



ALÜMİNYUM ENJEKSIYON KALIPLAMA SEKTÖRÜNDE ÜRETİM YÜRÜTME SİSTEMİNİN UYGULANMASI

Muhammed Arda Sarı

24231401016

İmalat Yürütme Sistemleri Operatörlüğü

sarimuhammadarda52@gmail.com – 24231401016@subu.edu.tr

Tezin Kapsamı

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde tamamlanan "Alüminyum Enjeksiyon Kalıplama Sektöründe Üretim Yürütmeye Sisteminin Uygulanması" başlıklı yüksek lisans tezinin bir analizidir. Sunum akışı, tezin akademik omurgasını takip ederek yapılandırılmıştır:

- **Giriş ve Kavramsal Çerçeve:** Çalışmanın temelini oluşturan üretim verimliliği, Endüstri 4.0 ve MES gibi temel kavramlar tanımlanacaktır.
- **Materyal ve Yöntem:** Uygulamanın yapıldığı vaka çalışması (Omega Kalıpçılık), dijital dönüşüm öncesi firmanın karşılaştığı problemler ve bu problemleri çözmek için uygulanan MES mimarisi (yazılım ve donanım) detaylandırılacaktır.
- **Bulgular:** MES uygulamasının öncesi ve sonrası olmak üzere, OEE (Genel Ekipman Etkinliği), duruş süreleri ve aylık verimlilik trendleri gibi ölçülebilir verilerle analizi sunulacaktır.
- **Sonuç ve Tartışma:** Elde edilen operasyonel kazanımlar ve dijital dönüşümün işletmeye sağladığı stratejik faydalar özetlenecektir.

Üretim Verimliliği Neden Kritik?

Tezin odaklandığı ana problem verimliliktir. Verimlilik, mal ve hizmetlerin üretiminde kullanılan kaynakların, etkin şekilde değerlendirilebilmesi olarak tanımlanır. En genel tanımıyla, üretim sisteminin çıktısı ile bu çıktıyı oluşturmak için gereken girdi arasındaki ilişkiyi ifade eder.

Günümüzün küresel pazar koşullarında rekabetin artması, işletmelerin varlığını sürdürübilmesini; maliyet, kâr, verimlilik ve kalite gibi değerlere bağlı hale getirmiştir. Bu bağlamda, üretim verimliliğinin önemi tartışmasız bir hale gelmiştir. Bu tez, verimliliği artırmanın bir aracı olarak dijitalleşmeyi ve bu süreçteki MES uygulamalarını ele almaktadır.

Endüstri 4.0 ve Dijital Dönüşüm

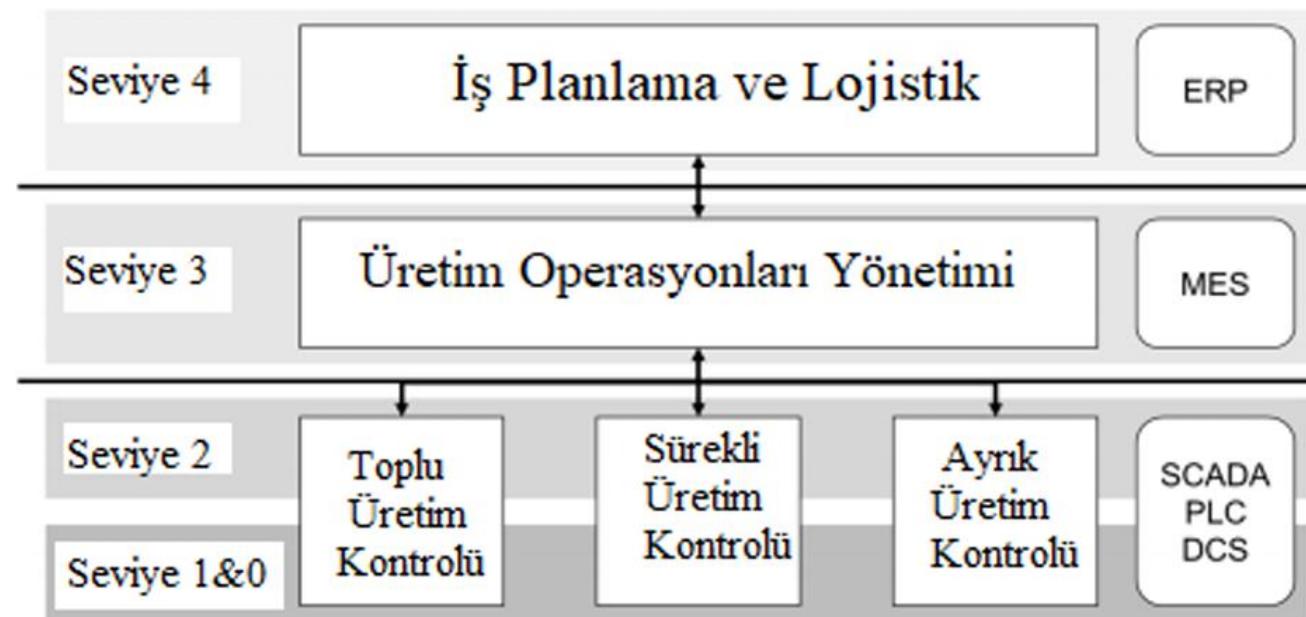
Verimlilik arayışı, günümüzde Sanayi 4.0 kavramı ile bütünleşmiştir. Endüstri 4.0 terimi, 2011 yılında Almanya'da Hannover Fuarı'nda kullanılmış olup, tedarik zincirindeki tüm ürün ve süreçlerin ortak bir ağa bağlı olduğu bir çalışma tarzını ifade eder.

Endüstri 4.0, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Siber-Fiziksel Sistemler (CPS) tabanlı bir üretime geçiş temsil eder. Bu devrimin temel taşıları arasında Büyük Veri ve Analizi , Akıllı Robotlar , Bulut Bilişim ve Nesnelerin İnterneti gibi gelişen teknoloji bileşenleri bulunmaktadır. Tezin ele aldığı MES, bu "akıllı fabrika" vizyonunun pratikteki en önemli uygulayıcılarından biridir.

MES (İmalat Yürütmeye Sistemi) Nedir?

MES kelimesinin açılımı "Manufacturing Execution System" olup, Türkçe karşılığı "Üretim Yürütmeye Sistemi" olarak kullanılmaktadır. MES, üretim aşamasında kullanılan her türlü yöntem ve aracın toplu şekilde çevrimiçi ortamda veri akışının sağlandığı bir bilgi sistemidir.

MES'in üretim hiyerarşisindeki yeri en iyi ISA-95 standarı ile açıklanır. Bu standarda göre fabrika otomasyonu seviyelere ayrılmıştır.



Ürün ve Süreç Tanımı

MES, ürünün imalatını gerçekleştirmek için atölyede gerekli olan belge paketlerini yönetmelidir. Bu belge, 2B çizimler, 3B modeller, geometrik boyutlar ve toleranslar ve tesisat stili inşaat seçenekleri hakkında bilgiler içerir. MES sistemi, üretim belgeleri için kendi belge yönetim sistemini sağlayabilir veya mühendislik belgeleri aracılığıyla ortak bir havuza bağlanabilir. Mühendislik sistem havuzu ile MES belgesi arasındaki değişiklik yönetimi için mühendislik belgesinin revizyon durumuna bakılmalıdır. Takım tutucu planları ve modelleri kaydedilir ve ürün tasarımları ve süreç planlamasına bağlanır.

Bazı ürün parçaları, işlevleri veya süreç tasarımlarının ihracat kontrolü nedenleriyle korunması gerekebilir. Eğer şirket bu gereksinimlere sahipse, MES'in bu tür güvenlik kontrollerini destekleme yeteneğini değerlendirmek önemlidir. Bu gereksinimler, çoğu MES çözümünde bulunan kullanıcı hakları ve rollerinin genel yönetiminin ötesine geçer.

Vaka Çalışması: MES Öncesi

Tez çalışması, 1990 yılında kurulan ve 2005 yılında OMEGA KALIPÇILIK SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ. adını alan firmada gerçekleştirılmıştır. Firma, otomotiv yan sanayi, elektrikli ev aletleri gibi sektörlerde alüminyum enjeksiyon kalıpları ve seri imalat parçaları üretmektedir. Firma, dijital dönüşüm öncesi bir MES sistemi kullanmamaktaydı.

Problem: Üretim takibi, CNC operatörleri tarafından manuel olarak doldurulan iş Emri formları aracılığıyla yapılmaktaydı. Bu formlarda toplanan bilgiler, günlük olarak bir kalite personeli tarafından bilgisayara aktarılmaktaydı.

Sonuç: Bu manuel süreç, ciddi zaman kaybına yol açmakta, verilerin anlık olarak izlenememesine ve operatör beyanına dayalı olduğu için veri güvenilirliğinin düşük olmasına neden olmaktadır.

Uygulama: Yazılım ve Donanım

Çalışma kapsamında, firmanın yerli olarak geliştirdiği bir İmalat Yürütmeye Sistemi olan **ProMANAGE** yazılımı satın alınarak kurulmuş ve ilgili personellere eğitimleri verilmiştir.

Teknik Altyapı manuel takibi otomatikleştirmek ve sahadan anlık veri toplamak için şu donanımlar kullanılmıştır:

Dijital Sinyal Dönüştürüçüler: Makinelerin üretim davranışını izlemek ve duruş sürelerini otomatik olarak toplamak amacıyla kullanılmıştır. Bu cihazlar, 1/10 saniyede bir merkeze yeni veri gönderebilme kapasitesine sahiptir.

Akıllı Sayaçlar : Üretim makinelerinden üretim verilerini almak ve IoT teknolojisini kullanarak Ethernet ya da WLAN bağlantısı üzerinden merkeze iletmek için tasarlanmıştır. Bu sayede üretim adetleri gibi veriler kayıpsız ve en doğru biçimde toplanabilmektedir.

Endüstriyel PC'ler: İşletme koşullarında, operatör ile merkezi sistem arasında bir arayüz oluşturmak amacıyla kullanılmıştır. Operatörlerin iş emrine bağlı üretim başlatma işlemlerini yapabilmesi, üretim talimatlarını görebilmesi ve duruş nedeni gibi verileri girebilmesi sağlanmıştır.

Analiz Yöntemi: OEE

OEE (Genel Ekipman Etkinliği), bir üretim kaynağının ne kadar verimli kullanıldığını gösteren standart bir ölçüm aracıdır. En basit haliyle, tam üretken sürenin planlanan üretim süresine oranı olarak hesaplanır. Başarının ölçümü için bu temel metrik kullanılmıştır.

OEE, üç ana bileşenin çarpımından oluşur:

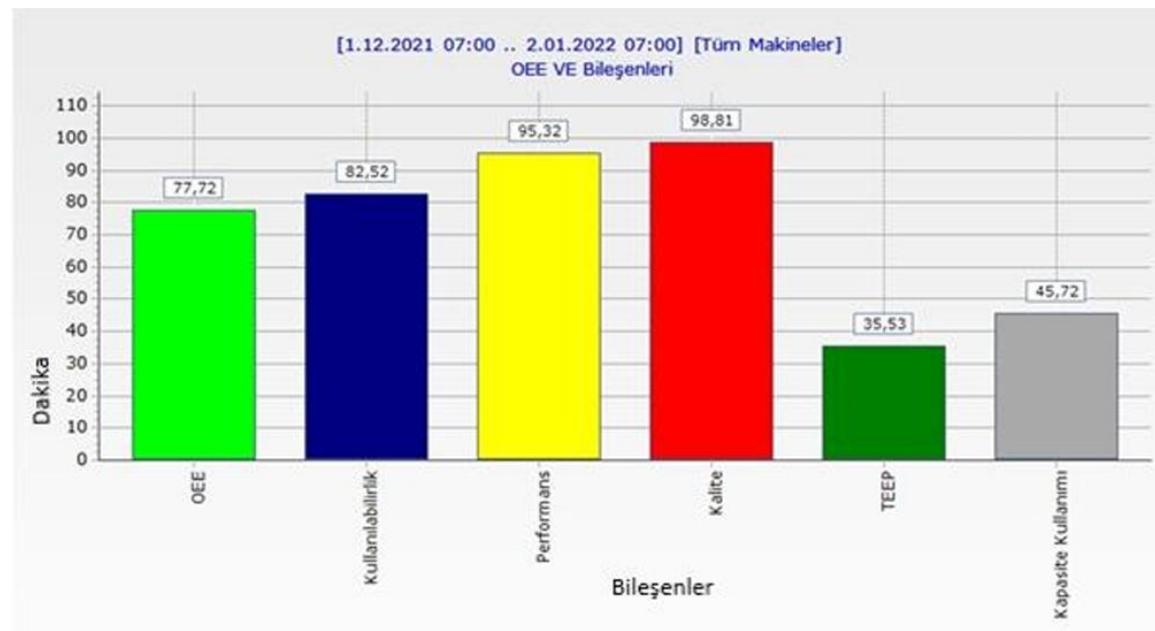
Kullanılabilirlik: Çalışma süresinin planlanan üretim süresine oranıdır. Planlı üretimi durduran arıza, set-up, malzeme bekleme gibi tüm olayları hesaba katar.

Performans: Net çalışma süresinin çalışma süresine oranıdır. Makine çalışırken ideal hızın altında çalışmasına neden olan yavaş döngüler ve küçük durakları hesaba katar.

Kalite: Kalite standartlarını karşılayan, yeniden işleme gerektirmeyen (ilk geçiş verimi) *iyi parça* sayısının toplam üretime oranıdır.

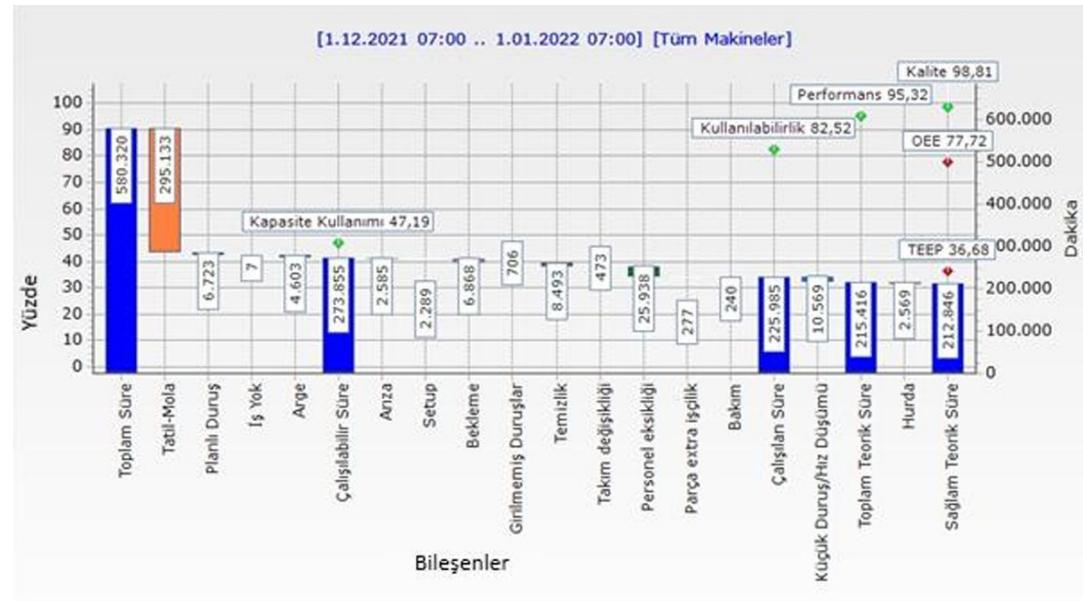
Dijital Dönüşüm Sonrası OEE

Aşağıda bulunan rapor da makine ekipman verimliliği (OEE) ve bileşenlerinin yüzdesel dağılımını vermektedir. Grafiği incelediğimizde OEE %77,72 , kullanılabilirlik %82,52 , performans %95,32 , kalite %98,81 , TEEP %35,53 ve kapasite kullanımı %45,72 olarak ölçülmüştür. Bu grafiği yorumladığımızda , MES sistemi ile farkındalıkın arttığı gözlemlenmiştir. Kullanabilirlik ve performansta yaşanan artış, sistem açıklarının doğru tespit edildiği ve yapılan doğru iyileştirmelerle OEE ‘nin önemli düzeyde arttığı görülmüştür. Bu nedenle her ay özellikle OEE ve bileşenleri gözden geçirilir diğer raporlarda olduğu gibi iyileştirmeler tespit edilir , sorunun kök nedenine kadar inilir ve etkin aksiyonlarla işletmenin potansiyeli görülmüş olur.



TEEP Şelalesi: İyileştirmelerin İşletmeye Yansıması

Bu iki grafikte İşletmenin OEE verileri kapasite kullanımı görülmektedir. Mayıs ayında alınan raporlarda OEE değerinin %51,78 iken Aralık ayında ise %77,72 lere , TEEP değerinin %22,31 iken %36,68 lere yükseldiği görülmektedir. Her ay alınan raporlarla kullanabilirliği etkileyen duruşlar detayları ile analiz edilerek doğru iyileştirmenin nasıl yapılması gerektiği tespit edilip uygulanması ile kullanabilirlik değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. OEE sadece performansın bir göstergesi değil, daha da önemlisi, israfları ortadan kaldırılmamızı ve neredeyse her üretim tesisiinde bulunan hedeflememizi sağlayan sürekli bir iyileştirme aracıdır. En önemli amacı şirketlerin eldeki makine ve ekipmanlarının performanslarının artırılmasına odaklanmaktadır ve doğru hesaplandığında , yorumlandığında, üretimimizi önemli ölçüde artırbilir.



Bekleme Kaynaklı Duruşlar

MES sistemi, kullanılabilirliği doğrudan etkileyen bekleme kaynaklı duruşları görünür kılmıştır. Bu raporlar, operasyonel kayıpların kök nedenlerini tespit etmek ve iyileştirme aksiyonlarını veriyle yönetmek için kullanılmıştır.

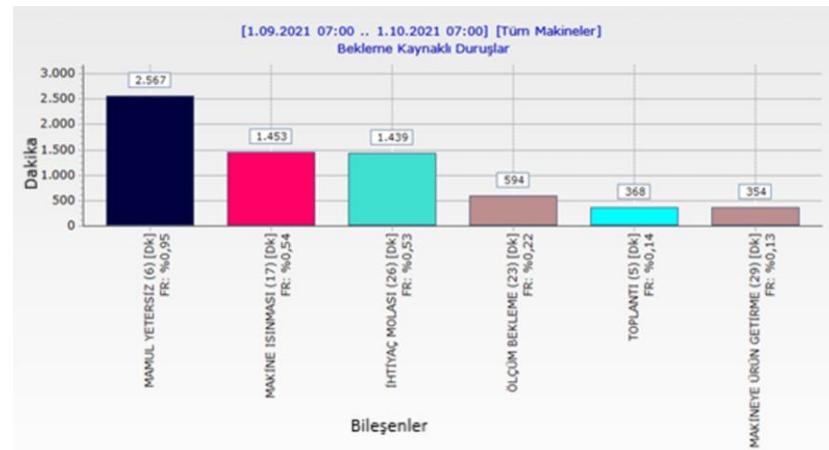
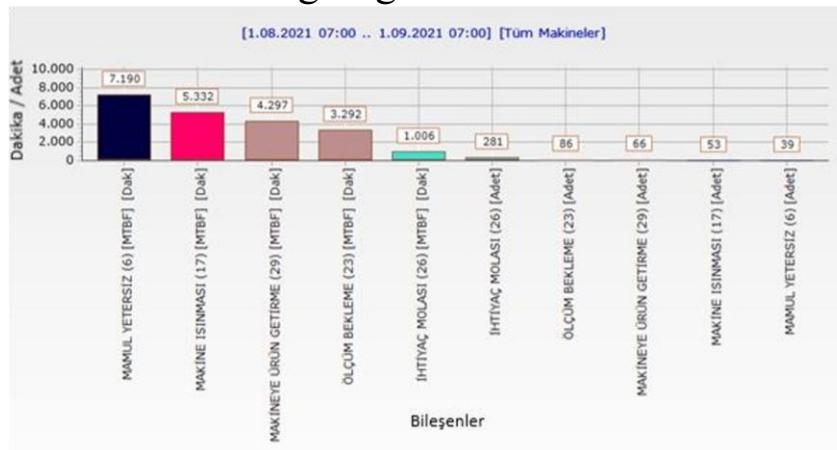
İyileştirme Döngüsü: Tespit, Aksiyon ve Sonuç

Tespit (Ağustos): MES analizleri, mamul bekleme ve makine ısınması kaynaklı duruşların hedefleri aşlığını ortaya koymuştur.

Sonuç (Eylül): Alınan ilk aksiyonlar sonucunda, makine kaynaklı duruşlar 5332 dakikadan 1453 dakikaya düşürülmüştür.

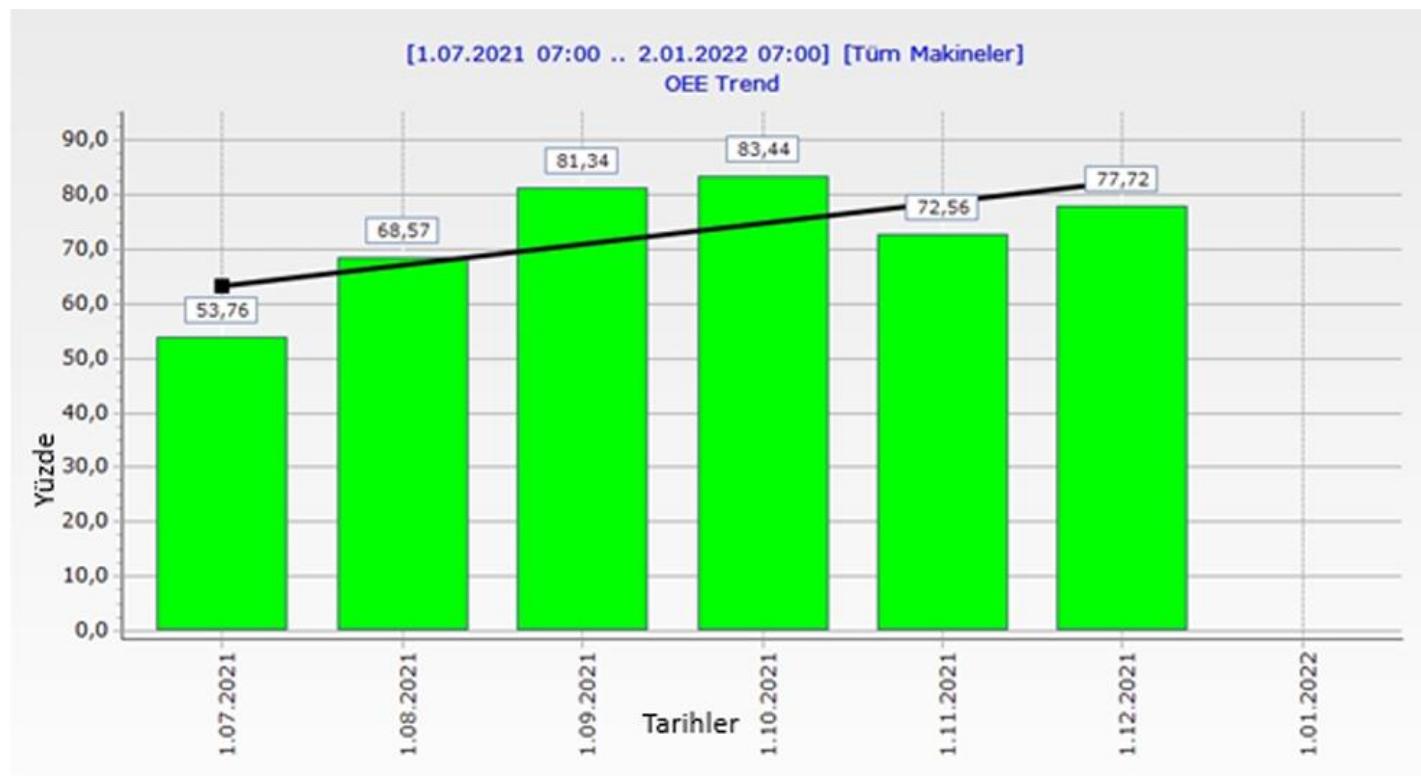
Sürekli İzleme (Kasım): "Makine ısınması" duruşunun tekrar hedefiıldığı (Gerçekleşen: 2239 dk / Hedef: 1560 dk) tespit edilmiştir.

Nihai Sonuç (Aralık): Alınan spesifik aksiyonların etkin olduğu görülmüş ve duruş süresi tekrar hedeflenen seviyelerin altına indirilmiştir. Bu süreç, MES'in varsayımları ortadan kaldırarak veri odaklı sürekli iyileştirme (continuous improvement) döngüsünü nasıl mümkün kıldığını göstermektedir.



Aylık OEE Trendi

Aylık OEE (Genel Ekipman Etkinliği) verileri, MES uygulamasının tek seferlik bir etki değil, sürekli bir iyileştirme süreci başlattığını doğrulamaktadır. Temmuz ayında %53,76 olan ortalama OEE değerinin, alınan aksiyonlarla birlikte Ekim ayında %83,44 seviyesine kadar yükseldiğini göstermektedir. Bu trend, firmanın veri odaklı iyileştirme kültürünü benimsediğini ve Aralık ayında %77,72 gibi sürdürülebilir bir verimlilik seviyesine ulaştığını kanıtlamaktadır.



Sonuçlar ve Tartışma

Bu tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen dijital dönüşüm uygulaması, işletme üzerinde çok yönlü ve ölçülebilir faydalar sağlamıştır.

Temel Verimlilik Artışı: Yapılan analizler sonucunda, MES öncesi %55 olan işletme verimliliğinin, MES sonrası %76 seviyesine yükseldiği görülmüştür. Kayıp zamanlar net olarak tespit edilmiş ve çalışılabilir sürenin önemli ölçüde arttığı görülmüştür.

Manuel Süreçlerin Eliminasyonu: Dijital dönüşüm öncesi üretim takibi, CNC operatörleri tarafından doldurulan "İş Emri" formları ile manuel olarak yapılmaktaydı. Bu sistem zaman kaybına yol açmaktadır. Dönüşüm ile bu formlar kaldırılmış, akıllı sayaçlardan alınan verilerle daha hızlı bilgi toplama sağlanarak kayıp zamanın önüne geçilmiştir.

Veri Odaklı Kültür: Program kullanımı konusunda firma kültürünün olduğu ve personellerin programı benimsediği görülmüştür. Duruşların zamanında ve doğru girilmesi, alınacak aksiyonların daha net ve reel olmasını sağlamış; bu sayede sistem açıkları gerçekçi verilerle iyileştirilmiştir.

Sonuçlar ve Tartışma

Operasyonel Kazanımlar: Kestirimci Bakım: Arıza nedenleri ve süreleri daha net hesaplanarak kestirimci bakım uygulamaları gündeme gelmiş ve elde edilen veriler gelecek yatırımlar için yol gösterici hale gelmiştir.

Maliyet ve Çeviklik: Set-Up sürelerinin kısaldığı görülmüştür. Kullanılan kapasite ve stok durumlarının daha elverişli takibi, müşteri taleplerine daha hızlı cevap verilmesini sağlamıştır.

Çevresel Katkı: İş Emirlerinin kaldırılması ile kağıt israfının da önüne geçilmiş ve doğaya katkıda bulunulmuştur.

Bu çalışma, doğru yapılandırılmış bir MES yatırımının, KOBİ ölçüngindeki işletmelerde dahi verimliliği optimize ettiğini, maliyetleri düşürdüğünü ve veri odaklı bir yönetim anlayışını hayatı geçirdiğini somut olarak kanıtlamıştır.

İncelenen Temel Kaynak

**Alüminyum Enjeksiyon Kalıplama Sektöründe Üretim Yürütme Sisteminin
Uygulanması**

Ruşen Ozan PARLAK

Yüksek Lisans Tezi

Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

İstanbul, 2022

Parlak, R. O. (2022). Alüminyum enjeksiyon kalıplama sektöründe üretim yürütme sisteminin uygulanması [Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.