

**BİR ÇELİK BORU ÜRETİM FABRİKASININ LOJİSTİK
SÜREÇLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

Metin KÜÇÜK



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR ÇELİK BORU ÜRETİM FABRİKASININ LOJİSTİK
SÜREÇLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

Metin KÜÇÜK

Yrd. Doç. Dr. Ali Yurdun ORBAK
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2013

TEZ ONAYI

Metin K tarafından hazırlanan ‘‘Bir elik Boru retim Fabrikasının Lojistik Süreçlerinin İyileştirilmesi’’ adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Ali Yurdun ORBAK

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Ali Yurdun Orbak İmza
U.. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

ye : Prof. Dr. Erkan Iığıok İmza
U.. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi,
İstatistik Anabilim Dalı

ye : Yrd. Doç. Dr. Mehmet Akansel İmza
U.. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Kadri ARSLAN
Enstitü Müdürü
07/02/2013

U.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgelerin akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

07/02/2013

İmza

Metin Küçük

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİR ÇELİK BORU ÜRETİM FABRİKASININ LOJİSTİK SÜREÇLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Metin KÜÇÜK

Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ali Yurdun ORBAK

Lojistik, bilgi teknolojisi ve mikro biyoloji ile birlikte 21. yüzyılda gelişecek en önemli üç iş kolundan birisidir. Lojistik, müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere, ham maddenin başlangıç noktasından, ürünün tüketildiği son noktaya kadar olan tedarik zinciri içindeki malzemelerin etkili ve verimli bir şekilde taşınmasının ve depolanmasının, planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesidir.

Gelecekte kurumların rekabeti ürettikleri ürünlerde veya tüketilen ülkelerde değil, kullandıkları tedarik zincirlerinde olacağı kabul edilmektedir. Lojistik süreçlerinin iyileştirilmesi şirketlerin rekabetini arttıracaktır. Üretilen ürüne katma değeri olmayan taşımaların en aza indirilmesi, son tüketiciye en kısa sürede ve kaliteli şekilde ulaştırılması müşteri memnuniyetinin artmasının yanında lojistik maliyetlerinin azalmasına sebep olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı şirketlerin lojistik süreçlerinin eniyilemeyi amaçlaması kaçınılmazdır.

Bir çelik boru üretim fabrikasının lojistik süreçlerinin iyileştirilmesi için yalın altı sigma yaklaşımının DMAIC (Tanımlama, Ölçme, Analiz Etme, İyileştirme, Kontrol Etme) adımı kullanılmıştır. Tanımlama aşamasında Balık Kılıçığı Diyagramından yararlanılmıştır. Elde edilen dataları düzgün yorumlayabilmek için Ölçme ve Analiz aşamalarında Minitab 15.0 programı kullanılmıştır. Stok sahalarından daha fazla yararlanabilmek için konteynır kullanımı irdelenmiştir. Daha detaylı analizler için iki farklı matematiksel model geliştirilmiş ve bu modeller MPL de kodlanmış ve çözdürülmüştür. Tez çalışması sonucunda, lojistik maliyetlerinin azaldığı, lojistik süreçlerinin daha verimli hale getirildiği datalarla ispatlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yalın Altı Sigma, DMAIC, lojistik, taşıma maliyetlerinin azaltılması, Minitab, MPL

2013, vii + 60 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

IMPROVEMENT OF LOGISTICS PROCESSES OF A FACTORY THAT PRODUCES STEEL PIPE

Metin KÜÇÜK

Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Industrial Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Ali Yurdun ORBAK

Logistics is among the most important three businesses that will be improved in 21st century together with information technology and micro biology. Logistics is efficiently planning, performing and controlling to move materials in both directions, from starting point of raw material to place where they are consumed, to meet the needs of customers.

In the future, competition of companies won't be about products which they produce or about countries where these products are consumed, but it will be about the supply chains they use. Competition of companies will be raised by improving logistics processes. To reduce transportation that do not add value to the products and to deliver the products to customers in a short time will lead to reduce logistics' costs and in addition they will raise customers' satisfaction. Therefore, companies should optimize their logistics processes.

DMAIC step of lean six sigma approach (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) is used to reduce of transportation costs of a pipe manufacturing company. Ishikawa diagram is used for Define phase. Minitab 15.0 program is used to interpret data in Measure and Analysis phases. Use of container is examined to utilize stock areas. For further analysis, two different mathematical models are generated. These models are coded and solved on MPL (Mathematical Programming Language). As a result of the thesis, reducing of logistics costs and increasing productivity of logistics processes are proved via data.

Key words: Lean Six Sigma, DMAIC, logistics , reducing transportation costs, Minitab, MPL

2013, vii + 60 pages.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Çelik boru üreten firmanın boru ihracatının tamamı, bağlı olduğu holdingin lojistik firması tarafından gemi yoluyla yapılmaktadır. Hem boru üreten firma hem de lojistik firması aynı yerleşke içerisinde yer almaktadır. Bu sayede ihraç edilecek borular dorseler ve çekiciler yardımıyla stok sahasından limana sevk edilebilmektedir. Bu tez, bahsedilen lojistik süreçlerinin daha verimli hale getirilmesi için 6 ay süren bir proje kapsamında hazırlanmıştır.

Proje kapsamında, hem üretici hem de lojistik firmasından süreçle ilgili kişilerden oluşan bir çalışma grubu oluşturulmuştur. İki firmanın da üst yönetimi proje ekibine gereken tüm desteği vermiştir.

Tez çalışması “Six Sigma Approach for the Reduction of Transportation Costs of a Pipe Manufacturing Company” adıyla danışmanımla hazırlanmış olan bildiri üzerine Tayland’ın başkenti Bangkok şehrinde 14-17 Eylül 2011 tarihinde gerçekleştirilen 2011 IEEE International Conference on Quality and Reliability konferansında tarafımdan sunulmuştur. Yurtdışı Bilimsel Etkinliğe Katılma Desteği adı altında maddi destek sağlayan TÜBİTAK’a teşekkür ederim.

Firmada “Deniz Lojistik Süreçlerinin İyileştirilmesi” adı ile Altı Sigma Kara Kuşak Projesi şeklinde yapılan projenin tüm ekibine, proje şefi Selim SANJE’ye (Kara Kuşak – Borusan Mannesmann) ve şirketin üst yönetimine katkılarından ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Yurt İçi Yüksek Lisans Bursu tahsis ederek maddi destek sağlayan, sadece başarılarımdan dolayı bu bursu layık gören ve bana bu gururu yaşatan TÜBİTAK’a teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimin hazırlanmasında, tez çalışmamın uluslararası konferansa kabul edilmesinde ve konferansta sunulmasının sağlanmasında yaptığı yönlendirmeler, destekler ve katkılarından dolayı danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Ali Yurdun ORBAK hocama şükranlarımı sunar, teşekkür ederim.

Tez çalışmamın tüm aşamasında desteklerini ve sevgilerini benden hiçbir zaman esirgemeyen değerli aileme ayrıca teşekkür ederim.

Metin Küçük
07/02/2013

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
3.1. Materyal.....	11
3.2. Yöntem.....	12
3.2.1. DMAIC döngüsü.....	13
3.2.1.1. Tanımlama aşaması.....	13
3.2.1.2. Ölçme aşaması.....	14
3.2.1.3. Analiz aşaması.....	14
3.2.1.4. İyileştirme aşaması.....	14
3.2.1.5. Kontrol aşaması.....	15
3.2.2. Balık kılçığı diyagramı (Neden-Sonuç diyagramı).....	15
3.2.3. Minitab 15.0.....	16
3.2.4. MPL programı.....	16
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	18
4.1. Deniz Nakliye Süreci.....	19
4.2. DMAIC Döngüsünün Uygulanması.....	20
4.2.1. Tanımlama aşaması.....	20
4.2.2. Ölçme aşaması.....	22
4.2.3. Analiz aşaması.....	25
4.2.4. İyileştirme aşaması.....	31
4.2.5. Konteynır çözüm önerisinin uygulanabilirliğinin matematiksel modellerle ispatlanması.....	34
4.2.5.1. Kullanılacak konteynır tiplerinin matematiksel model yardımıyla belirlenmesi.....	38
4.2.5.2. Stok sahasına konteynır yerleştirme probleminin matematiksel model yardımıyla çözülmesi.....	43
4.2.5. Kontrol aşaması.....	46
5. SONUÇ.....	47
KAYNAKLAR.....	50
EKLER.....	52
EK 1.....	53
EK 2.....	54
EK 3.....	55
EK 4.....	56
EK 5.....	57
EK 6.....	58
ÖZGEÇMİŞ.....	60

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

\$	Dolar
σ	Sigma
%	Yüzde

Kısaltmalar

Açıklama

COPQ	Cost of Poor Quality
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
MAX	Maksimum
MPL	Mathematical Programming Language
MIN	Minimum
RTY	Rolled Throughput Yield

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1.	Ortalamanın kaymasının etkileri.....	7
Şekil 2.2.	Prosesin çıktı değişkenliğinin azaltılması.....	7
Şekil 2.3.	Sigma seviyesi ile verimsizlik oranının ilişkisi	8
Şekil 4.1.	Firmanın deniz nakliye süreçleri.....	19
Şekil 4.2.	Süreçle ilgili oluşturulan Balık Kılçığı.....	21
Şekil 4.3.	DMAIC öncesi gemiye yüklenen ortalama günlük ağırlık.....	23
Şekil 4.4.	DMAIC öncesi toplam yükleme sürecindeki bekleme oranı.....	23
Şekil 4.5.	2010 yılı gemi bekleme süreleri.....	24
Şekil 4.6.	2010 yılı gemi bekleme sürelerine ait pareto grafiği.....	24
Şekil 4.7.	Stok sahasında dorselerin yükleme sürelerinin analizi.....	28
Şekil 4.8.	Limanda dorselerin boşaltılma sürelerinin analizi.....	28
Şekil 4.9.	Stok sahasında paket bazında dorse yükleme performansı.....	30
Şekil 4.10.	Limanda paket bazında dorse boşaltma performansı.....	30
Şekil 4.11.	Yeniden düzenlenmiş stok sahaları.....	32
Şekil 4.12.	DMAIC sonrası günlük ortalama yükleme tonajı.....	33
Şekil 4.13.	DMAIC sonrası bekleme oranı.....	34
Şekil 4.14.	Mevcut lojistik süreci.....	35
Şekil 4.15.	Konteynır çözüm önerisinin uygulandığı lojistik süreci.....	36
Şekil 4.16.	Konteynır çözümünün uygulanması durumunda olası sürecin işleyişi.....	36
Şekil 4.17.	Belirlenen olası konteynır sahası.....	37
Şekil 4.18.	Standart bir konteynırın boyutları.....	38
Şekil 4.19.	Modelde kullanılan değişkenlerin grafiksel gösterimi.....	44

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1.	20" standart konteynırın iç boyut ölçüleri etkileri.....	39
Çizelge 4.2.	40" standart konteynırın iç boyut ölçüleri	39
Çizelge 4.3.	Kullanılacak konteynır tipini belirlemek için oluşturulan modelin çözümü	42
Çizelge 4.4.	Stok sahasına konteynır yerleştirme probleminin matematiksel model çözümü	45

1. GİRİŞ

Lojistik, bilgi teknolojisi ve mikro biyoloji ile birlikte 21. yüzyılda gelişecek en önemli üç iş kolundan birisidir. Üretilen ürüne katma değeri olmayan taşımaların en aza indirilmesi, son tüketiciye en kısa sürede ve kaliteli şekilde ulaştırılması müşteri memnuniyetinin artmasının yanında lojistik maliyetlerinin azalmasına sebep olmaktadır. Lojistik süreçlerinin iyileştirilmesi şirketlerin rekabetini de arttıracaktır. Bu sebeplerden dolayı şirketlerin lojistik süreçlerinin eniyilemeyi amaçlaması kaçınılmazdır.

Dış müşteri yani son kullanıcının memnun olması öncelikle iç müşteri yani firmanın memnuniyeti ile mümkün olmaktadır. Firmadaki üretim süreçlerinin kaliteli ve en az maliyetle gerçekleştirilmesinin yanında ürünün son kullanıcıya da kaliteli ve en az maliyetle ulaştırılması firmanın kârlılığını ve müşteri tarafındaki memnuniyet algısını arttıran en önemli etkenlerdendir.

Lojistik süreçlerinin kaliteli ve en az maliyetle gerçekleştirilmesi için sürece dahil olan herkesin belli bir bilince sahip olması gerekmektedir. Bu bilincin yanında çalışmaların iş ve işçi sağlığı güvenliği çerçevesinde en iyi şekilde yapılması ve sorunsuz bir iletişim ağının olması sürecin olmazsa olmazlarındandır.

Yapılan tezde, çelik boru üreten firma ile bu firmanın ürünlerini deniz yolu ile müşterilere ulaştırmakla sorumlu şirket arasındaki lojistik süreçlerinin eniyilenmesi amaçlanmıştır. Bunu sağlamak için altı sigma metodolojisindeki **Define, Measure, Analyze, Improve and Control (DMAIC)** çevrimi kullanılmıştır. Var olan bir sürecin iyileştirilmesi ve süreçlerdeki potansiyel değişiklikleri enazlamak için kullanılan DMAIC çevriminin bütün aşamaları, firmanın çalışmasının eniyilenmesi, sorunsuz bir iletişim ağının oluşturulması ve yapılan iyileştirmelerin şirket kültüründe yer edinmesi için başarılı bir şekilde uygulanmıştır.

Tanımlama aşamasında, firmanın beklentileri ortaya konulmuştur. Bunlar, lojistik süreçlerindeki israfların tespit ve elimine edilmesi, süreçlerin daha yalın hale

getirilmesi, gemiye yüklenen günlük boru ağırlığının ortalama 1 800 ton olması, lojistik maliyetlerinin azaltılması şeklindedir.

Hem boru üretim fabrikasından hem de lojistik şirketinden süreçle ilgili kişilerin dahil olduğu proje ekibi oluşturulmuştur. Beyin fırtınası şeklinde bir ay boyunca yapılan toplantılar sonucunda süreçle ilgili balık kılçığı diyagramı oluşturulmuştur. Süreçlerdeki ölçüm alınabilecek noktalar tespit edilmiştir.

Ölçme aşamasında, proje başlamasından önce gelen en son on üç gemi için gemilere yüklenen günlük ortalama boru ağırlıkları değerlendirilmiştir. Yine bu on üç gemi için, boru yükleme operasyonları devam ederken gerçekleşen bekleme sürelerinin toplam çalışma süreleri içindeki oranları ölçülmüştür. On üç gemi için elde edilen veriler, firmanın son bir yıldaki yükleme performansına dair gerekli ve detaylı bilgileri sağlamaktadır. 2010 yılında yapılan yükleme operasyonlarına ait bekleme sürelerine ait veriler sebepleriyle beraber bir araya getirilmiştir. Veriler üzerinden Minitab programı yardımıyla pareto grafiği oluşturulmuştur. Pareto grafiği sayesinde süreçlerdeki bekleme sürelerinin sebepleri oranlarıyla birlikte belirlenmiştir.

Analiz aşamasında, süreçlerdeki sorunların altında yatan kök sebeplerin tespitine yönelik veri analizleri ve gözlemler yapılmıştır. Verilerin analizi için Minitab programından yararlanılmıştır. Bulunan kök sebepler, gemi limana gelmeden önce boruların üretim tamamlanmaması, stok sahası düzensizliği ve yetersizliği, gemi ambarlarının şekli yükleme zamanını etkilemesi ve bu sebeple taşıma maliyetlerinin de etkilenmesi ve stok sahası çekici şoförü ve liman sahası arasında iletişim problemidir.

İyileştirme aşamasında, analiz aşamasında tespit edilen kök sebeplerin ortadan kaldırılması için beyin fırtınası şeklinde toplantılar yapılmıştır. Bu aşamada uygulanmasına karar verilen iyileştirmelerin düşük maliyetli olmasına ayrıca dikkat edilmiştir. Gerekli iyileştirmeler yapılırken, firmanın stok sahasının kullanımını maksimize etmek için de iki adet matematiksel model oluşturulmuştur. Oluşturulan ilk model, stok sahasına firmanın istekleri ve stok sahası kısıtlarını da dikkate alarak minimum maliyetle stoklanacak boru ağırlığını maksimize etmeyi amaçlamıştır.

Matematiksel model ilk aşamada non-linear olmuştur. Değişken değiştirme yöntemi kullanılarak model doğrusal hale getirilmiştir. MPL programında kodlanmış ve çözülmüştür. Model benzer problemlerde kullanılabilmesi açısından esnek bir modeldir. Oluşturulan ikinci model ise konteynırların stok sahasına yerleşimini eniyileyerek stok sahasına yerleştirilecek konteynır sayısını maksimize etmeyi amaçlamaktadır. MPL programında kodlanmış ve çözülmüştür. Bu model de ilk model gibi diğer benzer problemlerin çözümünde kullanılabilir olması sebebiyle esnek bir modeldir.

Kök sebepleri ortadan kaldırmak için hayata geçirilen önerilerin uygulandığı lojistik süreçleri ile üç geminin yüklenmesi incelenmiştir. İyileştirilmiş süreçlerle yüklenen gemilerin sayısını arttırmak ve onlardan elde edilen verilere ulaşmak uzun süre gerektirmektedir. Bu üç geminin verilerinin alınması bile yaklaşık üç aylık bir sürede gerçekleşmiştir. Bu durum projenin kapatılmasını daha da uzatacağından gemi sayısı üç ile sınırlandırılmıştır. Yeni süreçle yüklenen gemilerin yüklenme süreçlerinden gelen veriler ile önceden elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. 1253 ton/gün olan yükleme performansı 2470 ton/gün e çıkmıştır. %26 olan bekleme oranı ise %13 e gerilemiştir.

Kontrol aşamasında, yeni süreçlerin ilgili tüm kişiler tarafından benimsenmesi durumu değerlendirilmiştir. Zamanla eski alışkanlıklara dönülmemesi için yapılan tüm çalışmalar yazılı hale getirilmiştir. Tüm ilgili kişiler bir araya getirilerek gelinen noktada elde edilen sonuçlar tüm ekiple paylaşılmıştır. Ekibe desteklerinden dolayı teşekkür edilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Lojistiğin günümüzde kabul gören en geçerli tanımı The Council of Logistics Management (CLM) kuruluşu tarafından yapılmıştır. Bu tanıma göre Lojistik; müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürünün, servis hizmetinin ve bilgi akışının, başlangıç noktasından (kaynağından) tüketildiği son noktaya (nihai tüketiciye) kadar olan tedarik zinciri içindeki hareketinin etkili ve verimli bir şekilde planlanması, uygulanması, taşınması, depolanması ve kontrol altında tutulmasıdır.

Günümüz rekabet koşullarında şirketler lojistik sistemlerini de üretim sistemleri gibi yalın yönetim mantığı ile yönetmek durumundadır. İlk olarak Toyota üretim sisteminde ortaya çıkan yalın yönetim, sistemdeki bütün israfları ortadan kaldırarak istenilen nihai ürünlerin istenilen zamanda ve istenilen miktarda en az maliyetle üretilmesini sağlayan bir yönetim anlayışıdır (Womack ve ark. 1990, Holweg 2007). Yalın üretim veya yalın, mevcut süreçler içinde değer katmayan bütün faaliyetleri ortadan kaldırmak için liderlik felsefesinin, yönetim sisteminin ve istatistiksel yöntemlerin/araçların birbirleriyle bütünleştirilmesidir. Bazı kişiler, yalın tekniklerin daha çok maliyet azaltma konusuyla ilgili olduğunu düşünse de aslında bunlar, temin süreleri ile pazara sunma sürelerini kısaltarak, kaliteyi iyileştirerek ve müşterilere istedikleri ürünleri istedikleri zamanda sunarak, maliyetleri azaltmanın uygulanabilir yöntemlerini sunar (Womack ve Johns 1996).

Yalın yönetim, süreçlerdeki kayıpları ve bilgi karmaşıklığını ortadan kaldırmaya yarayan bir yaklaşım olup, insan, malzeme ve sermaye kaynaklarını en az fakat en etkili şekilde kullanmaya odaklanarak işletmelere performansı artırma konusunda çözüm sağlar. Yalın altı sigma projelerinin odaklandığı asıl konu kalitedir, bu nedenle projelerin hızları oldukça düşüktür. Projelerin akış ve hızlilik problemini yavaş süreçleri hızlandırarak yalın yönetim çözebilmektedir (Atmaca ve Girenes 2009). Bunun yanında yalın altı sigma metodu, ürünün müşteriye ulaşmasına kadar olan tüm süreçlerin eleştirilerek incelenip verimliliğin, böylece iş mükemmelliği ve müşteri memnuniyetinin artırılması için kullanılmaktadır. Yalın altı sigma, süreçlerdeki problemleri bulup

çözümlediği gibi, iş süreçlerinin problemsiz bir şekilde yürütülmesi için tekrar yapılandırılmasını da sağlar.

Yalın yönetimin lojistik üzerindeki etkileri çok önemlidir. Yalın mantığı daha çok üretim sistemlerinin iyileştirilmesi için yapılan uygulamalar olarak düşünülmektedir. Yalının amacı israfları elimine etmek, ara ürün stokunu azaltmak, üretim zamanlarını düşürmek ve bunlarla beraber tedarik zinciri hızını ve akışını hızlandırmaktır. Yalın, aynı zamanda lojistikçiler tarafından en önemli öge olarak kabul edilen toplam maliyeti için de önemli bir kültürel bileşene sahiptir. Yalın uygulayıcıları sadece genellikle maliyet faktörü olarak bilinen taşıma ve depolama maliyetlerine değil toplam maliyete odaklanmaktadırlar. Çoğu endüstri dalı için stok taşıma maliyeti toplam maliyetin %15 ile %40'ını oluşturmaktadır. Aynı zamanda stok taşıma maliyeti yalın uygulayıcıları için karar verme aşamasında çok büyük bir öneme sahiptir. Bununla beraber birçok organizasyon toplam maliyeti dikkate almamaktadır. Yine bu organizasyonlar geleneksel olarak maliyet unsurları olarak bilinen taşıma, depolama ve bir ürünün satış fiyatı gibi maliyet unsurları üzerinden güçsüz kararlar vermektedirler (Goldsby ve Martichenko 2005). Yalın yönetim mantığı tam bu noktada fark yaratmaktadır.

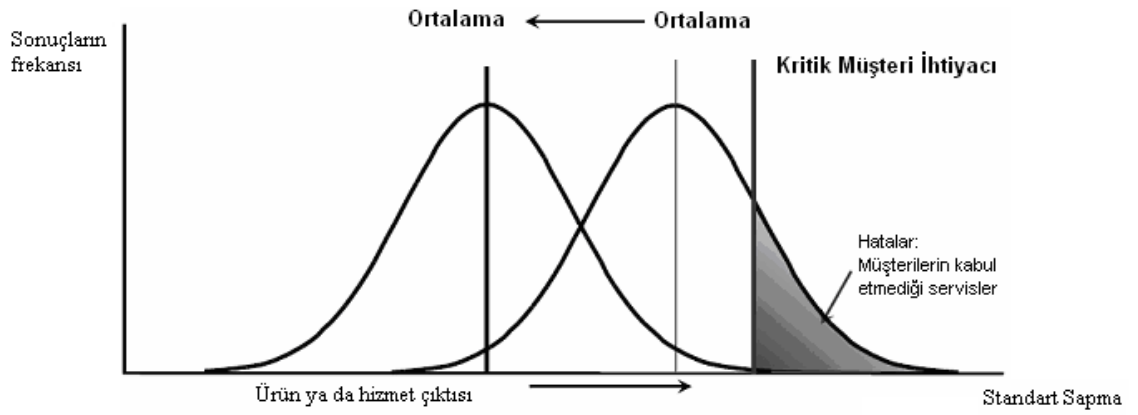
Altı sigma (6σ), süreçlerdeki değişkenliğin negatif etkilerini anlamak ve bunları elimine etmeye çalışan bir yönetim metodolojisidir (Goldsby ve Martichenko 2005). Altı sigma metodolojisi ilk olarak 1987 yılında Motorola tarafından geliştirilmiştir ve milyon adette 3,4 adet hata gibi çok zor bir amacı hedeflemiştir (Barney 2002). O dönemlerde Motorola, elektronik endüstrisinde Japon rekabetinin tehdidi ile karşılaşmakta ve kalite seviyesini yükseltmek için etkili iyileştirmelere ihtiyaç duymaktaydı (Harry ve Schroeder 2002). 1994 yılında, altı sigma yüksek seviyede sonuçları elde etmek, iş süreçlerini iyileştirmek ve işçilerin yeteneklerini genişletmek ve kültürlerini değiştirmek için bir iş girişimciliği olarak tanıtılmıştır (ASQ 2002). Bu gelişme 1995 yılı başlarında General Elektrik şirketindeki altı sigmanın iyi yapılmış uygulamaları tarafından takip edilmiştir (Slater 1999).

Altı sigma ile ilgili şu tanımlar yapılabilir:

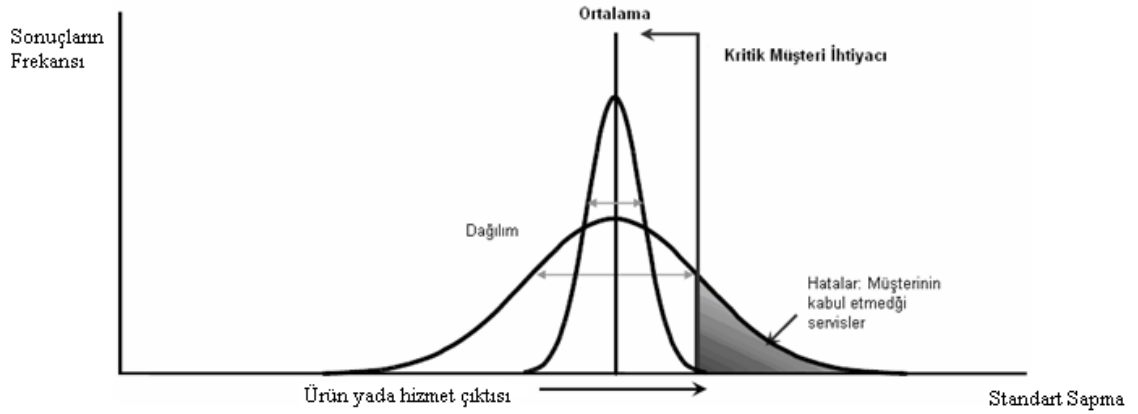
- 6 sigma, verilerin ne kadarının müşterilerin beklentilerini karşıladığını veya karşılamadığını ölçer.
- Hata seviyesinin ölçüsüdür.
- Değişkenliğin istatistiksel ölçüsüdür.
- 6 sigma, teknik (istatistiksel) anlamda, 1 milyon ürün veya hizmette 3,4 ya da 10 milyon ürün veya hizmette 34 hata demektir. DPMO=3,4 veya ppm=3,4 olarak ifade edilir.
- Toplam kalite yönetimine veya mükemmellik modeline giden yolda en etkili araçlardan biridir.
- Firmaların rekabet gücünü arttırmak için kalite yönetim prensiplerini temel alır ve sonuç odaklı bir yaklaşımdır.
- Sonuç odaklı bir iyileştirme yaklaşımıdır.
- İş problemlerinin kök nedenlerinin belirlenmesinde ve iyileştirilmesinde bilimden yararlanan bir yaklaşımdır.
- Kalıcı başarılı iş sonuçları yaratmasına ek olarak, firmaların stratejileri, süreçleri, kültürleri ve müşterileri arasındaki entegrasyonu da oluşturur (Işığışok 2011).

Altı sigmaya ilişkin bütün bu tanımları birleştirerek daha genel bir yapıda şu tanım yapılabilir. Altı sigma, süreçleri ve ürünleri sistematik ve bilimsel yaklaşımlarla müşteri gereksinimlerine göre iyileştirmek ve verimliliği artırarak sürekli kılmak için, verileri ve istatistiksel araçları kullanan ve kritik başarı faktörlerine göre kaliteye ve verimliliğe projelerle odaklanan döngüsel bir yaklaşımdır (Işığışok 2011).

Sigma (σ), bir popülasyonun standart dağılımını tanımlamak için kullanılan istatistik ölçüm birimi olan bir Yunan harfidir. Sigma verilerin değişkenliğini veya yayılımını ölçer. Altı sigma da genel olarak değişkenliğin ölçüsüdür. Altı sigma, verilerin ne kadarının müşteri ihtiyaçlarını karşıladığını anlatmak için kullanılan bir isimdir. Ne kadar yüksek bir sigma seviyesi o kadar çok çıktı ve hizmet, o kadar iyi müşteri ihtiyaçlarını karşılamak ve aynı zamanda o kadar az hata demektir. Bu tanımlamalar Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Ortalamanın kaymasının etkileri



Şekil 2.2. Prosesin çıktı değişkenliğinin azaltılması

2 sigma (2σ) seviyesi ile,

- Ürünler ve/veya hizmetler müşteri ihtiyaçlarının % 69,146 sını karşılanmakta
- Milyon adette 308 538 hata meydana gelebilmektedir.

4 sigma (4σ) seviyesi ile,

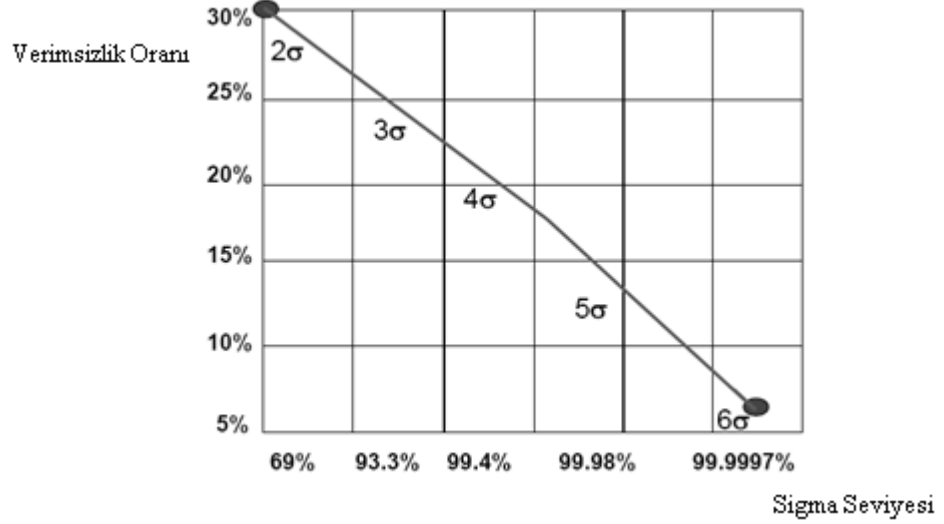
- Ürünler ve/veya hizmetler müşteri ihtiyaçlarının % 99,379 sını karşılanmakta
- Ancak hala milyon adette 6 210 hata meydana gelebilmektedir.

6 sigma (6σ) seviyesinde ise,

- Ürünler ve/veya hizmetler müşteri ihtiyaçlarının % 99,99966 sını karşılanmakta

— Milyon adette 3,4 hata meydana gelebilmektedir (Breyfogle 1999).

Aynı zamanda kalitesizlik maliyetinden kaynaklanan verimsizlik oranı ile sigma seviyesi arasındaki ilişki Şekil 2.3'te gösterilmiştir. Sigma seviyesi artarken kalitesizlik maliyetinden kaynaklanan verimsizlik oranının azaldığı gözlenmektedir.



Şekil 2.3. Sigma seviyesi ile verimsizlik oranının ilişkisi

Yalın altı sigmanın temelinde değişkenliği azaltma prensibi yer almaktadır. Eğer süreçteki değişkenlikler anlaşılır ve azaltılabilirse, işte o zaman süreçlerin güvenilirliğinden ve kesinliğinden emin olunabilir ve süreçler müşteri ihtiyaçlarına merkezlenebilir. Örnek olarak, beş günden oluşan emir verme-teslim etme döngüsü iki ile sekiz günlük bir periyotta değişkenlik gösterebilir. Bu değişkenlik de müşterinin güvensizliğine ve stokların fazlaşmasına sebep olur.

Değişkenliği azaltma prensibinin lojistikçiler için büyük bir önemi vardır. Lojistikçiler stokları yönetmekle ilgilenirler, stokları yönetmek ise değişkenliği yönetmekle ilgilidir. Farklı stok çeşitlerine bakılırsa, iş dünyasında ve tedarik zincirinde stokların nasıl yönetildiğinin niye bu kadar önemli bir rolü olduğu görülebilir.

Kısaca özetlemek gerekirse,

- Lojistik, stok yönetimi ile ilgilidir.
- Yalın, israfın elimine edilmesi ile ilgilidir
- Yalın altı sigma ise değişkenliği anlamak ve azaltmakla ilgilidir.

Beumjun ve ark. (1994) ana fabrikaya parça tedariki için parça üreticilerinin kullandığı dağıtım merkezi için bir lojistik sistemini irdemiştir. Makale yazarları merkezdeki stokların toplam elde tutma maliyetini, taşıma maliyetini ve parça üreticilerinin stokta tutma maliyetini minimize edecek bir matematiksel model geliştirmiştir.

Goetschalckx ve ark. (2001), taktiksel üretim ve dağıtım paylaşımları ve transfer ücretlerinin tanımlamaları ile stratejik küresel tedarik zinciri ağı tasarımının bütünleşmesi ile genelleştirilen tasarruf potansiyelini göstermek için genel bir araştırma yapmışlardır. Bu amaçla, iki adet model ve bunlarla bağlantılı çözüm algoritmaları tanıtılmıştır.

Dowland (1991) üç boyutlu paketleme probleminin çözümü için sezgisel bir metot önermiştir. Chen ve ark. (1995) konteynır yükleme problemi için karmaşık tamsayılı model formüle etmiştir. Tsai ve Li (2005) ise paketleme problemi için genel optimizasyon metodu geliştirmiştir.

Salema ve ark. (2007), kapasite limitlerinin, çoklu ürün yönetiminin ve ürünlerinin taleplerinin ve geri dönüşlerinin belirgin olmadığı durumların irdelendiği geneli kapsayan ters lojistik ağı için geliştirilmiş bir model önermişlerdir. Daha sonra dal sınır yöntemi ile çözülen karmaşık tamsayılı bir model geliştirilmiş ve açıklayıcı bir örnekle çözdürülmüştür.

Yukarıdaki araştırmalardan şu açıkça anlaşılmaktadır ki, genellikle matematiksel modeller ulaştırma ve lojistik problemlerinin çözümü için kullanılmaktadır. Fakat matematiksel modeller genel olarak yalnızca iyi tanımlanmış sistemler için yapılabilmektedir. Diğer taraftan eldeki sistem mevcut haliyle çok iyi tanımlanmamışsa, asıl problem ve bunun sebeplerini anlamak için başka bir yaklaşım kullanılmalıdır

ancak bundan sonra bazı iyileştirmeler sağlanabilecektir. Bu gibi durumlarda, var olan problemi bulmak ve çözmek için birçok yararlı istatistiksel araca sahip yalın altı sigma genellikle ilk tercih edilen metodolojidir. Ek olarak yalın altı sigma birçok iyileştirme yaklaşımına sahiptir ve gerçekte sadece bir metodlar bütünü değil aynı zamanda bir felsefedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu yüksek lisans tezi, doğalgaz boruları, su boruları, genel amaçlı borular, kazan boruları, konstrüksiyon boru ve profilleri, sanayi boru ve profilleri, su, doğalgaz ve petrol iletim hatları gibi altyapı projelerinde kullanılan hat borularının yanı sıra; beton pompa boruları, petrol boruları ve yangın tesisat boruları gibi pek çok ürün üreten tüm dünyada tanınmış bir marka olan holdinge bağlı bir boru üretim fabrikasının lojistik süreçlerinin iyileştirilmesi amacıyla yapılmıştır.

Firma, istenen özelliklerdeki çelik rulolarını tedarik ettikten sonra boruların üretimini yapmaktadır. Firmanın üretim kapasitesi 900 000 ton / yıldır. Üretilen borular üretim hatlarından sonra tamamlama hatlarında borudan istenilen özellikleri sağlayacak şekilde işlemlerden geçtikten sonra paketleme hatlarına oradan da stok sahasına dorseler yardımıyla taşınmaktadır. Firma, iç piyasa boruları ile ihracat borularını ayrı stok sahalarında stoklamaktadır.

Firma, boruları müşterilerine kara veya deniz nakliyesini kullanarak ulaştırmaktadır. Bu nakliye yapıldığında boru üretim fabrikasının bağlı olduğu holdinge ait olan bir lojistik firmasıyla çalışmaktadır. Kara nakliyesi için lojistik firması, kamyon piyasasından siparişleri taşıyacak uygun kamyon temin etmektedir. Deniz nakliyesi için ise lojistik firmasının limanı kullanılmaktadır. Liman ile fabrika stok sahası arasında boru taşıma işi dorselerle yapılmaktadır. Firmanın lojistik faaliyetlerinin %90 lık kısmını deniz yoluyla yapmaktadır. Bu sebeple deniz nakliye süreçlerindeki maliyetler de kara nakliye süreçlerine göre daha fazla olmaktadır. Deniz nakliye sürecine etki eden faktörler daha fazladır. Daha karmaşık bir süreç vardır. Deniz nakliye sürecinde yapılacak küçük iyileştirmelerin firmaya getireceği parasal karşılığı kara nakliye süreci ile kıyaslandığında çok daha fazla olacaktır. Bu sebeplerle, yapılan yüksek lisans tezinde, firmanın deniz nakliyesi ile ilgili lojistik sistemi incelenmiş ve irdelenmiştir.

Deniz yoluyla yapılacak taşıma için gelecek gemi için uygun bir gemi ambar planı yapılmaktadır. Günlük ve vardiyada yüklenecek tonaj belirlenmektedir. Gemi limana yanaştıktan sonra belirlenmiş olan plana uygun şekilde yüklemeler yapılmaktadır. Stok sahasındaki borular 6 tonluk vinçler yardımıyla dorselere yüklenmektedir. Liman ile stok sahası arasında yaklaşık 1,5 km mesafe vardır ve hem liman hem de stok sahası aynı yerleşke içinde yer almaktadır. Aynı yerleşke içinde olmasından ve mesafenin yakın olmasından dolayı dorseler stok sahasından çekici yardımıyla limana ulaştırılmaktadır.

Totoya'nın şef mühendisi Taiichi Ohno'nun "Toyota Üretim Sistemi" kitabında yedi israftan bahsetmektedir. Bu israflar şunlardır:

- Taşımalar
- Stoklar
- Gereksiz hareketler
- Beklemeler
- Aşırı üretim
- Gereksiz işler
- Hatalı üretim (Ohno 1988)

Yapılan bu tezin amacı, yukarıda belirtilen yedi israftan mevcut süreçlerde olan israfları ortadan kaldırarak gemiye yüklenen günlük ortalama ağırlığın artırılmasıdır. Kısacası firmanın lojistik sistemini daha yalın hale getirmektir.

3.2. Yöntem

Firmanın lojistik sistemi daha yalın durumuna getirmek için yalın altı sigma yöntemi çerçevesinde DMAIC döngüsü uygulanmıştır. DMAIC döngüsünde tanımlama aşamasında balık kılıcı diyagramından yararlanılmıştır. Bu döngü uygulanırken verilerin analizi için Minitab 15.0 programı kullanılmıştır. İyileştirme aşamasında ise matematiksel modeller oluşturulmuş ve oluşturulan modeller MPL programında kodlanmış ve çözdürülmüştür.

3.2.1. DMAIC döngüsü

Yalın altı sigma metodolojisinin iki temel perspektifi vardır. Bunun başlangıç noktası istatistikten ve istatistikçilerden gelmektedir (Kwak ve Anbari 2004). Yalın altı sigma metodolojisinin asıl odağı, tanımla ölç analiz et iyileştir kontrol et (DMAIC) döngüsü tarafından süreçlerdeki ve ürünlerdeki potansiyel değişkenliği azaltmaktır (McClusky 2000, Brady ve Allen 2005). DMAIC, yalın altı sigma iyileştirme süreçlerinin ilk harflerini içeren bir kısaltmadır.

Yalın altı sigma araçlarından DMAIC döngüsü, Tanımlama (**D**efine), Ölçme (**M**easure), Analiz etme (**A**nalyze), İyileştirme (**I**mprove) ve Kontrol etme (**C**ontrol) aşamalarından oluşmaktadır. Var olan ürünlerin ve hizmetlerin yalın hale getirmek için kullanılmaktadır. Günümüzde, bu yaklaşım yaygın olarak tamamlama zamanlarını azaltmada ve özellikle otomotiv sektöründe bozuk parçaların azaltılmasında kullanılmaktadır (Aksoy ve Orbak 2009). Bunun dışında bu yaklaşım sağlık, kimya, yazılım, hizmet sektörleri, istatistik, finans, AR&GE, çevre-enerji, bilgi teknolojileri alanlarında da kullanılmaktadır (Çelikoğlu ve Bayhan 2009).

Yalın altı sigma, istatistiksel teknikleri kullanarak problemin kök sebepleri (girdiler) ile problem (çıktı) arasındaki ilişkileri ortaya koyar. Böylece çözümleri oluşturmak ve test etmek için gerekli olan uğraş minimize edilecektir. Kısaca bu yöntem,

- Direkt olarak en altta yatan gerçek sorunlar üzerine odaklanır.
- 4 ile 6 ay arasında sonuç elde edilir.
- Çoklu araçlardan ve gerektiğinde deterministik istatistiksel tekniklerden yararlanır.

Aşağıda DMAIC döngüsünün bütün aşamalarının özeti verilmiştir:

3.2.1.1. Tanımlama aşaması

Bu aşamada amaç, iyileştirme oranlarını tanımlamak ve/veya geçerli kılmak, iş süreçlerini açıklamak ve kritik müşteri ihtiyaçlarını belirlemektir.

Bu aşamada, projenin adı, projenin tanımı tespit edilir. Ekip üyeleri belirlenir. Mümkünse mevcut sürecin sigma seviyesi ile hedeflenen sigma seviyesi tespit edilir. Kritik kalite karakteristikleri, değişkenler, sürecin geneline ait veriler ile elde edilmesi beklenen net kazanç tanımlanır.

3.2.1.2. Ölçme aşaması

Bu aşamanın amacı, kritik müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için değerlendirilmesi gereken kritik ölçümleri tanımlamak ve süreç performansını ölçmek için kullanılan verilerin verimli şekilde toplanması için bir yöntem geliştirmektir. Yalın altı sigma hesaplamalarının elementlerini anlamak ve sigma seviyesini belirlemek için bir takım analizler yapılır.

Ölçme aşamasında, ölçüm için kullanılan aletlerin MSA (Measurement System Analysis) analizleri yapılır. MSA sayesinde ölçüm aletlerinin gösterdiği değerlerin doğruluğundan emin olabilmekteyiz. MSA sonrasında ölçüm aletlerinde bir hata tespit edilirse aletler gerekli kalibrasyonlara tabi tutulur.

3.2.1.3. Analiz aşaması

Bu aşamanın amacı, özel bir problemi tanımlamak için olasılıkları analiz etmek ve bu olasılıkları sınıflara ayırmak ve kolaylıkla anlaşılabilen bir problem şeklinde tanımlamaktır. Hayati derecede önemli olan X'lerin (sebpelerin) belirlenmesi ve etkilerinin ortaya konması için gerekli çalışmalar yapılır. Böylece proje takımı bunlar üzerine odaklanır.

3.2.1.4. İyileştirme aşaması

Bu aşamanın amacı, analiz aşamasında elde edilen bulgulara göre gerçek iyileştirme çözümlerini tanımlamak, değerlendirmek ve seçmektir. Bir değişim yaratmak için yönetim, olası çözüm uygulamalarında tanıtılmış değişikliklerin iş yapma kültürü haline gelmesi için proje takımına yardımcı olacak şekilde olaylara yaklaşmalıdır.

3.2.1.5. Kontrol aşaması

Bu aşamanın amacı ise planlamanın ve plana göre hareket etmenin önemini anlamak, hedeflenmiş sonuçların başarıldığından emin olmak ve başarıları kalıcı kılmak için uygulanan yaklaşımı belirlemektir. Öğrenilen derslerin nasıl yayılacağını anlamak için tekrarlamaları ve standartlaştırma olasılıklarını/süreçlerini belirlemek ve ilgili planları geliştirmek de bir diğer amaçtır.

3.2.2. Balık kılıcı diyagramı (Neden-Sonuç diyagramı)

DMAIC döngüsündeki tanımlama aşamasında balık kılıcı diyagramından (Ishikawa Diyagramı, Neden-Sonuç Diyagramı, Fishikawa) yararlanılmıştır. Balık kılıcı diyagramı veya Ishikawa diyagramı, bir tür kalite diyagramıdır. İlk defa 1943 yılında Kaoru Ishikawa tarafından kullanılmıştır. Bu diyagramın yaygın kullanımı ürün tasarımında kalite hatalarının engellenmesi ve genel etkilere sebep olan potansiyel faktörlerin tanımlanmasıdır. Hata için her bir neden değişkenliğin kaynağıdır. Nedenler genellikle bu değişkenliğin kaynağını belirlemek için temel kategoriler ve alt kategoriler şeklinde gruplandırılır (Ishikawa 1990).

Kaoru Ishikawa tarafından geliştirilen bu diyagram nedensel bir diyagram olup belli bir sonucun nedenlerini göstermektedir. Sonuçları ortaya çıkaran sebepleri ortaya koymak, görselleştirmek ve üzerinde çalışmak için oluşturulur. Balık kılıcı diyagramının genel uygulama alanı ürün tasarımı ve kalite hatalarının engellenmesidir. Problemi yaratan tüm sebepler bazı değişiklik kaynakları yüzünden oluşur. Sebepler genellikle bu kaynakları tespit edebilmek için ana kategorilere ve alt kategorilere ayrılmıştır. Bu ana kategoriler çoğunlukla aşağıdakileri içerir.

- İnsan: Sürece dahil olan kişileri
- Yöntemler: Sürecin nasıl çalıştırıldığı ve politikalar, yöntemler, kurallar, düzenlemeler, kanunlar gibi belirli gerekleri
- Makineler: Ekipman, bilgisayar, alet vb. türden işin yapılmasını sağlayan cihazlar

- Malzemeler: Hammaddeler, parçalar, kalemler, kâğıtlar vb. türden son ürünü üretmekte kullanılanları
- Ölçümler: Kaliteyi değerlendirmek için kullanılan ve süreç tarafından yaratılan verileri
- Çevre: Sürecin çalıştığı yer, zaman, sıcaklık ve kültür gibi koşulları (Ishikawa 1990).

3.2.3. Minitab 15.0

Minitab, istatistik eğitiminde ve yalın altı sigma ve kalite iyileştirme projeleri için en çok kullanılan programdır. Verilerin derinlemesine analizinde kullanılan bu program, basit istatistiksel hesaplamaların yanında kalite araçlarını, deneysel tasarım araçlarını ve birçok grafik oluşturma araçlarını da içinde barındırmaktadır. Minitab kullanım alanları ve kullanım kolaylıkları şunlardır:

- Veri ve dosyalama yönetimi kolaydır
- Güvenilirlik analizi
- Örnekleme büyüklüğü
- Çok amaçlı grafikler (faktör analizlerini, gösterge analizlerini ve katkı analizlerini içerir)
- Parametrik olmayan verilerin analizi
- Zaman serileri ve öngörü analizleri
- İstatistiksel proses kontrol
- Ölçüm sistem analizi (MSA)
- ANOVA (değişkenlik analizi)

3.2.4. MPL programı

MPL (Mathematical Programming Language) model oluşturucularına karmaşık optimizasyon modellerini düzgün, kısa ve etkili bir biçimde formüle etmesine izin veren geliştirilmiş bir modelleme sistemidir. MPL’de oluşturulan modeller gelişmiş çözüm yöntemleri ile kolayca çözdürülebilmektedir.

MPL, model oluşturuculara matematiksel denklemleri kullanarak modellerini oluşturmalarına ve özdürmelerine izin veren bir matematiksel modelleme diline sahiptir. Bu model, optimizasyon çözücülerinde kolayca çözülebilecek matematiksel matrislerin basitçe oluşturulmasında kullanılmaktadır. Program kendi algoritması içinde yazılan kodlara göre gereken işlemleri arka planda yapmaktadır. Bu sebeple model oluşturanın sadece modelin formülasyonuna odaklanması gerekmektedir. Matematiksel modelleme dilleri, MPL gibi, yıllardır kendilerini optimizasyon modellerinin oluşturulmasında ve çözülmesinde en etkili yöntem olarak ispatlamışlardır. Çünkü bunlar öğrenilmeleri kolay, formüle edilmeleri hızlı ve daha az programlamaya ihtiyaç duyarlar. Tüm sebeplerden dolayı DMAIC döngüsünün iyileştirme aşamasında iyileştirme önerilerinin sonuçlarını daha hızlı elde etmek için MPL kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların doğruluğunun ispatı için çıkan sonuçlar ayrıca irdelenmektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Firmadaki lojistik sisteminin işleyişi gerçekte satış, üretim planlama ve kontrol ve üretim departmanları ile gemi kiralama şirketinden yetkililerin mevcut siparişlerin üretilmesi ve tesliminin değerlendirilmesi ile başlamaktadır. Satış departmanı genellikle hangi tip borulardan kaç ton üretilmesi gerektiğini belirtmektedir. Üretim planlama ve kontrol departmanı ile üretim departmanı ise bu veriler ışığında belirtilen boruların istenilen tonajlarda ne zaman üretilebileceğini değerlendirmektedir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda siparişi yapılmış boruların üretiminin tamamlanma tarihi belirlenir. Gemi kiralama şirketi de istenilen siparişleri taşıyabilecek bir gemiyi belirtilen tarihte limanda olacak şekilde kiralar. Bu tarih çok önemlidir. Çünkü gemi limana yanaştığında üretim tamamlanmış olmalıdır. Eğer bu gerçekleşmemişse, yükleme operasyonları düzenli yapılamamakta ve şirket birçok sorunla karşılaşmaktadır. Boruların gemi hangarlarına yerleşimi de iş ve işçi güvenliği ile yükün hangarlara düzgün şekilde bağlanması açısından çok önemlidir. Tüm bu operasyonların amacı boruları müşterinin istediği şekilde (çizilmeden, paslanmasına izin vermeden ve zamanında) gönderebilmek içindir. Bu sebeple, kalite ölçüm noktalarından birisi de lojistik süreçlerinin istenilen özelliklere sahip olmasıdır.

Üretilen borular fabrikadaki stok sahasında stoklanır. Boruların üretimi tamamen bittiğinde, gemi yüklemeye hazırdır. Gemiye yüklenecek borular dorseler yardımıyla stok sahasından limana taşınmaktadır. Fabrikada üretilen borular gemiler yardımıyla ihraç edilmektedir.

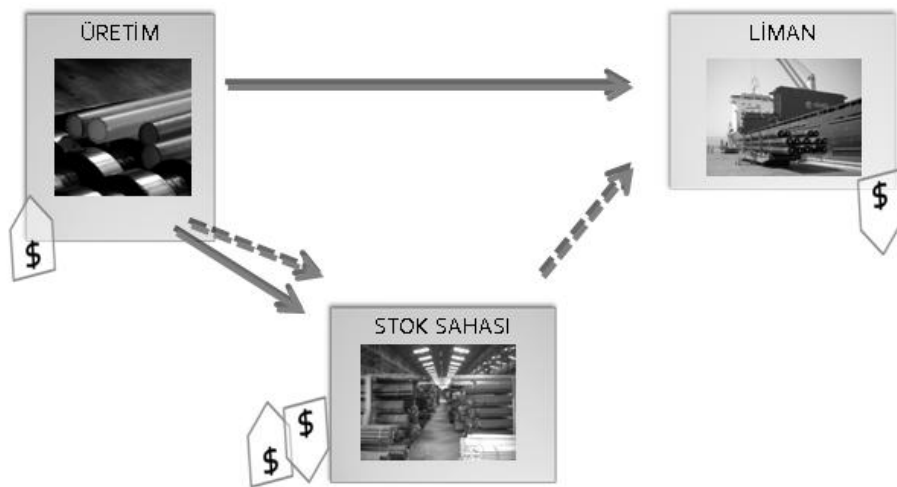
Yük taşımacılığı sektöründe boş kamyonların/çekicilerin tekrar pozisyon alması için yaptığı gereksiz hareketler çok önemli bir paya sahiptir. Buna rağmen kamyonların/çekicilerin boş hareketlerini azaltmak zordur çünkü onun tekrar pozisyon alması hizmet veren kamyon/çekici ile nakliyatçılar arasındaki etkileşime aittir. İş birliği sayesinde, nakliyatçılar kamyonlara/çekicilere sürekli yük verecek şekilde bir sıra tanımlayabilir ve verebilir. Böylece bunların boş hareketleri azaltılabilir ve daha düşük taşıma maliyetleri ortaya çıkabilir. Taşıyıcıların maliyet tasarrufunun bir kısmı nakliyecilere daha düşük fiyat şeklinde yansıtılabilir (Özlem ve ark 2007). Burada da

belirtildiği gibi taşıyıcıların gereksiz hareketleri istenmeyen bir durumdur. Bunları ancak bu işin tarafları arasındaki iletişimi artırarak azaltabiliriz. Bu sayede de taşıma maliyetlerini de düşürebiliriz.

Taşımalar, stoklar, gereksiz hareketler, beklemler, aşırı üretim, gereksiz işler, hatalı üretim olarak belirtilen yedi israftan lojistikte en çok karşılaşılanlar taşımalar, stoklar, gereksiz hareketler, beklemler ve gereksiz işlerdir. Yedi israftan beş tanesi lojistikte karşımıza sıklıkla çıkabilmektedir. Bu israfları ortadan kaldırarak lojistik süreçleri daha yalın hale getirilebilecektir. Yalın altı sigmanın temel amacı da budur. Yalın hale getirilen lojistik süreçleri ile taşıma maliyetleri düşecektir. Kârlılığın ve rekabetin arttığı günümüz şartlarında lojistik maliyetlerinin azalması şirketler için önem arz etmektedir.

4.1. Deniz Nakliye Süreci

Gemi kiralama şirketinin kiraladığı gemi için gemi ambar planları hazırlanır. Daha sonra da bir günde ve bir vardiyada yüklenecek tonajlar belirlenir. Gemi limana geldiğinde plana uygun bir şekilde yükleme ve boşaltma operasyonları başlar. Dorseler stok sahasındaki vinçler yardımıyla işçiler tarafından yüklenir ve bunlar çekiciler ile limana çekilir. Dorse üzerindeki yük, limandaki vinç yardımı ile işçiler tarafından boşaltılmakta ve başka bir işçi grubu tarafından da gemiye yüklenmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Firmanın deniz nakliye süreçleri

Taşıma zamanları ve maliyetleri ile ilgili üç temel sorun vardır. Bunlar aşağıda belirtilmiştir:

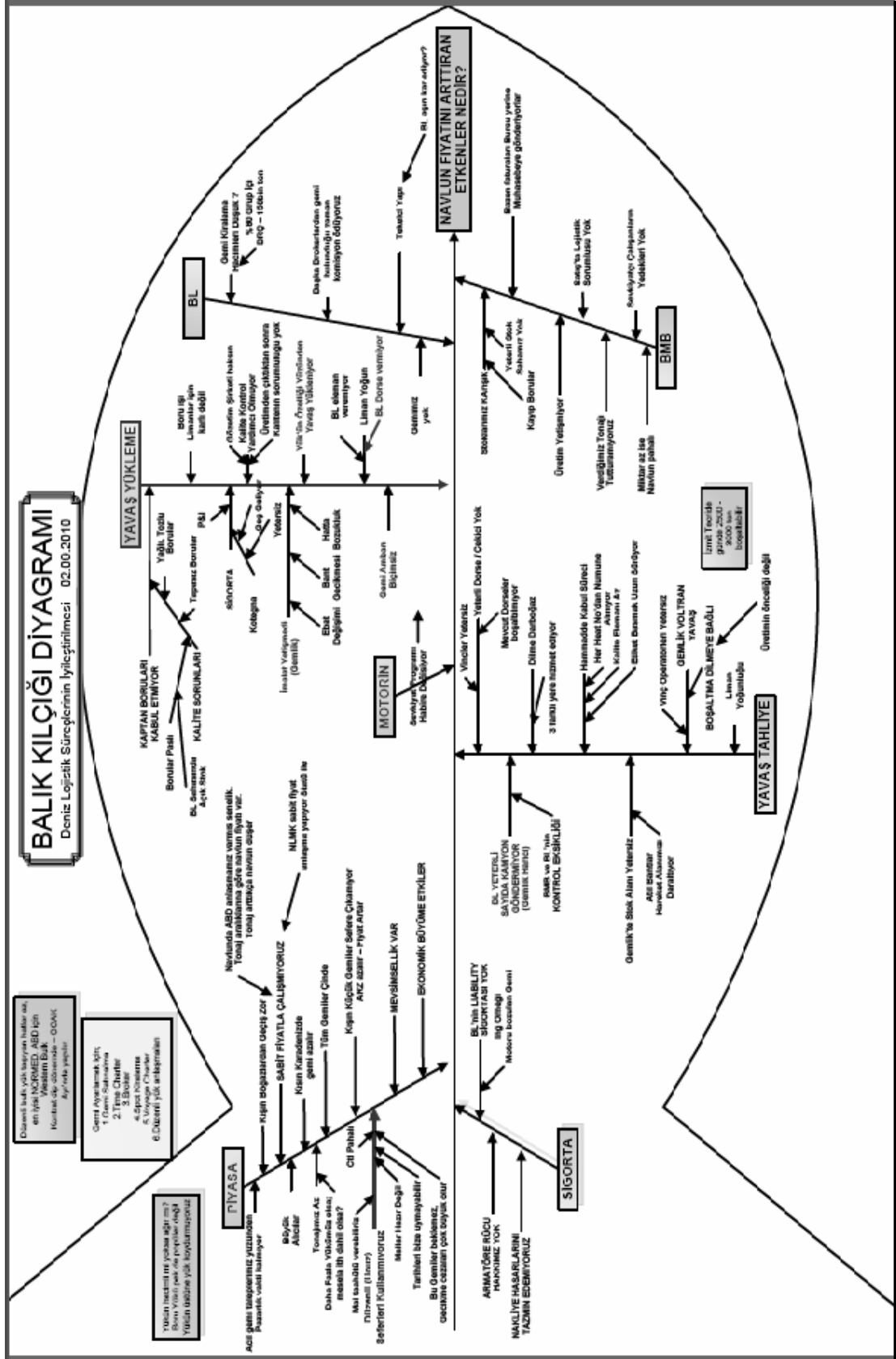
- Gemi limana gelmeden önce üretim tamamlanmış olmalıdır.
- Stok sahası düzensizdir. Bu sebeple, bazı boru tipleri farklı yerlere yerleştirilmek zorundadır. Bu durum yükleme zamanının artmasına ve şirketin taşıma maliyetinin artmasına sebep olmaktadır.
- Gemi ambarlarının şekli yükleme zamanını etkilemektedir ve bu sebeple taşıma maliyetleri de etkilenmektedir. Kutu (box) tipli gemi ambarlarına yükleme yapmak diğer tipli gemi ambarlarına yükleme yapmaktan çok daha kolaydır. Ancak kutu (box) tipli ambarlara sahip gemilerin kiralama ücretleri diğer gemilere göre daha fazladır.

4.2. DMAIC Döngüsünün Uygulanması

Firmanın lojistik süreçlerini daha yalın hale getirmek için yalın altı sigma metodolojisinin adımlarından DMAIC döngüsü firmanın deniz nakliye sürecinde uygulanmıştır. Bu bölümde deniz nakliye sürecinde DMAIC döngüsünün uygulanması anlatılacaktır.

4.2.1. Tanımlama aşaması

Bu aşamada, deniz nakliye sürecinde ortaya çıkan problemler açıklanmıştır. Mevcut sistemde çok önemli sorunlar olduğu gözlemlenmiştir. Taşıma zamanlarının çok uzun olması, taşıma maliyetlerinin çok fazla olması ve şirketin yükleme ve boşaltma operasyonları için fazla para ödemesi başlıca sorunlardır. Buna ek olarak, şirket ayrıca gemi kiralama için de çok fazla para ödemektedir. Bunun sebebi, geminin yükleme süreçleri boyunca çok uzun zaman limanda beklemek zorunda kalmasıdır. Beyin fırtınası şeklinde bir ay içinde yapılan dört toplantı sonucunda deniz nakliye süreci ilgili oluşturulan Balık Kılçığı Şekil 4.2 de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Süreçle ilgili oluşturulan Balık Kılçığı

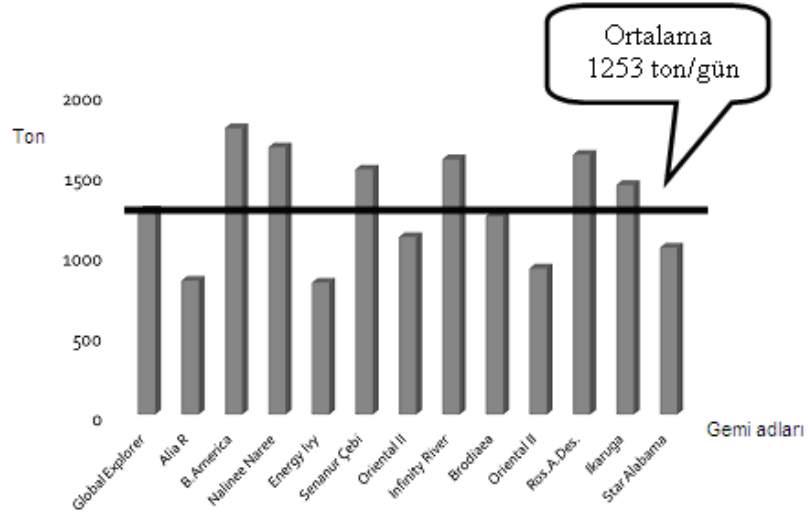
Lojistik maliyetlerinin yüksek olmasından ve bu maliyetleri düşürmek istememizden dolayı balık kılçığında ana problem olarak, navlun fiyatının çok yüksek olması belirtilmiştir. Bu probleme sebep olan temel problemler, piyasa şartları, kiralanan gemilere ödenen sigorta maliyetleri, yavaş yükleme, yavaş tahliye, motorin fiyatları, lojistik firması ve boru üretim firmasıdır. Boru üretim firması ve lojistik firmasının yetkililerinden oluşan proje ekibi, piyasa şartları, sigorta maliyetleri ve motorin fiyatları dışındaki temel problemleri iyileştirmeye açık noktalar olarak belirtmiştir.

Günümüzde, şirketler arasındaki rekabet çok fazladır bu sebeple şirket taşıma sürelerini ve lojistik maliyetlerini azaltmayı amaçlamıştır. Süreçleri daha yalın hale getirerek istenilen iyileştirmelere ulaşılacağı proje ekibi tarafından belirtilmiştir. Bu sebeple bunu gerçekleştirmek için yalın altı sigma adımlarından DMAIC uygulaması proje ekibi tarafından kabul edilmiştir.

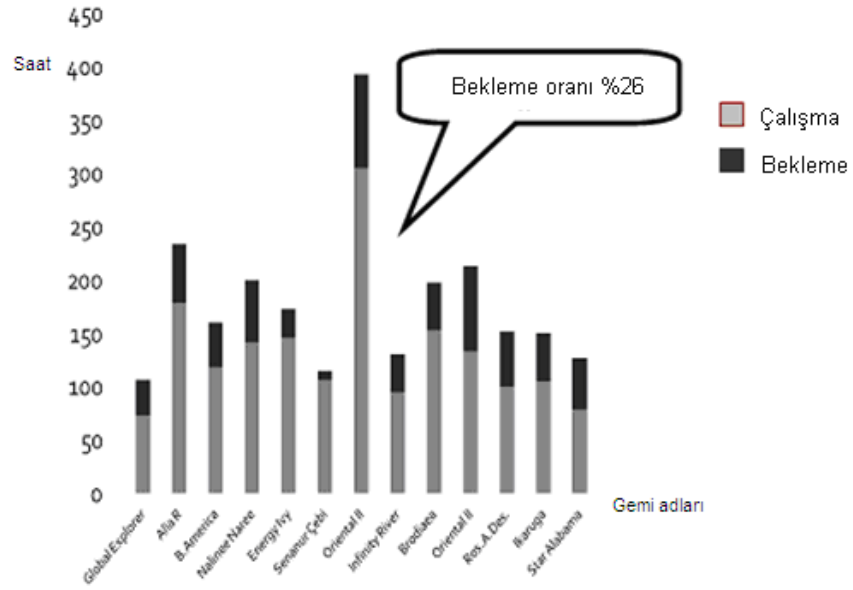
4.2.2. Ölçme aşaması

Ölçme aşaması için doğru zamanda doğru sürecin ölçülmesi gerekmektedir. Bunun düzgün yapılması projenin sonraki aşamaları için de çok önemlidir. Bu sebeple stok sahasında ve limanda aynı zamanda deniz nakliye süreci analiz edilmiş ve birbiriyle bağlantılı süreler ölçülmüştür. Bağlantılı süreler; aynı dorsenin stok sahasında yüklenme süresi ile limanda boşaltılma süresidir. Bu işlemler yapılırken önceden gözlemlenememiş ve üzerinden geçilmiş herhangi bir problem var mı diye süreçler tekrar gözlemlenmiş ve incelenmiştir.

Proje öncesinde en son yüklenen on üç gemiye ait gemiye yüklenen günlük boru ağırlıkları belirlenmiştir. On üç gemi için elde edilen veriler, firmanın son bir yıldaki yükleme performansına dair gerekli ve detaylı bilgileri sağlamaktadır. Buna göre proje öncesinde firmanın gemiye yüklediği günlük ortalama boru ağırlığı 1253 tondur (Şekil 4.3). Yine proje öncesi bekleme sürelerinin toplam yükleme zamanına oranları Şekil 4.4'te gösterildiği gibi %26 gibi yüksek bir orandır. Bu orana göre gemiye yapılan toplam yükleme zamanının 1/4'ü bekleme sürelerine harcanmaktadır.



Şekil 4.3. DMAIC öncesi gemiye yüklenen ortalama günlük ağırlık

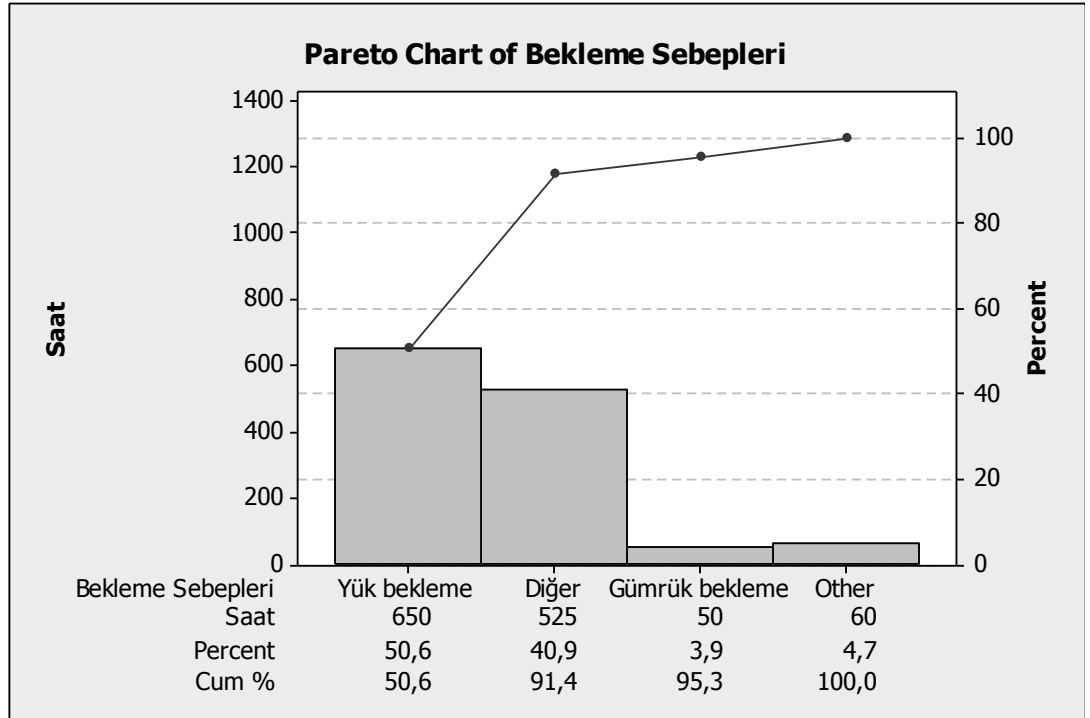


Şekil 4.4. DMAIC öncesi toplam yükleme sürecindeki bekleme oranı

Bu verilerin yanında, 2010 yılında limanda geminin bekleme süreleri (Şekil 4.5) ile bu verilerle oluşturulan pareto grafiği (Şekil 4.6) birlikte değerlendirildiğinde bekleme sürelerinin %50,6 sı yük bekleme sürelerinden, %40,9 u sebebi bilinmeyen (diğer) bekleme sürelerinden oluşmaktadır. Ayrıca “diğer” adı altında belirtilen bekleme sürelerinin sebepleri de analiz aşamasında irdelenmiştir.



Şekil 4.5. 2010 yılı gemi bekleme süreleri



Şekil 4.6. 2010 yılı gemi bekleme sürelerine ait pareto grafiği

4.2.3 Analiz Aşaması

Verilerin analizi boyunca taşıma zamanlarını ve lojistik maliyetlerini direkt olarak etkileyen sorunlar (kök sebepler) tespit edilmeye çalışılmıştır.

Tanımlama aşamasında beyin fırtınası toplantıları sonucunda oluşturulan balık kılçığı diyagramı ile ölçme aşamasında elde edilen veriler birlikte değerlendirilmiştir. Şekil 4.6'da gösterilen pareto grafiğine göre beklemlerin %50,6 sı limana boruların gelmemesinden kaynaklanmaktadır. Balık kılçığında ana etkenlerden boru üretim firmasına (BMB) ait alt etkenler bu aşamada önem kazanmıştır. Bu alt kategorilerden en önemlisi üretimin yetişmemesi yani üretimin tamamlanmaması ve stok sahasının karışıklığıdır. Bu iki problem yük beklemlerin kök sebepleri olarak belirtilmiştir.

Diğer adı altında belirtilen ve sebebi ya da sebepleri bilinmeyen ancak beklemlerin %40,9 unu oluşturan bir bölüm vardır. Balık kılçığında piyasa şartları, sigortaya maliyetleri ve motorin fiyatları dışında geri kalan kısımlar proje ekibinin bu proje kapsamında iyileştirme sağlayabileceği alanlardır. Bu alanlar da yavaş yükleme ve yavaş tahliye temel sorunlarının alt kategorilerinde bulunmaktadır. Gerekse gözlemler gerekse de süreçle ilgili kişilerin bilgileri ışığında varılan sonuçlara göre, israfların fazla olduğu genel olarak verimsiz lojistik süreci olarak adlandırabileceğimiz ve kutu (box) tipli ambarlara sahip gemilerin kiralanmaması diğer adı altında belirtilen sorunların kök sebepleri olarak belirlenmiştir.

Belirtilen dört sorundan geminin yük beklemlerine sebep olan üretimin tamamlanmaması ve stok sahasının karışıklığı dışındaki diğer iki kök sebep Şekil 4.5'te "diğer" adı altında belirtilen sorunu oluşturduğu da bu aşamada tespit edilmiştir. Bu problemlerden yönetim tarafından en az bilineni üretimin tam olarak tamamlanmaması sorunudur. Bu zamana kadar kabul edilmiş yükleme oranlarından, iş yapma prensiplerinden, limanda ve stok sahasında çalışan işçilerin çalışma hızlarından, yağmur yağması sonucu yapılan beklemlerden ve satış, üretim planlama ve kontrol ve üretim departmanları ile gemi kiralama şirketi yetkililerin arasındaki iletişimin sağlıklı

olmamasından dolayı, gemi geldiğinde üretimin tam olarak tamamlanmamasının bu kadar önemli bir sorun olduğuna dikkat edilmemiştir. Ancak yapılan çalışmalar göstermiştir ki lojistik sisteminin düzgün işlemesi için bu durum çok önemli bir sorundur.

Gemi geldiğinde hazırlanmış olan ambar planında, hangi tip boruların alt tarafa hangilerinin üst tarafa ve hangi ambarlara yerleştirileceği belirlenmiştir. DMAIC öncesinde gemi gelmeden bütün boruların üretimi tamamlanmamaktaydı. Üst tarafa yerleştirilecek boruların üretimi hazırlanmış fakat alt tarafa konulacak boruların üretimi tamamlanmamış olmaktadır. Bu sorunun yanında liman ile stok sahasında çalışanlar arasındaki iletişim sorunlarından dolayı da bu sorun daha da karmaşık haline gelmektedir. İletişim kopukluğundan dolayı üretimi tamamlanmış ve stok sahasında bulunan ancak gemi ambarında üst tarafa yerleştirilecek olan borular stok sahasındaki çalışanlar tarafından dorselere yüklenmekte ve çekiciler yardımıyla limana gönderilmektedir. Fakat yüklenen bu dorseler limanda boşaltılamamaktadır. Bu sebeple dorse sıkıntısı baş göstermektedir. Bu sorun aynı zamanda kendi içinde iletişim sorunu denilen başka bir sorununun tespitine sebep olmuştur.

Üretimin tamamlanmaması durumu, gemiye yüklenecek boruların üretiminin gemi limana geldikten kaç gün sonra tamamlandığını belli gün kategorilerine ayrılmış şekilde gösteren Ek 1, Ek 2, Ek 3 ve Ek 4 incelendiğinde daha iyi anlaşılmaktadır.

Ek 1 de gösterilen Naline Naree gemisinin gemi limana geldikten 10-13 gün sonra üretimi tamamlanacak ve gemiye yüklenmesi gereken borular mevcuttur. Ayrıca 5 nolu ambarda en alta yerleştirilecek boruların üretimi onun üstüne yerleştirilecek boruların üretiminden daha sonra tamamlanacaktır. Bu sebeple üst tarafa yerleştirilecek boruların üretimi tamamlansa bile alt taraftaki boruların üretimi tamamlanmadığı ve ambara yerleştirilmemesi sebebiyle bu borular stok sahasında beklemek zorundadır.

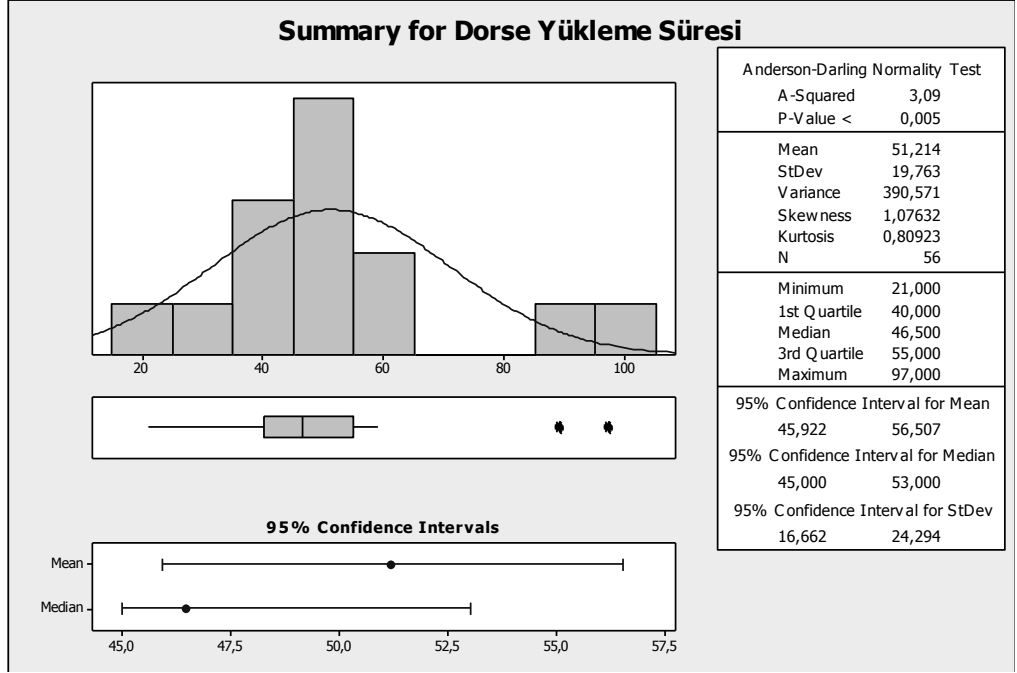
Ek 2 de gösterilen B. America gemisinin limana geldikten 10-13 gün sonra üretimi tamamlanacak ve gemiye yüklenmesi gereken borular mevcuttur. İkinci ambar ile beşinci ambarda üretimi tamamlansa bile ambara yerleştirilmek için alt tarafına

yerleştirilmesi gereken ancak üretimi daha sonra tamamlanacak boruların olması sebebiyle ambarlara yüklenemeyen ve stok sahasında bekleyen borular mevcuttur.

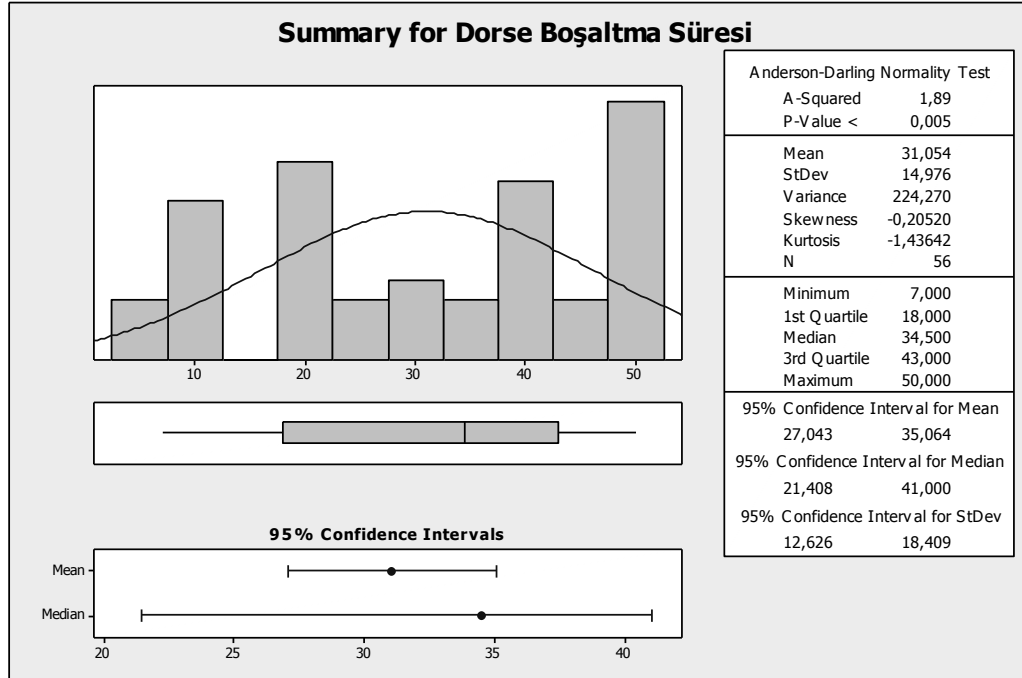
Ek 3 te gösterilen Energy Ivy gemisinin limana geldikten 7-9 gün sonra üretimi tamamlanacak ve gemiye yüklenmesi gereken borular mevcuttur. Dördüncü ambarda üretimi tamamlansa bile ambara yerleştirilmek için alt tarafına yerleştirilmesi gereken ancak üretimi daha sonra tamamlanacak boruların olması sebebiyle ambarlara yüklenemeyen ve stok sahasında bekleyen borular mevcuttur.

Ek 4 te gösterilen Oriental II gemisinin limana geldikten 14-15 gün sonra üretimi tamamlanacak ve gemiye yüklenmesi gereken borular mevcuttur. Gemiye yüklenecek boruların %95 inin üretimi gemi limana geldikten 15 gün sonra tamamlanacaktır. Gemi sebepsiz bir şekilde boruların üretiminin tamamlanmasını limanda beklemek zorundadır.

Farklı gemi yükleme operasyonları için limanda ve stok sahasında aynı dorselerin yüklenme ve boşaltma süreleri ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler Minitab 15.0 programına aktarılmış ve burada analizleri yapılmıştır. Stok sahasında dorselerin ortalama yükleme süresi 51,214 dakika standart sapmanın ise 19,763 dakika olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.7). Limanda dorse boşaltma performansı ise 31,054 dakika ortalamalı 14,976 dakika standart sapmalıdır (Şekil 4.8). Balık kılığında boru üretim firması ve yavaş yükleme olarak belirtilen temel problemlerin ispatı bu veri analizleriyle sağlanmıştır. Stok sahasındaki yükleme sürelerinin sürekli değişkenlik göstermesi stok sahasındaki sevkiyat ekibinin boru araması, aktarma yapması ve özellikle yüklemenin son günlerinde üretim beklemelerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca stok sahasındaki sevkiyat ekibinin boru araması ve boru aktarmasının başlıca sebebi stok sahasının düzensiz olmasıdır. Düzensiz stok sahasının sebebi ise yeterli stok sahasının olmamasıdır. 20 000 ton olarak planlanmış stok sahasında farklı günlerde yapılan ölçümlere göre 28 000 ile 33 000 ton değerleri arasında değişen stok miktarları bulunmaktadır. Stok sahasının yeterli olmaması da firmanın lojistik sisteminin düzgün işlememesi için temel sorunlardan birisidir.



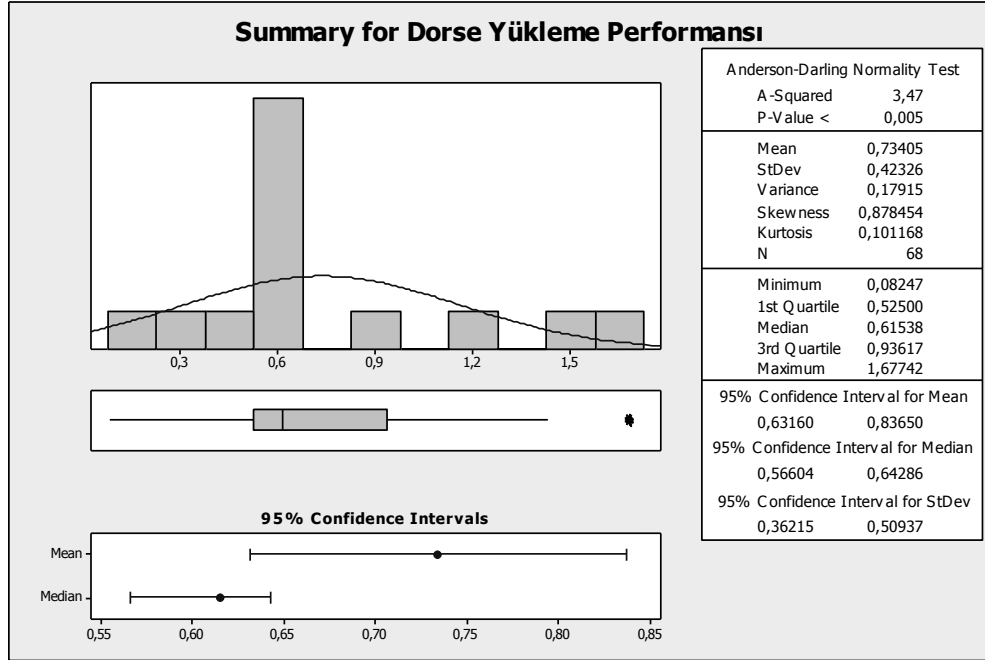
Şekil 4.7. Stok sahasında dorselerin yükleme sürelerinin analizi



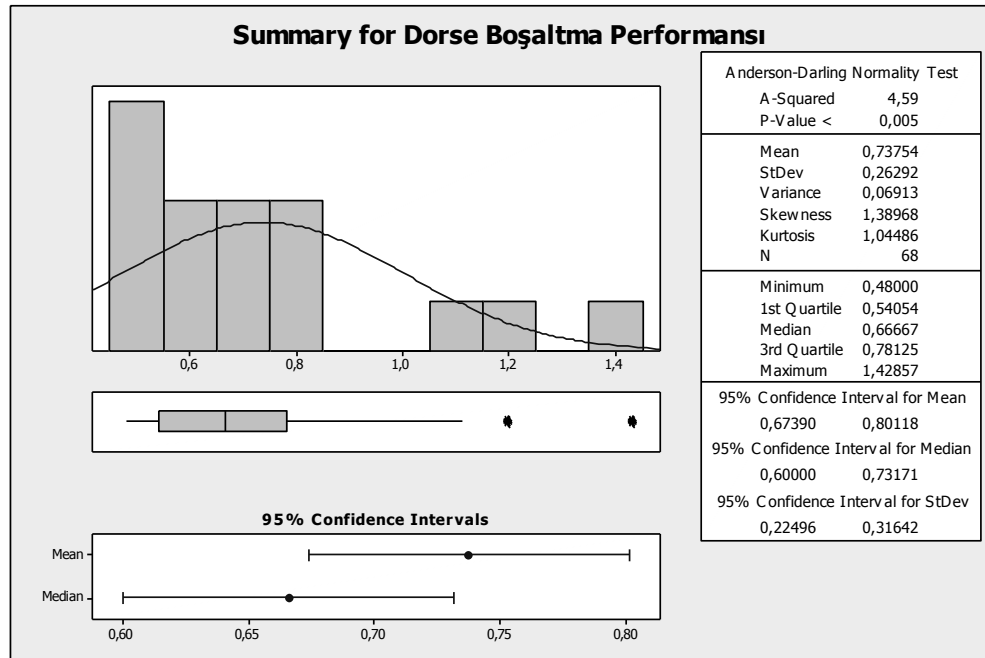
Şekil 4.8. Limanda dorselerin boşaltılma sürelerinin analizi

Şekil 4.7 ve Şekil 4.8 deki veriler incelendiğinde, P değerinin 0,05 ten küçük olması sebebiyle verilerin normal dağılmadığı belirlenmiştir. İstatistiksel olarak normal dağılıma uyan veriler üzerinden değerlendirmeler yapmak istenilen bir durumdur. Buradaki verilerin normal dağılıma uymaması, aslında dorse yükleme ve boşaltma sürelerinin kendi içlerinde çok farklı dağıldıklarının ispatı olarak değerlendirilebilir. Sürelerin kendi içlerinde çok farklı dağılması da hem dorse yükleme hem de dorse boşaltma işlemlerinde ekstrem bazı yükleme ve boşaltma süreleriyle karşılaşıldığı anlamına gelmektedir. Bu durumda dorse yükleme ve dorse boşaltma süreçlerinde beklenilmeyen ve arzu edilmeyen durumların olduğu ispatlanmış olmaktadır.

Bir dorseye yüklenen toplam paket sayısının bu paketlerin yüklendikleri dakika cinsinden toplam süreye bölünmesi ile paket/dakika cinsinden dorse yükleme performansı bulunmuştur. Bir dorseden boşaltılan paket sayısının bu paketlerin boşaltıldıkları dakika cinsinden toplam süreye bölünmesi ile paket/dakika cinsinden dorse boşaltma performansı bulunmuştur. Dorse yükleme ve boşaltma performansları incelendiğinde stok sahası tarafında dakikada 0,73405 paket (Şekil 4.9), liman tarafında ise dakikada 0,73754 paket yüklendiği görülmüştür (Şekil 4.10). Yalın bir düzende beklemesiz bir sürecin işlemesi için yükleme hızlarının sabitlenmesi gerekmektedir. Karşılıklı olarak bir tarafın yavaş kalması diğer tarafta bekleme doğurmakta ve verimsizlik yaratmakla birlikte süreç daha da yavaşlamaktadır.



Şekil 4.9. Stok sahasında paket bazında dorse yükleme performansı



Şekil 4.10. Limanda paket bazında dorse boşaltma performansı

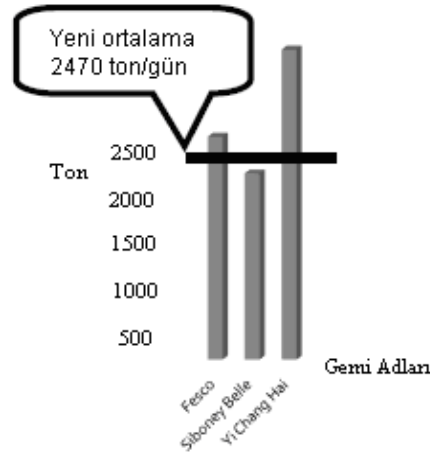
4.2.4. İyileştirme Aşaması

İyileştirme aşaması için, tanımlama aşamasında oluşturulan balık kılçığındaki temel problemler ile bunların altında yatan kök sebeplerin ortadan kaldırılması için çözümler araştırılmıştır. Çözümler araştırılırken çözümlerin uygulanabilirliği ayrıca dikkate alınmıştır. Bunun yanında düşük maliyetli olmaları da irdelenmiştir.

DMAIC öncesi gemi limana geldiğinde üretimin tamamlanmaması bütün lojistik sistemi üzerinde sorunlara sebep olmaktaydı. Gemi geldiğinde hazır olan borular ise ambar planına göre üst tarafa konulacak borular oluyordu. Bu sorun analiz aşamasında da belirtildiği gibi yönetim ve bu süreçle ilgili kişiler tarafından bilinmiyordu. Bu sorun çözümü için bu süreçle ilgili satış, üretim planlama ve kontrol ve üretim departmanları ile gemi kiralama şirketi yetkilileri arasındaki iletişimin daha sağlıklı olması için aylık toplantılar yapılmaya başlanmıştır. Bu toplantılarda, üretimin boruların üretimini tamamlayacağı tarih belirleniyor ve buna göre gemi kiralama şirketi de gemiyi belirtilen tarihte limanda olacak şekilde kiralyor. Gemi kiralama şirketi belirtilen günde gemiyi kiralamasının yanında gemi ambar tipinin kutu (box) olduğu gemileri kiralamaktadır. Bu tip gemilerin kiralama ücretlerinin daha fazla olduğu belirtilmiştir. Fakat yükleme performansında meydana gelecek artışla birlikte yapılacak tasarrufun ödenen ücretten çok daha fazla olacağı tahmin edildiğinden bu tip gemilerin kiralamasında herhangi bir sakınca olmadığı da ayrıca belirtilmiştir. Bu iyileştirmeden sonra gemi, borular hazır olduğunda limana getirilmekte ve gemi limana yanaştıktan sonra zaman kaybetmeden gemiye boru yüklemesi başlamaktadır.

Stok sahasının düzensizliği ve bu düzensizliğin sebebinin de stok sahasının yetersizliğinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için stok sahası tamamen tekrar düzenlenmiştir. İhraç edilecek boruların aynı lokasyonda stoklanması aynı anda birden fazla dorsenin yüklenmesini engellemekteydi. Bu sorunu ortadan kaldırmak için ihracat boruları 4 farklı lokasyonda stoklanmıştır. Böylece aynı anda dört tane dorsenin yüklenmesi yapılabilecek duruma gelinmiştir. Yeniden düzenlenmiş stok sahaları Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Yapılan iyileştirmeler sonucunda

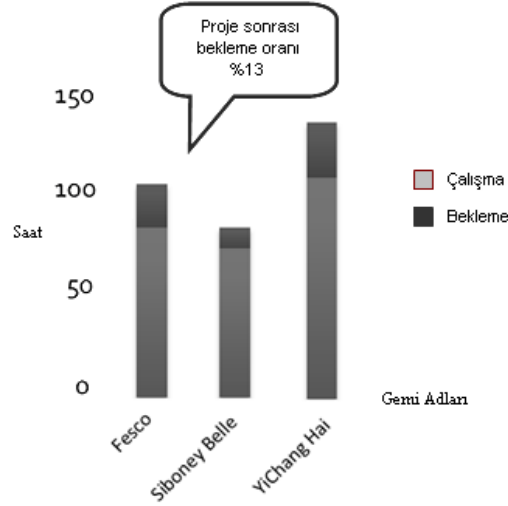
ile üç geminin yüklenmesi incelenmiştir. İyileştirilmiş süreçlerle yüklenen gemilerin sayısını arttırmak ve onlardan elde edilen verilere ulaşmak uzun süre gerektirmektedir. Bu üç geminin verilerinin alınması bile yaklaşık üç aylık bir sürede gerçekleşmiştir. Bu durum projenin kapatılmasını daha da uzatacağından gemi sayısı üç ile sınırlandırılmıştır. DMAIC öncesinde gemiye yapılan günlük ortalama yükleme tonajı 1253 tondu. DMAIC sonrası ise bu değer 2470 ton olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.12). Aynı şekilde DMAIC öncesi gemiye yapılan yükleme sürecinin %26'sı beklemeyle geçmekteydi. DMAIC sonrası yapılan ölçümlere göre bu oran %13 olmuştur (Şekil 4.13). Uzun vadede ilk duruma göre gemiye yüklenen günlük boru ağırlığında ortalama %60 lık iyileşme, bekleme oranlarında ise %30 luk azalma firma tarafından öngörülmüştür. Buna göre uzun vadede gemiye yüklenen günlük ortalama boru ağırlığı 2000 ton, bekleme oranları ise %18 olarak öngörülmüştür.



Şekil 4.12. DMAIC sonrası günlük ortalama yükleme tonajı

Bu sonuçlara göre lojistik sisteminin çok daha verimli hale geldiği anlaşılmaktadır. Gemilere günlük yüklenen ortalama boru ağırlığı iki katına çıkmış bunun yanında bekleme süreleri ise yarı yarıya azalmıştır. Gemilerin artık önceden limanda durdukları toplam gün sayısının yaklaşık yarısı kadar gün durmaktadır. Bu sebeple şirketin armatörlere ödedikleri parada da bir gemi için yaklaşık %50 oranında azalma olmuştur. Bunun yanında geminin limanda daha az kalmasından dolayı gemi kiralama şirketi de taşıma ücretlerinde de indirim elde etmiştir. Tüm bu gelişmeler sayesinde şirket DMAIC öncesi 1800 ton/gün olan hedefini aşmıştır. Bu sayede de şirket yılda yaklaşık

350 000\$'lık tasarruf sağlamıştır. Maddi kazancın yanında işçilerin verimliliğın artması, lojistik sisteminin daha yalın hale gelmesi de şirketin DMAIC sayesinde elde ettiğı çok önemli getirilerdendir.



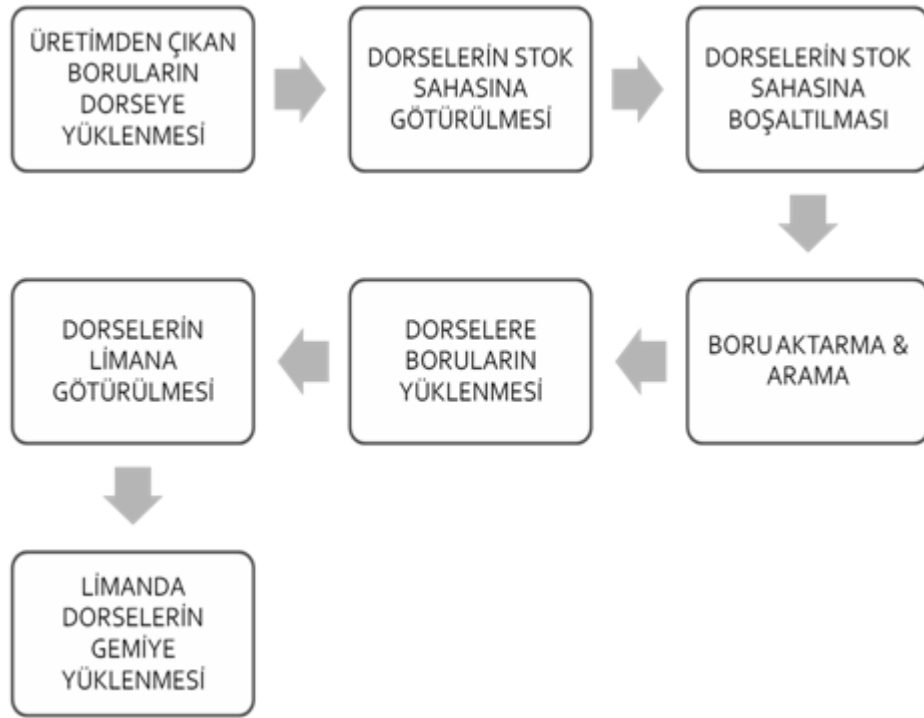
Şekil 4.13. DMAIC sonrası bekleme oranı

4.2.5. Konteynır çözüm önerisinin uygulanabilirliğinin matematiksel modellerle ispatlanması

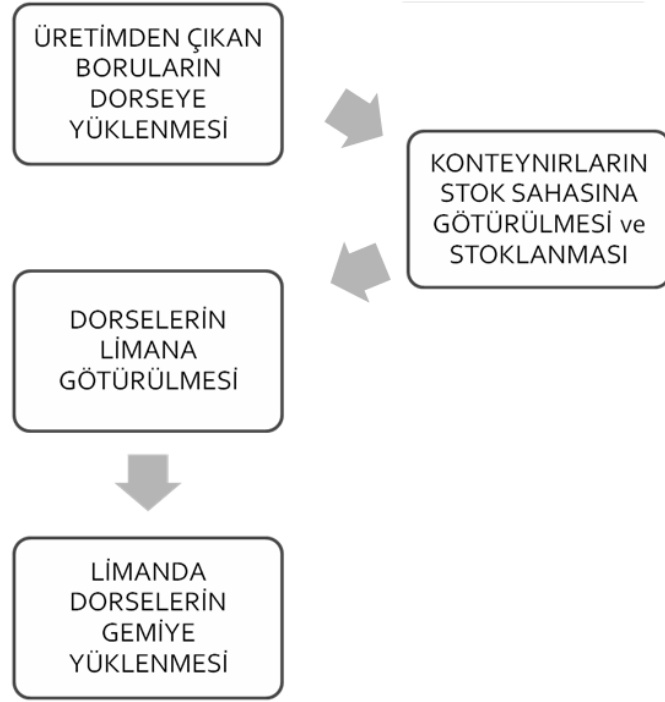
Balık kılçığında belirtilen ve yüklemelerin yavaş olmasının kök sebeplerinden bir tanesi stok sahasının yetersiz olduğudur. Beyin fırtınası şeklinde gerçekleştirilen toplantılarda bu sorunun çözümü için çeşitli çözüm önerileri belirlenmeye çalışılmıştır. Stok sahasının yeniden düzenlenmesi öneri hayata geçirilmiş bunun ayrıntıları bir önceki bölümde anlatılmıştır. Bu önerinin yanında fabrika sahasında açık alanları da stok sahası olarak kullanabilmek için konteynırla stoklama önerisi ortaya çıkmıştır. Bu önerinin faydaları şu şekildedir:

- Daha az boru elleçlenmesi yapılacaktır.
- Gemi yüklemeleri hızlandırılacaktır.
- Esnek stok sahası elde edilecektir.
- Yatırımsız kapalı stok sahası elde edilecektir.
- Metrekare başına dört kat fazladan stok koyma imkanı sağlanacaktır.

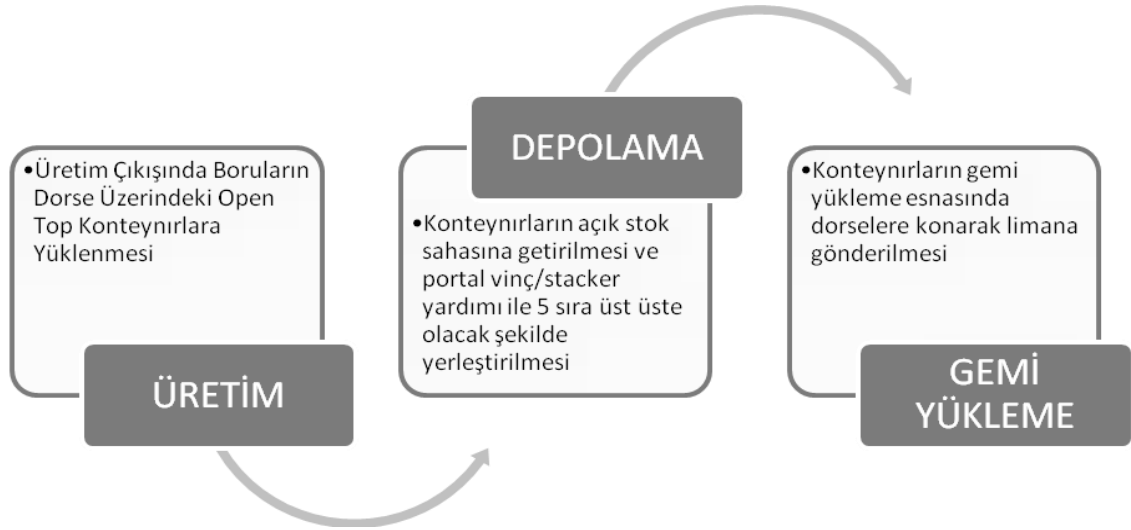
Mevcut lojistik süreçleri Şekil 4.14'te, konteynır çözüm önerisinin uygulandığı durum Şekil 4.15'de gösterilmiştir. Konteynır çözüm önerinde, üretimden çıkan borular dorse üzerindeki konteynırlara konulacak, stok sahasına giden konteynırlar olduğu gibi diğer konteynırların üzerilerine yerleştirilecek, konteynırların limana gideceği zaman yine konteynırlar dorselere yüklenecek ve dorseler limana çekilecektir. Bu durumda stok sahasında boruların dorselerden indirilmesi ve limana gönderileceği sırada tekrardan dorselere yüklenmesi ortadan kaldırılabilecektir. Bu iki durum incelendiğinde lojistik süreçlerinin çok daha yalın hale gelebileceği açıkça görülmektedir. Ayrıca yeni sürecin işleyişi de Şekil 4.16'da gösterilmiştir. Bu çözüm önerisinin faydaları ve olası durumdaki süreç incelendiğinde, konteynır çözümünün uygulandığı taktirde getireceği faydaların çok fazla ve önemli olduğu tespit edilmiştir. Bu çözüm önerisinin uygulanabilirliği araştırılmaya başlanmıştır.



Şekil 4.14. Mevcut lojistik süreci



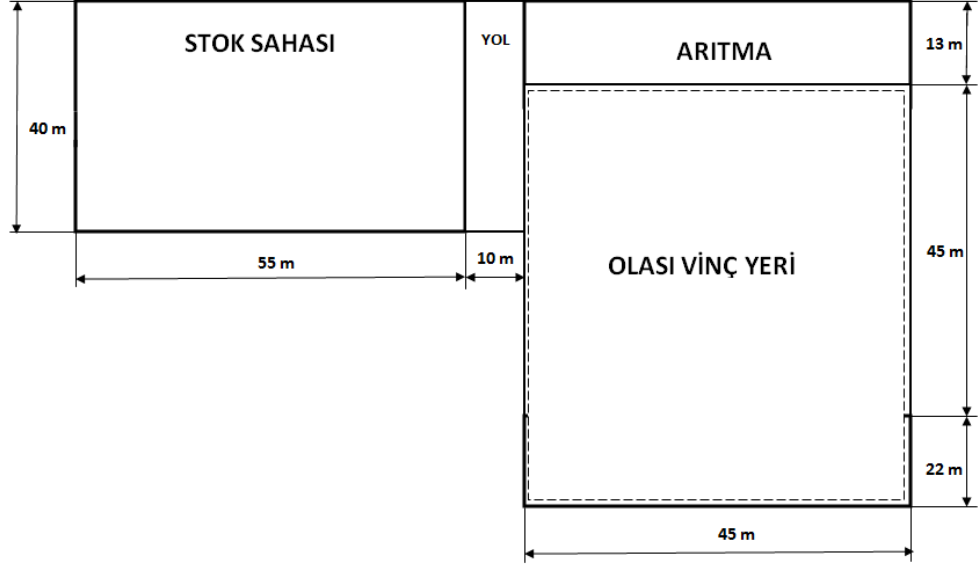
Şekil 4.15. Konteynır çözüm önerisinin uygulandığı lojistik süreci



Şekil 4. 16. Konteynır çözümünün uygulanması durumunda olası sürecin işleyişı

Konteynır çözüm önerisinin uygulanabilirliğinin araştırılmasında ilk olarak fabrika sahasında konteynırların konulacağı olası yerler araştırılmıştır. Yapılan araştırmalar

sonucunda Şekil 4.17’de kroki şeklinde gösterilen yer tespit edilmiştir. Bu yer firmanın kendi sahası içinde hurda boruların bulunduğu atıl alan olarak kullanılan bir yerdir.



Şekil 4.17. Belirlenen olası konteynır sahası

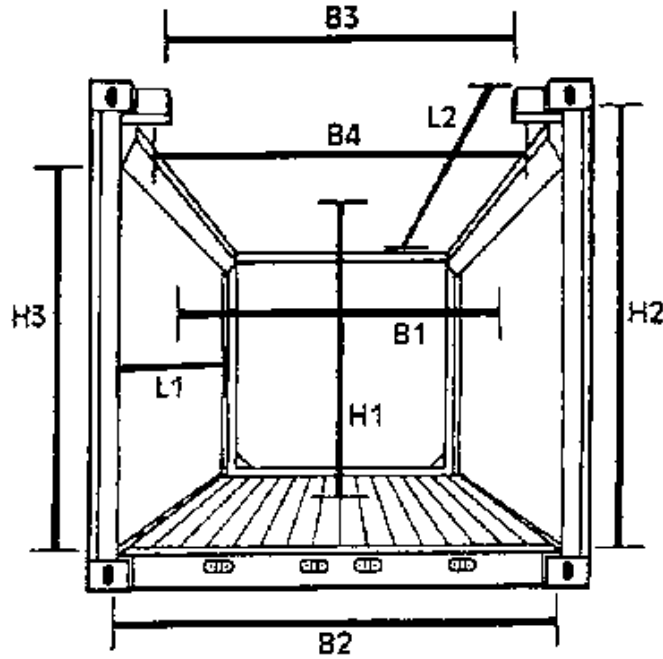
Bu yerin tespitinde, bu yerin fabrika sahası içinde yeşil alan olmayan en geniş açık alan olması ve böylece en fazla konteynırın bu alana yerleştirilebilecek olması, stackerların (konteynır taşıyıcılarının) en kolay çalışabileceği alan olması, üretimde yüklenmiş ve dorseler üzerinde stok sahasında getirilen konteynırların hareketinin en kolay bu alanda yapılabilecek olması ve zeminin yapılabilecek kuvvetlendirme ile konteynır stok sahası olarak kullanılabilir olması gibi etkenler belirleyici olmuştur.

Yer tespitinden sonra kullanılacak konteynırlarla ilgili diğer önemli hususlar belirlenmiştir. Konteynırların open top (üstü açık) tipinde olması gerektiği belirlenmiştir. En fazla beş tane konteynırın üst üste konulmasının işçi sağlığı ve güvenliği açısından daha uygun olacağı belirtilmiştir. Konteynırlar üst üste konulacağından borular yağmurdan korunacaktır. Ancak en üstteki konteynırın üstünde branda kullanılması durumunda su birikmesi meydana gelmektedir. Bunu önlemek için en üstteki konteynır için ayrı çatı kapakları yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Özel yapım konteynırların dışında konteynır tipleri ve boyutları standarttır. Firmada üretilen ve ihracatı yapılan boruların boyları çok farklılık göstermektedir. İhracatı yapılan boru tipleri incelendiğinde en çok ihracat yapılan boru tiplerinin 5,8, 12 ve 12,8 metrelik borular olduğu tespit edilmiştir. Hangi uzunlukta konteynırların kullanılması gerektiği ve kullanılan konteynırların stok sahasına nasıl yerleştirilmesi gerektiği sorularına cevap bulabilmek için matematiksel modeller oluşturulmuştur.

4.2.5.1. Kullanılacak konteynır tiplerinin matematiksel model yardımıyla belirlenmesi

Maliyeti arttırmamak için standart konteynırlar tercih edilmiştir. Şekil 4.18’de bütün boyutları gösterilen bir konteynırın 20” ve 40” adında iki tip standardı vardır. Şekil 4.18’de gösterilen standart konteynırın iç ölçüleri L1 (uzunluk), H1 (yükseklik) ve B1 (genişlik)’tir. Bu ölçüler 20” konteynır için Çizelge 4.1’de, 40” konteynır için ise Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Standart bir konteynırın boyutları

Çizelge 4.1. 20'' standart konteynırın iç boyut ölçüleri

20'' Standart Konteynır Ölçüleri (mm)	
L1 (Uzunluk)	5 890
H1 (Yükseklik)	2 400
B1 (Genişlik)	2 345

Çizelge 4.2. 40'' standart konteynırın iç boyut ölçüleri

40'' Standart Konteynır Ölçüleri (mm)	
L1 (Uzunluk)	12 015
H1 (Yükseklik)	2 690
B1 (Genişlik)	2 345

Yapılan zemin incelemeleri sonucunda zeminin en fazla 14 000 ton stoku taşıyabileceği tespit edilmiştir. Beş kat konteynır olacağı düşünüldüğünden bir kata 2 800 ton boru stok düşmektedir. Firma 5,8 metrelik borulardan en çok ihraç edilen dört boru tipinden en fazla 1 500 ton borunun stoklanmasını istemektedir. 5,8 m uzunluğundaki boru paketlerini yan yana koyup bu tip boruların stoklanmasında da 40'' lik konteynırlardan da yararlanabilmek istemektedir. Yapılan piyasa araştırmasına göre 20'' lik standart bir konteynırın fiyatı 3 500\$, 40'' lik standart bir konteynırın fiyatı ise 5 000\$ civarındadır. 20'' lik standart bir konteynırın yük kapasitesi 20 ton, 40'' lik standart bir konteynırın ise 25 tondur.

Doğrusal matematiksel modelde kullanılan değişkenler şu şekildedir:

y_i : i . tip borudan stoklanacak miktar (ton) $i = 1, \dots, 4$

x_a : Binary (İkili) değişken (0 veya 1) $a = 1, \dots, 8$

Oluşturulan matematiksel model şu şekildedir:

$$\text{Min } 3500 \left(\frac{y_1}{20} x_1 + \frac{y_2}{20} x_3 + \frac{y_3}{20} x_5 + \frac{y_4}{20} x_7 \right) + 5000 \left(\frac{y_1}{25} x_2 + \frac{y_2}{25} x_4 + \frac{y_3}{25} x_6 + \frac{y_4}{25} x_8 \right) \quad (4.1)$$

$$y_1 \leq 1500 \quad (4.2)$$

$$y_2 \leq 1500 \quad (4.3)$$

$$y_3 \leq 1500 \quad (4.4)$$

$$y_4 \leq 1500 \quad (4.5)$$

$$y_1 + y_2 + y_3 + y_4 = 2800 \quad (4.6)$$

$$x_1 + x_2 = 1 \quad (4.7)$$

$$x_3 + x_4 = 1 \quad (4.8)$$

$$x_5 + x_6 = 1 \quad (4.9)$$

$$x_7 + x_8 = 1 \quad (4.10)$$

$$15 \left(\frac{y_1}{20} x_1 + \frac{y_2}{20} x_3 + \frac{y_3}{20} x_5 + \frac{y_4}{20} x_7 \right) + 30 \left(\frac{y_1}{25} x_2 + \frac{y_2}{25} x_4 + \frac{y_3}{25} x_6 + \frac{y_4}{25} x_8 \right) \leq 2700 \quad (4.11)$$

Modelde (4.1), amaç fonksiyonunu göstermektedir. Satın alınacak konteynır maliyetini minimum yapar. (4.2–4.5) kısıtları firmanın stoklamak istediği tonaj kısıtlarını göstermektedir. Her tip borudan en fazla 1 500 ton boru stoklanabilecektir. (4.6) kısıtı, stok sahasından dolayı stoklanacak boru tonaj kısıtıdır. Bir kat konteynırda en fazla 2800 ton boru stoklanabilecektir. (4.7–4.10) kısıtları, ikili değişken (binary) kısıtlardır. Bu kısıtlar aynı tip boru için yalnızca bir tip konteynırın kullanılmasını garanti etmektedir. (4.11) kısıtı ise stok sahasından kaynaklanan kısıttır. 20” lik konteynırın taban alanı 15 m², 40” lik konteynırın taban alanı ise 30 m²’dir. Stok sahasının alanı ise 45x60 m uzunluklardan 2700 m²’dir. Kullanılan konteynırların taban alanları toplamının en fazla stok sahası toplam alanı kadar olmasını garanti etmektedir.

Oluşturulan matematiksel model amaç fonksiyonunda iki değişkenin çarpım durumunda olmasından dolayı non-linear bir modeldir. Non-linear modellerin çözdürülmesi hem çok zaman almakta hem de zordur. Bu sebeple modelde gerekli değişiklikler ve kısıt eklemeleri ile model doğrusal hale getirilmiştir.

Modeli doğrusal hale getirmek için amaç fonksiyonundaki iki değişkenin çarpımı tek değişken halinde yazılmıştır. Yapılan değişiklikler şu şekildedir:

$$y_1 \cdot x_1 = z_1$$

$$y_1 \cdot x_2 = z_2$$

$$y_2 \cdot x_3 = z_3$$

$$y_2 \cdot x_4 = z_4$$

$$y_3 \cdot x_5 = z_5$$

$$y_3 \cdot x_6 = z_6$$

$$y_4 \cdot x_7 = z_7$$

$$y_4 \cdot x_8 = z_8$$

Amaç fonksiyonunda iki değişkenin çarpımı şeklindeki ifadelerin yerine yukarıda açılımı verilen $z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6, z_7, z_8$ değişkenleri kullanılmıştır. Bunların yanında matematiksel modele aşağıdaki kısıtlar eklenmiştir:

$$z_1 \leq y_1 \quad (4.12)$$

$$z_2 \leq y_1 \quad (4.13)$$

$$z_3 \leq y_2 \quad (4.14)$$

$$z_4 \leq y_2 \quad (4.15)$$

$$z_5 \leq y_3 \quad (4.16)$$

$$z_6 \leq y_3 \quad (4.17)$$

$$z_7 \leq y_4 \quad (4.18)$$

$$z_8 \leq y_4 \quad (4.19)$$

$$z_1 \leq y_1 - (1 - x_1) \cdot M \quad (4.20)$$

$$z_2 \leq y_1 - (1 - x_2) \cdot M \quad (4.21)$$

$$z_3 \leq y_2 - (1 - x_3) \cdot M \quad (4.22)$$

$$z_4 \leq y_2 - (1 - x_4) \cdot M \quad (4.23)$$

$$z_5 \leq y_3 - (1 - x_5) \cdot M \quad (4.24)$$

$$z_6 \leq y_3 - (1 - x_6) \cdot M \quad (4.25)$$

$$z_7 \leq y_4 - (1 - x_7) \cdot M \quad (4.26)$$

$$z_8 \leq y_4 - (1 - x_8) \cdot M \quad (4.27)$$

Modele eklenen (4.12–4.27) kısıtları stoklanan boru tonajının en fazla firmanın istediği tonaj kadar olmasını sağlamaktadır. Modelde kullanılan M çok büyük bir sayıyı ifade etmektedir. Modelin MPL kodları Ek 5’de verilmiştir.

Model doğrusal bir matematiksel model haline getirildikten sonra MPL programında kodlanmıştır. Oluşturulan model simplex yöntemi ile çözdürülmüştür. Çözdürülen modelin çözüm sonuçları Çizelge 4.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Kullanılacak konteynır tipini belirlemek için oluşturulan modelin çözümü

Variable Name	Activity	Reduced Cost
y1	1166.6667	0.0000
y2	200.0000	0.0000
y3	100.0000	0.0000
y4	1333.3333	0.0000
z1	1166.6667	0.0000
z3	200.0000	0.0000
z5	100.0000	0.0000
z8	1333.3333	0.0000
x1	1.0000	4333333.3333
x3	1.0000	4333333.3333
x5	1.0000	4333333.3333
x8	1.0000	4333333.3333

Bulunan çözüm sonuçlarına göre üç tip borunun stoklanması için 20’’lik konteynırlar ve bir tip borunun stoklanması için ise 40’’lik konteynırların kullanılması gerekmektedir. Bulunan çözüme göre konteynırların toplam satın alma maliyeti 283 333\$ çıkmaktadır.

Bu model, firmaya esneklik kazandırmakta ve istenilen çözümleri çok kısa bir sürede vermesi dolayısıyla karar verme süreçlerinin hızlanmasına katkı sağlamaktadır. Bu veya başka firmalar buna benzer bir konteynır yerleştirme probleminin çözümü için kendi istekleri doğrultusunda modelde gerekli sayısal değişiklikleri yaparak çok kısa sürede çözüm sonuçlarına ulaşabilmektedir. Oluşturulan modelin esnek olması ve güvenilir sonuçlar vermesi dolayısıyla yararlı bir model oluşturulmuştur.

4.2.5.2. Stok sahasına konteynır yerleştirme probleminin matematiksel model yardımıyla çözümlmesi

45x60 m'lik stok sahasına yerleştirilecek olan konteynırların nasıl yerleştirilmesi gerektiği irdelenmiş ve bu sorunun çözümlü için bir matematiksel model oluşturulmasına karar verilmiştir.

Chen ve ark. (1995) farklı boyutlardaki kutuların konteynırlara yerleştirilmesi problemi için bir matematiksel model oluşturmuşlardır. Firmanın karşılaştığı problem de bu mantık üzerinden giderek stok sahasına konteynır yerleştirme problemi olarak tanımlanabilir (şekil 4.19).

Mevcut problemin çözümlü için oluşturulan model için Chen ve ark. (1995)'nin önerdiği modelden yararlanılmıştır. Yeni oluşturulan modelde problemin çözümlü için gerekli değişiklikler yapılmıştır. Modelde kullanılan değişkenler şu şekildedir:

P, Q, R : Stok sahasının uzunluğu, genişliği, yüksekliği,

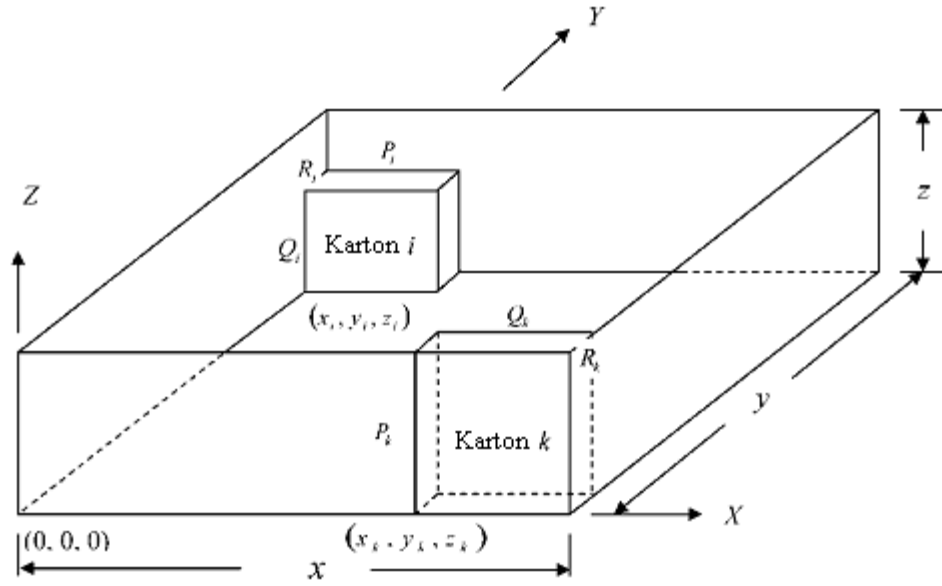
c_i, d_i, e_i : i . konteynırın uzunluğu, genişliği, yüksekliği

lx_i, ly_i, lz_i : i . konteynırın uzunluğunun X-, Y-, Z- eksenine paralel durumunu ifade eden binary (ikili) değişkenler

wx_i, wy_i, wz_i : i . konteynırın genişliğinin X-, Y-, Z- eksenine paralel durumunu ifade eden binary (ikili) değişkenler

hx_i, hy_i, hz_i : i . konteynırın genişliğinin X-, Y-, Z- eksenine paralel durumunu ifade eden binary (ikili) değişkenler

x_i, y_i, z_i : i . konteynırın (ön-sol-alt) noktasının koordinatları



Şekil 4.19 Modelde kullanılan değişkenlerin grafiksel gösterimi

Oluşturulan matematiksel model şu şekildedir:

Max

$$\left(\frac{45}{c_i} lx_i + \frac{45}{d_i} ly_i + \frac{45}{e_i} lz_i \right) + \left(\frac{60}{c_i} wx_i + \frac{60}{d_i} wy_i + \frac{60}{e_i} wz_i \right) + \left(\frac{13,5}{c_i} hx_i + \frac{13,5}{d_i} hy_i + \frac{13,5}{e_i} hz_i \right) \quad (4.28)$$

$$x_i + c_i \cdot lx_i + d_i \cdot wx_i + e_i \cdot hx_i \leq P \quad (4.29)$$

$$y_i + c_i \cdot ly_i + d_i \cdot wy_i + e_i \cdot hy_i \leq Q \quad (4.30)$$

$$z_i + c_i \cdot lz_i + d_i \cdot wz_i + e_i \cdot hz_i \leq R \quad (4.31)$$

$$lx_i + ly_i + lz_i = 1 \quad (4.32)$$

$$wx_i + wy_i + wz_i = 1 \quad (4.33)$$

$$hx_i + hy_i + hz_i = 1 \quad (4.34)$$

$$lz_i = 0 \quad (4.35)$$

$$wz_i = 0 \quad (4.36)$$

$$hz_i = 1 \quad (4.37)$$

Modelde (4.28) amaç fonksiyonunu ifade etmektedir. Buradaki amaç, stok sahasının hangi uzunluğuna konteynırın hangi uzunluğunun paralel yerleştirilmesi ile

yerleştirilecek konteynır sayısı maksimize edilebilir sorusuna cevap aramaktır. 5 tane konteynırın üst üste dizilmesi ile oluşan konteynır bloğunun boyutları 45 x 60 x 13,5 m dir. (4.29–4.31) kısıtları stok sahası kısıtlarıdır. Yerleştirilecek konteynırların stok sahasının dışına çıkmamasını sağlamaktadır. (4.32–4.34) kısıtları konteynırın sadece bir boyutunun bir eksene paralel olmasını sağlamaktadır. (4.35-4.37) kısıtları ise probleme özgü kısıtlardır. Konteynırların tabandaki iki uzunluğunun stok sahasının iki boyutuna paralel olmasını istendiğinden, (4.35) ve (4.36) kısıtları ile bu sağlanmaktadır. (4.37) kısıtı ile de konteynırın sadece yüksekliğinin Z- eksenine paralel olması garanti edilmektedir.

Oluşturulan modelde iki değişkenin bölümü bulunduğundan model non-linear olmaktadır. Fakat burada kullanılan konteynırların uzunlukları (c_i, d_i, e_i) sabit olduğundan modelde bunlar yerine yerleştirildiğinde doğrusal bir model elde edilmektedir. Modelin MPL kodları Ek 6’da verilmiştir.

Model MPL programında kodlanmış ve simplex yöntemi ile çözdürülmüştür. Elde edilen çözüm sonuçları Çizelge 4.4’te gösterilmiştir. Bulunan sonuçlara göre konteynırın uzunluğu stok sahasının 45 m’lik uzunluğuna paralel olmalıdır. Bu sonuçlara göre 5 kat konteynır yerleştirme sayesinde toplamda $3 \times 25 \times 5 = 375$ adet konteynır yerleştirilmesi mümkün olmaktadır.

Çizelge 4.4. Stok sahasına konteynır yerleştirme probleminin matematiksel model çözümü

Variable Name	Activity	Reduced Cost
a	3.3300	0.0000
b	25.6811	0.0000
f	5.3433	0.0000

Oluşturulan model her türlü stok sahası boyutları ve her türlü konteynır ya da kutu boyutları için çözdürülebildiğinden çok amaçlı olarak kullanılabilir. Bu sebeple esnekliği ve güvenilirliği sayesinde çok yararlı bir model oluşturulmuştur.

4.2.6. Kontrol aşaması

Kontrol aşamasında, yeni süreçlerin ilgili tüm kişiler tarafından benimsenmesi durumu değerlendirilmiştir. Bunun yanında bekleme zamanları ve lojistik maliyetleri de sürekli takip edilmekte herhangi bir beklenmeyen bir bekleme ya da maliyet ortaya çıkarsa bunların sebepleri araştırılmaktadır.

İyileştirmeler ve değişiklikler yapıldıktan sonra üç gemi için yapılan gözlemler, yükleme performansları ve beklemler göz önüne alındığında sahada birebir çalışan işçilerin çalışma şartlarında herhangi bir zorlaşma olmadığı gözlemlenmiştir. Bunun aksine çalışanların veriminin arttığı tespit edilmiştir. Zamanla eski alışkanlıklara dönülmemesi için yapılan tüm çalışmalar yazılı hale getirilmiştir. Sürece dahil olan diğer kişiler de DMAIC sürecinde yapılanlardan memnuniyetlerini belirtmişlerdir. Tüm ilgili kişiler bir araya getirilerek gelinen noktada elde edilen sonuçlar tüm ekiple paylaşılmıştır. Ekibe desteklerinden dolayı teşekkür edilmiştir.

Proje sonrasında da sürecin sağlıklı işlemesi başta üst yönetim olmak üzere tüm ilgili kişilerin sorumluluğundadır. Projenin bitmesini takiben gelecek 10 gemi için her bir gemi için ayrı ayrı olmak üzere üst yönetime detaylı raporlama yapılmasına karar verilmiştir. Bahsi geçen 10 gemiden sonra tüm gemilerin verilerinin değerlendirildiği başta gemilere yüklenen günlük ortalama boru ağırlığını ve yük beklemenin toplam yükleme zamanlarına oranlarını gösteren detaylı bir rapor hazırlanmasına karar verilmiştir.

5. SONUÇ

Sektöründe lider olan çelik boru üreticisi günümüzdeki rekabet koşulları gereği lojistik süreçlerini israfları ortadan kaldırarak yalın hale getirmek istemiştir. Bunu gerçekleştirmek için yalın altı sigma metodolojisinden yararlanmıştır. Firmadaki lojistik sistemi yalın altı sigmanın adımı DMAIC döngüsü için uygun bulunmuştur. DMAIC döngüsü mevcut sistemlerin iyileştirilmesi için yaygın olarak kullanılan bir araçtır.

DMAIC öncesi firmanın lojistik süreçlerindeki sorunlar gözlenmiştir. Kök sebepleri bulmak için bir ay içinde beyin fırtınası şeklinde gerçekleştirilen dört toplantı yapılmıştır. Bu toplantılarda sürece girdi sağlayan tüm faktörler detaylı şekilde ortaya konmuştur. Tüm gerekli unsurları barındıran balık kılıcı diyagramı oluşturulmuştur. Yapılacak olan DMAIC projesinin olası faydaları tartışılmıştır. Verimliliğin artırılması sağlandığı takdirde yükleme performansının artacağı bu sebeple önemli miktarda tasarruf sağlanabileceği tespit edilmiştir. DMAIC döngüsünün bütün aşamaları, aşamaların gerektirdiği bütün çalışmalar yapılarak özenli şekilde uygulanmıştır. Yapılan yüksek lisans tezinin özgünlüğü, matematiksel model çözümünün DMAIC adımları içine yerleştirilmesindedir. Ölçme ve analiz etme aşamalarında Minitab 15.0 programından yararlanılmıştır.

DMAIC döngüsü uygulanırken, mevcut gözlemlenen problemlerin yanı sıra yönetimin ve sürece dahil olan çalışanlar tarafından bilinmeyen bazı sorunlar da tespit edilmiştir. Bunların en önemlisi gemi geldiğinde üretimin tamamlanmamış olmasıydı.

Süreçle ilgili departmanlar arasındaki ilişkiler geliştirilmiş, stok sahası-liman-çekici arasındaki iletişim sorunları ortadan kaldırılmış, stok sahası yeniden düzenlenmiştir. Gemi kiralanmanın üretim tamamlandıktan sonra yapılması sağlanmıştır. Bunun yanında kiralanmış gemi ambar tiplerinin kutu (box) tipli olması gerektiği tespit edilmiş. Kutu (box) tipli ambarlara sahip gemilerin kiralama ücretleri diğer gemilere göre daha fazla olduğu belirtilmiştir. Ancak DMAIC sonrasında, lojistik süreçlerindeki olası verimlilik artışı sayesinde elde edilecek tasarruf miktarının kutu (box) tipli ambarlara sahip gemileri kiralamak için ödenecek fazla paradan daha fazla olacağı öngörülmüştür.

Tüm ekip bu konuda hemfikir olmuş ve bundan sonra ambar tipinin kutu (box) tipte olduğu gemilerin kiralanması kararlaştırılmıştır.

Bahsedilen tüm iyileştirmelerin uygulandığı lojistik süreciyle üç farklı geminin yükleme performansları gözlemlenmiş ve ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre;

- DMAIC öncesi gemiye yüklenen günlük ağırlık 1253 ton iken DMAIC sonrası bu miktar 2470 ton olmuştur. Gemiye yüklenen miktar yaklaşık iki katı artış göstermiştir. Böylece geminin limanda daha kalması sağlanmıştır. Bu sayede armatörlere verilen gemi kiralama ücretleri azalmış, lojistik şirketi gemi limanda daha az kaldığından dolayı gemiyle taşıma ücretlerinde indirim elde etmiştir.
- DMAIC öncesi bekleme sürelerinin toplam yükleme süresine oranı %26 iken DMAIC sonrası bu oran %13 olmuştur.
- Uzun vadede ilk duruma göre gemiye yüklenen günlük boru ağırlığında ortalama %60 lık iyileştirme, bekleme oranlarında ise %30 luk azalma firma tarafından öngörülmüştür. Buna göre uzun vadede gemiye yüklenen günlük ortalama boru ağırlığı 2000 ton, bekleme oranları ise %18 olarak öngörülmüştür.
- Çalışanların verimliliğinin arttığı elde edilen sonuçlarla ispat edilmiştir. Çalışan verimliliği artarken çalışanların çalışma şartlarında bir kötüleşmenin olmadığı gözlemlenmiştir. İş ve işçi sağlığı açısından bu konu önem arz etmektedir.

Proje kapsamında uygulamaya konulan iyileştirmelerin yanında, daha uzun vadede ve daha fazla yatırım gerektiren stok sahasından daha fazla yararlanmak için konteynır kullanımı önerisinin uygulanabilirliğini ispat etmek için iki farklı matematiksel model geliştirilmiştir. İlk model, hangi boru tipinde hangi tip konteynırların kullanılması gerektiği sorusuna cevap aramaktadır. Bunu yaparken maliyetleri minimize edecek bir amaç fonksiyonu oluşturulmuştur. Standart iki tip (20” ve 40”) konteynır kullanımı öngörülmüştür. İkinci model, yeşil alan olmayan en büyük açık alanlardan bir tanesi üzerinde konteynırların nasıl dizilmesi gerektiği sorusuna cevap aramaktadır. Bunu yaparken konteynırların üst üste dizilmesi ile stoklanabilecek boru miktarını maksimize edecek bir amaç fonksiyonu oluşturulmuştur. Stok sahasının zemin özelliği ve iş ve işçi

sağlığı durumları da göz önüne alındığından en fazla 5 tane konteynırın üst üste konulması kararlaştırılmıştır.

Her bir matematiksel model kendi içinde değerlendirilmiştir. İlgili kısıtlar yazılmıştır. Non-linear olmayan kısıtlarla karşılaşılmıştır. Non-linear olmayan kısıtları çözmek hem zor hem de uzun süre gerektirmektedir. Bundan dolayı değişken değiştirme yöntemi kullanılarak ve gerekli kısıtlar eklenerek tüm kısıtlar lineer hale getirilmiştir. Oluşturulan matematiksel modeller MPL programında kodlanmış ve simplex metodu ile çözdürölmüştür. Elde edilen sonuçlara göre;

- Üç farklı boru tipi için 20” lik konteynırlar, bir tip boru için ise 40” lik konteynırların kullanılması gerektiği tespit edilmiştir.
- Stok sahasına en fazla konteynırın yerleştirilebilmesi için ise konteynırın uzun kenarının mevcut stok sahasının 45 metrelik kısmına paralel yerleştirilmesi gerektiği tespit edilmiştir.
- Her iki model de diğer benzer problemlerde kullanılabilir. Gerekli sayısal değişiklikler yapılarak istenilen farklı konteynır ve stok sahası boyutları için rahatça kullanılabilir. Bu sayede oluşturulan modellerin esnek olduğunu söyleyebiliriz.
- şirket konteynır kullanımını konusunda fizibilite çalışmalarına devam etmektedir.

şirket proje öncesi 1800 ton/gün olan hedefini yakalamış ve aşmıştır. Lojistik süreçlerindeki israflar azaltılmış böylece süreçler daha yalın hale getirilmiştir. Bu proje ile DMAIC metodolojisi, düzgün şekilde uygulandığında nasıl yararlı olduğunu, Minitab ve MPL programı endüstriyel problemlerin analizi ve çözümleri konusundaki yararlarını ve güçleri bir kez daha ispatlamıştır.

KAYNAKLAR

- Aksoy, B., Orbak, A. Y. 2009.** Reducing the Quantity of Reworked Parts in a Robotic Arc Welding Process. *Quality and Reliability Engineering International*, 25(4): 495-512.
- ASQ, 2002.** The Honeywell edge. *Six Sigma Forum Magazine*, 1(2): 14–17.
- Atmaca, E., Girenes, Ş. 2009.** Literatür araştırması: yalın altı sigma metodolojisi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 24(4): 605-612.
- Barney, M. 2002.** Motorola's second generation. *Six Sigma Forum Magazine*, 1(3):13–16.
- Beumjun, A., Watanabe, N., Hiraki, S. 1994.** A Mathematical Model to Minimize the Inventory and Transportation Costs in the Logistics Systems. *Computer and Industrial Engineering*, 27(1–4): 229–232.
- Brady, J. E., Allen, T.T. 2005.** Six sigma literature: A review and agenda for future research. *Quality and Reliability Engineering International*, 22: 335–367.
- Breyfogle, F. W. 1999.** Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods. Wiley-Interscience Inc., New York, USA, 1187 pp.
- Chen, C.S., Lee, S.M., Shen, Q.S. 1995.** An analytical model for the container loading problem. *European Journal of Operational Research*, 80: 68–76.
- Çelikoğlu, Y., Bayhan, G.M. 2009.** Altı sigma üzerine bir literatür araştırması. Endüstri Mühendisliği Dergisi, 20(4):7-34.
- Dowland, W. B. 1991.** Three-dimensional packing-solution approaches and heuristic development. *International Journal of Production Research*, 29(8): 1673–1685.
- Goetschalckx, M., Vidal, C. J., Dogan, K. 2001.** Modeling and design of global logistics systems: A review of integrated strategic and tactical models and design algorithms. *European Journal of Operational Research*, 143(2002): 1–18.
- Goldsby, T., Martichenko R. 2005.** Lean Six Sigma Logistics. J Ross Publishing Inc., Florida, USA, 283 pp.
- Harry, M. J., Schroeder, R. 2002.** Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World's Top Corporations, Doubleday, New York, USA, 300 pp.
- Holweg, M. 2007.** The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25 (2): 420–437.
- Ishikawa, K. 1990.** Introduction to Quality Control, Chapman & Hall, London, England, 448 pp.
- Işığışok, E. 2011.** 100 soruda altı sigma. Marmara kitapevi, Bursa, 143 s.
- Kwak, Y. H., Anbari, F. T. 2004.** Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. *Elsevier Technovation*, 26(2006): 708–715.
- McClusky, R. 2000.** The rise, fall, and revival of six sigma. *Measuring Business Excellence*, 4(2): 6–17.
- Ohno, T. 1988.** Toyota production system. Diamond Inc., Tokyo, Japan, 46 pp.
- Özlem, E., Kuyzu, G., Savelsberg, M. 2007.** Reducing Truckload Transportation Costs Through Collaboration. *Transportation Science*, 41(2): 206–221.
- Salema, M. I. G., Poboa, A. P. B., Novais, A. Q. 2005.** An optimization model for the design of a capacitated multi-product reverse logistics network with uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 179(2007): 1063–1077.
- Slater, R. 1999.** Jack Welch and the GE Way: Management Insights and Leadership Secrets of the Legendary CEO, McGraw-Hill, New York, USA, 328 pp.

Tsai, J. F., Li, H. L. 2006. A global optimization method for packing problems. *Engineering Optimization*, 38(6): 687-700.

Womack, J.P., Jones, D.T., Roos, D. 1990. *The Machine That Changed the World*. Rawson Associates, New York, USA, 323 pp.

Womack, J.P., Jones, D.T. 1996. *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster, New York, USA, 396 pp.