

HAZIRLIK SÜRESİNİN AZALTILMASINDA SMED YÖNTEMİ UYGULAMASI

APPLICATION OF SMED METHOD TO REDUCE THE SETUP TIME

İbrahim Zeki AKYURT

*İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi
(akyurt@istanbul.edu.tr)
ORCID: 0000-0003-4817-5267*

Erkan EREN

*Elopar Group, İstanbul
(erkaneren@elopar.com.tr)
ORCID: 0000-0002-6654-8322*

ÖZ

Yalın üretim sistemi, müşteri talebini az kaynak kullanımı ile en kısa sürede, küçük partiler halinde ve hatasız olarak karşılamayı amaçlamaktadır. Bir partinin üretiminden bitiminden diğer partinin üretimine başlangıcına kadar gerçekleştirilen faaliyetlerin sürelerinin toplamından oluşan hazırlık zamanının kısaltılması bu amacın gerçekleşmesi için gereklidir. Bu doğrultuda yalın üretim tekniklerinden biri olan SMED (Single Minute Exchange of Die: tekli dakikalarda kalıp değişimi) makine hazırlık zamanlarındaki kayıpları azaltmaya yönelik kullanılan etkin bir yöntemdir. Bu çalışmada daha hızlı iş değişimini mümkün kılan SMED yaklaşımı, otomotiv ve elektrik sektörlerinde test ve montaj parçaları üreten bir firmada enjeksiyon makinelerinde uygulanmıştır. Mevcut durum analiz edilmiş, SMED yaklaşımı ve 5S ile iyileştirmeler yapılmıştır. İyileştirme öncesi ve sonrası hazırlık zamanları ölçülmüş ve 65,30 dakikalık süre, 23,62 dakikaya kadar düşürülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Toyota Üretim Sistemi, Kalıp Değişimi, 5S, iç değiştirme, dış değiştirme.

ABSTRACT

Lean Production System aims to meet the customer demand without any imperfection not only in the shortest time and in small batches but also by consuming less resource. It is the fundamental priority to shorten the duration of setup activities, which carried out from the end of the previous production of a batch to the beginning of the next the production. From this point of view, Single Minute Exchange of Die (SMED), which is one of the lean production techniques, is an effective method to reduce losses of time during machine setup periods. SMED approach, which enables a faster setup, has been implemented on injection machines of a company, which is manufacturing testing, and assembly parts in automotive and electrical sector. The current case was analyzed and improvements were made with SMED and 5S techniques. As a result, both durations (before and after the implementation of two techniques mentioned above) were measured and it has been observed that setup durations were reduced from 65.30 minutes to 23.62 minutes.

Keywords: Toyota Production System, Exchange of Die, 5S, Internal Setups, External Setups.

1. Giriş

Ölçek ekonomisinin bir gereği olarak birim ürün maliyetini düşürmenin klasik yolu kitlesel üretim yapmaktır. Kitlesel üretim aynı zamanda yüksek hacimli partiler ve yüksek miktarda stok demektir. Stoklarla örtülen problemler işletmedeki birçok sorunun fark edilmesinde engel teşkil etmektedir. Buna ek olarak müşteri talebindeki değişime hızlı uyum sağlayamamayı da beraberinde getirir. Günümüzde, kişiselleştirilmiş ürünlere ve yeni modellere olan talebin artması ve bu talebin yüksek hacimlerde olmaması, kitlesel üretim yapan bu işletmelerin önündeki en büyük engellerden olmaktadır. Böyle bir durumda işletme eski metotlarla üretim yapmaya devam eder ancak düşük miktardaki müşteri taleplerine ilgi göstermez veya talepleri görmezden gelir. Bu durumda işletmenin pazar payını zaman içinde kaybetme olasılığı bulunmaktadır. Ya da değişken talebe hızlı cevap verebilmek için üretim hattını buna uygun olarak yeniden kurgular. Bunun için işletmeler, müşteriyi odak noktasına koyarak hatlarını hızlı değiştirmeyi ve küçük partiler halinde üretim yapmayı, böylece müşterinin ödemek istemediği katma değer yaratmayan faaliyetlerin yok edilmesini hedeflemektedirler. Taiichi Ohno tarafından Toyota firmasında geliştirilen yalın üretim sistemi (Toyota üretim sistemi) ve bu sistemin teknikleri, müşteri odaklı işletmelerin bu doğrultuda başvurabilecekleri bir kaynak haline gelmiştir. Çünkü yalın üretim sistemi, israf yaratan faaliyetleri en aza indirerek hatta ortadan kaldırarak, hızlı değişim ile küçük partiler halinde üretim felsefesini benimsemiştir. Böylece müşteri, istediği ürün veya hizmete daha kısa sürede ve daha düşük maliyetle ulaşabilmektedir.

Hızlı değişen müşteri isteklerine karşı üretim hatlarındaki hızlı değişimi sağlayan temel yalın üretim araçlarından biri de SMED (Single Minute Exchange of Die: tekli dakikalarda kalıp değişimi) yöntemidir. SMED yöntemi ile farklı bir partinin üretimine geçebilmek için gerekli olan hazırlık (Setup) zamanları kısaltılmaktadır. Kısalan hazırlık zamanları ile birlikte, üretilen parti miktarları azalır, daha fazla ürün çeşidi üretmeye başlanır. Küçük parti miktarı, stok elde bulundurma maliyetini ve birim maliyeti düşürür, müşterinin isteklerindeki değişime hızlı yanıt verir ve üretimdeki hataların daha hızlı tespit edilmesine olanak tanır. Kısacası kalıp değişiminden kaynaklı israf yaratan faaliyetlerin önüne geçilmiş olur.

SMED yöntemi yalın tekniklerden biri olup, 1950'lerde Shigeo Shingo (1985), tarafından geliştirilmiş ve literatürde birçok sektörde uygulama alanı bulmuştur. Ulutaş (2011), farklı çeşitlerde strafor üreten bir tesisteki enjeksiyon makinesini ele almış ve SMED yöntemi yardımıyla verimsiz zamanları tespit ederek kalıp değişim sürelerini azaltmıştır. Moreira ve Pais (2011), Portekiz'de bir kalıp işletmesinde, SMED yöntemi sonrasında yıllık satış rakamları üzerinden %2'lik bir tasarruf sağlandığını belirtmişlerdir. Kemalbay (2012), perde komponentleri üreten bir firmanın üretim hattında SMED teknikleri uygulayarak üretim sistemini verimli hale getirmiştir. Sonrasında bu kuralların bir kısmı firmaya zeki karar destek sistemi ile entegre edilmiştir. Tanık (2013), otomotiv yan sanayiinde faaliyet gösteren ve yalın altı sigma projeleri uygulayan bir şirkette "Mossini Preste Kalıp Değişim Sürelerini" SMED yardımıyla azaltmıştır. Otomotiv sektöründe SMED yöntemi bunun haricinde de birçok çalışmada yer almaktadır (Cakmakci ve Karasu,2007; Cakmakci, 2009; Alves ve Tenera, 2009). Jebaraj Benjamin vd. (2013), bir üretim firmasında SMED yöntemi ile küçük duruşları incelemiş ve yöntemin öncesinde ve sonrasında Toplam Ekipman Verimliliğini (OEE) ölçümlenmişlerdir. Karasu vd. (2014), enjeksiyon makinesinde SMED yöntemini uygulamışlardır. Ekinciöğlü ve Boran (2018), kurulum süresini iyileştirmek için Bulanık Taguchi Metodunu, SMED Metoduna entegre etmişlerdir. Çelik ve Taşkın (2019), SMED yöntemiyle elde ettikleri kazançları Faaliyet Tabanlı Maliyet sistemi ile değerlendirmişlerdir. Ayrıca SMED yöntemi, tekstil sektöründe

(Moxham ve Greatbanks, 2001; Hodge vd., 2011; Bajpaj, 2014; İbrahim vd., 2015), gıda sektöründe (Borges vd., 2015; Lozano vd. 2019) ve ilaç sektöründe (Faccio vd., 2015) uygulanmıştır.

Bu çalışmada, SMED yöntemi ve yöntemin enjeksiyon hattındaki makinelere uygulanması ele alınmıştır. SMED yönteminin adımları ve yalın üretim ile ilişkisi çalışmanın ikinci bölümünde yer almaktadır. Üçüncü bölümde otomotiv, alçak ve orta gerilim elektrik sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede termoplastik parça üreten bir enjeksiyon makinesi ele alınmıştır. Uygulamanın gösterildiği bu bölümdeki aşamalar ve amaçlar şu şekildedir:

- Öncelikle makineye ait mevcut hazırlık faaliyetleri gözlem yoluyla belirlenmiştir,
- Zaman etüdü ile mevcut durum birkaç kez ölçülmüş ve süresi belirlenmiştir,
- Faaliyetler iç ve dış faaliyet olarak ayrılmıştır,
- İyileştirme süreci üretim sahasının 5S yöntemi yardımıyla düzenlenmesiyle başlamıştır,
- Faaliyetlerdeki dış faaliyet sayısı arttırılmıştır,
- Yeni durumda tekrar zaman etüdü yapılarak iyileştirmelerin hazırlık süresine olan katkısı gösterilmiştir.

Çalışmanın sonuç bölümünde ise bu yöntemin maliyet ve getirisi gösterilmiştir.

2. Yalın üretim ve tekli dakikalarda kalıp değiştirme (SMED) süreci

Yalın Üretim kavramı, 1986 yılında Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT); Teknoloji, Politika ve Endüstriyel Gelişme Merkezinde başlatılan Uluslararası Motorlu Araçlar Programı (UMAP) araştırmacılarından John Krafcik tarafından, Toyota Üretim Sistemi yerine uydurulan bir terimdir. Bu terim, Toyota Üretim Sisteminin seri üretime göre her şeyin daha azını kullandığı için verilmiştir (Womack vd., 1990). Toyota Üretim Sisteminin geliştirilmesi, amacı genelde her türlü fireyi önlemek olan Toyota başkan yardımcısı Taiichi Ohno'nun öncülüğünde gerçekleştirilmiştir. Toyota Üretim Sisteminin temelinde firenin ortadan kaldırılması vardır. Toyota, az stokla, kalite sorunu olmayan, küçük partilerle üretilen çok çeşitli otomobiller üretebilen bir üretim sistemi geliştirmiştir (Groover, 2016).

Genel olarak hazırlık zamanı, bir iş veya işlemi gerçekleştirmek için makine, insan gibi bir kaynağı hazırlamak için kullanılan süre olarak tanımlanabilir. Hazırlık maliyeti ise işin başlaması için kullanılan bu kaynakların ayarlanma maliyetidir (Allahverdi ve Soroush, 2008). Hazırlık maliyetlerini azaltmak için geliştirilen yöntemlerden SMED, 1960'lı ve 1970'li yıllarda Toyota Motor şirketine endüstri mühendisliği danışmanı olan Shiego Shingo'nun yaptığı çalışmalara dayanmaktadır (Groover, 2016). Hazırlık maliyetini azaltmak, hazırlık (kalıp değiştirme) zamanının kısaltılması ile mümkün olmaktadır. SMED yönteminin amacı yöntem adı verdiği gibi hazırlık sürelerini tek haneli sürelere düşürmektir.

SMED yönteminde, hazırlık işlemleri iki kategoriye ayrılabilir: makine çevrimdişyken gerçekleştirilen ve bu nedenle üretimi yavaşlattıkları için en aza indirilmesi gereken iç faaliyetler ve makine çalışırken gerçekleştirilen dış faaliyetler (Shingo, 1989). Bu faaliyetleri şu şekilde sıralamak mümkün olmaktadır;

- İç Değiştirme Faaliyetleri: Makinenin çalışmadığı zamanda yapılan faaliyetlerdir.
- Dış Değiştirme Faaliyetleri: Makine çalışırken yapılabilen faaliyetlerdir.

SMED yönteminin temel mantığı dış unsurların sayısını arttırmak ve iç unsurları dış unsur haline getirmektir. Geleneksel SMED yöntemi dört adımda uygulanır (Shingo, 1985);

Adım 1: Hazırlık sürecini haritalandırmak: Bu adımda mevcutta uygulanan hazırlık sürecinin nasıl yapıldığı araştırılır. Operatörlerle görüşerek ve gözlem yaparak hazırlık sürecine ait işlemler listelenir. Bunu standart zamanların belirlenmesi için zaman ve hareket etüdü çalışması izler.

Adım 2: Faaliyetler, iç değiştirme ve dış değiştirme olarak ayrılır: Listelenen faaliyetlerden hangilerinin makine çalışmadığı zamanda yapıldığı, hangilerinin makine çalışırken yapıldığı gözlenerek faaliyetler, iç değiştirme ve dış değiştirme unsurları olarak iki sınıfa ayrılır.

Adım 3: İç değiştirme faaliyetlerini dış değiştirme faaliyeti haline getirmek: Bu aşama takımların iyileştirilmesi, bazı kurulum faaliyetlerinin yok edilmesi ya da iyileştirilmesiyle gerçekleştirilir. Örneğin makineyi ya da hammaddeyi önceden ısıtmak, standart prosedürler uygulamak gibi.

Adım 4: Hem iç hem dış değiştirme faaliyetleri kolaylaştırılır: Bu adımda, operatörün aletleri, kalıpları arama, bulma, taşıma, ayarlama ve kontrol gibi faaliyetleri iyileştirilerek dış unsurlar, bir cihazda birden fazla kurulum yaparak, elle bağlama ve sabitlemeden kaçınarak da iç unsurlar geliştirilir.

SMED yönteminin bu dört temel adımın yanı sıra literatürde farklı uygulamalara da rastlamak mümkündür. Suzaki (2013), kalıp değiştirme zamanının kısaltılma adımlarını şu şekilde sıralamıştır;

Adım 1: İç değiştirme unsurları ile dış değiştirme unsurlarını birbirinden ayırmak;

Adım 2: Daha çok dış değiştirme yaparak iç değiştirmeyi azaltmak,

Adım 3: Ayarlama işleri ortadan kaldırılır, takma ve sökme işleri basitleştirilir, iç değiştirme unsurlarına yardım edecek personel eklenir,

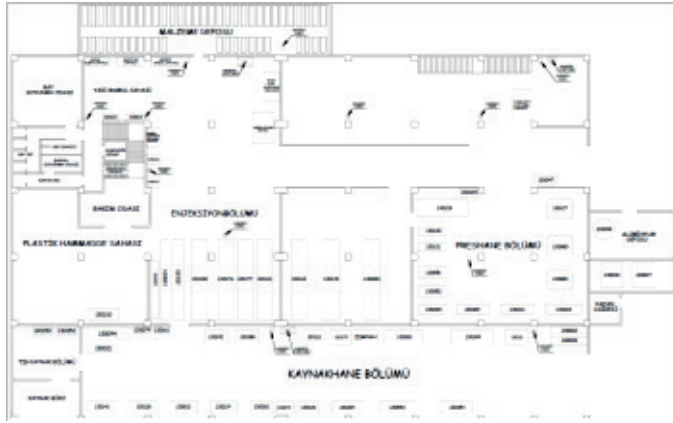
Adım 4: Hem iç hem dış değiştirme unsurlarının süresi kısaltılır.

SMED yönteminin adımlarının ne olduğu önemli olmaksızın temel işleyişi aynı kalmaktadır. Bu adımların yanı sıra kalıp değiştirmenin kalitesi, üç ana unsurla belirlenir; araç ve gereçlerin teknik yönleri, hazırlık işinin organizasyonu (kim, ne zaman, ne yapar) ve kullanılan yöntem. Bu üç unsurun da optimizasyonu gerekir. Bunların yanı sıra operatörün motivasyonu da iyi bir kaliteye sahip olmanın son şartıdır (Van Goubergen ve Van Landeghem,2002).

3. Uygulama

SMED yöntemi, genel olarak otomotiv, alçak ve orta gerilim elektrik sektöründe hizmet gösteren İstanbul Türkiye merkezli Bulgaristan, Polonya, Romanya, Rusya, Tunus, Fas, Sırbistan, Bursa, Ankara, İzmir ve İzmit şubeleri ile hizmet veren bir firmada uygulanmıştır. Firma bünyesinde, termoplastik parça üretimi, termoset parça üretimi, kalıp, mastar ve aparat üretimi, özel makine üretimi, montaj hattı, dikey ve yatay CNC parça üretimi, freze parçaları üretimi, %100 kalite kontrol mühendislik ve ar-ge bölümleri bulundurmaktadır. Firma içerisinde müşteri isteklerinin en hızlı değiştiği ve taleplerinin en hızlı karşılanması gereken bölümler arasında termoplastik ve talaşlı üretim (CNC) bölümü bulunmaktadır. Direk olarak otomotiv sanayisine çalışan ayrıca iç ve dış müşteri sayısı daha fazla olması sebebi ile uygulamada öncelik olarak termoplastik malzemeden üretim yapılan enjeksiyon bölümü seçilmiştir. Firmanın üretim sahası Şekil 1'de, çalışmaya konu

olan Enjeksiyon Bölümü ise Şekil 2’de gösterilmiştir. Çalışmada 130113 numaralı makine ele alınmıştır.



Şekil 1. Üretim alanı yerleşim planı



Şekil 2. Enjeksiyon (Termoplastik) yerleşim planı

3.1. Mevcut kalıp değişim süreci ve hazırlık zamanı analizi

Öncelikli olarak mevcut durumda sıcak yolluk ile kalıp bağlama süreleri analiz edilmiştir. Bunun için seçilen 130113 numaralı (Şekil 2) makinede zaman etüdü yapılmış ve sonuçlar Tablo 1’de gösterilmiştir. Tablodan da görüleceği üzere, kalıp değiştirme süresince 57 adet faaliyet, hazırlık zamanı 65,30 dk. (3918 sn) olarak yerine getirilmektedir.

Tablo 1. Mevcut durum ölçümleri

Sıra No (faaliyet)	Mevcut sistem ile sıcak yolluk ile kalıp değişim analizi	Süre	
		dk	sn
1	Üretimi biten kalıbın içinin silinmesi ve hava tutulması	0	45
2	Üretimi biten kalıbın kapatılması	0	15
3	Üretimi biten kalıbın sıcak yolluk kontrol ünitesinin kapatılması	0	13
4	Üretimi biten kalıbın sıcak yolluk kontrol ünitesi soketinin çıkartılması	0	15
5	Çaraskalın kancasının üretimi biten kalıbın seviyesine getirilmesi	0	25

Tablo 1. Mevcut durum ölçümleri (Devamı)

Sıra No (faaliyet)	Mevcut sistem ile sıcak yolluk ile kalıp değişim analizi	Süre	
		dk	sn
6	Caraskal kancasının kalıp mapasına bağlanması	0	20
7	Makinenin sağından soluna yürünmesi	0	12
8	Makinenin su vanalarının kapatılması	0	8
9	Makinenin solundan sağına yürünmesi	0	12
10	Kalıbın sağ yüzeyindeki bağlama pabucu 4 adet civatanın sökülmesi	0	43
11	Kalıbın sağ yüzeyindeki 2 adet su hortumlarının çıkartılması	0	43
12	Makinenin sağından soluna yürünmesi	0	12
13	Kalıbın sol yüzeyindeki bağlama pabucu 4 adet civatanın sökülmesi	0	41
14	Kalıbın sol yüzeyindeki 2 adet su hortumlarının çıkartılması	0	44
15	Makinenin solundan sağına yürünmesi	0	12
16	Caraskal ile kalıbın makineden alınarak yere koyulması	0	59
17	Yerdeki kalıbın trans palete yüklenmesi için transpaletin getirilmesi	1	23
18	Yerdeki kalıbın caraskal ile kaldırılması ve transpalete yüklenmesi.	0	25
19	Transpalet üzerine yüklenen kalıbın kalıp raflarının yanına getirilmesi.	0	38
20	Kalıbın rafa koyulması için forklift park alanına yürünmesi.	0	51
21	Forkliftin enjeksiyon üretim sahasına getirilmesi	0	30
22	Transpalete yüklenen kalıbın forklifte aktarılması	0	35
23	Forkliftte yüklenen kalıbın kalıp rafına kaldırılması	0	55
24	Bir sonraki üretim için yeni kalıbın rafından forklift ile alınması	1	60
25	Forklift ile alınan kalıbın transpalete aktarılması	0	55
26	Transpalete aktarılan kalıbın enjeksiyon makinesinin yanına getirilmesi.	0	38
27	Enjeksiyon makinesinin yanından forklifte yürünmesi	0	38
28	Forkliftin enjeksiyon üretim sahasından forklift park alanına götürülmesi	0	30
29	Forkliftin park alanından enjeksiyon üretim sahasından yürünmesi	0	51
30	Transpaletin tanımlı olan yerine götürülmesi.	0	23
31	Enjeksiyon üretim alanına geri yürünmesi	0	23
32	Enjeksiyon makinesine yürünmesi	0	38
33	Enjeksiyon makinesinin plaka yüzeylerinin temizlenmesi	0	39
34	Kalıbın caraskal ile makineye yüklenmesi	1	59
35	Makine mengenesinin devreye alınacak kalıba göre ayarlanması ve kalıbın sıkıştırılması	0	24
36	Kalıbın sağ yüzeyindeki bağlama pabucu 4 adet civatanın bağlanması	2	40
37	Kalıbın sağ yüzeyindeki 2 adet su hortumlarının bağlanması	0	44
38	Makinenin sağından soluna yürünmesi	0	12

Tablo 1. Mevcut durum ölçümleri (Devamı)

Sıra No (faaliyet)	Mevcut sistem ile sıcak yolluk ile kalıp değişim analizi	Süre	
		dk	sn
39	Kalıbın sol yüzeyindeki bağlama pabucu 4 adet civatanın bağlanması	2	40
40	Kalıbın sol yüzeyindeki 2 adet su hortumlarının bağlanması	0	44
41	Makinenin su vanalarının açılması	0	8
42	Makinenin solundan sağına yürünmesi	0	12
43	Caraskalın kancasının kalıp mapasından sökölmesi	0	20
44	Caraskalın kancasının kalıp seviyesine uzaklaştırılması	0	25
45	Makine etrafının temizlenmesi	2	40
46	Hammadde poşetlerinin alınması	0	24
47	Bir önceki üretimden kalan hammaddenin enjeksiyon makine ocağından temizlenmesi	2	20
48	Bir önceki üretimden kalan hammaddenin enjeksiyon makine hunisinin hammadde poşetlerine aktarılması	3	15
49	Üretimi yapılacak olan bir sonraki parçanın hammaddesinin makine hunisine aktarılması	2	50
50	Üretimi yapılacak olan bir sonraki parçanın makine ayar değerlerinin veri girişlerinin yapılması	1	5
51	Bir sonraki üretim parçasının iş emrinin planlama bölümünden alınması.	1	42
52	Sıcak yolluk kontrol ünitesinin kalıba uygun olan ünite ile değiştirilmesi.	0	35
53	Kalıbın sıcak yolluk kontrol ünitesinin takılması	0	15
54	Sıcak yolluk kontrol ünitesinin açılması	0	13
55	Sıcak yolluk kontrol ünitesinin ayarlanması	0	35
56	Kalıbın set edilmiş olan sıcaklıklara ulaşması	15	10
57	Üretimi yapılacak olan bir sonraki parçanın kalıptan sağlam parça alınana kadar geçen süre	3	55
	TOPLAM		3918 sn

3.2. İç ve dış değiştirme faaliyetlerinin iyileştirilmesi

Mevcut durum analiz edildikten sonra, hem iç hem de dış değiştirme faaliyetleri, işletmenin farklı bölümlerinden çalışanlarla kurulan bir ekip ile incelendi ve hazırlık süresinin kısaltılması için farklı kalite geliştirme araçları uygulandı. Bütün süreçler tekrar gözden geçirilerek iyileştirmeler yapıldı. Yatırım yapılması gereken süreçler belirlendi. Temel yapılan iyileştirmeler ve maliyetleri şu şekildedir:

- Enjeksiyon üretim alanına ve çalışma alanlarına endüstriyel epoksi yer kaplamaları yapılmıştır. Zemin iyileştirmeleri sonucunda kalıpların taşınması kolaylaşmış, ekipmanların yerleri tanımlanmış ve daha kolay erişebilir hale getirilmiştir. Makine aralıkları yer kaplamaları yapılırken tekrar düzenlenmiştir. Üretim alanı mavi renginden kum beji rengine boyanmış ortamın daha aydınlık olması sağlanmıştır. Yatırım maliyeti 5200 TL olarak gerçekleşmiştir (şekil 3 ve şekil 4).

- Kalıpların envanteri yapılarak kalıp listeleri güncellenmiş ve kalıpların hangi makinelerde üretilbileceği tanımlanmıştır. Çok kullanılan kalıpların daha kolay bulunması için parça fotoğrafları ve kalıp numaraları eşleştirilerek çıktıları üretim alanına asılmıştır. Yatırım maliyeti oluşmamıştır (Şekil 3 ve Şekil 4).

- Kalıpların alınması esnasında düşmemesi için kalıp önler profiller ile kapatılmıştır. Kalıpların daha kolay bulunması için müşteriye ait kalıplar farklı renklere boyanarak tanımlanmıştır. Üretim sürecinde kullanılan saf su bidonları makine başına yerleştirilerek zaman kayıpları engellenmiştir (Şekil 3 ve Şekil 4).



Şekil 3. Mevcut üretim alanı



Şekil 4. Üretim alanı iyileştirilmesi

- Bir sonraki üretime hazırlık çalışmalarının daha kolay yapılması ve başka bir ekipmana ihtiyaç duyulmadan kalıpların makine başına taşınması, lokma değişimlerinin ve revizyonların yapılması için tekerlekli ekipmanlardan taşıma yapılmıştır. Mevcut ekipmanın yatırım maliyeti oluşmamıştır (Şekil 5).

- Üretim alanında makinelerde kullanılan ekipmanlar, aparatlar, kontrol aparatları vs. için endüstriyel dolap tedarik edilerek üretimde karışıklığa sebep olan ekipmanlar 5S kapsamında düzenlemeleri yapılarak tek bir yerde toplanmıştır. Yatırım maliyeti 1200 TL olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5).

- Netlift NL-ES 1016 SM Yaya kumandalı istif makinesi yatırımı yapılmıştır. Bunun sonucunda kalıpların forklift ile alınması sağlanırken yaşanan zaman ve işçilik kayıpları minimumuma indirgenmiştir. Tablo 1'deki Forklift aracının getirilmesi, kalıbın alınması ve forklift aracının tekrar

park alanına götürülmesi gibi bütün süreçler ortadan kaldırılmıştır. Dolaylı olarak üretim alanının içinde oluşacak egzoz kokusu, forklift makinesinin gürültüsü ve iş kazası riski azaltılmıştır. Yatırım maliyeti 2300 EUR olarak gerçekleşmiştir (şekil 5).



şekil 5. Enjeksiyon malzeme dolabı(sol), Forkliftift (orta)ve kalıp taşıma aracı(sağ) iyileştirmesi

- Sıcak yolluk sistemi, enjeksiyon prosesinin verimliliği ve yüksek kalitede parça elde etmek için önemlidir. Sıcak yolluk sisteminin performansını gösteren önemli bir kriter, ünitenin sıcaklık istikrarıdır. Sıcaklık, sıcak yolluk sistemi boyunca her noktada istikrarlı olmalı ve üretim süresince değişmemelidir. Sıcaklıktaki küçük bir değişim parça kalitesinde ve hammadde akışkanlığında negatif bir etki yaratabilmektedir. Bu sistemi kullanan enjeksiyon makinelerinde ünite ve soketleri değişkenlik göstermektedir. Aynı anda farklı iki kalıp aynı sıcaklık ünitesinde çalışmamaktadır. Mevcut durumda, üretilen ürünün kanal sayısına göre 2 farklı model sıcaklık kontrol ünitesinden birisi makine başına getirilmekte diğer ünite depo alanına taşınmaktaydı. Mevcut durumda, üretilen ürünün kanal sayısına göre 2 farklı model sıcaklık kontrol ünitesinden birisi makine başına getirilmekte diğer ünite stok alanına taşınmaktaydı. Bu zaman kaybını ortadan kaldırma için 8 kanallı üniteye aynı zamanda 4 kanallı ünite soketi paralel çalışacak şekilde yenilenmesi firma bünyesinde yapılmıştır. Bunun sonucunda farklı tipteki sıcaklık kontrol soketine sahip farklı kalıpları bu ünitede üretim yapabilme olanağına sahip olmuştur (şekil 6).

- SMED alışmaları öncesinde kalıp bağlamaları yapılırken enjeksiyon makinesi plakası ve kalıp plakası arasındaki mesafe farkları yuvarlak pullar ile sağlanmaktaydı. Bunun sonucunda kalıp bağlama süreçleri uzamaktaydı. Kademeli Bağlama Pabucu kolay bağlantı elemanları tedarik edilerek ayar zamanları kısaltılmıştır. Bunun sonucunda kalıplar operatörlerin daha az efor ve daha kısa sürede makineye sabitlemelerini sağlamıştır (şekil 6).

- Parçaların makine ayar değerleri SMED öncesinde operatör tarafından tek tek makine ayar formlarından veri girişleri yapılmaktaydı. Yapılan iyileştirme çalışmaları kapsamında üretimi yapılan veya yapılacak makine ayar değerleri kalıp numaralarına göre tanımlanmıştır. Bunun sonucunda operatörler makineye sadece kalıp numarasını girerek olması gereken ayar değerlerini gerçekleştirmektedir. Bunun sonucunda 65 saniye olan bu süreç 15 saniyeye kadar iyileştirilmiştir. Yatırım maliyeti 50 TL olarak gerçekleşmiştir (şekil 7).



Şekil 6. Kademeli kalıp bağlama pabucu kolay bağlantı elemanı (sol), Sıcak yolluk sistemi iyileştirmesi (sağ)



Şekil 7. Makine ayar değerleri kalıp numaralarına göre tanımlanması

•SMED öncesi makine ve kalıp ekipmanlarının tedariki ve kalibrasyon süreci tamamlana kadar makine ve kalıp üretimi durdurulmaktaydı veya sürecin daha uzun zamanlarda yapılmasına sebep olmaktadır. Bazen de üretime başlanılmasından hemen öncesinde bu arızalar tespit edildiği için kalıp ve/veya makine tekrar sökülerek arıza giderilmekteydi. Özellikle kalibrasyon gerektiren ekipmanların tedariki ve kalibrasyonu birkaç günü aşmaktaydı. SMED çalışmaları kapsamında kalıplarda ve makinelerde sürekli arıza veren rezistans, termokupul gibi kritik ekipmanların listesi oluşturularak tanımlanmıştır. Ekipmanların belirlenen adetlerde deklamları yapılmıştır. Kalibrasyon gerektiren ekipmanların kalibrasyon işlemleri yapılmıştır. Bunun sonucunda bu kapsamdaki kayıplar ortadan kaldırılmıştır. Yatırım maliyeti 1000 TL olarak gerçekleşmiştir.

Bunların dışında yapılan tüm iyileştirmeler Tablo 2'de özet olarak verilmiştir.

Tablo 2. SMED sürecinde yapılan iyileştirmeler

Mevcut Durum	İyileştirme Çalışması
Makine kalıp bağlantı aparatlarının aranıp bulunamıyor, uygun ayarlar bozuluyor.	Mümkün oldukça kalıp bağlantı aparatlarının standart hale getirilmesi gerekmektedir.
İş gören motivasyonu, üretim verimi için motivasyonun artırılması.	Çalışanların şirket felsefesinin anlatılması için çeşitli aktiviteler belirlenmeli ve uygulanmalıdır.
Öneri sistemi firmada az sayıda olması.	Öneri sisteminde bulunan çalışanların ve öneri sayılarının artırılması gerekmektedir.

Tablo 2. SMED sürecinde yapılan iyileştirmeler (Devamı)

Mevcut Durum	İyileştirme Çalışması
Operatörlerden alınan önerilerin dikkate alınmaması nedeniyle öneri sayısının düşmesi	Yeni önerilerin mutlaka olumlu veya olumsuz cevap verilmesi
Makinelere ve kalıplarda kullanılan çok sık bozulan parçalar için yedeklerin yapılamaması nedeni ile üretim kayıplarının oluşması	Belirlenen ekipmanların periyodik olarak gözden geçirilmesi ve yedeklenmesi.
Planlı bakım yapılamaması sonucu arızaların oluşması.	Kritik ekipmanların tespit edilmesi
Vardiya çalışanları arasında iletişim kazaları.	Gerekli bilgilerin doküman haline getirilmesi.
Ergonomik çalışma ortamının sağlanamaması sebebiyle operatörlerin veriminin azalması	Mevsimsel ideal koşulların araştırılması ve ergonomik çalışma ortamının sağlanması.
Stok alanlarının bilinçsiz kullanılması nedeni ile fabrika içi kutu, malzeme, yarı mamul ve palet koymak için boş alan bulunamaması.	Yerleşim planlarına uygun alanların belirlenmesi ve tanımlamaların haricinde herhangi bir malzemenin konulmaması.
Kalite kontrol onaylarının ve ölçme işlemleri için oluşan seri üretim ilk onay sürelerinin uzun olması.	Hızlı onay verme sistemler geliştirilmesi, kontrol planlarında aşırı ölçümlerin azaltılması.
Aydınlatma sisteminin yeterli olmaması	Kalıp çalışma alanlarının lokal aydınlatma sisteminin oluşturulması
Üretim sürecinde kullanılan saf su bidonlarının üretim alanından uzak bir alanda istiflenmesi	Saf su bidonlarının makine yanına koyulması.
Kalıp bağlama sürecinde ekipmanların dağınık olması sonucu ekipmanların düzensiz ve arama zamanlarının uzun olması.	Endüstriyel dolap tedarik edilmesi ve 5S kurallarına uygun yerleşimin gerçekleştirilmesi.
Kalıpların taşınması için forklift kullanılması sonucu oluşan zaman kayıplarının oluşması.	Yaya kumandalı istif makinesi kullanılması ve zaman kayıplarının ortadan kaldırılması.
Üretim esnasında bir sonraki üretime geçilmesi esnasında kalıbın makine başına getirilmesi sürecinde geçen zamanın çok olması.	Kalıp taşıma arabalarının yapılması ve tekerlekli olması sağlanarak operatörler tarafından kolayca hareket ettirilmesi.
Üretim alanındaki aydınlatmanın yetersiz olması.	Üretim alanında bulunan aydınlatma ekipmanlarının led aydınlatma ile değiştirilmesi. Üretim alanının daha açık bir renk ile boyanması.
Müşteri kalıplarının karışmasının engellenmesi.	Müşteri kalıplarının boyanarak diğer kalıplar ile ayrıştırılması ve daha kolay bulunması.
Çok kullanılan parçaların kalıplarının bulunamadığı zaman ve verim kayıpları.	Kalıp listelerinin güncellenmesi, iyileştirilmesi, kalıplardan çıkan parçalar ile kalıp numaralarının eşleştirilerek görsel çıktı olarak üretim alanına asılması.
Zeminin düzgün olmaması ve taşıma araçlarının zor hareket ettirilmesi kaynaklı verim ve zaman kayıplarının en aza indirgenmesi.	Üretim alanı ve çalışma alanları endüstriyel epoksi yer kaplamasının yapılması. Zeminin düzlenmesi.
Kalibrasyona ihtiyaç ekipmanların yedeklenmemesi sonucu makine duruş zamanlarının yaşanması.	Kalıp ve makinelere kullanılan termokopul, rezistan gibi ekipmanların önceden kalibrasyonlarının yapılması ve üretim alanında yedeklenmesi.
Sıcak kontrol ünitelerinin belli kalıplar için kullanılması ve aynı ünitenin başka kalıp ile çalıştırılmaması.	Sıcak kontrol ünitelerinin birden çok kalıba uygun olarak revizyonlarının yapılması.

3.3. İyileştirilmiş hazırlık zamanı analizi

Bir önceki bölümde anlatılan iyileştirmeler sonucunda Tablo 3'te de görüldüğü üzere bazı faaliyetler ortadan kaldırılmış, bazılarının süresi iyileştirilmiş ve bazı faaliyetler de iç unsur haline getirilmiştir.

- Ortadan kaldırılan faaliyetler, 9, 12, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 48, 49, 51, 52, 53.

- Süresinde iyileşme olan faaliyetler, 36, 39, 57, 17.

- Özellikle, 56 nolu faaliyetin kalıp değişim faaliyetinin başına alınması ve bu faaliyetin süresinin diğerlerine göre uzun olması nedeniyle, Tablo 3'de gösterilen, 6.1-6.26 arası tüm faaliyetler dış faaliyet halini almıştır.

Buna göre tekrar zaman etüdü yapıldığında kalıp değiştirme süresi başlangıçta 65,30 dk. (3918 sn), iyileştirmeler sonucunda 23,62 dk (1417 sn) olarak ölçülmüştür.

Yapılan iyileştirmeler sonucunda hazırlık süresindeki azalışlar, Şekil 8 ve Şekil 9 'da görülmektedir. Aynı şekilde mevcut durum ve SMED sonrası geliştirilen duruma ait çalışan hareketlerinin gösterildiği spagetti diyagramları Şekil 10 ve Şekil 11'de görülmektedir. Buna göre hem sürede kısalma sağlanırken hem de çalışanların kalıp değişim sürecinde attıkları adım sayıları da kısalmıştır. İlk ölçümde atılan adım sayısı 619 iken, SMED süreci sonrası adım sayısı 220'ye düşmüştür.

Tablo 3. İyileştirilmiş hazırlık zamanı ölçümleri

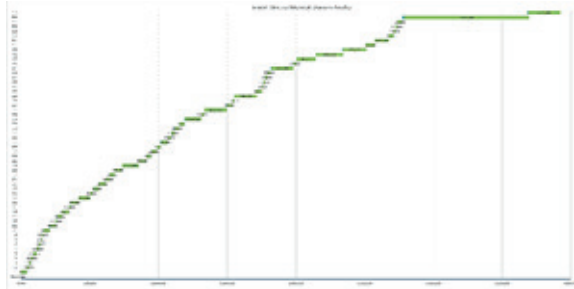
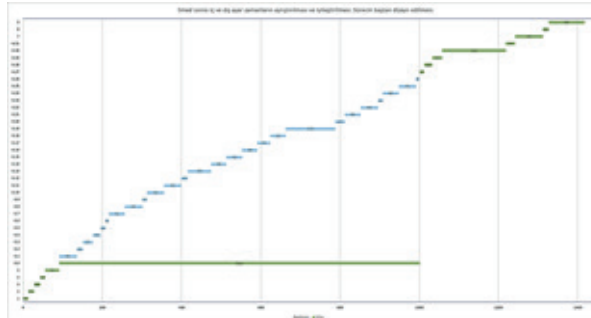
Sıra No		Sıcak yolluk ile kalıp değişim analizi SMED + akışın düzenlenmesi	Süre		İyileştirme
			dk	sn	
Eski Süreç	Yeni Süreç	Üretim tamamlanması sonucu makinenin durdurulması	-	-	
3	1	Üretimi biten kalıbın sıcak yolluk kontrol ünitesinin kapatılması	0	13	
4	2	Üretimi biten kalıbın sıcak yolluk kontrol ünitesi soketinin çıkartılması	0	15	
	3	Makine başında hazır bekletilen üretime alınacak kalıbın sıcak yolluk kontrol ünitesine bağlanması	0	15	
54	4	Sıcak yolluk kontrol ünitesinin açılması	0	13	
55	5	Sıcak yolluk kontrol ünitesinin ayarlanması	0	35	
56	6.0	Kalıbın set edilmiş olan sıcaklıklara ulaşması	15	10	İşlem öne alındı
1	6.1	Üretimi biten kalıbın içinin silinmesi ve hava tutulması.	0	45	İç Değişim
2	6.2	Üretimi biten kalıbın kapatılması	0	15	İç Değişim
5	6.3	Caraskalın kancasının üretimi biten kalıbın seviyesine getirilmesi	0	25	İç Değişim
6	6.4	Caraskal kancasının kalıp mapasına bağlanması	0	20	İç Değişim
7	6.5	Makinenin sağından soluna yürünmesi	0	12	İç Değişim
8	6.6	Makinenin solunda bulunan su vanalarının kapatılması	0	8	İç Değişim

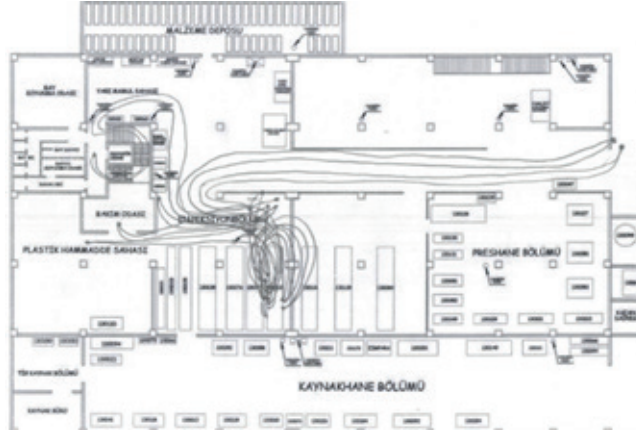
Tablo 3. İyileştirilmiş hazırlık zamanı ölçümleri (Devamı)

Sıra No		Sıcak yolluk ile kalıp değişim analizi SMED + akışın düzenlenmesi	Süre		İyileştirme
Eski Süreç	Yeni Süreç		dk	sn	
13	6.7	Kalıbın sol yüzeyindeki bağlama pabucu 4 adet cıvatanın sökülmesi	0	41	İç Değişim
14	6.8	Kalıbın sol yüzeyindeki 2 adet su hortumlarının çıkartılması	0	44	İç Değişim
15	6.9	Makinenin solundan sağına yürünmesi	0	12	İç Değişim
10	6.10	Kalıbın sağ yüzeyindeki bağlama pabucu 4 adet cıvatanın sökülmesi	0	43	İç Değişim
11	6.11	Kalıbın sağ yüzeyindeki 2 adet su hortumlarının çıkartılması	0	43	İç Değişim
17	6.12	Kalıbın elektrikli transpaletle yüklenmesi için makine başına getirilmesi	0	17	park alanı yakınladıştırıldı
16	6.13	Caraskal ile kalıbın makineden alınarak elektrikli transpalate yüklenmesi	0	59	İç Değişim
19	6.14	Elektrikli transpalet üzerine yüklenen kalıbın kalıp raflarının yanına getirilmesi.	0	38	İç Değişim
23	6.15	Elektrikli transpalet üzerine yüklenen kalıbın kalıp rafına kaldırılması	0	40	İç Değişim
	6.16	Elektrikli transpalet ile bir sonraki üretilecek kalıbın enjeksiyon makinesinin yanına getirilmesi	0	38	İç Değişim
30	6.17	Elektrikli transpaletin tanımlı olan yerine götürülmesi ve enjeksiyon sahasına geri yürünmesi	0	33	İç Değişim
33	6.18	Enjeksiyon makinesinin plaka yüzeylerinin temizlenmesi	0	39	İç Değişim
34	6.19	Kalıbın caraskala bağlanması ve makineye yüklenmesi	2	5	İç Değişim
35	6.20	Makine mengenesinin devreye alınacak kalıba göre ayarlanması ve kalıbın sıkıştırılması	0	24	İç Değişim
36	6.21	Kalıbın sağ yüzeyindeki bağlama pabucu 4 adet cıvatanın bağlanması	0	40	Hızlı bağlantı elemanları
37	6.22	Kalıbın sağ yüzeyindeki 2 adet su hortumlarının bağlanması	0	44	İç Değişim
38	6.23	Makinenin sağından soluna yürünmesi	0	12	İç Değişim
39	6.24	Kalıbın sol yüzeyindeki bağlama pabucu 4 adet cıvatanın bağlanması	0	40	Hızlı bağlantı elemanları
40	6.25	Kalıbın sol yüzeyindeki 2 adet su hortumlarının bağlanması	0	44	İç Değişim
41	6.26	Makinenin su vanalarının açılması	0	8	İç Değişim
42	7,00	Makinenin solundan sağına yürünmesi	0	12	
43	8,00	Caraskalın kancasının kalıp mapasından sökülmesi	0	20	
44	9,00	Caraskalın kancasının kalıp seviyesine uzaklaştırılması	0	25	
45	10,00	Makine etrafının temizlenmesi	2	40	
46	11,00	Hammade poşetlerinin alınması	0	24	

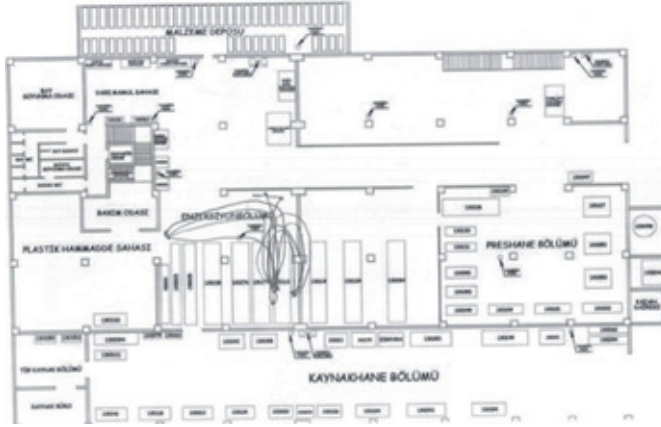
Tablo 3. İyileştirilmiş hazırlık zamanı ölçümleri (Devamı)

Sıra No		Sıcak yolluk ile kalıp değişim analizi SMED + akışın düzenlenmesi	Süre		İyileştirme
			dk	sn	
Eski Süreç	Yeni Süreç		-	-	
47	12	Bir önceki üretimden makine ocağında kalan yanmış hammaddenin enjeksiyon makine ocağından temizlenmesi	1	10	aynı hammadde ve renk geçişlerine uygun planlanması
50	13	Üretimi yapılacak olan bir sonraki parçanın makine ayar değerlerinin veri girişlerinin yapılması	0	15	
57	14	Üretimi yapılacak olan bir sonraki parçanın kalıptan sağlam parça alınana kadar geçen süre	1	30	aynı hammadde ve renk geçişlerine planlanması.
		TOPLAM	1717 sn		

**Şekil 8.** Mevcut durumda hazırlık süresi**Şekil 9.** SMED sonrası hazırlık süresi



Şekil 10. Mevcut Durumda Spagetti Diyagramı



Şekil 11. MED sonrası spaghetti diyagramı

4. Sonuç

Değişen ekonomik koşullar ve üretim sistemleri ile birlikte firmaların başarıları, mevcut süreçlerin analizleri ve sürekli iyileştirme uygulamaları ile doğru orantılıdır. Bu doğrultuda yalın üretim araçlarından biri olan SMED (tekli dakikalarda kalıp değiştirme) uygulaması ele alınmıştır. Özellikle proje boyunca, en az yatırım ile en kısa zamanda, en basit fonksiyonel metotlar uygulanmıştır. Süreç boyunca, yalın üretim uygulamalarının anlaşılmasının etkin uygulama ile sürekli iyileştirme ile doğru orantılı ve bağlı olduğu görülmüştür. Bunun yanında SMED ve 5S uygulamaları ile kalıp değişim zamanlarının kısaldığı, üretim kapasitesinin arttığı, üretim maliyetlerinin düştüğü, analiz edilen model değişim sürelerinin kısaldığı, üretim yapısının daha esnek yapıya bürünerek müşteri taleplerine daha kısa sürede cevap verilmesini sağladığı görülmüştür. Muhakkak ki bu, müşteri memnuniyetinin ve satışların artmasını da beraberinde getirecektir.

Yapılan çalışma ile süreçler analiz edilmiş ve kalıp değişimi 57 faaliyet olarak gözlemlenmiştir. Bazı faaliyetler iyileştirilmiş, bazıları ortadan kaldırılmış, bazı faaliyetler ise dış değiştirme faaliyeti haline getirilmiştir. Bunun sonucunda 57 adımdan oluşan süreç 14 adıma indirilmiştir.

Bu sürecin sonunda 21.010 TL yatırım yapılmıştır. Enjeksiyon üretim alanında toplam 7 adet makine bulunmaktadır. Genel olarak 4 makine gündüz ve gece çalışmaktadır. Kalıp değişim ve lokma değişimleri sadece gündüz vardiyasında yapılmaktadır. Siparişlere istinaden günlük ortalama 4 kalıp değişimi yapılmaktadır. SMED çalışması ile bu süredeki iyileştirme oranları 1 ay – 20 iş günü ve 1 Ay – 180 iş saati kabul edilerek değerlendirilmiştir ve katma değer sağlamayan işçilik maliyeti yılda 16. 668 TL kadar indirilmiştir. Bu kayıp zaman yerine üretim ile 41. 336 TL daha satış yapılması öngörülmüştür. Bunun yanı sıra kalıp değiştirme esnasında makine ocağının belirli bir ısıda tutulması gerekmektedir. Süredeki kısalma enerji maliyetine direk etki ettiğinden iyileştirilmesi sonucu makine daha az süre üretim yapmadan beklemiş olduğu için yıllık 967 TL enerji kazancı ön görülmüştür (hesaplamalarda 11 kW gücündeki bir makinenin 1 saatteki elektrik tüketimi 11 kW X 0,6788 TL * 1 Saat = 7,4668 TL)

Bunun yanı sıra, SMED çalışmaları öncesinde yapılan incelemeler sonucunda operatörün toplamda 619 adım atmış olduğu görülmüştür. SMED çalışmaları sonrasında yapılan iyileştirmelerin sonucunda operatörün toplam 220 adım atmış olduğu analiz edilmiştir. Sonuç olarak toplam çevrim süresinde azalmanın haricinde operatörün bu süreci 399 daha az adım ile gerçekleştirmesi sağlanarak katma değersiz adımlar süreçten kaldırılmıştır.

Tüm bu çalışmaya ek olarak, daha büyük yatırımla, iyileştirme yapılabilecek yerler bulunmaktadır. Manyetik kalıp bağlama plakası kullanılarak, civataların söküldüğü, 6.7., 6.10. ve bağlandığı 6.21, 6.24 faaliyetleri ortadan kaldırılabilir. Su hortumları sistemi tak çıkar sistem yapılarak hortum kelepçesi bağlama ve çözme süreci; 6.8, 6.11, 6.22, 6.25 faaliyetleri %89 iyileştirilebilir. Bu yatırımlar yapıldığı takdirde kalıp değişim süresi 18 dakikaya kadar düşebileceği analiz edilmiştir. Ayrıca çalışma enjeksiyon bölümünde bir makineyi ele aldığından tüm makinelere uygulanabilir. Bunun yanı sıra SMED yöntemi süreci standartlaştırılarak, farklı birimlerdeki farklı türde makinelere de uygulanma olanağı bulunmaktadır.

Kaynakça

- Allahverdi, A., & Soroush, H. M. (2008). The significance of reducing setup times/setup costs. *European Journal of Operational Research*, 187(3), 978-984.
- Alves, A. S., & Tenera, A. (2009). Improving SMED in the Automotive Industry: A case study. In *POMS 20th Annual Conference Orlando, Florid USA, May1 to May (Vol. 4)*.
- Bajpai, J. D. (2014, December). Smed (single-minute exchange of die) methodology in garment manufacturing industry: Case study in reducing style change over time. In *Proceedings of the 5th International & 26th All India Manufacturing Technology, Design and Research Conference (AIMTDR 2014)*, Guwahati, India (pp. 12-14).
- Borges Lopes, R., Freitas, F., & Sousa, I. (2015). Application of lean manufacturing tools in the food and beverage industries. *Journal of technology management & innovation*, 10(3), 120-130.
- Cakmakci, M., & Karasu, M. K. (2007). Set-up time reduction process and integrated predetermined time system MTM-UAS: A study of application in a large size company of automobile industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 33(3-4), 334-344.
- Cakmakci, M. (2009). Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 41(1-2), 168-

179.

- Çelik, H., & Taşkın, K. (2019), Smed Uygulamasının Ayar Süresine ve Birim Maliyete Etkisi: Kabuk Soyma Parlak Çelik Üretim Hattı Uygulaması. *İşletme Bilimi Dergisi*, 7(1), 77-103.
- Ekincioglu, C., & Boran, S. (2018). SMED methodology based on fuzzy Taguchi method. *Journal of Enterprise Information Management*, 31(6), 867-878.
- Faccio, M., Cohen, Y., Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., De Sanctis, I., Mazzuto, G., & Paciarotti, C. (2015). A Changeover Time Reduction through an integration of lean practices: a case study from pharmaceutical sector. *Assembly Automation*.
- Hodge, G. L., Goforth Ross, K., Joines, J. A., & Thoney, K. (2011). Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. *Production Planning & Control*, 22(3), 237-247.
- Ibrahim, M. A., Mohamad, E., Arzmi, M. H., Rahman, M. A. A., Saptari, A., Shibghatullah, A. S., ... & Ali, M. A. M. (2015). Enhancing efficiency of die exchange process through single minute of exchanging die at a textile manufacturing company in Malaysia. *J Appl Sci*, 15(3), 456-464.
- Jebaraj Benjamin, S., Murugaiah, U., & Srikamaladevi Marathamuthu, M. (2013). The use of SMED to eliminate small stops in a manufacturing firm. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 24(5), 792-807.
- Karasu, M. K., Cakmakci, M., Cakiroglu, M. B., Ayva, E., & Demirel-Ortabas, N. (2014). Improvement of changeover times via Taguchi empowered SMED/case study on injection molding production. *Measurement*, 47, 741-748.
- Kemalbay, V. (2012). *Tekli Dakikalarda Kalıp Değiştirme Zeki Karar Destek Sistemi Ve Tekstil Sektöründe Uygulaması*(Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Lozano, J., Saenz-Diez, J. C., Martínez, E., Jiménez, E., & Blanco, J. (2019). Centerline-SMED integration for machine changeovers improvement in food industry. *Production Planning & Control*, 30(9), 764-778.
- Moreira, A.C., & Campos Silva Pais, G. (2011). Single minute exchange of die: a case study implementation. *Journal of technology management & innovation*, 6(1), 129-146.
- Moxham, C., & Greatbanks, R. (2001). Prerequisites for the implementation of the SMED methodology: A study in a textile processing environment. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 18(4), 404-414.
- Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: the SMED system*. Productivity Press.
- Shingo, S., (1989). *A study of the Toyota production system: From an Industrial Engineering Viewpoint*. Çev. Dillon, A. P. CRC Press.
- Tanık, M. (2013). Kalıp Ayar Sürelerinin Smed Metodolojisi İle İyileştirilmesi: Bir Yalın Altı Sigma Uygulaması. *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (25), 117-140
- Ulutas, B. (2011). An application of SMED Methodology. *World academy of science, engineering and technology*, 79, 101.
- Van Goubergen, D., & Van Landeghem, H. (2002). Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. *Robotics and computer-integrated manufacturing*, 18(3-4), 205-214.

