

SÜREÇ YETERLİLİK ANALİZİNİN GENİŞLETİLMİŞ KAİZEN YÖNTEMİNE ENTEGRASYONU: OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Meryem ULUSKAN^{1*}

¹Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, ESKİŞEHİR
ORCID No : <https://orcid.org/0000-0003-1287-8286>

DOI : <http://dx.doi.org/10.31796/ogummf.581278>

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Kaizen, Süreç yeterlilik analizi, Kalite yönetimi, Hipotez testi, Otomotiv sektörü, Yalın</i>	<i>İş süreçlerindeki küçük iyileştirmeler olarak ifade edilen Kaizen uygulamaları kalite iyileştirme çalışmalarının en etkin olanlarındandır. Bu çalışma ile öncelikle geniş kapsamlı bir literatür çalışması gerçekleştirilmiş ve Kaizen yöntemi ve çeşitleri detaylı bir şekilde ele alınarak incelenmiştir. Daha sonra, literatürde görülen Kaizen çalışmalarına göre daha kapsamlı ancak Altı Sigma ve benzeri çalışmalara göre daha kısa sürede gerçekleştirilebilen bir Genişletilmiş Kaizen uygulaması gerçekleştirilmiş ve etkinliği incelenmiştir. Bu amaçla, bir otomotiv firmasında genişletilmiş Kaizen uygulaması ile belirli bir sac parçanın üretim sürecinde görülen hatalar incelenerek sebepleri belirlenmiş ve bu hatalar azaltılarak süreç iyileştirmesi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacına uygun olarak ilk önce genel süreç için hata tanımları yapılmış ve Pareto analizi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra parçanın üretim ve ölçüm süreçleri detaylı olarak incelenmiştir. Parçanın tüm kontrol noktaları için ölçüm sonuçlarına göre süreç yeterlilik indisleri hesaplanmış, kritik öneme sahip olan kontrol noktaları belirlenerek bu noktalar üzerine odaklanılmıştır. Mevcut durum analizi sonrası sebep-sonuç diyagramı oluşturulmuş, Gemba analizleri ve hipotez testleri gerçekleştirilmiş, karşı önlemler planlanarak önceliklendirme matrisi oluşturulmuş ve iyileştirme önerileri sunulmuştur. İyileştirmeler gerçekleştirilip standart hale getirilmiştir. Sonuç olarak, belirlenen noktalar için süreç yeterlilik indislerinin iyileştirildiği görülmüştür. Bu çalışma, literatürdeki Kaizen çalışmaları kapsamında gerçekleştirilmemiş olan süreç yeterlilik analizini Kaizen uygulamasına başarılı bir şekilde entegre ederek farklı istatistiksel analizlerle bulguları desteklemiş ve sonuçları doğrulamıştır.</i>

INTEGRATION OF PROCESS CAPABILITY ANALYSIS TO MAJOR KAIZEN METHODOLOGY: AN APPLICATION IN AUTOMOTIVE SECTOR

Keywords	Abstract
<i>Kaizen, Process capability analysis, Quality management, Hypothesis test, Automotive industry, Lean</i>	<i>Kaizen applications, which are expressed as small improvements in business processes, are among the most effective of quality improvement studies. Within the scope of this study, first, a comprehensive literature review was carried out and Kaizen method and its classification scheme was examined in detail. Then, a major Kaizen application, which is more comprehensive compared to prior Kaizen studies, yet, which can be performed in a shorter amount of time compared to Six Sigma implementations, has been realized and its effectiveness has been examined. For this purpose, major Kaizen techniques are applied in an automotive company to determine the causes of defects in the production process of a specified sheet metal and to realize the process improvement by reducing these defects. For the purpose of the study, first defect definitions were made for the general process and Pareto analysis was performed for these defects. Then, the production and measurement processes of the metal part were examined in detail, and process capability indices were calculated according to the measurement results for all control points of the metal part, and the critical control points were determined and these points were focused on for improvement. After the current situation analysis, a fishbone diagram was formed, Gemba analyses and hypothesis tests were performed, counter measures were planned and a prioritization matrix was created and improvement suggestions were presented and implemented. Improvements were made and</i>

* Sorumlu yazar; e-posta : muluskan@ogu.edu.tr

standardized. As a result, process capability indices were improved for the determined points. This study successfully integrated the process capability analysis into Kaizen application, which was not carried out within the scope of prior Kaizen studies in the literature, and supported the findings with various statistical analyses and confirmed the results.

Araştırma Makalesi		Research Article	
Başvuru Tarihi	: 22.06.2019	Submission Date	: 22.06.2019
Kabul Tarihi	: 02.09.2019	Accepted Date	: 02.09.2019

1. Giriş

Küçük ve sürekli iyileştirmeler olarak bilinen Kaizen uygulamaları, literatürde genellikle detaylı istatistiksel analiz gerektirmeyen ve çoğu operatör öneri sistemine dayanan Kaizen Teian, Hızlı (Küçük) veya Standart Kaizen uygulamaları olarak karşımıza çıkmaktadır. Süreç yeterlilik analizi ve hipotez testleri gibi istatistiksel analiz teknikleri daha çok Altı Sigma ve İstatistiksel Süreç Kontrolü benzeri çalışmaların kapsamında uygulanmakta ve Tablo 1’de görüldüğü gibi Kaizen uygulamaları temel araçların kullanıldığı daha basit uygulamalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca literatürde Kaizen çalışmaları yapılan çalışmanın büyüklüğüne göre sınıflandırılmamaktadır.

Oysaki, günümüz rekabetçi ortamında Kaizen problemi olarak karmaşık yapıda olan problemlerin de ele alınarak, Altı Sigma ve benzeri uygulamalara kıyasla daha kısa sürede çözüme ulaştırılması zaman ve maliyet açısından önemlidir. Bu tip problemlerin çözüme ulaştırılması detaylı istatistiksel analiz içermeyen tekniklerle etkin bir şekilde gerçekleştirilememektedir. Bu tür çalışmalar yüzeysel olmakta ve yangın söndürme aksiyonları olarak bilinen geçici düzeyde kalabilmektedir. Bu nedenle kök neden araştırılmadan, süreç yeterliliğini belirleyici analizler gerçekleştirilmeden ve istatistiksel yöntemlere başvurulmadan elde edilen geçici çözümün uygulandığı süreçte benzer problemler tekrar edebilmektedir. Bu durum da aynı konu üstüne tekrar projeye uygulaması gerektirmektedir. Bu şekilde tekrar tekrar ortaya çıkan ve üzerinde tekrar eden çalışmalar yapılan problemler işletmeler için hem zaman hem de para kaybıdır.

Yukarıda bahsedilen durumlar göz önüne alındığında bu çalışma kapsamında doğru iyileştirmeye ulaşmak hedefiyle, bilinen Kaizen çalışmalarına göre daha kapsamlı ancak Altı Sigma ve benzeri çalışmalara göre daha kısa sürede gerçekleştirilebilen bir Genişletilmiş Kaizen uygulaması gerçekleştirilmiş ve etkinliği incelenmiştir. Bu uygulama, literatürdeki Kaizen çalışmaları kapsamında gerçekleştirilmemiş olan “süreç yeterlilik analizi”ni Kaizen uygulamasına başarılı bir şekilde entegre ederek farklı istatistiksel analizlerle bulguları desteklemiş ve sonuçları doğrulamıştır.

2. Bilimsel Yazın Taraması

2.1. Kaizen

Japonca bir terim olan Kaizen ilk olarak Imai (1986) tarafından kullanılmış ve yayılmıştır (Singh ve Singh, 2015). Kelime anlamı olarak “kai” değişim, “zen” ise daha iyi anlamına gelmektedir. Kaizen, toplam kalite kontrolü, kalite yönetimi (QM) ve Toplam Kalite Yönetimi (TKY) gibi farklı kalite girişimleri, stratejileri ve perspektifleri ile ilgili olarak sıklıkla incelenir ve uygulanır (Imai, 1986, 2012; Maurer, 2012; Sanchez ve Blanco, 2014). Genellikle Yalın üretimin temel ilkelerinden biri olarak kabul edilen Kaizen’in bazı çalışmalarda Yalından ayrı olarak ele alındığı görülmektedir. Örnek olarak Kumar, Dhingra ve Singh, (2018a) Hindistan’da bir küçük ve orta boy işletmede (KOBİ) Yalın-Kaizen çalışması gerçekleştirmişlerdir. Benzer şekilde Suárez-Barraza ve Ramis-Pujol (2010) çalışmalarında bir Meksika hizmet organizasyonunda Yalın-Kaizen çalışması gerçekleştirmişlerdir.

Imai, yönetim alanında Kaizen’i tüm yöneticileri ve çalışanları içeren sürekli iyileştirme olarak tanımlamaktadır (Suárez-Barraza, Ramis-Pujol ve Kerbache, 2011). Brooks’a (1993) göre Kaizen “iyilik için değişim” anlamına gelir ve sürekli gelişime odaklanmış bir felsefedir. Aoki (2008) Kaizen’i “sürekli olarak uygulanan faaliyetler süreci” olarak tanımlarken, Ma, Lin ve Chi Keung Lau, (2017) Kaizen’i “süreç odaklı bir iyileştirme yöntemi” olarak tanımlamaktadır.

Iwao (2017)’ya göre Kaizen, çalışanlar tarafından sürekli olarak üretilen küçük, artımlı ve karşılıklı bağımsız süreç yeniliklerinden oluşur ve sürekli iyileşmeye (CI-continuous improvement) eşittir. Imai (2012) de Kaizen’in sıklıkla sürekli iyileşme olarak yorumlandığını ve sürekli iyileşme anlamına geldiğini kabul eder.

Kaizen, veya sürekli iyileşme, sistemlerin mevcut tasarımlarının zayıf yönleriyle mücadele ederek daha iyi performans için sürekli gelişmesi gerektiğini ima eder (Imai, 2012). Böylelikle Kaizen, sonuçlardan çok iş süreçleri ile ilgilidir. Eğer sonuçlar iyileştirilmek isteniyorsa, bu sonuçları ortaya çıkaran süreçler iyileştirilmelidir. Brunet ve New (2003), Kaizen’i, organizasyon hedeflerine katkıda bulunacağına inandığı sonuçları elde etmek için, çalışanların zorunlu olarak üstlendiği rollerinin dışında gerçekleştirdiği, yaygın ve sürekli faaliyetler olarak tanımlamaktadır. Çalışanların

görev ve unvanları ne olursa olsun problemin çözümüne katkıda bulunmaları beklenmektedir. Benzer şekilde Kaizen, günlük işlerin bir parçası olarak, tercihen ön saflarda çalışan ve en düşük hiyerarşik safları oluşturanlar tarafından gerçekleştirilen küçük iyileştirmeler ile karakterize edilebilir (Murata ve Katayama, 2010). Bu nedenle Kaizen tabandan ayrılamaz (Berger, 1997). Bununla birlikte, "küçük" sayılan şey kesin olarak tanımlanmamıştır ve Kaizen'in kapsamı, bireysel işlemlerden bütün değer akışlarına kadar büyük ölçüde değişmektedir (Brunet ve New, 2003). Literatürde, Kaizen faaliyetlerinin organizasyon içinde üç farklı düzeyde - yönetim, grup ve bireysel seviyelerde ortaya çıktığı belirtilmektedir (Imai, 1986; Brunet ve New 2003). Ayrıca Kaizen'in farklı organizasyonlarda farklı koşullara uyarlandığı ve bu nedenle standart hale getirilmediği sonucuna varılmıştır (Brunet ve New, 2003).

Kaizen iyileştirme ve öğrenmeyi yöneten bir dizi yönetim ilkesi olarak görülebilir (Suárez-Barraza, Ramis-Pujol ve Kerbacher, 2011). Toplam Kalite Yönetimi perspektifinden bakıldığında Kaizen, temel taşları: ekip çalışması; Muda'nın diğer bir ifadeyle israfın ortadan kaldırılması; eğitim; üst yönetim desteği; iyileştirme önerileri ve uygulamaları ile süreç odaklılık olan, belirli ilke, yöntem ve tekniklerden oluşan bir yönetim felsefesi olarak düşünülebilir (Suárez-Barraza, Ramis-Pujol ve Kerbacher, 2011). Kaizen insanın kaynak olarak görülmesini, eğitim, yetiştirme ve gelişime önem verilmesini, ekip oluşturulmasını ve çalışanlara yalnızca performansları sonucunda ortaya çıkan sonuçlar nedeniyle değil, gelişme sürecindeki katkıları dolayısıyla ödül verilmesini vurgulayan bir sistemdir. Brooks (1993), Kaizen'in temel taşlarını benimsemiş olan organizasyonların şu hedeflere ulaştığını belirtir: süreçleri tanımlama ve iyileştirme aktiviteleri için yetki devri; süreç adımlarının tüm bölümler, fonksiyonlar ve ekipler arasında anlaşılabilir bir seviyede tanımlanması; organizasyon içindeki tüm seviyelerde detaylı bir süreç eğilimi; büyük miktarda iyileştirme fikri üretilmesi; ve her seviyede en iyi uygulamalar ile uyumluluğun artırılması.

Kaizen uygulamalarının yararlarını şu şekilde özetlemek mümkündür; para ve zaman tasarrufu, kısaltılmış teslim süresi veya çevrim zamanı, uygulama için daha az kişi gerektirmesi, katma değerli iş içeriği, iyileşmiş ilk sefer verimi veya ilk seferde sonuç ve azaltılmış stok (Manos, 2007).

2.2. Literatürde Kullanılmış Kaizen Araçları

Kaizen uygulamaları literatürde genellikle derin istatistiksel analiz gerektirmeyen uygulamalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Süreç yeterlilik analizi ve hipotez testleri gibi istatistiksel analiz teknikleri daha çok Altı Sigma gibi daha kapsamlı çalışmalarda

uygulanmakta ve Tablo 1'de görüldüğü gibi Kaizen uygulamaları temel problem belirleme ve çözme araçlarının kullanıldığı daha basit uygulamalar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bazı çalışmalarda Kaizen, Yalın'dan ayrı bir yöntem olarak anlatılmış ve uygulanmış olsa da (örn. Kumar ve diğ., 2018a), genel olarak literatürde Kaizen çalışmaları süreçlerde süre azaltma amacı üzerinde yoğunlaşmaktadır. Benzer şekilde kullanılan araçlar; değer akış haritası, iş akışı, sebep-sonuç diyagramı, çevrim süresi analizi, yakınlık diyagramı, 5-neden analizi, takt zamanı analizi gibi yalın araçlarla sınırlı kalmaktadır (bakınız Tablo 1).

2.3. Kaizen Çeşitleri

Literatürde tam bir sınıflandırma bulunmamakla birlikte Kaizen'i genel olarak küçük (veya hızlı), büyük (veya standart) ve yönetim seviyesinde (veya genişletilmiş) Kaizenler olarak sınıflandırabiliriz. Aslında bu sınıflandırma, Kaizen'in:

- (1) Bireysel Kaizen;
- (2) Kaizen grubu; ve
- (3) Kaizen yönetimi

olarak en az üç şekilde olabileceğini savunan terimin ilk kullanıcısı Imai (1986)'nin tanımlaması ile en uyumlu sınıflandırma olacaktır.

Tablo 2'de bu üç Kaizen şekli için özet bir karşılaştırma verilmiştir (Imai, 1986).

Literatürde Kaizen yöntemi için kullanılan ve hızlı Kaizenlerle özdeşleştirilebileceğimiz *Kaizen Teian* (veya "çalışan öneri sistemi"), standart Kaizenlerle özdeşleştirilebilen *Kaizen Etkinlikleri* ve küçük iyileştirmelerin yeterli olmadığı noktalarda devreye alınıp uygulanan *Kaikaku* (radikal değişim) ve *Kakushin* (yenilikçilik) gibi farklı çeşitler de mevcuttur (örn. Shamshurin, 2011; Yamamoto, 2017).

Kaikaku ve Kakushin çoğunlukla, Kaizen gibi Toyota'nın yenilikçilik mekanizmaları arasında sayılmakta ve Kaizen çeşidi olarak değil, başlı başına radikal değişim ve yenilik mekanizmaları olarak görülmektedir (örn. Alukal, 2007; Shamshurin, 2011).

Bu bölümde, yukarıda değinilen metotlardan kısaca bahsedilecektir.

Tablo 1

Literatürde Uygulanan Kaizen Çeşitleri Ve Kullanılan Araçlar

Yöntem	Endüstri /Alan	Kullanılan araçlar	Kaynak
DMAIC – Yalın - Kaizen	Klima montaj hattı	Değer akış haritası, (çevrim süresi, değişim süresi, takt zamanı), sebep-sonuç, Pareto, kontrol grafiği	Guo, Jiang, Xu ve Peng (2019)
Kaizen	Atık azaltma- Enerji santralleri için ekipman üreticisi	Sebep-sonuç, zaman serisi grafiği	Goyal, Agrawal, Chokhani ve Saha (2019)
Gemba Kaizen Tabanlı Yeşil- Yalın	Uzay - Otomotiv	Yakınlık diyagramı, etki-kolaylık matrisi	Cherrafi ve diğ. (2019)
Yalın - Kaizen	Otomotiv parçaları - KOBİ	Değer akış haritası, 5-neden analizi	Kumar, Dhingra ve Singh (2018b)
Yalın-Kaizen	Otomotiv parçaları – Marş üretimi - KOBİ	Değer akış haritası, takt zamanı ve çevrim zamanı analizleri	Kumar ve diğ. (2018a)
Kaizen	Tekstil	Değer akış haritası	Parkhan ve Sugarindra (2018)
Kaizen	Traktör – çiftlik ekipmanları	PPM, yalın araçlar	Singh ve Singh (2016)
Kobetsu Kaizen	Dişli çark üretimi – Kalıp makinesi	Pasta grafiği, çizgi grafiği, kök neden analizi	Dave ve Sohani (2015)
Kaizen	Otomotiv	İş akışı, histogram	Abdulmouti (2015)
Kobetsu Kaizen	Gıda – Cips ve atıştırmalık üreticisi	Histogram, maliyet matrisi, neden-neden analizi, sebep-sonuç diyagramı	Vardhan ve Gupta (2014)
Kaizen	Otomotiv- Binek ve ticari araçlar için direksiyon sistemleri üreticisi	Önceliklendirme matrisi, değer akış haritası, 5-neden analizi, sebep-sonuç diyagramı, histogram	Prashar (2014)
Kaizen	Sağlık	Süreç haritaları, formlar	Iannettoni, Lynch, Parekh ve McLaughlin (2011)
Yalın-Kaizen	İnsan kaynakları hizmet süreci	İş akışı, süreç aktiviteleri sayısı, çevrim süresi, gemba	Suárez-Barraza ve Ramis-Pujol (2010)
Kaizen	Protein Üretimi - Biyoloji	SIPOC, değer akış haritası, kök neden analizi, kontrol grafiği	Junker (2010)
Kaizen – Otomasyon	Metal boru üretimi	İş akışı, simulasyon	Lyu (1996)

Tablo 2

Yönetim Seviyesinde Kaizen, Grup Kaizeni Ve Bireysel Kaizen Karşılaştırması (Imai, 1986)

	Yönetim seviyesinde Kaizen	Grup Kaizeni	Bireysel Kaizen
Araçlar	Yedi araç Yeni yedi araç Profesyonel istatistiksel araçlar	Yedi araç Yeni yedi araç	Sağduyu Yedi araç
Kapsam	Yöneticiler ve profesyoneller	Kalite çember üyeleri	Herkes
Hedef	Sistem ve işlemler üzerinde odaklanır	Belirli bir saha içerisinde	Herkes kendi alanında
Gerçekleştirme maliyeti	İyileştirmeyi hayata geçirmek küçük yatırım gerektirebilir.	Çoğunlukla pahalı değildir.	Ucuzdur.
Sonuç	Sistemin iyileştirilmesi	İlerlemiş iş yöntemi	Yerinde iyileşme
Yön	Kademeli ve görülür iyileşme Mevcut durumda belirgin iyileşme	Kademeli ve görülür iyileşme	Kademeli ve görülür iyileşme

2.3.1. Hızlı Kaizen (Küçük Kaizen)

Çok sayıda küçük iyileştirmeler gerektiren bir çalışma ortamında uygulanabilecek Kaizen çeşididir. Kök neden analizi gerektirmeyen, genellikle bir hafta veya daha kısa bir sürede uygulamaya geçirilebilen, karmaşık olmayan, en fazla 2 operatör tarafından gerçekleştirilebilen, mevcut durumu fiziki değişiklik ile iyileştiren, genel olarak iş sağlığı ve güvenliği kapsamında iyileşme sağlayan bir Kaizen çeşididir.

2.3.2. Kaizen Teian (Çalışan Öneri Sistemi)

Hızlı Kaizenler literatürde kullanılan Kaizen Teian'la özdeşleştirilebilir demistik. Benzer şekilde literatürde Japon firmalarının Kaizen Teian'ı "Hızlı ve Basit Kaizen"e dönüştürdüklerinden bahsedilmektedir (Tozawa ve Bodek, 2001). Japonca *öneri* anlamına gelen Teian ile *sürekli iyileştirme* anlamına gelen Kaizen kelimelerinden oluşan Kaizen Teian, "uygulamaya geçirilen öneriler aracılığıyla sürekli iyileşme" olarak da çevrilebilir (Nihon, 1995). Çalışan öneri sistemi felsefesi ile çalışanların kendi süreçlerini geliştirmek için katıldığı bir gelişme şeklini tanımlar (Charles ve Chucks, 2012). Bu aşağıdan yukarıya Kaizen türü kültürel bir dönüşümü teşvik etmektedir (Reinertsen ve Shaeffer, 2005). Çünkü, bu yöntem tüm çalışanların sürekli ve süreçlerin her noktasında iyileştirme hakkında düşünerek fikir geliştirmesini gerektirmektedir. Bu şekilde başkalarına iyileşme fikirleri sunmak yerine, bu fikirleri bizzat kendilerinin uygulaması için fırsat sunar (Womack, Jones ve Roos, 1990). Özünde, Kaizen Teian aktif olarak tüm çalışanları gelişime dâhil etmekle ilgilidir. Bu şekilde Kaizen Teian, işgücünün her üyesini, iş akışını ve süreçlerini iyileştirebilecek değişiklikler önermeye teşvik eder.

Kaizen Teian'da başarılı olmak için, her zaman yedi israf türünü ortadan kaldırmaya çalışmak gerekir. Bu israf

türleri hatalar, aşırı işleme, aşırı üretim, bekleme, stok, taşıma ve gereksiz harekettir.

2.3.3. Kaizen Etkinlikleri

Günlük olarak gerçekleştirilen hızlı (küçük) Kaizen'den farklı olarak, *Kaizen Etkinlikleri* nispeten daha uzun bir süre içinde gerçekleştirilen süreç iyileştirme faaliyetleridir.

Kaizen Etkinlikleri farklı fonksiyonlardan çalışanların belirli bir sorunu çözmek için bir araya geldikleri, genellikle kısa ve odaklanmış iyileştirme projeleridir (Manos, 2007). Günlük Kaizen projeleri (hızlı Kaizenler) kapsamı küçük veya biraz kendiliğinden olabilirken, bir Kaizen Etkinliği katılan takım liderleri tarafından bir planlama yapılmasını gerektirir.

Kaizen Etkinlikleri birkaç gün hatta haftalarca sürebilir ve çözüldüğünde verimlilik, kalite veya performansta belirli bir değişime yol açabilecek zorlukları hedef alır. Kaizen Etkinliklerinde analiz derinliği genellikle düşüktür (Arcidiacono, Calabrese ve Yang, 2012).

2.3.4. Standart Kaizen (Büyük Kaizen)

Kaizen Etkinliklerine benzer şekilde orta büyüklükte iyileştirmeler gerektiren sistemlerde uygulanabilecek bir Kaizen çeşididir. Problem yaklaşımında araştırma ve veri toplama konularında metodik bir yaklaşım sağlayan, biraz daha karmaşık ve sıklıkla rastlanmayan problemlerin çözülmesinde kullanılan bir araçtır. Orta seviye iyileştirmelerde etkin olarak kullanılır ve genellikle 3-4 kişinin katılımıyla gerçekleşir. Kök neden analizinin yapılmasını, kök nedenin belirlenerek karşı önlemlerin alınmasını ve bu karşı önlemlerin etkinliğinin süreçte doğrulanmasını ve elde edilen sonuçların devamlılığını sağlar.

2.3.5. Genişletilmiş Kaizen (Yönetim Seviyesinde Kaizen)

Karmaşık ve sürekli karşılaşılan problemlerin çözümünde, daha uzun sürede ve daha fazla katılımcıyla uygulanan bir yöntemdir. Farklı bakış açıları ele alabilmek için Kaizen ekibinde bulunan kişi sayısının fazla olması istenir. Genişletilmiş Kaizen uygulamaları teknik uzmanlık gerektirir. Daha detaylı analizlerin yapıldığı ve / veya daha fazla süreci içeren bir çalışmadır. Çalışmanın her bir adımı görsel bir şekilde kayıt altına alınır. Ekip lideri problem çözme adımlarına uyumu sağlar.

Literatürde standart ve genişletilmiş Kaizen'deki gibi geniş uygulamalara, yalnız üretim ilkelerini kullanarak performans geliştirmeyi amaçlayan, genellikle haftalar veya aylar boyunca gerçekleşen bir "kaizen projesi" (KP) de denmektedir (Suarez-Barraza ve Ramis-Pujol 2010). "Proje" terimi, disiplinler arası bir tasarım ekibini, kaynakları, son teslim tarihlerini ve hedeflerini, toplanan verilerin ve bulguların kayıtlarını içeren yapısal bir yaklaşımı ifade eder (Ramasesh ve Browning, 2014). Geleneksel Kaizen modeline göre, bir dizi Kaizen girişiminin sonuçları, standardize edilmiş ve daha sonra yeni bir iyileştirme döngüsü için kararlı bir temel oluşturan iyileştirmelerin doğrusal birikiminden kaynaklanmaktadır (Imai, 2012).

2.3.6. Kaikaku ve Kakushin: Radikal Değişim ve Yenilikçilik

Bazen küçük değişiklikler, bir kuruluşun rekabetçi olması gereken gelişmelerini yönlendirmeye yetmez. O noktada radikal değişim ve yenilikçilik anlamına gelen Kaikaku veya Kakushin uygulamaya alınabilir (Alukal, 2007). Kaikaku'lar ve Kakushin'ler sıçramalı Kaizen olarak adlandırabileceğimiz büyük çaplı iyileştirme faaliyetleridir. Kaikaku'lar ve Kakushin'ler ile gerçekleştirilen iyileştirmeler hızlı (küçük) Kaizenlerdeki gibi küçük çaplı faaliyetler değildir. Genişletilmiş Kaizenlerdeki gibi hatta daha büyük çaplıdır ama adım adım değildir. Kaikaku'lar bir seferde yapılan büyük bir iyileştirmedir. Böylece, artımlı iyileşmelere odaklanan Kaizen'den farklı olarak, Kaikaku ve Kakushin tüm bir organizasyonun yenilikçi ve radikal bir süreç dönüşümüne odaklandığı bir süreci gerektirir. Kaikaku ve Kakushin, bir süreci iyileştirmek yerine, firmanın tamamen yeni bir sürece geçmesini talep edebilir. Örnek olarak, manuel süreçlerden otomasyona geçilmesi, veri paylaşımında eş zamanlılığı yönlendiren dijital bir dönüşümü veya fabrika düzeninin veya yerleşiminin değiştirilmesini içerebilir.

Bu çalışma kapsamında uygulama büyüklüğü, sonuçların etkisi ve kullanılan analiz teknikleri göz önüne alındığında Genişletilmiş Kaizen uygulaması gerçekleştirilmiştir. İyileştirme yapılan firma ana müşterisi olan Toyota ve Fiat'a otomotiv parçaları

üretmektedir. Bu nedenle müşterisinin istediği süreç ve ürün kalitesi seviyelerine Genişletilmiş Kaizen çalışmaları ile ulaşılabilecektir.

3. Uygulama

3.1. İşletmenin Tanıtımı

Ele alınan firma, 1975 yılında Eskişehir'de kurulmuş ve otomotiv sektörünün önde gelen Orijinal Ürün Üreticilerinin (OEM) çözüm ortağı olarak sektörde yer almıştır. Firmanın ürünleri arasında mekanik araç kaldırma krikoları, kilit sistemleri, sac parçalar ve lastik tamir kitleri bulunmaktadır. Uluslararası pazarda faaliyet gösteren firma lider bir tasarımcı ve üretici konumundadır. Eskişehir Havacılık Kümelenmesi - ESAC (Eskişehir Aviation Cluster) üyesi olan firma otomotiv sektöründeki faaliyetlerini, havacılık sektörünün de hizmetine sunmuştur. Firma, Eskişehir Organize Sanayi Bölgesinde 30.000 m² alanda büyük otomotiv markalarının tedarikçisi olarak faaliyetlerine devam etmektedir.

3.2. Ele Alınan Süreç

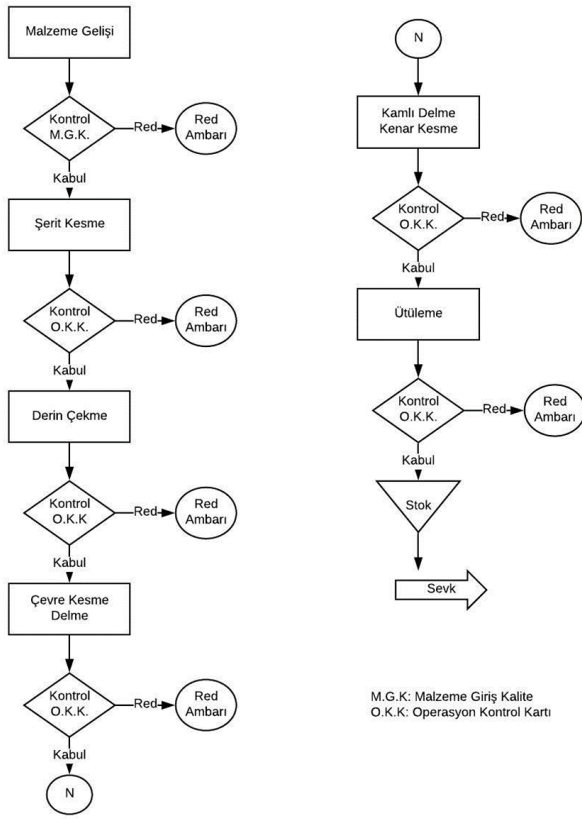
İşletmede üretimi gerçekleştirilen bir sac parçanın üretim süreci ele alınmıştır. Bu sac parçanın incelenmek üzere seçilmesinin sebebi, üretilen diğer ürünlere göre üretim sürecinde daha fazla problemle karşılaşılmasıdır.

3.3. İncelenen Parçanın Üretim ve Kontrol Süreci

Parçanın üretimi 5 temel aşamada gerçekleşmektedir. Bu işlemler operasyon kontrol kartları aracılığıyla yapılmaktadır. Parçanın iş akış şeması Şekil 1'de verilmiştir.

1. Şerit kesme işlemi: 0,8 x 1400 x 1160 mm boyutlarındaki plakanın, makaslar aracılığıyla 0,8 x 290 x 1400 mm ölçülerinde kesilmesi işlemidir. Her saat başı bir adet plakanın üzerinde çapak, iz ve deformasyon olup olmadığı gözle kontrol edilir. Yine saat başına alınan bir plakanın kalınlığı, genişliği ve derinliği; mikrometre ve dijital kumpas yardımıyla kontrol edilir.

2. Derin çekme işlemi: Düz metal levhalardan içi boş, dikışsız kap veya değişik parçaların elde edilmesi işleminde kullanılan biçimlendirme şekli *çekme* olarak adlandırılır. 0,8 x 290 x 1400 mm ebatlarında kesilmiş olan plaka, dayamalar yardımıyla eksantrik preste bulunan kalıba oturtulur ve derin çekme işlemi gerçekleştirilir. Bu işlem gerçekleştirilirken her saat başı bir adet parçanın yüzeyinde deformasyon, patlak veya yırtık olup olmadığı operatörlerce gözle kontrol edilir. Ayrıca saat başına alınan bir adet parçada işlem sonrasında incelme olup olmadığı dijital kumpas yardımıyla ölçülür.



Şekil 1. İş Akış Şeması

3. Çevre kesme – delme işlemi: Sac parçanın etrafını çevreleyen ve fazlalık olan kısmın kesilerek parça yüzeyine delik açılması işlemidir. Her saat başı alınan bir adet parçada yırtık olup olmadığı gözle kontrol edilir.

4. Kamlı delme – kenar kesme işlemi: Bu işlemde deliklerin tamamı açılır ve fazlalıklar kesilir. Kesme ve delme kalıbı zımba ve dişli kesiciden oluşan düzenlerle yapılır. Zımba, kesme işleminin birinci kademesinde malzemeye kesme boşluğuna ve malzemenin cinsine bağlı olarak bir miktar dalar. Malzemede hiçbir kopma olmamakla birlikte malzemenin zımba tarafı içe çökmekte, kalıp tarafı da dışa doğru bir miktar kamburlaşmaktadır. Zımbanın kesilme olmaksızın malzemeye dalma derinliği malzeme kalınlığının yaklaşık %20 ile %50'si kadardır. Zımbanın malzemeye bir miktar daha dalmasıyla önce kalıp tarafında hemen sonra da zımba tarafında bir yırtılma görülmektedir. Meydana gelen yırtılma çizgileri daha sonra basınç gerilmelerinin etkisi ile birleşerek kesme yüzeyini oluşturur. Zımba malzemedan kesilmiş kısmı kalıp deliğine itene kadar aşağı inme hareketine devam eder. Saat başına alınan bir adet parçanın tüm deliklerinin konumu ve çapları dijital kumpasla ölçülür.

5. Ütipleme işlemi: Bu işlem, açılmayan delik varsa deliği açmak ve sac parçada yamukluk varsa düzeltilmesini sağlamak amacıyla yapılır. Ayrıca bu işlemde parçanın

altına, parçanın üretim ay, yıl ve kodunu belirten markalama yapılır. Her saat başı bir adet parçada markalama, ütipleme izi, yırtık ve deformasyon kontrolü yapılır. Yine her saat başı bir adet parçada inceleme olup olmadığı ve deliklerin çap kontrolleri yapılır.

Kaizen uygulamasında ilk aşama olan "problem tanımlaması" için öncelikle ön analizlerin gerçekleştirilmesi gereklidir. Bu bölümde gerçekleştirilen ön analizler detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

3.4. İncelenen Parça İçin Hataların Analizi

Parçanın gözle ve ölçüm aletleriyle yapılan kontrollerinde 8 çeşit hata tipi belirlenmiştir. Bu hata tipleri;

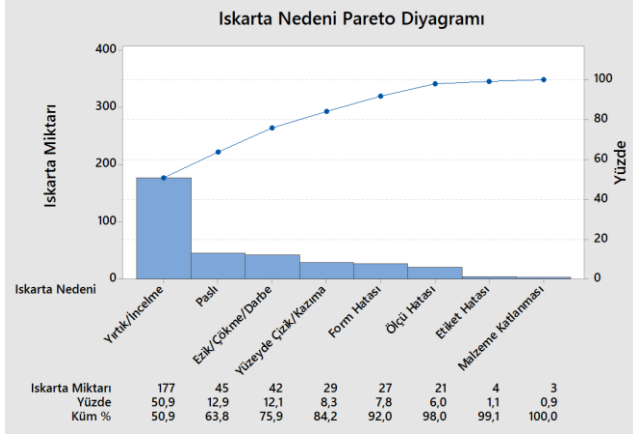
- parça üzerinde ezik/çökme/darbe
- paslanma
- parça yüzeyinde çizik/kazıma
- yırtık/inceleme
- ölçü hatası
- form hatası
- etiket hatası
- malzeme katlanmasıdır.

İşletmede yapılan iç ıskarta değerlendirmesinde 2018 yılının ilk 4 ayındaki aylık üretim başına ıskarta miktarı Tablo 3'te verilmiş ve bu ıskartaların nelerden kaynaklandığı belirlenmiştir.

Tablo 3
Aylık Üretim Başına ıskarta Miktarları

Aylar	Üretim miktarı (adet)	ıskarta miktarı (adet)	ıskarta yüzdesi
Ocak	960	29	3,02
Şubat	640	88	13,75
Mart	29375	129	0,44
Nisan	5180	102	1,97

ıskarta miktarları ve nedenleri için Şekil 2'deki Pareto diyagramı oluşturulmuştur. Pareto diyagramında görüldüğü gibi ıskartaların yaklaşık %80'ini yırtık/inceleme, pas, ezik/çökme/darbe ve yüzeyde çizik/kazıma hata tipleri oluşturmaktadır. Bunların içinde yırtık/inceleme hatası %50,9 ile önemli bir pay sahibidir.



Şekil 2. Iskarta Nedeni Pareto Diyagramı

Bu analizin sonucunda yırtık/inceleme hatasını önlemeye çalışmak gerektiği ortaya çıkmıştır. Ancak kalite birimiyle yapılan görüşmelerde ıskarta miktarının %6'sını oluşturmasına rağmen ana sanayinin (müşterinin) daha çok önemsendiği ve iyileştirilmesi talebinde bulunduğu ölçü hatası üzerinde çalışılmasına karar verilmiştir. Alınan bu karar doğrultusunda koordinat ölçüm cihazı (CMM - Coordinate Measurement Machines) ile yapılmış ve kayıt altına alınmış ölçüm sonuçları incelemeye alınmıştır.

3.5. İncelenen Parçanın Ölçüm Süreci

Parçanın haftalık ölçümleri CMM ile yapılmaktadır. CMM, nesnenin yüzeyindeki ayrı noktaları bir prob ile algılayarak fiziksel nesnelerin geometrisini ölçen bir cihazdır. CMM'lerde mekanik, optik, lazer ve beyaz ışık gibi çeşitli prob türleri kullanılmaktadır.

CMM cihazlarından doğru ve güvenilir ölçüm alabilmek için düzenli olarak kalibrasyonlarının yapılması gerekmektedir.

CMM, ölçülen parçanın geometrik spesifikasyonlar içerisinde olup olmadığının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu nedenle kalite kontrol ve kalite iyileştirme çalışmalarında önemli bir yere sahiptir.

3.5.1. Süreç Yeterlilik Analizi

Bu çalışma kapsamında önemli bir adım olan süreç yeterlilik analizi, müşteri beklentilerine, diğer bir ifadeyle spesifikasyon sınırlarına göre bir sürecin konumunu ve ne kadar değişkenlik gösterdiğini özetler. Bu şekilde, belirlenmiş kalite karakteristikleri temelinde süreci değerlendirir. Süreçten elde edilen çıktıların spesifikasyonlara uygunluğunun kısaca sürecin performansının bir ölçüsüdür. Süreçten elde edilen çıktının spesifikasyonları sağlamak için yeteneğinin değerlendirilmesidir.

Süreç yeterlilik analizinde, süreç yeterlilik indisleri, C_p ve C_{pk} kullanılır. Merkezlenmiş bir süreçte C_p indisi, müşteri spesifikasyon sınırları ile gerçek süreç değişkenliği arasındaki ilişkiyi gösterir. Alt ve üst spesifikasyon sınırları arasındaki aralık ile süreç standart sapmasına bağlı olan gerçek süreç değişim aralığı arasındaki ilişkiyi dikkate alan ve çift taraflı spesifikasyon olarak da adlandırılan C_p indisi Denklem (1)'deki gibi elde edilir.

$$C_p = \frac{\text{ÜSL} - \text{ASL}}{6\sigma} \quad (1)$$

Burada "ÜSL" üst spesifikasyon sınırını, "ASL" alt spesifikasyon sınırını ve " σ " standart sapmayı ifade eder. Bu formül, spesifikasyon aralığının doğal değişkenlik aralığına oranı olarak da düşünülebilir. C_p değerinin 1'den büyük olması, süreçten kusursuz ürün elde edildiği anlamına gelmeyip, sürecin doğru olarak ayarlanması durumunda, diğer bir ifadeyle merkezlenmesi durumunda belirtilen spesifikasyon sınırları içerisinde üretim yapılmasını sağlar (Aydın ve Kargı, 2018).

Diğer taraftan merkezlenmemiş, diğer bir ifadeyle merkezden kaymış bir süreç için kullanılan ve tek taraflı spesifikasyon olarak da adlandırılan C_{pk} indisi, süreç ortalaması ile spesifikasyon sınırları arasındaki ilişkiyi standart sapma terimleri ile ifade eder. Diğer bir deyişle, C_{pk} değerinin hesaplanmasında hangi spesifikasyon sınırı anakütle ortalamasına daha yakın ise, o spesifikasyon değerine ilişkin değer kullanılarak Denklem (2)'deki şekilde hesaplama yapılır ve küçük olan değer C_{pk} indisi olarak seçilir. C_{pk} indisi Denklem (2)'deki gibi elde edilir.

$$C_{pk} = \text{enk} \left\{ \frac{\text{ÜSL} - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - \text{ASL}}{3\sigma} \right\} \quad (2)$$

Görüldüğü gibi, C_p indisi sürecin sadece değişkenliğini gösterirken C_{pk} indisi sürecin hem değişkenliğini hem de merkezlenme durumunu, diğer bir ifadeyle konumunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle yönetsel kararların her iki indise göre verilmesi daha uygundur.

Herhangi bir sürecin yeterli sayılabilmesi için C_p değerinin en az 1 olması gerekir. C_p indisi 1 olan bir süreç, yeterlilik için gerekli olan en az koşulunu sağlamakla birlikte, kontrol dışına çıkma olasılığı taşımaktadır.

C_p 'nin bahsedilen dezavantajını ortadan kaldırmak için C_{pk} değeri ile birlikte kullanılması gereklidir. Ortalamadan kayıklığı da dikkate alan C_{pk} değerinin 1'den küçük çıkması durumunda sürecin yetersiz

olduğu kabul edilir. Eğer 1,0 ile 1,33 arasında çıkarsa süreç yeterli fakat izlenmeye devam edilmelidir. Tablo 4'te C_p ve C_{pk} indislerinin değerlerine bağlı olarak yapılan süreç yeterlilik değerlendirmesi verilmiştir.

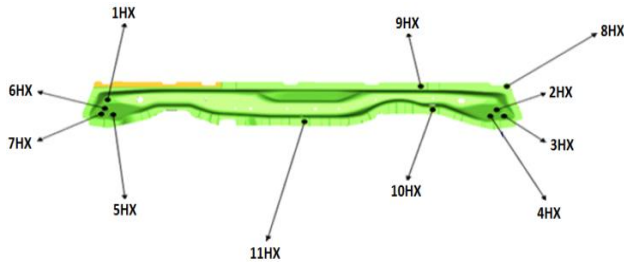
Tablo 4

C_p ve C_{pk} İndisleri İle Süreç Yeterlilik Değerlendirme

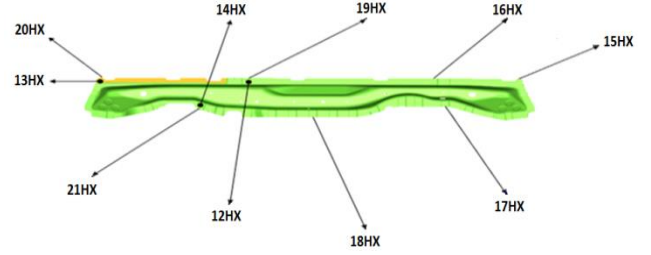
İndis Değeri	Süreç Yeterlilik Değerlendirme
$C_p > 1,33$	Süreç yeterli
$1 < C_p < 1,33$	Süreç yeterli fakat yakından izlenmeli
$C_p < 1$	Süreç yetersiz (Süreç değişkenliğinin azaltılması gerekli)
$C_{pk} > 1,33$	Süreç spesifikasyon sınırlarını karşılıyor
$1 < C_{pk} < 1,33$	Süreç spesifikasyon sınırlarını karşılıyor. Süreç ortalaması hedeften uzaklaştıkça sürecin hata yüzdesi artabilir
$C_{pk} < 1$	Süreç spesifikasyon sınırlarını karşılamıyor. Süreç ortalaması hedef değerden uzakta

3.5.2. İncelenen Parça İçin Süreç Yeterlilik İndisleri

İncelenen parçanın Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilen 21 adet kontrol noktası bulunmaktadır. Bu 21 adet kontrol noktasının x, y ve z eksenlerine göre olması gereken konumlarında sapma olup olmadığı haftalık yapılan ölçümlerle kayıt altına alınmaktadır. Sapmaların istenen sınırların dışında olması halinde parçanın araca montajı esnasında sorunlar ortaya çıkacaktır. Bu sebeple üretilecek sac parçaların hata sayısının en aza indirilmesi gerekmektedir.



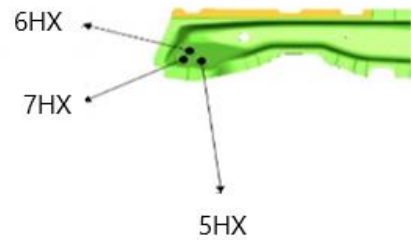
Şekil 3. Kontrol Noktaları (1-11)



Şekil 4. Kontrol Noktaları (12-21)

İncelenen parçanın 21 adet kontrol noktasının 80 adet ölçüm verileriyle C_p ve C_{pk} değerleri hesaplanmış ve bu değerler Tablo 5'te verilmiştir. Tablo 5'te C_p ve C_{pk} değeri 1'in altında olan noktalar kırmızı renk ile, 1-1,33 arasında olan noktalar sarı ile, 1,33 ve üzeri olan noktalar ise yeşil ile gösterilmiştir. Negatif C_{pk} değerleri sürecin tümünün spesifikasyon sınırları dışında yer aldığı durumlarda elde edilmektedir.

Parça üzerindeki 21 adet kontrol noktası içinden parçanın ana sanayide (müşteride) araca montajı sırasında kritik öneme sahip olan, sol ve sağda simetrik olarak bulunan 2HX, 3HX, 4HX ve 5HX, 6HX, 7HX noktalarına odaklanmaya karar verilmiştir. Ancak belirlenen bu kritik noktalardan sağ tarafta bulunan 2HX, 3HX ve 4HX noktalarının C_p ve C_{pk} değerlerinde 1,33 değerinin sağlandığı görülmüş ve bu nedenle yapılacak çalışmaların Şekil 5'te gösterilen 5HX, 6HX ve 7HX kritik noktaları üzerinden devam ettirilmesine karar verilmiştir. Kritik olarak belirlenmiş noktalar montaj işlemi için önemli olduğundan en az hata ile üretilmelidir.



Şekil 5. 5HX, 6HX, 7HX Kritik Noktaları

Tablo 5

Kontrol Noktalarının C_p ve C_{pk} Değerleri

Süreç Ortalama	Süreç Sigma	Üst Sınır	Alt Sınır	C_p	C_{pk}	Kontrol Noktası
0,840	0,141	0,50	-0,50	1,185	-0,806	1HX
0,184	0,079	0,50	-0,50	2,118	1,337	2HX
0,188	0,076	0,50	-0,50	2,194	1,370	3HX
0,235	0,066	0,50	-0,50	2,537	1,344	4HX
0,354	0,077	0,50	-0,50	2,155	0,627	5HX
0,359	0,079	0,50	-0,50	2,123	0,600	6HX
0,266	0,079	0,50	-0,50	2,099	0,983	7HX
-0,089	0,109	0,50	-0,50	1,532	1,260	8HX
-1,012	0,208	0,50	-0,50	0,800	-0,819	9HX
-0,194	0,135	0,50	-0,50	1,234	0,755	10HX
0,941	0,453	0,50	-0,50	0,368	-0,325	11HX
-0,715	0,155	0,50	-0,50	1,072	-0,460	12HX
-0,114	0,180	0,50	-0,50	0,926	0,715	13HX
0,696	0,266	0,50	-0,50	0,626	-0,246	14HX
0,357	0,221	1,00	-1,00	1,511	0,972	15HZ
0,520	0,262	1,00	-1,00	1,271	0,610	16HZ
0,547	0,195	1,00	-1,00	1,711	0,774	17HZ
1,571	0,281	1,00	-1,00	1,187	-0,677	18HZ
0,552	0,327	1,00	-1,00	1,018	0,456	19HZ
0,161	0,125	1,00	-1,00	2,669	2,240	20HZ
1,089	0,208	1,00	-1,00	1,606	-0,142	21HZ

3.6. Kaizen Uygulaması

Bu çalışma kapsamında 7 adımlı genişletilmiş Kaizen uygulaması gerçekleştirilmiştir. Çalışmadaki adımlar; problemin tanımlanması, mevcut durum analizi, hedef belirleme, kök neden analizi, karşı önlemlerin belirlenmesi ve iyileşme faaliyetlerinin planlanarak uygulanması, sonuçların kontrolü, standartlaşma ve kontroller olarak sıralanmaktadır. Hazırlık için gerçekleştirilmiş olan ön inceleme ve analizlerle birlikte bu çalışma 5 haftada tamamlanmıştır. Kaizen ekibinde kalite departmanı müdürü başta olmak üzere 2 deneyimli operatör, 1 kalite mühendisi ve 1 kalite ölçüm operatörü görev almıştır.

3.6.1. Problemin Tanımlanması

Ele alınan parçada iyileşme sağlanabilmesi için ilk olarak parçadaki problemin tanımı yapılmıştır. Ele alınan parçada; 5HX, 6HX, 7HX kritik noktalarının Tablo 2'de görülen C_{pk} değerleri sırasıyla 0,627; 0,600 ve 0,983 olarak bulunmuş ve bu değerlerin 1,33'ten küçük olduğu gözlemlenmiştir. Parçanın belirtilen 5HX, 6HX ve 7HX numaralı kritik noktalarından araca montajı sırasında oluşacak problemlerin en aza indirilmesi için,

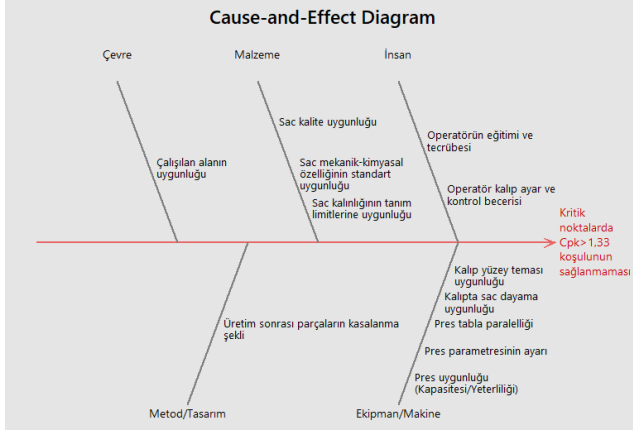
üretim sürecinde bu hataya sebep olan faktörlerin tespit edilmesi ve önlenmesi gerekmektedir.

3.6.2. Mevcut Durum Analizi

Bu adımda, problemin olduğu süreç belirtilmiş ve süreç akışı detaylı olarak incelenmiştir. Şekil 1'de verilmiş olan iş akışı "3.3. İncelenen Parçanın Üretim ve Kontrol Süreci" bölümünde detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Mevcut durum bilgilerinin toplanmasında Gemba yürüyüşü ile problemin yaşandığı yerde incelemeler gerçekleştirilmiştir. Gemba üretimin gerçekleştiği fabrika veya atölye alanı, diğer bir deyişle, değer ürettiği yerdir. Bu nedenle Gemba yürüyüşü 'Git, bak gör' olarak özetlenebilmektedir. Böylece Gemba yürüyüşü kapsamında olay yerine gidilerek ortaya çıkan durum kontrol edilmiş ve gerçekleştirilen beyin fırtınası ile problemin olası kök nedenleri belirlenmiştir. Belirlenen nedenler ile sebep sonuç diyagramı oluşturulmuştur.

Belirlenen bu nedenlerden hangisi ya da hangilerinin problemin ortaya çıkmasında kök neden olduğunu belirleyebilmek için tek tek hepsi üzerinde çalışmalar yapılmış ve problemin ana kaynağı bulunmuştur.

Böylece mevcut problem olan kritik noktaların C_{pk} değerlerinin 1,33'ten küçük olmasının sebepleri araştırılmış ve beyin fırtınası yöntemiyle Şekil 6'daki sebep-sonuç diyagramı oluşturulmuştur.



Şekil 6. Sebep Sonuç Diyagramı

Bu diyagramda "malzeme" üst sebebi incelendiğinde, parçanın malzemesi ile ilgili parametrelerin 'giriş kalite kontrol bölümü' tarafından test edildiği ve uygun olmayan parçaların bu bölüm tarafından elendiği ve bu parçaların sonraki aşamalara ilerlemediği görülmüştür. Bu sayede malzemenin problemin ortaya çıkmasında etkisi olmadığı belirlenmiştir.

"Çevre" üst sebebi incelendiğinde, çalışılan alanın uygunluğunun işyerinde sık sık denetlendiği ve herhangi bir olumsuzluğa rastlanmadığı kaydedilmiştir. "İnsan" üst başlığı incelendiğinde, yeterli eğitimi ve kalıp ayar ve kontrol tecrübesi olmayan operatörlerin tezgahlarda yalnız başına görev almadığı ve deneyimli bir operatör veya ustabaşı denetiminde tecrübe kazandıkları belirlenmiştir. Böylece çevre ve insan faktörlerinin de problemin ortaya çıkmasında etkili olmadığı gözlenmiştir.

"Ekipman/Makine" üst başlığındaki olası nedenler sırasıyla detaylı bir şekilde incelenmiştir.

'Pres kapasitesi ve yeterliliği'nin işletmedeki bütün işlemlerin yapılabilirliği açısından sık sık kontrol edildiği belirlenmiş ve güncel kontrollerde olumsuz bir durum bulunmamıştır.

Sac metal kalıplarında, şerit malzemeyi kalıp içinde istenilen konumda tutmaya yarayan kalıp elemanlarına dayama denilmektedir. Kalıpta sac dayama işlemi uygun olarak yapılmadığında parçaya istenen form verilememektedir. 'Kalıpta sac dayama uygunluğu' alt nedeni incelendiğinde işlenmiş tüm parçalarda istenilen formun verildiği görülmüştür. Bu nedenle sac dayama işleminde sorun olmadığı belirlenmiştir.

'Pres tabla paralelliği'nin araştırılması için, paralelliği sağlayan gazlı yay basıncı kontrol edilmiştir. Şekil 7'de ibrenin bulunması gereken yeşil tarafta olduğu görülmüştür. Bu durum gazlı yay basıncının olması gereken düzeyde olduğunu göstermektedir.



Şekil 7. Gazlı Yay Basıncı Göstergesi

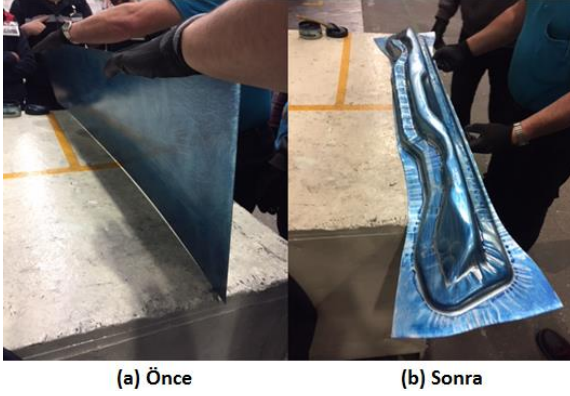
'Pres parametresinin ayarı'nın araştırılması için düzgün silindirik yapıdaki lehim teller kullanılmıştır. Uygun pres parametresi ile basma işlemi gerçekleştirildiğinde lehim tel kalınlığının incelenerek $0,40 \pm 10$ mm'ye düşmesi beklenmektedir. Parçanın işlem gördüğü tüm preslerde lehim tel ile pres parametresi kontrolü yapılmış ve olması gereken şekil ve kalınlık değişimi gözlemlenmiştir. Kontrol edilen tüm preslerde kalınlığın olması gereken kalınlık aralığında olduğu belirlenmiştir.

Şekil 8'de preslerde yapılan kontrolün bir örneği gösterilmiştir. Burada pres öncesi lehim telin şekli ve kalınlığı ile pres sonrası şekli ve kalınlığı gösterilmektedir. 0,41mm değeri ile istenilen kalınlığa ulaşıldığı görülmektedir.



Şekil 8. a) Pres Öncesi Lehim Telin Şekli ve Kalınlığı
b) Pres Sonrası Lehim Telin Şekli ve Kalınlığı

'Pres kalıbı ile parçanın yüzey temasının uygun olup olmadığı'nin araştırılması için sac levha Şekil 9.a'daki gibi kalıpcı boyası ile boyanmış ve kritik noktaların oluşmasını sağlayan derin çekme ve ütöleme operasyonlarında presin temasının olup olmadığı incelenmiştir (Şekil 9.b).



Şekil 9. Derin Çekme Operasyonu Öncesi ve Sonrası Boyalı Parça

Parçanın formunun verildiği ilk operasyon olan derin çekme operasyonu sonrası boyanın presin temas ettiği yerlerden silindiği ve parçanın istenen formu aldığı, bunun sonucu olarak da pres temasında problem olmadığı gözle görülmüştür. İlerleyen operasyonlar sonrasında parça tekrar boyanmış ve kritik noktaların oluşmasının sağlandığı diğer operasyon olan ütüleme operasyonuna sokulmuştur. Ütüleme operasyonu sonrasında boyanın parça yüzeyindeki kritik noktaların olduğu bölgeden silinmediği diğer bir ifadeyle presin kritik noktalara temas etmediği Şekil 10'daki gibi görülmüştür.

Sebeup-sonuç diyagramında "metot/tasarım" üst başlığı incelendiğinde, üretim sonrası çok sayıda parçanın üst üste konularak kasalandığı görülmüştür. Her bir parçanın ağırlığı 1,38 kilogramdır. Şekil 11'de görülen bu kasalama şeklinin sonucu olarak parçaların üstüne binen yükün fazla olmasının ölçümlerdeki sapmaların sebeplerinden biri olabileceği düşünülmüştür.



Şekil 10. Ütüleme İşlemi Sonrası Boyalı Parça



Şekil 11. Üretim Sonrası Parça Kasalama Şekli

Çok sayıda parçanın üst üste konularak kasalanmasının parçada anlamlı bir değişikliğe sebep olup olmadığı %95 güven seviyesinde, tek faktörlü varyans analizi (VARAN) yapılarak araştırılmıştır. 60 adet parçanın üst üste konulduğu 35 adet kasanın en üstündeki parça ile kasanın ortasından alınan parça ve kasanın en altından alınan parçanın kritik üç noktasının (5HX, 6HX ve 7HX) ölçümleri alınmıştır (n=35). VARAN analizi ile en üstteki parça, ortadaki parça ve en alttaki parçanın ortalama ölçümlerinin istatistiksel olarak farklı olup olmadığı Denklem (3)'te verilmiş olan hipotez testi ile test edilmiştir.

$$H_0: \mu_{üst} = \mu_{orta} = \mu_{alt} = 0 \quad (3)$$

$$H_a: \text{En az bir } \mu_i \neq 0; i = \text{üst, orta, alt}$$

5HX, 6HX ve 7HX noktaları için ayrı ayrı gerçekleştirilen VARAN analizi sonucu p -değerleri $\cong 0$ olarak bulunduğundan H_0 reddedilerek en az bir ortalamanın farklı olduğu sonucuna varılmıştır. Post-hoc analizi olarak ikili karşılaştırmalar için Tukey Testi uygulanmış ve Tablo 6'da verilmiş olan sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen p -değerleri çok küçük ve %95 güven seviyesinde anlamlı olduğu için, üç kritik nokta için de tüm ortalama farklar, diğer bir ifadeyle üst-orta parça farkları, üst-alt parça farkları ve orta-alt parça farkları anlamlı bulunmuştur.

Bu sonuçlar çok sayıda parçanın üst üste konulmasının parça ölçülerinde bozulmaya yol açtığını göstermektedir. Tukey testi üst-orta, orta-alt ve üst-alt parçalar arasında gerçekleştirildiğinden 60 adet parçanın ve aynı şekilde 30 adet parçanın toplam ağırlığının en alttaki parçanın şeklini deformasyona uğrattığı kritik kontrol noktalarının ölçülerini değiştirdiği istatistiksel olarak kanıtlanmıştır. Üst üste konulan 30 adet parça için de anlamlı fark elde edildiği için ilk olarak 25 parça üst üste konularak denenmiş ve ortalama ölçümler arasında yine anlamlı fark olduğu görülmüştür. Bu nedenle sonuç olarak üst üste konulan

parça sayısının 60'tan 20'ye düşürülmesi önerilmiş ve sonuçları test edilmiştir.

Tablo 6
Tukey Testi Sonuçları

Kritik Nokta	Fark	t	p-değeri
5HX	$\mu_{üst} - \mu_{alt}$	-7,77	0,000*
	$\mu_{üst} - \mu_{orta}$	-4,70	0,000*
	$\mu_{orta} - \mu_{alt}$	-3,08	0,008*
6HX	$\mu_{üst} - \mu_{alt}$	-7,48	0,000*
	$\mu_{üst} - \mu_{orta}$	-4,26	0,000*
	$\mu_{orta} - \mu_{alt}$	-3,22	0,005*
7HX	$\mu_{üst} - \mu_{alt}$	-8,75	0,000*
	$\mu_{üst} - \mu_{orta}$	-4,35	0,000*
	$\mu_{orta} - \mu_{alt}$	-4,41	0,000*

* %95 güven seviyesinde anlamlı

3.6.3. Hedef Belirleme

Problemlerin mevcut durum analizi sonucu ortaya çıkması neticesinde bu problemlerin çözülmesiyle ulaşılması istenen hedefler belirlenmektedir. Bu hedeflerin "belirli, ölçülebilir ve gerçekçi" olması gerekmektedir. İncelenen parçada hedef, belirlenen 5HX, 6HX ve 7HX kritik noktalarında $C_{pk} > 1,33$ koşulunun sağlanmasıdır.

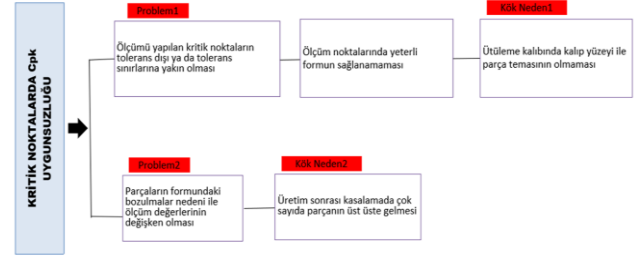
3.6.4. Kök Neden Analizi ve Önceliklendirme Matrisi

Mevcut durum, sebep-sonuç diyagramı aracılığıyla incelenirken tespit edilen olası nedenler araştırılmıştır. Araştırma sırasında uygun olmadığı belirlenen başlıklar "Not OK (uygun değil)" olarak işaretlenmiştir. Bu olası nedenlerden yola çıkarak kök nedenlerin tespiti için "Neden-Neden Analizi" yapılmıştır. Mevcut durum analizinde elde edilen uygun olmayan başlıklara "neden?" sorusu sorularak problemin kaynağına inilmeye çalışılmıştır.

Ana problem olan 5HX, 6HX ve 7HX kritik noktalarında C_{pk} değerinin 1,33'ten küçük çıkmasının nedenleri araştırıldığında iki adet alt problemden oluştuğu görülmüştür (Şekil 12). Bu iki problemden ilki; ölçümü yapılan kritik noktaların spesifikasyon dışı ya da spesifikasyon sınırlarına yakın olması olarak bulunmuştur. Bu uygunsuzluğun nedeni araştırılmış ve ölçüm noktalarında yeterli formun sağlanamadığı görülmüştür. Yeterli formun sağlanamamasının nedeni ise ütüleme kalıbında kalıp yüzeyi ile parça temasının olmaması olarak bulunmuştur. Bu sayede kök nedene inilmiştir.

Parçaların formundaki bozulmalar nedeniyle ölçüm değerlerinin değişken olması ise diğer bir problem

olarak bulunmuştur. Bu değişkenliğin nedeni araştırılmış ve üretim sonrası çok sayıda parçanın üst üste konulmasından kaynaklandığı görülmüştür. Birim ağırlığı 1,38 kg olan parçalar üst üste konulduğunda, altta kalan parçaların üzerine binen yük miktarının fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Parçaların şeklindeki bozulmaların kök neden analizi Şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 12. Kök Neden Analizi

3.6.5. Karşı Önlemlerin Belirlenmesi ve İyileştirme Faaliyetlerinin Planlanması

Bir önceki adım olan kök neden analizi ile tespit edilen kök nedenlere karşı alınacak önlemler ve iyileştirme faaliyetleri bu adımda belirlenmiş ve uygulamaya geçirmek için planlanmıştır.

Tespit edilen kök nedenler üzerine beyin fırtınası yapılarak karşı önlemler belirlenmiştir. İlk tespit edilen, ütüleme operasyonunda kalıp yüzeyi ile parçanın temasının sağlanamaması probleminin çözümü için ütüleme kalıbında yüzey çalışması yapılmasına karar verilmiştir.

Diğer kök neden olan, üretim sonrası kasalama sırasında çok sayıda parçanın üst üste konulması ve parçaların formunda bozulmalar meydana gelmesi probleminin çözümü için kasalama şeklinde değişiklik yapılması önerilmiştir. Belirlenen karşı önlemler aksiyon önceliklendirme matrisi kullanılarak Tablo 7'deki gibi önceliklendirilmiştir.

Matrise göre etki derecesi yüksek olan faaliyete 3, orta olan faaliyete 2 ve düşük olan faaliyete 1 değeri verilmiştir. Aynı şekilde, yapılabilirliği yüksek olan faaliyete 3, orta olan faaliyete 2 ve düşük olan faaliyete 1 değeri verilmiştir. Son olarak yüksek maliyetli olan faaliyete 1, orta seviye maliyetli olan faaliyete 2 ve düşük maliyetli faaliyete 3 değeri verilmiştir. Bu üç başlıkta alınan değerler çarpılarak sonuç değeri bulunmuş ve değeri daha büyük olan faaliyete öncelik verilmiştir. Bu yöntem doğrultusunda 27 değerini alan "ütüleme kalıbında yüzey çalışması" faaliyetine öncelik verilmesi gerektiğine karar verilmiştir. Faaliyet, kalite kontrol ve üretim birimleri iş birliğinde planlanmıştır.

Tablo 7

Karşı Önlemlerin Planlanması ve Öncelik Matrisi

Kök Neden	Faaliyet	Değerlendirme				
		Etki Derecesi	Yapılabilirlik	Maliyet	Sonuç	Öncelik
Ütüleme kalıbında kalıp yüzeyi ile parçanın %100 temasının sağlanamaması	Ütüleme kalıbında yüzey çalışmasının yapılması	3	3	3	27	1
Üretim sonrası kasalamada çok sayıda parçanın üst üste konması	Kasalama şeklinin değiştirilmesi; daha az parçanın üst üste konulması, kasalarda ayırıcı bir materyal kullanılması	2	3	3	18	2

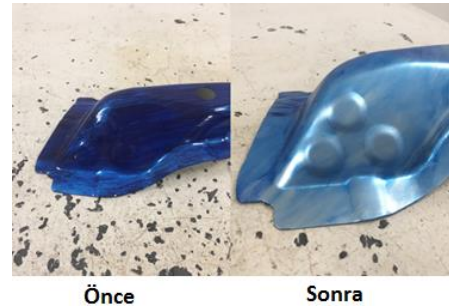
3.6.6. İyileştirme Faaliyetleri

Bir önceki adımda planlanan ütüleme kalıbında yüzey çalışması yapılması faaliyeti kalıp bakım biriminde üretim mühendisliğince hayata geçirilmiştir. Yüzey çalışması yapılan kalıp prese bağlanmış ve üretime tekrar başlanmıştır. Yapılan yüzey çalışmasının faydalı olup olmadığının gözlemlenmesi için, ütüleme operasyonu öncesinde parça tekrar mavi kalıpcı boyası ile boyanmış ve ütüleme işlemine sokulmuştur.

Ütüleme işleminden çıkan kritik 5HX, 6HX ve 7HX noktalarının yüzeyinden mavi kalıpcı boyasının silindiği Şekil 13'te görülmüştür. Bu silinme, yüzey çalışması yapılmış pres kalıbının artık parçaya tamamen temas ettiği ve yüzeyindeki boyayı kaldırdığı anlamına gelmektedir. Bu iyileştirme faaliyeti ile ütüleme kalıbının parçaya temasının sağlandığı ve bu şekilde yapılacak üretimlerde kritik noktaların C_p ve C_{pk} değerlerinin tolerans sınırlarının dışında çıkması problemi en aza indirgenmiştir.

Diğer bir kök neden olan üretim sonrası çok sayıda parçanın üst üste konması durumu ve bunun sonucunda oluşan uygunsuzluğa karşı parçanın üretimden sonra kasalanma şeklinin değiştirilmesi faaliyeti uygulamaya konmuştur.

İyileştirme amaçlı olarak üst üste konulan parça sayısının 60'tan 20'ye düşürülmesi önerilmiştir. İlgilenilen üç kritik nokta için de 20 parçanın üst üste konduğu 15 adet örnekte en üst ve en alt noktaların ölçümleri alınmış ve ortalama ölçülerdeki farklar %95 güven seviyesinde t-testi ile analiz edilmiştir. İlgili hipotezler Denklem (5)'te verilmiştir.



Şekil 13. Ütüleme Kalıbında Düzeltme Sonrası Boyalı Parça

$$H_0: \mu_{üst} = \mu_{alt} \quad (5)$$

$$H_a: \mu_{üst} \neq \mu_{alt}$$

Tablo 8'de verilen test sonuçlarına göre üst ve alt parçalar arasında anlamlı fark olmadığı ve böylece 20 parçanın üst üste konulmasının en alttaki parçada şekil bozukluğu oluşturmadığı sonucuna ulaşılmıştır. 5HX, 6HX ve 7HX için p-değerleri sırasıyla -0,70; -0,54 ve -0,75'tir.

Bunu sağlayacak şekilde mevcut kasalar kullanılarak yapılacak iyileştirme her raf 20 adet parça alacak şekilde kasaların demir ızgaralarla raf şeklinde bölünmesidir.

Tablo 8
T-testi Sonuçları

Kritik Nokta	Fark	%95 güven aralığı	t	p
5HX	$\mu_{üst} - \mu_{alt}$	(-0,17; 0,08)	-0,70	0,49
6HX	$\mu_{üst} - \mu_{alt}$	(-0,19; 0,11)	-0,54	0,59
7HX	$\mu_{üst} - \mu_{alt}$	(-0,16; 0,08)	-0,75	0,45

3.6.7. Sonuçların Kontrolü

İyileştirmenin anlamlı olup olmadığını sayısal olarak değerlendirebilmek ve 5HX, 6HX ve 7HX noktaları için hedef değer olan en az 1,33 C_{pk} değerinin elde edilip edilmediğini belirleyebilmek için iyileştirme faaliyetleri sonrasında tekrar ölçümler alınmış ve C_p ve C_{pk} değerleri hesaplanmıştır. Böylelikle iyileştirme faaliyetleri sonrası incelenen parçanın 21 adet kontrol noktası için 60'ar adet ölçüm verisi alınarak C_p ve

C_{pk} değerleri hesaplanmış ve bu değerler Tablo 9'da verilmiştir.

İyileştirme öncesi oluşturan tabloya benzer şekilde C_p ve C_{pk} değeri 1'in altında olan noktalar kırmızı ile, 1-1,33 arasında olan noktalar sarı ile, 1,33 ve üzeri olan noktalar ise yeşil ile gösterilmiştir.

Tablo 9'da görüldüğü gibi ilgilenilen 5HX, 6HX ve 7HX noktaları için C_{pk} indisleri istenen değer olan 1,33 değerinin üstüne çıkmıştır.

Tablo 9

İyileştirme Sonrası Kontrol Noktalarının C_p Ve C_{pk} Değerleri

Süreç Ortalama	Süreç Sigma	Üst Sınır	Alt Sınır	C_p	C_{pk}	Kontrol Noktası
0,565	0,126	0,50	-0,50	1,325	-0,171	1HX
0,175	0,073	0,50	-0,50	2,274	1,479	2HX
0,161	0,067	0,50	-0,50	2,487	1,686	3HX
0,230	0,048	0,50	-0,50	3,442	1,861	4HX
0,235	0,058	0,50	-0,50	2,874	1,521	5HX
0,151	0,063	0,50	-0,50	2,646	1,849	6HX
0,088	0,060	0,50	-0,50	2,776	2,286	7HX
-0,153	0,095	0,50	-0,50	1,760	1,221	8HX
-1,054	0,148	0,50	-0,50	1,123	-1,244	9HX
-0,149	0,013	0,50	-0,50	13,095	9,196	10HX
0,159	0,264	0,50	-0,50	0,631	0,430	11HX
-0,692	0,141	0,50	-0,50	1,182	-0,454	12HX
0,010	0,090	0,50	-0,50	1,861	1,822	13HX
-0,080	0,032	0,50	-0,50	5,152	4,330	14HX
0,447	0,139	1,00	-1,00	2,391	1,323	15HZ
0,483	0,132	1,00	-1,00	2,530	1,308	16HZ
0,762	0,118	1,00	-1,00	2,824	0,673	17HZ
0,806	0,317	1,00	-1,00	1,052	0,204	18HZ
-0,336	0,211	1,00	-1,00	1,578	1,048	19HZ
-0,177	0,077	1,00	-1,00	4,347	3,579	20HZ
0,703	0,279	1,00	-1,00	1,193	0,355	21HZ

Ayrıca 2HX, 3HX ve 4HX noktaları için zaten 1,33'ün üstünde olan C_p (sırasıyla 2,118; 2,194 ve 2,537) ve C_{pk} (sırasıyla 1,337; 1,370 ve 1,344) değerlerinin arttığı görülmüştür (Tablo 9). Bu artış sürecin daha fazla merkezlendiği, diğer bir ifadeyle istenen nominal değeri daha fazla yakaladığı ve spesifikasyon sınırlarını daha iyi karşıladığı anlamına gelmektedir. Benzer şekilde diğer kontrol noktaları için de C_p ve C_{pk} değerlerinde iyileşme görülmektedir (Tablo 10).

Tablo 10

İlgilenilen Noktalar 5HX; 6HX ve 7HX İçin ve Simetrik Noktaları İçin İyileştirme Sonrası C_p Ve C_{pk} Değerleri

Kontrol noktaları	İyileştirme Öncesi		İyileştirme sonrası	
	C_p	C_{pk}	C_p	C_{pk}
2HX	2,118	1,337	2,274	1,479
3HX	2,194	1,370	2,487	1,686
4HX	2,537	1,344	3,442	1,861
5HX	2,155	0,627	2,874	1,521
6HX	2,123	0,600	2,646	1,849
7HX	2,099	0,983	2,776	2,286

Böylece ilgilenilen kritik noktalar olan 5HX, 6HX ve 7HX noktaları için C_{pk} değerleri iyileştirilmekle kalmamış ilgilenilen noktaların simetriği olan 2HX, 3HX ve 4HX noktaları başta olmak üzere birçok kontrol noktası için de C_p ve C_{pk} değerleri iyileşmiştir. Böylece bu çalışmanın sadece ilgilenilen noktalar için değil sürecin tümü göz önüne alındığında da anlamlı iyileştirme elde ettiği sonucuna ulaşılabilir.

Ayrıca bazı C_p ve/veya C_{pk} değerlerinin 2 değerinin üstünde olduğu görülmektedir. Belirtilen spesifikasyon aralığının süreç değişkenliğine (varyansına) göre çok büyük olduğu durumlarda C_p ve C_{pk} 2'den büyük elde edilebilir. Bu durum aslında maliyetler açısından çok istenmeyen ve gerekli olmayan bir durumdur. C_p ve C_{pk} 'nın 2'den büyük bulunduğu durumlarda iki yoldan biri izlenebilir. Birinci yol olarak süreç daha büyük değişkenlik ile çalıştırılabilir, bunun için fazla ve gereksiz kontroller ortadan kaldırılabilir. Daha doğru olacak ikinci yol ise, sürece bağlı olarak müşteri ile birlikte yeni ve daha dar olan spesifikasyon sınırları belirlenmesi olacaktır. Bu durum göz önüne alındığında çalışmanın yapıldığı firmada gelecek çalışma olarak yeni ve daha dar olan spesifikasyon sınırları belirlenmelidir.

3.6.8. Standartlaştırma ve Kontroller

Uluslararası Standardizasyon Örgütü'nün (ISO) yaptığı tanıma göre, standardizasyon "belirli bir faaliyetten ekonomik fayda sağlamak üzere, bütün ilgili tarafların katkı ve iş birliği ile belirli kurallar koyma ve kuralları uygulama işlemidir." Bu çalışmada süreçlerin kontrol altında kalarak iyileştirmenin devamlılığı için önlemler alınmıştır. Bu önlemler şu şekildedir:

Ütüleme kalıbının yüzey temas uygunluğunun iyileştirme öncesi durumda kontrol edilmediği göz önüne alındığında kontrol için süre aralığını belirleyebilmek için kalıp kontrol deneyimi olan uzmanların görüşleri alınmıştır. Bu görüşlere bağlı olarak haftalık kontrollerin çok sık olacağı belirlenmiş ve yüzey-temas uygunluğunun her 15 günde bir kontrolünün yapılması kararlaştırılmıştır. Bu kontrollerle bulunacak uygunsuzlukların kalıpta yüzey

iyileştirme çalışmaları yapılarak hızlı bir şekilde önüne geçilebilecek ve böylece elde edilen kalite düzeyinin devamlılığı sağlanabilecektir.

Kasalama için yapılan önerilerin tüm işletme çapında faaliyete geçirilmesi ve operatörlerin yeni kasalama şeklini benimsemesi için bilgilendirme toplantıları yapılması kararlaştırılmıştır.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma kapsamında bir otomotiv işletmesinde süreç yeterlilik analizi tabanlı Genişletilmiş Kaizen uygulaması ile süreç iyileştirmesi gerçekleştirilmiştir. Küçük ve sürekli iyileştirmeler olarak bilinen Kaizen uygulamaları genellikle literatürde detaylı istatistiksel analiz gerektirmeyen uygulamalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Süreç yeterlilik analizi ve hipotez testleri gibi istatistiksel analiz teknikleri daha çok Altı Sigma ve benzeri çalışmaların kapsamında uygulanmakta ve Kaizen uygulamaları temel problem belirleme ve çözme araçlarının kullanıldığı daha basit uygulamalar olarak kalmaktadır.

Oysaki, literatürde Kaizen problemi olarak ele alınan ve nispeten basit olan problemlere kıyasla daha karmaşık problemlerin ele alınarak, Altı Sigma ve benzeri uygulamalara kıyasla daha kısa sürede çözüme ulaştırılması zaman ve maliyet açısından önemlidir. Bu tip problemlerin çözüme ulaştırılması detaylı istatistiksel analiz içermeyen tekniklerle etkin bir şekilde gerçekleştirilememekle birlikte yüzeysel kalmakta ve hatta yangın söndürme aksiyonları olarak bilinen geçici düzeyde kalabilmektedir.

Bu nedenle kök neden araştırılmadan geçici çözüm uygulanan süreçte benzer problemler tekrar edebilmekte ve bu durum da yeni bir proje uygulaması gerektirmektedir. Tekrar tekrar ortaya çıkan ve üzerinde tekrar eden çalışmalar yapılan problemler işletmeler için hem zaman hem de para kaybıdır.

Bu noktada bu çalışmada, tek defada ve kabul edilebilir bir sürede doğru iyileştirmeye ulaşmak hedefiyle bilinen Kaizen çalışmalarına göre daha kapsamlı ve daha

detaylı istatistiksel analiz içeren ve Altı Sigma ve benzeri çalışmalara göre daha kısa sürede gerçekleştirilebilen Genişletilmiş Kaizen uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın amacına uygun olarak ilk önce genel süreç için hata tanımları yapılmış ve bu hatalar için Pareto analizi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra parçanın üretim ve ölçüm süreçleri detaylı olarak incelenmiştir. Parçanın tüm kontrol noktaları için ölçüm sonuçlarına göre süreç yeterlilik indisleri hesaplanmış, kritik öneme sahip olan kontrol noktaları belirlenerek bu noktalar üzerine odaklanılmıştır. Mevcut durum analizi sonrası sebep-sonuç diyagramı oluşturulmuş, 5N1K analizleri ve hipotez testleri gerçekleştirilmiş, karşı önlemler planlanarak önceliklendirme matrisi oluşturulmuş ve iyileştirme önerileri sunulmuştur. İyileştirmeler gerçekleştirilip standart hale getirilmiştir. Belirlenen noktalar için süreç yeterlilik indislerinin iyileştirildiği görülmüştür. İyileştirme sonrasında diğer noktalar için de indisler incelendiğinde bu çalışmanın sadece ilgililenen noktalar için değil ele alınan parça için sürecin tümü göz önüne alındığında da anlamlı iyileştirme elde ettiği sonucuna varabiliriz. Bu da çalışmanın etkililiğinin bir diğer kanıtıdır. Gelecek çalışmalar olarak müşteri ile birlikte belirli noktalar için yeni ve daha dar olan spesifikasyon sınırları belirlenmesi önerilmiştir. Çalışma süresince işletme tarafından maliyet bilgileri paylaşılmadığı için detaylı maliyet hesapları yapılamamıştır. Ancak işletme yönetimi çalışma ve iyileştirme sonrası belirgin bir maliyet düşüşü elde ettiğini belirtmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında gelecek çalışmalarda Genişletilmiş Kaizen'in benzer veya farklı süreçlerde uygulanması, Kaizen'in sürekli iyileştirme özelliğini bir adım daha ileriye götürerek literatürde basit uygulamalar olarak yer etmiş olan Kaizen çalışmalarının aslında çok daha etkin olma özelliğini daha da öne çıkaracaktır. İstatistiksel analizlerle desteklenmiş detaylı ve kapsamlı Kaizen uygulamaları sadece Kaizen literatürünü zenginleştirmekle kalmayacak en başta işletmelere zaman ve maliyet avantajları sağlayarak günümüzün yoğun rekabetçi koşullarında buldukları pazarda daha sağlam adımlar atmaları için imkan sunacaktır.

Kaynaklar

- Abdulmouti, H. (2015). The role of Kaizen (continuous improvement) in improving companies' performance: A case study. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Proceedings*, 1-6. IEEE. doi: <https://doi.org/10.1109/IEOM.2015.7093768>
- Alukal, G. (2007). Lean kaizen in the 21st century. *Quality Progress*, 40(8), 69. Erişim adresi: [https://search.proquest.com/docview/214763157](https://search.proquest.com/docview/214763157/fulltextPDF/751C562389B54B24PQ/1?accountid=16716)
- Aoki, K. (2008). Transferring Japanese kaizen activities to overseas plants in China. *International Journal of Operations & Production Management*, 28(6), 518-539. doi: <https://doi.org/10.1108/01443570810875340>
- Arcidiacono, G., Calabrese, C., & Yang, K. (2012). *Leading Processes to Lead Companies: Lean Six Sigma: Kaizen Leader & Green Belt Handbook*. Milano, Italy: Springer Science & Business Media.
- Aydın, Z. B., ve Kargı, V. S. A. (2018). İstatistiksel kalite kontrol teknikleri ile otomotiv sektöründe bir uygulama. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 16(1), 41-63. doi: <https://doi.org/10.11611/yead.332129>
- Berger, A. (1997). Continuous improvement and kaizen: standardization and organizational designs. *Integrated Manufacturing Systems*, 8(2), 110-117. doi: <https://doi.org/10.1108/09576069710165792>
- Brooks, R. (1993), Change for the better, *The TQM Magazine*, 5(4), 51-53. doi: <https://doi.org/10.1108/EUM000000003092>
- Brunet, A.P. & New, S. (2003), Kaizen in Japan: an empirical study, *International Journal of Operations & Production Management*, 23(12), 1426-1446. doi: <https://doi.org/10.1108/01443570310506704>
- Charles, A. A., & Chucks, O. K. (2012). Adopting the Kaizen suggestion system in South African Lean automotive components companies. *Science Journal of Business Management*, 2012. Erişim adresi: <https://www.sjpub.org/sjbm/abstract/sjbm-266.html>
- Cherrafi, A., Elfezazi, S., Hurley, B., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Anosike, A., & Batista, L. (2019). Green and Lean: a Gemba-Kaizen model for sustainability enhancement. *Production Planning & Control*, 30(5-6), 385-399. doi: <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1501808>
- Dave, Y., & Sohani, N. (2015). Solving the issue of electronic breakdown of hobbing machine through Kobetsu Kaizen methodology: A case study. In *Applied Mechanics and Materials*, 789-790, 592-596. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.789-790.592>
- Goyal, A., Agrawal, R., Chokhani, R. K., & Saha, C. (2019). Waste reduction through Kaizen approach: A case study of a company in India. *Waste Management & Research*, 37(1), 102-107. doi: <https://doi.org/10.1177/0734242X18796205>
- Guo, W., Jiang, P., Xu, L., & Peng, G. (2019). Integration of value stream mapping with DMAIC for concurrent Lean-Kaizen: A case study on an air-conditioner

- assembly line. *Advances in Mechanical Engineering*, 11(2), 1687814019827115. doi: <https://doi.org/10.1177/1687814019827115>
- Iannettoni, M. D., Lynch, W. R., Parekh, K. R., & McLaughlin, K. A. (2011). Kaizen method for esophagectomy patients: improved quality control, outcomes, and decreased costs. *The Annals Of Thoracic Surgery*, 91(4), 1011-1018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2011.01.001>
- Imai, M. (1986), *Kaizen: The key to Japan's Competitive Success*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Imai, M. (2012), *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*. New York, NY: McGraw Hill Professional.
- Iwao, S. (2017), Revisiting the existing notion of continuous improvement (Kaizen): literature review and field research of Toyota from a perspective of innovation. *Evolutionary and Institutional Economics Review*, 14(1), 29-59. doi: <https://doi.org/10.1007/s40844-017-0067-4>
- Junker, B. (2010). Kaizen for improvement of rapid protein production for early reagent protein quantities. *Biochemical Engineering Journal*, 49(3), 435-444. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2010.02.007>
- Kumar, S., Dhingra, A., & Singh, B. (2018a). Lean-Kaizen implementation: A roadmap for identifying continuous improvement opportunities in Indian small and medium sized enterprise. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 16(1), 143-160. doi: <https://doi.org/10.1108/JEDT-08-2017-0083>
- Kumar, S., Dhingra, A. K., & Singh, B. (2018b). Process improvement through Lean-Kaizen using value stream map: a case study in India. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1-12. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-018-1684-8>
- Lyu Jr, J. (1996). Applying Kaizen and automation to process reengineering. *Journal of Manufacturing Systems*, 15(2), 125-132. doi: [https://doi.org/10.1016/0278-6125\(96\)82337-5](https://doi.org/10.1016/0278-6125(96)82337-5)
- Ma, J., Lin, Z., & Lau, C. K. (2017). Prioritising the enablers for the successful implementation of Kaizen in China: a Fuzzy AHP study. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34(4), 549-568. doi: <https://doi.org/10.1108/IJQRM-12-2015-0173>
- Manos, A. (2007). The benefits of Kaizen and Kaizen events. *Quality Progress*, 40(2), 47. Erişim adresi: <https://search.proquest.com/docview/214768622?pq-origsite=gscholar>
- Maurer, R. (2012), *The Spirit of Kaizen: Creating Lasting Excellence One Small Step at a Time*. New York, NY: McGraw Hill Professional.
- Murata, K., & Katayama, H. (2010). A study on construction of a kaizen case-base and its utilisation: a case of visual management in fabrication and assembly shop-floors. *International Journal of Production Research*, 48(24), 7265-7287. doi: <https://doi.org/10.1080/00207540903373823>
- Nihon H.R.K. (1995). *Improvement Engine: Creativity and Innovation Through Employee Involvement--The Kaizen Teian Approach*. Portland, Oregon: Productivity Press.
- Parkhan, A., & Sugarindra, M. (2018). Productivity improvement in the production line with lean manufacturing approach: case study PT. XYZ. *MATEC Web of Conferences Proceedings*, 154, 01093. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815401093>
- Prashar, A. (2014). Redesigning an assembly line through Lean-Kaizen: an Indian case. *The TQM Journal*, 26(5), 475-498. doi: <https://doi.org/10.1108/TQM-04-2013-0054>
- Ramasesh, R. V., & T. R. Browning. (2014). A Conceptual Framework for Tackling Knowable Unknown Unknowns in Project Management. *Journal of Operations Management*. 32(4), 190-204. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jom.2014.03.003>
- Reinertsen, D., & Shaeffer, L. (2005). The logic of lean. *Research Technology Management*, 48(4), 52. Erişim adresi: <https://search.proquest.com/docview/213803895?pq-origsite=gscholar>
- Shamshurin, A. (2011). Beyond lean manufacturing: the productivity, innovator's and proactivity dilemmas resolved. Erişim adresi: <https://researchbank.rmit.edu.au/view/rmit:160112>
- Sanchez, L., & Blanco, B. (2014). Three decades of continuous improvement. *Total Quality Management & Business Excellence*, 25(9-10), 986-1001. doi: <https://doi.org/10.1080/14783363.2013.856547>
- Singh, J., & Singh, H. (2015). Continuous improvement philosophy—literature review and directions. *Benchmarking: An International Journal*, 22(1), 75-119. doi: <https://doi.org/10.1108/BIJ-06-2012-0038>
- Singh, J., & Singh, H. (2016). Evaluation of Kaizen Technique Across Manufacturing Unit--A Case Study. *Productivity*, 57(1). Erişim adresi: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=4689e84b-bba2-4eba-bdbf-481d902588e6%40sessionmgr102>
- Suárez-Barraza, M. F., & Ramis-Pujol, J. (2010). Implementation of Lean-Kaizen in the human resource service process: A case study in a Mexican public service organisation. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 21(3), 388-410. doi: <https://doi.org/10.1108/17410381011024359>

- Suárez-Barraza, M. F., Ramis-Pujol, J., & Kerbache, L. (2011). Thoughts on kaizen and its evolution: Three different perspectives and guiding principles. *International Journal of Lean Six Sigma*, 2(4), 288-308. doi: <https://doi.org/10.1108/20401461111189407>
- Tozawa, B., & Bodek, N. (2001). *The Idea Generator: Quick and Easy Kaizen*. Vancouver, WA: PCS Inc.
- Vardhan, S., & Gupta, P. (2014). Study on the Implementation of Kobetsu Kaizen (KK) Pillar of TPM in a Process Industry. *Applied Mechanics and Materials* 592, 2694-2698. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.592-594.2694>
- Yamamoto, Y. (2017). *Kaikaku in production in Japan: An analysis of Kaikaku in terms of ambidexterity*. In *Innovative Quality Improvements in Operations* (pp. 67-89). Switzerland: Springer, Cham.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *Machine That Changed The World*. Newyork, NY: Simon and Schuster.