



YALIN ALTI SİGMA: BİR PET ŞİŞİRME MAKİNESİNDE SÜREÇ İYİLEŞTİRME UYGULAMASI

LEAN SIX SIGMA: A PROCESS IMPROVEMENT IMPLEMENTATION IN A PET BLOWER MACHINE

Hüseyin AVUNDUK¹

Öz

Günümüzde yaşanan küresel rekabet ortamında faaliyetlerini sürdürebilmek ve rekabet gücünü artırmak için pek çok firma müşterilerine en iyi kalitede en düşük maliyet ile tam zamanında hizmet veya ürün sunma konusunda pek çok geliştirici yöntemlere başvurumaktadırlar. Bu çabaların bir büyük bölümü, işletmelere finansal ve müşteri memnuniyeti şeklinde kazanımlar sağlayan değer katmayan işletme süreçlerinin iyileştirilmesi üzerinde odaklanmıştır. 2000’li yıllardan sonra ortaya çıkan ve işletmelerin süreçlerini iyileştirmede kullanılan bir araç olarak Yalın Altı Sigma yaklaşımı “Yalın Üretim” çatısı altında yalın üretimi destekleyen tüm uygulamaları ve “Altı Sigma”yı kapsayan sistemler bütünü olarak ifade edilebilir. Bu çalışmada Yalın Altı Sigma konusu ele alınmış ve içecek şişeleme sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın üretim süreçlerinde enerji kullanımını azaltmak için yalın üretim ve Altı Sigma teknikleri kullanılmıştır. Çalışma kapsamında Yalın Altı Sigma teknikleri (DMAIC :define, measure, analyse, improve, control) uygulanarak, enerji kullanımları analiz edilmiş ve en çok enerji tüketilen nokta belirlenmiş ve iyileştirilen süreçler sonucunda, pet şişeleme makinesinde tüketilen enerjide yaklaşık 150.000 TL’lik bir tasarrufun sağlandığı ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yalın Altı Sigma, Süreç İyileştirme

Jel Kodu: M10, M11

Abstract

To survive in today's global competitive environment and increase competitiveness, many companies rely on a number of improving methods to offer their customers the best quality at the lowest cost and just in time to deliver services or products. Much of these efforts have focused on improving business processes that do not add value to businesses that provide benefits in the form of financial and customer satisfaction. The lean six sigma approach as a tool that emerged after 2000 years and used to improve the processes of enterprises can be expressed as a whole of systems that support lean production under "Lean Production" and systems that include "Six Sigma". In this study, lean six sigma issues were discussed and lean manufacturing and six sigma techniques were used to reduce energy use in a company's production processes in the beverage bottling industry. By using lean six sigma techniques (DMAIC: define, measure, analyze, improve, control), the energy usage was analyzed and the most energy consuming point was determined and as a result of the improved processes, the energy consumed in the pet bottling machine has been saved about 150.000 TL.

Keywords: Lean Six Sigma, Process Improvement

Jel Classification: M10, M11

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, İİFB İşletme Bölümü, huseyin.avunduk@deu.edu.tr, Orcid:0000-0002-3573-195X

GİRİŞ

İlk olarak Motorola firması tarafından kullanılmaya başlanan Altı Sigmanın, geliştirilmesi ve bir çok optimizasyon probleminin çözüm yöntemlerinde kullanılması ile diğer sektörler de bu yöntemden faydalanmaya başlamışlardır. Tanımlama (Define), ölçme (Measure), analiz (Analyze), iyileştirme (Improvement) ve kontrol (Control) aşamalarından oluşan DMAIC problem çözme metodolojisini kullanan Altı Sigma, Honeywell CEO'su Dave Cote'nde belirttiği gibi yönetsel ve kültürel bir değişim programı olması nedeniyle, teknik bir programın aşan bir araçtır. İstatistiksel düşüncenin ve istatistiksel metodolojilerin temelini oluşturduğu Altı Sigma kavramının önemi gittikçe artmaktadır ve günümüzde de birçok farklı alanda uygulanmakta ve çok başarılı sonuçlar elde edilmektedir(Goh, 2002). Altı Sigmanın DMAIC problem çözme metodolojisinin yanı sıra, proseslerin yalınlaştırılması için temel yalın üretim teknikleri ve problem çözme teknikleri kullanılarak iyileştirmelerin proseslere yansıtılmasını kolaylaştıran faydası göz ardı edilmemelidir. Bu çalışmada Altı Sigma, Yalın Altı Sigma kavramları ele alınmış ve Altı Sigma metodolojisindeki temel uygulama aşamaları açıklanmıştır. Çalışmanın uygulama bölümünde, Yalın Altı Sigma yöntemini işletmenin tüm süreçlerinde kullanmayı planlayan içecek şişeleme tesisi seçilmiş ve işletmenin üretim proseslerinde enerji kullanımını azaltmak için yalın üretim ve Altı Sigma teknikleri kullanılarak gerçekleştirilen bir proje ele alınmıştır. Altı Sigma iyileştirme planı doğrultusunda, DMAIC adımları takip edilerek yalın üretim tekniklerinin, Altı Sigma teknikleri ile eş zamanlı olarak kullanılmasını içeren uygulama aşamaları anlatılmıştır ve elde edilen sonuçlar ortaya konulmuştur.

1. ALTI SİGMA KAVRAMI

Altı Sigma başlığı altında ortaya konulan, aslında yalın bir Altı Sigma yapısından çok, kontrol dışı değişkenliğin ortadan kaldırılması ya da minimize edilmesi, hataların önlenmesi amacıyla dönük sistematik bir mücadele ifade edilmek istenmektedir. Bir başka deyişle Altı Sigma günümüze değin kalite yönetimi, mükemmelliğe ulaşma, başarılı organizasyonlar oluşturma hedeflerine yönelik ortaya konulan emeğin, elde edilen deneyim ve birikimlerin, istatistiksel bilgi ve araçlarla birlikte kullanılmasıdır(Kasa, H, 2003: 51). Altı Sigma günümüzde endüstrideki en hızlı gelişen yönetim yaklaşımlarından biridir. Güçlü bir problem çözme ve süreç optimizasyon metodolojisi üzerine kurulmuş olan Altı Sigma; son on yıldır şirketlere kazandırdığı milyarlarca dolarla itibarını arttırmıştır. Altı Sigma'ya olan inancın artması ise istatistiksel tekniklerin kolay takip edilebilir ve iyi yapılandırılmış olmasına bağlıdır (Arthur, 2001;84). Telekomünikasyon, üretim, finans, sağlık ve eğlence gibi bir çok sektörde bulunan ve Altı Sigma yöntemini uygulayan işletmeler, süreçlerinin verimliliğini sigma seviyesi adı verilen bir endeksle izlemektedir. Sigma, istatistikte bir değişkenlik ölçüsü olan standart sapmayı ifade ederken, iş yaşamında işletmelerin süreç ya da süreçlerinin ne kadar değişken olduğunu, ne oranda hata yaptıklarını ifade etmektedir (Dağlıoğlu, İnal ve Aksoy, 2009: 2). Altı Sigma metodolojisinin temel amacı; ölçüm tabanlı proseslerin geliştirilmesi ve sapmaların azaltılması stratejili Altı Sigma geliştirme projelerinin uygulanmasıdır. Bu amaç iki alt metodolojinin uygulanması ile elde edilir. Bunlar DMAIC ve DMAV dir. DMAIC (Define, tanımla; measure, ölç; analyze, analiz et; improve, geliştir; control, kontrol et). Altı Sigma DMAIC süreci: Süreçlerin spektler (spesifikasyon değerleri) dışında kalan veya iyileştirmeye ihtiyacı olan yönlerini geliştirici bir sistemidir. Bütün bu Altı Sigma süreçleri Yeşil Kuşak veya Kara kuşak Altı Sigmacılar tarafından gerçekleştirilir ve Usta Kara Kuşaklar tarafından denetlenir (Pzydek, 2003). Altı Sigma projelerinde başarılı

olabilmenin önemli unsurlarından bir tanesi projede rol alan ekip üyelerinin görev ve sorumluluklarının iyi tanımlanmasıdır. Bu nedenle Altı Sigma yaklaşımında sorumlulukların tanımlanıp sıralanmasını belirten kuşak renkleri kullanılır(Patır, 2008:73). Kuşak renk uygulaması, Altı Sigma'nın uygulandığı işletmenin yapısı, uygulamanın kapsamı ve projelerin türüne göre farklılık gösterebilir. Bir takım işletmeler genel kabul gören unvanları sarı, mavi vb. kuşaklar ile tanımlarken, diğerleri birkaç kuşakla yetinebilmektedir. (Baş, 2003:23). Altı Sigma organizasyonu içerisinde yer alan ekiplerin rolleri özetle Tablo.1'de gösterilmiştir.

Tablo.1: 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 metotlarını 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 sürdürme
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)

2. ALTI SİGMA METODOLOJİSİNDEKİ TEMEL UYGULAMA AŞAMALARI

Endüstri devriminde bugüne işletme faaliyetlerinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesine dönük olarak çok sayıda bilimsel yaklaşımın ve yöntemlerinin geliştirilip uygulandığını görmekteyiz. Bu yöntemlerin çoğunda W.Edwards Deming'in PUKÖ (Planla, Uygula, Kontrol et, Önlem al) döngüsüne yer verildiği söylenebilir. Ancak, Altı Sigma metodunda işletme süreçlerinin iyileştirilmesinde DMAIC (define, measure, analysis, improved, control) yani TÖAĐK (tanımlama, ölçme, analiz, iyileştirme, kontrol) yaklaşımından faydalanılır(Özgen, 2006:24). Altı Sigma yöntemi ile iyileştirme ve problem çözme beş aşamada gerçekleştirilir.Bu aşamalar Tanımla, Ölç, Analiz Et, İyileştir ve Kontrol Et (Define,Measure, Analyze, Improve, Control – DMAIC) olarak ifade edilir. Bu aşamalardan ilki olan tanımlama aşamasında öncelikle işletmenin amaç ve kritik başarı kriterler dikkate alınarak çalışılacak projeler doğru bir şekilde belirlenmeli ve bu projelerde çalışacak olan personel seçilmelidir. Sonraki aşamalar içindeki ölçme ve analiz fazları “süreç karakterizasyonu” olarak; iyileştirme ve kontrol ise “süreç optimizasyonu” olarak gruplanabilir. Altı Sigma yaklaşımının uygulanmasında, öncelikle seçilmiş olan personel, yeşil kuşak veya kara kuşak eğitiminden geçirilmelidir. DMAIC olarak adlandırılan Altı Sigma iyileştirme planının ilk aşaması olan tanımlama süreci, olası problemi tanımlamak ve bu problemin işletmenin belirlediği, müşteri memnuniyeti, çalışan tatmini, finansal performans gibi başarı kriterlerine etkisini belirlemek amacıyla yapılır. Bu aşamada, kritik müşteri istekleri, proje amaç ve hedefleri, proje personelinin rolleri ve sorumlulukları, süreç haritası ve performans kriterleri belirlenir (Gupta, 2004:24-25). Proje durum rapor formu hazırlanarak hedefler ve süreler belirlenir. Böylelikle projenin gerektirdiği, tedarikçilerden, müşterilerden ve süreçten de temsilcilerin olduğu proje personeli seçilir. Tüm sürecin akış diyagramı ortaya çıkarılırken süreçteki girdiler ve çıktılar belirlenmiş olur ve daha sonra sebep sonuç diyagramı ve matrisi ile hata türü ve etki analizine yardımcı olacak problemi oluşturan sürecin çıktıları ile girdilerinin bir listesi hazırlanıp, sebep sonuç ilişkisi incelenir. İstatistiksel veri analizlerinin yoğun olarak kullanıldığı analiz aşamasında temel amaç mevcut durum ile istenen ya da hedeflenen performans düzeyi arasındaki farkın nasıl ortadan kaldırılacağı araştırılır. Sonraki adım olan iyileştirme aşamasında, problemi yaratan unsurların ortadan kaldırılmasına dönük çözümler geliştirilir ve uygulama planları belirlenir. DMAIC yaklaşımının son aşaması olan kontrol aşamasında, geliştirilen çözüm yöntemi ve uygulaması başarılı ise doğrulanır. Bu iyileştirmenin sürekliliği, olabildiğince insan hatasının önüne geçerek, süreçte görev alan tüm çalışanların güncel eğitimlerini devamlı kılarak, kontrol yordamlarını güncellenerek, süreçteki değişkenliğin mevcut ve gelecekteki nedenlerini ortadan kaldırarak ve geliştirilen yeni sürecin sürekli olarak istatistiki kontrol altında tutulması ile sağlanır. İyileştirilen süreç belli bir süre sonunda kararlı hale geldiğinde sürece ilişkin hedeflenen sonuçlar kayıt altına alınır ve eğer proje başında belirlenen hedeflerden uzaklaşmışsa düzeltici faaliyet olarak DMAIC döngüsü tekrar başlatılır (Özveri ve Çakır, 2012: 4).

2.1 Tanımlama Fazı

Tanımlama fazı bir projenin başlangıç fazıdır. Projede çalışacak olan takım ve projenin lideri/sponsoru bir araya gelerek, projenin kapsamını, amacını, finansal ve operasyonel performans kriterlerini ve amaçlarını çeşitli tanımlama yöntemleri ile belirlemelidir. Proje esnasında tanımlama yapılırken aşağıdaki adımlar takip edilebilir:

1. Proje Bildirisinin oluşturulması- proje çizelgesinin oluşturulması
2. Problemin belirlenmesi
3. Proje alanı-sınırlarını tanımlamak
4. Projenin müşteri için yararlarını belirlemek
5. Ekip seçimi

Projenin hayata geçirilmesi için öncelikle proje bildirisinin hazırlanması gerekmektedir. Proje bildirim çizelgesinde problemin tanımı, amacını, sınırlarını, proje ve aksiyon planını, fırsat bildirelerini ve işe etkisini, çalışılacak alanın özetini ve ekip üyelerini görülebilir.

Tablo.2: Proje Bildirim Çizelgesi

Fırsatlar ve Problemin Tanımlanması Problemin tanımı İşe veya müşteriye katkısı nedir?	Fırsatlar /Projenin İşe Etkisi Finansal olarak işe etkisi ne olacak Müşteri için yararı nedir?
Amaç Belirleme İşi geliştirme amaçları nelerdir?	Projenin Sınırı Hangi süreçler/prosesleri ele alıyoruz Alanımıza girmeyen nedir?
Proje Aksiyon Planı Projeye ne zaman başlanacak?? İş planı nedir	Ekip Üyesi Seçimi Ekip lideri, sponsor, eküp üyeleri kim?

Bu aşamada problemin tanımlanması ve mevcut durumun analizi yapılır. Bu analizlerin yapılabilmesi için proje planı, iletişim planı ve SIPOC diyagramı (Supplier, Input, Process, Output, Customer), sebep sonuç diyagramları Müşterinin sesi (Voice of customer), müşterinin (dahili veya harici) istekleri ile ilgili bilginin elde edilmesi için analizler kullanılır.

2.2 Ölçme Fazı

Sıradaki faz olan ölçüm fazının amacı, gelişme için fırsatı tanımlamak ve en önemlisi performansı nitelendirmektir. Altı Sigma projelerinde girdiler ve çıktılar büyük önem arz ettiğinden bunların tanımlanması gerekmektedir. Ölçme fazında öncelikle mevcut durumun ve proseslerin analiz edilesi için gerekli olan kalite, hız, performans veya maliyet gibi konuları içeren dataların toplanması gerekmektedir. Gerçekleştirilen ölçüm çalışmasından önce, ölçüm işleminin herhangi bir manipülasyon içermediğinden emin olunmalıdır. Süreçten alınan bilgiler ürünün ya da hizmetin ortaya çıkarılmasında sürecin yetenekleri ve kapasitesini belirleyecek olması sebebiyle çalışmanın bu aşaması oldukça önem arz eder.

Ölçme fazı için önemli adımlar aşağıdaki şekilde sağlanabilir:

1. Mevcut durum için proses değer akış haritasının oluşturulması
2. Proses için tüm girdilerin, çıktılarının ve tüm değişkenlerin belirlenmesi
3. Tüm ölçümler için operasyonel tanımlar ve değerlere göre veri toplama planının belirlenmesi.
4. Data analiz planının belirlenmesi
5. Gage R&R çizelgesinin oluşturulması

Tanım: Gage R&R, tekrarlanabilirlik ve yeniden üretilebilirlik için ölçüm sistemine bağlı süreç varyasyonu yüzdesidir. Gage R&R değişkenliğinin ölçüm kabulü için genellikle tanınan kriter;% 10'un altındaysa: Kabul edilir ölçüm% 30'la %10 arasındaysa: Kabul edilebilir,%30'un üzerindeyse: Ölçüm kabul edilmez, düzeltilmelidir.

6. Dataların kalitesinin kontrolü

7. Prosesin davranışlarının varyasyonel ölçümler ile belirlenmesi

8. Mevcut durumda prosesin performansının belirlenmesi

2.3 Analiz Fazı

Analiz fazının amacı; en iyi ürünü veya hizmeti sunabilmek için gerekli olan kritik faktörleri belirlemek ve kök neden analizleri ile hataların sebeplerini bulmaktır. Analiz aşaması, doğrulanmış ölçüm sistemi ile elde edilen verilerin çeşitli istatistik araçları ile analize tabi tutulduğu aşamadır. Bu aşamada verilerin, normal dağılıma sahip olup olmadıkları gerçekleştirilen normal dağılım testleri ile belirlenir ve sonuç da kullanılacak araçların belirlenmesine olanak sağlar. Tanımlama ve ölçme aşamalarında belirlenen girdilerin sonuç üzerindeki etkisi uygun istatistik araçları ile analiz edilir. Girdi faktörlerinin azaltılması ve sonuç üzerinde etkisi en yüksek girdilerin belirlenmesi analiz aşamasında gerçekleştirilmektedir.(Akyüz ve Kurt, 2016: 16).Analiz fazının aşamaları: (Quentin, 2014: 94)

1. Prosesin analiz edilmesi: Bu aşamada proses haritalama, değer akış haritalama, zaman değer haritalama, spaghetti diyagramları gibi analiz yöntemleri kullanılarak proses analiz edilir.

2. Potansiyel kök nedenlerin belirlenmesi: Mevcut durum analizi ışığında potansiyel problem sebepleri beyin fırtınası, 5 neden analizi, balık kılıcı diyagramı, bağlantı şemaları ile müşteriye değer katan veya katmayan faaliyetler belirlenerek kök neden üzerine yoğunlaşmaya başlanılır.

3. Data Analizi: Tüm toplanan dataların ne anlama geldiği araştırılır. Bu fazda daha çok sayısal yöntemler veya programlar kullanılarak grafikleme yöntemi ile analizi yapılır. Korelasyonu, dağılımları karşılaştırmalı grafiksel anlatım yöntemleri, normalleştirme testleri gibi sayısal veri analiz metotları kullanılır.

4. Kök nedenin belirlenmesi ve doğrulanması: Varyasyonlar için kontrol grafikleri, hipotez testleri, korelasyon ve regresyon yöntemlerinden faydalanılır.

Analiz aşamasının sonunda kontrol listesi oluşturulur. Problemin temel nedenlerinin belirlenerek çözülmesi için yeterli hipotezlerin geliştirilmesi dikkate alınır.

2.4 İyileştirme Aşaması

İstatistiki çalışmalara dayalı olarak analiz aşamasında elde edilen sonuçlarla belirlenen nedenlerin ortadan kaldırılmasına yönelik iyileştirme faaliyetlerini içeren aşamadır. Hedeflenen çıktı değerlerine ulaşabilmek için hangi girdiler üzerine odaklanması gerektiği bilgisi önceki aşama olan analiz aşamasından alınarak ilgili iyileştirme faaliyetleri yürütülür

Akyüz ve Kurt, 2016: 16). Bunun dışında alternatif çözüm yollarının geliştirilmesi, alternatif sistemin çalışma marjlarının tanımlanması, geliştirilen alternatif çözümlerin hata koşullarının değer olarak belirlenmesi, deneme uygulamalarla hedeflenen gelişmenin elde

edilmesine çalışılır ve son olarak alternatif çözümün hatalarının düzeltilip tekrar uygulamaya alınması işlemleri yerine getirilir (Akarşlan, 2015: 55). Bu aşamanın sonunda risk analizi yapılmış en iyi çözüm seçeneği belirlenir ve uygulamaya alınır. İyileştirme aşaması sonunda en iyi çözüm belirlenir, risk analizi yapılarak uygulamaya alınır.

2.5 Kontrol Fazı

Altı Sigmanın son aşaması olan kontrol fazında, yapılan iyileştirmenin ve değişikliklerin etkisinin kontrol edildiği aşamadır. Kontrol aşaması, gözlem ve kontrol sistemlerinin tanımlanması ve devreye alınması, standart ve prosedürlerin geliştirilmesi, istatistiksel süreç kontrolünün tamamlanması, süreç yeterliliğinin sağlanması, sağlanan karın, maliyet tasarruflarının, gerçekleşmesi ve projenin kapatılıp ilgili dokümantasyonun sonuçlandırılması adımlarını bünyesinde barındırır. Başarı ile tamamlanmış kontrol aşamasından sonra aynı süreçler işletmenin Altı Sigma'ya ulaşabilmesi için yeniden başlatılır. Burada en önemli olan konu, devamlılığın elde edilebilmesi ve projenin DMAIC süreci tamamlanmasına rağmen kesintiyle karşılaşmadan aynı döngülerin yinelenmesidir. Ancak bu yöntemle geçmiş süreçlerdeki iyileştirmeler ile temel hedef olan Altı Sigma'ya ulaşılabilir (Akarşlan, 2015: 58).

3. YALIN ALTI SİGMA

1990'lı yıllarda Toyota Üretim Sisteminden esinlenerek James P. Womack tarafından yazılan “Dünyayı Değiştiren Makine” adlı kitapla gündeme gelen yalın üretim ve yalın düşünce kavramları; Motorola ve General Elektrik ile tanının 6 Sigma kavramı ile 2000'li yıllarda bir araya gelerek son zamanların en çok konuşulan “Yalın 6 Sigma” yaklaşımını ortaya çıkarmıştır. Yalın üretim; ürün ve hizmet yaratma sürecini israflardan arındırmak demektir. Yalın düşünce ise sürekli gelişim kültürü, maliyetleri etkin bir şekilde kontrol etme modeli ve firmaların kaynaklarını kullanım yönünden büyüme stratejisini yönlendiren bir sistem ve insana saygıyı baz alan bir felsefedir. (AB Proje Yönetimi, 2012) “Yalın” ve “Altı Sigma” şeklinde iki ayrı kavramın bir araya gelmesi ile oluşan Yalın Altı Sigma bir yönetim felsefesidir. Yalın Altı Sigma, hem kalite iyileştirmeve geliştirme, hem de ekonomik kazanç elde etmede amacı ile belli bir standardizasyonu ortaya koyarken, aynı anda israf ve maliyeti minimize etmede sistematik bir etkiye sahiptir (Polk, 2011:38).Yalın Altı Sigma ; “Yalın Üretim” konusu içindeki Yalın üretimi destekleyen bütün uygulamaları ve “Altı Sigma”yı içeren sistemlerin bütünüdür. “Yalın Altı Sigma” kavramı; mal veya hizmet üretiminin tüm aşamalarında “israf”ın ortadan kaldırılması veya minimize edilmesi, verimliliğin ve kalite düzeyinin artırılması amacı ile “Değer Akış Analizi” tabanında 3 ana konuda odaklanmış çalışmaları içerir (Yalın Sigma Danışmanlık, 2005:44).Yalın Altı Sigma çalışmalarının başarıya ulaşması için öncelikle belirlenen ekibin, firma ve müşterileri için önem taşıyan bir soruna dönük olarak çalışmalarıdır. (George ve Dig.,2005). Ayrıca;

- Hedef müşteriye tatmin etmek olmalıdır, yani daha kısa sürede daha kaliteli hizmet vermektir.

- Bu hedefe ulaşmak için süreçleri geliştirmek ve iyileştirmek gereklidir. Bunu yapmak için değişkenlikleri ve hataları (müşterinin razı olamayacağı her şey) ortadan kaldırılmalı ve işin süreçler boyunca akışına odaklanmaları gerekmektedir.

- Farklı süreç alanlarında çalışan kişiler bir takım gibi çalışmalı ve problemi çözebilmek için görüşlerini paylaşmalıdırlar.

- Alınan kararlar verilere dayanmalıdır.

4.UYGULAMA

Uygulamanın yapıldığı firma 1978 yılında kurulmuş olup içecek dolun tesisinde faaliyet göstermektedir. İşletmenin ürünleri ülke çapında yaygın bir dağıtım sistemi ile tüm gıda noktalarında tüketilmektedir. Firma, sürdürülebilir büyümeye odaklandığı "Fayda Gözetken Performans" vizyonu etrafında birleşen 120 çalışanıyla birlikte tüketicilerin hayatlarına keyif katan besleyici, lezzetli içecekler üretiyor. 2002 yılında tamamen kurumsallaşan firma Türk tüketicisine kaliteli ve yenilikçi ürünleri ile hizmet vermeye devam etmektedir. Firma ürünlerinin gerçekleşmesinde müşteri memnuniyetinin sağlanması amacıyla yönelik olarak TSE.EN.ISO 9001, FSSC 22000 kalite belgelerini almış ve kalite standartlarını bu belgeler ile kontrol altına almıştır. Bunun haricinde firma dünya çapında uygulanan gıda güvenliği ve gıda koruma programı ile kendi içerisinde bağımsız bir denetçi şirket tarafından habersiz olarak denetlenmektedir. Şirket 2006 yılından bu yana sürdürülebilir büyümeyi sağlamak için yalın Altı Sigma temelli geliştirici faaliyetlerde çalışanları eğitmeye başlayarak tüm süreçlerinin yalınlaştırılması için Altı Sigma takımları kurmaya başlamıştır. 2011 yılına kadar klasik üretim ve süreç iyileştirme teknikleri ile süreçleri iyileştirme yolunu kullansalar da 2011 yılından itibaren akademik anlamda dış danışmanlar ve bağılı buldukları sektörel yapılanmalar ile Altı Sigma konusunda uzman şampiyonlar ve kara kuşaklar yetiştirmiştir. 2014 yılı itibari ile Şirket bünyesinde Altı Sigma yapılanmasının yanı sıra atıkları azaltmak, kaliteyi artırmak ve bu yollarla firmaya değer katmayı amaçlayan faaliyetleri de projelendirerek uygulamaya geçirmeyi planlamıştır.

4.1 Süreç İyileştirme ve Uygulama Aşamaları

Çalışma, projenin Tanımla, Ölç, Analiz Et, iyileştir ve Kontrol Et aşamalarını ve bu aşamalarda kullanılan Yalın ve Altı Sigma Tekniklerini içermektedir. Şirket tüm faaliyetlerinde sadece maliyet azaltıcı iyileştirmelerin yanı sıra, çevreye duyarlılık esasını da içerisine alan enerji kullanım konusunda birçok çalışma yapmaktadır. Günlük, haftalık ve aylık olarak tüm enerji kullanım değerlerini otomatik ölçüm cihazları ile takip ederek raporlanmaktadır. Çevreye duyarlılık esastan yola çıkılarak oluşturulan optimizasyon projesi ile daha az enerji tüketerek, daha az atık oluşması prensibi esas alınmıştır.

4.1.1 Tanımla

Şirketin yıllık toplam değişken enerji maliyetleri 1,8 milyon TL olup, toplam enerji giderinin %58'ini oluşturmaktadır. Enerji giderleri üretim tesisinin en büyük maliyetlerinden biri olarak, çevresel olarak da enerji tüketimini azaltarak sürdürülebilir büyüme esaslarına uygunluk ele alınmıştır. Bu proje ile üretim süreçlerinde enerji tüketilen iş istasyonlarına odaklanılarak yıllık 150 bin TL net gelir elde etmek hedeflenmiştir. Proje takımı 1 proje lideri, 1 proje sponsoru, 6 takım üyesi olmak üzere toplam 8 kişiden oluşmaktadır. Proje takımının belirlenmesinin ardından, projenin zaman planı oluşturulmuştur. Projenin zaman planının oluşturulmasının sebebi DMAIC'in her bir adımında uygun Yalın üretim ve Altı Sigma teknikleri kullanılarak doğru zamanda iyileştirme amacına ulaşmaya çalışılmıştır. Tanımlama aşamasında öncelikle odak grup çalışması ile Tablo 3' de gösterilen müşterinin sesi analizi yapılarak, müşteri istekleri CTQ'lar (kritik kalite karakteristikleri - Critical To Quality) belirlenmiştir. Pet şişirme makinasını kullanan tüm kişiler ve departmanlar kategorize edilerek müşterilerden gelen istekler belirlenmiştir.

SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers – Tedarikçiler, Girdiler, Süreç, Çıktılar, Müşteriler) ile pet şişirme makinasının tedarikçileri, prosesin girdileri, tüm süreci,

çıktıları ve müşterileri belirlenmiştir. SIPOC diyagramı kişilerin işi süreç bakış açısına göre görmesine yardımcı olur. Oluşturulan SIPOC haritası ile pet şişirme makinasının girdileri; preform (bir PET kavanoz yada şişenin şişirilmeden önceki hali) kalite kontrol şemaları, şişirme alanı sıcaklıkları, preform soğutma değerleri, hava basınç değerleri belirlenmiştir ve Şekil 1’de gösterilmiştir.

Sürecin iş akışı SIPOC ile belirlendikten sonra projenin iletişim planı oluşturulmuştur. İletişim planı ile tüm proje takımının günlük, haftalık ve aylık olarak projenin çıktılarının değerlendirildiği bir toplantı planı oluşturulmuştur. Proje ilerledikçe günlük ve haftalık konu başlıkları değerlendirilir, projenin güncel durumu proje lideri vasıtası ile proje sponsoruna aktarılır(Tablo 4).

Tablo.3: Müşterinin Sesi Analizi

Müşteri kim?	Müşterinin bizden beklentileri nelerdir	Müşterinin projeden tatmin olması için bizden beklentileri nelerdir	Kritik müşteri isteği nedir?
Pet Şişirme Operatörü	Standart basınç değerini makina çalışırken azaltma	Müşteri tarafından tanımlama yapılamamıştır.	%1 net verimlilikte artış sağlamak
Üretim Departmanı	Hat verimlilik hedefinin gerçekleşmesi	Dolum esnasında şişenin patlaması ve ürünün köpürmesinin önüne geçilmesi	Tüm hat verimliliğinden %83,3, gerçek verimlilikte ise %58,5 değerlerini yakalamak
Kalite Departmanı	Şirket kalite spektlerinin dışına çıkılmaması	Patlama, kesit ağırlığı ve gerilme çatlak testlerine güvenmek	Şirket kalite spektlerinin sağlanması
Teknik Müdürlük	Enerji ve bakım maliyetlerinin azaltılması	Yüksek enerji tüketimi nedeniyle ekstra iş yükünün azaltılması	Enerji kullanımlarının %17 azaltılması
Çevre ve İş Güvenliği Departmanı	Çevreye duyarlılık ve proje sonunda İSG risklerinin oluşmaması	Yanlış proses düzeltmelerinden dolayı ekstra enerji tüketimin artmasının önüne geçmek	Gün kayıplı kaza olmaması ve atık geri dönüşümünün %88,6 oranında sağlanması
Üretim Müdürü	Enerji maliyetlerinin düşürülmesi için destek	Başlangıç enerji kullanım hedefinden sapma olmaması	150 bin TL yıllık net gelir

Tedarikçiler	Girdiler	Süreçler	Çıktılar	Müşteriler
Suppliers	Inputs	Process (Current)	Outputs	Customers
Preform Tedarikçisi	Soğutma Suyu	Enerji	Pet şişe	Dolum operatörü
Malzeme Deposu	Preform	Fırına preform girişi	Pet-Preform Atığı	Şişirme Operatörü
Elektrik Hizmetleri	Sıcaklık (Isıtıcı Lambalar)	Lambanın fırında ısınması	Çıkış sıcaklığı	Hat Operatörleri
Ana Takım	Basınçlı Hava	Ventilasyon havanın fırına girişi	Makineden hava çıkışı	Kalite departmanı
	Enerji	Basınçlı Hava Girişi		Teknik departman
		Hava Konveyörü		Çevre müdürlüğü
Girdi ölçümleri		Süreç Ölçümleri	Çıktı Ölçümleri	
Preform kalite kontrolü (ağırlık, renk, şekil)		Şişirme makinesi dönüş hızı	Preform kullanım verimliliği	
Şişirme alanı sıcaklığı		Fırın lamba sıcaklığı	Şişe kalitesi kontrolü	
Preform Soğutma		Doğru preform kullanımı	Dolum verimliliği	
Hava basınç değerleri		Şişirme için gerekli hava basıncı	Atık oranı	
		Üfleme dayanıklılığı	Atık maliyeti	
		Kalıp Soğutma suyu sıcaklığı	Enerji kullanım miktarı	
			Pet Şişirme makinası verimliliği	

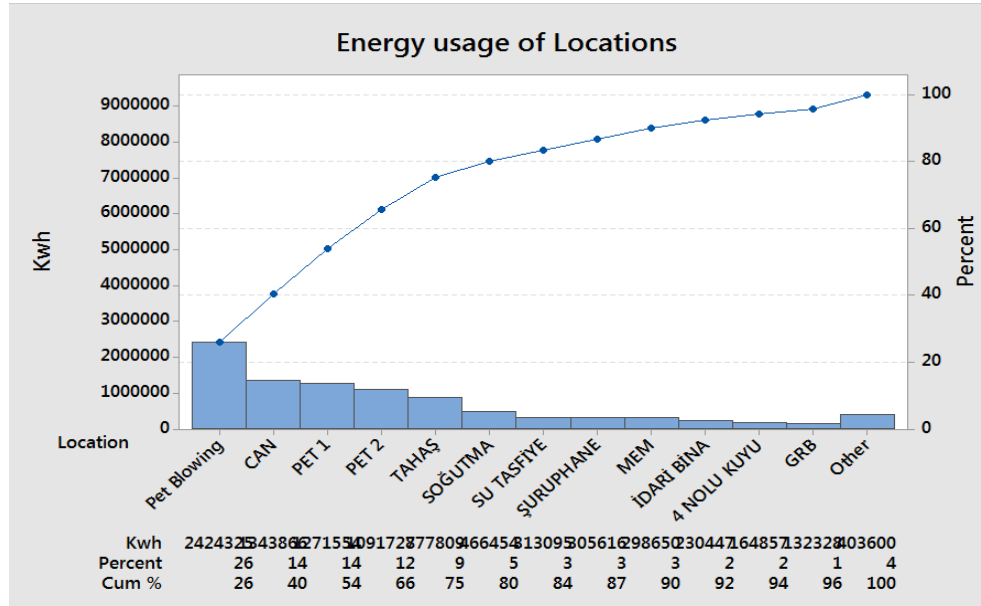
Şekil 1: Proje'nin SIPOC Diyagramı

Tablo 4: Proje İletişim Planı

İletişim Adı	Kiminle Yapılacağı	Toplantı Konusu	Toplantı Yöneticisi	Sıklık	Gün/Zaman	Toplantı Süresi
Takım Toplantısı	Proje Üyeleri (Sponsor hariç)	Sonuçlar, aksiyon planları oluşturulması, planlama	Proje Lideri	Haftalık	Çarşamba 09:00	60 dk
Sponsor Toplantısı	Sponsor & Proje Lideri	Proje aktiviteleri güncellemeleri, bir sonraki adımda yapılacaklar	Proje Lideri	Haftalık	Pazartesi 09:00	30 dk
Bir Önceki Gün Değerlendirmesi	Projede görevli operatörler	Toplanan dataların kontrolü, gözlem değerlendirmeleri	Vardiya Amiri	Günlük	Hergün 10:30	10 dk
Adım Kapanış Toplantısı	Proje Lideri & Sponsor	DMAIC adımlarından her birinin kapanışı öncesi değerlendirme	Proje Lideri	Her fazın bitişinde	-	-
Proje Sonuçları Paylaşımı	Firma için Diğer Altı Sigma Grupları, üst yönetim	Proje bildirim, DMAIC adımları özeti ve sonuçlar	Proje Lideri & Sponsor	Proje Bitişinde	-	-

Problemin tanımlanması aşamasında, üretim sürecinin ve buna girdi sağlayan birimlerin tanımlandığı SIPOC Diyagramları çizilerek tüm sürecin değerlendirilmesi sağlanmıştır. Sürecin iş akışı ile birlikte maliyetler ve tesiste en çok enerji harcanan makineler pareto yöntemi ile analiz edilerek, problemin kaynağı belirlenmiştir. Kurumların kaynakları

kısıtlı olsa da bu kaynaklarla gerçekleştirilmesi gereken çok sayıda faaliyet söz konusudur. Bu nedenle de kaynakların önceliklendirilmesi noktasında etkin bir çaba gösterilmelidir (Chaneski, 2008:34). Pareto analizi, olayları en yüksek sıklıkta gerçekleşenden başlayarak en düşük sıklıkla gerçekleşenlere doğru sıralayan bir kalite kontrol aracıdır (Karuppusami and Gandhinathan, 2006:376). Pareto analizi için öncelikle enerji tüketilen tüm noktalar belirlenerek, yıllık enerji tüketimlerine göre pareto analizi yapılmıştır. Tesis içerisinde elektrik enerjisi tüketimi yapan tüm lokasyonların yıllık kullanımları bir önceki yıla göre karşılaştırılarak pareto çizelgesi çıkartılmıştır. Yapılan analizlerin tamamında Minitab programından yararlanılmıştır.

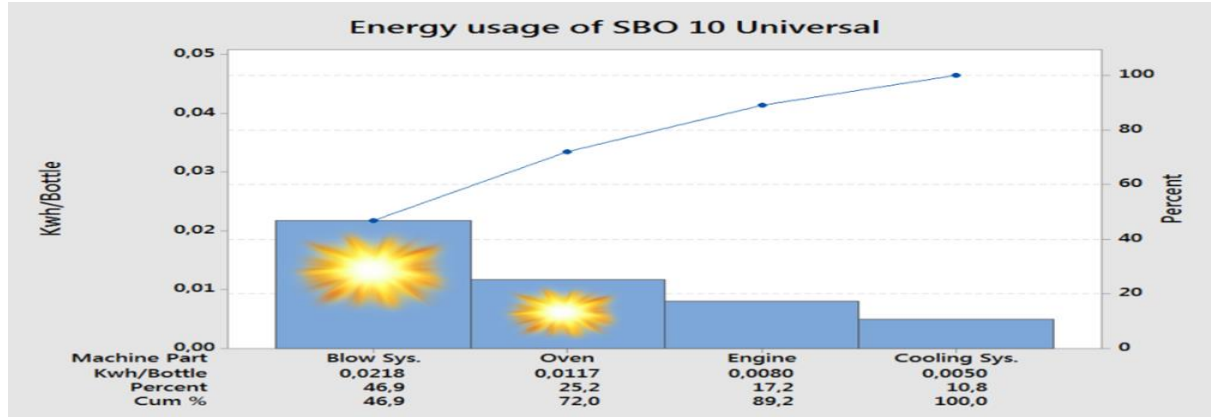


Şekil 2: Lokasyonlara Göre Enerji Kullanımlar

Yukarıda Şekil 2’de görülen pareto analizinde tesiste bulunan tüm enerji tüketim noktalarından en çok Pet Blowing (Pet şişirme) makinasında enerji tüketildiği görülmektedir. Yıllık enerji kullanımının %26’sı sadece pet şişirme makinasında gerçekleşmiştir. Bu sebeple problem tanımı da Pet Şişirme Makinasında enerji optimizasyonu olarak belirlenmiştir.

4.1.2 Ölçme Fazı:

Altı Sigma proje ekibi, belirlenen tüm enerji tüketim girdileri hakkında firma içerisindeki ilgili üretim aşamalarından en fazla enerji tüketimini yapan pet şişirme makinası için veri toplanmasına karar vermiştir. Tesis içerisinde bulunan Pet Şişirme prosesi, 2 adet basınçlı kompresör, 2 adet de basınçlı kompresörden beslenen pet şişirme makinasından oluşmaktadır. Pet Şişirme işlemi basınçlı kompresörlerden gelen basınçlı havanın, preform adı verilen malzemeyi enerji ve basınç yardımı ile şişirerek, pet şişe haline getirilmesi işlemidir. Veri toplama fazında, veri toplanmadan önce pet şişirme istasyonu prosesinin tüm adımları ele alınarak, en fazla enerji tüketen noktaları belirlenerek, pareto diyagramı ile doğrulanmıştır. Enerji tüketim verilerine, bir önceki yılın enerji kullanım miktarları kayıtlardan sağlanmıştır. Şekil 3’te her bir pet şişirme adımının bir yıllık enerji tüketim değerlerini görülmektedir. Pareto diyagramına göre, pet şişirme prosesinde %46,9 ile şişirme sırasında, %25,2 ise fırlama sırasında en çok enerjinin tüketildiği görülmektedir.



Şekil 3: Pet Şişirme Makinasında Enerji Kullanımları

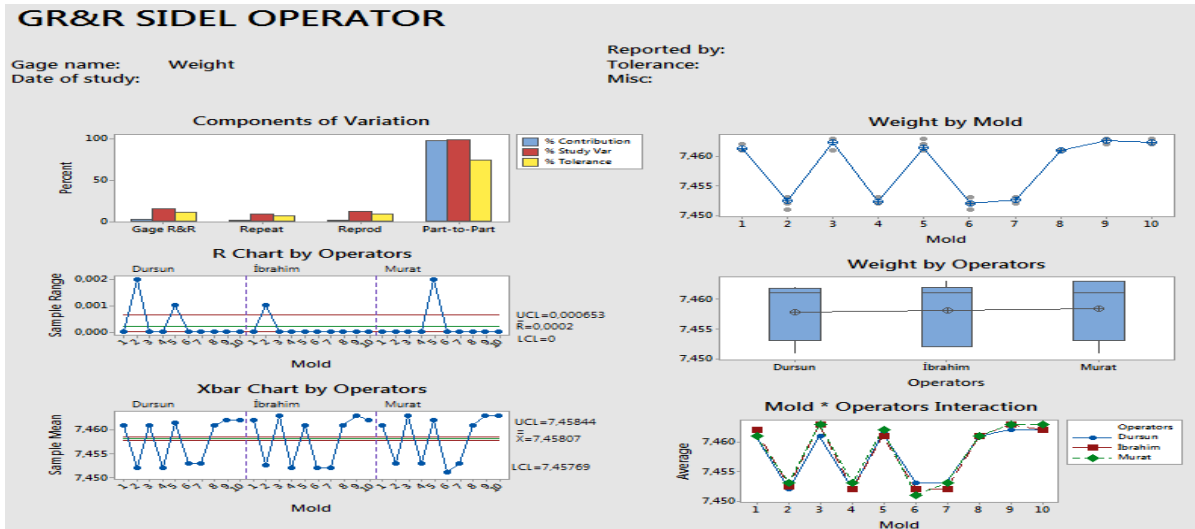
Proses akış haritasına göre öncelikle pet şişe ana malzemesi preformlar malzeme ambarından forklift operatörü ile pet şişirme ünitesi stoklama alanına taşınır ve makinanın besleyici (hooper) bölümüne boşaltılır. Boşaltılan preformlar, konveyörler sayesinde pet şişirme öncesi proses olan, fırın (oven) bölümüne taşınır. Preformlar, şişirme öncesinde kolaylıkla şekil alabilmesi için belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılır. Fırın noktası, preformların istenilen sıcaklığa gelmesinden sonra profirm kısıkaçları vasıtası ile pet şişirme ünitesine giriş yapar. Fırından çıkan preformlardan örnek alınarak istenilen şişirme öncesinde sıcaklığa gelip gelmediği kontrol edilir ve kayıt altına alınır. İstenilen sıcaklığa gelen preformlar pet şişirme ünitesinde öncelikle ön şişirme daha sonra ise yüksek basınç ile pet şişe formuna ulaşma proseslerine tabii olur. Hava konveyörleri vasıtası ile dolum makinasına taşınması gerçekleştirilir. Fırın reflektöründe ısınmayı 2500 watt'lık lambalar sağlamaktadır. Kama sistemi ile preformun boyu, ağırlığı, genleşme katsayısı, kesit ağırlığı, genleşme kırıklığı değerleri sistem otomasyonu ile kayıt altına alınır. Üretim esnasında şişenin taban ağırlığı, şişe ağırlığı, gövde ağırlığı ve omuz ağırlıkları örnek alınarak ölçülür ve formlar ile kayıt altına alınır. Ölçüm fazında pet şişirme için gerekli olan enerjiler, kullanılan basınç ve şişe boyutuna göre derlenmiştir. Veri toplama işlemi için veri toplama planı oluşturulmuş, verileri kimlerin toplayacağı belirlenmiştir.

Tablo 5:Veri Toplama Planı

Ölçüm Tanımı	Veri Tipi	Operasyonel Tanım	Kim	Nasıl
Boyun ağırlığı	Sürekli	Her vardiya	Operatör	Şişe boyu ölçülür
Gövde Ağırlığı	Sürekli	Her vardiya	Operatör	Gövde boyu ölçülür
Taban Ağırlığı	Sürekli	Her vardiya	Operatör	Taban ağırlığı ölçülür
Gerilme Katsayısı	Nitelik	Her vardiya	Laborant	NAOH solüsyonunda bekletilir
Ön Şişirme Basıncı	Sürekli	Her vardiya	Operatör	Kontrol panelinden basınç kontrolü yapılır

Malzeme	Sürekli	Her vardiya	Operatör	Görsel ve teknik olarak malzeme kontrolü yapılır
Lamba Dizaynı	Sürekli	Her vardiya	Operatör	Tüm formatlarda lamba dizaynı kontrol edilir

Veri toplama dataları için projede yer alan tüm operatörler ile günlük ve haftalık toplantılarda gözlemler değerlendirilmiştir. Planlanan üretim miktarına göre her bir şişe boyu için (pet 0,33 litre, pet 0,45 litre, pet 1 litre ve pet 1,5 litre) 4 farklı boyda preform kullanılmaktadır. Dört farklı şişe boyu için tüketilen enerji değerleri operatörler vasıtası ile kayıt altına alınmıştır. Toplanan datalarının ölçüm doğruluğunun, tutarlılığının ve yeterliliğinin değerlendirilmesi için Gage R&R diyagramı minitab programı vasıtası ile ölçümlendirilmiştir.(Şekil 4-5) Toplanan datalar için 3 farklı operatör, farklı vardiyalarda her bir şişe boyu için toplamda 30 adet gözlem yapmıştır. Yapılan analiz sonucunda her bir farklı kategori için yapılan değerlendirmelerin sonucu 9 olarak çıktığı içi veriler güvenilir olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4: Gage R&R Chart

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Mold	9	0,0013107	0,0001456	164,184	0,000
Operators	2	0,0000020	0,0000010	1,146	0,340
Mold * Operators	18	0,0000160	0,0000009	5,322	0,000
Repeatability	30	0,0000050	0,0000002		
Total	59	0,0013337			

α to remove interaction term = 0,25

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,0000005	2,16
Repeatability	0,0000002	0,68
Reproducibility	0,0000004	1,49
Operators	0,0000000	0,03
Operators*Mold	0,0000004	1,46
Part-To-Part	0,0000241	97,84
Total Variation	0,0000247	100,00

Process tolerance = 0,04

Source	StdDev (SD)	(6 * SD)	(%SV)	(SV/Toler)
Total Gage R&R	0,0007303	0,0043818	14,71	10,95
Repeatability	0,0004082	0,0024495	8,22	6,12
Reproducibility	0,0006055	0,0036332	12,19	9,08
Operators	0,0000805	0,0004830	1,62	1,21
Operators*Mold	0,0006002	0,0036009	12,09	9,00
Part-To-Part	0,0049117	0,0294703	98,91	93,68
Total Variation	0,0049657	0,0297943	100,00	74,49

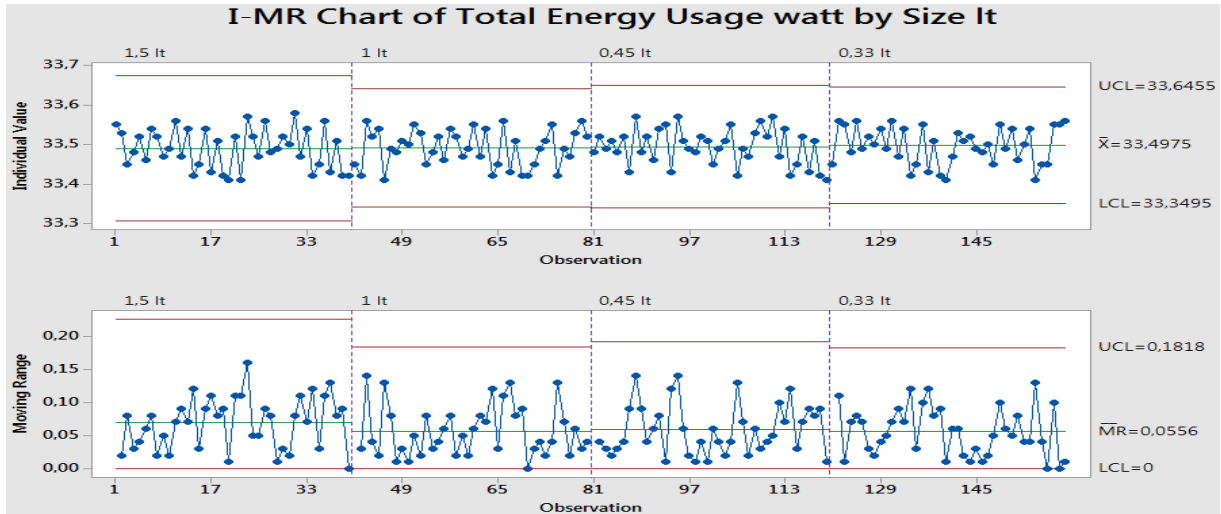
Number of Distinct Categories = 9

Gage R&R for Weight

Şekil 5: Gage R&R Chart Sonuçları

4.1.3 Analiz Fazı

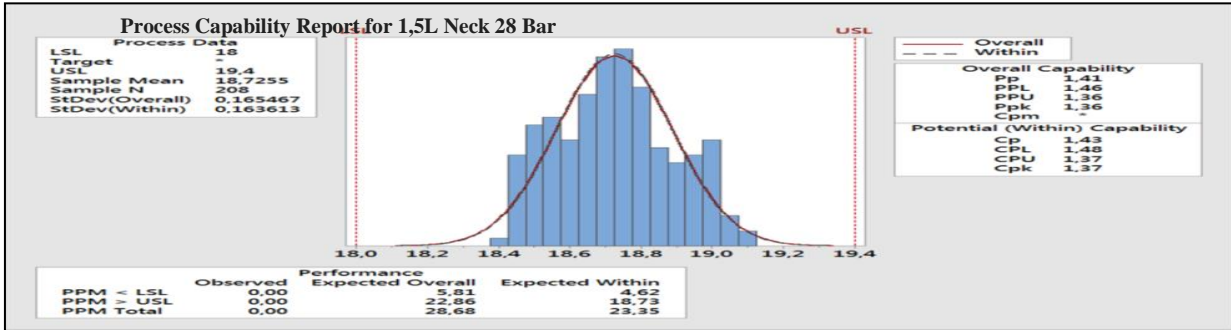
Kontrol Grafikleri ve Ölçüm Analizi Üretim süreçlerinden belirli zaman aralıklarında alınan numunelerin analizi ile elde edilen ölçüm değerlerinin belli bir süre boyunca değişimlerinin gösterildiği grafiklere kontrol grafikleri adı verilir. Kontrol grafikleri belirlenebilir nedenlerden kaynaklanan değişimlerin fark edilerek, düzeltilmesine olanak sağlayan yararlı bir istatistikî süreç kontrol aracıdır (Selevli; 2006 : 2). Ölçüm fazında her bir şişe boyutu için toplanan, her bir şişenin üretilmesi için gereken enerji değerleri kontrol grafikleri ile analiz edilmiştir. Analiz için Minitab 16 programı kullanılmış olup her bir şişenin üretimi için ortalama 33,5 watt elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır (Şekil 6).



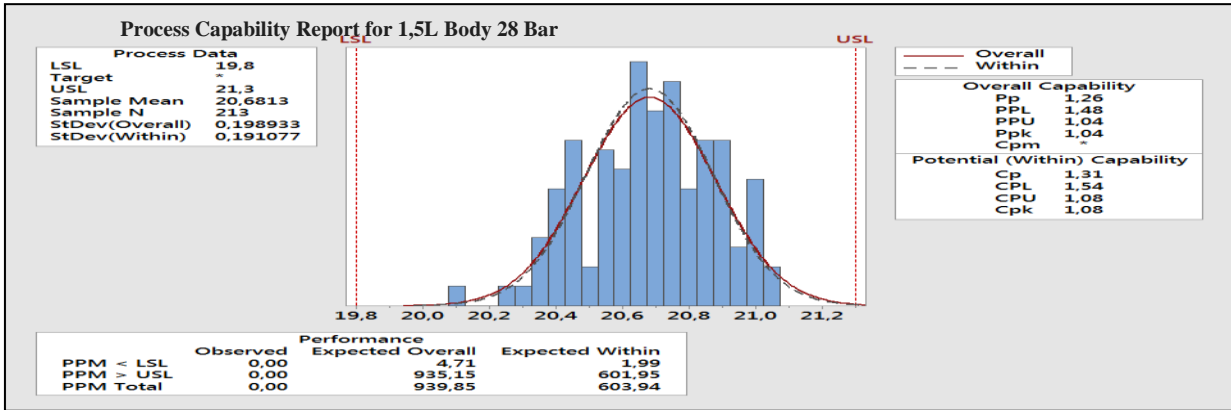
Şekil 6: Kontrol Grafiği

Üretim yönetiminde, kalite özelliklerindeki varyasyonlarının minimizasyonu ile birlikte spesifikasyon hedeflerinin de sürekli olarak karşılanması amaçlanır. Bunun için, üretim süreci

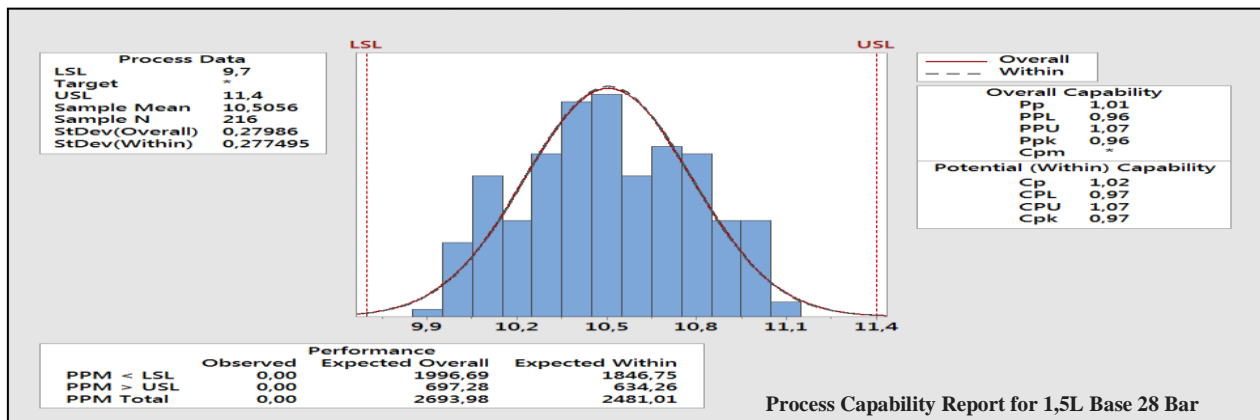
içerisinde ürün gerekliliklerinin veya spesifikasyonların elede edilme derecesi sürekli olarak incelenmelidir. Bu inceleme süreci yeterlilik analizi ile yapılabilmektedir (Selevli; 2006 : 3). Minitab 16 yazılımı yardımıyla Şekil.7-8 ve 9’da yer alan şişe boyu, taban ağırlığı ve boyun ağırlığı değerleri için süreç yeterlilik analizi yapılmıştır. Süreç yeterliliği ile pet şişirme hattında üretilen şişelerin müşteri spesifikasyonları (sınırları) içerisinde olup, olmadığı tespit edilebilmektedir. Yapılan hesaplama sonucunda kasnak üretiminin müşterilerin istedikleri sınırlar içerisinde gerçekleşmesi durumunda Cpk değerinin 1 veya daha büyük olması gerekir. Cpk değeri 1’den küçüldükçe, şişe üretiminin müşterilerin istedikleri sınırları aştığını ifade eder. Proses yeterlilik analizi her bir şişe boyu ve ölçüm kriterleri için yinelenmiştir. Yapılan ölçümlere göre üretilen şişelerin Cpk değeri 1’den büyük olduğu için müşteri spesifikasyonları içerisinde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 7: Proses Yeterlilik Analizi 1



Şekil 8: Proses Yeterlilik Analizi 2



Şekil 9: Proses Yeterlilik Analizi

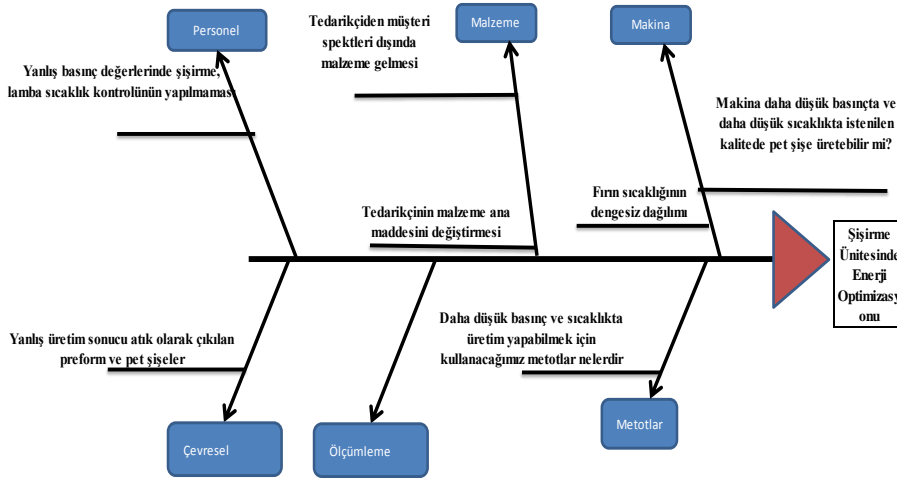
Sebep – Sonuç Diyagramı (Balık Kılıcı Diyagramı)

Şişirme operasyonunda enerji in en çok tüketildiği noktaları belirleyebilmek için sebep sonuç diyagramından yararlanılarak üç ana sebep belirlenmiştir.(Şekil 10)

1. *Fırın Sıcaklığı Yüksekliği:* Fırın sıcaklığının stabilize olmadığı ve fırın içerisindeki lambaların verimli kullanılmadığı tespit edilmiştir.

2. *Pet şişirmek için yüksek enerji kullanımı:* Pet şişirme operasyonu için mevcut durumda 28 bar ile 1 adet preformun pet şişe haline getirilmesi sağlanıyor ve 33 kw enerji harcanmaktaydı. Bu durumda aynı sürede 20 bar basınç kullanılarak istenilen kalitede pet şişe üretilebileceği tespit edilmiştir.

3. *Tedarikçiden gelen yeni dizayn preformlarda hammaddenin farklı kullanılması:* Tedarikçiler ile yapılan görüşmeler sonrasında preform ana malzemesinin dizayn değişikçe farklılaştığı tespit edilmiştir. Bu kapsamda tedarikçi firma ile en uygun hammaddenin hangisi olacağına karar verilerek standart dışı malzeme ile üretim yapılmaması kararı alınmıştır.



Şekil 10: Balık kılıcı diyagramı

4.1.4 Geliştirme Fazı

Bu aşamada, Altı Sigma ekibi bir önceki aşama olan Analiz aşaması ile elde edilen bilgilerle gerekli iyileştirme faaliyetleri üzerine çalışma yapmıştır. Analiz aşamasında 7 adet kök neden belirlenerek sebep sonuç diyagramı oluşturulmuştur. Sebep sonuç diyagramında çözüm önerileri uygulama kolaylığı, çözüm hızı, proje hedefine etkisi ve müşteri tatmini yönünden ağırlandırılarak puanlandırılmıştır. Her bir çözüm önerisi için dört kategoride yapılan puanlar toplanarak büyükten küçüğe sıralanarak, önceliklendirilmiştir. Tespit edilen kök nedenlere göre getirilen çözüm önerileri aşağıda özetlenmiştir.

1) *Preform Stoklarının Pet Şişirme Alanında Depolanması:* Preformların kalite standartlarını sağlayacak şekilde şişirme operasyonuna başlaması için öncelikle ortam sıcaklığı ile aynı sıcaklık değerine sahip olması gerekmektedir. Bu sebeple dış alanda stoklanan preformların şartlandırmaya tabi tutulmadan pet şişirme ünitesine ve fırına gönderilmemesi gerekmektedir. Pet şişirme alanı, bu kapsamda 5S çalışması ile stoklama kapasitesi artırılarak 24 saatlik üretimi karşılayacak şekilde yeniden dizayn edilmiştir.

Alanlama çalışması renk kodları ile standart hale getirilmiş, periyodik olarak azalan preform stok alanı doldurulacak şekilde forklift operatörleri eğitilmiştir.

2) *Lamba Kullanım Verimliliğinin Arttırılması*: Isıtma işlemi, preformun şişirme ünitesine girmeden önce uzayarak şekil almasını sağlayan ön prosestir. Fırın içinde ısıtma işlemi iki kademe gerçekleşir. Preformlar öncelikle fırının ön ısıtma bölgesine daha sonra ise son ısıtma bölgesine geçer ve konveyör vasıtası ile fırın içerisinde dairesel olarak hareket eder. Böylece preformun ağırlık dağılımı ve rijitliği (Kuvvet veya moment etkisi altında şekil değiştirmeyen, formunu koruyan) eşit bir şekilde sağlanmaktadır. Isıtılarak yumuşatma işlemi fırının ön ısıtma bölgesinde yapılmaktadır. Fırın içerisinde toplamda 80 adet lamba ve karşılığında da alüminyum reflektörler bulunmaktadır. Fırın için sıcaklığı sağlayabilmek için toplam enerjinin %25'i lambaları ısıtmada kullanılmaktadır. İyileştirme fazında öncelikle verimsiz olan lambaların değişikliği sağlanmıştır. Tüm lambalar ve reflektörler temizlenerek toz ve kir gibi sıcaklığı etkileyen dış faktörlerden arındırılmıştır. Tüm lambaların, fırın içerisindeki konumları ve soğutma rampalarındaki yerleşimleri yeniden düzenlenmiştir. Ön ısıtma ve son ısıtma arasındaki yüzdesel dağılım, fırın içerisinde kalma süresi değiştirilmiştir. Böylece preformların şişirme öncesinde istenilen hedef sıcaklık değerine daha hızlı biçimde ulaşması hedeflenmiştir. Ön ısıtma lamba verimliliği %8 arttırılmış, son ısıtma lamba verimliliği %8 azaltılmıştır. Ön ısıtma ve son ısıtma bölgesinde mevcut lamba sayıları değiştirilmiştir. Son ısıtma lamba verimliliği; toplam lamba sayısı arttırılarak istenilen set değere daha az elektrik enerjisi sağlanarak arttırılmıştır.

3) *Pet Şişirme Basıncı Verimliliğinin Arttırılması ve Net Basınç Değerinin Belirlenmesi*: Preform şişirme için gerekli olan enerjinin %49,9'unun pet şişirme basıncı için kullanıldığı ölçme fazında belirlenmiştir. Basınç tedarigi 2 bölümden oluşmaktadır. İlk olarak preformun genişmesi için ön şişirme girişimi (preblow) daha sonra ise asıl şişirme (blow) işlemi yapılmaktadır. Şişirme işlemi için yüksek basınç kompresöründen gelen hava akımı filtrelerden geçerek preblow ardından blow işlemini gerçekleştirmektedir. Bu sebeple ilk olarak tüm filtrelerin temizlenmesi sağlanmış, periyodik temizlik çizelgeleri ile de takibine başlanmıştır. Basınç kaybını en aza indirmek için hava sızıntısını elimine edecek şekilde şişirme kalıbı içi tekrar düzenlenmiştir. Basınç absorbe (soğurma-emme) noktaları, gerdirme çubuğu pozisyonları, makina mekanik aksamı gözden geçirilerek, ön şişirme ve şişirme pozisyonları yeniden konumlandırılmıştır.

Şişirme işlemi bittikten sonra takip eden proses adımı ise hava tahliyesi ve geri dönüşüm prosesidir. Şişe kalıptan çıkmadan önce hava tahliyesi ekzos vasıtası ile yapılmaktadır. Projenin en kritik iyileştirme adımı ise eksoz için belirlenen sürenin kısaltılması olmuştur. Mekanik kamin konum açılmal değişikliği sayesinde daha önce şişe başına 15 salisede yapılan hava tahliye işlemi, 10 saliseye düşürülmüştür. Aynı miktardaki havanın tahliyesi daha düşük zamanda gerçekleşmeye başlamıştır. Böylece pet şişirme (blow) işlemi için daha uzun süre tanınması sağlanmıştır.

Pet şişirme (blow) için ayrılan sürenin artması ile birlikte, pet şişirme kama konumu ve açıları da değiştirilerek, istenilen kalitede şişenin üretilmesi için 28 Bar yerine 20 Bar basınç kullanılarak üretim standardı ve talimatı değiştirilmiştir. Problem tanımında belirtilen enerji optimizasyonundaki en yüksek kazanç, bu adım ile elde edilmiştir.

Tablo 6:Şişe Başına Enerji Kullanım Değerleri

Energy Usage Details for Blowing				
Product Sizes	Before		After	
	Preasure (wh/b)	Oven (wh/b)	Preasure (wh/b)	Oven (wh/b)
330 ml PET	22(± 0,8)	11 (± 1)	8(± 0,8)	5 (± 1,1)
450 ml PET	21 (± 0,7)	11 (± 1,1)	7 (± 0,8)	6 (± 1,1)
1 lt PET	21 (± 1)	11 (± 0,9)	7 (± 1)	6 (± 1)
1,5 lt PET	22(± 1)	11,1 (± 1)	8(± 1,1)	5 (± 1,2)

4) *Proses Adımlarının Zaman Ayarlamasını Değiştirmek*: Pet şişirme ünitesi mekanik aksamı; ön şişirme-şişirme süreçlerinin gerçekleştirilmesi için kama sistemi adı verilen mekanik düzenlemeye sahiptir. Firmanın özel olarak projelendirdiği kama sistemi sayesinde, kamanın mekanik aksam içerisindeki konumuna göre yüksek basınç kompresöründen gelen havayı regüle sistem ile istenilen ön şişirme ve şişirme basıncını ayarlanır. Basıncılı hava, ön şişirme ve şişirme işlemini gerçekleştirdikten sonra, geri dönüşüm sistemi sayesinde tekrar kullanılmak üzere yüksek basınç kompresörüne geri gönderilmektedir. Kamanın konumu, ön şişirme süresinin kısaltılması için açılabilir olarak yeniden dizayn edilmiştir. Germe ve şişeye hava darbesi zamanları yeniden belirlenerek standart hale getirilmiştir. Hava geri dönüş standartları istenilen spektlerde kalacak şekilde dizayn edilmiştir.

5) *Kalıptaki Sürekli Soğutma Performansı*: Kalıbın, üretim sırasında sıcaklığının stabil kalması için soğutma suyu ile sağlanmaktadır. Stabilizasyon için soğutma ünitesi (chiller) periyodik olarak temizlenmeye başlanmıştır. Soğutma yuvaları, soğutma kalıpları kontrol edilir, haftalık olarak soğutma suyundan örnek alınarak set değerler içerisinde olup olmadığı kontrol edilmeye başlanmıştır.

6) *Standart İşlem Adımlarının Tanımlanması* : Tüm yapılan iyileştirmeler sistem kalite talimatlarına ilave edilerek, kontrol formları ve proses adımları tanımlanmıştır. Değişiklik yapılan proses adımları, pet şişirme ünitesi otomasyon programına entegre edilmiştir. Kalite test cihazlarının kalibrasyonunun yapılması sağlanmıştır. preform sıcaklık ölçen kameraların etkinlik kontrolü sağlanmıştır.

7) *Preformun Malzeme Standartı*: preform standartları ile ilgili iyileştirme adımı bu fazda uygulanmamıştır.

4.1.5 Kontrol Fazı

Kontrol aşaması, gözlem ve kontrol sistemlerinin tanımlanması ve devreye alınması, standart ve prosedürlerin geliştirilmesi, istatistiksel süreç kontrolünün tamamlanması, süreç yeterliliğinin sağlanması, sağlanan karın, maliyet tasarruflarının, gerçekleştirilmesi, ve projenin kapatılıp ilgili dokümantasyonun sonuçlandırılması adımlarını bünyesinde barındırır. 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.

1) *Kontrol Planının Oluşturulması*: Yapılan iyileştirmelerin kontrolü bir kontrol planı oluşturulmuştur. Bu kontrol planında, pet şişirme ve ön şişirme basınç kontrolleri, fırın

lambaları konum ve sıcaklık kontrolleri, şişe patlatma tahribat ölçümleri, taşıma testleri, üretilen pet şişenin boyun, omuz, gövde ve taban ağırlık kontrollerinin yapılması, bu kontrollerin hangi sıklıkta ve kimin tarafından yapılması gerektiği, kontrol sonuçlarının kiminle paylaşılması gerektiği detaylı olarak tanımlanmış ve çizelge haline getirilmiştir.

2) *Yeni Süreç Adımlarının Operasyon İçerisine Yerleştirilmesi*: Pet şişirme operasyonu için yapılan tüm değişiklikler şirket kalite dokümanlarına, operasyon talimatlarına eklenerek standartları güncellenmiştir. Projede görev almayan ancak pet şişirme operasyonunda görev alan tüm çalışanlar, yeni standartlar ve çalışma düzeni ile ilgili eğitim planı doğrultusunda bilgilendirilmiştir.

3) *Kalıp Merkezleme- Kontrol Uygulaması*: Pet şişirme prosesindeki değişikliğin ardından, kalıp değişimi standartları da revize edilmiş, kalıp ve kam düzenlerinin çalışandan bağımsız olarak uygunluğunun sağlanması için merkezleme ayarları görselleştirilmiştir. Kalıp değişimi yapıldıktan sonra, kalıp değişimi kontrol listesine göre çalışanlar makina üzerindeki tüm yerleşimleri ve işaretlemeleri kontrol ederek forma işlemeye başlamıştır.

4) *Projenin Sonuçlarının Üst Yönetim İle Paylaşılması*: Projenin sonuçları, proje planında belirlenen tarihlerde üst yönetim ile paylaşılmıştır.

Projenin Net Getirisi: 2017 yılı başında uygulamaya alınan proje sayesinde firma yıl sonunda enerji tüketiminde 140.600TL net kazanç elde etmiştir. Ayrıca firmanın uzun dönemli çevresel sürdürülebilirlik hedefine, daha az enerji tüketimi ile daha yaşanabilir dünya vizyonuna büyük ölçüde katkı sağlamıştır.

5.SONUÇ

Yalın yaklaşım tüm kaynakları en etkin ve verimli şekilde kullanılmasını sağlayacak şekilde israfların ve toplam harcamaların en aza indirgenmesini, müşteriye değer katmayan faaliyetlerin belirlenerek müşteri hedeflerini sağlayan ürün veya hizmetlerin üretilmesini sağlamaya odaklanmaktadır. Altı Sigma ise müşteri isteklerini en kaliteli düzeyde ve hatasız biçimde sağlamaya odaklanmaktadır. Yalın Altı Sigma ise müşteriye değer katmayan faaliyetlerin çeşitli analiz yöntemleri ile belirlenerek, en hızlı, en hatasız ve en maliyetsiz şekilde belirlenerek elimine edilmesine, böylece müşteri istekleri doğrultusunda en doğru süreç adımlarını uygulayarak, ürün veya hizmetlerin sunulmasını hedeflemektedir.

Bu çalışma, Yalın Altı Sigma'nın proje odaklı yapısından dolayı en çok enerji tüketiminin gözlendiği pet şişirme sürecinde yapılmış ve uygulamanın tamamı bu bölümde ele alınmıştır. Projenin tüm süreçleri boyunca DMAIC süreçlerini takip ederek, üretimin müşteri spektleri içerisinde kalarak ve şirket karlılık hedefleri ile paralellik göstererek pet şişe üretiminin gerçekleşmesi sağlanmıştır.

Enerji optimizasyonu azaltma için Pet şişirme prosesinde, tüm mekanik ve dijital aksamlar detaylı olarak incelenerek proses içerisinde küçük iyileştirmeler yaparak yıllık olarak 150 bin TL net gelir elde edilmesi sağlanmıştır. Proses iyileştirme adımları uygulanırken, yalın yaklaşımın Kaizen- küçük iyileştirmeler yöntemi ile iyileştirmeler sağlanmış, projenin gerçekleşmesi için ek bütçe, ek makina veya ek ekipman alımı yapılmamıştır. Proje takımının tecrübesi ve ekibin bütün olarak hareket etmesi ile aynı proje şirket içerisinde faaliyet gösteren diğer makinalara da entegre edilmiştir. Özellikle bilişim teknolojilerindeki gelişmeler dikkate alındığında, sonraki çalışmalarda nesnelerin interneti gibi uygulamalar ile elde edilecek süreç içindeki bir çok kontrol edilebilen ve edilemeyen faktörlere ilişkin büyük veri birikimlerinin,

veri bilimi ve /veya yapay zeka uygulamaları ile Altı Sigma yaklaşımının bütünleştirilmesine dönük olması durumunda önemli sonuçlar elde edilebilecektir.

KAYNAKÇA

- Akarşlan, B. (2004). Altı Sigma Metodu ve Bir Şirket Uygulaması (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Arthur, J. (2001). Six Sigma simplified: quantum improvement made easy. KnowWare International. Life Star, Colorado.
- Baş, T. (2003). Altı Sigma. E-Kitap. Kalite Ofisi Yayınları No:5. <http://www.com/tip-biyoloji-farmakoloji/721690-6-sigma-dr-turker-bas.html> (28 Ocak 2011).
- Black, K., & Revere, L. (2006). Six Sigma arises from the ashes of TQM with a twist. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 19(3), 259-266. <https://www.emeraldinsight.com/doi/full/10.1108/09526860610661473>.
- Brook, Q. (2010). *Lean Six Sigma & Minitab: The Complete Toolbox Guide for All Lean Six Sigma Practitioners*. Winchester, UK: OPEX Resources Limited.
- Chaneski, W. S. (2008). "Using A pareto analysis to tackle the right problems". *Modern Machine Shop*, 80(10), 34-34,36.
- Çağlar, M. A., & Kurt, M. (2016). ALTI SİGMA YAKLAŞIMI VE SAVUNMA SANAYİ SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA. *Journal of Industrial Engineering (Turkish Chamber of Mechanical Engineers)*, 27(3).
- Do, J. P. (2011). Lean Six Sigma, innovation, and the change acceleration process can work together. *Physician executive*, 37(1), 38. <https://www.emeraldinsight.com/doi/full/10.1108/IJOPM-02-2015-0093?fullSc=1>
- Elevli, S., & Behdioğlu, S. (2006). İstatistiksel Proses Kontrolü Teknikleri ile Kömür Kalitesindeki Değişkenliğin Belirlenmesi. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 45(3), 19-26. <http://dergipark.gov.tr/madencilik/issue/32498/361210>
- Ergün, A. K. (2003). Altı Sigma Metodolojisi ve Türkiye'deki Uygulamaları (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- George, M., Rowlands, D., & Kastle, B. (2005). *Yalın Altı Sigma Nedir*, Çev: S. Karapınar, Ankara, 96s.
- Gupta, P., *Six Sigma Business Scorecard: Ensuring Performance for Profit*, McGraw-Hill, ABD, 2004.
- Gürsakal, N. (2005). Altı sigma: müşteri odaklı yönetim. Nobel Yayın Dağıtım.
- Harry, M., and R. Schroeder.(2000). *Six Sigma: The breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations*. New York: Currency/Doubleday.
- Karuppusami, G., & Gandhinathan, R. (2006). Pareto analysis of critical success factors of total quality management: A literature review and analysis. *The TQM magazine*, 18(4), 372-385. DOI: 10.1108/09544780610671048.
- Kasa, H. (2003). Altı Sigma Gerçeği, Kalder Altı Sigma Deneyim Paylaşım Sempozyumu, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 28 Mart.

- Özgen, G.(2006). “Altı Sigma Metodolojisi ve Elektrik Sektöründe Bir Uygulama,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Özveri, O., & Çakır, E. (2015). Yalin Altı Sigma ve Bir Uygulama. Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14(2), 17-36. <http://dergipark.gov.tr/akuiibfd/issue/1620/20295>
- Patir, S. (2008). KALİTE ANLAYIŞINDA ALTI SİGMA YAKLAŞIMI. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 24(24). <http://dergipark.gov.tr/esosder/issue/6138/82341>
- Polat, A., Cömert, B., & Arıtürk, T. (2005). Altı sigma vizyonu. SPAC, Ankara, 69-73.
- Pyzdek, T. (2003). The Six Sigma Handbook: The Complete Guide for Greenbelts, Blackbelts, and Managers at All Levels, Revised and Expanded Edition.