2.2.TPM'in Bileşenleri, Hedefleri ve Amaçları 23
1.2.2.1. TPM Bileşenleri 23
1.2.2.2.TPM Hedefleri 25
1.2.3. TPM 8 Sütunları 29

İKİNCİ BÖLÜM
TOPLAM EKİPMAN ETKİNLİĞİ (OEE)

2.1. TOPLAM EKİPMAN ETKİNLİĞİ KAVRAMI 33
2.2. ALTI BÜYÜK KAYIP 36
2.3. OEE HESAPLAMASI 42

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
İMALAT İŞLETMESİNDE UYGULANMASI

3.1. İŞLETME TANITIMI 44
3.1.1. İşletme Analizi 44
3.1.2. İşletmede Verilerin Toplanması 48
3.1.3. Ürünlere Ait İş Akışının Belirlenmesi 48
3.2. ÜRETİM SÜRECİNDE OLUŞAN KRONİK PROBLEMLERİ 49
3.3. OEE'NİN HESAPLANMASI VE VERİLERİNİN TOPLANMASI 50
3.3.1. OEE Hesaplama Formülasyonu 52
3.3.2. Tank Üretim Hattı Kullanılabilirlik Oranı Verileri 53
3.3.3. Tank Üretim Hattı Performans Oranı Verileri 56
3.3.4. Tank Üretim Hattı Kalite Oranı Verileri 59
3.3.5. Genel OEE Hesaplanması 61
3.3.6. Genel OEE'sini Değerlendirmesi 64
3.4. MEVCUT PERFORMANSIMIZI OLUMSUZ ETKİLEYEN EN ÖNEMLİ KÖK SEBEPLERİN BELİRLENMESİ 65
3.5. BU KÖK SEBEPLERİN ORTADAN KALDIRILMASI İÇİN ÖNERİLER 67
3.6. OEE KAPSAMINDA VERİ TOPLANMASI İÇİN DİKKAT ETMESİ GEREKEN NOKTALAR 72

SONUÇ VE ÖNERİLER 73
KAYNAKÇA 75

KISALTMALAR

TPM –	Total Productive Maintenance
TÜB –	Toplam Üretken Bakım
TDK –	Türk Dil Kurum
OEE –	Overall Equipmant Effectiveness
TEE –	Toplam Ekipman Etkinliği
KOBİ –	Küçük ve Orta Büyüklekte İşletme
TMMOB –	Türkiye Makine Mühendisliği Oda Birliği
JIPM –	Japonya Fabrika Bakım Enstitüsü (Japan İnstitute of Plant Maintenance)
CBM –	Condition- Based Maintenance (Duruma Bağlı Bakım)
RCM –	Reliability Centred Maintenance (Güvenirlik Odaklı Bakım)
PM –	Preventive Maintenance **(**Önleyici Bakım)
CM –	Corrective Maintenance (Düzeltici Bakım)
5S –	Sınıflandırma (Seiri), Düzenleme (Seiton), Temizlik (Seiso), Standardizasyon (Seiketsu), Disiplin (Shitsuke)
4M –	Makine, İnsan, Malzeme, Yönetim (Machine, Man, Material, Method /4Ms)

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: TPM Amaçları s. 16
Tablo 2: TPM Tarihsel Gelişim ve Faaliyetleri s. 22
Tablo 3: Girdi ve Çıktı Faaliyet Arasındaki İlişkiler s. 34
Tablo 4: 6 Büyük Kayıp ve OEE İlişkisi s. 37
Tablo 5: Sekiz Ana Üretim Kaybı s. 39
Tablo 6: Fiberteknik Polyester İmalattaki İş Akış Süreci s. 49
Tablo 7: İşletme'deki 1 Aylık Planlı ve Plansız Duruş Süreleri s. 51
Tablo 8: Tank Üretim Hattı Kullanılabilirlik Oranı Verileri s. 53
Tablo 9: Tank Üretim Hattı Performans Oranı Verileri s. 56
Tablo 10: Tank Üretim Hattı Kalite Oranı Verileri s. 59
Tablo 11: Tank Üretim Hattı Toplam Ekipman Etkinliği Verileri s. 61
Tablo 12: Bir Aylık Üretim Sonucundaki Duruş Sebepleri s. 66

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Bakım Süreci s. 4
Şekil 2: Bakım Yaklaşımları s. 7
Şekil 3: TPM Felsefesi s. 10
Şekil 4: Bakım Sistemi s. 11
Şekil 5: Toplam Üretken Operasyonu s. 17
Şekil 6: TPM'i Olumsuz Etki Eden 8 Ana Nedenleri s. 19
Şekil 7: Toplam Üretken Bakım Tarihsel Gelişimi s. 20
Şekil 8: TPM'in Bileşenleri s. 24
Şekil 9: Netaş TPM Eğitim Dokümları s. 26
Şekil 10: TPM 8 Sütunları s. 29
Şekil 11: OEE Çarpanları ve Altı Büyük Kayıp Arasındaki İlişki s. 38
Şekil 12: Altı Büyük Kayıp ve Geliştirme Hedefleri s. 41
Şekil 13: Analiz Edilen Ekipmanlar s. 46
Şekil 14: Tank Üretim Hattı Kullanılabilirlik Oranı Verilerinin Karşılaştırılması s. 54
Şekil 15: Tank Üretim Hattı Performans Oranı Verilerinin Karşılaştırılması s. 57
Şekil 16: Tank Üretim Hattı Kalite Oranı Verilerinin Karşılaştırılması s. 59
Şekil 17: Tank Üretim Hattı Toplam Ekipman Etkinliği Verilerinin Karşılaştırılması s.62
Şekil 18: Plansız Duruşların Pareto Analizi s. 67
Şekil 19: Tank Üretim Hattı Plansız Duruşların Ağaç Diagramı s. 69

EKLER LİSTESİ

Ek 1: Üretim Süresinde Gerçekleşen Duruş Sebepleri Kayıt Formu ek s.1
Ek 2: Üretim Süresinde Gerçekleşen Üretilen Ürün Miktar Kayıt Formu ek s.2

GİRİŞ

Bugünün rekabet gücü yüksek, dinamik ve hızla değişen çevrede, üretim organizasyonları arasındaki rekabet çok yüksektir. Günümüzde küreselleşme çağındayız ve Japonya, Kore, Çin vb. gibi diğer endüstrilerle rekabet edebilmek için bakım bölümümüz de dâhil olmak üzere tüm bölümlerde modern kalkınmaya yönelmek gerekir.

Günümüzün hızla değişen pazar ortamında, üretim faaliyetlerinde yavaş ve istikrarlı gelişmeler, sürdürülebilir bir kârlılığın veya bir organizasyonun hayatta kalacağının garantisini vermemektedir. Gittikçe küresel bir ekonomide maliyet-etkin imalat, rekabette kalmanın bir zorunluluğu haline geldi. Hızla değişen piyasa gereksinimleri, müşterilerin memnuniyetini sağlamak için maliyet düşürme, üretkenlik düzeylerini artırma, kalite ve zamanında teslimat üzerine odaklanarak bir işletmenin performansındaki gelişmeleri gerektirir. Kalite ve bakım fonksiyonları, bir imalat organizasyonunda sürdürülebilirliği sağlamak için yaşamsal faktörlerdir. İmalat endüstrisi, yönetim yaklaşımları, ürün ve proses teknolojileri, müşteri beklentileri, tedarikçi tutumları ve rekabetçi davranışlar gibi önemli değişikliklerle son üç yılda benzeri görülmemiş derecede bir değişim geçirdi. Çoğu sektörün dünya standartlarında bir organizasyon olması beklenmektedir.

Özellikle son yıllarda bilgi ve teknolojilerindeki hızla ilerleyen gelişmeler ve her geçen gün katlanarak artan bilgi yoğunluğu ve bolluğu, alışveriş ve tüketim alışkanlıklarımız değişmektedir. Ancak piyasada birçok ürün bolluğuna rastlanılmasına rağmen hayatımızın değişen tarzına ayak uyduramayan çeşitlerden ibarettir.

Küreselleşen rekabet ortamında işletmelerin ayakta kalabilmeleri aynı zamanda misyon, vizyon ve stratejiler doğrultusunda hedeflerini yerine getirmeye çalışmaktadır. Piyasadaki rakip firmalardan önde gelebilmeleri için kaliteyi ucuza üretmeye çalışmaktadır. Hız, kalite ve ucuzluğu üretmek işletmeleri oldukça zorlamaktadır. Verimlilik ve etkinliği artırabilmek için çeşitli yönetim sistemleri uygulamaktadır. Bu sistemlerden biri Japonya'dan dünyaya yayılan Toplam Üretken Bakım (TPM) sistemidir.

TPM, işletmelerin üst yönetiminden başlayarak tüm çalışanların desteğini ve katılımını gerektiren, hedefler ve öncelik doğrultusunda ekipman kullanımında en yüksek verimi sağlamayı hedeflemektedir. Ancak TPM gerçekleştirmek isteyen işletmeler için yapılması gereken ilk şey, makine ve tesislerin hangi etkinlikte kullanıldığını ölçen önemli bir parametre OEE'dir. OEE ile makine ve ekipmanların duruşlarını, performans ve kalite kayıplarını tek bir parametre ile ölçebilmekte ve izleyebilmektedir.

Bu çalışmada, OEE değerinin hesaplanması, yorumlanması ve maksimize edilmesi için gereken konulara yer verilmiştir. TPM anlayışı kapsamında OEE hesaplamaları ele alınarak polyester ve elyaf üzerinden gıda, kimyasal ve su ürünleri için depolama tankları üreten imalat işletmesinin OEE değerleri hesaplanmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde TPM kavramı, TPM tarihsel gelişimi, TPM hedefleri ve TPM 8 sütunlar ile ilgili kavramlara yer verilmiştir.

İkinci bölümde Toplam Ekipman Etkinliliği (OEE) kavramı, 6 büyük kayıp ve OEE hesaplaması ile ilgili kavramlara yer verilmiştir.

Son bölümde ise polyester ve elyaf üzerinde üretim yapan imalat işletmesinde OEE analizleri sonucunda işletmede sık yaşanan hata ve arıza nedenlerini tespit ederek öneride bulunmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM
BAKIM VE TOPLAM ÜRETKEN BAKIM

1.1. BAKIM KAVRAMI

1.1.1 Bakım Tanımı ve Önemi

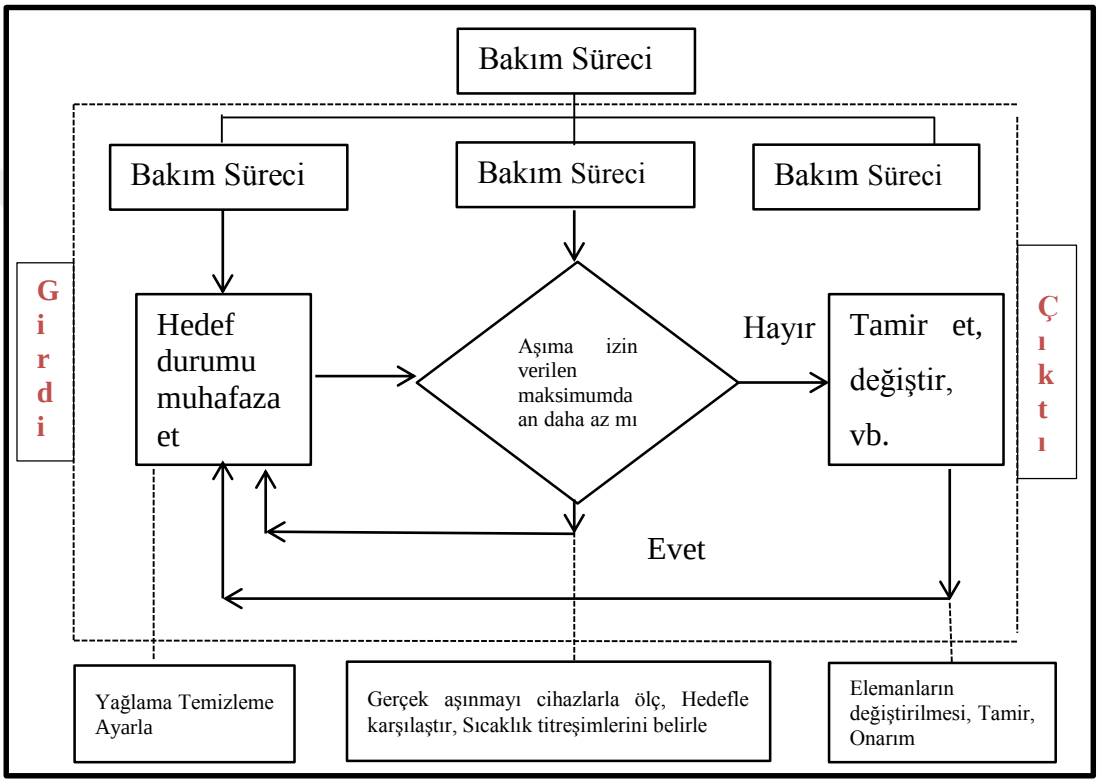
Bakım, tesiste gerçekleştiren üretim performansını istenen düzeyde tutmaları, üretim sisteminin plan ve programına uygun olarak çalışmasını sağlama ve istenen çalışma düzeyinde kalmalarını kontrol eden bir yürütme sistemidir. Bakım, makinelerin iyi durumda servis edilebilirlik ve kaliteli ürünler üretmek için operasyonel olarak güvenli olduğundan emin olmak için yapılır. Araştırmalar toplam üretim maliyetinin %15 ile %40'ının bakım faaliyetlerine atfedildiğini bildirirler. Bununla birlikte, bu maliyetin %33'ünün gereksiz yere harcandığını ispatlamaktadır. Atık, bakım faaliyetlerinde başarısızlık nedeniyle yanlış bakım tekniklerini kullanma, bu gibi görevlere yetersiz işçi atama ve sahte yedek parçalar kullanma gibi bakım masraflarında tahakkuk eder. Makinelerin genel kullanımında katkıda bulunabilecek makine özelliklerinin ve operasyonel güvenlik özelliklerinin belirlenmesinde ihmalden kaynaklanmaktadır.

Bakım faaliyetleri, sürekli izleme, kontrol ve ölçümün yapılmasını gerektirir. Performans ölçümü eylemin verimliliğini ve etkinliğini ölçmek için bir araçtır. Ölçüm, karar vermeye ve iyileştirme planlarının oluşturulmasına yardımcı olmak için kullanılabilecek performans verilerini yakalamak için bir araç sağlar. Verimlilik iyileştirmelerinin desteklenmesi ve teşviki yoluyla performans ölçümlerinin genellikle imalat işletmelerinin rekabet edebilirliğini ve karlılığını arttırmak için kullanıldığını belirtmiştir.

Bakım, imalat sisteminde önemli bir işlemdir. Performans verimlilğini sağlamak için etkin bir şekilde yütürülmesi ve ölçülmesi gerekmektedir. Verimlilik ve maliyet çizelgesi gibi faktörlerden etkilenen bakım konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Coetzee'ye göre bakım performanslarını etkileyen en önemli unsur bakım faaliyetleri tarafından etkilenen bir özelliktir diye açıklamaktadır. Diğer araştırmacı Higgins'e göre bakım, uygulaması eninde sonunda bilimlerin birçoğuna

ya da tümüne dayandığı bir bilim hatta bir sanat olarak açıklanmaktadır. Çünkü bazı yönetici, ustabaş ve teknikerler bunun için diğerlerinin gösteremediği ya da asla erişemeyeceği üstün bir yetenek sergilemelerini gerektiren bir bilimdir (Gücün: 1999: 7). Bu durumda gerçekleşen bakım süreci nasıl olmalı diye araştırıldığında Şekil 1'e ulaşılmıştır.

Şekil 1: Bakım Süreci



Kaynak: Raouf, 1994: 46

1950 yılı öncesi insanlar ekipman üzerine çok önem göstermemiştir. Japonların ortaya koyduğu çalışma sonucunda bakım kavramının önemli olduğuna dair fikirleri dünyada yayılmaya ve kabul edilmeye başlamıştır. İşlerin yapılmasında, yatırımlarda ve malzeme kullanımının karlılığı gibi konularda performans verimliliği etkileyen oldukça önemli bir faktör hale gelmiştir. Ekipman üzerindeki bakımın geliştirilmesi demek bakım sistemine şu özellikleri kazandırmaktadır;

- Üretimin planlaması
- Ürün geliştirme
- Kalite
- AR-GE
- Üretim, satış ve pazarlama sürecinde kapasite belirlemede artış
- Kalite gelişmeler için fikir edinecek verileri sağlamaktadır.

Bakım, makinelerin iyi durumda, servis edilebilir ve kaliteli ürünler üretmek için operasyonel olarak güvenli olduğundan emin olmak için yapılır. Bakım faaliyeterinden atfedilen kaynakların verimli kullanmasından dolayı toplam üretim maliyeti için %15 ile %40 tasarruf sağlamaktadır. İsrafı azaltarak, etkili bakım ve ekipman güvenilirliğinin firmaların pahalı ekipman ve sistemlere yatırım yapmadan atıkları azaltmaya ve verimliliği artırmasına yardımcı olabileceğini göstermektedir.

Tamir ve bakım faaliyetlerinde oluşan aksaklıklar üretim akışına, verimliliğe ve dolaylı maliyete ne gibi etkileri olduğunu aşağıda sıralamaya çalışılmıştır.

- Makinelerin ve onları çalıştıran işçilerin boş kalması,
- Dolaylı işçilik genel masraflarının artması,
- Müşteri taleplerinin karşılanamaması ve satışlarda ki düşüşü,
- Aksaklığın meydana geldiği departmanla ilgili olan diğer departmanlardaki gecikme ve boş beklemeleri,
- Siparişlerin zamanında teslim edilmemesi yüzünden müşteriyi kaybetme veya tazminat ödemesidir.

Ekipmanın yakından izlenmesi ve üretim sürecinde olan bitenler ile ilgili rapor tutmak, bakımın geleneksel anlayış olan bakım faaliyet ve iş operasyonları üzerine kurulu anlayışı yıkarak, bakım konseptleri verimliliğini ve karlılığını söz konusu etmeye başlamıştır.

Türkiye Makine Mühendisliği Oda Birliği (TMMOB) tarafından daha etkin bakım sistemi için gereken bakımın önemi vurgulayan maddeler çıkarılmıştır.

Özetleyecek olursak;

- Arıza oluşana kadar makine çalışsın anlayışının terk edilmesi, tesislerde bilimsel bakım uygulamaları yaygınlaştırmalıdır.
- Her işletmede bakım sistem ve sistemi uygulayacak mühendis olmalıdır.

- Bakım mühendisleri ve personelleri teknlojik gelişmeleri göz önünde bulundurmalı ve sürekli eğitilmelidir.
- İşletmenin üretim sahasında çalışanların her biri bakım personeli gibi sorumluluğunu benimsemelidir.
- Makina ve tesis satın alırken bakım talimatları, yedek parçaları, türkçe katalogun olması, personel eğitimi ve bakım gereçleri gibi konular sözleşmede net olarak ortaya koyulmalıdır.
- Bakım konusundaki yazılımlar, işletme gereksinimlerinden yola çıkmalıdır.
- İş sağlığı ve güvenirliği konusunda oldukça geride kalan ülkemiz için bakım konusuna her daim önem verilmelidir. Bir makina için deneme ve risk raporu ilk önce yapılmalıdır. Bunun için tüm makine ve cihazların bakım kayıtları tutulmalı ve denetlenmelidir. İş kanununa bağlı çıkarılacak tüzük ve yönetmeliklerde bu kontrollerin "TMMOB'ye bağlı ilgili meslek odalarınca yapılması" ibaresi mutlaka yer almalıdır.
- Enerji tasarrufu ve çevre açısından da bakım önemsenmelidir, bu konulara yatırım yapılmalıdır.
- Bakım konusunda ortak bir dil oluşturulmalı, bakım bilinci geliştirmeli, bakım eğitim faaliyetleri konusunda ilgili kuruluşlarla (üniversite, sanayi ve TMMOB'ye bağlı meslek odalar) işbirliği yapılmalıdır.
- Bakım konusundaki eksikliği Üniversiteler göz önünde bulundurmalı ve bunu giderecek dersler ve programlar ek olarak konularak geliştirmelidir.
- Bakım personelleri sistematik şekilde eğitilmelidir. Eğitilen personeller de bilgi seviyelerine ve ilgili meslek disiplinlerine göre sınıflandırarak belgelendirmelidir.
- Bakım konusundaki çalışmaların kavramsallaştırılması, etkinleştirilmesi, yaygınlaştırılması, sürekliliğinin sağlanması ve uygulanması için mesleki eğitim faaliyetler sürdürülmeli ve desteklenmelidir.
- Bakım konusundaki yayınlar artırılmalı ve bunlar pratiğe yönelik konularla örneklendirilmelidir.
- Ülke kaynakları israf edilmemesi için bakım ve tamir konusunda kapasite aşırı tutulmalıdır.

1.1.2. Bakım Yaklaşımı

Bugünlerde endüstri dünyasında yüksek verimlilik sağlayan ekipman ve makineler gerekmektedir. İşletmelerin ani arızalardan dolayı finansal zarar ve kayıplara uğramaması için bakımın düzenli ve sürekli yapılması gerekmektedir. Bakım ekibi tarafından sistemli bir şekilde yapılan bakımı ve kontrolü, üretim maliyetinin azalmasındaki en önemli etkendir. Tesis ve teçhizatın üretkenlik ve performasını azaltmaması, ekipmanların boşta durması ve maliyetin artmasına neden olmaması vb. bütün bunları korumak için çözümleyici organizasyonel bakım sistemin olması zorunludur. Aşağıdaki tabloda bakımın geleneksel yaklaşımdan günümüzdeki bakım yaklaşımını sınıflandırmaya çalışılmıştır.

Şekil 2: Bakım Yaklaşımları



Kaynak: Dönmez, 2004: 9.

1.1.2.1. Arıza Bakım

Arıza bakım yöntemi ise makine ve ekipmanın yedek parçaları kolayca bulunan ve fazla maliyet gerektirmeyen makinelerle üretim gerçekleştiren fabrika ya da atölyelerde uygulanması mümkün olan bir bakım faaliyetidir. Makinede ani arıza oluştuğunda makinanın yedek parçası olmadığı durumda bir planlanamayan arızaya karşı bakıma ihtiyaç duyulacaktır ve bu da üretimi yavaşlatmaktadır. Makinelerin

yedeğinin bulundurulması neredeyse çoğu üretim fabrikalarında depo ve maliyet açısından sıkıntı yaşatır. Bunun için işletmeler duruma anında müdahele etme yolu seçmektedirler. Arızanın ne zaman meydana geleceği bilinemediği için gerçek üretim planı yapmaları mümkün değildir. Böyle bir sistem sadece ve sadece üretimi etkileyemeyen araç gerecin tamiri için uygun olmaktadır.

1.1.2.2. Önleyici Bakım

Süreklilik gösteren bir üretim sistemi için arıza ve hataların önlenmiş olması gerekmektedir. Önleyici bakım sistemi, herhangi bir arıza gerçekleşmeden ekipmanlara belirlenmiş programlara göre muayene, yağlama, yenileme, revizyon gibi yöntemlerin yardımıyla kullanılabilirlik süresinin uzamasına yardımcı olmaktadır. Burada amaç acil durumlarda oluşabilecek bakım ihtiyaçlarının en aza indirilmesidir. Bu amacı gerçekleştirmek için ekipmanların uygun kurulması üstelik doğru ve bilinçli olarak çalıştırılmasında bağlıdır.

Önleyici bakımın dezavantajlarını sayacak olursak; (Patton, 1994: 300)

- Üretimde planlanan periyotlarda yapılan bakım-onarım çalışmalarına rağmen beklenmedik arızaların ortaya çıkması sonucu plansız duruşlar oluşacaktır, bu duruşlar hem bakım ekibini güç durumda bırakabilir hem de üretim planında bozulmaya sebep olur.
- Önceden belirlenen periyotlarda yapılan bakım çalışmalarının bazıları aslında o anda gerekmeyen çalışmalar olabilir bu da üretim için gereksiz zaman kaybı demektir.
- Daha önceki veri ve tecrübelere dayanarak arızayı önlemek için planlanan parça değişiklikleri belki de daha parçalar tam olarak ömürlerini bitirmeden yapılmış olacaktır.
- Bir parçada oluşan hasar bu parçayla bağlantısı bulunan başka parçalarda da sorun yaratacağından birçok parçanın stokta hazır bulundurulması gerekecektir, bu da yedek parça maliyetinde ve stoklamada problem yaratacaktır.
- Yapılan periyodik bakımdan sonra, özellikle hassas makinelerin sökülüp tekrar monte edilmeleri sırasında gerek ayar ve gerekse yeni parçalardaki

sürtünme ve aşınmalar dolayısıyla makinenin rejim haline gelmesi için bir süre geçecektir, bu süre zarfında yapılan üretimin kalitesinde ve miktarında düşme olacaktır.

1.1.2.3. Verimli Bakım

Önceki bakım sistemlerine göre daha sistematik bir bakım sistemidir. Daha çok tasarıma yönelik yer verirler. Güvenirliği ve bakım kolaylığı sağlamayı amaçlanmakta ve faaliyetleri olarak geliştirilmiş teknikleri ve yaratıcı tasarım-ürün yaşam döngüsü maliyeti niyetlendirilmektedir. Verimli bakım aşağıdaki iyileştirmeleri işletmelere sağlar; (Venkatesh, 2005: 3)

- Ekipmanı arızadan koruma
- Muayeneyi, onarımı ve kullanımı kolaylaştırma
- Güvenliği sağlama

Verimli bakımda ekipmanları kullanan operatörlerin sorumluluğu yüksektir. Günlük kontrollerin sonuçlarını ve tüm arızaları detaylı şekilde kaydetmeleri gerekmektedir. Bu arıza ve kayıplar için önleyici bakım fikirleri oluşturma görevi üstlenmektedirler. Günlük raporlardan yola çıkarak bakım uzmanları ve ekipman tasarımcıları tekrarlayan ve sorun yaşayan ekipmanlar üzerinde iyileştirme çalışmaları yapıp durumu düzeltmeye ve daha iyi hale getirmeye çalışırlar.

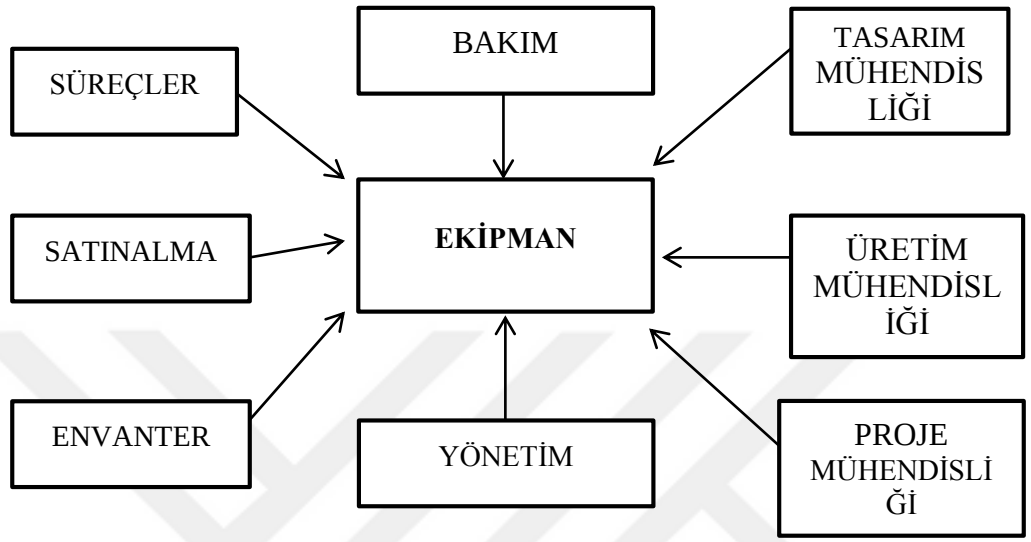
1.1.2.4. Toplam Üretken Bakım

TPM, bakım çalışmalarını işin gerekli ve hayati önemi olan bir unsuru olarak işletme faaliyetlerinin odak noktasına koyar, kar getirmeyen bir faaliyet olarak görmeyi bırakır ve bakım için harcanan zamanı üretim zamanının bütünleyici bir parçası olarak görür. (Massaki, 1986:7)

Bu sistemin felsefesi, üretimin bağlı olduğu her değerlerin (girdi ve çıktı arasındaki tüm ilişkileri olan insan, makine, süreç, işgücü, zaman, geri beslenme) en yüksek seviyede tutulması, analiz etme ve oluşan problem çözümünde üretim ve bakım faaliyetlerinin aynı değerde ortak olmalarını sağlanmaktadır. Deneyleyen

sonuçlardan en iyi değer sonucu standartlaştırmaya ve çalışanların da sorumluluk sahibi aynı zamanda vasıflı olmalarını sağlanmaktadır.

Şekil 3: TPM Felsefesi



Kaynak: Henry, 1998: 142

TPM, birbirleri ile uyumlu olarak organize edilmesi gereken 6 önemli faaliyetin birleşmesidir. TPM'nin temelini oluşturan faaliyetler aşağıdaki gibidir; (Masaji, 1992: 6)

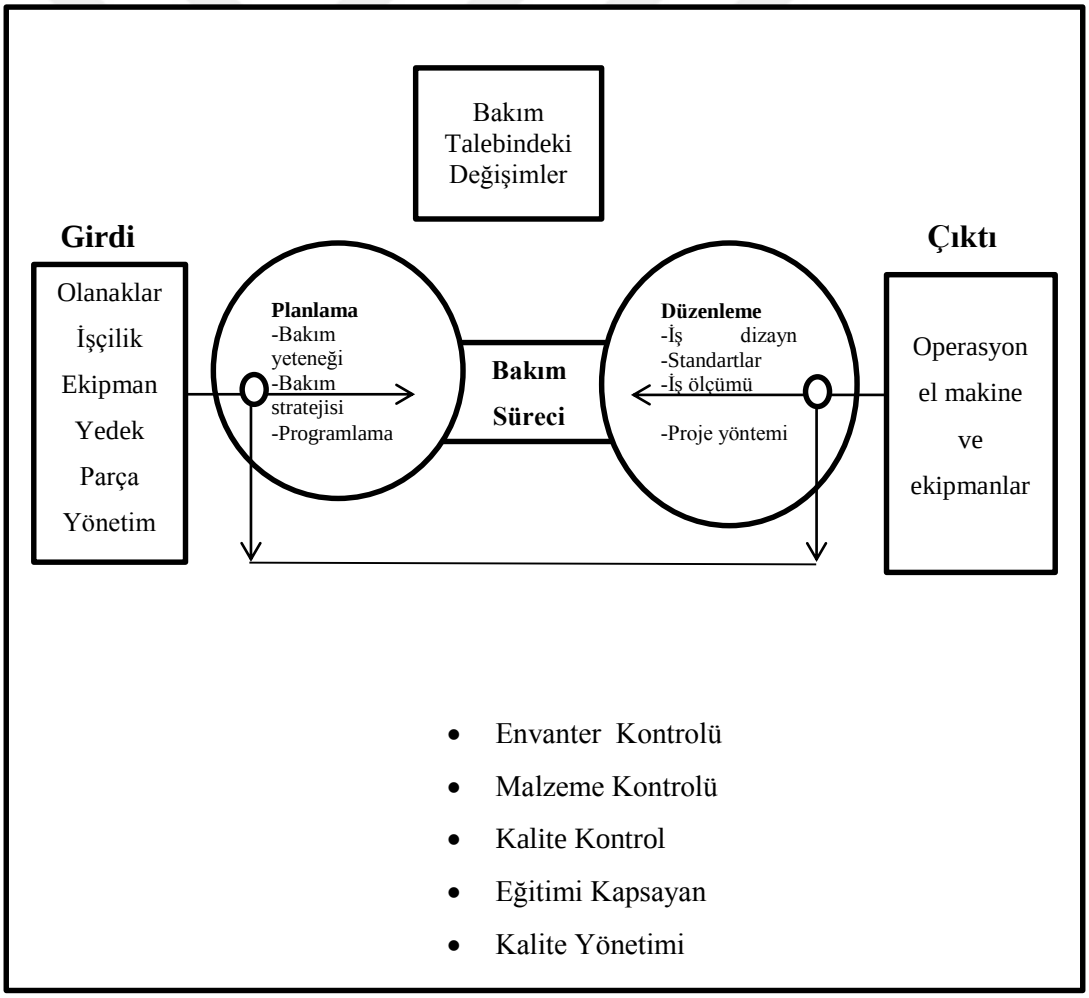
1. Üretim, bakım ve mühendislik bölümlerince organize edilen proje grubunun, altı büyük kaybı ortadan kaldırması
2. Bakım departmanının arıza ve planlı bakım faaliyetlerini yürütmesi
3. Üretim departmanının arıza ve planlı bakım faaliyetlerini yürütmesi
4. Mühendislik hizmetleri bölümünün önleyici mühendislik faaliyetlerini yürütmesi
5. Tasarım bölümünün erken ekipman yönetimi faaliyetlerini yürütmesi
6. Yukarıdaki çalışmaların eğitim ile desteklenmesi

1.1.3. Bakım Sisteminin Önemi ve Amacı

Bakım konusunda maliyetin azalması tüm işletmelerin sorunu olmuştur. Bu yüzden bakımı daha basit çözümlü daha verimli performans daha az arıza çıkmasına yönelik sistem ve yöntem gerçekleştirilmiştir. İşletmelerin varmak istediği sonuç olan Sıfır Arıza ve Sıfır Hata kavramlarını gerçekleştirebilmek için bakım ve onarım faaliyetinde radikal değişime ihtiyaç duymaktadır.

Bakım sistemin temel amaç üretim sisteminin güvenirliğini kabul edilebilir düzeyde tutmalarını sağlamaktır. Bakım konusunda istekleri organize edebilmesi için tasarlanan bakım sistemi şekli aşağıda gösterilmiştir.

Şekil 4: Bakım Sistemi



Kaynak: Raouf, 1994: 45

Önemli olan, sistemin kurulması ile tasarruf edilen maliyet ve kazançların optimum dengeyi tutturmasıdır. Mevcut kaynaklardan yararlanabilmesi için tesisin korunması, bakım ve onarım sorunlarının çözülmesi gerekir.

1.2. TOPLAM ÜRETKEN BAKIM KAVRAMI

TPM kavramı ilk JİPM (Japonya Fabrika Bakım Enstitüsü) yönetim danışmanı Nakajima tarafından ortaya atılan bir yönetim sistemidir. Üretim gerçekleştiren bütün işletmeler için uygulanması gereken yönetim sistemidir. "Toplam" kavramı toplam ekonomik verimliliği ve karlılığı toplam planlı bakım ve katılımcılığı içermektedir. (Nas, 2001: 21) İlk bakım üzerine odaklanan TPM kavramı sonrasında işletmenin diğer bölümlerine de yaygınlaşarak bütünsel bir yönetim sistemi kurmaktadır.

TPM'in bakım dışındaki bölümlere yaygınlaşması ile beraber son dönemde JİPM tarafından ve TPM uygulayan işletmelerde maintenance (bakım), management (yönetim) kelimesi ile değiştirilerek, TPM için toplam verimli yönetim isimlendirmesi yapılmaktadır. Bu çalışmada TPM kısaltması kullanılacaktır. TPM kavramı, literatürde şu tanımlara sahiptir:

Toplam Üretken Bakım (TPM) önleyici bakımın bir ekip yerine tüm çalışanlara mal edilmesidir. TPM, makinelerin tıbbı bilimi olarak görülebilir. Bir diğer anlatımla bakım çalışmalarındaki kalite sistemlerine paralel anlayıştır. Kalite sistemi kurmanın temel amacı rekabet gücü oluşturmak olduğuna göre TPM'e yönelmenin temel amacı da "bakımsızlık" yoluyla kaliteyi doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen etmenleri kontrol altında tutmak ve bazıları ise kaldırmaktır. Öyle ise TPM'nin doğrudan ve dolaylı faydaları aşağıdaki gibidir.

TPM'nin doğrudan faydası;

- Verimlilik ve etkinliliği 1.5 kattan 2 katına çıkarır.
- Üretim maliyetini yüzde 30 oranında azaltır.
- İş kazaları azaltır.
- Müşterilerinin şikâyetlerini düzeltir.
- Müşterilerin ihtiyaçlarınnı büyük ölçüde karşılar.
- Kirlilik ve Temizlik ile ilgili kontrol önlemlerini takip eder.

- Ürün kalitesini ve tutarlılığını arttırır.

TPM'nin dolaylı faydası

- Çalışanlar arasında iletişim güçlenir.
- İşçiler makineye sahiplik duygu hissetmesi sağlanır.
- İş yeri her zaman temiz ve düzenli olunur.
- İşletmecilerin tutumu şirket lehine değiştirilir.
- Tüm çalışanların bilgi ve deneyim paylaşılır.
- Tüm çalışanlar örgütsel hedeflere ulaşmak için birlikte çalışır.
- Kuruluşun tüm alanlarına yeni bir konseptin yatay olarak yerleştirilir.

TPM, Total Productive Maintenance (Toplam Üretken Bakım) kelimelerin kısaltmasıdır. Maintenance kelimenin inglizce karşılığı bakım anlamına gelmekte ve Japonya'da ise bu kelimeyi "varlık yönetimi" olarak algılamaktadır. Toplam kavramı ise şu kavramları içerir;

1. Toplam, etkinlik, üretkenlik ve karlılığın arttırılması
2. TPM; bakım gereklerinin azaltılması, onarılabilirliğin ve koruyucu bakımın geliştirilmesi
3. Toplam katılım; kullancıların özerk bakımcılık yüklenmesi, her düzeyde ve bölümde küçük gruplar halinde etkinlikler yapılması
4. Üretkenliğin artırılması yalnızca üretimin artırılması demek değildir.

Aşağıdakilerin de aynı platformda düşünülmesi gerekir:

- Daha düşük kalite düzeyi
- Daha düşük maliyet
- Süresinde teslim
- İş güvenliği ve iş yeri sağlığı
- Daha yüksek moral
- Daha iyi çalışma ortamı

Aşağıdaki noktalara ulaşılması, TPM'nin başarı amacını oluşturur.

1. Verimliliğin genel olarak artırılması
2. Donanımlar için verimli ve geçerli bakım sistemlerinin ortaya konması
3. TPM'e katkısı olan tasarım, üretim, bakım ve mühendislik çabalarının eşgüdümü
4. En üst düzeyden en alt düzeye kadar herkesin katkısının sağlanması

5. Özerk bakım anlayışının yaygınlaştırılması

TPM kavram konusunda yapılan çalışmalar son on senede düzenli artış göstermiştir. Çünkü bu kavramın kavranması ve uygulanması giderek önemli olmaya başlamıştır. Özellikle imalat sektöründeki rolü büyüktür. Onun dışında da farklı alanlarda da değişik ölçekte uygulamaları olan TPM anlayış ve uygulamalara ilişkin adaptasyonu ve getirileri hakkında çalışmalar çoğalmaya başlamıştır.

TPM'in kurucusu Nakajima, TPM'yi çalışanların katılımı, çalışanların yetkilendirilmesi, sonuçların kapalı çevrim ölçülmesi ile üretim süreçlerinin sürekli ve hızlı gelişimini sağlayan fabrika gelişim metodolojisi olarak tanımlamıştır. (Nakajima, 1989: 6)

Nakajima, TPM'yi, tüm çalışanlar tarafından yürütülen üretken bakımın küçük grup faaliyetleri ile gerçekleştirilmesi olarak ifade etmektedir. Her ne kadar otomasyonun gelişimi ile üretimde insana olan ihtiyaç azalıyor gibi görünse de ekipman bakım süreçleri için insana olan insanın becerileri ve katkısı başı çekmektedir. Bu nedenle yöneticisinden işçisine uzanan bir organizasyon yapısı içerisinde TPM çalışmaları başarıya ulaşabilmektedir. (Nakajima, 1989: 8)

TPM, bakımın yapıldığı alanlardaki endüstrilerin rekabet edebilirliğini ve verimliliğini artırmaya etkin bir katkıda bulunur. Rekabetçi ortamın yarattığı zorlukların üstesinden gelmek için, imalat organizasyonları rekabet güçlerini artırmak için operasyonlarının her alanında kalite ve performans iyileştirme girişimlerini yapmalıdır. Ekipman mevcudiyetini artırarak, yeniden işleme, reddetmeleri azaltarak ve aynı zamanda bir endüstrinin genel üretkenliğini arttırarak TPM'nin herhangi bir organizasyonda uygulamasının toplam ekipmanın etkinliğini (OEE) artırdığına karar vermişlerdir. (Wakjira ve Ajit Pal: 2012: 9)

TPM, makinelerin duruş sürelerini en aza indirgemek üretim kayıpları ve malzeme atıklarını en aza indirmek, çalışanların ve ekipmanın çalışma verimliliğini veya verimliliğini arttırmak için etkili bir araçtır. Genel işletme ortamında da olumlu bir eğilim kaydedilebilir.

Mali açısından bakım, bir üründen geçerken bir ürüne eklenen katma değerin yüzden 20-40'ını temsil edebilir.

TPM'nın ana katkısı ekip çalışması ve bakım uygulamaları rekabetli ve oldukça zorlayıcı bir ortamda, güvenilir imalat ekipmanı, imalat sistemlerinin

performansı ve uygulanabilirliği için başlıca kat sağlayıcı olarak görülmektedir. Bu nedenle, ekipmanın bakımı, bir imalat işletmelerinde olmazsa olmaz işlevdir. Son zamanlarda kaydedilen rekabet eğilimleri ve giderek artan iş baskısı, daha önce hiç olmadığı gibi bakım fonksiyonunun spot ışığa çıkardı. (Garg ve Deshmukh, 2016: 8)

Bakım fonksiyonunun mühendislik ve diğerleriyle etkin entegrasyonu bir kuruluştaki imalat fonksiyonları, güvenirlik, kullanılabilirlik, sürdürülebilirlik ve performans sorunlarıyla başa çıkmada büyük miktarda zaman, para ve diğer yararlı kaynaklardan tasarruf etmenize yardımcı olmaktadır. Bakım operasyonları veya işlevleri için yapılan yatırımlar, işletmenin performans güçü ve rekabetçi pazar konumunu arttırmaktadır. Bu yüzden kurumlar, geleneksel yöntemler yerine, duruma bağlı bakım (Condition Based Maintenance - CBM), güvenirlik odaklı bakım (Reliability Centred Maintenance - RCM) ve TPM gibi etkili ve etkin reaktif bakım yaklaşımları benimsemeli ve stratejileri bunlar üstünden geliştirmelidir.

Performans ve kaliteyi iyileştirmeye yönelik çeşitli araçlar yer almaktadır. Bunlardan bazıları, Pareto Analizi, İstatiksel süreç kontrolü, problem çözme teknikleri (beyin fırtınası, neden sonuç diyagramları ve 5S yaklaşımı), poke yoke, otonom bakım, sürekli iyileştirme (kaizen), kurulum süresini azaltma, atık minimizasyonu, darboğaz analizi, yalın üretim gibi TPM ile ilişkili ayrıntılı bakım ve organizasyonel iyileştirme çalışmaları bulunmaktadır.

Siiechi Nakajima; TPM'nin babası ve JIPM Başkan Yardımcısı, "TPM, planlama, üretim ve bakım da dâhil olmak üzere her bir bölümdeki ekipmanın tüm ömrünü kapsayan bir bakım sistemi" diye söylemiştir. TPM, önemli unsurlar ile karakterize edilir:

- TPM, ekipman etkinliğini en üst düzeye çıkarmayı amaçlanmaktadır
- TPM; ekipmanın ömrü boyunca bir önleyici bakım (Preventive Maintenance – PM) sistemi oluşturmaktadır.
- TPM çapraz işlevseldir, çeşitli departmanlar tarafından uygulanmaktadır. (mühendislik, işletme ve bakım yönetimi)
- TPM her çalışanı kapsar. TPM, PM'nin tanıtıma dayalıdır. Yönetim, özerk grup etkinliğinin motivasyonu artırmaktadır.
- Japon yaklaşımında, ekip çalışmasının rolü, ekipman verimliliğini sağlamak için tüm çalışanların TPM sürece katılımı ve iyileştirme

hedeflerini ekipman ömrü boyunca en üst düzeye çıkarmak için kullanılmaktadır.

TPM konsepti, beklenmedik arızaları, hız kayıplarını ve proses faaliyetlerinden kaynaklanan kalite kusurlarını önlemek için ekipmanı optimum koşullarda muhafaza etmek için kullanılır. Nakajima TPM amaçları ve ona nasıl ulaşmasına ilgili şöyle özetlemiştir. (Seiichi, 1989:10)

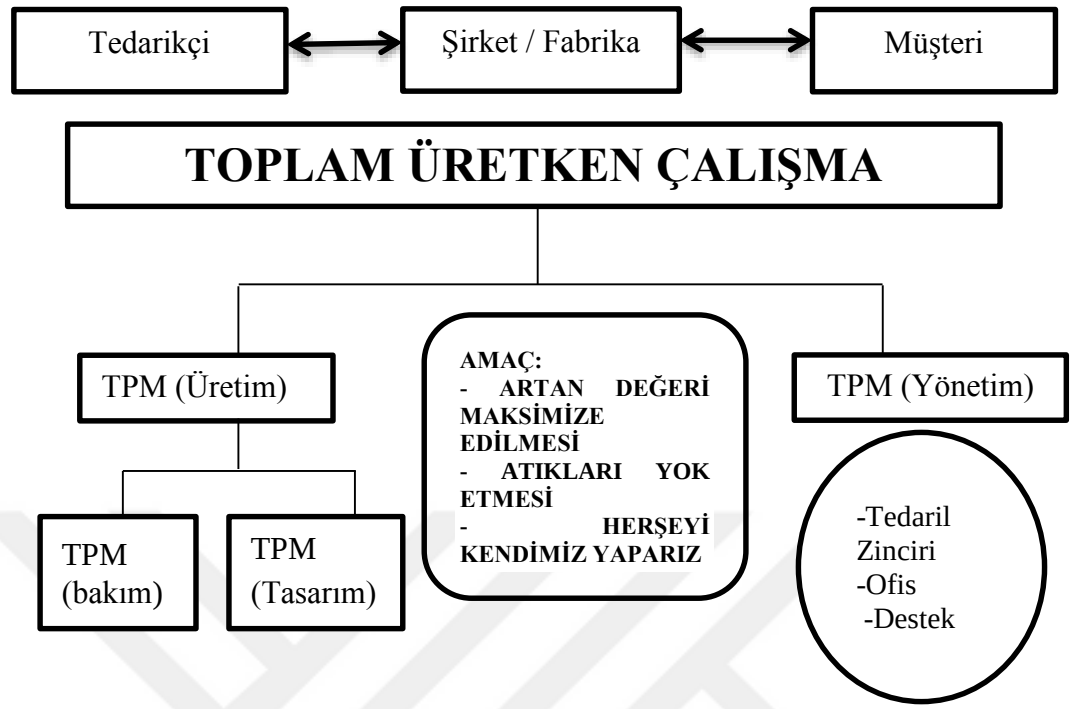
Tablo 1: TPM amaçları

TPM'de amaçları ⟹	**TPM bu amaçlara şu direktiflerle ulaşır**
Verimlilik ve etkinlikte artışı	Ekipman etkinliğini maksimize etmeyi amaçlanır
Ekipman ve kaynaklara ait kayıpların yok edilmesi	Ekipmanın yaşam süresi için eksiksiz bir Toplam Üretken Bakım sistemi kurar
Kalitede artışı	Mühendislik, operasyon, bakım gibi çeşitli departmanlar tarafından kurulur
İş güvenliği seviyesinde artışı	Üst yönetimden işçiye kadar her çalışanı kapsar Temelde Toplam Üretken Bakımın otonom küçük grup aktiviteleri üzerine kurulmasıdır.

Kaynak: Yazar Tarafından Yapılmıştır.

Böylelikle, işletmenin üretim faaliyeti içinde çalışan herkezin katılımını mecbur kılarak, öperatörlere çalıştıkları ekipman ile otonom bakım sorumluluğu veren, arızaları önlemesinde işleyiş kazandıran ve ekipman ekinliğinin en üst seviyeye çıkartılmasında yol gösteren bir yaklaşımdır.

Şekil 5: Toplam Üretken Operasyonu



Kaynak: Yazar Tarafından Yapılmıştır.

Toplam üretken bakım konusunda ulusal ve uluslar arası bazda yapılan çalışmalar hakkında literatür taraması yapıldığında şu bilgilere ulaşmıştır.
TPM'in öncülerinden JIPM başkan yardımcısı Shiros, TPM'i üye katılımına dayanan üretken bakım olarak nitelendirilmiştir. (Shirose, 1996)

Willmott ve McCarthy, TPM'i ürün kalitesi ve verimliliğini maksimize etmek amacıyla ekipman gelişimi amacını destekleyen kapsamlı bir strateji olarak tanımlamıştır. (Peter, Dennis, 2001: 6)

Wireman ise TPM hakkında "Tüm çalışanlar tarafından uygulanan üretken bakım aktiviteleridir" demiştir. (Tery, 2004: 9)

Levitt TPM'i kısaca, üretimdeki kayıpların üzerine odaklanılması ve yok edilmesi şeklinde özetlemiştir. (Joel, 2005: 15)

İmalat sistemlerinin gelişiminde tamamlayıcı uygulamalar olan tam zamanında üretim, toplam kalite kontrol ve TPM anlayışlarını ve ilişkilerini incelemişlerdir. TPM ödülünü alan firmalardan, otuz yedi adet kuruluşta hangi tür uygulamaların yapıldığını araştırmışlardır. (Miyake and Fluery, 1995:345)

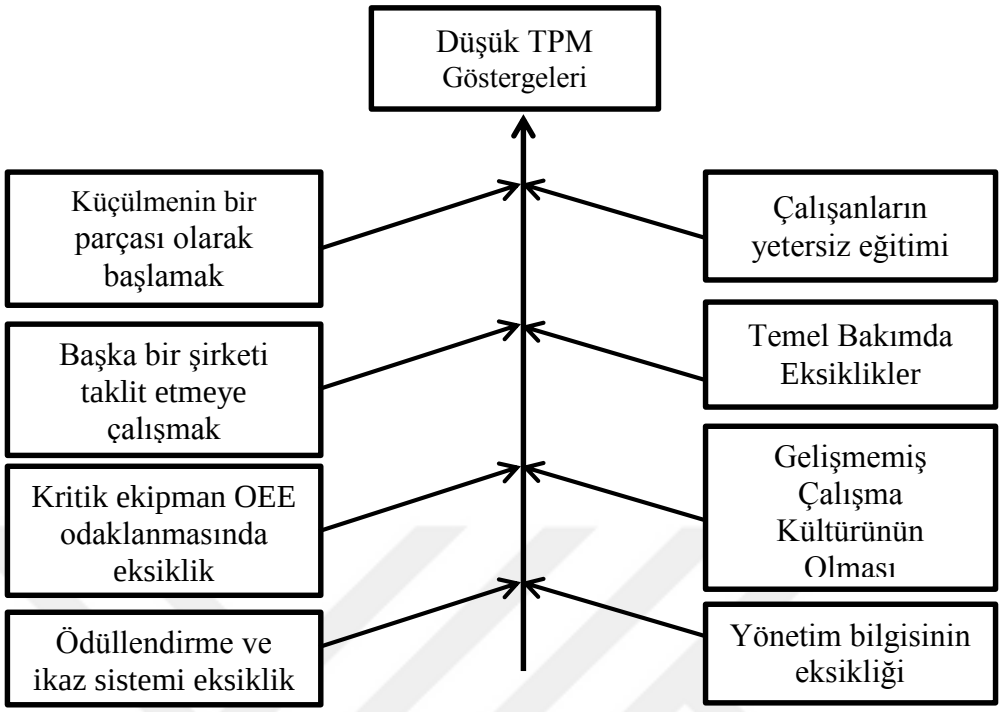
Toplam kalite programlarının uygulandığı işletmelerde, TPM uygulamalarının nasıl daha etkili gerçekleştirilebileceğine ilişkin incelemeler yapmışlardır. İmalat sektöründeki iki firmada anket ve uygulamalar yaparak toplam kalite yönetimi çalışmalarının ve TPM sisteminin birlikte yürütülmesinin etkilerini açıklamaya çalışmışlardır (Adam and Duffner, 1996: 614). İmalat sektöründe TPM uygulamaları için bir yöntem geliştirerek, genel teçhizat verimliliğinde artış ve maliyetlerde düşme sağlamıştır. (Blanchard, 1997: 69)

Venkatesh, TPM'i makinaların medikal bilimi olarak nitelendirilmiştir. (Venkatesh, 2007: 5)

Robinson ve Ginder ise TPM'i ekipman güvenilirliğini optimize etmek ve fabrika varlıklarının verimli yönetimini sağlamak için tasarlanmış üretim liderliğindeki gelişim metodolojisi olarak tanımlamıştır. (Robinson ve Gindeer, 1995)

Pomorski tarafından daha kapsamlı bir tanım yapılmıştır. "*Operasyonel hiyerarşının tüm seviyelerinde yer alan çalışanların oluşturduğu aktif ekipler ile ekipman ve üretim verimliliği kayıplarını tanımlayarak ve yok ederek üretim etkinliğini optimize etmeye mücadele eden yapılandırılmış ekipman merkezli sürekli gelişim sürecidir.* (Sharma, Shudhanshu ve Awadhesh, 2012: 856)

Şekil 6: TPM'i Olumsuz Etki Eden 8 Ana Nedenleri



Kaynak: Wireman ve Henry, 1998: 147

1.2.1. TPM'in Tarihsel Gelişimi

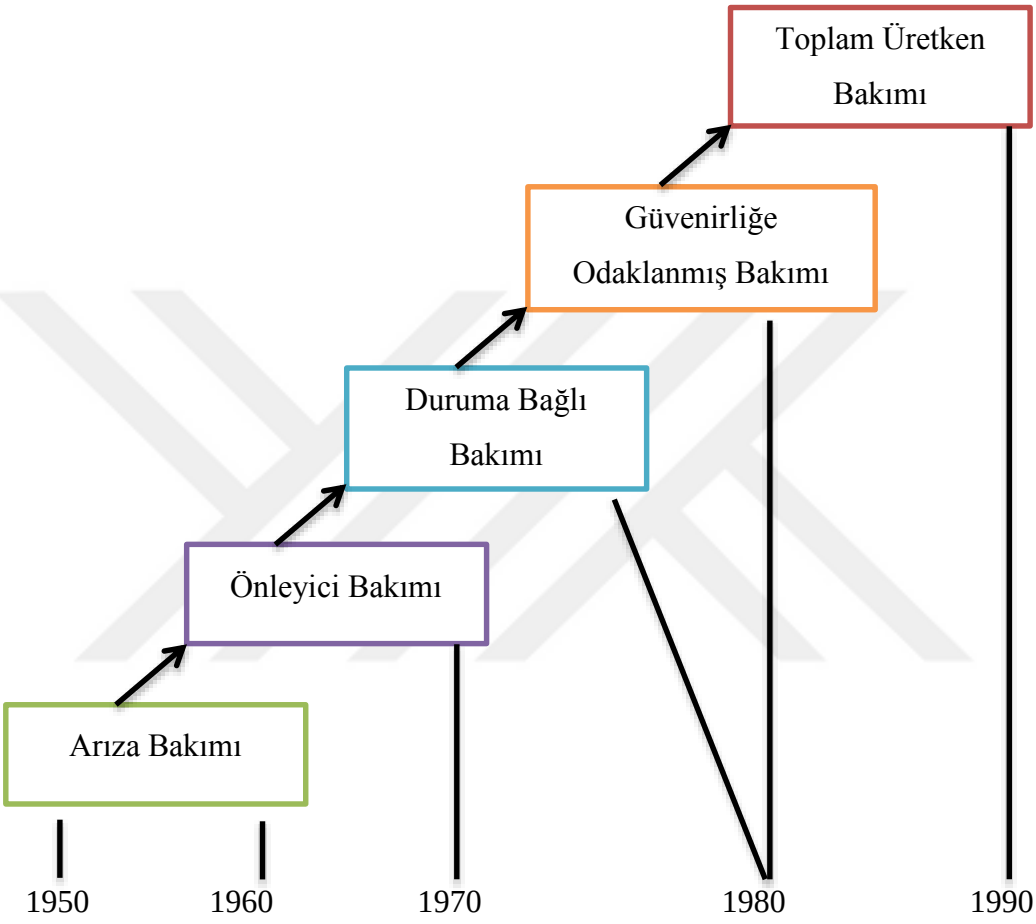
TPM 1920 yılı öncesi bakım modeli ile ortaya atılan makine operatörlerin yetenekler üzerinden bugüne kadar gelişerek gelen bir kavramdır. Kendine ait makinelerin tamiri ve bakımı operatörlere aitti. Endüstrileşme ve kitle üretimine geçişle birlikte düşük ücretler ile daha düşük becerideki öperatörler işe alınarak üretim sıradanlaşmaya başladı. Ekipman, manevi anlamını kaybederek maddileşti. Buton öperatörler türeyip bakım yönetimi ihtiyacı duyuldu.

Önleyici bakım kavramı 1950'li yıllarda ortaya çıktı. Daha önceki yıllarda bakım kavramı "ben çalıştırırım, sen onarırsın" şeklindeydi. Bu kavramının değeri ve yerine oturması 1960'lı yıllarına kadar sürmüştür. Nitekim 1970'li yıllara kadar Japonya'da egemen olan zihniyet de önleyici bakıma dönüktür. 1980'li yıllardan sonra gelişen teknolojik olanaklara orantılı biçimde kestirimci bakım gündeme gelmeye başladı ve giderek bakımcılık kavramında değişimlere yol açtı.

Gelişen teknoloji ve serbest piyasa ekonomisi işletmeleri minimum maliyette maksimum üretimi gerçekleştirmeye zorlamaktadır. Birim ürün maliyetinde en çok

etkisi görülen bakım onarım masraflarının kontrol altında tutulması ve minimize edilmesi gelişmiş ülkelerin ekonomisine çok büyük katkılarda bulunmaktadır. (Gücün, 1999: 21)

Şekil 7: Toplam Üretken Bakım Tarihsel Gelişimi



Kaynak: Willmott, 1994, 48-50

Şekil 7'de görüldüğü gibi bakım ve toplam üretken bakım kavramlarının tarihsel gelişim dağılımını göstermiştir. Tarihsel akış boyutunda aşağıda açıklamaya çalışılmıştır.

TPM'in temelleri 1950 ile 1960 yılları arasında Amerika Birleşik Devletlerinden getirilen PM (önleyici bakım veya üretken bakım) konseptine dayanmaktadır. (Shirose, 1996: 2)

Japonlar işletmelerin kötü yönetilen ekipmanlar ile sürdürülebilir kaliteli ürün üretemeyeceklerinin farkına vardı. (Tery, 2004: 5) Japon işletmelerinde uygulamaya

alınan PM ürün kalitesinin gelişiminde de verimliliğin artmasında büyük rol oynamıştır. PM bakım yönetiminin gelişimine, uzmanlaşmış bakım ekiplerinin oluşumuna, ekipman yönetim sistemlerinin hazırlanmasına, ekipman teknolojisinin gelişimine ve bakım üretkenliğinin yükselmesine önemli katkıda bulunmuştur. (Tokutaro, 1994: 1)

1960'lı yıllarda Japonya'da Fabrika Bakım Enstitüsünün (JIPM – Japan İnstitute of Plant Maintenance) kurulması ile birlikte TPM fabrika tasarımında ekonomik verimliliğin, bakım ve güvenilirliğin önemli olduğu üretken bakım üzerine odaklanmıştır. Bu odaklama ile 1950'li yıllarda ekipmanlar üzerinden alınan arşiv verileri tasarıma, satın almaya ve ekipman yönetiminin kurulum fazlalarına aktarılmıştır. 1960'ların sonlarında JIPM kurulmuş ve bakım aktivitelerin mükemmel hale getiren işletmelere PM ödülü vermeye başlamıştır. (Tery, 2004: 6)

TPM ilk olarak otomobil endüstrisinde köklerini oluşturulmuştur. Toyota, Nissan, Mazda gibi işletmelerin ve tedarikçilerin örgüt kültürlerinin bir parçası haline gelmiştir. Başlangıçta ekipmana yönelik departmanlara sınırlanmış olan TPM aktiviteleri etkinliği artırmak amacı ile yönetsel ve destek operasyonlarda uygulamaya alınmıştır. TPM gelişim metotları ürün geliştirme ve satış departmanlarına da uyarlanmıştır (Tokutaro, 1994:15). Toplam Üretken Bakımın tarihsel gelişim ve faaliyetleri ile ilgili Tablo 2'de açıklamaya çalışılmıştır.

Ekipmanların bakımı çok dikkatli ve zamanında yapılmalıdır. Makine arızası ile ilgili evrim geçiren bir dizi bakım sistemi bulunmaktadır. Yıllar boyunca bakım kavramlarının ilerlenmesi aşağıda açıklanmıştır.

- Arıza bakım: Bakım stratejisine atıfta bulunur, burada bakım ekipmanı başarısız olduğunda veya ekipmanın performansı düştüğünde yapılır. Makineler ancak bakım zorunlu olduğunda servis yapılmalıdır anlayışı vardır. Bu kavramda plansız duruşların dezavantajları, aşırı hasar, yedek parça problemleri, yüksek tamir masrafları, aşırı bekleme ve bakım zamanında yapılmaması ve sorun giderme problemlerin olduğu dönemdir.
- Koruyucu bakım: Koruyucu bakım 1951'de teçhizati önlemek için ekipmanların fiziksel kontolü yapılır. Arıza ve donanım ömrünü uzatır. Bu dönemde bakım fonksiyonu ortaya çıkar ve zamana dayalı bakım faaliyetleri genellikle kabul görmeye başlamıştır.

Tablo 2: TPM Tarihsel Gelişim ve Faaliyetleri

	1950	1960	1970
DÖNEM	ÖNLEYİCİ BAKIM	VERİMLİ BAKIM	TOPLAM VERİMLİ BAKIM
	Bakım fonksiyonları kurulmaya başladı.	Güvenirlik tezgâh tasarımda ekonomi ve verimliliğin önemi anlaşılmaya başlandı.	Bütün çalışanların katılımı ile verimlilik ve insana saygı temeli üzerine kurulmuş detaylı bakım sisteminin önemi anlaşıldı.
TEORİLER	-1952 Arıza Bakım -1953 Koruyucu Bakım -!957 Düzeltici Bakım	-1960 Bakım Önleme -1962 Güvenirlik Mühendisliği -1962 Bakım Kolaylaştırıcı Mühendislik faaliyetleri	-Davranış Bilimleri -Yaratıcılık -Performans Analizi -Sistem Mühendisliği -Ekoloji -Lojistik
ÖNEMLİ OLAYLAR	1951 Preventive Maintenance (P.M.) Yaklaşımını takip eden ilk Japon Firması (LaToa Nenrya Kaogyo) 1953 20 firma P.M ile ilgilenip araştırma yapmaya başladı. 1958 George Smith P.M. konusu için Japonya'ya gitti.	1960 Bakım konulu ilk konferans yapıldı. !962 Japon Verimlilik Merkezi (Japanese Productivity Association) Bakım konusunda araştırma yapması için görevlendirildi. 1963 Londra'da uluslararası tesis bakım konferansı düzenlendi. 1964 Japonya'da ilk P.M. ödülü 1965 Japonya New York2taki tesis bakım konferansına katıldı. 1969 Japon İşletme Bakım Enstitüsü (Japanese İnstitute of Plant Engineers) kuruldu.	1970 Uluslararası bakım konferansı Japonya'da düzenlendi. 1970 Japonya Los Angeles'deki tesis bakımı konferansına katıldı. 1973 Düzeltici bakım konusunda sempozyum düzenlendi. 1973 İngiltere'de düzenlenen teknoloji konferansı 1974 Avrupa Bakım konferansı 1976 Avrupa Bakım Konferansı 1987 Avrupa bakım konferansı

Kaynak: Takashi ve Osada, 1996: 57

1.2.2.TPM'in Bileşenleri, Hedefleri ve Amaçları

1.2.2.1. TPM Bileşenleri

TPM, ekipman ve süreç etkinliğini maksimum seviyeye kadar getirmesine amaçlayan felsefe olup aşağıdaki elemanları kapsamaktadır (Davis, 1995: 9).

- Takım çalışması
- Tüm seviyelerdeki kişilere saygı ve güveni
- Tüm seviyelerdeki kişilerin motivasyonu
- Katılım ve cesaretlendirmesi
- Pozitif liderlik ve desteği
- Kişilere potansiyellerini geliştirme, yeteneklerini ve deneyimlerini arttırma fırsatı vermesi
- Daima daha iyisine ulaşmak için sürekli gelişimi
- Çabaların takdiri ve güdülemesi

TPM'i gerçekten başarması için bu felsefeyi tüm çalışanlar tarafından kabul edilmeli, anlaşılmalı ve önem göstermelidir.

Şekil 8: TPM'in Bileşenleri



Kaynak: Davis ve Roy, 1995:91

Şekil 8'de şekilde gösterdiği gibi TPM'in temel bileşenleri açıklayacak olursa;

1. Mevcut ekipmanları eski durumuna getir, bakım yap ve geliştir (Otonom Bakım): Ekipmanların durumlarının belirlenmesi, çalışır bir duruma getirilmesi, bu durumun korunması ve sürekli geliştirilmesi Otonom Bakım kavramı içerisinde ele alınmaktadır. Mühendisler, bakım personeli ve operatörlerden oluşan bir takım tarafından, hedeflenen kayıpları minimize etmeye çalışırlar.
2. Hataları ve problemleri belirle ve ortadan kaldır (Kalite Bakımı): TPM takımı tarafından ekipmanlardaki hatalar belirlenir, nedenleri bulunur ve ortadan kaldırılır. Bunun yanı sıra, operatöre, ayarcıya, bakım personeline problem yaratan ve sürecin etkinliğini düşüren işlemleri belirleyip, bu sorunlar ortadan kaldırılır.
3. Süreç etkinliğini belirle, gözle ve geliştir (OEE): Ekipmanlarla ilgili süreç etkinliği belirlenir, gözlemlenir ve geliştirilir. TPM takımlarının ve işletmenin

sürecin ne kadar iyi işlediğinden ve performansı etkileyen ya da kısıtlayan durumlardan haberdar olması önemlidir.

4. Temiz, düzenli ve tertipli bir iş ortam yarat (5S): Tüm ekipmanların, masaların, dolapların, tablaların, kabinlerin, yerlerin, duvarların, vb. genel ortamın temizliği çok önemlidir. Bu da 5S gibi yaklaşımlar sayesinde sağlanabilir. Kullanılan tüm takımlar ve malzemeler belirlidir, gereksizler atılmıştır ve her şey kendi yerinde durmaktadır.
5. İçsel hataları belirle ve ortadan kaldır (Odaklı Gelişim): Daha temel bir yeniden tasarım yapılmadan giderilemeyecek olan içsel hatalar da belirlenir ve odaklanmış proje takımları tarafından yeniden tasarım yapılarak değişiklikler uygulanır.
6. Bakım sistemleri oluştur ve geliştir (Planlı Bakım): Özellikle karmaşık kontroller ve mekanizmalar içeren ekipmanlar için gerekli desteği sağlamak üzere sistemler ve kaynaklar oluşturulur.
7. En iyi kullanımı ve bakım kolaylığını sağlayan ekipmanlar satın al veya tasarla (Erken Ekipman Yönetim): Erken yönetimin amacı bakımı ve kullanımı kolay ekipmanlar almak ya da tasarlamaktır. Yeni alınan tüm ekipmanlar daha önceden yapılan geliştirmelerde ve TPM takımı tarafından yapılacak olanlarla uyumlu olmalıdır.

1.2.2.2.TPM Hedefleri

TPM bir yönetim sistemi olup, ekipman ve insan üzerine gelişimi sağlayıp işletme kültürünü yeniden yapılandırmaktır. TPM hedeflerini iki ana başlık altında ayırabilmektedir. (Baraçlı, 2015: 4)

A. Ana Hedef

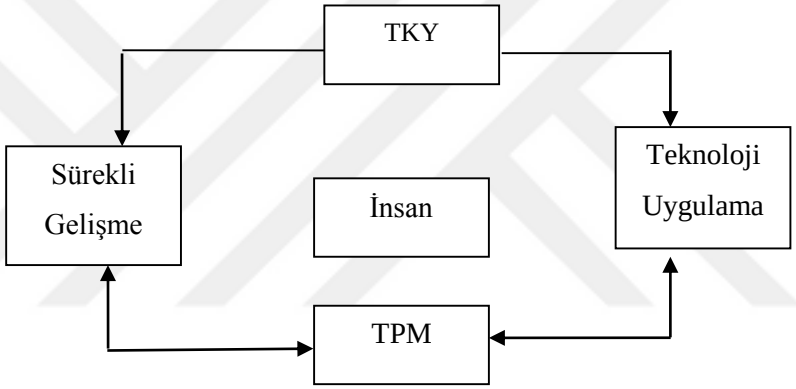
TPM süreci gerçekleştirmede engel olan 6 kaybı elenerek (ideal halde sıfırlanarak) ürün kalitesinin ve makine verimliliğinin artmasının sağlanmasıdır. Normal koşullarda önemli bir harcama yapmadan tüm makinelerin verimliliğinde doğrudan ölçülebilir bir geliştirme yapabilmektedir. Bu yolla işletmenin müşteri

gözünde görüntüsünü zenginleştirmek, esnekliği arttırmak, çalışan yeteneklerinin verimli kullanımını sağlamak, gecikmeleri en aza indirmek (ideal halde sıfırlamak) ve sonuç olarak işletme karlılığını arttırmaktadır.

B. İş Hedefleri

TPM'in hedefiyle işletmenin iş hedefleri çakışır. Bu nedenle TPM'in bütün organizasyonca kabul görmesi gerekir. İş hedefleri ve TPM arasındaki ilişkisi Şekil 9'da gösterilmektedir.

Şekil 9: İş hedefleri ve TPM arasındaki ilişkisi



Kaynak: Netaş TPM Eğitim Dokümları, 2016:23.

İşletme hedefleri ve TPM hedeflerini şu şekilde özetleyebilmektedir:

- Dünya çapında başarı
- Maliyette rekabet edebilmesi
- Müşteri memuniyeti
- Pazar payı

TPM'in temel hedefleri:

- İşletme bazında bakım yapmaya aktif katılımı sağlamak
- Çalışma ortamına canlılık getirmek ve iş güvenliğini sağlamak
- İstikrarlı ürün kalitesini sağlamak
- İstikrarlı ürün teslmatını sağlamak
- Yüksek karlılık sağlamak. (IDEA. 2000:2)

Yukarıda söz edilen hedefleri daha geniş olarak bakacak olursak:

- Tezgâh verimliliğinin arttırılması
- Ürün kalitesinin arttırılması
- Hataların azaltılmasına (Sıfır hata)
- Kayıpların azaltılması (Sıfır kayıp)
- Iskarta azaltılması (Sıfır ıskarta)
- Stokların azaltılması (Sıfır stok)
- İş kazaların azaltılması (Sıfır iş kaza)
- Bakım arızaların azaltılması (Sıfır arıza)
- Bakım kalitesinin arttırılması
- Grup çalışmalarının arttırılması
- İyileştirme fikirlerinin arttırılması
- Şirket kültür değişiminin sağlanması
- Teknik eğitimin arttırılmasıdır. (İZOCAM, 2009: 5)

TPM, çaba ve amaçlarına ulaşabilmeleri için sistemin verimsizliğine yol açan nedenlerin iyi bilinmesi gerekir. Bu nedenler altı ana başlıkta toplanmıştır. Bir işletmenin verimini etkileyen altı büyük kayıp kaynağı şunlardır:

Boşta geçen süreler;

1. Yetmezlikler nedeniyle arızanlanma
2. Hazırlık ve ayarlama amacıyla ortaya çıkan duraklamalar

Yavaşlama;

3. Avare durumlar, kısa süreli duraklamalar (dur-kalk durumları nedeniyle gecikmeler)
4. Hızın düşmesi (olması gerekenle çalışılan hız arasındaki fark)

Kusurlar;

5. Üretim kusurları ve elden geçirme
6. Makinalara yol verilmesi ile üretimin akışının rejim haline geçmesi için geçen süredeki üretim azalmasıdır.

Görüldüğü gibi bakımcılığın idealleştirilmiş ilkesi tüm donanımları %100 verimle %100 çalışır durumda tutmaktır. Nitekim TPM çabalarının getirdiği yeni anlayış şudur:

" Bir sistemin çalışır olması optimum koşullar altında çalışıyor anlamında değildir."

Bir makine, tezgah, aygıt, vb.'nin performansı en üst düzeyde tutulabildikçe o makine, tezgah, aygıt, vb. optimum durumdadır. (Gücün: 1999: 7)

TPM politikası ve hedefleri günlük uygulamalara getirilmedikçe başarıya ulaşamaz. Günlük uygulamalara geçmenin kademelendirilmesi zorunludur. Zorlamaların doğuracağı tepkiler büyük engeller oluşturur. Başarılı bir kademelendirme biçimi aşağıdaki gibidir.

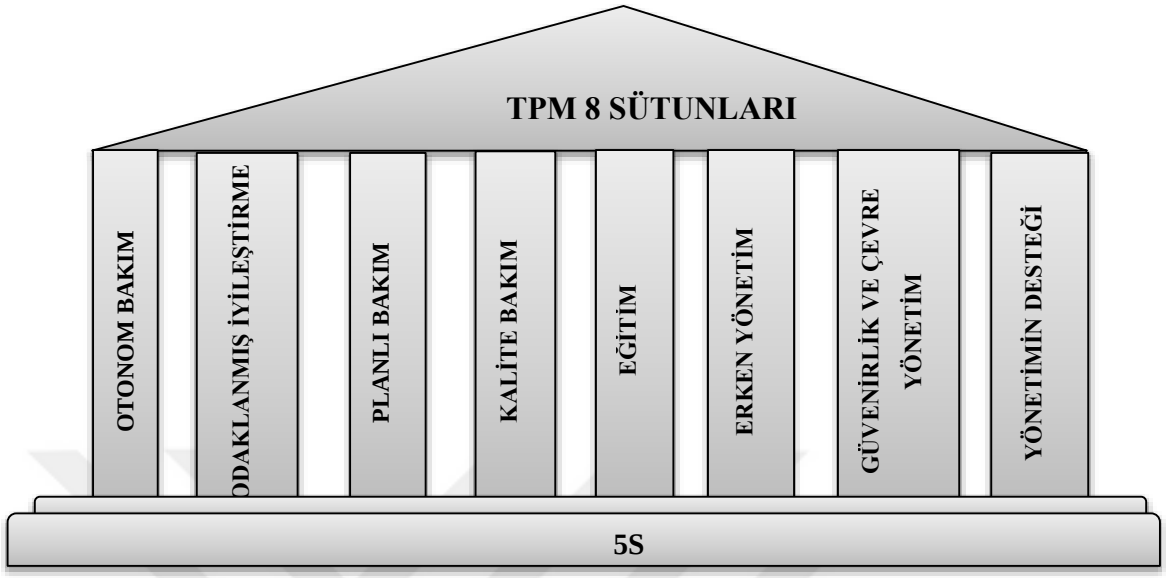
1. Hızlı kötülemenin önlenmesi
2. Yetmezliklerin giderilmesi
3. Kusurların giderilmesi
4. Üretkenliğin artırılması

Sıralanmış olan kademelendirmenin hedeflerine ulaşabilmesi için uygulamaları şu temel etkinlikleri de birlikte getirmesi zorunludur.

a- Özerk bakımın benimsetilmesi
b- Eldeki donanımların etkinliğinin artırılması
c- Kaliteli bakımın geliştirilmesi
d- Bakım gerektirmeyen sistemlere yönelişi
e- Eğitim ve yetiştirilmesi

1.2.3. TPM 8 Sütunları

Şekil 10: TPM 8 Sütunları



Kaynak: Enaghani, Arashpur ve Karimi, 200:16

TPM amaçları doğrultusunda belirlemesi gereken 8 sütun aktivitesi vardır. İşletmelerde üretilen ürün süreçlerden dolayı farklılık gösterse de en genel kabul görenleri Şekil 10'da özetlenmiştir.

Odaklanmış iyileştirmeler (Focused İmprovement Pillar): Üretim mühendisleri, bakım personeli, operatörler gibi çalışanların oluşturduğu çapraz fonksiyonların yer aldığı proje ekipleri tarafından gerçekleştirilen iyileştirme aktiviteleridir. Bu aktiviteler belirlenen kayıpların minimize edilmesi için tasarlanmaktadır. Sağladığı avantajlara bakarsak; (Takutara, 1994: 13)

- Tekrarlanan sorunları tespit etmesi ve çapraz fonksiyonlu takımların tarafından çözümlenmesi
- Sürekli iyileştirme için bir sinerjik ekibin oluşacak ve şirketin kolektif yeteneklerini birleştirmesi

Otonom bakım (Autonomous Maintenance Pillar): Üretim çalışanlarının ekipman bakımına katılımını, ekipmanların mevcut durumunun korunmasını veya kötüye gidişatının engellenmesini sağlayan tekniklerden oluşur. (Campbell, Jardine, ve McGlynn, Joel, 2011: 293) TPM'de operatörden karar verme sürecine dâhil

olması ve mevcut durumu sürekli sorgulanması istenmektedir. Bu durum sürekli gelişimin temel gerekliliğidir. Sağladığı avantajlara bakarsak;

- Operatörlere kendi ekipmanını benimsetilmesi
- Ekipman hakkında bilgilerin arttırılması
- Ekipmanın iyi temizlemiş ve yağlanmış olduğundan güvenirliği
- Ekipmanların hata ve arızaları önceden tanımlaması

Otonom bakım grubundaki tüm çalışanların programın tüm adımlarında çaba göstermeleri ve katkıda bulunmaları zorunludur. Otonom bakım yedi adımı olarak sunulmakta olan bu adımlar bir birini tamamlayan bütünsel faaliyet göstermektedir.

a. Başlangıç temizliği
b. Kirleme kaynaklarına karşı önlemleri
c. Geçici olarak standartların belirlenmesi
d. Genel kontrolleri
e. Otonom kontrolü
f. Standardizasyonu
g. Otonom Bakım Yönetimi (Tam Otonom Bakım)

Planlı bakım (Planned Maintenance Pillar): Uzman bakım personelince yürütülen planlı bakım, operatörlerin yer aldığı otonom bakım ile birleşerek kayıpları yok etmekte ve verimliliği artırmaktadır. (Shirose, 1996: 33) Planlı bakım üç ana bakım faaliyetinden oluşmaktadır. Arıza bakım, önleyici bakım ve kestirimci bakım.

Önleyici bakım ve kestirimci bakım arızanın çıkmaması için uygulanan faaliyetlerdir. Yine de zaman içerisinde beklenmedik arızalar görülebilmektedir. Bu arızalar arası süreler analiz edilerek yıllk, aylık ve haftalık bakım görevleri belirlenmektedir. (Suzuki, 1994: 15,16) Sağladığı avantajlara bakarsak;

- Plansız duruşları önlenmesi
- Üretim gerçekleştirmeyen ekipmanlarla bile planlı bakımın yapılması
- Aşınma ve başarısızlık eğilimi gösteren ekipman üzerinde daha iyi bakımın yapılması ve envanteri azaltması

Eğitim (Educaion and Training Pillar): Odaklanmış iyileştirmeler, otonom bakım ve planlı bakım aktiviteleri, operasyon ve bakım yetkinlikleri ile desteklenmektedir. Operasyon ve tamir kayıplarını azaltmak ve ekipmana hâkim olan

usta personel yetiştirmek için beceri eğitimleri verilmeli ve bu gelişimin sürekliliği sağlanmalıdır (Shirose, 1996: 33). Sağladığı avantajlara bakarsak;

- Çalışanların eğitim düzeyinin yükselmesi ile birlikte arızaları erken tanıması
- Proaktif ve önleyici bakım üzerine bakım personellerin teknik bilgilerini arttırması
- Yöneticiler TPM ilkelerini benimsemeli ve çalışanlara yönlendirme ve geliştirme yetkinin vermesi

Erken yönetimi (Early Management Pillar): Mevcut ekipmanlarda odaklanmış iyileştirmeler, otonom bakım ve planlı bakım aktivitelerinden elde edilen bilgi birikimi (ekipman gelişimi, problemlerin kök nedenlerinin çözümü, düzeltici bakım faaliyetleri) yeni ürün ve yeni ekipman gelişim safhalarından geri beslenmektedir. Bu çabalar üretilmesi kolay ürün ve kullanımı kolay ekipman gelişimini sağlamaktadır (Shirose, 1996: 34). Sağladığı avantajlara bakarsak;

- Yeni ekipmanların planlanmış performansa hızlı ulaşmaları için belli seviyeye getirmesi
- Kurulum için çalışanların katılımını ve praktik inceleme ile bakımın basitleşmesini sağlanması

Kalite bakım (Quality Maintenance Pillar): Ekipmanın hatadan uzak olduğu şartları yaratarak, sürdürerek ve kontrol ederek hataların sıfıra indirilmesi anlamına gelmektedir. (Shirose, 1996: 34) Kalite özellikleri; ekipman, malzeme, insan ve metodlardan etkilenmektedir. Kalite bakımın ilk adımı kalite hatalarını analiz ederek ürün kalite özelliklerini ve dört üretim girdisi arasındaki ilişkileri belirlemektedir. (Shirose, 1996: 34) Sağladığı avantajlara bakarsak;

- Kusurların kök nedenlerine inerek iyileştirme projeleri ile kalite sorunlarını çözüme ulaştırılması
- Kusur sayıların azalması
- Kusurları erken yakalayarak maliyet artışını engellenmesi (denetleme esnasında hataların tespiti, daha pahalı maliyeti ve güvenilmezliğe neden olur).

Yönetim ve destek departmanlarında TPM (Office Pillar): Geliştirme, satış ve yönetim departmanlarındaki TPM aktiviteleri üç kategoriye ayrılmıştır.

Verimlilik gelişimi için destek aktiviteleri, ilgili sektörün verimliliğinin artırılması ve ilgili departmanlara kayıtlı ekipman verimliliğinin artırılmasıdır. (Shirose, 1996: 34) Sağladığı avantajlara bakarsak;

- İdari görevlisinden en alt kademeye kadar inerek TPM faydalarını hissetirmesi
- İdari işlemlerinde de gelişmişliğe destek olması (örneğin, siparişin işleme, tedarik zinciri ve zamanlama)

Güvenlik ve çevre yönetimi (Safety, Health and Enviroment Pillar): Güvenlik sistematik olarak TPM aktivitelerinin bir parçasıdır. Tüm TPM aktivitelerinde güvenlik faaliyetleri her adımda uygulanmaktadır. Çalışanların kurallara riayet etmediği durumda bile güvenli olan ekipmanların tasarlanması önem arz etmektedir. **(**Suzuki, Tokutaro, 1994: 19) Sağladığı avantajlara bakarsak;

- Potansiyel sağlık sorunları ve güvenlik sorunları ortadan kaldırarak daha güvenli işyeri ortamın oluşması
- Özellikle kazasız işyeri amaçlanması ve hedeflerine ulaşması

TPM'in yukarıda sözü edilen sekiz temel faaliyetinin dışında tüm faaliyetlerin temelinde yatan 5S faaliyetleri vardır. Tüm Japon yönetim metotlarınında yer alan 5S, Seiri (ayıklama, sınıflama), Seiton (düzenleme), Seiso (temizlik), Seiketsu (standardizasyon) ve Shitsuke (disiplin) kelimelerin kısaltması ve açıklamasıdır. Bu metot verimlilik ve bakım kalitesinin artırılması için iş çevresinin düzenli, temiz, tertepli ve verimli olmasını amaçlanmaktadır.

5S aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır. (Willmott ve McCarthy, 2001: 15)

1. Gereksiz olan her şeyin kaldırılması
2. Gerekli olanların doğru yerlere yerleştirilmesi
3. Temizlik yapılması
4. Temizliğin standart hale getirilmesi
5. Eğitim ve yaygınlaştırma ile disiplinin sağlanması

TPM'in temel amacı işletme kayıplarını yok etmekte ve yok edilmesi için de bunları hizmet etmesini sağlanmasıdır.

İKİNCİ BÖLÜM
TOPLAM EKİPMAN ETKİNLİĞİ (OEE)

2.1. TOPLAM EKİPMAN ETKİNLİĞİ KAVRAMI

OEE, İnglizce de "Overall Equipment Effectiveness" kelimelerin kısaltmasıdır. Türkçe de "Toplam Ekipman Etkinliği" anlamına gelmektedir.

Yalın Üretim ve Toplam Üretken Bakım (Total Productive Maintenance - TPM) uygulamalarının başarısının ölçülmesinde anahtar rol oynayan Toplam Ekipman Etkinliği (Overall Equipment Effectiveness - OEE) makine ve tesislerin hangi etkinlikte kullanıldığını ölçen çok önemli bir parametredir (Temiz, 2010: 49). "Ölçmeden iyileştiremeyiz" kelimesi bu tekniğin sloganı denilebilir. Nakajima tarafından 1988'de Amerikada TPM'i ekipman performansını yükselten bir metodoloji olarak tanıtılmıştır (Temiz, Atasoy ve Sucu: 2010:86). OEE, yine Nakajima tarafından 1971'de ortaya çıkarıldı ve TPM'de kullandığı bir ölçüt olarak adlandırılmaktadır. OEE, imalat işletmesinin içerisinde makine performanslarını kıyaslayarak ekipmanın etkinliğini ortaya koymaya çalışır. Günümüz koşullarında işletme maliyetlerinin azaltılması amacıyla makine ve ekipman verimliliği üzerine yapılan çalışmalara ilgi artmaktadır. OEE ile makinelerin duruşlarını, performans ve kalite kayıplarını tek bir parametre ile ölçmek ve izlemek mümkün olmaktadır. (Çetinay, 2013: 36)

Verimlilik kavramı paralelinde, üretim ve hizmet sektörlerinde verimliliğin artırılması için en az girdiyi kullanıp en yüksek çıktı elde etmeyi hedeflemektedir. Üretim sektöründe girdiler genel olarak insan gücü, makine ve malzeme olarak sınıflandırılabilir. Çıktıları ise, sadece ürün sayısı ile ölçmek eksik kalır ve bunun yerine çıktıları aşağıdaki gibi 6 özellikle tanımlanabilir.

Tablo 3: Girdi ve çıktı faaliyet arasındaki ilişkiler

Girdi	**Mali Kaynak**			**Yönetim Metodu**
	İnsan Gücü	**Makine**	**Malzeme**	
Üretim				Üretim Kontrol
Kalite				Kalite Kontrol
Maliyet				Maliyet Kontrol
Teslimat				Teslimat Kontrol
Güvenlik				Güvenlik/Çevre Kontrol
Moral				Beşeri ilişkiler
	İnsan Gücü Planlama	Tesis, Mühendislik /Bakım	Envanter Kontrol	Çıktı/ Girdi = Verimlilik

Kaynak: Seichi ve Kunio, 1996:28.

Dünya genelinde yapılan araştırmalarda üretim işletmelerinde ortalama OEE değeri %60 olarak gerçekleşmektedir. Hiçbir duruş ve fire olmadığında, maksimum üretim hızında %100'lük bir OEE değerine ulaşılabilir. Ancak bu tamamen teorik bir üst sınır olup, fabrikaların gerçek anlamda ulaşabilecekleri değer aralığı %20-%65 arasında değişmektedir. Mükemmel olarak kabul edilen değerler ise; Yükleme seviyesi: %90; Performans seviyesi: %95; Kalite seviyesi: %99'dur. Bu değerlerin çarpımı sonucu elde edilen OEE değeri ise %85 olmaktadır. Bu rakam aslında basit bir şekilde ulaşılabilen bir hedef değildir. Dünya çapında en verimli çalışan fabrikalarda OEE %85'in biraz üzerindedir. (Temiz, Atasoy ve Sucu: 2010:86)

OEE, işletmelerin sadece bir ölçek üzerinde etkinlik tespiti yapmakla sınırlı kalmayıp yukarıda belirttiği gibi üç faktör ile yapılan analizi sonuçlardan faydalanarak "Altı Büyük Kayıp" ı da yok etmeye çalışılmaktadır. İmalattaki kayıpların önüne geçerek, yalın tekniklerle etkinliklerini arttırmaya yönelik faaliyetlerde bulunmaktadır. Ancak işletmeler, mevcut performanslarını değerlendirmediklerinde hiçbir iyileştirmelere ulaşamazlar. Performanslarını ölçmediği takdirde yönetemez ve geliştiremezdir. Dolayısıyla performans önlemleri almak, bir işletmenin rekabet edebilirliğini ve karlılığını artıran kritik yönetim araçtır. Performans önlemleri, finans, verimlilik, etkililik, kalite, yönetim vb. gibi

çeşitli alanlarda kullanılabilir. Ölçümleri nasıl uygulanması gerektiği kullanıcı amacına göre değişmektedir.

İşletmelerin performanslarını ölçmeleri için 5 önemli nedeni Kaydos tarafından tanımlanmıştır. (Rona ve Rooda, 2006:29)

1. Gelişmiş kontrolu sağlaması için her sistemde geribildirim önemlidir.
2. Sorumluluk ve hedeflerin belirli olması. Çünkü iyi performans göstermesinde, spesifik sonuçlar ve sorunlardan kimin sorumlu olduğunu açık ve net şekilde bilinmesi gerekmektedir.
3. Hedeflerin stratejik olarak sıralanması gerekmektedir.
4. İş süreçlerini kavrayabilmesidir. Çünkü veriler üretim sürecini anlaşılır olmasını sağlamaktadır.
5. Süreç kapasiteyi belirler. Çünkü bir süreci anlamak aynı zamanda kapasitelerini bilmek anlamına gelmektedir.

İşletme maliyetlerinin düşürülmesi amacıyla makine ve ekipman verimliliği üzerine yapılan çalışmalar ile literatür taraması yapıldığında OEE başlıklı çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bunlardan bazılarını aşağıda verilmiştir.

Bir çamaşır kurutma makinesi üretim işletmesindeki tezgâhların çalışma sırasında OEE değerlerini tespit ederek, tezgahlardaki zaman bazlı kayıpların ve geri kazanılabilecek maliyetlerin hesaplanmasını yapmıştır. (Tekin, 2009: 86)

Jeong ve Philips, sermaye yoğun endüstriler için OEE hesaplamaya yönelik bir öneri sunmuşlardır. Detaylı bir veri toplama sisteminin kurulmasına odaklanan çalışmada, toplam dört makineden oluşan iki adet imalat hücresi ekipman etkinliği açısından incelenmiştir. (Jeong ve Philips, 2001: 1404-1416)

Araştırmacılar, döküm endüstrisinde OEE'nin hesaplanması için bir model önermişlerdir. Tesisat borusu, musluk vb. ürünlerin dökümünün gerçekleştirildiği bir fabrikada, otomatik kalıplama makinelerinin ve indüksiyon fırınlarının yer aldığı imalat sistemini incelemişlerdir. Araştırmacılar, sektöre özel olarak ifade ettikleri "akma" oranı değerini de hesaplamaya katarak oluşturdukları, geliştirilmiş toplam ekipman etkinliği değerini %51,3 olarak tespit etmişlerdir. (Raja ve Karaman, 2008: 70-73)

Ürdün'deki bir çelik üretim işletmesinde gerçekleştirdiği ve on beş günlük süreyi kapsayan uygulama sonucunda, OEE değerini %55 olarak tespit etmiştir.

Çözüm önerisi olarak; hızlı kalıp değişimi uygulamalarının gerçekleştirilmesini ve bilgisayar destekli bakım yönetim sistemine geçilmesi gerektiğini ifade etmiştir. (Almeanazel ve O.T.R., 2010: 517-522)

Bir içecek üretim hattında sekiz ay boyunca yapmış olduğu gözlemler neticesinde elde etmiş olduğu verileri kullanarak OEE'yi hesaplamıştır. Aylık bazda OEE'nin, %71,3 ile %75,9 arasında değiştiğini tespit etmiştir. İyileştirme önerileri olarak; bazı parça değişimlerinin yapılması ve operatörlere yönelik eğitim programları geliştirilmesi gerektiğini ifade etmiştir. (Tsarouhas ve P.G., 2012: 515-523)

Cam üreten br şirketin hammade stok yönetiminden kaynaklanan kayıpları ortadan kaldırmak amacıyla OEE yöntemini kullanmıştır. Kayıpları ortadan kaldırmak amacıyla bir model geliştirerek 3 ay boyunca hammadde yetersizliği ve hammaddenin uygunsuz depolamasından kaynaklı zaman ve kalite kayıplarının üzerinde durulmuştur. Oluşturulan model sonucunda OEE değerini %3,8'lik artiş, bunun yanı sıra performans oranında %4'lük artış, kalite oranında %0,6'lık düşüş gerçekleştiğini belirtmiştir. (Yazıcı, 2012: 121)

OEE yönteminden yararlanarak geliştirilen üretim izleme ve iyileştirme yazılımını kullanarak, İzmir'de bulunan bir fabrikada üretim aşamasında, üretimdeki yavaş çalışma, duruşlar ve hatalı üretim gbi kayıpları tespit ederek azaltılmasını sağlamışlardır. (Maraşlı, 2013: 45-64)

Yapılmış çalışmalar arasında endüstriyel işletmelerin birçok sektörde OEE çalışmalarını yaptığı görülmüştür. Ancak polyester sektörü ele alındığında OEE alanında yapılmış fazla çalışma olmadığı gözlenmektedir.

2.2. ALTI BÜYÜK KAYIP

OEE ve TPM'in temel amacı "Altı Büyük Kaybı" ortadan kaldırılarak tesis ve makine etkinliklerinin arttırılmasıdır. Bu altı büyük kayıp, üretimde verimlilik düşüşünün ve önemli mali sonuçların kaynağıdır.

Bu kayıplar şunlardır;

- Arıza kayıpları,
- Kurma ve ayar kayıpları,

- Atıl kapasite ve kısa süreli duruş kayıpları,
- Azaltılmış hız kayıpları,
- Kalite hataları ve yeniden işlemem gereği,
- Yol verme ve üretim kayıpları (makinenin çalıştırıldığı andan istikrarlı üretim düzeyine ulaşıncaya kadar geçen süre içindeki üretim kayıpları).

Tesis ve makine etkinliklerinin artırılması için düzenli bir çalışma yapılarak bütün kayıpların sebeplerini ortaya çıkartılıp yok etmeye çalışılmaktadır. Böylece TPM'ın hedefi olan sıfır arıza ve sıfır hata düzeyine ulaşılabilir. (Temiz, Atasoy ve Sucu: 2010: 86)

Aşağıdaki Tablo 4'te 6 büyük kayıp ve OEE ilişkiyi açıklanmıştır.

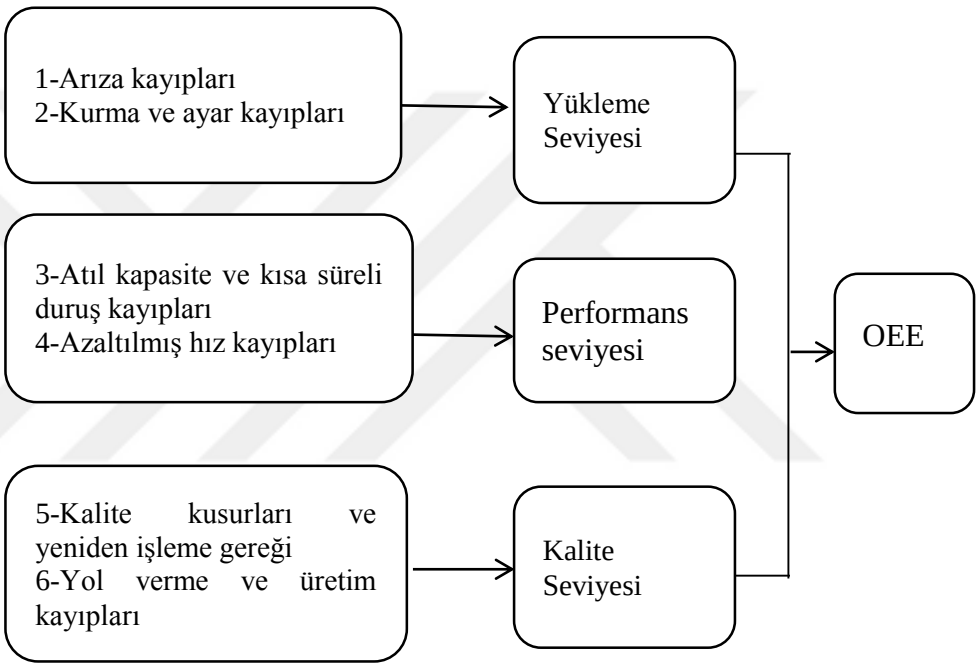
Tablo 4: 6 Büyük Kayıp ve OEE İlişkisi

6 Büyük Kayıp	**OEE Sisteminde Kayıp**	**Örnek Olaylar**
Arıza	Duruş Kaybı	Kalip arızası Plansız bakım Makina arızası
Set-Up ve Ayar		Ayar, hazırlık Isınma zamanı Kalıp değişimi
Küçük Duruş (5 dakikadan kısa süren duruşlar)	Hız Kaybı	Ürün akışının engellenmesi Sensörün bloke olması Beslenme düzeyinde problem Temizlik/Kontrol
Yavaş Çalışma (Teorik hızın altında çalışma durumu)		Problemli malzeme Ekipmanın eski olması Operatörün yetersizliği Problemli tasarım Makina problemleri
Ayar, Set-Up Firesi	Kalite kaybı	Hurda Yeniden işlem Bozuk üretim Hatalı montaj
Üretim Firesi		

Kaynak: OEE, 2010: 5

Yalın üretim ve TPM uygulamalarının başarısının ölçülmesindeki anahtar gösterge OEE'dir. OEE makine ve tesislerin ne kadar etkin kullanıldığını gösterirken aynı zamanda kayıpların oluştuğu noktaları da göstererek iyileştirme çalışmaları için kaynak oluşturur. OEE, üç çarpan tarafından belirlenen ve yüzde olarak ifade edilen bir kavramdır. Çarpanları; yükleme seviyesi, performans seviyesi ve kalite seviyesidir. (Temiz, Atasoy ve Sucu: 2010: 86)

Şekil 11: OEE Çarpanları Ve Altı Büyük Kayıp Arasındaki İlişki



Kaynak: Ayyıldız, 2000: 6.

OEE'nin hesaplamasında her fabrikaya göre değişiklik göstermektedir. Fabrikada yer alan ekipman etkinliğini maksimize etmek için arızalar, kusurlar ve duruşlar gibi problemleri yok etmeye çalışırken aşağıdaki 8 ana üretim kaybına rastlanmaktadır.

Tablo 5: Sekiz Ana Üretim Kaybı

KAYIP	TANIM	BİRİM	ÖRNEK
İşi Durdurma Kayıpları (Shutdown Losses)	Üretimin periyodik servis hizmetleri ya da yıllık planlı bakımlar için kaybedilen zaman	Günler	İşi durdurma çalışmaları, periyodik denetimler, otonom denetimler, genel tamir, işleri, vb.
Üretim Ayar Kayıpları (Production Adjustment Losses)	Talep ve arzdaki değişmelerin üretim planında oluşturduğu ayarlamalardan kaynaklanan kaybedilen zaman	Günler	Üretim ayarları yüzünden işi durdurma, stok azaltma nedeniyle işi durdurma vb.
Ekipman Arızası Kayıpları (Equipment Failure Losses)	Ekipmanın aniden belirli fonksiyonlarını yitirmesiyle kaybedilen zaman	Saatler	Arızalı pompalar, yanmış motorlar, hasarlı miller, kırık elemanları vb.
Süreç Arıza Kayıpları (Process Failure Losses)	İşlenen malzemelerdeki kimyasal ya da fiziksel değişimler, işlem hataları, hatalı hammaddeler gibi dışsal faktörlere bağlı duruşlarda kaybedilen zaman	Saatler	Sızıntılar, dökülmeler, bloklar, korozyon, erozyon, tozlanma, yanlış işlemler, vb.
Normal Üretim Kayıpları (Normal Production Losses)	İşlerin başlaması, durdurulması ve ürün değişimindeki zaman ve oran kayıpları	Oran düşüşü, saatler	Başlangıçtan sonraki ısınma periodu, kapamadan önceki soğuma periodu ve ürünün değişimi sırasındaki üretim oranı düşüşleri
Normal Olmayan Üretim Kayıpları (Abnormal Production Losses)	Tesisin arızaları ve anormallikler yüzünden performansının altında çalışması nedeniyle oluşan oran kaybı	Oran Düşüşü	Az yüklenmiş operasyon, düşük hızlı operasyon ve standart üretim oranının altındaki operasyonları
Kalite Kusur Kayıpları (Quality Defect Losses)	Reddedilecek ürün üretmekle kaybedilen zamana, hurda ürünün fiziksel kaybına, düşük kaliteli ürünün finansal kayıplarına bağlı kayıplar	Saat, Ton, Dolar	Kalite standartlarını sağlamada başarısız olan ürün üretmeye bağlı fiziksel ve zamansal kayıplar
Yeniden İşleme Kayıpları (Reprocessing Losses)	Malzemenin işleme geri gönderilmesine bağlı yeniden değerlendirme kayıpları	Saat, Ton, Dolar	Uygunsuz ürünün kabul edilebilir hale gelmesi için son süreçten ilk sürece yeniden gönderilmesi

Kaynak: Suzuki, 1994: 50.

Bu 8 ana üretim kaybın yanında 8 yani kayıp olduğu Japon araştırmacılar tarafından önerilmektedir. Bunlar; (Kocakoç, 2001: 35)

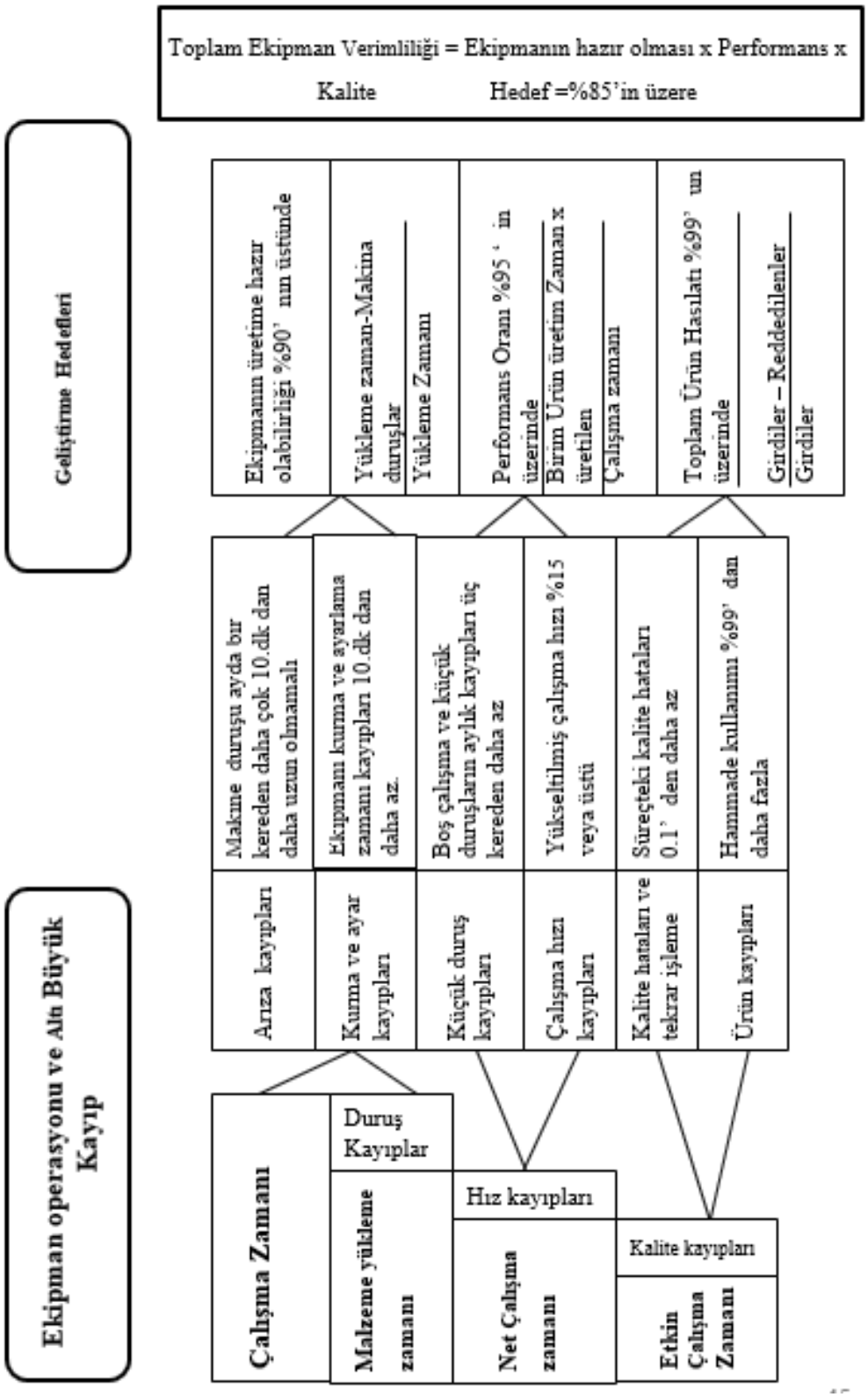
İşgücü verimliliğini önleyen 5 kayıp

- Yönetim kaybı
- Operasyon hareketleri kaybı
- Hat organizasyonu kaybı
- Lojistik destek kaybı
- Ölçüm ve düzeltme kaybı

Malzeme ve enerji verimliliği önleyen 3 kayıp

- Malzeme ve takım kaybı
- Enerji kaybı
- Ürün kaybı

Şekil 12: Altı Büyük Kayıp ve Geliştirme Hedefleri



Kaynak: Kordsa,1996: 4.

2.3. OEE HESAPLAMASI

OEE, en klasik şekliyle çalışma süresi verimliliği Kullanılabilirlik, Performans ve Kalite oranlarının birbiriyle çarpımı ile hesaplanabilir (Nakajima, 1988:27).

OEE = Kullanılabilirlik (Gerçekleşen Makine Uygunluğu) x Performans (Performans Etkinliği) x Kalite (Kaliteli Ürün Oranı) x 100 olarak hesaplanır. Bu formülü içinde yer alan 3 faktörün de değerlerini bulabilmeleri için farklı verilerin bir araya gelmesi sonucunda belirlenir. Bu faktörleri şu şekilde tanımlayabiliriz (Nakajima, 1988:28).

Toplam planlanan zaman; Üretimin gerçekleşeceği iş günündeki mesai başlangıç ve bitiş saatleri arasındaki süreyi ifade eder.

Molalar; Toplam planlanan zaman içerisindeki planlı duruşları ifade eder. Örneğin, yemek ve çay molaları, planlı bakım duruşları vb.

Net çalışma süresi; Toplam planlanan zamandan tüm planlı ve öngörülen duruşların çıkarılması ile hesaplanan süredir. Ekipmanın bu süre içerisinde tam verim ile üretim gerçekleştirmesi beklenir. Bu süre içerisinde meydana gelecek her duruş kayıp olarak nitelendirilir.

Net Çalışma Süresi = Toplam Planlanan Zaman – Planlı Duruşlar

Duruşlar; Net çalışma süresi içindeki zaman kayıplarıdır. Arıza, elektrik kesintisi, ayar değişiklikleri vb. duraklamalar örnek olarak gösterilebilir.

İşleme süresi; Net üretim süresi içerisinden gerçekleşen kayıplar çıkarılarak hesaplanır. Bu süre ekipmanın üretim gerçekleştirdiği süreyi tanımlar.

İşleme Süresi = Net Çalışma Süresi – Plansız Duruşlar

İdeal çevrim süresi; Ekipmanın birim zamanda ürettiği parça sayısı ya da bir parçayı ürettiği birim zaman olarak ifade edilir.

Çevrim süresi; Üretimdeki bir parçanın bir makinada işlenmek üzere geçirdiği (giriş-çıkış) zamanı ifade eder. Ancak OEE hesaplamaları için parçanın değil makinenin işlem hızını hesaplanmalıdır. Yani makinenin belirli bir zaman aralığında işleyebildiği parça sayısını göstermektedir.

Üretilen parça adedi; Operasyon süresi içerisinde üretilen sağlam ürün, fire ve yeniden üretim miktarları toplamını ifade eder.

Ret edilen parça adedi; Üretilen parçalar içerisinde sağlam olmayan ürünleri ifade eder. Fire olarak ayrılan ve hatalı olduğu için yeniden üretilen parça sayısıdır.

Bu verilere ulaştıktan sonra uygunluk, performans ve kalite fonksiyonların hesaplamaları şı şekildedir;

Kullanabilirlik oranı; Makine uygunluk oranı = Çalışma Zamanı / Planlanmış Üretim Zamanı (Uygunluk değeri bulmalarında, arıza kayıpları dikkate alınır). Kullanabilirlik seviyesinin belirlemesiyle ekipmanların çalışma durumunu yüzde yüz ortaya koyamayız ama uygunluğunu düşüren sebeblerini ortaya koymaya ve buna neden olan altı büyük kayıba yol açan duruşlardan bulmaya amaçlanmaktadır. OEE kapsamında ekipmanlardan uygunuk oranını en az 99% olmasını istenmektedir.

Performans oranı; Bir makine ve ekipmanın planlanan hızdan daha düşük hızda performans gösteriyor ise normal üretimden daha az parça üretim gerçekleştirmektedir. Bu işletme için bir kayıptır. Düşük hızda çalışma nedeni de, malzemenin uygun olmaması, enerji sorunu, çalışanların işe verilen önem, iç müşteri memnuniyet vb bir sürü problemler neden olabilir.

Performans = (İdeal Döngü Zamanı x Toplam Parça) / Net İşleme Süresi (Performans değeri bulmalarında, hız kayıpları dikkate alınır).

Kalite seviyesi; Gerek deneme ürünleri gerekse normal ürünler olsun üretimde üretilen tüm ürünlerin kusurlu ürün sayısını kusursuz ürün sayısından çıkarmasıyla elde edilen miktar oranıdır. Bu oranın 99%'dan az olmaması istenir.

Kalite = Kusursuz Parça Miktarı / Toplam Parça Miktarı (Kalite değeri bulmalarında, kalite kayıpları dikkate alınır).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
İMALAT İŞLETMESİNDE UYGULANMASI

3.1. İŞLETME TANITIMI

Fiberteknik LTD. ŞTİ 2002 yılında polyester ve elyaf (C.T.P) hammaddeyi kullanarak depolama tankları ve otomotiv parçaları üretmek amacıyla 5'inci sanayi sitesinde 100m2 bir atölyede imalat ve ticaret hayatına başlamıştır. Kısa zaman sonra üretim teknolojilerini geliştirerek 2005 yılında İTOB Organize Sanayi Bölgesinde 6000 m2'lık kendi tesislerinde gıda stoklama, kimyasal ve arıtma tankları imalatını gerçekleştirmeye başlamıştır. Kompozit sektöründe hızlı büyüme gösteren Fiberteknik şuanda 50 kusur çalışanları ile faaliyetlerine devam etmektedir. Fiberteknik, üretim ve tasarım konularında İSO 9001 kalite güvence belgelidir.

İşletmede TPM anlayışı kapsamında OEE analizleri uygulama sebebi ise çalışanlar ve ekipmanlar üzerinde daha önce bu ve buna benzeyen herhangi bir çalışma olmadığıdır. Çalışanlar bu metodlarda farkındalığı yaratarak işte daha vasıflı çalışması ve işe olan sorumluluğunu arttırmayı hedeflemektedir. İş ortamında daha düzenli ve sistemsel anlamda çalışmalarına bir basamak yaratmaya çalışmaktadır. Ayrıca işletmenin bugünlerde yaşanan sorunlarını gözlemleyerek TPM anlayışı kapsamında OEE analizini ekipmanlar üzerinde ölçü gerçekleştirebilirsek şimdiki durumdan daha sistemli bir şekilde ve yeni hedeflerle ürün maliyet ve ekipmanlardaki arızalarında planlı bakım faaliyetlerini düzenleyeceğine inanmaktayım.

3.1.1. İşletme Analizi

Çalışmanın gerçekleştirildiği işletmede değişik tonaj kapasiteleri yeşil, beyaz veya proje kapsamında istenilen renklerle üretilen depolama tank imalatı yapmaktadır.

İşletme genellikle zeytin ve turşu firmalarına depolama tank üretimi yapmaktadır. İzmir İTOB organize sanayinde bulunan fabrikada yazın 50 ve üzeri işçi çalışırken, kışın ise 30 ve üzeri işçi çalışmaktadır. Üretimin yoğun olduğu sezona göre üretimde vasıfsız işçilerin alım ve değişikliği yapılmaktadır.

Tesisin üretim kapasitesi 80-100 tank/ay olarak gerçekleşmektedir. Üretim düzeni boyama ve kalıp çıkarma olarak iki kattan oluşmaktadır. Oldukça büyük bir alana ihtiyaç duyulmaktadır. Tank üretiminde 6.5,7.5, 10, 11 Tonluk Ayaklı Gıda Stoklama Tankı, 11, 20, 35 Tonluk Yerüstü Stoklama Tankları, aynı hacimde veya daha büyük kapasiteye sahip mevcut tonajlarda Küre Tankları, OksidasyonTankları, Su Arıtma Tankları ve Kimyasal Tanklar üretmektedir. Tankların temelde üç farklı kullanılma yöntemi vardır. Yer üstü tankları, yarı gömülü tanklar ve yeraltı tankları olarak üç farklı şekilde kullanılmaktadır. Tankların içine koyulacak olan maddeye göre kullanım ve üretim şekli de değişiklik gösterir.

İşletme, siparişin niteliğine uygun tankların farklı türlerini üretebiliyor olsa da standart olarak sunduğu bir ürün gami da mevcuttur. İşletme her ne kadar belirli ürün gamına sahip olsa da ürün gamı dışındaki müşteri talepleri doğrultusunda siparişleri de karşılanmakta ve bu doğrultuda üretimi esnetilmektedir. Bu çerçevede ürün gamının esnekliği ürünün sezondan sezona talebi olduğundan üretimin şipariş bazlı gerçekleşmesine neden olmaktadır.

Sipariş bazlı üretimde oluşan dezavantajları aşağıdaki gibidir; (Yaşın, 2014: 44)

- Ekipmanlarda sık ayar değişikliği ile oluşan zaman kayıpları
- Seri üretim yapamama nedeniyle yalın üretim ile ileri üretim tekniklerinin yeteri kadar efektif olamaması
- Yeni ürünlerle birlikte yeni kalite problemlerinin ortaya çıkması
- Ürün çeşitliliğinin fazla olması nedeni ile kapasite planlama ve hat düzeni kurmada problemler ile karşılaşılması
- Üretim planlama ve hat dengeleme çalışmalarındaki problemler nedeniyle verim düşüşünün meydana gelmesi.

Şekil 13: Analiz Edilen Ekipmanlar

Ayak Üretim (Magnum Venus Makinesi)





Gövde Üretimi (Magnum Venus Makinesi)





3.1.2. İşletmede Verilerin Toplanması

İşletmede OEE çalışmalarının başlatılabilmesi için öncelikli olarak üretim sürecinden alınan verilerin hazırlanması gerekmektedir. Bu kapsamda ekipmanların OEE değerlerinin belirlenmesinde ve üretim sürecini birebir yansıtabilmesinde gerçeği ölçen yöntem kullanılmalıdır.

KOBİ'ler için hem az maliyetli hem de doğru sonucu verebilecek yöntemi seçmemiz gerekir. Bu durumda oldukça düşük maliyetli ama bir o kadar da etkin olan şu yöntem kullanılabilir; üretimdeki kalite sorumlusu olan kişiden üretim süreci içerisinde var olan duruş, arıza ve bakımlarla ilgili bütün duruşlarını not etmesini isteyen bir form verilmiştir. Bu formu takip ederek üretim sahasındaki bütün duruşları kaydetmektedir. Böylelikle toplamda yapılan verilerin son bir aylık verilerini kullanarak OEE'i hesaplamaya çalışılmaktadır.

3.1.3. Ürünlere Ait İş Akışının Belirlenmesi

Öncelikle bir tank setini meydana getiren göbek, ayak, kapak ve diğer tamamlayıcı parçalar (boğaz, çene, taban, yürüme yolu, çıkış ve giriş boruları vb...) üretip bir araya getiren üretim hattının akış yolu tespit edilir. Bu sürecin belirlenmesi işletmenin üretim becerisine ve üretim bilgilerine de ulaşabilmektedir. Tesiste yer alan ekipmanlar, kullanılan malzeme ve üretilen ürün niteliklerine göre iş akışlarında değişiklik gösterir.

Tablo 6: Fiberteknik Polyester İmalattaki İş Akış Süreci

İŞ AKIŞ BASAMAĞI	İŞLEM BASAMAĞI	SORUMLU OLANLAR
01	Kalıbın Hazırlanması	Üretim Müdür, Kalıp Sorumlusu
02	Sv-6 Waks Sürülmesi	Üretim Müdür, Kalıp Sorumlusu
03	Kalıba Gelcoat Atılması	Üretim Müdür, Parça Üretim Şefi
04	Cam Elyafın Kalıba Yatırılması	Üretim Müdür, Parça Üretim Şefi
05	Fırça veya Magnum Venüs Makinesi ile Polyesterle Islatılması	Üretim Müdür, Parça Üretim Şefi
06	Ürün Kalınlığına Bağlı Olarak 5 ve 6 İşlem Basamakları Tekrar Edilmesi	Üretim Müdür, Parça Üretim Şefi
07	Ürünün Sertleşmesi Beklenir	Üretim Müdür, Parça Üretim Şefi
08	Ürün Hava Yardımı ile Kalıbtan Çıkarılması	Üretim Müdür, Parça Üretim Şefi
09	Çapak ve Firelerden Arındırılması	Üretim Müdür, Parça Üretim Şefi
10	Ürün Montajı Yapılması	Üretim Müdür, Parça Üretim Şefi
11	Ürünün Yüzeyine Son Kat Renkli Polyester Atılması	Üretim Müdür, Parça Üretim Şefi
12	Ürün Etiketlendirilir ve Son Kontrolleri Yapılması	Kalite Kontrol Sorumlusu

Kaynak: (Yazar Tarafından Derlenmiştir.)

İş akışları belirlendikten sonra işletmede bulunan ekipmanların hangi işleri ve hangi süreçlerde kullanıldığını belirlemeye çalışmaktadır. Ancak ekipmanlar farklı ürün ya da parçaları üretebilmektedir. OEE'nin performans ölçüleri hesaplanırken ilgili ekipmanın hangi tip ürünü ürettiği bilinmeli ve işleyecekleri ürüne göre farklı kapasitede çalışılmalıdır.

3.2. ÜRETİM SÜRECİNDE OLUŞAN KRONİK PROBLEMLERİ

İşletme içinde toplam üç ay boyunca veriler toplanmaya karar verilir fakat Mart ve Nisan aylarında üretimin ve siparişin az olması nedeniyle verimli veriye ve sonuca varılamayacağı düşünüldüğü için son bir aylık Mayıs ayı verileriyle analiz edilmiştir. Bu süreç içinde OEE'nin analiz yapabilmesi için gerekli ölçüleri almaya başlanmıştır. Yalnız şu süreçte de kronik problemlerle karşılaşılmıştır. Makinelerde duruşlar, arızalar nedeniyle kayıplar olmuştur. Bir aylık süre içerisinde oluşan kronik sorunları şu şekilde sıralamıştır;

- Kullanılan kırpıcı makinalarının arızanlanması
- Kırpıcı makinalarının dondurucuyu kesmesi
- Kullanılan aletlerin eksikliği
- Alınan polyester reçinesinin iyi olmaması
- Sürekli operasyon değişikliğinin olması
- Tanklardaki çapaklarını iyi alınamaması
- Tanklara uygulanan jelkotun gölgede kalması ve çıkıntı bırakması

Yukarıda bahsedilen sorunlar önem derecesine göre sıralanmaya çalışmıştır. En önemli kronik sorunu ise kırpıcı makinalarının sıklıkla arızalanması olmuştur. Üretim sürecinde makinaların bozulması günlük iş emirlerinin yerine getirilmesinde sıkıntı yaşaması, makinaların arızaların giderilmesi için kaybedilen zamanı ve bundan doğacak diğer sorunlarla sıklıkla karşılaşmaktadır.

3.3. OEE'NİN HESAPLANMASI VE VERİLERİNİN TOPLANMASI

OEE hesaplanmasında gereken verilerin toplanması için üretimden alınan bir aylık verileri kullanacaktır. Bir ay boyunca vardiya bazında alınmış olup, polyester stoklama tank üretim tesisinde bu ay içeriside gerçekleşen OEE değerleri tespit edilecektir.

İşletmenin üretim süresi sabah 08:00'den 18:30'a kadar (pazartesi- cuma) 1 vardiyalık faaliyet göstermektedir. Cumartesi günlerinde sipariş yoğunluğuna göre mesai yapabilmekte ve haftadan haftaya değişiklik göstermektedir. Ayrıca mesai saatleri de 08:00- 17:00'e kadar uzamaktadır.

Hesaplama yapılırken planlı duruşlar olarak, öğle yemek molası ve çay molası süreleri alınmıştır. Plansız duruşlar olarak, ayar değişikliği, eleman yetersizliği, elektrik kesintisi, elektrik arızası, mekanik arıza, malzeme bekleme, takım bileme, operasyon iş değişikliği, kalite sorunu, bakım ve malzeme sorunları yer almaktadır.

Uygulama çalışmasında, duruş verileri üretimden toplanması için öncellikle Günlük Duruş Formu excel aracıyla hazırlanmıştır. Forum bilgilerinde tarih, vardiya, operatör ismi, ekipman adı ve duruş sebepleri yer almaktadır.

Tablo 7: İşletme'deki 1 Aylık Planlı ve Plansız Duruş Süreleri

Tarih	Brüt kullanılabilir süresi	Planlı Duruşlar	Net Çalışma Süresi	Plansız Duruşlar	İşleme Süresi
01.05 Paz.	630 dk	75 dk	555 dk	410 dk	145 dk
02.05 Salı	630 dk	75 dk	555 dk	260 dk	295 dk
03.05 Çar.	630 dk	75 dk	555 dk	230 dk	325 dk
04.05 Perş.	630 dk	75 dk	555 dk	260 dk	295 dk
05.05Cuma	630 dk	75 dk	555 dk	215 dk	340 dk
08.05 Paz	630 dk	75 dk	555 dk	350 dk	205 dk
09.05 Salı	630 dk	75 dk	555 dk	335 dk	220 dk
10.05 Çar.	630 dk	75 dk	555 dk	200 dk	355 dk
11.05 Perş.	630 dk	75 dk	555 dk	220 dk	335 dk
12.05Cuma	630 dk	75 dk	555 dk	200 dk	355 dk
13.05 C.tesi	540 dk	75 dk	465 dk	190 dk	275 dk
15.05 Paz.	630 dk	75 dk	555 dk	160 dk	395 dk
16.05 Salı	630 dk	75 dk	555 dk	210 dk	345 dk
17.05 Çar.	630 dk	75 dk	555 dk	155 dk	400 dk
18.05 Perş.	630 dk	75 dk	555 dk	155 dk	400 dk
19.05 Cuma	630 dk	75 dk	555 dk	210 dk	345 dk
20.05 C.tesi	540 dk	75 dk	465 dk	180 dk	285 dk
22.05 Paz.	630 dk	75 dk	555 dk	25 dk	530 dk
23.05 Salı	630 dk	75 dk	555 dk	180 dk	375 dk
24.05 Çar.	630 dk	75 dk	555 dk	150 dk	405 dk
25.05 Perş.	630 dk	75 dk	555 dk	120 dk	435 dk
26.05 Cuma	630 dk	75 dk	555 dk	40 dk	515 dk
27.05 C.tesi	540 dk	75 dk	465 dk	35 dk	430 dk
29.05 Paz.	630 dk	75 dk	555 dk	430 dk	125 dk
30.05 Salı	630 dk	75 dk	555 dk	270 dk	285 dk
31.05 Çar.	630 dk	75 dk	555 dk	265 dk	290 dk
Toplam	**16110 dk**	**1950 dk**	**14160 dk**	**5455 dk**	**8705 dk**

Kaynak: (Yazar Tarafından Derlenmiştir.)

Yukarıda verilmiş Tablo 7'de üretimden alınan 1 aylık veriler yer almaktadır. Verilerin brüt olarak kullanılabilir süresi, planlı duruşlar, net üretim süresi, plansız duruşlar ve işleme sürelerini gün ve gün göstermektedir.

Üretimde toplam çalışılan brüt zamanı günde 1 vardiyada 630 dk'dır. İşletmenin planlı duruşları yemek ve çay molaları olmak üzere 75 dk'dır. Yukarıdaki tablodan işletmenin planlı ve plansız duruşlardan yola çıkarak üretimin işleme sürelerine ulaşılmıştır. Verileri günlük bazından toplayıp 1 aylık verilerini elde

etmiştir. Bu verileri kullanarak bir aylık (26 iş günü) OEE hesaplamaları formülasyon yardımıyla aşağıda hesaplanmıştır.

3.3.1. OEE Hesaplama Formülasyonu

OEE, endüstriyel anlamda kabul görmüş, geçerli bir performans ölçütüdür. (Tsarouhas, 2012: 1-9) Toplam Üretken Bakım kapsamında işletme ekipmanlarına ilişkin Toplam Ekipman Etkinliği 1 ay boyunca analiz etmesi için aşağıdaki OEE formülasyonu kullanarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Hesaplamada gereken değerler ve bunlarla ilişkili formüller şu şekildedir:

A: Brüt kullanılabilir süresi : =(630 dk-75 dk) x 26

B: Planlı Duruşlar (Planlı bakım, yemek çay molası vb.): =75 dk x 26

C: Net çalışma süresi (A-B):

((630 dk- 75 dk) x 26) – ((555 dk x 23) +(465 dk x 3)) = 14160 dk

D: Duruş kayıpları : (Arıza, Değişme, Ayar vb.) =5455 dk

E: İşleme süresi (C-D): 14160- 5455= 8705 dk

F: **Kullanılabilirlik oranı: E/C x 100**

G: İşletme süresinde yapılan üretim adedi: =403 adettir

H: İdeal çevrim süresi: =20 dk

İ: **Performans oranı: (H x G) / E x 100**

J: İşletme süresinde yapılan hatalı ürün adedi: =5 adettir

K: **Kalite oranı: (G – J) / G x 100**

Genel OEE = F x İ x K x 100%

Burada OEE hesaplamaları yapılmasında kullanılmış olan kullanılabilirlik oranı, performans oranı ve kalite oranı verileri haftalık olarak ayırıp değerlere ulaşılacaktır. Çünkü veriler, işletmenin sadece bir aylık değerleri ifade edeceğinden haftalık değerlere ulaşırsak kullanılabilirlik oranı, performans oranı ve kalite oranlarını aralarında karşılaştırabilecektir.

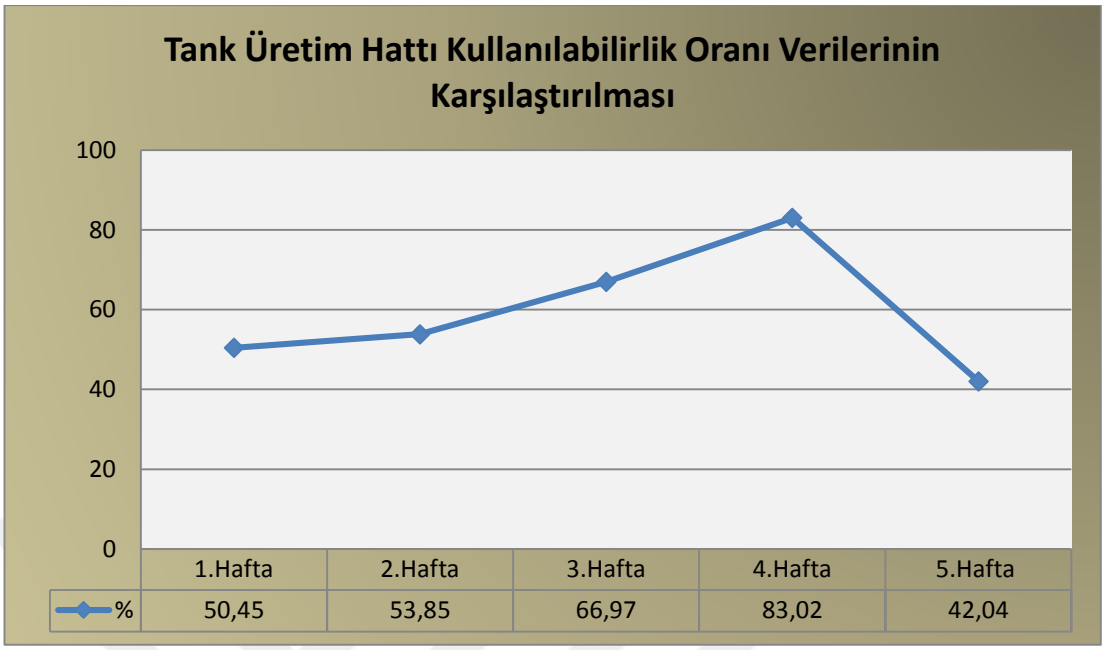
3.3.2. Tank Üretim Hattı Kullanılabilirlik Oranı Verileri

Kullanılabilirlik oranı için toplam 1 aylık verileri haftalık olarak Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8: Tank Üretim Hattı Kullanılabilirlik Oranı Verileri

Formülasyon	Kullanılabilirlik Oranı Bileşenleri	Değerler				
		1.Hafta	2.Hafta	3.Hafta	4.Hafta	5.Hafta
A	Brüt kullanılabilir süresi (dk)	3150	3690	3690	3690	1890
B	Planlı Duruşlar (dk)	375	450	450	450	225
C= A-B	Net çalışma süresi (dk)	2775	3240	3240	3240	1665
D	Duruş Kayıpları (dk)	1375	1495	1070	550	965
E= C-D	İşleme Süresi (dk)	1400	1745	2170	2690	700
F= E/C	**Kullanılabilirlik Oranı %**	**50,45**	**53,85**	**66,97**	**83,02**	**42,04**

Şekil 14: Tank Üretim Hattı Kullanılabilirlik Oranı Verilerinin Karşılaştırılması



Birinci Hafta Kullanılabilirlik Oranı Verileri

Tank üretim hattının 1'inci haftadaki verilerine baktığımızda, üretim bölümü 5 gün çalışılmış olup toplam 3150 dakika brüt kullanılabilir süresini sağlandığından planlı duruşları için 375 dakika ayırmış olup 2775 dakika net çalışma süresi kazanmıştır. Fakat bu sürecin 1375 dakikası duruş kayıp olarak kaydedilmiştir. Duruş süresi olarak diğer haftalara göre daha yüksek olduğu görülmekte ve kullanılabilirlik oranının % 50,45 olduğu tespit edilmiştir.

İkinci Hafta Kullanılabilirlik Oranı Verileri

Üretim hattının 2'inci haftadaki verilerine baktığımızda, üretim bölümü 6 gün çalışır ve toplam 3690 dakika brüt kullanılabilir süresini sağlandığından planlı duruşları için 450 dakika ayırmış olup 3240 dakika net çalışma süresi kazanmış olur.Fakat bu sürecin 1495 dakikası duruş kaybı olarak kaydedilmiştir. Duruş süresi olarak önceki haftaya göre daha çok duruş kaybı belirlenmiştir. Cumartesi günü mesaiye çalışarak işletmenin tank üretim hattının kullanılabilirlik oranı %53,85 olmuştur.

Üçüncü Hafta Kullanılabilirlik Oranı Verileri

Üretim hattının 3'üncü haftadaki verilerine baktığımızda, üretim departmanı yine 6 gün çalışmıştır. Brüt kullanılabilir süresi ve planlı duruşları ikinci hafta ile aynı hesaplanmıştır. Duruş kaybı olarak da 1070 dakika olarak kaydedilmiş ve bu da işletmenin ekipmanı kullanılabilirlik oranını %66,97 olduğunu tespit etmiştir. Duruş kaybı azaldıkça kullanabilirlik oranında artış gözlenmiştir.

Dördüncü Hafta Kullanılabilirlik Oranı Verileri

Üretim hattının 4'üncü haftadaki verilerine baktığımızda, üretim departmanının 6 gün mesai yaptığı, 2'inci ve 3'üncü haftalarla aynı şekilde brüt kullanılabilir süresi ve planlı duruşlar söz konusudur. Ancak duruş kayıp süresi olarak 550 dakika kaydedilmiştir. Aynı tempo ile çalışıldığı bu hafta önceki 2'inci ve 3'üncü haftalara göre daha az duruş meydana gelmiştir. Bundan dolayı kullanılabilirlik oranı %83,02'e yükselmiştir. Aynı zamanda toplamış olan verilere göre bu ay içindeki en yüksek oranda çalışılmış hafta olduğu görülmektedir.

Beşinci Hafta Kullanılabilirlik Oranı Verileri

Üretim hattının 5'inci haftadaki verilerine baktığımızda, üretim departmanındaki sadece üç günlük çalışma verileri toplanmıştır. Brüt kullanılabilir süresi ve planlı duruşlar olarak diğer haftalara göre herhangi değişiklik olmaksızın çalışmalara devam edilmiştir. Ancak duruş kayıpları olarak 965 dakika kaydedilmiştir ve bu haftada 3 günlük çalışma sonucundan alınan veriler olmasına rağmen diğer haftalardaki hafta bazındaki duruşlara göre duruş süresi yükselmiştir. Kullanılabilirlik oranı olarak da %42,04 değer tespit edilmiştir.

3.3.3. Tank Üretim Hattı Performans Oranı Verileri

Tank üretim hattına ait performans oranı verileri bir aylık üretim sonucunda üretilen bütün ürünleri haftalik olarak ayırmış ve tablo halinde aşağıda verilmiştir.

Tank üretim hattında üretilen ve kalite kontrollerinden sonra uygun ölçütlere sahip olan ürün miktarı toplamda 403 parça olarak tespit edilmiştir.

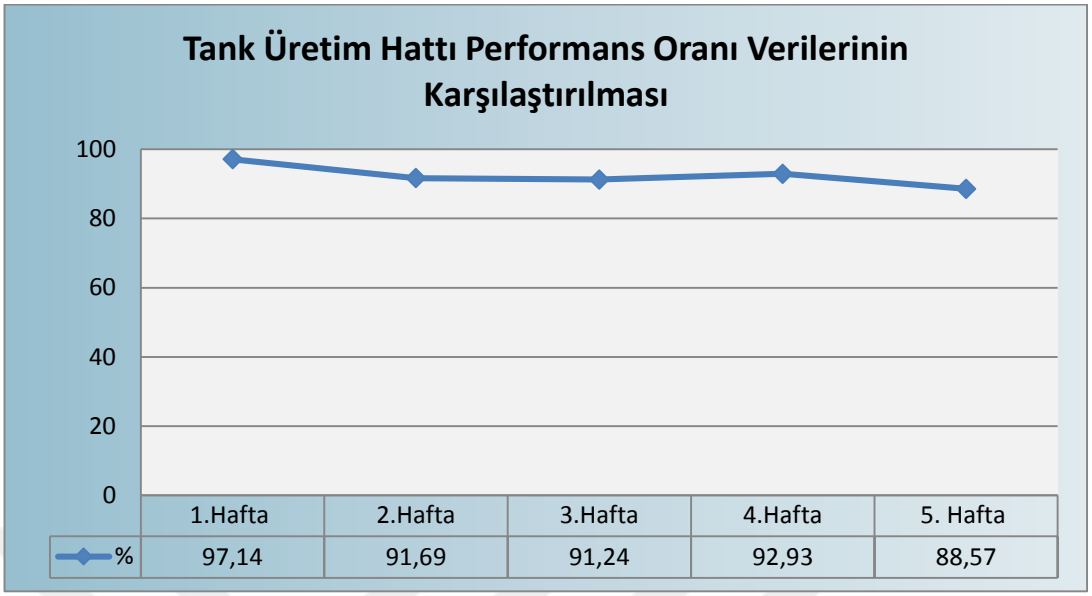
Her parçanın fiziksel yapısına göre farklılık göstermesinden ve üretilen ürünlerin tane boyutlarının farklı olmalarından kaynaklanarak birim çevrim miktarı olarak bahsedilen üretim kapasitelerinde farklılıklar söz konusudur. Bunlara bağlı olarak her parça için ürüne ait birim çevrim miktarı ve üretilen ürün miktarı değişmektedir. Bu yüzden üretimdeki ideal çevrim süresi için sabit bir süre ayarlamaya çalışılmıştır. Ekipmanlar üzerinden belli zaman aralığında alınmış sonuçlar bakıldığında her parçanın ekipmanında çevrim süresi ayrı ayrı belirlenmiştir. Sonrasında bütün parçaların toplam çevrim zamanının ortalamasına bakıldığında sonuç 20 dakika olarak belirlenmiştir.

İşleme süresi olarak bulunan bir aylık verilerin toplamı 8705 dakika olarak bulunmuştur. Tüm bu veriler ışığında toplam üretilen parçaları haftalık üretilen parça adetlerine göre kategorilendirerek performans oranları hesaplanmıştır.

Tablo 9: Tank Üretim Hattı Performans Oranı Verileri

Formülasyon	Performans Oranı Bileşenleri	Değerler				
		1.Hafta	2.Hafta	3.Hafta	4.Hafta	5.Hafta
G	İşletme süresinde yapılan üretim adedi	68	80	99	125	31
H	İdeal çevrim süresi	20 dakika	20 dakika	20 dakika	20 dakika	20 dakika
E	İşleme süresi(dk)	1400	1745	2170	2690	700
I= (H xG) / E	**Performans Oranı %**	**97,14**	**91,69**	**91,24**	**92,93**	**88,57**

Şekil 15: Tank Üretim Hattı Performans Oranı Verilerinin Karşılaştırılması



Birinci Hafta Performans Oranı Verileri

Tank üretim hattında 5 çalışma günü üretilen ve kalite kontrollerinden uygun ölçülere sahip görülen ürün adedi 68 olmuştur. İdeal çevrim süresini belirlemek için belirli zaman aralığında üretilen parçaların kaç dakika'da ürettiğini gözlemleyerek ortak bir ideal çevrim süresi belirlenmiştir. Böylelikle performans oranı hesaplanmasında gerek duyulan veriler ışığında 1'inci hafta %97,14 oranında performans gösterdiği tespit edilmiştir.

İkinci Hafta Performans Oranı Verileri

Tank üretim hattında 6 çalışma günü üretilen ve kalite kontrollerinden uygun ölçülere sahip görülen ürün adedi 80 olmuştur. İdeal çevrim süresi sabit olarak varsayılacağı için verileri formülasyona göre hesaplandığında 2'inci hafta %91,69 oranında performans gösterdiği tespit edilmiştir.

Üçüncü Hafta Performans Oranı Verileri

Tank üretim hattında 6 çalışma günü üretilen ve hatasız ürün olarak kabul edilen ürün adedi 99 olmuştur. İdeal çevrim süresi sabit olarak varsayılacağı için verileri formülasyona göre hesaplandığında 3'üncü hafta %91,24 oranında performans gösterdiği tespit edilmiştir.

Dördüncü Hafta Performans Oranı Verileri

Tank üretim hattında 6 çalışma günü üretilen ve hatasız ürün olarak kabul edilen ürün adedi 125 olmuştur. İdeal çevrim süresi sabit olarak varsayılacağı için verileri formülasyona göre hesaplandığında 4'üncü hafta %92,93 oranında performas gösterdiği tespit edilmiştir.

Beşinci Hafta Performans Oranı Verileri

Tank üretim hattında üç çalışma günü üretilen ve hatasız ürün olarak kabul edilen ürün adedi 31 olmuştur. İdeal çevrim süresi sabit olarak varsayılacağı için verileri formülasyona göre hesaplandığında 5'inci hafta %88,57 oranında performans gösterdiği tespit edilmiştir.

Bu tablodan analiz edilecek olursa 5'inci haftadaki verileri 1'inci haftadaki verilerle karşılaştırdığında üç gün çalışma göstermesine rağmen beş gün çalışılan haftadaki performans oran aralığıyla arasında çok fark olmadığı görülmektedir. Bu da 1'inci haftada performansın diğer haftalara göre en düşük olduğunu göstermektedir. Fakat iki, üç ve dördüncü haftalarda eşit çalışma sürelerine sahip olmasına rağmen göstermiş olduğu duruş süresi ve ürün adetlerinden dolayı dördüncü hafta en çok performans oranına sahip çalışma gerçekleştiği görülmektedir.

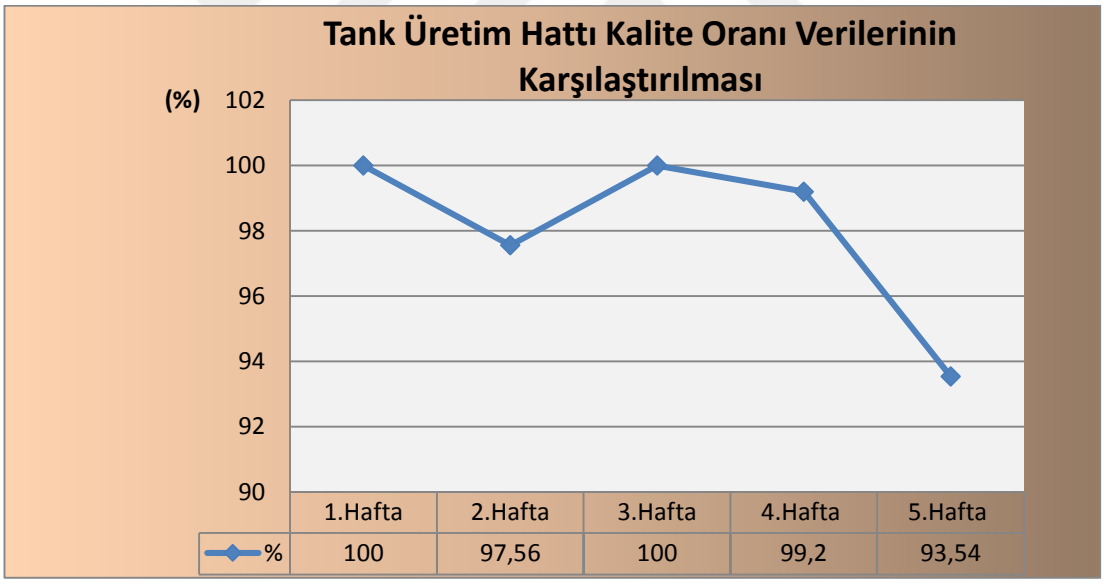
3.3.4. Tank Üretim Hattı Kalite Oranı Verileri

Tank üretim hattına ait kalite oranı verileri haftalık olarak aşağıda değerlendirilmiştir.

Tablo 10: Tank Üretim Hattı Kalite Oranı Verileri

Formülasyon	Kalite Oranı Bileşenleri	Değerler				
		1.Hafta	2.Hafta	3.Hafta	4.Hafta	5.Hafta
J	Hatalı ürün adedi	0	2	0	1	2
G	İşletme süresinde yapılan üretim adedi	68	80	99	125	31
K= (G – J) /G	**Kalite oranı %**	**100,00**	**97,56**	**100,00**	**99,2**	**93,54**

Şekil 16: Tank Üretim Hattı Kalite Oranı Verilerinin Karşılaştırılması



Birinci Hafta Kalite Oranı Verileri

Tank üretimi hattı kalite oranı verilerinde, üretim hattında üretilen ürünün kalite ölçütlerine uygun olmaması, hatalı ürün olarak tanımlanmıştır. Üretim hattındaki 1'inci hafta verileri incelendiğinde üretilen tüm ürünleri kalite ölçütlerine uygun olduğu ve hatalı ürünün olmadığı tespit edilmiştir. Bu yüzden 1'inci haftaya

ait kalite oranı %100 olarak kabul edilmiştir. Kalite oranının bu kadar yüksek çıkmasının sebebi de, üretime geçilmeden önce girdi hammaddesinin kabul ölçütlerinde olduğu takdirde üretime geçildiğinde hatalı ürün üretilme olasılığının düşük oranlarla olmasına neden olmaktadır.

İkinci Hafta Kalite Oranı Verileri

Tank üretim hattı kalite oranı verilerine baktığımızda, bir önceki haftadan farklı olarak hatalı ürün üretildiği görülmüştür. Kalite oranı %97,56 olarak tespit edilmiştir. Üretime geçilmeden önce kalite kontrol analizleri yapılmasına rağmen üretim esnasında yaşanan duruşlardan dolayı hatalı ürün üretilmesi mümkündür. Hatalı ürün üretilmesi kalite oranı değerini olumsuz etkilediği gibi aynı zamanda ekstra maliyete yol açmaktadır.

Üçüncü Hafta Kalite Oranı Verileri

Tank üretimi hattı kalite oranı verilerinde, üretim hattındaki 3'üncü hafta verileri incelendiğinde üretilen tüm ürünleri kalite ölçütlerine uygun olduğu görülmüş ve hatalı ürünün olmadığı tespit edilmiştir. Bu yüzden 3'üncü haftaya ait kalite oranı %100 olarak kabul edilmiştir.

Dördüncü Hafta Kalite Oranı Verileri

Tank üretim hattı kalite oranı verilerine baktığımızda, yine hatalı ürün üretimi olduğu gözlenmiştir. Kalite ürün oranı %99,2 olarak tespit edilmiştir.

Beşinci Hafta Kalite Oranı Verileri

Tank üretim hattı kalite oranı verilerine baktığımızda, 5'inci hafta da üç günlük çalışma süresi boyunca hatalı ürün üretimi gerçekleştirmiştir. Kalite ürün oranı %93,54 olarak tespit edilmiştir.

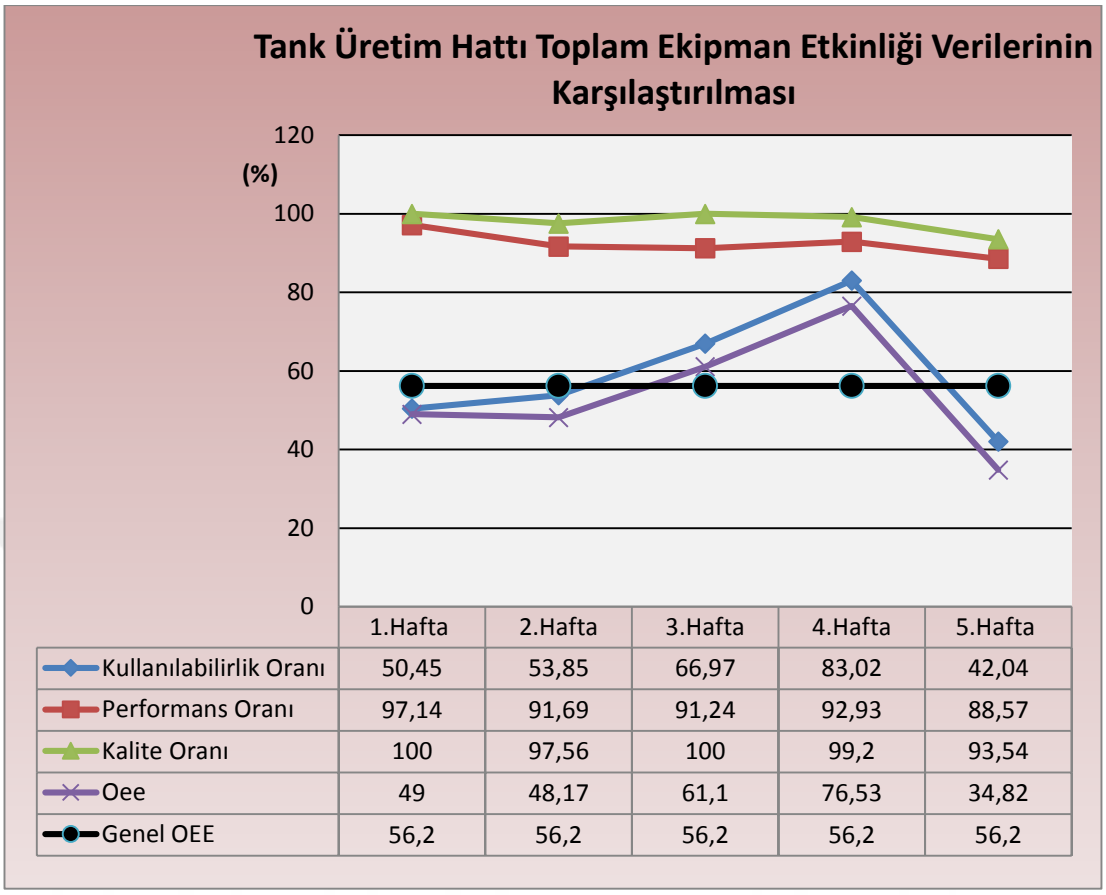
3.3.5. Genel OEE Hesaplanması

OEE hesaplaması için haftalık bazında veriler analiz edilmiştir. Çıkan sonuca göre değerleri her haftaya ait bir OEE'si hesaplanmıştır. Bundan sonra ise işletmenin bir aylık genel bir OEE'sinin hesaplanması için 5 haftalık toplamda 26 çalışma günü değerlerinden genel OEE'si belirlenmiştir. Aşağıdaki Tablo 11'den hesaplamaları inceleyebiliriz.

Tablo 11: Tank Üretim Hattı Toplam Ekipman Etkinliği Verileri

	Değerler				
	1.Hafta	**2.Hafta**	**3.Hafta**	**4.Hafta**	**5.Hafta**
Kullanılabilirlik Oranı	50,45	53,85	66,97	83,02	42,04
Performans Oranı	97,14	91,69	91,24	92,93	88,57
Kalite Oranı	100,00	97,56	100,00	99,2	93,54
OEE	**% 49**	**% 48,17**	**%61,1**	**% 76,53**	**%34,82**
Genel OEE	**% 56,2**				

Şekil 17: Tank Üretim Hattı Toplam Ekipman Etkinliği Verilerinin Karşılaştırılması



	1.Hafta	2.Hafta	3.Hafta	4.Hafta	5.Hafta
Kullanılabilirlik Oranı	50,45	53,85	66,97	83,02	42,04
Performans Oranı	97,14	91,69	91,24	92,93	88,57
Kalite Oranı	100	97,56	100	99,2	93,54
Oee	49	48,17	61,1	76,53	34,82
Genel OEE	56,2	56,2	56,2	56,2	56,2

Birinci Hafta OEE Oranı Verileri

Tank üretim hattı üretimin 1'inci hafta OEE verileri incelendiğinde %49 oranı ile sonuçlanmıştır. Kalite oranına bakıldığında kullanılabilirlik ve performans oranları değerlerinden dünya klasmanındaki değere en yakın değere sahip olduğunu görmekteyiz. Fakat performans oranına bakıldığında %97,14 oranında faaliyet göstermiştir. Kullanılabilirlik oranı en düşük %50,45 oranında gerçekleşmiştir. 1'inci hafta beş günlük bir çalışma zamanı olmasına rağmen Toplam Ekipman Etkinliğinin düşük sonuçlanmasının sebebi ise kullanılabilirlik oranının düşük faaliyet göstermesinden kaynaklanmıştır.

İkinci Hafta OEE Oranı Verileri

Tank üretim hattı üretimin 2'inci hafta OEE verilere bakıldığında %48,17 oranı ile sonuçlanmıştır. 1'inci haftanın değerleriyle karşılaştırdığında ise kalite oranında düşüş gözlenmiştir. Bu da üretimde hatalı ürün üretildiği için kalite oranının düşmesine sebep olmuştur. Kullanılabilirlik oranı olarak 1'inci haftaya göre değerleri yükselmiştir. 6 gün çalışmasına rağmen 1'inci haftaya göre OEE'si düşük oranında sonuçlanma sebebi de hatalı üretim ve plansız duruşların rastlamasından dolayıdır.

Üçüncü Hafta OEE Oranı Verileri

Tank üretim hattı üretimin 3'üncü hafta OEE verileri incelendiğinde %61,1 oranında gerçekleştiğini görmekteyiz. Bu haftadaki değerlere bakıldığında geçmiş iki haftaya göre OEE verilerde yükseklik gözlenmiştir. İkinci hafta ve üçüncü haftada aynı çalışma günleri söz konusudur. Bu durumda üçüncü hafta ikinci haftadan daha iyi faaliyet gösterdiği verilerden anlaşılıyor.

Dördüncü Hafta OEE Oranı Verileri

Tank üretim hattı 4'üncü hafta OEE verileri incelendiğinde %76,53 olarak sonuçlanmıştır. Geçmiş haftalara göre en yüksek oranda faaliyet gösteren bu haftanın verilerine bakıldığında kullanılabilirlik oranı, performans oranı ve kalite oranı olarak en yüksek değerlerle faaliyet göstermiştir.

Beşinci Hafta OEE Oranı Verileri

Tank üretim hattı bu haftadaki OEE değeri %34,82 oranında faaliyet göstermiştir. 5'inci hafta değerlerin düşük olmasının nedeni de sadece üç günlük verileri hesaplandığı içindir. Ama bu hafta kalite oranı olarak diğer haftalara göre en düşük kalite oranında çalışılmıştır. Çünkü bu üç günlük çalışma esnasında üretimde ürünlerin hatalı ürünlerin miktarı çok olması bu hatalı ürünlerin yeniden işlenmesi için çok daha zaman almasına neden olmuştur.

3.3.6. Genel OEE'sini Değerlendirmesi

Tank üretim hattının toplam 5 hafta OEE değerleri incelendiğinde her hafta göstermiş olduğu kullanılabilirlik, performans ve kalite oranlarının değişiklik göstermesinden dolayı ayrı ayrı faaliyet göstermiştir. Her hafta alınan verilerin formülasyona göre hesap ettiğinde bir aylık genel OEE değerine ulaşmıştır.

Dünya klasmanı OEE değerini %85 oranında olmasını istemesine rağmen araştırmasını yapmış olduğu işletmenin OEE değeri %56,2 oranında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu yüzden işletmenin Toplam Ekipman Etkinliği açışından iyileştirme çalışmalarının yapılması gerektiği ispatlanmıştır.

Her hafta alınan verilerin hesaplandığı verilere bakarsak en çok kullanılabilirlik oranında düşüş ve hareketlilik olmuştur. Tam da bu sebepten dolayı kullanılabilirlik oranını düşüren sebepleri araştırılmalı ve tespit edilmelidir. Tespit sonuçlarına bakılarak iyileştirme çalışmaları yapılması gerekmektedir.

3.4. MEVCUT PERFORMANSIMIZI OLUMSUZ ETKİLEYEN EN ÖNEMLİ KÖK SEBEPLERİN BELİRLENMESİ

Üretim süreci içerisinde yapılan işlemlerin performansını olumsuz etkileyen sebepleri belirlemek için pareto analizi kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Üretim sürecinden alınan verilere bakılarak duruş kayıpları olarak belirlenen duruşları dikkate alınmıştır.

Mevcut performansımızı olumsuz etkileyen en önemli kök sebeplerin belirlenmesinde kullanılan pareto analizi hakkında kısaca açıklamaya gerek duyulmuştur.

Bu yöntem elde edilen verilerin içinden sorunu çözmeye nereden başlanacağının seçilmesi, gelişmelerin izlenmesi ya da bir sorunun temel nedeninin tanımlanabilmesi için tüm sorunların ne kadar etkisinin olduğunun tespitinde kullanılmaktadır.

Dr. Juran tarafından kalite problemlerini sınıflandırarak formül olarak kullanması ile birlikte "Pareto Analizi" adı verilmiştir. Pareto analizi, bir sorun çözümlenirken probleme neden olan faktörlerin hangisinden başlanması gerektiği konusunda bilgi vermektedir.

Pareto analizi, fabrikada meydana gelen duruşların sebeplerini araştırmada, stok kontrolünde, enerji tasarrufunda, güvenlik, verimlilik, pazarlama, satın alma, dağıtım, satış analizi, atık azaltma, mamül çeşidi, malzeme tedarikçi ve başarıyı izlemek vb. çok çeşitli alanlarda kullanılarak çok faydalı sonuçlar vermektedir. (Kabu, 1989: 86) Kısacası hataları tespit ederek, onları önem derecesine göre grafikte göstermesidir. Kalite kontrol için önemli bir analiz türüdür.

Pareto Analiz, şu 6 adımdan oluşur:

1. Problemlerini tespit etmesi
2. Belirli zamanda alınan verilerin toplanıp işlenmesi
3. Verilerin en büyük değerden en küçük değere sınıflandırılması
4. Her bir değerin yüzde değeri hesap edilir. Kümülatif toplamları hesap edilir.
5. Pareto grafiğinin çizimi (en önemlisi solda olmak üzere sıralanmaya başlar).

$$\text{Hata Yüzdesi} = \frac{\text{Kolondaki Hata Miktarı} \times 100}{\text{Toplam Hata Miktarı}}$$

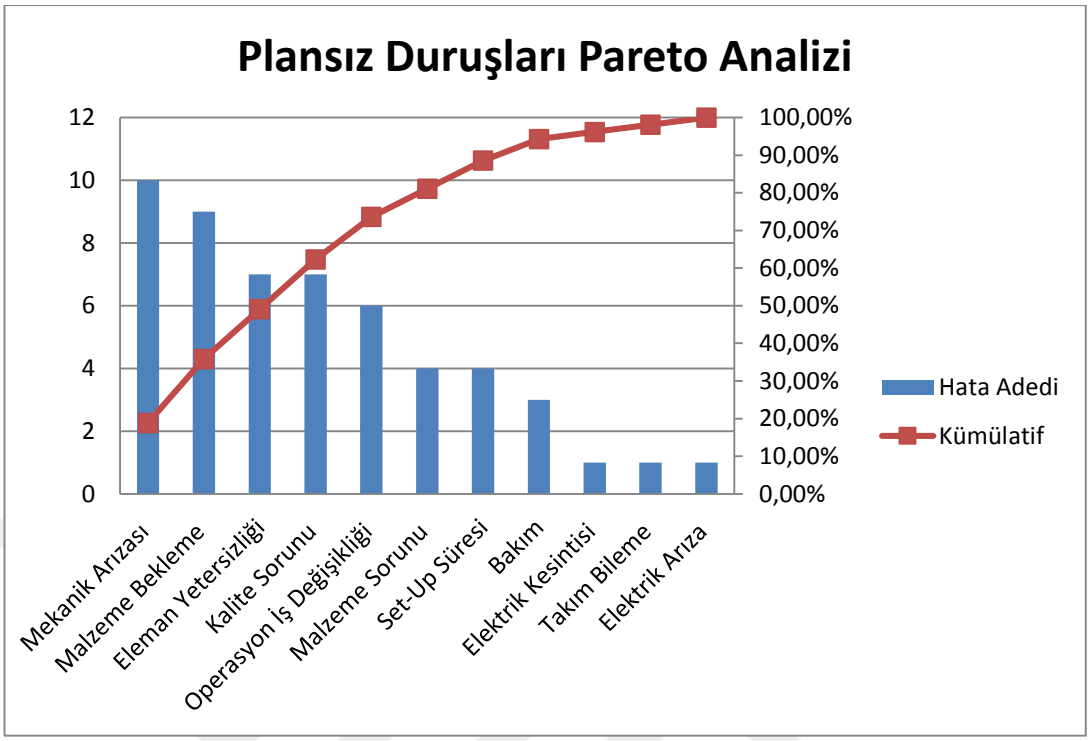
6. Analiz edilen verilerin yorumlanması (Neyi daha çok iyileştirmesi gerektiği konuda fikir verir.)

Üretim sürecinden alınan 1 aylık plansız duruş sebepleri ve duruş sürelerini kaydetmiş olduğu verilerden yola çıkarak problemlerini pareto analize göre sınıflandırmaya çalışılmıştır.

Tablo 12: Bir Aylık Üretim Sonucundaki Duruş Sebepleri

Duruş Açıklama	**Hata Adedi**	**% Hata**	**Kümülatif**
Mekanik Arıza	10	18,9%	18,9 %
Malzeme Bekleme	9	17 %	35,9 %
Eleman Yetersizliği	7	13,2 %	49,1 %
Kalite Sorunu	7	13,2 %	62,3 %
Operasyon İş Değişikliği	6	11,3 %	73,6%
Malzeme Sorunu	4	7,5 %	81,1 %
Set-Up Süresi	4	7,5 %	88,6 %
Bakım	3	5,7 %	94,3 %
Elektrik Kesintisi	1	1,9 %	96,2 %
Takım Bileme	1	1,9 %	98,1 %
Eliktrik Arıza	1	1,9 %	100 %
Toplam Hata Sayısı	**53**		

Şekil 18: Plansız Duruşların Pareto Analizi



3.5. BU KÖK SEBEPLERİN ORTADAN KALDIRILMASI İÇİN ÖNERİLER

İşletmede yapılan uygulama esnasından elde ettiğimiz verilerin duruş sebepleri incelediğinde, plansız duruşları olarak kaydedildiği verileri dikkate almamız gerekmektedir.

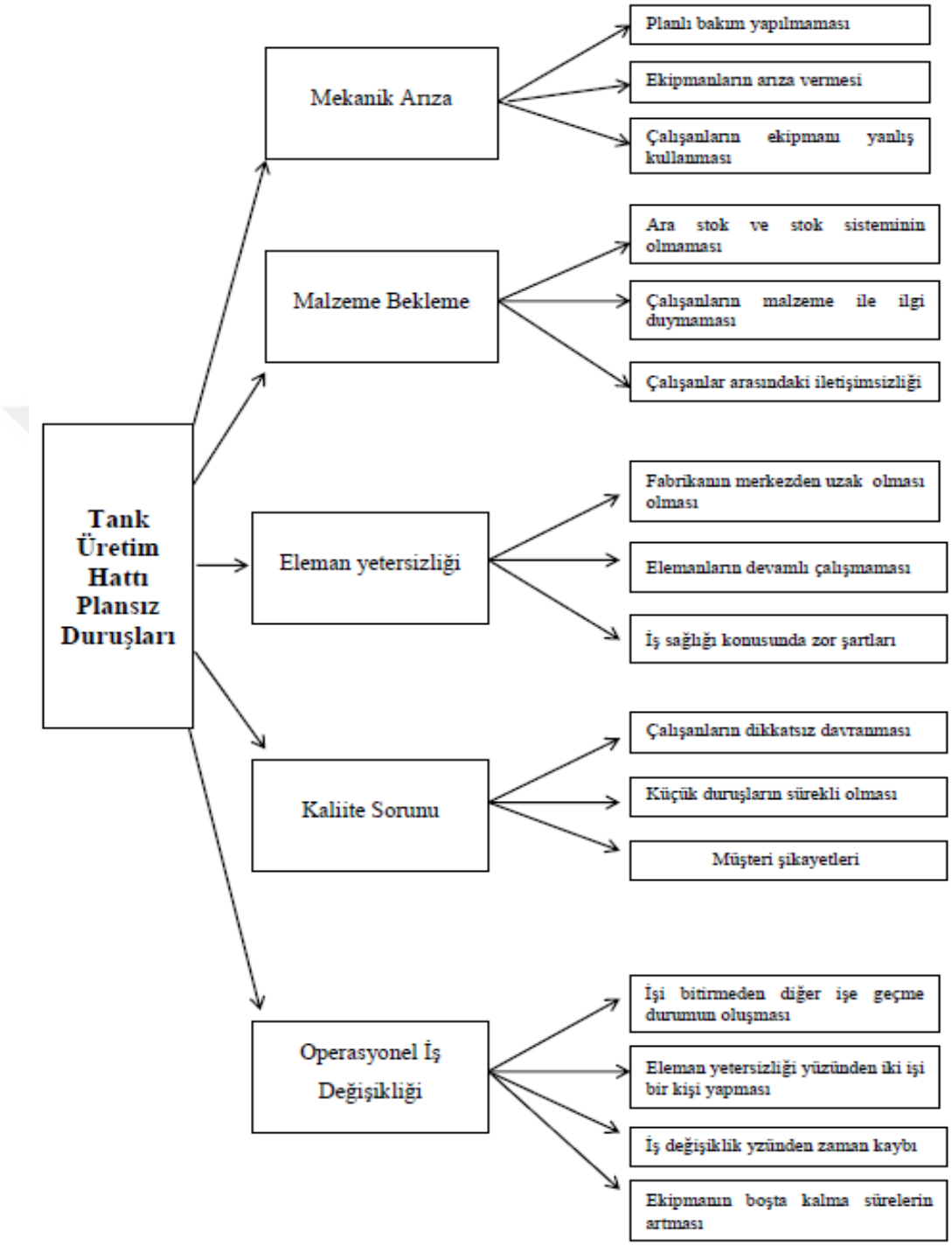
Pareto analizi sonucunda elde edildiği en çok duruş sebeplerine neden olan duruşları en önemli duruş sebepleridir. Bununla birlikte bu duruşlardan başlayarak iyileştirme çalışmaları başlatması gerekmektedir. Fakat bu duruşların hangi sebepler yüzünden ortaya çıktığını belirlemek için ağaç diagramı oluşturarak kök sebeplerine ulaşmaya çalışılmaktadır.

Ağaç diagramından kısaca bahsetmek gerekirse, geniş bir hedefi grafik olarak daha detaylı seviyelere ayırmak için kulanılır.

Diagram oluşturması için bir ekip kurulmalıdır. Ekip üyelerinin oldukça farklı kademelerden oluşması önemli ipuçları vermesine neden olmaktadır. Ekip, hataya neden olan ana nedenlerin (insan, makine, çevre, malzeme yöntem, yönetim ve ölçülebilirlik) yanısıra alt nedenlerini de tespit ederek aralarındaki ilişkileri ortaya koymaya çalışmalıdır.

Uygulamalarda pareto analiz ve ağaç diagramı genellikle birlikte kullanılmaktadır. Pareto analizin tespit ettiği müdahale gerektiren en önemli 5 sebep ağaç diagramı ile kök nedenlerine ulaşmaya çalışılmaktır.

Şekil 19: Tank Üretim Hattı Plansız Duruşların Ağaç Diagramı



- ***Malzeme Bekleme***

İşletmede tank üretim hattında 1 ay boyunca toplandığı verilerden plansız duruşlar olarak kaydedildiği verileden pareto analiz sonucunda elde edildiği malzeme

bekleme duruş için ağaç diagramı oluşturulmuştur. Bu duruşa neden olan sebepleri ise yukarıdaki diagramda görüldüğü gibi işletmede stok malzemelerinin hazır bulunamamasıdır.

Sipariş bazında üretim gerçekleştiren KOBİ'lerde en çok rastlanan sorundur. Çalışanların kullandığı malzemelerin stok hakkında bilgi sahibi olmaması bu sorunu oluşturmaktadır.

Bu durumda işletmede stok yönetimi, kanban sistemi gibi metotları uygulanması için eğitim verilmelidir. Bu sistemlerden kendilerine en uygun gördükleri bir metotu seçerek bu durumun ortadan kalkması için çalışmalar yapılmmalıdır.

- ***Mekanik arıza***

Plansız duruşların meydana geldiği sebeplere bakıldığında en çok duruş sayısı olarak kaydedilen mekanik arıza duruşu, çalışanların ekipmana verilen önem ve benimseme hissinin olmamasından kaynaklanmaktadır. Yönetim kademesinden işçilere verilen motivasyon ve iç müşterilere verilen öneminden dolayı çalışanlar da yaptığı işi benimsemektedir.

Mekanik arızanın sık sık meydana gelmesinden dolayı kullanılabilirlik oranının düşmesine en büyük neden olmuştur. Altı büyük kayıba etki eden arıza ve setup ayar duruşları mekanik arızalar duruşa sebep olmuştur.

Ekipmanlarda yapılan planlı bakım ve önleyici bakım faaliyetlerinin devamlılığı bu durumun azaltmasında büyük rol oynakmaktadır. Fakat işletmedeki kısıtlı kaynak, işgücü, maliyet ve zaman gibi unsurlardan dolayı bu faaliyeti yerine getirememektedir. Böyle durumda üst yönetimin oluşan problemlere reaktif bir yaklaşım izlemekten vazgeçip proaktif bir planlı bakım yaklaşım oturtması için maliyet ayırması gerekmektedir.

Ömrü tüketmemiş bir ekipman için sürekli arızaların oluşması demek ekipmana dikkatsiz ve özentisiz davranma gibi durumlardan oluşabilmektedir. Ekipmanın kullanım koşullarında çalışması gerekmektedir. Bu durumda yapması gereken en önemli faaliyeti çalışanları eğitilmek, eğitimin sürekliliğini devam ettirmek ve bunu kontrol altında tutmaktır.

- ***Eleman Yetersizliği***

İşletmede yaşanan sorunların büyük çoğunluğunda eleman yetersizliği yer almaktadır. İmalat işletmenin şehir merkezinden uzak olması, çalışanların çalıştığı ortam koşullarını kabul edememesi gibi sebeplerden dolayı işçilerin uzun vadede çalışma durumu kısalmaktadır. Yeni gelen vasıfsız elemanlara işi öğretmesi ve öğrenme süresi gibi faaliyetlerden dolayı üretimde zamanın verimsiz geçmesine yol açmaktadır.

Bu durumda çalışanları motive etmeleri gerekmektedir. Bunun için üretim ekipleri arasında ödüllendirme sisteminin işlenmesi ve maaşların tatmin edici bir seviyede sağlanması olabilir.

- ***Kalite sorunu***

Kalite sorunlarında yaşanan en büyük sıkıntı müşteri şikâyettir. Ayrıca rakip fırmaların da kalite ve ürün maliyet konsundaki dengesizlikleri bu duruma etki etmektedir. Üründe kullanılan malzemelerin ekonomik şartlarından dolayı değişiklik gösterdiğinde ürünün kalitesine yansımalar olabilmektedir.

Bu durumda tedarikçi zincirin sağlam olması ve pazar araştırmaları yapmaları için tedarikçi değerlendirme formu uygulaması gerekmektedir.

- ***Operasyonel iş değişikliği***

Operasyon iş değişikliği konusu eleman yetersizliği sorunu ile bağlanmaktadır. Çünkü yetersiz elemanlar ve eğitilmemiş vasıfsız elemanlar yüzünden operasyonel iş değişikliğinin sürekli meydana gelmesinden dolayı yaşanan ve kaybedilen zamanları işletme için büyük kayıptır.

Bu durumda, çalışanların eğitim için etüt çalışmalarla birlikte zaman ayırmaları gerekmektedir. İşçi potansiyellerini güçlenmesi için eğitimler verilmeli. Yönetim tarafından iş emirlerine göre yeterli elemanların bulunmasını sağlanması, işi eşit dağıtılması ve operasyonel iş değişikliğinin oldukça en aza indirgemesi önerilmelidir.

3.6. OEE KAPSAMINDA VERİ TOPLANMASI İÇİN DİKKAT ETMESİ GEREKEN NOKTALAR

OEE analiz etmek için araştırma yaptığı işletmeden veriler toplanırken aşağıdaki bulguları tespit etmiştir. Bu tespitinden yola çıkarak bundan sonraki araştırmacılar gerek duyulabileceği için araştırma esnasında rastlandığı bulguları aşağıda sıralamıştır.

- Her ekipmana ait ayrı bir veri tablo hazırlanması gerekmektedir.
- Verilerin birbirine karışmaması için sorunları önceden gözlemleyerek oluşabileceği duruşları ekipmanlara özel eklemesi gerekmektedir.
- Çalışanlara OEE hakkında temel bilgileri vererek, bu metodu uygulamasıyla çalışanlara ve işletmeye ne gibi etki yaratabilecekleri hakkında eğitim ve bilgiler verilmelidir.
- Verilerin tam ve doğru girilmesine emin olmalıdır.
- Çalışanlar ve operatörleri yetki sahip hissetmesi için üst yönetimden tam destek sağlanması gerekmektedir.
- Çalıştığı işini önemseyerek yapmalarını inandırmalıdır.
- OEE araştırma sonucunda doğru ve gerçeği en iyi yansıtabilecek sonuca varabilmesi için araştırma süresinin daha uzun olması gerekmektedir.
- Araştıracak sektör ve üretilen ürün özelliklerine göre OEE için yeni bir metot geliştirebilmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde kullanılan makine ve ekipmanlar git gide daha gelişmiş daha güçlü ve daha akıllı teknolojilerden oluşmaktadır. Bu yüzden işletmelerde tamir-bakım faaliyetleri konusunda daha etkin ve güncel bir bakım anlayışı ve sisteme sahip olmaları gerekmektedir. TPM, bu noktada daha çok kendi önemini hissettirmekte ve önemsetilmektedir. TPM, üretimi gerçekleştiren operatörlerden başlayarak işletmenin üst yönetime kadar hepsinin katılımını kapsayan, daha çok üretim operasyonlarına destek veren, imalattaki makine ve ekipman bakım yönetimi sistemidir.

Bu çalışmada, imalatta kullanılan ekipmanların verimli kullanımını sağlamasıyla yapılan faaliyetlerin kayıp, duruş, arıza ve hataları en aza indirgemesiyle birlikte verimliliğin artmasını hedeflemektedir.

TPM'nin başarılı bir şekilde uygulanması planlı bir organizasyonel çalışma ve sistemli çalışma grup düzenine bağlıdır. En önemli nokta da yönetimin desteği ve iç müşterilerin katılımının olmasıdır. Herkes tarafından kabul edilip gerçekten benimsedildiği takdirde TPM bize hatasız üretim ve sürekli iyileştirmede artış aynı zamanda kazasız iş ortamı sağlamaktadır.

TPM'in en önemli faydası genel ekipman verimliliğinde artış getirmiş olmasıdır. Aynı zamanda maliyetlerin düşmesinde etkili olması olumlu yanıdır. TPM sürekli iyileştirme anlayışını da taşıdığından sisteme daha çok etki etmiş ve verim sağlayan bir yapı haline dönüşmüştür. Özellikle imalat işletmelerinde uygulanan başarılı stratejik araçtır. Uygulamak isteyen işletmeler için öncelikle pilot uygulama denemelerden sonra daha belirli planlarla birlikte süreçlendirmelidir.

Çalışma sonucunda elde ettiğimiz kullanılabilirlik, performans ve kalite oranı verileri incelendiğinde, OEE oranını en düşük oranda etkileyen unsurun kullanılabilirlik oranı olduğu görülmüştür. Sonrasında ise performans oranı yer almaktadır. Bu unsurları düşük göstermesinin en büyük sebebi plansız duruşlardan kaynaklanmıştır.

Uygulama yapılan polyester depolama tank üretim işletmedeki OEE değeri %56,2 oranında sonuçlanmıştır. Bu değer OEE'nin ideal değerine ulaşmaları için duruş kayıpları ortadan kaldırmasıyla gerçekleşecektir. Yapılan çalışma ve

hesaplanma sonuçlara göre işletmede öncelikle duruş sebeplerini sıfır duruşa yönelecek etkin iyileştirmeler yapılmalıdır. Mekanik arızaları oluşturan kronik problemlerine otonom bakımı uygulamasıyla beraber bu kaybın engellenmesi mümkün olabilecektir.

Değişen müşteri ihtiyaçları ve pazar koşullarına adapte olabilmeleri için çalışanların eğitim ve motivasyonu için üst yönetimin desteği sağlanmalıdır.

KAYNAKÇA

Almeanazel, O.T.R., (2010). Total Productive Maintenance Review and Overall Equipment Effectiveness Measurement, Journal of Mechanical and İndusrial Engineering, 4 (4): 517-522.

Ayyıldız, R. (2000). Toplam Verimli Bakım ve Bir Sanayi İşletmesinde Uygulama, (*Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi).* Gazi Universitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Blanchard, B. S. (1997). An enhanced Approach for Implementing total productive Maintenance in the Manufacturing Environment. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, *3*(2): 69-80

Campbell, J. D., & Jardine, A. K. (2001). *Maintenance Excellence: Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions*. CRC Press.

Cumhur D. (2004). *Toplam Verimli Bakım ve Hedeflerinin Gebze Lever Elida Fabrikasında İncelenmesi.* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Toplam Kalite Yönetimi Anabilim Dalı.

Çetinay, H., (2013). Trex OEE El Kitabı, http://www.trex.com.tr/downloads/oee_el-kitabi.pdf, s.36.

Davis, R. K. (1995). *Productivity Improvements Through TPM: The Philosophy and Application of Total Productive Maintenance*. Prentice Hall PTR.

De Rona A.j., Rooda J.E., (2006). OEE and Equipment Effectiveness: an Evalution

Garg, A., & Deshmukh, S. G. (2006). Maintenance Management: Literature Review and Directions. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. 12(3): 205-238.

Gücün S. (1999). Fabrika Bakım İşlemleri, Balıkesir Üniversitesi Yayınları NO:0011, Balıkesir.

I.D.E.A. TPM Seminer Notları, 2000

Imai, M. (2003). *Kaizen: Japonya'nın Rekabetteki Başarısının Anahtarı*. KalDer.

İZOCAM, Bizden Haberler. 2009

Jeong , K. Y. ve Philips, D. T., (2001). Operational efficiency and effectiveness measurement, İnternational Journal of Operations & Production Management, 21(11): 1404-141

Kobu, B. (1981). *Endüstriyel Kalite Kontrolu*. İstanbul Üniversitesi.

Kordsa A.Ş., 1996, Toplam Verimli Bakım Uygulaması. Bir Japon yaklaşımı. 4

Levitt, J. (2005). Managing Factory Maintenance. New York. İndustrial Press Inc., 178-179.

Mcadam, R., & Duffner, A. M. (1996). Implementation of Total Productive Maintenance in Support of an Established total Quality Programme. *Total Quality Management*, *7*(6):613-630.

Miyake, D. I. (1995). Improving manufacturing systems performance by complementary application of just-in-time, total quality control and total productive maintenance paradigms. *Total Quality Management*. 6(4): 345-364.

Nakajima, (1988) İntroduction to TPM. Portland: Productivity Press. 27.

Nakajima, S. (1989). TPM Development Program: İmplementing Total Productive Maintenance, Oregon: Productive Press. Portland.

Nakajima, Seichi, Shirose, Kunio. (1996). *TPM New implementation Program in Fabriction and Assembly İndustries.* Productivity Press: Portland/Oregan

Nas, E. (2001). '(TPM) Toplam Verimli Bakım Yönetimi Veya Verimlilik ve Rekabet Gücü Yaratmak. *TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Dergisi*. *126*: 20-21.

Netaş TPM Eğitim Dokümları

OEE (Overall Equipment Effectiveness) ve 6 Büyük Kayıp Posted on Şubat 18th, 2010 in OEE

Patton, J.D. (1994). Maintainability and Maintenance Management. İnstrument Society of America, USA.

Raja,P. N. ve Kannan S. M. (2008), Overall process effectiveness model for the tyre manufacturing industry, Manufacturing and İndustrial Engineering Journal, 3, 70-73.

Raouf, A. (1994). Improving capital Productivity Through Maintenance. *International Journal of Operations & Production Management*, 14(7): 44-52.

Robinson, C. J. ve Gindeer, A. P. (1995). Implementing TPM: The north American Experience, Productivity Press.

Sharma, A. K., & Shudhanshu, A. B. (2012). Manufacturing performance and Evolution of TPM. *International Journal of Engineering Science and Technology*, *4*(03), 854-866.

Shirose, K. (1996). TPM Guide, Productivity Press İnc.. s. 2.

Suzuki, T. (1994). *TPM in Process ndustries*. CRC Press.

Suzuki, tokutaro (Editor), (1994). TPM in Process Industries. Productivity Press, Inc.: Portland/Oregon

Tajiri, M., & Gotō, F. (1992). *TPM Implementation, a Japanese Approach*. McGraw-Hill Companies.

Takashi, O. (1995). The 5S's: Five Keys to a Total Quality Environment. *Asian Productivity Organization*.

Tekin , İ., (2009). Üretim Kayıp Maliyetlerinin Belirlenmesi ve Bir Uygulama, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Mühendisliği Bölümü, s.86

Temiz, İ., Atasoy, E., & Sucu, A. (2010). Toplam Ekipman Etkinliği ve Bir Uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. *12*(4), 49-60.

Tsarouhas, P.G., (2012). Evaluation of Overall Equipment Effectiveness in the Beverage Industry: a case Study, International Journal of Production Research. 51 (2): 515-523

Venkatesh, J. (2007). An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM). *The Plant Maintenance Resource Center*. 3-20.

Venkatesh, J. (2007). An İntroduction to the Total Productive Maintenance, Plant Maintenance Resource Center, http:// plant-maintenance.com/articles/tpm_into.pdf.

Wakjira, M. W., & Singh, A. P. (2012). Total Productive Maintenance: A case Study in Manufacturing Industry. *Global Journal of Research In Engineering*, *12*(1-G).

Willmott, P. (1994), "Total Quality With Teeth" The TQM Magazine. 6(4)4: 8-50.

Willmott, P. ve McCarthy, D. (2001). TPM: A Route to World- Class Performance, Butterworth. Heinemann, Newnes.

Wireman, H. (1998). Developing Performance Indicators for Managing Maintenance. 142

Wireman, T. (2004). Total Productive Maintenance, İndustrial Press İnc., New York.

Yaşın, M. F. (2014). Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde Toplam Ekipman Etkinliğinin Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım: Bir Ahşap İşleme Tesisinde Uygulama. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Türk Hava Kurumu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yazıcı, A. B., (2012). OEE Improvement using cost Effective Raw Material Inventory Management: a Case Study, Degree of Master Thesis, Linnaeus University, Faculty of Science and Engineering. 21.

EKLER

Ek 1: Üretim Süresinde Gerçekleşen Duruş Sebepleri Kayıt Formu

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	**Operatör Adı:**						**Ekipman Adı:** Magnum Venus						
2	Hafta/Gün	Vardiya	Elektrik Kesintisi	Eliktrik Arıza	Mekanik Arıza	Malzeme Bekleme	Takım Bileme	Kalite Sorunu	Operasyon İş Değişikliği	Set-Up Süresi	Eleman Yetersizliğ i	Bakım	Malzeme Sorunu
3	Pazartesi	1											
4	01.05.2017												
5	Salı	1											
6	02.05.2017												
7	Çarşamba	1											
8	03.05.2017												
9	Perşembe	1											
10	04.05.2017												
11	Cuma	1											
12	05.05.2017												
13	Cumartesi	1											
14	06.05.2017												
15	Pazar	1											
16													
17	TOPLAM												

Ek 2: Üretim Süresinde Gerçekleşen Üretilen Ürün Miktar Kayıt Formu

	A	B	C	D	E	F
2	Operatör adı	**Ekipman işlemi**	**Toplam üretilen ürün sayısı**	**Yeniden işlenen ürün sayısı**	**Iskarta sayısı**	**Üretilen hatasız ürün sayısı**
3	Nuri	20.000 lt Yerüstü su tankı işendi(gövde)				
4	Ceyhun					
5	Yasin Özdemir	Q 2200lik baskı kapağı				
6	Muhammed	Q 3000lik boğazlı kep				
7		Q 3000lük baskı kapağı				
8		Q 3000lük taban				
9	Tamer usta	Feder				
10	Ferudun	Çene				
11	Bülent	50lik boğaz				
12	Mehmet Tay	Çeneler takıldı				
13	Cumhur Ongün					
14	Mehmet Özdemir	Özel deponun çıkışları takıldı				
15	Nuri	Ayak işlendi				
16	Aydoğan	Q 2200lik baskı kapağı boyandı				
17		Q 3000lik baskı kapağı boyandı				
18	Mehmet Tay	piramit gövde işlendi				

15.05.2017 | 16.05.2017 | 17.05.2017 | 18.05.2017 | 19.05.2017 | 20.05.2017 | 21.05.2017