

Toplam ekipman etkinliği (OEE) analizi ve iyileştirilmesi: Otomotiv sektörü sızdırmazlık elemanları işletmesinde uygulamaNesimi Kök¹Mehmet Selami Yıldız²**Özet**

Bu çalışmanın amacı otomotiv yan sanayi sektöründe sızdırmazlık elemanları üreten bir işletmenin darboğaz oluşturan makinelerindeki sorunlarını ortaya çıkarmak ve çözüm önerileri geliştirmektir. Çalışmada, Toplam Ekipman Etkinliği (OEE) yöntemleri kullanılmıştır. Kullanılabilirlik, Performans, Kalite Etkinliklerinin bir fonksiyonu olarak kullanılan OEE analizleri iki ayrı hat için tamamlanmıştır. Otomotiv yan sanayi sektörüne parça tedariki sağlayan firmanın üç ay boyunca ilgili verileri toplanarak analizler yapılmıştır. Üretim sistemlerinde kullanılan iki aynı teknolojiye sahip üretim hattı OEE değerleri arasında farklılıklar tespit edilmiştir. Bu farklılıkların nedenleri arasında duruş sürelerinin fazla olması, hatalı ürünlerdeki analizlerin yetersiz olması öne çıkan bulgular olarak değerlendirilmiştir. Toplam Ekipman Etkinliğine (OEE) yönelik çerçeve eksikliğini gidermek uygulamalara zenginlik kazandırmak ve otomotiv yan sanayi sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin darboğaz oluşturan makinelerindeki sorunlarını ortaya çıkararak çözmektir. OEE değerlerine yönelik ortaya çıkan analizler sonrası işletmeye değerlerin iyileştirilebileceği alanlar ve kayıpların kök nedenlerine ait öneriler sunulmuştur. İşletmeye Total Productive Maintenance (TPM) ve OEE kapsamında mevcut durumlarının hangi seviye de olduğuna yönelik analiz sonuçları verilmiştir. OEE hesaplamalarında kullanılan bileşenlerin teorik bilgi ile karşılaştırılması yapılarak işletmenin iyileştirilmesi gereken alanlar paylaşılmıştır. Endüstri uygulamaları ile literatür uyumunun eşleştirilmesi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Toplam Verimli Bakım, Toplam Ekipman Etkinliği, OEE Analizi, Otomotiv Endüstrisi


JEL Kodları: M1, M11, M16


Overall equipment efficiency (OEE) analysis and improvement: Application in an automotive sealing system industry**Abstract**

The aim of this study is to reveal the problems in the bottleneck machines of an enterprise producing sealing elements in the automotive supplier industry and to develop solution proposals. Overall Equipment Effectiveness (OEE) methods were used in this study. OEE analyzes used as a function of availability, performance and quality efficiency were completed for two lines. The relevant data of the company, which supplies parts to the automotive company were collected for three months and analyzed. Differences were determined between the OEE values of two production lines with the same technology used in production systems. Among the causes for these differences, excessive downtime and insufficient analyzes on failure products were considered as significant findings. Practicing diversity to eliminate the lack of framework for OEE and to solve the problems of an enterprise operating in the automotive industry by revealing the bottleneck machines. After the analysis of the OEE values, recommendations were made about the areas where the values could be improved and the root causes of the losses. In addition, analyzes regarding the current status of the company within the scope of TPM and OEE were given. The areas of needing of the company were shared by comparing the components used in OEE calculations with the theoretical knowledge. Industry practices and literature compatibility were matched.

Keywords: Total Productive Maintenance (TPM), Overall Equipment Effectiveness (OEE), OEE Analysis, Automotive Industry

JEL Codes: M1, M11, M16

¹ Sorumlu Yazar, İşletme Doktora Öğrencisi, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, nesimikok@yahoo.com,  ORCID ID: 0000-0002-1612-9162

² Prof. Dr., Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, selamiyildiz@duzce.edu.tr,  ORCID ID: 0000-0002-6557-6372

1. Giriş

Günümüzde işletmelerin rakiplerine üstünlük sağlaması üretilen ürün veya hizmette kaliteyi sağlayarak ve maliyetlerini minimize ederek krını maksimum tutması ile mümkün olmaktadır. Bunu sağlayabilmek için imalat Őirketlerinin sürekli yeni sistemler ve yöntemler geliştirmeleri zorunlu hale gelmiştir (Tsarouhas, 2019). Üretim sistemlerinin sürekliliğini sağlamak için bakım faaliyetlerine yönelik çalışmalara verilen önem her geçen gün artmaktadır. 21. yy. içerisinde bakım çalışmalarının akademik ve uygulama olarak geldiği aşama olan Toplam Verimli Bakım (TPM) aynı zamanda yalın sistemlerin bir parçası olarak değerlendirilmektedir. TPM; retimi gerçekleştiren operatörlerin otonom olarak kendi kendine bakım faaliyetlerini yaptığı, bu faaliyetlerin üst yönetim tarafından desteklendiği çapraz fonksiyonlu bir yaklaşımdır (Bamber vd., 1999). TPM ve yalın iyileştirme faaliyetlerinin sonuçlarını değerlendirmek için "en iyi uygulama" metriklerinden biri olarak (Anvari & Edwards, 2011; Zammori vd., 2011) Toplam Ekipman Etkinliği (OEE) görülmektedir. OEE; Nakajima (1988) tarafından önerilen bir performans ölçüm yöntemidir. Toplam ekipman etkinliği; kullanılabilirlik etkinliği, performans etkinliği ve kalite etkinliği değerlerinin bir fonksiyonudur. Bu üç etkinlik oranının çarpılması ile elde edilen değer sektör ortalamaları ile karşılaştırılarak analiz edilmektedir.

Mevcut retkenlik ve ekipman kullanımı imalat sanayinde genellikle düşüktür. Ortalama OEE'nin daha önce %50 civarında olduğu rapor edilirken (Ingemansson, 2004; GoodSolutions, 2012), dünya çapındaki rakamların %85 civarında olduğu yaygın bir Őekilde tartışılmaktadır (Parida vd., 2014). Bugün endüstride var olan en büyük sorunun, hedeflenen seviyenin yüzde 15-25 altında olan OEE olduğu savunulmaktadır. Bu düşük OEE işletmelerde ekonomik olarak doğrudan olmasa da dolaylı yoldan ciddi bir maliyet unsuru olarak görülmektedir (Skoogh vd., 2011). Maliyetlerin azaltılması amacıyla özellikle ekipman performansını değerlendirmek için büyük ölçekli işletmelerin üretimlerinde OEE kullanım sayılarında son yıllarda artış bulunmaktadır (Jasiulewicz-Kaczmarek & Gola, 2019; Muchiri & Pintelon, 2008).

OEE'nin tanımı ve uygulamaları ile ilgili olarak yayımlanmış önemli sayıda çalışma bulunmaktadır. OEE'nin geniş endüstri uygulamalarına rağmen, Badiger ve Gandhinathan (2008) ve Wudhikarn (2016), OEE uygulamasını desteklemek için yol gösterici adımlar sağlayan sistematik bir yaklaşım ve uygun çerçevelerin eksikliğine dikkat çekmişlerdir. Bu nedenle, bu çalışmanın amaçları; OEE iyileştirme uygulaması için bir dizi yapılandırılmış kılavuz ve adım sunan entegre bir OEE erevesi oluşturmak, bir otomotiv yan sanayisinde önerilen çerçeveyi doğrulamak, mevcut literatürü destekleyen ve güncelliğini sağlayan bir çalışma sunmaktır. Ayrıca sektörel açıdan uygulama zenginliği kazandırarak uygulayıcılar açısından çeşitlilik oluşturmak çalışmanın diğer amaçları arasında yer almaktadır.

Bu çalışmanın birinci bölümünde giriş, ikinci bölümünde TPM ve OEE kavramsal çerçeveleri açıklanmıştır. Sonrasında literatürde OEE için yapılmış çalışmalar değerlendirilmiştir. Yöntem kısmında verilerin toplanması ve analizlere ait bilgiler verilmiştir. Uygulama kısmında ise otomotiv yansanayi sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede üç ay süre ile toplanarak elde edilen verilerin OEE analizleri yapılmıştır. Bu analizlerin sektörel kıyaslaması yapılarak değerlendirilen iki üretim hattının birbirine göre performansları belirlenmiştir. Üretim hatlarının performanslarının artırılmasına yönelik öneriler sonuç kısmında belirtilmiş ve işletmeye sunulmuştur.

2. Kavramsal ereve

2.1. Toplam Verimli Bakım (TPM: Total Productive Maintenance)

1971 yılında ilk kez Nakajima tarafından kullanılan TPM kavramı tüm çalışanların katılımının sağlanması ve üst yönetim desteğinin n görüldüğü verimli bir bakım çalışması olarak tanımlanır. Çalışanların katılımını gerektiren, üzerinde çalıştıkları makine veya ekipmanın otonom bakım sorumluluğunu almalarını sağlayan, arızaları önleyen ve ekipman etkinliğini maksimuma çıkarmayı hedefleyen bir yaklaşımdır.

TPM terimini oluşturan üç kavram analiz edildiğinde TPM kavramının anlamı ortaya çıkacaktır (Nakajima, 1988).

- Toplam (Total): Tüm alışanların katılımının sağlanması
- Verimli (Productive): Minimum girdi ile maksimum çıktının elde edilmesi
- Bakım (Maintenance): Makine ve ekipmanların etkin kullanılacak şekilde hazır bulundurulmasını ifade eder.

TPM, Toplam Kalite Yönetimi kavramından sıfır hata düşüncesini alarak, makine ve ekipmanlarda sıfır arıza ve minimum üretim kayıplarını hedefleyen bir sistemdir (Chan vd., 2005). TPM; makine ve ekipmanların üretim kayıplarını, duruş sürelerini ve firelerini azaltan aynı zamanda çalışanların verimli çalışmalarını geliştiren etkili bir araçtır (Jain vd., 2014: 295). TPM felsefesinin başarısında önemli olan unsurlar; çalışanlara güvenmek, takım çalışması, çalışanların motivasyonları, bilgi-beceri ve teknik yeteneklerini geliştirmeyi sağlayan sürekli iyileştirme çalışmalarıdır (Cua vd., 2001). TPM, alışma kültürü ve sistemlerin değişimini içerir. Ekipman etkinliğini optimize eden, arızaları ortadan kaldıran ve bir organizasyondaki tüm fonksiyonları sürece dahil ederek otonom bakımı teşvik eden geniş bir bakım yaklaşımıdır (Ahuja & Khamba, 2008).

TPM faaliyetlerinin amacı ürün kalitesinin arttırılması, makine ve ekipman verimliliğinin arttırılması, hataların azaltılması, israfların azaltılması, hurda oranlarının azaltılması, stokların azaltılması, iş kazalarının azaltılması, bakım kalitesinin arttırılması, takım çalışmalarının arttırılması, iyileştirme fikirlerinin arttırılması, kültür değişiminin sağlanması, teknik eğitim ile farkındalığın arttırılmasıdır (Miyake vd., 1995).

TPM kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar makine ve ekipman etkinliğini arttırmak, üretim faaliyetlerini maksimum verimlilikle gerçekleştirilmesini sağlamak için yapılmaktadır. İşletme yöneticileri, TPM faaliyetlerinin ölçülebilmesi için OEE (Overall Equipment Effectiveness-Toplam Ekipman Etkinliği) değerine ihtiyaç duymaktadırlar (Almeanazel, 2010). TPM için önemli bir metrik olan OEE son yıllarda ekipman performans iyileştirmeleri için hayati bir strateji haline gelmiştir.

2.2. Toplam Ekipman Etkinliği (OEE: Overall Equipment Effectiveness)

OEE, Nakajima (1988) tarafından TPM konsepti içinde bir performans göstergesi olarak tanıtılmıştır. OEE birbirini destekleyen  unsurdan oluşmaktadır: kullanılabilirlik etkinliği, performans etkinliği ve kalite etkinliğidir (Bon & Lim, 2015). OEE göstergesi, bir makine veya ekipmanın kullanılabilirliği, performansı ve kalite ölçümlerinin çarpılmasıyla hesaplanır. Bunları etkileyen altı büyük kayıp vardır (Dal vd. 2000; Huang vd. 2003). Bu kayıplar; ekipman arızası, kurulum ve ayarlamalar, duruşlar, düşük hız, proses kusurları ve düşük verim (Nakajima, 1988) olarak değerlendirilmiştir. OEE ile bu altı büyük kayıp azaltılmaya, ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır.

Günümüzde OEE, yalnızca bir ekipmanın verimliliğini analiz etmek için değil, aynı zamanda entegre ekipman sistemleri için de yaygın olarak kullanılmaktadır (Braglia vd., 2019). OEE, yönetimin gizli kapasiteyi geri kazanmasına, üretim kayıplarını azaltmasına ve ek sermaye yatırımı ihtiyaının belirlenmesine yardımcı olmaktadır (Muchiri & Pintelon, 2008).

Başlangıç OEE değerleri ile gelecekteki OEE değerleri karşılaştırılarak, yapılan iyileştirme seviyesi ölçülebilir (Andersson & Bellgran, 2011). şirketler, OEE değerlerini kıyaslayarak ilerlemeyi izleyebilir ve üretim performansını iyileştirebilir (Gupta & Vardhan, 2016). Bu nedenle OEE; ekipman eksikliği ortaya çıktığında bir iyileştirme aşaması olarak kullanılmaktadır (Andersson & Bellgran, 2015).

OEE; Maliyet oluşturan makine ve ekipmanlardaki gereksiz duruşlar ve kayıplar, işletme için iyileştirilmesi gereken alanlar olarak görülmektedir. Makine ve ekipmanın etkili bir şekilde bakımının yapılmaması performansa ve dolayısıyla maliyetlere yansiyacaktır (Brah & Chong 2004). Yalın retim felsefesinin temel amaçlarından olan sıfır arıza ve sıfır hatayı yakalamak için ekipmanın etkili bir şekilde çalışması ve arızalardan kaynaklanan kayıpların ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bu da etkili bir bakım yönetim sistemiyle gerçekleştirilebilir. OEE, bir işletmede gerçekleştirilen üretim ile tasarlanan üretim arasındaki oran olarak tanımlanır (Tsarouhas, 2012). OEE, makine ve ekipmanın planlı duruşları, ekipman arızaları, üretime giriş süreleri ve kayıpları, kalite problemleri gibi makinenin sağlam ve kaliteli

Üretim yapması dışındaki zamanlarda ortaya çıkan süreyi azaltmaya yarayan bir lme sistemidir (Iannone & Nenni, 2013).

OEE değerinin hesaplanabilmesi için;

$$\text{Kullanılabilirlik Etkinliği} = \frac{\text{alışma Zamanı} - \text{Toplam Duruş Zamanı}}{\text{alışma Zamanı}} \times 100 \quad (1)$$

Çalışma Zamanı; Bir makine ve ekipmanın teorik olarak planlanan çalışma süresini içerir. Duruş zamanı; planlı duruşlar (dinlenme süreleri, bakım süreleri, vb.) ve plansız duruşların (montaj süresi, arıza süresi vb.) toplamını oluşturmaktadır (Bengtsson vd., 2021). Çalışma zamanından duruş zamanı çıkarılarak, çalışma zamanına oranlanması ile bir makine veya ekipmanın kullanılabilirlik etkinlik oranı belirlenir.

$$\text{Performans Etkinliği} = \frac{\text{Gerçekleşen retim Miktarı}}{\text{Teorik retim Miktarı}} \times 100 \quad (2)$$

Performans Etkinliği; bir makinenin fiili üretim miktarı veya hızı ile teorik üretim miktar veya hızının oranlanmasından elde edilir (Garza-Reyes vd., 2010: 50). Bir makine veya ekipmanın gerçekleştirebileceği üretim kapasitesinin teorik orana bölünmesi sonucu performans etkinliği hesaplanır.

$$\text{Kalite Etkinliği} = \frac{\text{Gerçekleşen retim Miktarı} - \text{Hatalı Miktar}}{\text{Gerçekleşen retim Miktarı}} \times 100 \quad (3)$$

Kalite Etkinliği; gerçekleşen üretim miktarı ile hatalı üretim miktarının çıkarılması ve bu değerin gerçekleşen üretim miktarına oranlanması ile elde edilir. Makine ve ekipmanın, müşterinin belirlemiş olduğu standartlarda kaliteli üretim yapması etkinlik oranını belirleyecektir.

OEE değeri, kullanılabilirlik etkinliği, performans etkinliği ve kalite etkinliğinin çarpımı ile hesaplanmaktadır.

$$\text{Toplam Ekipman Etkinliği} = \text{Kullanılabilirlik Etkinliği} \times \text{Performans Etkinliği} \times \text{Kalite Etkinliği} \quad (4)$$

OEE değeri yüzde olarak hesaplanmakta ve dünya genelinde sektörlere göre kabul görmüş ortalama değerlerle karşılaştırılmaktadır. Literatürde OEE lm için ideal olarak kabul edilen değerler;

- Kullanılabilirlik Etkinliği %90 ve zeri
- Performans Etkinliği %95 ve zeri
- Kalite Etkinliği %99 ve zeri
- OEE değeri için %85 ve üzeridir (Jonsson & Lesshammar, 1999).

OEE etkili bir üretim için gerekli olan makine ve ekipmanın planlanan üretim zamanı süresince üretimi gerçekleştirmesi, spesifikasyonlara uygun müşteri beklentilerini yerine getirmesi ve kaliteli bir üretim yapılmasını dikkate almaktadır (Almeanazel, 2010). Üretimin planlandığı Őekilde gerçekleşmemesi makine ve ekipmanda n görülmemiş problemlerin olduğu anlamına gelmektedir (Wang ve Lee, 2001: 493). Bu problemlerin ortaya çıkarılarak analiz edilmesi hangi alanlarda eksikliklerin ve kayıpların olduğunu gösterecektir. İşletmeler böylece bu kayıplara odaklanarak iyileştirme çalışmaları yapacaklardır.

2.3. Literatür Taraması

Ljungberg (1998), Hedman vd. (2016) ve Ylip vd. (2017), genel olarak endüstrideki OEE seviyelerinin çok daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Dal vd. (2000), bir üretim ortamındaki süreç iyileştirme faaliyetlerinin hem operasyonel ls hem de göstergesi olarak OEE kullanımını araştırmıştır. Chand ve Shirvani (2000), otomotiv yan sanayi olarak faaliyet gösteren işletmede hücresel üretim prosesleri içinde toplam verimli bakım çalışmalarının sonuçlarını incelemişlerdir. OEE ve altı büyük kayıptan kaynaklanan eksiklikleri tespit etmişler ve işletmeye sunmuşlardır.

Saraç vd. (2007), gerçekleştirdikleri çalışmada, bir porselen üretim tesisinde, altı farklı pres makinesini dikkate alarak toplam ekipman etkinliğini hesaplamışlardır. Gerçekleştirilen alışmada OEE için %47,8 ile %79,1 arasında değişen değerler tespit edilmiştir. Varyans analizi ile de desteklenen çalışma sonucunda, kalıp değişim süresinin azaltılması gerektiğini ve diğer çalışmaların neler olduğunu işleme iyileştirme önerileri olarak sunmuşlardır. Badiger vd. (2008), küçük grup aktivitelerini kullanarak bir bilyeli dövme makinesinde %51,35'ten %73,77'ye OEE iyileştirmesi sunmuşlardır. Ahuja ve Khamba (2008), OEE çalışmalarının, yalın üretimin önemli bir hedefi olan israfı ortadan kaldırma derecesini ölçen önemli bir metrik olduğunu belirtmişlerdir.

Sohal vd. (2010), özellikle OEE'yi uygularken ortaya çıkan eksikliklere işaret etmişlerdir. OEE hakkındaki mevcut literatürün çoğunun OEE'nin teknik yönleriyle ilgili olduğuna dikkat çekmişlerdir. Wudhikarn (2011) tel örgü imalatında OEE'yi uygulamıştır ve Tsarouhas (2019), OEE aracılığıyla kruvasan üretim hattının işleyişini iyileştirmiştir. Görener (2012, aspiratör imalatı yapan bir firmada yaptığı çalışmada OEE değerini %33 olarak tespit etmiştir. Kullanılabilirlik oranının artırılması için süreç planlaması ve tekli dakikalarda kalıp değişimi (SMED) gibi önerilere yer vermiştir. Singh vd. (2013), otomotiv sektöründe yan sanayi üretim yapan bir işletmede, TPM uygulamasına yönelik uygulamalar yapmışlardır. Farklı kapasitede CNC ve torna tezgahlarına sahip atölyede; OEE analizleri, Toplam Verimli Bakımın başarı ölçüsü olarak değerlendirilmiştir. TPM'in başarısı, aynı zamanda 5-S, Planlı Bakım, Kaizen, Office TPM ve iş güvenliği gibi toplam verimli bakım sütunlarına bağlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Iannone ve Nenni (2013), OEE uygulamasına ait temel kavramları açıklamışlardır. Altı büyük kayıp kavramını açıklayarak OEE hesaplamasına yönelik farklı sektör ve işletmelerden analizler sunmuşlardır. Binti Aminuddin vd. (2016), uluslararası bir anket çalışması aracılığıyla, bir ölçüm ve çalışma yöntemi olarak OEE'nin uygulanmasındaki zorlukları belirlemişlerdir. Bunlar, yetersiz eğitim ve farkındalık, kaynak eksikliği, yönetimden destek eksikliği, personelde direnç, odak eksikliği, deneyimli personel eksikliği ve OEE hesaplamaları için standartlaştırılmış sistemlerin eksikliğidir. Gupta ve Vardhan (2016), uygulama yoluyla OEE'nin %63'ten %88'e yükseltildiğini imalat endüstrisinde örneklerle sunmuşlardır. OEE, TPM uygulamasının başarı ölçüsü olarak değerlendirilmiştir. Toplam ekipman etkinliği ile bağlantılı çeşitli kayıplar belirlenerek kayıpları ortadan kaldırma çalışmaları yapılmıştır.

Saleem vd. (2017), lastik kürtleme presi endüstrisinde, arızaların temel nedenini bulmak için FMEA (Hata türü etkileri analizi) kullanarak OEE'nin %45,36'dan %60,38'e yükseltildiği bir vaka çalışması yapmışlardır. Acar ve Çakırkaya (2018), bir makarana üretim tesisindeki makinelerin OEE değerlerini analiz etmişlerdir. OEE değeri %90,8 olarak belirlenerek ideal değer olan %85'in üzerinde olduğu için üretim hattının etkin çalıştığı tespit edilerek kalite değerinin daha da iyileştirilebileceği önerisi verilmiştir. Tsarouhas (2019), OEE'yi bir iyileştirme stratejisi olarak daha da geliştirmek ve kurmak için teori ve pratik arasındaki boşluğu kapatmaya ihtiyaç olduğunu belirtmiştir. OEE uygulamalarına ilişkin literatürün gözden geçirilmesi, vaka çalışmalarında OEE iyileştirme eylemlerini gerçekleştirmek için iyi sıralanmış iyileştirme adımlarının veya kılavuzlarının sağlanmadığını ortaya koymuştur. Sarı (2019), makine performansı değerlendirmesi için OEE'den farklı kriterleri de göz önünde bulundurmak gerektiğini belirtmiştir. Tercih Seçim Endeksi (Preference Selection Index/PSI) yöntemini makinelerin performans endekslerinin oluşturmasında kullanmıştır. Bu çalışmanın bulguları performans değerlendirme çalışmalarına daha fazla kriter dahil edildiğinde sonuçların daha yakın aralıkta ve hassasiyette görülebileceğini göstermiştir. Özkan vd. (2019), yaptıkları çalışmada bir deterjan fabrikasının OEE değerinin minimum maliyetle iyileştirilmesini amaçlamışlardır. TRIZ yöntemini kullanarak firma için iyileştirme önerileri sunulmuştur. Cheah vd. (2020), çeşitli zamanlarda OEE'nin uygulama çabalarını desteklemek ve yönlendirmek için sistematik yaklaşımlar/ereve eksikliği olduğuna dikkat çekmişlerdir.

Buradan hareketle bu çalışmayı diğerlerinden ayıran noktalar arasında OEE'ye yönelik belirtilen ereve eksikliğini gidermek için uygulamalara zenginlik kazandırmak ve otomotiv yan sanayi sektöründe sızdırmazlık elemanları üreten bir işletmenin darboğaz oluşturucu makinelerindeki sorunlarını ortaya çıkarmaktır. OEE değerlerine yönelik ortaya çıkan analizler sonrası işleme değerlerin iyileştirilebileceği alanlar ve kayıpların kök nedenlerine ait öneriler sunulmuştur. Ayrıca

işletmeye toplam verimli bakım ve toplam ekipman etkinliği kapsamında mevcut durumlarının hangi seviye de olduğuna yönelik analizler verilmiştir. OEE hesaplamalarında kullanılan bileşenlerin teorik bilgi ile karşılaştırılması yapılarak işletmenin güçlü ve zayıf yönleri paylaşılmıştır. Literatür açısından gerekli tartışmalar yapılarak OEE tekniğine dair güncel bilgiler paylaşılmıştır.

3. Yöntem

Bu alışma, otomotiv sektöründe sızdırmazlık elemanları üreten bir firmada gerçekleştirilmiştir. İşletmede OEE analizleri için veriler 2022 Ağustos dönemine ait olacak şekilde araştırmacının kendisi tarafından üç ay boyunca izlenmiş ve kayıt altına alınmıştır. Haftanın altı günü ve üç vardiya düzeninde yirmi dört saat çalışan işletmede iki üretim hattı analiz edilmiştir. Bu iki hat makine ve ekipman açısından teknik olarak benzerlikler içermekte fakat performanslarında farklılıklar bulunmaktadır. Araştırma Etik Kurul İzni gerektiren çalışma grubunda yer almamaktadır. Yapılan lmler ve toplanan veriler işletmenin de bir çalışanı olan bizzat araştırmacı tarafından belirlenmiştir. OEE analizlerine yönelik tüm teorik tanımlamaları kapsayacak veriler işletmenin içinde bulunduğu sektöre göre değerlendirilerek elde edilmiştir. Kullanılabilirlik Etkinliği, Performans Etkinliği, Kalite Etkinliği verileri uygulama kısmındaki tablolarda detaylıca aktarılmıştır.

OEE hesaplamasında;

$$\text{Toplam Ekipman Etkinliği} = \text{Kullanılabilirlik Etkinliği} \times \text{Performans Etkinliği} \times \text{Kalite Etkinliği} \quad (5)$$

formülü kullanılarak ve literatürde Nakajima (1988) tarafından ideal olarak kabul edilen değerler üzerinden analizler yapılmıştır.

- Kullanılabilirlik Etkinliği %90 ve zeri
- Performans Etkinliği %95 ve zeri
- Kalite Etkinliği %99 ve zeri
- OEE değeri için %85 ve üzeri kriterler kullanılarak işletmenin mevcut durum analizi ve geliştirilebilecek alanları yorumlanmıştır.

4. Uygulama

Otomotiv sektörü montaj fabrikaları için sızdırmazlık elemanları üreten yan sanayi işletmenin merkez ofisi İstanbul'da bulunmaktadır. Üretim lokasyonları Dünya'nın yedi farklı ülkesinde bulunacak şekilde faaliyetlerini yürütmektedir. Global bir şirket olarak otomotiv ana sanayi firmaları ile çalışmaktadır. rnlerinin %95'ini Türkiye'deki üretim noktalarından ihraç etmektedir. Türkiye'de iki üretim lokasyonu bulunan işletmenin 4000'ni Türkiye'de olmak üzere Dünya'da 8500 çalışanı bulunmaktadır.

Sızdırmazlık elemanları; hammaddenin işlenerek yarımamule dönüştürülmesi ve sonrasında bu yarımamullerin belirli aşamalardan geçmesi ile elde edilmektedir. Otomotiv sektöründe faaliyet göstermesinin de bir sonucu olarak müşteri istek ve beklentilerini maksimum seviyede karşılamak ilkeleri arasındadır. Aynı zamanda işletme kendine özgü kurum kültürünü oluşturmuş etik değerlere sahip ve çalışanlarına önem veren bir firma profilindedir.

İşletmede OEE analizleri için veriler üç ay boyunca izlenmiş ve kayıt altına alınmıştır. Haftanın altı günü ve üç vardiya düzeninde yirmi dört saat çalışan işletmede iki üretim hattı analiz edilmiştir. Bu iki hat makine ve ekipman açısından teknik olarak benzerlikler içermekte fakat performanslarında farklılıklar olduğu işletme yöneticileri tarafından aktarılmıştır. İşletme yöneticileri açısından OEE değerleri analiz edilerek hangi alanlarda iyileştirme yapılacağının belirlenmesi talep edilmiştir.

OEE değerleri işletmede bir aylık frekanslarda raporlanmaktadır. Bu nedenle çalışma içerisindeki veriler toplam bir aylık süre için belirlenmiştir. Ayrıca diğer aylara ait verilerin yapılan analizler sonrası aynı seviyede OEE değerlerine sahip olması nedeniyle bu çalışmada aylık veriler kullanılmıştır. Çalışma zamanı toplam olarak bir aylık süre içinde Hat1 için 29.400 dakika, Hat2 için 35.160 dakikadır. Bu iki hat için belirlenen çalışma zamanları içinde yemek ve çay molaları da çıkarılarak hesaplanmıştır. Tablo 1'de yemek ve çay mola kayıp süreleri "0" olarak alınmıştır.

Tablo 1. Hat 1 ve Hat 2 Kullanılabilirlik Etkinliği

OEE Grup	Ana Gruplar	Alt Gruplar	Hat1 Duruş Süreleri (dak)	Hat2 Duruş Süreleri (dak)
Kullanılabilirlik Etkinliği	Planlı Duruşlar	Planlı Bakım	480	540
		Yemek - ay Molası	"0"	"0"
		Deneme/Prototip Üretimi	7980	6120
	Operasyonel Kayıplar	Yönetsel Duruşlar	0	0
		Makine Duruşları	240	260
		Tip Dönme	40	60
	Organizasyonel Kayıplar	Başlangıç & Kapanış	60	40
		Operatör Eksikliği	0	0
		Malzeme Eksikliği	70	40
			Ekipman Eksikliği	40
Toplam Duruş (dak)			8910	7080
Çalışma Zamanı (dak)			29400	35160

Tablo 1’de kullanılabilirlik etkinliği için duruş süreleri belirlenmiştir. Duruş tipleri işletme ve sektörlere göre farklılık göstermektedir. Uygulamanın yapıldığı işletmede kullanılabilirlik etkinliği için duruşlar planlı duruşlar, operasyonel kayıplar, organizasyonel kayıplar olarak değerlendirilmiştir. Tüm duruşlar toplanarak çalışma zamanından çıkarılmış ve kullanılabilirlik etkinliği hesaplanmıştır.

$$\text{Kullanılabilirlik Etkinliği} = \frac{\text{alışma Zamanı} - \text{Toplam Duruş Zamanı}}{\text{alışma Zamanı}} \times 100$$

$$\text{Hat 1 Kullanılabilirlik Etkinliği} = \frac{(29400-8910)\text{dakika}}{29400 \text{ dakika}} \times 100 = \%69,6$$

$$\text{Hat 2 Kullanılabilirlik Etkinliği} = \frac{(35160-7080)\text{dakika}}{35160 \text{ dakika}} \times 100 = \%79,8$$

Literatürde kabul edilen kullanılabilirlik etkinlik değeri %90’a göre Hat 1 ve Hat 2 ortalamasının altında kalmaktadır. Hat 1, Hat 2’ye göre daha fazla kayıp ile çalışmaktadır. Hat 1 için belirlenen duruş sürelerinin üstüne gidilerek duruş sürelerinde iyileştirme sağlanmalıdır. Planlı duruşlardan önce plansız olarak hatları durduran faktörlere çözüm bulunması srekliği ve kararlılığı sağlayacaktır. Operasyonel duruşlar içerisinde makine kayıplarının minimize edilmesi ve azaltılma çalışmalarının yapılması gereklidir. Duruş sürelerinde oluşan bu kayıplar işletmeye ciddi maliyet olarak yansımaktadır. Enerji, işçilik maliyetleri, bekleme kayıpları vb. gibi fazladan oluşan duruşlar işletme yönetimi tarafından istenmeyen maliyetlerdir.

Tablo 2. Hat 1 ve Hat 2 Performans Etkinliği

OEE Grup	Ana Gruplar	Hat1	Hat2
Performans Etkinliği	Ortalama Makine retim hızı	16 mt/dak	18 m/dak
	Net alışma zamanı (alışma zamanı-duruş süreleri)	29.400 dak	28.080 dak
	Teorik retim Miktarı	326.400 mt	505.440 mt
	Gerçekleşen retim Miktarı	300.000 mt	467.000 mt

Tablo 2’de Performans Etkinliği hatların gerçekleştirdiği ve hesaplanan teorik üretim miktarlarının oranlanması ile elde edilir. Teorik retim miktarı ilgili hattın üretim hızı ile net çalışma zamanı çarpımından hesaplanır. Teorik retim miktarı net çalışma zamanı içerisinde hattın kapasitesi dahilinde üretebileceği miktar olarak tanımlanmıştır. Gerçekleşen retim miktarı ise hatlarda yapılan gözlem ve işletme sistemlerine ait verilerin derlenmesi ile elde edilmiştir. Hat 2’nin net çalışma zamanının fazla olması ve daha hızlı bir hat olması nedeniyle beklenen teorik üretim miktarı Hat 1’den farklılık göstermektedir.

$$\text{Performans Etkinliği} = \frac{\text{Gerçekleşen retim Miktarı}}{\text{Teorik retim Miktarı}} \times 100$$

$$\text{Hat 1 Performans Etkinliği} = \frac{300.000 \text{ metre}}{326.400 \text{ metre}} \times 100 = \%91,9$$

$$\text{Hat 2 Performans Etkinliği} = \frac{467.000 \text{ metre}}{505.440 \text{ metre}} \times 100 = \%92,3$$

Performans Etkinliği için literatürde hedeflenen değer sektör ve  retim Őekillerine göre deđiŐmekle birlikte %95 olarak kabul edilmektedir. Bu değere göre her iki hat performans etkinliği açısından ortalamanın altındadır. Fakat ortalama değerden çok uzaklaŐılmamıŐ olması ve iki hattın performans etkinlik değerlerinin yakınlığı işletme yönetimi açısından olumlu değerlendirilmiştir. Birbirine benzer iki hattın performans etkinlik değerlerinde çok büyük farklılıklar olmaması varyasyonların olmadığını ortaya çıkarmaktadır. Makine  retim hızlarında yapılabilecek artıŐlar performans etkinlik değerini artırarak OEE değerini yükseltecektir. Fakat bu hız artıŐları için bir eŐik değer vardır. Bu eŐik değer aŐıldıđı durumda yüksek hızlarda makinenin çalışması farklı problemleri ortaya çıkaracaktır. Kalite problemleri, makine arızaları, ekipman aŐınma sürelerinin kısalması, planlama problemleri, stok fazlalıkları vb. gibi sorunlar belirebilir. Hat kapasitelerinin bu ereve değerlendirilmesi önemlidir.

Tablo 3. Hat 1 ve Hat 2 Kalite Etkinliği

OEE Grup	Ana Gruplar	Alt Gruplar	Hat1	Hat2
Kalite Etkinliği	Red veya Yeniden iŐlem	Hatalı Miktar	11.200 mt	15.000 mt
	�retim Miktarı	GerçekleŐen �retim Miktarı	300.000 mt	467.000 mt

Tablo 3'te Kalite Etkinliği hesaplamasında bir aylık süre içerisinde gerçekleŐen üretim miktarı ve hatalı miktar kullanılmıştır. Her iki hat üretimi esnasında kalite standartlarına uymayan ürünler kalite ekibi tarafından değerlendirilerek red veya kabul edilmektedir. Reddedilen miktarların fazlalığı hat kapasitelerini olumsuz etkileyerek verimsiz bir çalışma olmaktadır. Ayrıca red ve yeniden iŐlem gören ürünlerin fazlalığı iş gücü kaybı oluŐturarak operatörlerin üretim için harcayacağı zamanı red ve ayıklama için harcayacaklardır. Bu durum aynı zamanda kullanılabilirlik etkinliğini de d Őurecektir.

$$\text{Kalite Etkinliği} = \frac{\text{GerçekleŐen  retim Miktarı} - \text{Hatalı Miktar}}{\text{GerçekleŐen  retim Miktarı}} \times 100$$

$$\text{Hat 1 Kalite Etkinliği} = \frac{(300.000 - 11200)\text{metre}}{300.000 \text{ metre}} \times 100 = \%96,2$$

$$\text{Hat 2 Kalite Etkinliği} = \frac{(467.000 - 15000)\text{metre}}{467.000 \text{ metre}} \times 100 = \%96,7$$

Hat 1 kalite etkinliği %96,2, Hat 2 kalite etkinliği %96,7 gerçekleŐmiŐtir. Kalite Etkinlik değeri literatürde %99 olarak hedeflenmektedir. %99'un altında fakat hem ortalama değerden çok uzaklaŐılmaması hem de iki hattın kalite etkinlik değerlerinin birbirine yakın olması olumlu değerlendirilmiştir. Sürekli iyileştirme çalışmaları planlanarak hatalı üretimlerin azaltılması hedeflenmiŐtir. Kalite performansını artırmak için red oluŐturun unsurlar detaylı analizlerle incelenmelidir. Kalite etkinlik analizi problemin redli ürünlerden kaynaklı olup olmadığını ortaya çıkarmaktadır. IŐletmenin red nedenlerini ve red oranlarını analiz ederek iyileŐtirmesi kalite etkinlik değerini artıracak ve OEE değerine olumlu yansıtacaktır. Bu analizler için problem çözme tekniklerinin (8D, 5Neden, IŐhikawa diyagramı vb.) kullanılması faydalı olacaktır. Kalite performansının d Őuk olması OEE değerini d Őureceđi gibi hatalı üretimlerin beklenenden fazla olması müŐteriye kaçabilecek riskli parçaların da artmasını sağlayacaktır. MüŐteri memnuniyeti açısından da odaklanması gereken bir gösterge olarak önem kazanmaktadır.

Tablo 4. Hat 1 ve Hat 2 Toplam Ekipman Etkinliği (OEE)

OEE Grup	Alt Gruplar	Hat1	Hat2
Toplam Ekipman Etkinliği (OEE)	Kullanılabilirlik Etkinliği	0.696	0.798
	Performans Etkinliği	0.919	0.923
	Kalite Etkinliği	0.962	0.967
	(OEE) %	61.5	71.2

$$\text{OEE} = \text{Kullanılabilirlik Etkinliği} \times \text{Performans Etkinliği} \times \text{Kalite Etkinliği}$$

Tablo 4'te Hat 1'in OEE değeri %61,5, Hat 2 OEE değeri %71,2 olarak belirlenmiŐtir. Hat 2'nin Toplam Ekipman Etkinliği Hat 1'e göre çok iyi durumdadır. Fakat her iki hattın OEE değerleri dünya ölçeğinde kabul edilen %85 ortalamasına göre d Őuk gerçekleŐmiŐtir. OEE değerlerinin iyileştirilmesi için duruş süreleri, üretim hızları ve kalite problemlerine odaklanılarak iyileştirmeler sağlanmalıdır. IŐletme yönetimi ile yapılan analizler paylaŐılmıŐ ve problem çözme ekipleri oluŐturulması önerilmiştir.

5. Sonuç ve Değerlendirme

Endüstri 4.0 uygulamalarının işletmelerde yaygınlaşması ile birlikte günümüzde kullanılan makine ve ekipmanlar yüksek teknolojiler içermektedir, bu nedenle işletmeler bakım faaliyetlerinde daha etkin bir bakım yönetim anlayışına ihtiyaç duymaktadır. Arızanın ortaya çıkmadan önce nlenmesine yönelik faaliyetlerin yönetildiği Toplam Verimli Bakım (TPM) son yıllarda ön plana çıkmaktadır. TPM, makine başındaki operatörden üst yönetime kadar tüm çalışanların sürece dahil olduğu bir makine ve ekipman bakım yönetim sistemidir.

Bu çalışmada, işletmelerin sahip oldukları kaynakları verimli bir şekilde kullanmaları için bakım yönetiminde uyguladıkları TPM yaklaşımı ve TPM'in en önemli ölçüm metriği olarak tanımlanan Toplam Ekipman Etkinliği (OEE) analiz edilmiştir. Otomotiv sektörü sızdırmazlık elemanları üreten yan sanayi işletmesinde iki hat için OEE değerleri belirlenerek iyileştirme alanları tanımlanmıştır. Makine ve ekipmanların mevcut durumunun tespiti ve buna göre izlenecek yolun belirlenmesi OEE değerlerinin analizi ile mümkün olmaktadır. OEE değerinin belirlenmesinde birçok faktör bulunmaktadır. İşletmede üç ay süresince yapılan gözlem veri toplama ve analiz çalışmaları sonrası OEE değerinin hesaplanmasındaki faktörlerden kullanılabilirlik etkinliği Hat 1 için %69,6, Hat 2 için %79,8 olarak hesaplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda kullanılabilirlik oranlarına doğrudan etki eden planlı duruşlarda iyileştirme yapılabileceği belirlenmiştir. İşletmede yeni projelere ait ayrılan deneme/prototip zamanlardaki duruşların yüksekliği kullanılabilirlik etkinliğini düşürmüştür. İşletmeye, planlı olarak yapılan bu duruşların azaltılması ve srelerin kısaltılması için önerilerde bulunulmuştur. Deneme üretimlerinde harcanan kayıp zamanların ortadan kaldırılması kullanılabilirlik oranını artırarak OEE değerini yukarılara çekecektir. Yeni rnlerin devreye alınmasında harcanan kayıpların fazla olması işletmenin OEE değerini düşürmüştür. zm nerisi olarak deneme çalışmalarındaki simulasyon tekniklerinin yaygınlaştırılarak fiziki deneme sürelerinin minimize edilmesi paylaşılmıştır.

OEE'nin diğer boyutu olan performans etkinliği Hat 1 için %91,9, Hat 2 için %92,3 olarak belirlenmiştir. Performans seviyesinin artırılması için toplam duruş sürelerinin azaltılarak net çalışma zamanlarının artırılması gereklidir. Bunu yapabilmek için üretim esnasında gerçekleşen kayıpların analiz edilmesi ve duruşların her yönüyle sistematik kaydı gereklidir. İşletme yönetimine bu yönde de öneriler de bulunularak üretim esnasındaki duruşların azaltılması hedef olarak gösterilmiştir.

Kalite etkinliği Hat 1 için %96,2, Hat 2 için ise %96,7 olarak belirlenmiştir. Kalite etkinliğinin artırılması için red miktarının azaltılması gereklidir. Red ve hatalı ürünler aynı zamanda kalite problemi olarak müşteriye yansıtacağından üst yönetime bu etkinlik için ilave önlemler alınması gerektiği belirtildi. Kalite çemberlerinin kurulması ve problem çözme ekiplerinin oluşturulması gerekliliği bu iki hat özeline paylaşılmıştır.

Bu üç faktörün çarpımı sonucunda elde edilen OEE değeri ise Hat 1 için %61,5, Hat 2 ise %71,2 seviyesindedir. Bu değerlerin anlamlılığı literatürde ideal değer olarak da kabul edilen %85 ile kıyaslanarak yorumlanabilmektedir. %85 ideal değerine göre her iki hat OEE performansı açısından yeterli olarak görülmemiştir. Bu oran üretim hatlarının etkin bir şekilde kullanılmadığını göstermektedir. Üç etkinlik değerinin de artırılması ve özellikle kullanılabilirlik etkinliğinin üzerine gidilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. İşletmenin bu noktaya odaklanması; ilgili üretim hattındaki kayıp zamanların detaylı analiz edilerek önlem alınması ile mümkün olacaktır.

Sonuç olarak ekipman etkinliğini (OEE) artırmak için işletmelerin bakım çalışmalarına daha fazla önem vermeleri gerektiği anlaşılmaktadır. Bir makine ve ekipmanın; atıl kalması, belirlenen adette üretim yapamaması, kaliteli bir ürün elde edememesi etkin bir bakım faaliyeti yapılmadığının göstergesidir. OEE alışmaları yapılmadan yönetilmeye çalışılan makine ve ekipmanların bakım maliyetleri doğrudan ve dolaylı şekilde artarak işletmeye maliyet yükü getirecektir. Maliyetlerin artması sektör içerisinde rekabet edebilme imkanını ortadan kaldıracaktır.

OEE analizini uygulayarak makine ve ekipman performanslarını artırmak isteyen işletmelere öneriler;

- ✓ TPM ve OEE çalışmalarının benimsenmesi için yönetimin taahhüdü ve tüm çalışanların katılımı sağlanmalıdır.
- ✓ Kullanılabilirlik etkinliğini artırmak için planlı duruşlarda iyileştirme yapılarak planlı duruş sürelerinin azaltılması sağlanmalıdır. Bunu başarabilmek için planlı bakım faaliyetlerinin daha etkin yapılması ve bakım personelinin yetkinliğinin artırılması hedeflenmelidir. Yetkinliğin artırılmasına yönelik eğitimler, kurslar vb. verilmesi sağlanabilir.
- ✓ Yeni projelere ayrılan deneme/prototip zamanlardaki duruşların azaltılması önerilmiştir. Deneme çalışmalarındaki tekrar sayılarını azaltabilecek simülasyon çalışmaları değerlendirilmelidir. Kalıplama tekniklerindeki özel paket programlar vasıtasıyla fiziki olarak deneme çalışması yapmadan sanal simülasyon teknikleri ile yapılabilecek iyileştirmeler öncesinden belirlenebilir.
- ✓ Performans etkinliğini artırmak için üretim esnasında oluşan duruş sürelerinin azaltılarak net çalışma zamanlarının artırılması gerekmektedir. Bunu yapabilmek için SMED (Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi) vb. çalışmalar yapılarak set-up sürelerinin azaltılması sağlanabilir.
- ✓ Kalite etkinliğinin artırılması için hatalı üretim miktarının azaltılması gereklidir. Hatalı ürünleri azaltabilecek problem çözme ve önleme teknikleri kullanılmalıdır. Mevcut durumda problem çözme metodolojileri bulunmakla birlikte bu çalışmaların operatörlere de öğretilerek üretim ekipmanlarının etkinlikleri artırılmalıdır. Düzenli kalite denetimlerinin yapılabileceği önerilmiştir.
- ✓ Tüm bu faktörlere odaklanarak israf ve kayıp noktalarının azaltılması OEE değerini arttıracaktır.

Çalışmanın otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir yan sanayi işletmesinin iki üretim hattında yapılmış olması en temel sınırlılıklar arasında görülebilir. Ayrıca yılın tamamı için toplanacak veriler mevsimsel, sektörel değişimleri minimize edecektir. İlerleyen çalışmaların farklı sektörlerde OEE analizlerinin yapılması ve sektörel kıyaslamaların somut çıktılarının belirlenmesi OEE literatür ve uygulama çalışmalarına çeşitlilik kazandıracaktır.

Kaynakça

- Acar, Ö. E., & Çakırkaya, M. (2018). Bir üretim hattında toplam ekipman etkinliğinin ölçülmesi ve geliştirilmesi üzerine bir uygulama. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 9(24), 217-230.
- Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: Literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 25(7), 709-756. doi: 10.1108/02656710810890890.
- Almeanazel, O. T. R. (2010). Total productive maintenance review and overall equipment effectiveness measurement. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 4(4), 517-522.
- Andersson, C., & Bellgran, M. (2011, May). *Combining overall equipment efficiency (OEE) and productivity measures as drivers for production improvements*. In Proceedings of the 4th Swedish Production Symposium (SPS11) (pp. 3-5).
- Andersson, C., & Bellgran, M. (2015). On the complexity of using performance measures: Enhancing sustained production improvement capability by combining OEE and productivity. *Journal of Manufacturing Systems*, 35, 144-154.
- Anvari, F., & Edwards, R. (2011). Performance measurement based on a total quality approach. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 60(5), 512-528.
- Bamber, C. J., Sharp, J. M., & Hides, M. T. (1999). Factors affecting successful implementation of total productive maintenance: A UK manufacturing case study perspective. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 5(3), 162-181. doi: 10.1108/13552519910282601

- Badiger, A. S., & Gandhinathan, R. (2008). A proposal: Evaluation of OEE and impact of six big losses on equipment earning capacity. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 2(3), 234-248.
- Badiger, A. S., Gandhinathan, R., & Gaitonde, V. N. (2008). A methodology to enhance equipment performance using the OEE measure. *European Journal of Industrial Engineering*, 2(3), 356-376.
- Bengtsson, M., Andersson, L. G., & Ekström, P. (2021). Measuring preconceived beliefs on the results of overall equipment effectiveness—A case study in the automotive manufacturing industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 28(2), 391-410. doi: 10.1108/JQME-03-2020-0016.
- Binti Aminuddin, N. A., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Antony, J., & Rocha-Lona, L. (2016). An analysis of managerial factors affecting the implementation and use of overall equipment effectiveness. *International Journal of Production Research*, 54(15), 4430-4447.
- Bon, A. T., & Lim, M. (2015, March). *Total Productive Maintenance in automotive industry: Issues and effectiveness*. In 2015 international conference on industrial engineering and operations management (IEOM) (pp. 1-6). IEEE.
- Braglia, M., Castellano, D., Frosolini, M., & Gallo, M. (2019). Integrating considerations of uncertainty within the OEE of a manufacturing line. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 32(4), 469-496.
- Brah, S. A., & Chong, W. K. (2004). Relationship between total productive maintenance and performance. *International Journal of Production Research*, 42(12), 2383-2401.
- Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K., & Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, 95(1), 71-94.
- Chand, G., & Shirvani, B. (2000). Implementation of TPM in cellular manufacture. *Journal of Materials Processing Technology*, 103(1), 149-154.
- Cheah, C. K., Prakash, J., & Ong, K. S. (2020). An integrated OEE framework for structured productivity improvement in a semiconductor manufacturing facility. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 69, 1081-1105.
- Cua, K. O., McKone, K. E., & Schroeder, R. G. (2001). Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance. *Journal of operations management*, 19(6), 675-694.
- Dal, B., Tugwell, P., & Greatbanks, R. (2000). Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement—a practical analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 20(12), 1488-1502.
- Garza-Reyes, J. A., Eldridge, S., Barber, K. D., & Soriano-Meier, H. (2010). Overall equipment effectiveness (OEE) and process capability (PC) measures: A relationship analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(1), 48-62. doi: 10.1108/02656711011009308
- GoodSolutions, A. B. (2012, May). *Good Solutions customer survey*. In FFI production research conference (In Swedish): Mtesplats fr framtidens framgngsrika verkstder, Katrineholm, Sweden (pp. 22-24).
- Grener, A. (2012). Toplam verimli bakım ve ekipman etkinliği: Bir imalat işletmesinde uygulama. *Ejovoc (Electronic Journal of Vocational Colleges)*, 2(1), 15-20.
- Gupta, P., & Vardhan, S. (2016). Optimizing OEE, productivity and production cost for improving sales volume in an automobile industry through TPM: A case study. *International Journal of Production Research*, 54(10), 2976-2988.

- Hedman, R., Subramaniyan, M., & Almstrm, P. (2016). Analysis of critical factors for automatic measurement of OEE. *Procedia Cirp*, 57, 128-133.
- Huang, S. H., Dismukes, J. P., Shi, J., Su, Q. I., Razzak, M. A., Bodhale, R., & Robinson, D. E. (2003). Manufacturing productivity improvement using effectiveness metrics and simulation analysis. *International Journal of Production Research*, 41(3), 513-527.
- Iannone, R., & Elena, M. (2013). *Managing OEE to optimize factory performance*. Operations Management, 31-50. doi: 10.5772/55322
- Ingemansson, A. (2004). *On reduction of production disturbances in manufacturing systems based on discrete-event simulation*. (PhD Thesis). Lund University.
- Jain, A., Bhatti, R., & Singh, H. (2014). Total productive maintenance (TPM) implementation practice: A literature review and directions. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(3), 293-323.
- Jasiulewicz-Kaczmarek, M., & Gola, A. (2019). Maintenance 4.0 technologies for sustainable manufacturing-an overview. *IFAC-PapersOnLine*, 52(10), 91-96.
- Ljungberg, . (1998). Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities. *International Journal of Operations & Production Management*, 18(5), 495-507. doi: 10.1108/01443579810206334.
- 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.
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517-3535.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total productive maintenance*. (Translation). Productivity Press, Inc., 1988,, 129.
- zkan, N. F., Ada, E. C., & Genlik, S. (2019). Toplam ekipman etkinliğinin iyileştirilmesinde Triz kullanımı: Bir uygulama. *Verimlilik Dergisi*, (2), 169-184.
- Parida, A., Kumar, U., Galar, D., & Stenström, C. (2015). Performance measurement and management for maintenance: a literature review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 21(1), 2-33.
- Saleem, F., Nisar, S., Khan, M. A., Khan, S. Z., & Sheikh, M. A. (2017). Overall equipment effectiveness of tyre curing press: A case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 23(1), 39-56. doi: 10.1108/JQME-06-2015-0021
- Saraç, M. S., Tekin, O., Doğanay, E., & Eevli, S. (2007). *Toplam ekipman etkinliğinin Ktahya ilinde bir porselen üretim işletmesinde uygulanması*. YA/EM 2007 Yneylem Araştırması ve Endstri Mhendisliği XXVII. Ulusal Kongresinde Sunulmuş Bildiri.
- Singh, R., Gohil, A. M., Shah, D. B., & Desai, S. (2013). Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study. *Procedia Engineering*, 51, 592-599.
- Sarı, E. B. (2019). Measuring the performances of the machines via Preference Selection Index (PSI) method and comparing them with values of Overall Equipment Efficiency (OEE). *İzmir İktisat Dergisi*, 34(4), 573-581.
- Skoogh, A., Johansson, B., & Hansson, L. (2011, June). *Data requirements and representation for simulation of energy consumption in production systems*. In Proceedings of the 44th CIRP Conference on Manufacturing Systems (pp. 1-3).

- Sohal, A., Olhager, J., O'Neill, P., & Prajogo, D. (2010). *Implementation of OEE—issues and challenges*. Proceedings of APMS 2010 - International Conference on Advances in Production Management Systems.
- Tsarouhas, P. H. (2013). Evaluation of overall equipment effectiveness in the beverage industry: a case study. *International Journal of Production Research*, 51(2), 515-523.
- Tsarouhas, P. (2018). Improving operation of the croissant production line through overall equipment effectiveness (OEE): A case study. *International journal of productivity and performance management*, 68(1), 88-108. doi: 10.1108/IJPPM-02-2018-0060
- Wang, F. K., & Lee, W. (2001). Learning curve analysis in total productive maintenance. *Omega*, 29(6), 491-499.
- Ylipää, T., Skoogh, A., Bokrantz, J., & Gopalakrishnan, M. (2017). Identification of maintenance improvement potential using OEE assessment. *International Journal of Productivity and Performance Management* 66(1), 126-143. doi: 10.1108/IJPPM-01-2016-0028
- Zammori, F., Braglia, M., & Frosolini, M. (2011). Stochastic overall equipment effectiveness. *International Journal of Production Research*, 49(21), 6469-6490.
- Wudhikarn, R. (2016). Implementation of the overall equipment cost loss (OECL) methodology for comparison with overall equipment effectiveness (OEE). *Journal of quality in maintenance engineering*, 22(1), 81-93. doi: 10.1108/JQME-12-2011-0001
- Wudhikarn, R. (2011, December). *Implementation of overall equipment effectiveness in wire mesh manufacturing*. In 2011 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (pp. 819-823). IEEE.

ETİK VE BİLİMSEL İLKELER SORUMLULUK BEYANI

Bu alışmanın tm hazırlanma srelerinde etik kurallara ve bilimsel atıf gsterme ilkelerine riayet edildiğini yazarlar beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde Business, Economics and Management Research Journal'ın hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk makale yazarlarına aittir.

Bu alışma etik kurul izni gerektiren çalışma grubunda yer almamaktadır.

ARAŐTIRMACILARIN MAKALEYE KATKI ORANI BEYANI

1. yazar katkı oranı: %50

2. yazar katkı oranı: %50