

## YALIN ALTI SİGMA VE BİR UYGULAMA

*Doç.Dr. Onur ÖZVERİ\**  
*Arş.Gör. Engin ÇAKIR\*\**

### ÖZ

Günümüzde hem üretim sektöründe hem de hizmet sektöründe birçok organizasyon kalitenin önemini kavramıştır. Bu nedenle süreçlerini iyileştirmek için farklı stratejileri ve yenilikleri uygulamaya çalışmaktadırlar. Yalın Altı Sigma müşteriye odak noktasına koyarak, maliyetleri ve israfı azaltmayı, verimliliği arttırmayı ve kaliteli mal üretip bunu sürdürmeyi amaçlayan bir yönetim felsefesidir. Bunun için kullanılan teknikler, süreç iyileştirmesi sağlamanın yanında, müşterinin ödemek istemediği katma değersiz zamanların yok edilmesini de amaçlamaktadır. Bu çalışmada ilk olarak Yalın Altı Sigma yöntemi genel hatlarıyla anlatılmış, ardından çalışmanın son bölümünde jant üretim firmasında yapılan bir Yalın Altı Sigma uygulamasına yer verilmiştir. Uygulama üretimde en çok kaybın meydana geldiği kasnak bölümünde yapılmıştır. Uygulamada kasnak bölümünde meydana gelen aksaklıklarla ilgili, müşterinin sesi analizi de dikkate alınarak, çözüm yolları araştırılmıştır. Uygulamanın sonunda, kasnak üretim sürecinde meydana gelen hurda sayılarında azalma sağlanırken, aynı zamanda yalın uygulamalar ile israfında önüne geçilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yalın Altı Sigma, Altı Sigma, Yalın Üretim

**Jel Kodu:** M10, M11

## LEAN SIX SIGMA AND AN IMPLEMENTATION

### ABSTRACT

Nowadays, many organizations understand the importance of quality in both manufacturing and service sector, because of that they are trying to implement different strategies and innovations to improve their own processes. Lean Six Sigma is a management philosophy and customer focus. The purpose of Lean Six Sigma to reduce costs, reduce waste, increase productivity and produce high-quality goods. Also, Lean Six Sigma decrease non-value-added times which customers do not want to pay. At the beginning of this study, the Lean Six Sigma method is described in general terms and in the last part, a Lean Six Sigma which implemented in a wheel manufacturing company, is presented. Result of this study has been implemented in the pulley section where the most of defect is occurred. In the application section, using the customer voice analysis, the pulley section problems are examined. After this implementation, the number of scraps in the pulley production process is decreased, also the waste, which is occurred in production process, has been eliminated.

**Keywords:** Lean Six Sigma, Six Sigma, Lean Production

**Jel Classification:** M10, M11

---

\* Dokuz Eylül Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, e-mail: onur.ozveri@deu.edu.tr

\*\* Adnan Menderes Üniversitesi, Nazilli İİBF, İşletme Bölümü, e-mail: engincakir@adu.edu.tr

## I. GİRİŞ

Altı Sigma'nın değişkenlikleri azaltan felsefesi ile yalın üretimin israfını yok edilmesini amaçlayan anlayışı, bu çalışmanın esasını oluşturmuştur. Çalışmanın ilk bölümünde, Altı Sigma kavramının anlamı ve tanımlamalarına yer verilmiştir. İkinci bölümde, Altı Sigma organizasyonundaki roller ve sorumluluklar açıklanmıştır. Üçüncü bölümde, Altı Sigma iyileştirme modeli DMAIC Tanımlama (Define), Ölçüm (Measure), Analiz (Analyse), İyileştirme (Improve) ve Kontrol (Control) açıklanmıştır. Dördüncü bölümde Yalın Altı Sigma konusu ele alınmış, yalın üretim ile Altı Sigma'nın bir arada nasıl kullanılabileceği anlatılmıştır.

Çalışmanın uygulama bölümünde, Yalın Altı Sigma yöntemini firmanın tüm birimlerinde uygulamayı amaç edinmiş bir jant üretim işletmesi olan ABC firmasında (firma isminin verilmesini istemediğinden ABC olarak ifade edilmiştir) yapılan uygulama sunulmuştur. Firma hakkında genel bilgiler ve firmada üretilen ürünlerin neler olduğu ile uygulama çalışmasına başlanmıştır. Altı Sigma iyileştirme planı doğrultusunda, DMAIC adımları takip edilerek yalın üretim tekniklerinin, Altı Sigma teknikleri ile eş zamanlı olarak kullanılmasını içeren uygulama aşamaları anlatılmıştır. Bu çalışmanın uygulama kısmında, kullanılan tekniklerin detaylarını vermek yerine, tekniklerin Yalın Altı Sigma yöntemi içerisinde nasıl kullanıldığı ve sonuçlarının iyileştirmelere nasıl kılavuzluk ettiği açıklanmaya çalışılmıştır.

## II. ALTI SİGMA KAVRAMI

Sembol olarak "Sigma" Yunan alfabesinin bir harfidir. Büyük harf sigma ( $\Sigma$ ), genellikle toplam simgesi olarak bilinir ve küçük harf sigma ( $\sigma$ ) ise istatistikte standart sapmanın simgesidir. Standart sapma ise bir dağılım, yayılma, sapma ve farklılaşma ölçüsüdür. Belirli koşullarda oluşan değerler arasında farklılaşma büyüdükçe standart sapma büyür ve farklılaşma azaldıkça da küçülür. Dolayısıyla sigma değerinde iyileşme sağlandıkça maliyet ve çevrim zamanı azalmakta, aynı zamanda müşteri memnuniyeti de artmaktadır (Öztürk, 2009:449-450).

Altı Sigma kavramı ilk kez Jack Welch ve arkadaşları tarafından popüler hale getirilmiş, hatta Amerikan Hükümetinin terörle mücadelesinde kullanılmış bir kalite tekniğidir (Dirgo, 2006:57). 1980'lerde Motorola firmasında Altı Sigma'nın öncülüğünü üstlenmiş olan Harry ve Schroeder (2000:VII) Altı Sigma'yı "üretim ve hizmet süreçlerinde kusur ve hataların nedenlerini bulmaya ve ortadan kaldırmaya, işlemlerin maliyetini ve çevrim zamanlarını azaltmaya, verimliliği arttırmaya, müşteri beklentilerini daha iyi şekilde karşılamaya ve daha yüksek işletme aktif kullanımı ve yatırımların geri dönüşünün başarılmasına odaklanan bir iş iyileştirme yaklaşımıdır" olarak tanımlamıştır (Evans ve Lindsay, 2005:3).

Altı Sigma yöntemini uygulayan şirketler, süreçlerinin verimliliğini sigma seviyesi adı verilen bir endeksle izlemektedirler. Sigma seviyesiyle; ürün başına hata, kalitesizlik maliyeti, çevrim zamanı ve verimlilik gibi karakteristikler arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:30-31). Bir milyon fırsattaki hata sayısı (DPMO), bir Altı Sigma metriğidir. Bu metrikle bir milyon çıktıdaki hatalı ürün adedi hesaplanır ve Altı Sigma'nın amacı olan DPMO'nun (milyon fırsatta hata sayısı - defects per million opportunities) 3.4'ten düşük olması için çalışmalar yapılır. Bir sürecin Altı Sigma kalite düzeyinde olması demek, elde edilen ürün veya hizmette bir milyonda en fazla 3.4 adet hataya rastlanması demektir. Özet olarak ifade edilirse Altı Sigma, daha sıkı çalışmak için değil, daha akıllıca çalışmak için bir felsefe ve bir iş stratejisidir (Wyper ve Harrison, 2000:722). Tablo 1'de farklı sigma seviyeleri için hata sayıları görülmektedir.

## III. ALTI SİGMA'DA ROLLER VE SORUMLULUKLAR

Altı Sigma yaklaşımı, süreç gücü ve insan gücünü çok iyi bir şekilde bir araya getirerek bir sinerji sağlar. Başarısı herkesin oynayacağı rolün çok iyi belirlenmesine bağlıdır. Altı Sigma

organizasyonlarında tüm personele aldıkları eğitimin türüne göre farklı unvan, yetki ve sorumluluklar verilir (Baş, 2003:23). Yukarıdan aşağıya bir yönetim anlayışı şeklinde yürütülür.

Altı Sigma yaklaşımı işletmede uygun alt yapının olması, tepe yönetiminin isteği, arzusu ve bütün sistemdeki bireylerin katkısıyla başarılı bir uygulamaya dönüşebilir.

**Tablo 1:** Farklı sigma seviyeleri için hata sayıları

Sigma Seviyesi	Hata Sayısı
1	690,000
2	308,300
3	66,807
4	6,220
5	233
6	3.4

**Kaynak:** Taghizadegan, 2006,13

Başarılı bir uygulama için Altı Sigma projelerinde çalışan ekip üyelerinin sorumluluk ve görevlerinin tanımlanması gerekir. Altı Sigma yaklaşımında çalışan görevlilerin sorumlulukları aldıkları kuşak rengine göre sıralanmış ve tanımlanmıştır (Patır, 2008:73). İlk bakışta Uzakdoğu sporlarının yapıldığı bir kulübün organizasyon yapısını andıran bu unvanlar Altı Sigma'nın uygulandığı organizasyonun yapısı, uygulamanın kapsamı ve projelerin türüne bağlı olarak farklılık gösterebilir. Bazı şirketler genel kabul gören unvanlara sarı, mavi vb. kuşaklar eklerken, bazıları ise birkaç kuşakla yetinmektedir (Baş, 2003:23). Altı Sigma organizasyonu içerisinde yer alan ekiplerin rolleri özetle Tablo.2'de gösterilmiştir.

**Tablo.2:** Altı Sigma Organizasyonunda Roller ve Sorumluluklar

Şampiyon	Uzman Kara Kuşak	Kara Kuşak	Yeşil Kuşak
Şirketin Altı Sigma vizyonunu oluşturmak	Kara Kuşakların eğitimine ve sertifikalandırılmasına yardımcı olmak	Proje engellerini belirlemek	Günlük işlerin yanında, Yeşil Kuşak fonksiyonlarını yerine getirmek
Altı Sigma uygulama yolunu tanımlamak	Şampiyonlarla işbirliği kurmak	Projenin gerçekleştirilmesinde ekipleri yönlendirmek ve yönetmek	Kara Kuşakların projelerine katılarak, sorumluluklarını yerine getirmek
Stratejileri uygulamak için eğitim planı geliştirmek	Örgütün birçok seviyesindeki personeline eğitim vermek	Liderlere gelişmeleri rapor etmek	Projelerin uygulanmasında Altı Sigma metodlarını öğrenmek
Etkisi yüksek olacak projeleri belirlemek	Proje tanımlamasına yardımcı olmak	Gerektiğinde şampiyonlardan yardım talep etmek	Projelerin tamamlanmasından sonra da Altı Sigma metot ve araçlarının öğrenimini sürdürmek
İstatistiksel düşünce sistemini geliştirmek	Proje çalışmalarında Kara Kuşakları desteklemek	Uygulamada kullanılacak en etkin araçları belirlemek	
Kara Kuşakları denetlemek	Gerekli olduğunda teknik danışmanlık verebilmek üzere proje incelemelerine katılmak		

**Kaynak:** Harry ve Schroeder, 2000:198-199.

#### IV. ALTI SİGMA İYİLEŞTİRME MODELİ AŞAMALARI

Altı Sigma yaklaşımının uygulanmasında, öncelikle işletmenin stratejik ve kritik başarı faktörlerine yönelik olarak doğru projeler belirlenmeli ve bu projelerde görev alacak kişilerden oluşan bir ekip seçilmelidir. Söz konusu ekipte bulunanlar, yeşil kuşak veya kara kuşak eğitiminden geçmiş olmalıdır. DMAIC olarak adlandırılan Altı Sigma iyileştirme planının ilk adımı olan tanımlama aşaması, potansiyel problemi tanımlamak ve bu problemin müşteri tatminine, paydaşlara, çalışanlara ve karlılığa etkisini belirlemek amacıyla yapılır. Bu aşamada, kritik müşteri istekleri, proje amaç ve hedefleri, ekibin rolleri ve sorumlulukları, süreç haritası ve performans kriterleri tanımlanır (Gupta, 2004:24-25). Ölçme aşamasında proje durum raporu doldurularak termin ve hedefler belirlenir. Ardından proje ekibi seçilir ve bu ekipte süreçten, tedarikçilerden ve müşterilerden temsilcilerin bulunmasına dikkat edilir. Sürecin akış diyagramı çizilirken, girdiler ve çıktılar belirlenir. Problemi oluşturan sürecin çıktıları ile girdilerinin bir listesi hazırlanarak, sebep-sonuç diyagramı, sebep-sonuç matrisi ve hata türü ve etkileri analizi (FMEA) gibi araçların kullanımı ile sebep- sonuç ilişkileri incelenir (Gürsakal, 2005:120). Bu aşamada temel amaç, projenin girdi ve çıktılarının doğru olduğundan emin olmak ve mevcut durumu değişik görsel analizler yardımı ile ortaya koymaktır. Süreç performans göstergelerinin ne kadar doğru ölçülüp ölçülmediğinin belirlenmesi çalışmaları bu aşamada yürütülür (Polat, Cömert ve Arıtürk, 2005:87). Analiz aşamasında, problemin ya da sürecin mevcut performansı ile arzu edilen hedef arasındaki boşluğu ortadan kaldırmak için yöntemleri saptamaya yönelik analizler yapılır. Bu aşamada verilerin anlaşılmasına yardımcı olması için istatistiksel veri analizleri kullanılır (Pyzdek: 2003:238). İyileştirme aşamasında, sürecin sahip olduğu sorunları ortadan kaldıracak çözümler tasarlanır ve uygulama planları geliştirilir. Gerekli kişilerin hizmet içi eğitim ve motivasyon sistemleri sayesinde iyileştirme sistemine dahil edilmesi ile iyileştirilmenin sürekliliği sağlanır (Gürsakal, 2005:123). Kontrol aşamasında, süreç iyileştirmesi başarılı ise doğrulanır ve zaman içinde iyileştirmenin süreceğinden emin olunur. Yapılacak işlem; insana dayalı yanlışları gidermek, güncel eğitimi sağlamak, kontrol prosedürlerini güncelleştirmek, değişimin özel nedenlerini yok ederek yeni sürecin istatistiksel süreç kontrolü altına alınmasını sağlamaktır. Yeni süreç kararlı olduğunda elde edilen gerçek iş sonuçları belgelendirilir. Eğer hedefler karşılanmaz ise düzeltici faaliyet olarak DMAIC döngüsü tekrar başlatılır (Öztürk, 2009:461).

#### V. YALIN ALTI SİGMA KAVRAMI

1950'li yıllarda Deming ve Juran tarafından gündeme getirilen istatistiksel süreç kontrol sistemleri 1960'lı yıllarda Toyota Üretim Sistemi ile bir ileri safhaya taşınmıştır. 1980'li yıllara gelindiğinde Tam Zamanında Üretim ve Toplam Kalite Yönetimi yeni yaklaşımlar olarak ön plana çıkmıştır. 1990'lı yıllarda Yalın Düşünce ve Yalın Üretim ilk kez James P.Womack tarafından Toyota Üretim Sistemi'nden esinlenerek yazılan "Dünyayı Değiştiren Makine" adlı kitap ile gündeme gelirken, Altı Sigma yaklaşımı ise önce Motorola ve ardından General Electric ile dünyada tanınmıştır. Yalın üretim ile Altı Sigma'nın üretim ve hizmet sektöründe farklı avantajları bir araya gelerek, 2000'li yıllardan itibaren Yalın Altı Sigma yaklaşımı ortaya çıkmıştır. Yalın Altı Sigma, kalite yolculuğunda yeni bir yaklaşım olmakla birlikte, yöntem halen gelişme aşamasındadır. Yalın (lean), her türlü gereksiz israfı azaltmak ve müşteri ihtiyaçlarına göre kaynakları kontrol etmektir. İsrif, müşteriye değer katmayarak maliyeti artıran her şeydir. Yalın, sürekli iyileştirme içinde müşteriye mükemmel ürün akışını sağlamak için israfın belirlenmesi ve yok edilmesi için sistematik bir yaklaşımdır. Yalın yaklaşım, süreç optimizasyonu içinde maliyetin azaltılmasına odaklanır (Öztürk, 2009:471). Altı Sigma ise, hataların azaltılması ile değişkenliğin azaltılarak kalitenin iyileştirilmesine odaklanan, ölçüm esaslı bir yöntemdir. Yalın Altı Sigma, bu iki yöntemin dengeli bir biçimde bir araya getirilmesi ile oluşan bir yaklaşım olmaktadır (Hostetler, 2010:38).

Yalın Altı Sigma iki ayrı kavram olan “Yalın” ve “Altı Sigma” nın bir araya gelmesi sonucunda oluşmuş bir yönetim felsefesidir. Yalın Altı Sigma, hem kalite iyileştirme, hem de ekonomik kazanç elde etmede standardizasyonu sağlarken, aynı anda israf ve maliyeti azaltmada da sistematik bir etkiye sahiptir (Polk, 2011:38). Üretim işlemlerini daha yalın hale getiren ve milyon başına en fazla 3.4 hata ile ürün kalitesini arttıran bu yaklaşım, General Electric Co., Dell Inc., Xerox Corp. ve Johnson & Johnson gibi birçok şirkette önemli iyileştirmeler ve maliyette tasarruflar sağlamıştır (Guarraia, Carey, Corbett ve Neuhaus, 2008:1). Hedefi, hata oranını en aza indirmek, verimliliği yükseltmek, tüm iş süreçlerini mükemmelleştirmek ve müşteri memnuniyetini sürekli artırmaktır. Yalın Altı Sigma yaklaşımı hataları tespit etmek ve düzeltmekle yetinmeyip, iş sürecinin daha en baştan hata yapmayacak şekilde yeniden yapılandırılması esasına dayanır. Bununla beraber, süreçlerin daha hızlı bir şekilde akışını sağlamak için israfı yok edecek çözümler ortaya koyar ve maliyetleri minimum seviyeye getirerek kazancı maksimum seviyeye çıkarır. Yalın Altı Sigma; müşteri memnuniyeti, maliyet, kalite, süreç hızı ve yatırım sermayesi alanlarında en iyi şekilde iyileşme sağlayarak paydaşların tatminini en üst seviyeye çıkarır. Müşterinin kritik kalite sorunlarına neden olan ve tüm süreçlerde uzun süreli gecikmeler meydana getiren faaliyetler; maliyet, kalite ve teslim sürelerinde iyileşme yapabilmek için çok büyük fırsatlar sunar (Dumitrescu, Tent ve Dumitrescu, 2010:433). Yalın Üretimin öncelikli itici gücü israfın azaltılmasıdır. Yalın Üretim, Tam Zamanında Üretim sistemini kullanarak, her bir süreçte yer alan yedi israfın tanımlanması ve yok edilmesi üzerine odaklanır (Jiang, Chen ve Wu, 2004:2).

Yalın Altı Sigma yöntemi geleneksel Altı Sigma adımları olan DMAIC yol haritasını izler. DMAIC ile gösterilen Altı Sigma sistemi mevcut problemleri çözmeye, gelecekteki fırsatları görmeye ve projeleri yönetmeye yardımcı yapısal bir yöntemdir (Wyman, 2007:5). DMAIC, şimdiye kadar kullanılan en etkili sorun çözme yöntemlerinden biri biridir, çünkü ekipleri verileri kullanarak aşağıdakileri yapmaya zorlar (George, Rowlands ve Kastle, 2005:62),

- Sorunun yapısını ve kapsamını doğrulamak,
- Sorunların gerçek nedenlerini tanımlamak,
- Kanıtlara göre nedenlere bağlı olan çözümler bulmak,
- Çözümleri proje bittikten sonra bile koruyan prosedürler oluşturmak.

## VI. UYGULAMA

Uygulamanın yapıldığı firma 1977 yılında kurulmuş, yaklaşık 1500 çeşit jant üretimi gerçekleştiren ve üretiminin büyük bölümünü ihraç eden büyük ölçekli bir firmadır. Firma ürünlerinin gerçekleşmesinde müşteri memnuniyetinin sağlanması amacıyla 1997 yılında TSE.EN.ISO 9001 kalite belgesi almış ve halen bu sistemi uygulamaktadır. Avrupa Birliği'ne üyelik ve uluslararası rekabetin zorunlu kıldığı uluslararası standartlara uyum ve kalite yönetiminin sağlanması amacıyla da 2005 yılında ISO/TS 16949 - Otomotiv Sektörü ve Yan Sanayi Kalite Yönetim Sistemi Belgesini almıştır. 2010 yılında ise tüm çalışanlara yalın üretim ile ilgili eğitimler verilerek, firma genelinde süreçlerin daha hızlı ve düzenli olması sağlanmış, müşteriye katma değeri yüksek ürünler satılmaya başlanmıştır. Firmanın ürünleri jant, disk ve kasnakta oluşur. Kasnak lastiğin oturduğu kısım, disk ise kasnağı araca bağlayan bölümdür.

Günümüz işletmeleri; yoğun rekabet, her alanda hızla yaygınlaşan otomasyon, bilgisayar kullanımı, kısalan ürün yaşam eğrileri, yüksek kaliteli ve yeni ürünlere makul fiyatlarla sahip olmak isteyen tüketici istekleri gibi faktörler içerisinde faaliyetlerini sürdürmeye çalışmakta ve başarılı olmanın yollarını aramaktadırlar. Maliyetlerin azaltılabilmesi; süreçlerin iyileştirilmesi, hataların azaltılması ve israfın ortadan kaldırılması ile mümkündür. Literatürde maliyetleri azaltmaya yardımcı birçok yöntem bulunmaktadır. Bir iyileştirme tekniği olan Yalın

Altı Sigma'nın hataları ve israfi azaltan hedefinin maliyetler üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı, işletmeler bu yöntemi tercih etmektedirler. Hem hizmet, hem de üretim sektöründe kullanılabilen bu yeni iyileştirme tekniği, çalışmamızın konusunu oluşturmuştur. Çalışmanın uygulama bölümünde ABC jant üretim işletmesinde, DMAIC yol haritası izlenerek Yalın Altı Sigma teknikleri kullanılmıştır. Uygulamada hem süreçteki değişkenlikleri azaltarak sigma seviyesinin artırılması, hem de israfların yok edilmesi amaçlanmıştır.

#### A) TANIMLAMA AŞAMASI UYGULAMALARI

DMAIC'in her bir adımında uygun yalın üretim ve Altı Sigma teknikleri kullanılarak, iyileştirme amacına ulaşılmaya çalışılmıştır. Tanımlama aşamasında öncelikle odak grup çalışması ile müşterinin sesi analizi yapılarak, müşteri istekleri CTQ'lar (kritik kalite karakteristikleri - Critical To Quality) belirlenmiştir. AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) yöntemi ile müşterilerden belirlenen bu isteklerin önem sıralaması yapılmış, böylece müşteriler için en önemli olan istekler tespit edilmiştir. AHP ile belirlenen en önemli müşteri isteği "Jantın Fiyatı" için firmanın yapması gerekenlerin şekilsel gösterimi Ağaç Diyagramı ile belirlenmiştir. Proje beyanı ile "Jantın Fiyatı" müşteri isteği için firmanın yapması gerekenlerin nasıl ve kimler tarafından gerçekleştirileceğinin detaylı açıklaması yapılmıştır. SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers – Tedarikçiler, Girdiler, Süreç, Çıktılar, Müşteriler) ile "Jantın Fiyatı" beklentisinin iyileştirileceği 7.hattın detaylı süreç işleyişi oluşturulmuştur. Süreç akışı belirlenen 7.hatta maliyete neden olan ve direk olarak "Jantın Fiyatı"na etkisi olan hurda nedenlerinin neler olduğunu tespit etmek için, veri toplama planı oluşturulmuş ve veriler toplanmıştır. Toplanan verilerin Pareto analizi ile hataya en çok neden olan etkenin "Kasnak Bölümü" olduğu tespit edilmiştir. Yine kasnak bölümünde hata nedenleri için Pareto analizi yapıldığında, "Kalibre" operasyonunun en çok hataya neden olduğu belirlenmiştir. Pareto analizleri ile en çok hataya neden olan kasnak bölümünün iyileştirilmesi için yalınlaştırma tekniği olan değer akış haritası kullanılmıştır.

#### 1. Odak Grup ile Müşteri İsteklerinin Belirlenmesi

Müşterilerin ürünle ilgili beklentileri Odak Grup yöntemiyle incelenmiştir. Firmaya çağrılan 10 müşteri ile Odak Grup çalışması yapılmıştır. Uygun hedef kitleden oluşan bu grubun konu üzerine yaptığı tartışmalar firmadaki uzmanlarca dinlenmiş ve Tablo.3'deki müşteri istekleri, yani CTQ'lar belirlenmiştir.

**Tablo.3:** Odak Grup çalışması ile elde edilen müşteri istekleri

CTQ	Müşterilerin İstekleri
A	Jantın Taşıma Kapasitesi
B	Jantın Ömrü
C	Jantın Fiyatı
D	Jantın Ağırlığı
E	Jantın Lastikleri Yıpratma Seviyesi
F	Jantın Frenlerin Ömrünü ve Performansına Etkisi
G	Firma Tarafından Sorunların Çözülme Hızı

## 2. AHP ile Müşteri İsteklerinin Sıralanması

Firma Tablo.3'deki yedi CTQ'dan ilk olarak hangisini geliştireceğinin kararını verme durumundadır. Bu nedenle, yedi CTQ'dan hangisinin seçileceğine karar vermek için farklı alternatiflerin önceliklerinin sıralamasında uygulanan ve Saaty (1988) tarafından geliştirilen AHP yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla firma 22 adet müşteri belirlemiş ve bu müşterilerden yedi CTQ için 9'lu ölçek puanı ile ikili karşılaştırma yapmaları istenmiştir. Her bir müşterinin AHP tablosu birbirinden farklılık göstermektedir. Yirmi iki müşterinin farklı karşılaştırmalarını tek tabloya dönüştürmede expert choice programı kullanılmıştır. Tutarlılık Oranı  $< 0.10$  olduğundan sonuçların tutarlı olduğu tespit edilmiştir. Tablo.4'deki ortalamalar ikili karşılaştırmalar matrisindeki değerlerin, Saaty (Saaty, 1980, s:6-24) tarafından geliştirilen normalizasyon işlemlerine tabi tutulması ile elde edilmiştir.

**Tablo.4.** Müşteri İstekleri için İkili Karşılaştırma Matrisi

CTQ	A	B	C	D	E	F	G	Ortalama lar
A		1/3	1/9	5	1/5	1/3	1/5	0,040
B	3		1/5	7	3	5	3	0,213
C	9	5		9	3	3	5	0,378
D	1/5	1/7	1/9		1/7	1/5	1/3	0,020
E	5	1/3	1/3	7		7	3	0,189
F	3	1/5	1/3	5	1/7		4	0,093
G	5	1/3	1/5	3	1/3	1/4		0,067

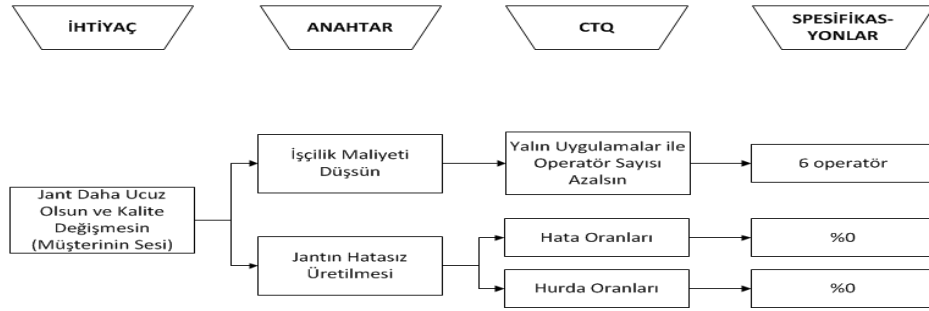
Tablo 4'de birinci satır ile, dördüncü sütunun kesiştiği yerdeki "5" değeri; müşterilerin A CTQ'sunu, D CTQ'suna göre 5 kat daha fazla tercih ettiğini (önem verdiğini) ifade etmektedir. Tablo.4'e bakıldığında, AHP yöntemine göre normalizasyon işlemleri sonucunda elde edilmiş en yüksek ortalamaya sahip olan müşteri isteği "C" yani "Jantın Fiyatı" (0.378) olduğundan firmanın öncelikle bu konuyu iyileştirmesi gerektiği (projelendirmesi) tespit edilmiştir. Daha sonra sırasıyla, "Jantın Ömrü" ve "Jantın Lastikleri Yıpratma Seviyesi" müşteri beklentileri gelmektedir.

## 3. Ağaç Diyagramının Oluşturulması

AHP analizi ile elde edilen en yüksek ortalamaya sahip müşteri beklentisi olan "Jantın Fiyatı" konusunda firmanın yapması gerekenlerin şekilsel gösterimini elde etmek için Ağaç Diyagramı, firmadaki ilgili uzmanlar tarafından çizilmiş ve genel itibarıyla iyileştirme konularının başlıkları ve hedeflerini ortaya koymuştur. Şekil.1'de gösterildiği gibi jantın hatasız üretilmesi ve işçilik maliyetinin düşürülmesi, jantın daha düşük fiyatla satışı için anahtar rol oynamaktadır. Ayrıca hurda ve hata oranlarının sıfır olması ve operatör sayısının 6'ya düşürülmesi Ağaç Diyagramında spesifikasyon (başarılması gerekenler) başlığı altında görsel olarak ifade edilmiştir.

#### 4. Proje Beyanı

Müşteri memnuniyetinin sağlayabilmesi için “Jant Fiyatı”nın Altı Sigma iyileştirme projesi olarak ele alınması gerektiği tespit edilmiştir. Bu projenin uygulanabilmesi için “Proje Beyanı” oluşturulmuştur. Bu beyanda; projenin tanımı, hedefleri ve kazanımları, projenin sınırları, görev alacaklar ve zaman planı sunulmuştur. Altı Sigma ekibi tarafından, AHP ile tespit edilen “Jantın Fiyatı” ile ilgili beklentinin karşılanabilmesi için, ağaç diyagramında ortaya konulan CTQ'lara uygun iyileştirmeler planlanmıştır. Bunun için yalın çalışmalar ve süreçlerin analizi ile oluşan israfın önüne geçilmesi ve maliyetlerin azaltılması planlanmıştır. Tüm planlanan bu faaliyetlerin nasıl gerçekleşeceği proje beyanında tanımlanmıştır. İyileştirme çalışması için “7. Üretim Hattı” seçilmiştir. 7. hattın seçilmesinde en önemli etken, tecrübeli Altı Sigma ekip üyelerinin çoğunlukla burada görevli olmasındır.



Şekil.1. Ağaç Diyagramı

#### 5. SIPOC Analizi

Tanımlama aşamasının diğer bir adımı olan SIPOC analizi ile detaylı süreç haritasına girdi sağlayacak çalışmalar yapılmıştır. SIPOC analizi sayesinde iyileştirme çalışmasının yapılacağı 7. hattın oluşturulan süreç haritasının Tedarikçileri, Girdileri, Süreci, Çıktıları ve Müşterileri belirlenmiştir. Smart Draw 2010 yazılımı ile çizimi yapılan Şekil.2’deki SIPOC analizinde gösterildiği üzere sürecin çıktısını kullanan ilk birim (sürecin müşterisi) montaj departmanıdır. Hurda bölümü ve tadilat bölümü de çıktılarının ulaşabildiği birimler olmaktadır. SIPOC sayesinde 7.hattın kasnak üretim süreci işleyişi görüldüğünden, iyileştirmelerin nasıl gerçekleşebileceği konusunda iyi bir yol gösterici kılavuz olmaktadır.

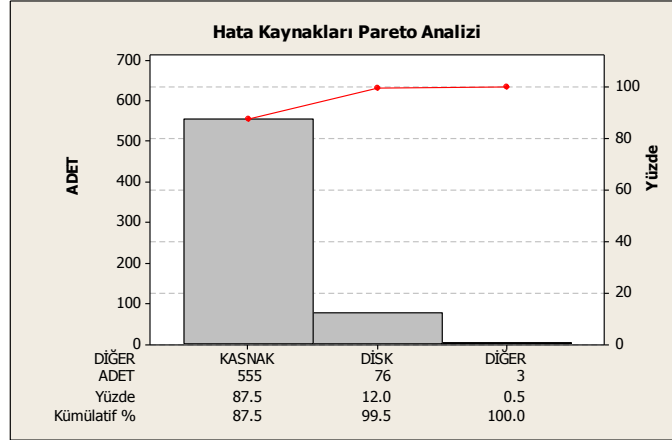
Suppliers (Tedarikçiler)	Inputs (Girdi)	Process (Süreç)	Outputs (Çıktı)	Customers (Müşteriler)
Makas Bölümü Teknik Bilgi Operatörler Pazarlama Departmanı Depolama Alanı Forklift	Çelik Sac Sipariş Bilgisi Kasnak Yarı Mamulu Prosedürler Talimatlar İşçilik Elektrik Kalıplar Gazaltı Kaynak Teli Tozaltı Kaynak Teli	<p><b>Proses Tanımlanması:</b> 7. Hattın kasnak üretim süreci</p> <p><b>Proses Haritası:</b></p> <pre> graph LR     A[Kasnak Üretimi (7.Hat)] --&gt; B[Markalama &amp; Merdane &amp; Puntalama]     B --&gt; C[Alın Kaynak]     C --&gt; D[Çene Basma]     D --&gt; E[Kenar Kesme]     E --&gt; F[Ağız Açma]     F --&gt; G[Role 1-2-3 &amp; Kalibre]     G --&gt; H[Numune Kontrol]     H --&gt; I[Subap Delme]     I --&gt; J[Montaj (7.Hat)]   </pre>	Kasnak Finesi Kasnak	Montaj Bölümü Hurda Bölümü Tadilat Bölümü

Şekil.2. SIPOC Analizi



## 6. Veri Toplama Planı ve Pareto Analizi

Belirlenmiş CTQ'lerden AHP ile en yüksek müşteri beklentisi olarak tespit edilen "Jantın Fiyatı" konusunda iyileştirme projesinin gerçekleştirilebilmesi için 7.hattan gerekli verilerin toplanması gerekmektedir. Bu amaçla, toplanmasına karar verilen veriler işlemleri yapan her bir operatörde yer alan günlük çizelgelere işlendikten sonra, bölüm şefleri tarafından elektronik ortama aktarılmıştır. Ayrıca günlük üretim takip formu ile operatörün yapacağı iş, tamamladığı iş, başlama ve bitiş saati, setup (Setup; bir önceki partiden çıkan son ürün ile yeni partiden çıkacak ilk kalite onaylı ürünü elde edinceye kadar geçen süredir) süreleri bilgisine de ulaşılabilmektedir. Operatörlerden alınan bilgiler 2010 Nisan ayından, 2010 Aralık ayına kadar olan süreyi kapsamaktadır. Veriler hurdanın olduğu birimler baz alınarak derlenmiş ve Pareto analizinde ortaya ile görsel hale gelmiştir. Pareto analizi araştırılan olguların oluşma sıklıklarını büyükten, küçüğe doğru ifade eden görsel bir yöntemdir. Şekil.3'deki Pareto analizinde, hurdaya %87.5'lik oranla kasnak bölümünün ve %12'lik oranla da disk bölümünün neden olduğu görülmektedir. Bu sebeple fiyat iyileştirmesi yapabilmek için, hurda miktarını azaltmak gerektiğinden, en çok hatanın meydana geldiği Kasnak bölümü üzerinde iyileştirme yapılması kararı alınmıştır.

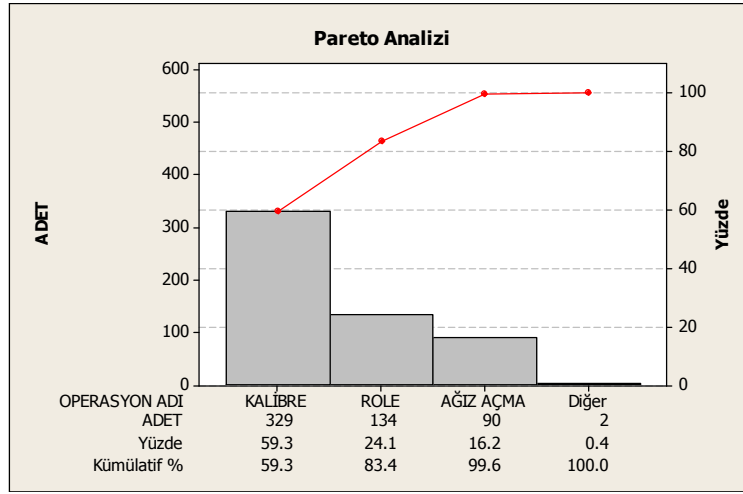


Şekil.3. Hurda Kaynakları Pareto Analizi

Kasnak bölümü için de detaylı bir Pareto çalışması yapılarak, en çok hataya neden olan operasyonun "Kalibre" olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Şekil.4'de kasnakta kaynaklanan 555 hatalı kasnağın 329'unun "Kalibre" operasyonunda gerçekleştiği ve bu bölüm için gerekli iyileştirmelerin yapılması kararlaştırılmıştır.

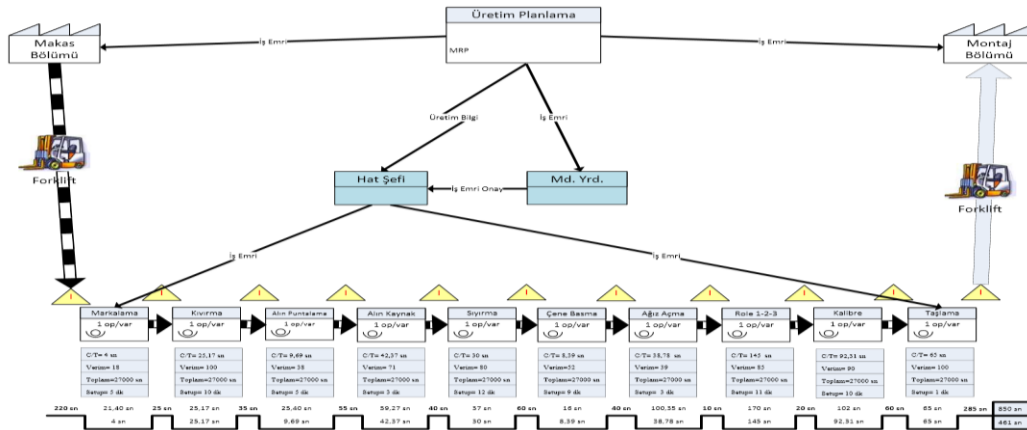
## 7. Değer Akış Haritalama

Değer akış haritalamadaki amaç, tüm operasyonları şeffaf hale getirmek ve görsel olarak sunmaktır. Müşterinin ödemek istediği, ürüne anlam katan değerlerin ön planda tutulmasını içeren değer akış haritalama, aynı zamanda müşterinin ödemek istemediği israfın nedenlerini de görsel hale getirmektedir. Değer akışı haritaları ile, işlem adımları üzerinde katma değer yaratmayan faaliyetlerin ortadan kaldırılması ve değer kesintisiz akışının sağlanması için nelerin yapılması gerektiği daha iyi ortaya çıkmaktadır. Şekil.3'deki Pareto analizinde hurda probleminin en büyük nedeninin kasnak bölümünde meydana gelen hatalar olduğu sonucu ile karşılaşıldığından, kasnak üretim hattı için değer akış haritası hazırlanmıştır.



**Şekil.4.** Kasnak Bölümü Hata Nedenleri Pareto Analizi

Hattın tedarikçisi konumunda olan makas bölümü, jant ebatına uygun ölçülerde boydan ve enden kesilen sacı, kumlayarak kasnak bölümüne göndermektedir. Bölüm şefinin her bir operasyonda bulunan operatöre verdiği bilgi doğrultusunda üretim gerçekleştirilmektedir. Sac hammaddesinin forkliftler ile 7. hatta bulunan markalama tezgâhına gelmesi ile başlayan adımlar zinciri, kasnağın taşlanması ile sona ermektedir. Sürecin sonunda üretilen kasnak, 3.hattan gelen disk ile montaj edilmek üzere montaj bölümüne sevk edilmektedir.



**Şekil.5:** Kasnak üretim hattı için değer akış haritası

## B) ÖLÇME AŞAMASI UYGULAMALARI

### 1. Ölçüm Sistemi Analizi

Ürünün istenilen kalite ve fiyatta oluşması istendiğinde, kalite kontrol çalışmalarının dikkatli biçimde yürütülmesi gerekmektedir. Kontrol çalışmaları sırasında yapılabilecek bir yanlışlık (hatasız ürünün hatalı olarak veya hatalı ürünün hatasız olarak nitelenmesi), direkt

olarak ürünün kalitesi ile ilgili kararı etkileyecektir. Bu çalışmada elde edilen bilgiler nitel özellikler taşıdığından, ölçüm sistemi analiz yöntemi olarak nitel ölçüm analiz tekniği tercih edilmiştir. Bu çalışmanın amacı, üretim işlemleri sırasında ürünlerin niteliklerini görsel olarak kontrol eden kontrol elemanlarının, yaptığı kontrollerin doğru olup olmadığının tespit edilmesidir. Yani, bir kontrol elemanı ürünü kontrol ettiğinde üzerinde bir hata (çizik, kırık, eğrilik vb.) olmasına rağmen bunu görsel kontrol yaparken tespit edemeyebilir. Veya kontrol operatörü incelediği üründe hiçbir hata yokken ürünü hatalı olarak niteliyebilir. Her iki durumda da firma için farklı maliyetler söz konusu olduğundan, direk olarak “Jantın Fiyatı” beklentisini olumsuz etkiler. Bu çalışma ile kontrol elemanlarının hatalı ve hatasız parçaları doğru olarak tespit edebilmeleri incelenmiş, böylelikle kontrol elemanlarının, kontrol işlemlerini yapmada yeterli olup olmadığı incelenmiştir. Veri toplama aşamasında 555 adet kasnağın hatalı olduğu ve bunların 329’unun “Kalibre”den kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır. Söz konusu 555 hatalı kasnak içerisinde rastgele seçilen 30 örnekten kalibre hatası olanlar için ölçüm sistemi analiz edilmiştir. Ölçüm analizi sonucunda elde edilen değerinin kabul sınırına yakın olması nedeniyle ölçüm sisteminin şartlı olarak kabul edildiğini söyleyebiliriz. Bu nedenle, operatörlere ölçüm teknikleri konusunda eğitim verilmesi kararı alınmıştır. Bu teknikle ilgili veriler ve hesaplamalar çok fazla yer tuttuğundan detayları sunulmamıştır.

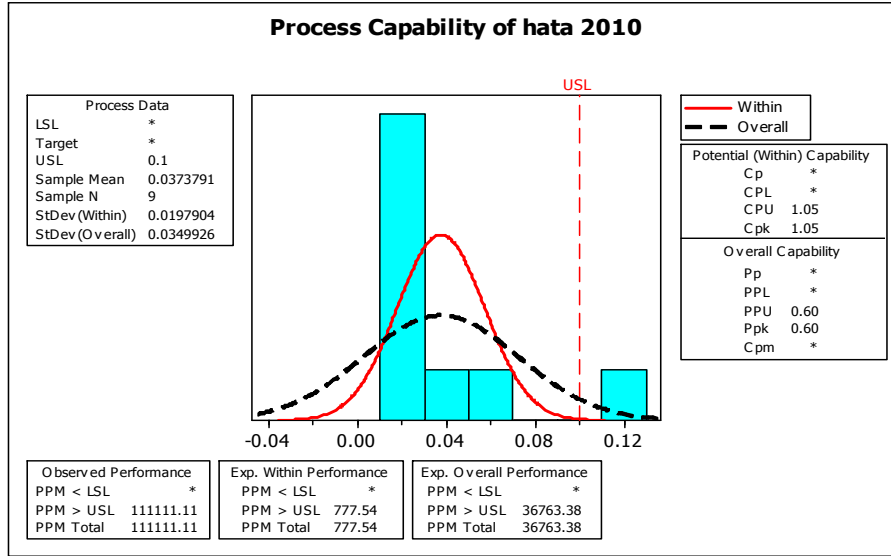
## 2. Sigma Seviyesi Hesaplamaları

Sigma seviyesini hesaplamak için 7.hattaki kasnak üretiminde Nisan 2010’dan Aralık 2010’a kadar olan sürede gerçekleşen üretim adetleri ve hata sayıları tespit edilmiştir. Toplam üretilen 18640 kasnaktan 555’inin hatalı olduğu ve her ay hata adetleri için hesaplanan sigma değerleri Tablo.5’de görülmektedir. Tablo 5’de hesaplanan sigma seviyelerinden en düşüğün 2,7 olarak Nisan ayında gerçekleştiği görülmektedir. En düşük sigma seviyesinin gerçekleştiği Nisan ayında, en yüksek DPMO değeri görülmektedir. Yani, yüksek oranda hatalı sayısı söz konusu ise DPMO yüksek bir değer almakta, sigma seviyesi ise düşmektedir. En yüksek sigma seviyesinin 3,8 olarak gerçekleştiği Eylül ayı DPMO değeri ise diğer aylara göre en düşük değeri almıştır. Tablo 5’den açıkça görüldüğü gibi hata oranlarının azaltılması gerekmektedir.

**Tablo.5.** İyileştirme Öncesi Sigma Hesaplama Tablosu

Nisan	HATALI SAYISI	97	DPMO	121250
	ÜRETİM TOPLAMI	800	<b>Sigma Seviyesi</b>	<b>2.7</b>
Mayıs	HATALI SAYISI	73	DPMO	48121.29
	ÜRETİM TOPLAMI	1517	<b>Sigma Seviyesi</b>	<b>3.2</b>
Haziran	HATALI SAYISI	89	DPMO	27200.49
	ÜRETİM TOPLAMI	3272	<b>Sigma Seviyesi</b>	<b>3.4</b>
Temmuz	HATALI SAYISI	98	DPMO	54779.21
	ÜRETİM TOPLAMI	1789	<b>Sigma Seviyesi</b>	<b>3.1</b>
Ağustos	HATALI SAYISI	46	DPMO	24210.53
	ÜRETİM TOPLAMI	1900	<b>Sigma Seviyesi</b>	<b>3.5</b>
Eylül	HATALI SAYISI	19	DPMO	11677.93
	ÜRETİM TOPLAMI	1627	<b>Sigma Seviyesi</b>	<b>3.8</b>
Ekim	HATALI SAYISI	36	DPMO	13067.15
	ÜRETİM TOPLAMI	2755	<b>Sigma Seviyesi</b>	<b>3.7</b>
Kasım	HATALI SAYISI	23	DPMO	12234.04
	ÜRETİM TOPLAMI	1880	<b>Sigma Seviyesi</b>	<b>3.7</b>
Aralık	HATALI SAYISI	74	DPMO	23870.97
	ÜRETİM TOPLAMI	3100	<b>Sigma Seviyesi</b>	<b>3.5</b>
<b>TOPLAM</b>	<b>HATALI SAYISI</b>	<b>555</b>	<b>DPMO</b>	<b>29774.68</b>
	<b>ÜRETİM TOPLAMI</b>	<b>18640</b>	<b>Sigma Seviyesi</b>	<b>3.4</b>

Minitab 16 yazılımı yardımıyla Şekil.6’da yer alan 2010 yılı için süreç yeterlilik analizi yapılmıştır. Süreç yeterliliği ile 7.hatta üretilen kasnakların müşteri spesifikasyonları (sınırları) içerisinde olup, olmadığı tespit edilebilmektedir. Süreç yeterliliği; müşterinin talep ettiği spesifikasyon değerlerinin, sürecin standart sapmasına oranlanması ile hesaplanır. Yapılan hesaplama sonucunda kasnak üretiminin müşterilerin istedikleri sınırlar içerisinde gerçekleşmesi durumunda Ppk değerinin 1 veya daha büyük olması gerekir. Ppk değeri 1’den küçüldükçe, kasnak üretiminin müşterilerin istedikleri sınırları aştığını ifade eder. Şekil.6’da Ppk değeri yani süreç yeterliliği 0.60’dır.  $0.60 < 1$  olması nedeniyle, üretilen kasnakların, müşterilerin talep ettiği sınırlardan uzakta olduğunu söylemek mümkündür.



### 3. Değer Akış Haritası Ölçümleri

Tanımlama aşamasında değer akış haritalamasından yararlanılmıştır. Ölçme aşamasında ise mevcut değer akış haritasında bulunan tüm sayısal verilerin bulunması gerçekleşmiştir. Tablo.6’da kasnak bölümünde yer alan her bir operasyon için, Proses Çevrim Verimliliği (Katma Değer Zamanı/Proses Tedarik Süresi) bulunmuştur. Böylece değer akış haritasında Verim (Proses Çevrim Verimliliği) hesaplanmış ve değer akış haritasında ilgili yerlere kaydedilmiştir.

Tablo 6’a bakıldığında “Markalama”, “Alın Puntalama”, “Çene Basma” ve “Ağız Açma” operasyonlarında verimin düşük seviyelerde olduğu sonucu ile karşılaşılmıştır. Söz konusu operasyonlarda verim artışı için gerekli iyileştirmelerin yapılması kararı alınmıştır. Firma için % 70’lik verim seviyesi yeterli kabul edilmiştir. Bir işi gerçekleştirmek için gereken süreye Takt zamanı denir. Takt zamanı, talebin karşılanması için gereken üretime ayrılan maksimum süre olarak tanımlanabilir, diğer bir deyimle “çevrim süresidir”. Bu aşamada takt zamanı da hesaplanılarak, kasnak üretim sürecinde darboğazların olup olmadığı tespit edilmiştir. Yapılan hesaplamalar ile kasnak üretim sürecinin 600 sn olması gerektiği belirlenmiştir.

Şekil 5’den görüldüğü gibi, kasnak, 10 operasyondan geçerek montaj bölümüne geldiğinden, takt zamanı da her bir operasyon için ortalama 60 saniye olmaktadır. “Role 1-2-3”, “Kalibre”, “Ağız Açma” ve “Taşlama” operasyonlarının, ortalama takt zamanının üzerinde süreye sahip olduğu tespit edilmiştir. Takt zamanının üzerinde gerçekleşen bu durum darboğaz olarak nitelendirilmektedir ve mümkün olduğunca bu sürelerin takt zamanının altına düşürülmesi için iyileştirme yapılması gerekmektedir.

**Tablo.6.** Proses Çevrim Verimliliği

Operasyon Adımları	Katma Değer Zamanı	Proses Tedarik Süresi	Proses Çevrim Verimliliği (%)
Markalama	4 sn	21.40 sn	18
Kıvrırma	25.17 sn	25.17 sn	100
Alın Puntalama	9.69 sn	25.40 sn	38
Alın Kaynak	42.37 sn	59,27 sn	71
Sıyırma	30 sn	37 sn	80
Çene Basma	8.39 sn	16 sn	52
Ağız Açma	38.78 sn	100.35 sn	39
Role 1-2-3	145 sn	170 sn	85
Kalibre	92.31 sn	102 sn	90
Taşlama	65 sn	65 sn	100

### C) ANALİZ AŞAMASI UYGULAMALARI

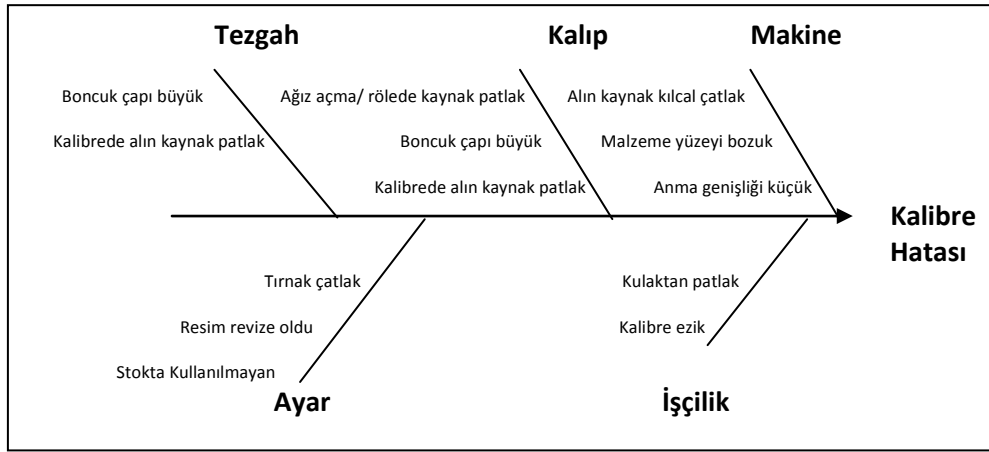
Tanımlama ve ölçme aşamasında hurdaya en çok neden olan sürecin kasnak olduğu bilgisine ulaşılmıştı. Daha sonra kasnak üretim süreci içinde en çok hatanın meydana geldiği operasyon ile ilgili pareto analizi yapılmış, “Kalibre” operasyonunun yüksek oranda hataya neden olduğu ve Yalın Altı Sigma çalışmasının bu operasyonda yapılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Diğer taraftan kasnak sürecinin genel görünümü ortaya koyan Değer Akış Haritası çizilmiş, kasnak üretiminde yer alan her bir operasyonun çevrim süreleri(takt zamanı), proses çevrim verimliliği ve setup süreleri belirlenmiştir. Takt zamanının hesaplanması ile iyileştirme yapılması gereken darboğazlar ortaya konulmuştur. Analiz aşamasında ise öncelikle kasnak üretim sürecinin ayrıntılı iş akış süreci çizilmiştir. Böylece makas bölümünden, montaj bölümüne kadar olan tüm süreçler daha açık bir şekilde gösterilmiştir. Tanımlama aşamasında değer akış haritalama ile süreçlerin görsel olarak sunumu yapılmıştı. Ancak, ayrıntılı iş akış sürecinde operasyonların kimler tarafından gerçekleştirildiği ve alt süreçlerin neler olduğu daha detaylı olarak yapılmıştır.

#### 1. Detaylı Süreç Analizi

Kasnak üretim süreci ile ilgili olarak tanımlama aşamasında yapılan SIPOC analizinin devamı niteliğinde olan bu analiz şekli, operasyonları detaylandırarak daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmuştur. Microsoft Visio 2010 ile detaylı süreç analizleri yapılmıştır. Her bir operasyon için bir operatör yer almaktadır. Operatörler bir önceki operasyondan gelen, hatalı olarak gördükleri ürünü geri göndermektedir. Makas bölümü tarafından siparişe uygun olarak boydan ve enden kesilen sac, daha sonra kumlama işleminden geçirilmekte ve forkliftler yardımıyla 7.hatta gönderilmektedir. Kasnağın markalanması ile başlayan süreç, kıvrırma, alın puntalama, alın kaynak, sıyırma, çene basma, ağız açma, role 1-2-3, kalibre operasyonları ile devam etmekte, kasnağın taşlanması ile sona ermektedir. Üretilen kasnaklar forkliftler yardımıyla 3.hatta üretimi yapılan disk ile montaj edilmek üzere Montaj Bölümüne sevk edilmektedir. Ayrıca “alın puntalama” operasyonunun alt süreçleri de detaylı olarak süreç analizinde incelenmiştir. Detaylı süreç haritaları da çok yer kapladığından çalışmada sunulmamıştır.

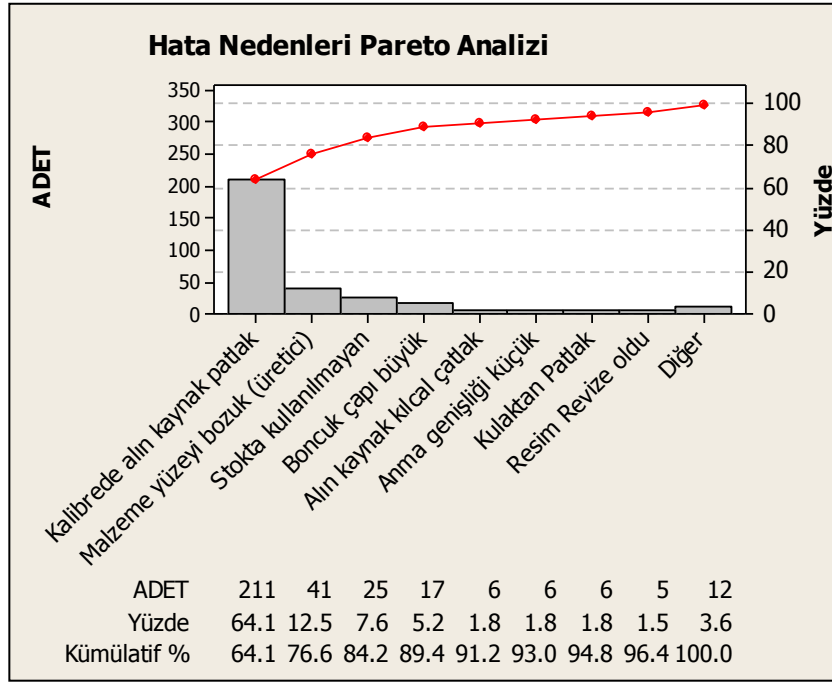
## 2. Sebep – Sonuç Diyagramı (Balıkkılçığı Diyagramı)

Kalibre operasyonunda karşılaşılan problemin nedenlerini ve alt nedenlerini bulabilmek için, sebep – sonuç diyagramından (balıkkılçığı) yararlanılmıştır. Veri toplama planında hurdaya ayırma nedenleri arasında en büyük payın, “Kalibre” operasyonunda olduğu sonucu ile karşılaşılmıştır. Bu sebeple, Altı Sigma ekibi tarafından beyin fırtınası yapılarak, “Kalibre” operasyonu için sebep – sonuç diyagramı çizilmiş ve hata sebepleri ortaya konulmuştur. Şekil.7’deki balık kılçığı diyagramında, kalibre hatasına neden olan 5 temel faktör bulunmaktadır: Makine, Tezgâh, Ayar, Kalıp ve İşçilik. Şekil,7’de her bir temel faktör için hata nedenlerinin neler olduğu gösterilmektedir. Bulunan her bir hata hurdaya neden olabilmektedir.



Şekil.7. Kalibre hatası balık kılçığı

Balıkkılçığı diyagramında incelenen kalibre hatası, Nisan 2010’dan Aralık 2010’a kadar olan sürede takip edilmiş ve kasnak üretim süreci içinde kalibre hatalarının nelerden oluştuğu pareto analizi değerlendirilmiştir. Pareto analizi sonucunda kasnağın %64,1’lik pay ile hurdaya ayrılma nedeni olarak “Kalibrasyon esnasında alın kaynağın patlaması” hatası olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yani, kasnakların kalibre operasyonundan geçtikten sonra çatladığı ve bu nedenle hurdaya çıktığı görülmüştür. Şekil.8’de kalibre operasyonunda hataya neden olan faktörlerin neler olduğu görülmektedir.



**Şekil.8.** Hata Nedenleri Pareto Analizi

#### D) İYİLEŞTİRME AŞAMASI UYGULAMALARI

Bu aşamada, Altı Sigma ekibi bir önceki aşama olan Analiz aşaması ile elde edilen bilgilerle gerekli iyileştirme faaliyetleri üzerine çalışma yapmıştır. Bunun için öncelikle kasnak üretimi sürecinde bulunan hataların ve israfın azaltılması için yalın uygulamalar üzerinde durulmuştur. Altı Sigma ekibi tarafından, öncelikle kasnak üretimi için, operasyonların birleştirilmesi ve daha az operatörle yapılabilirliği üzerinde tartışılmıştır. Mevcut durumda, tüm operasyonlar birer operatör tarafından yapılmaktadır. Yapılan tartışma sonunda ilk altı operasyonun yani markalama, kıvrırma, alın puntalama, alın kaynak, sıyırma ve çene basma operasyonları üzerinde yalınlaştırma yapılabileceği düşüncesi ile, ilk üç operasyonun tek bir operatör tarafından ve ikinci üç operasyonun da tek bir operatör tarafından yapılması planlanmıştır. Operasyonların birleştirilmesi yolu ile işçilik maliyetlerinde de azalma sağlanmıştır. Ayrıca ilk 6 operasyonda görevli operatörlere verilen eğitimler haricinde, sonraki 4 operasyonda çalışan operatörlere de kendi operasyonları hakkında detaylandırılmış eğitimler verilmiştir. Ayrıca doğru operatörün doğru işe verilmesi ile operasyonun katma değer yaratan sürelerinde de iyileştirmelere gidilmiştir. Böylece operatörlerin bekleme ve yer değiştirmelerinin önüne geçilerek verim arttırılmaya çalışılmıştır. SMED (Single Minute Exchange of Die / Bir Dakikada Kalıp Değiştirmek) yöntemi ile setup süreleri fazla olan operasyonlarda iyileştirmeler yapılarak, setup süreleri azaltılmıştır. Makinelerin kullandığı kalıpların değişimlerinde geçen süreleri analiz ederek, bu süreleri azaltmaya yarayan SMED ile makine kullanım zamanının optimize edilmesi sağlanır. Taşlama tezgâhında temizlik ve düzen konusunda karşılaşılan sorunlar nedeniyle bu bölümde 5S uygulanarak, aletlerin daha düzenli olması sağlanmış, taşlamadan kaynaklı hataların önüne geçebilmek için bölgesel temizliğe daha fazla önem verilmiştir. 5S, beş adımdan oluşan, amacı çalışma ortamının organizasyonu ve israfın yok edilmesine yardımcı olmak olan, son derece basit yalınlaştırma ve yeniden yapılandırma yöntemidir. S “ ile başlayan 5 Japonca kelimenin bir arada ifade edilmesidir. Bunlar, SEIRI (Sınıflandırma), SEITON (Düzenleme), SEISO (Temizlik), SEIKETSU (Standartlaşma) ve SHITSUKE (Eğitim ve Disiplin) dir.

## E) KONTROL AŞAMASI UYGULAMALARI

Bu aşamada, yapılan işlemlerin ve iyileştirmelerin sürekliliği sağlanmaya çalışılmıştır. Bunun yanında gerçekleştirilen performansın tespiti, standartlaştırılan çalışmaların dokümantasyonu, öğrenilenlerin iletilmesi ve gelecek planlarının belirlenmesi de bu aşamada yapılmıştır. Üretim bölümünden alınan bilgiler ışığında üretim ve hurda sayıları ile hurda nedenlerine bakılarak, yapılan iyileştirmelerin etkisi incelenmiştir. Yapılan iyileştirmeler sonucunda daha önce en çok hatanın meydana geldiği kalibre operasyonunun yerini role operasyonunun aldığı görülmüştür. Kalibre operasyonda alın kaynak patlamasını önleyici yönde yapılan iyileştirmelerin etkili olduğu, ancak bazı operasyonlarda iyileştirme faaliyetlerine ağırlık verilmemesinden kaynaklanan hataların meydana geldiği gözlenmiştir. Tablo.7’de iyileştirme sonrası ocak-mayıs/2011’de elde edilen DPMO ve sigma seviyeleri görülmektedir.

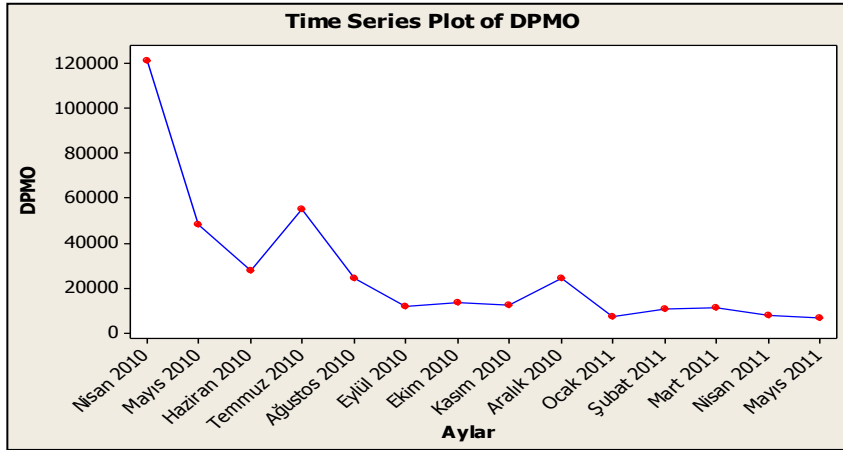
İyileştirme sonrası hurda oranlarının yeterlilik analizleri de yapılmıştır. İyileştirme öncesi  $P_{pk}$  değeri 0,60 (şekil 6) olarak bulunmuş ve bu değer yüksek olması istenmişti. Yapılan analiz ile iyileştirme sonrası  $P_{pk}$  değerinin 1.05 olduğu ve bu değer 1’den büyük olması nedeniyle operasyonların teknik olarak müşteri beklentilerini karşıladığı söylenebilir. Tablo.5’deki iyileştirme çalışması öncesi verileri ile karşılaştırıldığında başarılı sonuçların elde edildiği görülmektedir. Tablo 5’de iyileştirme öncesi toplam üretimin sigma seviyesi 3.4 iken, iyileştirme sonucu tablo 7’de bu değer 3.9’a yükseldiği ve DPMO değerlerinin yani hatanın azaldığı görülmektedir. Yine iyileştirme öncesi tablo 5’de aylık DPMO değerleri ile iyileştirme sonrası aylık DPMO değerleri incelendiğinde hata sayılarındaki azalma görülmektedir.

**Tablo.7.** İyileştirme Sonrası Sigma Seviyeleri (Ocak-Mayıs/2011)

Ocak	HATALI SAYISI	10	DPMO	6872.852
	ÜRETİM TOPLAMI	1455	<b>Sigma Seviyesi</b>	<b>4.0</b>
Şubat	HATALI SAYISI	18	DPMO	10285.71
	ÜRETİM TOPLAMI	1750	<b>Sigma Seviyesi</b>	<b>3.8</b>
Mart	HATALI SAYISI	21	DPMO	11052.63
	ÜRETİM TOPLAMI	1900	<b>Sigma Seviyesi</b>	<b>3.8</b>
Nisan	HATALI SAYISI	15	DPMO	7692.308
	ÜRETİM TOPLAMI	1950	<b>Sigma Seviyesi</b>	<b>3.9</b>
Mayıs	HATALI SAYISI	12	DPMO	6479.482
	ÜRETİM TOPLAMI	1852	<b>Sigma Seviyesi</b>	<b>4.0</b>
<b>TOPLAM</b>	<b>HATALI SAYISI</b>	<b>76</b>	<b>DPMO</b>	<b>8532.615</b>
	<b>ÜRETİM TOPLAMI</b>	<b>8907</b>	<b>Sigma Seviyesi</b>	<b>3.9</b>

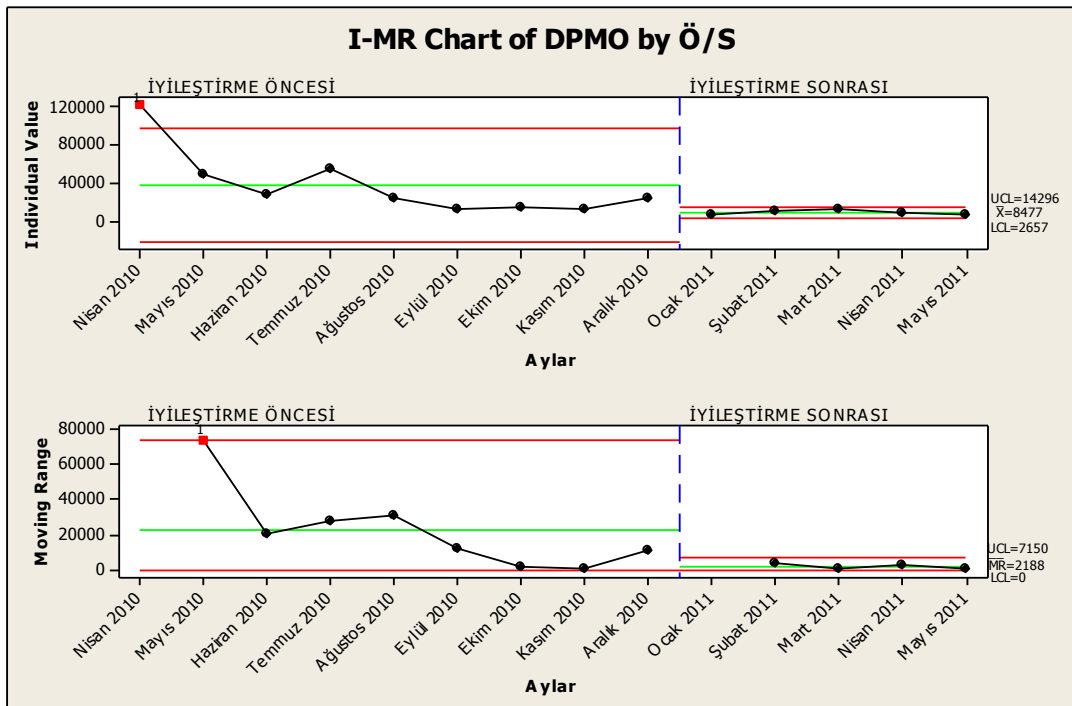
Şekil.9’daki Nisan 2010’dan Mayıs 2011 tarihine kadar olan DPMO’ların zaman serisi grafiği incelendiğinde DPMO’ların azalan bir seyir izlediğini ve iyileştirme faaliyetlerinin hurda sayısında önemli düşüşler sağladığını söyleyebiliriz. Özellikle Ocak 2011’den itibaren gerçekleşen DPMO değerleri iyileştirme ve yalınlaştırma çalışmaları sonucunda elde edilen düşüşleri göstermektedir.





Şekil.9: Zaman Serisi Grafiği

Şekil.10'da ise önce-sonra analizi verilmiştir. İyileştirme öncesi DPMO'ların yüksek değerler aldığı, aynı zamanda değişkenliğin fazla olduğu görülebilir. Diğer taraftan iyileştirme sonrası, değişkenliğin ve DPMO'ların azaldığını söyleyebiliriz. Ancak hurda oranlarında artışların olmaması için, standardizasyon sağlanması gerekecektir. Bunun için iş prosedürlerini gösteren yazılı metin hazırlanarak, tam olarak eğitim almamış çalışanlar tarafından bile kolaylıkla anlaşılabilir olması sağlanmalıdır. İşin yapılış şekli, talimatlar, değişkenliğin nasıl azaltılması gerektiği ve öncelikler bu metin içinde yer almalıdır.



Şekil.10. Önce - Sonra Analizi

## VII. SONUÇ

Bu çalışma, Altı Sigma'nın proje odaklı yapısından dolayı en çok hatanın gözlemlendiği kasnak üretim sürecinde yapılmış ve uygulamanın tamamı bu bölümde ele alınmıştır. Ancak, iyileştirme sonrası kasnak üretim sürecinde hata yüzdeleri bazında farklı problemlerle karşı karşıya kalındığı gözlenmiştir. Yapılan ölçümlerde kalibreden kaynaklı hataların azaldığı, röleden kaynaklı hataların arttığı sonucundan hareketle, bir sonraki proje role operasyonunun iyileştirilmesi üzerine olmalıdır. Tanımlama aşamasında ele alındığı üzere, müşterilerden, belirlenen istekler arasında ikili karşılaştırma yapımları istenmiş ve AHP ile "Jant Fiyatı" müşteri isteği proje konusu olarak seçilmesi kararı alınmıştır. Firmanın proje seçimi konusunda sadece müşterinin sesine değil, işin sesine de kulak vermesi gerekmektedir. İşin sesi ile seçilebilecek projelerin firmaya olan mali katkılarının neler olduğu, çalışanlara neler kazandıracağı, rakiplere karşı ne gibi avantajlar sağlayacağı konularında da bilgi sahibi olunması gerekmektedir.

Yapılan uygulama sonunda, kasnak üretim sürecinin sigma seviyesi 3.4'ten 3.9'a yükseltilmiş ve DPMO değeri 29.774'den, 8.532'ye düşmüştür. Yani iyileştirme öncesi üretilen her bir milyon kasnaktan yaklaşık 29.774'ünün hatalı (3.4 sigma seviyesinde) olduğu bir durumdan, iyileştirme sonrası üretilen her bir milyon kasnaktan 8.532'nin hatalı olduğu (3.9 sigma seviyesinde) durumuna ulaşılmıştır. Temel olarak sigma seviyesinde meydana gelen bu artış kısa sürede gerçekleştiğinden, yapılan iyileştirmelerin uzun dönem etkilerinin de incelenmesi gerekmektedir. Ayrıca, iyileştirme öncesi kasnak üretimi için 10 operatöre ihtiyaç duyulurken, iyileştirme sonrası bu sayı 6'ya düşürülmüştür. Bunun için, bazı operasyonlar birleştirilerek, bir operatör tarafından yapılması sağlanmıştır. İyileştirme sonrası katma değeri olmayan süreler ile setup sürelerinin azaldığı görülmüştür. Bu sürelerde daha fazla iyileştirme potansiyelinin olduğunu söylemek mümkündür. Çalışanların özellikle setup sürelerinde değişkenliğe neden olması nedeniyle, verilecek eğitimlerle bu sürelerde standardizasyona gidilmesi gerekmektedir. Ayrıca yalın tekniklerinden 5S, bu projede sadece taşıma operasyonunda kullanılmıştır. 5S'in sürecin tamamına uygulanmasına da çalışılmalıdır. Firmada yapılacak Yalın Altı Sigma projelerinde, diğer yalın teknikler de ele alınmalıdır.

Yapılan iyileştirmenin sonucu olarak aylık bazda ortalama 3.503 TL'lik tasarruf elde edilmiştir. Bu şekilde gerçekleşecek tasarruflar ile, satış fiyatlarının düşürülmesinde olumlu etkilerin gerçekleşeceği öngörülmektedir. Jant satış fiyatında düşüşün, satışları ve böylece karı arttıracakını söyleyebiliriz. Ayrıca, firmanın elde edilen kazançların kısa dönemli getirilerine bakarak karar vermemesi gerekmektedir. Yalın Altı Sigma yaklaşımının bir işletmeye yerleşmesi kısa vadeli bir faaliyet olmadığı ve değişimin öncelikle kültürel bir değişim olduğu gerçeği işletme geneline yayılmadığı sürece Yalın Altı Sigma'ya dair yöntemler ve araçların geçici olarak problem çözümünden öteye gidemeyeceği açıktır. Bu sebeple, üst yönetim Yalın Altı Sigma faaliyetlerini sonuna kadar desteklemelidir.

Uygulama yapılan firmada çalışanların, Yalın Altı Sigma ile ilgili bilgi alt yapısı yeterli düzeyde olmadığından ötürü bazı kısıtlardan söz etmek mümkündür. Firma Yalın Altı Sigma yönteminde yeni olduğundan, Altı Sigma'nın en temel öğeleri olan kuşak sahibi çalışanlara gereken düzeyde sahip değildir. Çalışanların bilgisi ve tecrübesi Yalın Altı Sigma'nın firmada uygulanabilmesine büyük katkı sağlamasına karşın, bu yaklaşımın firmada süreklilik kazanabilmesi için kuşak sahibi çalışanlara ihtiyaç olduğu açıktır. Üst düzey yöneticiler tarafından Yalın Altı Sigma yönteminin firmada uygulamaya geçirildiği söylenece de, yöntemin firma ortakları tarafından da benimsenmiş olması gerekmektedir. Tüm bu kısıtları giderebilmek için firmanın işletme dışından sağlayacağı bir Uzman Kara Kuşak ile bu konuda ilerleme sağlaması mümkün görünmektedir. Uzman Kara Kuşak olarak seçilecek kişinin liderlik ve öğreticilik vasfına da sahip olması da gerekmektedir.

## KAYNAKÇA

- Baş, T., *Altı Sigma*, E-Kitap. Kalite Ofisi Yayınları No:5. <http://www.firmtr.com/tip-biyoloji-farmakoloji/721690-6-sigma-dr-turker-bas.html> (28 Ocak 2011), 2003.
- Dirgo, R.T., *Look Forward?: Beyond Lean and Six Sigma*, Aircraft Braking Systems Corporation, ABD, 2006.
- Dumitrescu, C.D., Tent, I.D. ve Dumitrescu, E.C.I., “Lean Six Sigma Principles”, *DAAAM International*. 21(1), (2010), p.433-435.
- Evans, J.R. ve Lindsay, W.M., *An Introduction to Six Sigma and Process Improvement*. South-Western College Pub, ABD, 2005.
- George, M.L., Rowlands, D. ve Kastle, B., *Yalın Altı Sigma Nedir?*, SPAC Yayınları, Ankara, 2005.
- Guarraia, P., Carey, G., Corbett, A. ve Neuhaus, K., *Lean Six Sigma For Manufacturing*, Bain & Company, ABD, 2008.
- Gupta, P., *Six Sigma Business Scorecard: Ensuring Performance for Profit*, McGraw-Hill, ABD, 2004.
- Gürsakal, N., *Altı Sigma: Müşteri Odaklı Yönetim*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2005.
- Harry, M.J. ve Schroeder, R.R., *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*, Doubleday Business, ABD, 2000.
- Hostetler, D., “Improve Your Accounting Firm Processes Using Lean Six Sigma”, *Journal of Accountancy*. January, (2010), p. 38-42.
- Jiang, J.C., Chen, K.H ve Wu, M.C., *Integration of Six Sigma and Lean Production*, <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Integration+of+six+sigma+and+lean+production#0> (01 Mart 2011), 2004.
- Öztürk, A. *Kalite Yönetimi ve Planlaması*, Ekin Basım Yayın Dağıtım, Bursa, 2009.
- Patır, S., “Kalite Anlayışında Altı Sigma Yaklaşımı”, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*. 7(24), (2008), s.63-83.
- Polat, A., Cömert, B. ve Arıtürk, T., *Altı Sigma Vizyonu*. Pelin Ofset Matbaacılık, Ankara, 2005.
- Polk, J.D., “Lean Six Sigma, Innovation, and The Change Acceleration Process Can Work Together”, *American College of Physician Executives*. 37(1), (2011), p.38-42.
- Pyzdek, T., *Six Sigma Handbook : A Complete Guide For Greenbelts, Blackbelts And Managers At All Levels*, McGraw Hill, New York, 2003.
- Saaty, T.L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, USA, 1980.
- Saaty, T.L., *The Analytic Hierarchy Process*, Mc Graw-Hill, New York, 1988.
- Taghizadegan, S., *Essentials of Lean Six Sigma*, Elsevier, USA, 2006.
- Wyman, O., *Keystone of Lean Six Sigma*, Strong Middle Management. [www.oliverwyman.com/ow/pdf\\_files/AAD-MiddleManagement.pdf](http://www.oliverwyman.com/ow/pdf_files/AAD-MiddleManagement.pdf) (01 Mart 2011), 2007.
- Wyper, B. ve Harison, A., “Deployment of Six Sigma Methodology in Human Resource Function: A Case Study”, *Total Quality Management*. 11(4-5-6), (2000), p.720-727.

