

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ YÖNTEMİNİN (FMEA) ÜRETİM SEKTÖRÜNDE UYGULANMASI

Yasemin ÇEBER

Danışman
Doç. Dr. Hilmi YÜKSEL

2010

YÜKSEK LİSANS
TEZ/ PROJE ONAY SAYFASI

2007800817

Üniversite : Dokuz Eylül Üniversitesi
Enstitü : Sosyal Bilimler Enstitüsü
Adı ve Soyadı : Yasemin ÇEBER
Tez Başlığı : Hata Türü ve Etkileri Analizi Yönteminin (FMEA) Üretim Sektöründe Uygulanması

Savunma Tarihi : 22.06.2010
Danışmanı : Doç.Dr.Hilmi YÜKSEL

JÜRI ÜYELERİ

<u>Ünvanı, Adı, Soyadı</u>	<u>Üniversitesi</u>
Doç.Dr.Hilmi YÜKSEL	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
Doç.Dr.Özlem İPEKGİL DOĞAN	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
YrdçDoç.Dr.İstem KÖYMEN KESER	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

İmza

.....

.....

.....

Oybirliği ☒

Oy Çokluğu ()

Yasemin ÇEBER tarafından hazırlanmış ve sunulmuş "Hata Türü ve Etkileri Analizi Yönteminin (FMEA) Üretim Sektöründe Uygulanması" başlıklı Tezi ☒ / Projesi () kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Utku UTKULU
Enstitü Müdürü

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Hata Türü ve Etkileri Analizi Yönteminin (FMEA) Üretim Sektöründe Uygulanması” adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

.../.../...

Yasemin ÇEBER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Hata Türü ve Etkileri Analizi Yönteminin (FMEA)

Üretim Sektöründe Uygulanması

Yasemin ÇEBER

Dokuz Eylül Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Toplam Kalite Yönetimi Anabilim Dalı

Toplam Kalite Yönetimi Programı

Firmalar, giderek zorlaşan rekabet ortamında pazarda yer edinebilmek ve kalıcı olabilmek için müşteri memnuniyetini temel alarak daha kaliteli, daha uygun fiyatlı, daha kısa sürede müşteriye ulaşan ürünler sunmaya başlamıştır. Müşteri beklentileri göz önünde tutularak, bu beklentilerin de üstünde ürünler sunma zorunluluğu doğmuştur. Bu unsurları yerine getirirken hataların en aza indirilmesi, kalite sürekliliğinin sağlanması, maliyetlerin optimum düzeyde tutulması gibi önemli adımların gerçekleştirilmesi için Kalite Fonksiyon Göçerimi, Deney Tasarımı, Eş Zamanlı Mühendislik gibi kalite teknikleri kullanılmaktadır. Tüm kalite teknikleri firma karını arttırıcı yönde iyileştirmelerin yapılmasını ve sürekliliğinin sağlanmasını amaçlamaktadır. Bu kalite tekniklerinden uygulamada kolaylık sağlaması açısından en çok tercih edilenlerden bir tanesi de Hata Türü ve Etkileri Analizi'dir (HTEA).

Hata Türü ve Etkileri Analizi, var olan hataları önlemenin yanı sıra mevcut durumda olmayan fakat oluşması muhtemel hataları kaynağında yok ederek, bu hataların oluşması durumunda ortaya çıkacak olan etkilerin yaşanmamasını amaçlamaktadır. En yaygın kullanımı tasarım aşamasında olmaktadır. Firma geneline bakıldığında tasarımla beraber üretim süreci, sistem ve

servis alanlarında kullanımı ile çeşitlere ayrılmaktadır. Uygulamasının kolay olması ve tüm sektörler için kullanılabilir özellikte olması HTEA tekniğini, diğer tekniklerden daha avantajlı hale getirmektedir.

Bu çalışmada HTEA tekniği deterjan sektöründe kullanılmıştır. Öncelikle Kalite Fonksiyon Göçerimi, Deney Tasarımı, Eş Zamanlı Mühendislik teknikleri tanıtılarak, Hata Türü ve Etkileri Analizi Tekniği Detaylı olarak anlatılmıştır. Sonrasında deterjan üretimi yapan bir fabrikada üretim süreci için Süreç HTEA uygulanmış ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hata Türü ve Etkileri Analizi, Risk Öncelik Katsayısı, Deterjan, Toz Deterjan Üretimi

ABSTRACT

Master's Degree Thesis

Application of Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

In Production Sector

Yasemin ÇEBER

Dokuz Eylül University

Institute of Social Science

Department of Total Quality Management

Firms have started to provide higher quality and more well priced products that contacts customers in shorter time for placing and being permanents in hard competition area. With considering customer expectations, providing products that have better than these expectations is being obligated. While doing these actions, some quality techniques are used such as Quality Function Deployment (QFD), Design of Experiment (DoE), Concurrent Engineering (CE) for making minimum mistakes, continuity quality and optimum costs. All quality techniques aim making improvements that are for rising profits and making them constant. For easy implementation, most preferred technique is Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) that is one of quality improvement technique.

Failure Modes and Effects Analysis aim destroying the failures that not appear in present state but could appear in future in their source and not being lived their effects along with prevention existing failures. The most common using area of FMEA is design stage. In firm-wide it is diversified according to using area such as production process, system process and service process. Easy

implementation and using in all sector make it most advantageous than the other quality techniques.

In this study, FMEA was implemented in detergent sector. Previously Quality Function Deployment, Design of Experiment, Concurrent Engineering techniques were defined and then Failure Modes and Effects Analysis was defined in detail. After these explanations, Process FMEA was implemented for production process and results were evaluated in a factory that produces detergent.

Key Words: Failure Modes and Effects Analysis, Risk Priority Number, Detergent, Powdered Laundry Detergent

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
YEMİN METNİ	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
TABLO LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM.....	3
ÜRÜN TASARIMINDA KULLANILAN TEMEL TEKNİKLER	3
1.1. ÜRÜN TASARIMI	3
1.2. ÜRÜN TASARIMINDA KULLANILAN KALİTE TEKNİKLERİ	4
1.2.1. KALİTE FONKSİYON GÖÇERİMİ	5
1.2.1.1. Kalite Fonksiyon Göçerimi Kapsamında Kullanılan Kavramlar:	6
1.2.1.2. Kalite Fonksiyon Göçeriminin Faydaları:.....	8
1.2.1.3. Kalite Fonksiyon Göçerimi Uygulama Adımları.....	8
1.2.2. DENEY TASARIMI.....	17
1.2.2.1. Klasik Deney Tasarımı.....	20
1.2.2.2. İstatiksel Deney Tasarımı.....	21
1.2.3. EŞ ZAMANLI MÜHENDİSLİK.....	29
1.2.4. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (HTEA).....	31
İKİNCİ BÖLÜM	32
HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ TEKNİĞİ.....	32
2.1. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS) TEKNİĞİNİN TANIMLARI.....	32
2.2. HTEA’NİN TARİHİ VE GÜNÜMÜZ ENDÜSTRİSİNDEKİ YERİ	34
2.3. HTEA TERMİNOLOJİSİ	35
2.4. HTEA TEKNİĞİNİN AMAÇLARI VE FAYDALARI	37

2.5. HTEA ÇEŞİTLERİ	39
2.5.1. SİSTEM HTEA	41
2.5.2. TASARIM HTEA	41
2.5.3. SÜREÇ HTEA	46
2.5.3.1. Süreç HTEA Geliştirme Adımları.....	47
2.5.3.2. Süreç HTEA'nin Bağlantıları.....	50
2.5.4. SERVİS HTEA	51
2.6. HTEA TAKIMI.....	52
2.6.1. Takım Büyüklüğü	52
2.6.2. Takım Üyeliği	52
2.6.3. Takım Liderliği	53
2.7. HTEA TEKNİĞİNİN UYGULAMA ADIMLARI	53
2.7.1. HTEA Kapsamının Belirlenmesi	55
2.7.2. HTEA Takımının Kurulması	57
2.7.3. HTEA Uygulanacak Sürecin İncelenmesi	57
2.7.4. Olası Hata Türlerinin Belirlenmesi	58
2.7.5. Olası Hata Nedenlerinin Belirlenmesi	59
2.7.6. Olası Hata Etkilerinin Belirlenmesi	61
2.7.7. Mevcut Kontrollerin Belirlenmesi	61
2.7.8. Ortaya Çıkma Değerinin Belirlenmesi.....	62
2.7.9. Şiddet Değerinin Belirlenmesi	64
2.7.10. Saptama Değerinin Belirlenmesi	67
2.7.11. Risk Öncelik Sayısının (RÖS) Hesaplanması ve Değerlendirilmesi	68
2.7.12. Alınacak Önlemlerin Belirlenmesi ve Uygulanması	69
2.7.13. Yeni RÖS Değerinin Hesaplanması.....	70
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	71
HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ TEKNİĞİNİN ÖZEL BİR FİRMADA	
UYGULANMASI.....	71
3.1. FİRMA TANITIMI.....	71
3.2. HTEA UYGULAMA.....	72

3.2.1. HTEA Kapsamının Belirlenmesi	72
3.2.2. HTEA Takımının Kurulması	74
3.2.3. HTEA Uygulanacak Sürecin (Proses) İncelenmesi	74
3.2.4. Beyin Fırtınası ve Olası Hata Türlerinin Belirlenmesi	78
3.2.5. Olası Hata Nedenlerinin Belirlenmesi	79
3.2.6. Olası Hata Etkilerinin Belirlenmesi	82
3.2.7. Mevcut Kontrollerin Belirlenmesi	83
3.2.8. Ortaya Çıkma, Şiddet ve Saptama Değerinin Belirlenmesi	83
3.2.9. Risk Öncelik Sayısının (RÖS) Hesaplanması ve Değerlendirilmesi	84
3.2.10. Alınacak Önemlerin Belirlenmesi ve Uygulanması.....	86
3.2.11. Yeni RÖS Değerinin Hesaplanması.....	89
SONUÇ	92
KAYNAKÇA	94
EKLER	100
Ek 1. Toz deterjan üretim akışı.....	99
Ek 2. Hata Türü ve Etkileri Analizi Formu.....	100
Ek 3. Hata Türü ve Etkileri Analizi Formunun Viking Temzilik ve Kozmetik A.Ş.'de Uygulanması.....	101

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Kalite Evi İçin Müşteri İhtiyaçları ve Teknik Gereksinim Değerlerinin Semboller ve Anlamları.....	13
Tablo 2. Klasik Yöntem ile Yapılan Deney Tasarım Tablosu.....	20
Tablo 3. Tam Faktöriyel Deney Tasarım Tablosu.....	22
Tablo 4. HTEA Başlangıç Formu.....	56
Tablo 5. Olasılık Derecelendirme Tablosu.....	63
Tablo 6. Şiddet Derecelendirme Tablosu.....	66
Tablo 7. Tespit Edilebilirlik Tablosu.....	67
Tablo 8. Toz Deterjan HTEA Başlangıç Formu.....	73
Tablo 9. Hata Türleri İçin RÖS Değerleri.....	84
Tablo 10. Tüm Hata Türleri İçin Yeni RÖS Değerleri.....	90

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Kalite Evi'nin Ana Kısımları.....	7
Şekil 2. Kano Modeli.....	10
Şekil 3. Kalite Evi.....	12
Şekil 4. Yeni Tasarlanacak Tükenmez Kalem Ürünü İçin KGF Uygulaması.....	16
Şekil 5. Bir Sistem ya da Sürecin Genel Modeli.....	19
Şekil 6. Taguchi Ortogonal Dizi Seçim Tablosu.....	26
Şekil 7. L8 Ortogonal Dizi ve Parametrelerin Yerleşimi.....	27
Şekil 8. Eş Zamanlı Mühendisliğin Temelini Oluşturan Sekiz Prensip.....	30
Şekil 9. HTEA Çeşitleri.....	40
Şekil 10. Blok Diyagram Örneği.....	44
Şekil 11. Parametre Diyagramı Örneği.....	45
Şekil 12. Genelden Detaya Doğru Süreç Akış Diyagramları.....	48
Şekil 13. Süreç Akış Diyagramı Örneği.....	49
Şekil 14. Süreç HTEA'de Karşılık Bilgi Akışı.....	51
Şekil 15. HTEA Uygulanacak Ana Sürece Ait Sistem Yapısı Örneği.....	58
Şekil 16. Balık Kılçığı Diyagramı Örneği.....	60
Şekil 17. Toz Bölümü Üretim Alanı.....	75
Şekil 18. Toz Karıştırma Kazanı.....	80
Şekil 19. Toz Karıştırıcı Kazanının İç Yapısı.....	80
Şekil 20. Olası ve Mevcut Hata Türlerinin RÖS Değerleri Grafiği.....	85
Şekil 21. Toz Karıştırma Kazanı Yeni Tasarımı.....	87
Şekil 22. Olası ve Mevcut Hata Türlerinin Yeni RÖS Değerleri Grafiği.....	91

GİRİŞ

Kalite kavramı rekabet avantajı ve pazarda kalıcılık adına zaman içerisinde önemi arttırarak firmalar için en temel unsurlardan biri haline gelmiştir. Bu kavram Crosby için gereksinimlere uygunluk, Feigenbaum için ürün ya da hizmetin değeri, Deming için süreklilikle beraber güvenirlik ve pazara uygunluk, Taguchi için ürünün kullanımı sonrasında toplumda neden olan zararlar olarak tanımlanırken Juran iki kritik noktaya dikkat çekmektedir: “Müşteri ihtiyaçlarını karşılayan ve böylece müşteri tatmini yakalayan özellikli ürünler” ile “kusursuzluk”. Yüksek kalite daha fazla müşteri tatmini sağlar ve gelir artar. Yüksek kaliteyi elde etmek genellikle yatırım gerektirir ve yatırım da maliyeti arttırır. Fakat kusurlu üretim; yeniden işleme, hurda, müşteri tatmini azalması ve müşteri kaybı ile alanda oluşabilecek diğer kayıplara yol açar. Kusursuzluk bu maliyetleri azaltacağı için kalite maliyet düşüşüne neden olur (Juran, 1999:2.1-2.2). Bu nedenle ilk seferde doğru üretim kalitenin temel kurallarından biridir. Ürün kalitesinin planlaması ve değerlendirilmesi, bir ürünün müşteri beklentileri ile tüm güvenlik ve denetim gerekliliklerini karşılaması açısından oldukça kritik bir noktadır. Ürünün hayat döngüsü boyunca başarı için gerekli en önemli unsurlardan bir tanesi, riskleri etkili olarak yönetmek ve azaltmaktır. Risk yönetimi, riski anlama ve bu riski teknik ve ekonomik yönden değerlendirerek kararlar almayı sağlar. Riski azaltmak için tehlikeleri belirlemek, bunlara bağlı olarak doğacak potansiyel sonuçları ve olasılıkları değerlendirmek şarttır. Bu nedenle birçok analiz teknikleri kullanılabilir. Bunlardan bir tanesi de Hata Türü ve Etkileri Analizi Yöntemi’dir (HTEA) (Dyadem, 2003:37). HTEA yöntemi birçok operasyondaki hataları önleme ve risk değerini azaltma amaçlı kullanılmaktadır. Buradaki en önemli nokta, hatayı kaynağında daha oluşmadan önleyebilmektir. Ürün ya da sistem için potansiyel hatalar oluşmadan önce, tasarım, planlama veya geliştirme aşamasında bu hatalar belirlenerek önem derecelerine göre sıralanır ve gerekli önleyici faaliyetler kararlaştırılır. Önleyici faaliyetlerden sonra yeni değerlendirmelerle sistem aynı şekilde uygulanmaya devam eder. Risklerin azaltılması

ile minimum hata oranı giderek düşürülür. Kalitenin bu şekilde sistematik olarak sürekli iyileştirilmesi ile rekabet ortamında firmaların kalıcılığı artmaktadır.

HTEA; tasarım, süreç, sistem ve servis olmak üzere dört çeşittir. Tasarım HTEA bir ürün tasarlanırken oluşabilecek hataların önlenmesinde, süreç HTEA üretim süreci içinde oluşabilecek potansiyel hataları önlemede, sistem HTEA tasarım ve üretim süreci içinde sistem işleyişindeki aksaklıklardan kaynaklanacak potansiyel hataların önlenmesinde, servis HTEA organizasyon faaliyetlerini inceleyerek iş akışında, sistem analizi ile üretim süreci içinde oluşabilecek potansiyel hataların önlenmesinde kullanılır.

HTEA en çok üretim alanında kullanılmaktadır. Başta otomotiv sanayi olmak üzere birçok sektörde kullanımı mevcuttur. Bu projede HTEA yöntemi deterjan sektöründe uygulanmıştır. Viking Temizlik ve Kozmetik A.Ş.'de üretim; toz bölümü, korozif bölümü, sıvı bölümü ve kozmetik bölümü olarak dörde ayrılır. Korozif ve toz bölümlerinde manuel olarak üretim yapılırken, sıvı ve kozmetik bölümünde ise yarı otomasyon sistemi ile üretim yapılmaktadır. Üretim metotları üç ayrı genel başlık altında toplanabilir. Korozif bölümünde sıvı ürünlerin manuel olarak üretilmesi, sıvı ve kozmetik bölümünde sıvı ürünlerin yarı otomasyon sistemi ile üretilmesi, toz bölümünde ise toz haldeki katı partiküllerden oluşan ürünlerin manuel olarak üretilmesi söz konusudur. Bu projede HTEA çalışması, toz bölümü deterjan üretim alanında uygulanmıştır.

Viking Temizlik ve Kozmetik A.Ş. çok çeşitli toz deterjan üretmektedir. Bulaşık makinesi deterjanı, bulaşık makinesi tuzu, kireç önleyici, çamaşır beyazlatıcı, toz soda, lavabo açıcı, makinede kullanım için çamaşır deterjanı, elde kullanım için çamaşır deterjanı üretilen toz deterjan çeşitleridir. Haftalık yirmi beş ton toz deterjan üretilmektedir. Toz deterjan üretim alanında son zamanlarda daha fazla olmak üzere ciddi sıkıntılar yaşanmaktadır. Süreç HTEA uygulaması ile toz bölümünde mevcut olan ve oluşabilecek hatalar tespit edilmiş, değerlendirilmiş ve gerekli önleyici faaliyetler uygulanmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ÜRÜN TASARIMINDA KULLANILAN TEMEL TEKNİKLER

1.1. ÜRÜN TASARIMI

Firmaların rekabet üstünlüklerini koruyabilmek için üzerinde durmaları gereken en önemli faaliyetlerin başında ürün tasarımı gelmektedir. Pazar koşullarına uygun olarak müşteri beklentilerini yüksek oranda karşılayacak ürünler yaratmak, ürün tasarımı aşaması ile başlamaktadır. Bir ürünü piyasaya çıkartma süreci genel olarak üç aşamaya ayrılabilir: ürün tasarım süreci, üretim süreci, satış süreci. Üretim süreci ürün tasarımının tüm gereklilikleri karşılayarak hammaddeden mamül yaratma aşamasını kapsamaktadır. Satış süreci, mamülün piyasaya çıkartılması ile ilgili tüm gerekli stratejilerin belirlenip, ürünün müşteriye ulaşması aşamasıdır. Ürün tasarımı aşaması ise müşteri beklentilerinin ölçülmesi ile başlayarak pazarlama bölümü, tasarım ekibi ve üretim sorumlularının ortaklaşa çalışıp yeni bir ürün yaratılması ile biten süreçtir. Bu süreçte ürün kavramı, performans ölçümleri, tasarım özellikleri ve imalat özellikleri belirlenir. Ürün tasarım aşamasında görev alan birimlerden her birinin elde ettiği veriler diğer birimler için girdi oluşturmakta ve üretim sürecine kadar olan bu aşamada yeni ürünün tüm gereklilikleri belirlenmektedir.

Üretilen ürünlerin gerek tüketici beklentilerini karşılayıp karşılayamayacağı, gerek çevreye olumlu/olumsuz etkilerinin ne olacağı, gerekse üretim maliyetlerinin ne şekilde gerçekleşeceği tasarım aşamasında büyük ölçüde ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle ürün tasarımı aşaması, ürünün pazar başarısını doğrudan etkileyen en önemli aşama olarak görülebilir (Topoyan, 2005:261). Ürün tasarımı, araştırma ve geliştirme ekibi tarafından amaçlanan işlevi en iyi biçimde gerçekleştirilebileceği noktaya değin sürdürülür. Üretim tasarımı ise ürün mühendisleri ekibi tarafından ürünün gereksinimleri karşılanarak daha da geliştirilmesi açısından zorunludur. Tasarım üretim

mühendisliğin şu üç ögesini göz önünde bulundurularak yapılır (Demir ve Gümüsoğlu, 2003:165-166):

- o Süreçlerin seçimi amaca en uygun ve en ekonomik olanına göre yapılmalıdır.
- o Estetik.
- o Yarar.

Ürün tasarlanırken üretim sürecinin maliyeti göz önünde bulundurulmalıdır. Ürün gerekliliklerini karşılayan bir üretim süreci aynı zamanda optimum maliyeti de karşılamalıdır. Bu nedenle araştırma ve geliştirme ekibi üretim ekibi ile birlikte çalışır. Ürün müşteri beklentilerini karşılarırken aynı zamanda estetik bir görünüme de sahip olmalıdır. Kullanım kolaylığı ve müşterinin ilgisini çekmesi açısından ürün tasarımında estetik önemli bir yere sahiptir. Tasarım aşamasında en çok göz önünde bulundurulacak kısım ürünün sağlayacağı yararlarıdır. Müşterinin ihtiyaçları pazarlama tarafından anketler, odak gruplar, analizler ile belirlenerek, tasarımının bu ihtiyaçları karşılaması ve hatta müşteriye beklentilerinin üzerinde yeni kullanım alışkanlıkları kazandırması sağlanır. Buradan anlaşılacağı üzere ürün tasarımı, üretim ve pazarlama gereksinimlerini karşılayarak başarılı olur. Yukarıda belirtilen ürün tasarımı aşamasının tüm bu özellikleri karşılaması, o firma için kalite kavramının yaşatılması anlamına gelmektedir.

1.2. ÜRÜN TASARIMINDA KULLANILAN KALİTE TEKNİKLERİ

Müşteri beklenti ve gereksinimlerinin başarılı biçimde anlaşılabilmesi ve ürün tasarımında müşteri gereksinimlerinin başarılı olarak yansıtılabilmesi için bazı kalite teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknikler başlıca şunlardır:

- ❖ Kalite Fonksiyon Göçerimi (KFG)
- ❖ Deney Tasarımı (DT)
- ❖ Eş Zamanlı Mühendislik (EZM)
- ❖ Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA)

1.2.1. KALİTE FONKSİYON GÖÇERİMİ

Kalite Fonksiyon Göçerimi, müşteri istek ve ihtiyaçlarının doğru bir şekilde anlaşılabilir pozitif kalitenin ortaya çıkarılması, pozitif ve yeni değerler yaratılması ve böylece müşterilerin daha fazla memnun edilmesi için kullanılabilecek en iyi araçlardan biri olarak yorumlanmaktadır. Kalite Fonksiyon Göçerimi teriminin Japonca aslı “Hinshitsu KiNo TenKai” şeklindedir. Terim İngilizce’ye “Quality Function Deployment” olarak tercüme edilmiş ve Türkçe’de Kalite Fonksiyon Göçerimi olarak karşılık bulmuştur (Yenginol, 2002:24). Müşterilerin beklentilerinin, isteklerinin ve algılayamadıkları ihtiyaçlarının belirlenmesini, tespit edilen bu beklenti, istek ve ihtiyaçların örgütün bütün fonksiyonel bileşenlerindeki mamul ya da hizmet karakteristiklerine dönüştürülmesini sağlayan ve fonksiyonlar arası bir takım tarafından yürütülen, detaylı ve yapılaşmış, fakat esnek ve anlaşılması kolay bir mamul ve hizmet geliştirme yöntemidir (Akbaba, 2000:2). Kalite fonksiyon göçerimi, müşterinin hem açıkça belirttiği hem de açığa vuramadığı gereksinimleri ortaya çıkarmak, bu ihtiyaçları ürün tasarımına yansıtmak ve tüm organizasyonun tasarım sürecine katılımını sağlamaya odaklanmaktadır. Aynı zamanda;

- Müşterinin gereksinimlerini önem sırasına konmasına,
- Kurumun rakipleri ile kendisini kıyaslamasına,
- Organizasyonun büyük rekabet avantajları getirecek ürünlere yönelmesine rehberlik eder (Erdem ve diğerleri, 2003:2).

Müşterinin aslında istemediği fonksiyonları ürünlere eklemek, işletmenin kısıtlı finansal kaynaklarını, insan kaynaklarını ve zamanını boşa harcamaktan öteye gidemez. Kalite fonksiyon göçerimi bu noktada alternatif çözümler üretir (Erdem ve diğerleri, 2003:2).

Kalite fonksiyon göçeriminin ortaya çıkması atmışlı yıllara dayanır. O yıllarda Japonya’nın Kobe kentindeki Mitsubishi Heavy Industries tersanelerinde her müşterinin belirli isteklerine göre kargo taşıyan süper tankerler üretilmeye başlandı. Mitsubishi Japon hükümetinden bu kompleks kargo gemilerini üretmede gereken lojistiğin

geliştirilmesi için yardım istedi. Üniversite profesörleri ile görüşülerek belirli müşteri isteklerini karşılamakla ilişkilendirilecek inşa süreci adımları yaratılmasını kapsayan bir sistem oluşturulması sağlandı. Kalite fonksiyon göçerimi bu şekilde ortaya çıktı. Böylece şirket müşterilerinin sesini duyabiliyor ve bunu tasarım ile üretim aşamalarına taşıyabiliyordu. 1970'li yıllarda Toyota odak müşteri gruplarını şirkete davet ederek onlardan araçlarının kapılarını beğenip beğenmediklerini öğrenmeye başladı. Müşterilerin ne tür kapıları beğendikleri ölçülerek bu istekler tasarıma yansıtılmaya başlandı. (Gürsakaç, 2005:193). Daha sonra 1984 yılında Xerox şirketi tarafından ilk kez Amerika'da uygulanmıştır. Amerika'daki kalite Fonksiyon Göçerimi Sempozyumu ilk kez 1989 yılında yapılmıştır. Ülkemizde ilk KFG uygulaması Arçelik firması tarafından 1994 yılında bulaşık makineleri için gerçekleştirilmiştir (Akbaba, 2000:2).

Kalite Fonksiyon Göçerimi temel olarak müşteri ile firmanın aynı dili konuşmasını sağlar. Müşteriler ve onların özellikleri, istekleri, ihtiyaç ve beklentileri zaman içerisinde değişmektedir. Diğer yandan iş hayatı içindeki firmalar da ürünler, çalışanlar, yönetim felsefeleri vb. açılardan devamlı olarak değişime uğramaktadırlar. Devamlı değişim, müşteri ve firmanın algı haritalarının, düşünce yapılarının da sürekli yenilendiği anlamına gelmektedir. Dolayısıyla, değişen koşullar içinde müşteri ve firmanın konuştuğu dil farklılaşmaktadır. Bazı firmalar müşterinin “ne” dediğini anlamak için yeterince hızlı hareket edememekte ve pazar payında daralma yaşamaktadır. Bazı firmalar ise müşterinin ne dediğini öğrenebilmek ve bu ilgiyi firmada içselleştirebilmek için zaman kaybetmeden çeşitli yöntemler aramaktadır. KFG bu yöntemlerden biridir (Öter ve Tütüncü, 2001:6).

1.2.1.1. Kalite Fonksiyon Göçerimi Kapsamında Kullanılan Kavramlar:

Kalite Evi: Müşteri istekleri ile bunları karşılamaya yönelik olarak belirlenen kalite karakteristiklerini ilişkilendirmeye, kalite karakteristiklerini objektif ölçülere dayalı olarak karşılaştırmaya ve aralarındaki olumlu ya da olumsuz korelasyonları belirlemeye yarayan bir matrisler setidir (Morris ve Morris, 1999:131).

1.2.1.2. Kalite Fonksiyon Göçeriminin Faydaları:

Kalite Fonksiyon Göçeriminin faydaları şu şekilde özetlenebilir (Savaş ve Ay, 2005:81).

- Müşterilerin daha iyi anlaşılması birlikte ihtiyaçlarının sağlıklı olarak belirlenmesi neticesinde artan müşteri tatmini,
- Artan ürün kalitesi ve güvenilirliği,
- Tasarım optimizasyonu,
- Maliyetlerde düşüş ve verimlilikte artış,
- Firma içi iletişimde artış,
- Firma gelirlerinde artış,
- Rekabet üstünlüğü

Müşteri beklentilerinin doğru olarak algılanarak tasarım ve üretimi bu beklentilere göre yönlendirmek yukarıda belirtildiği gibi firmaya büyük kazanç sağlamaktadır. Bu beklentileri bilmek ürünün gelişim sürecini kısaltır. Ayrıca KFG takımında farklı birimlerden kişilerin olması da farklı bakış açıları sağlamakla beraber sorunlara erken müdahale şansı da yaratmaktadır. Müşteri beklentilerinin dikkate alınarak yapılan tasarımlar, gereksiz tasarım çalışmalarını önlemekte, maddi kaybın ve zaman kaybının önüne geçilmesini sağlamaktadır.

1.2.1.3. Kalite Fonksiyon Göçerimi Uygulama Adımları

Günümüz koşullarına uygun ürün tasarımı ve üretimi yapabilmek için sistematik bir çalışma gereklidir. Bu amaçla mevcut ürüne uygulanacak bir KFG çalışması o ürüne ait en önemli tüketici isteklerini ve bu istekleri yakından ilgilendiren teknik özellikleri tespit etmeyi içermektedir. Elde edilen bu tespitler tüketici isteklerine yönelik iyileştirme çalışmalarının ilk ve en önemli basamağını oluşturacaktır (Göloğlu ve Sezeroğlu 2007:50).

Kalite fonksiyon göçerimi süreci dört aşamalı bir süreçtir. Aşamalandırma, KFG sürecinin daha iyi anlaşılmasını sağlar. KGF sürecinin aşamaları şunlardır (Cohen, 1995:210):

0. Aşama: Planlama
1. Aşama: Müşterinin Sesinin Toplanması
2. Aşama: Kalite Evi'nin Oluşturulması
3. Sonuç Analizi

0. Planlama Aşaması:

Planlama aşaması üç ana bölümden oluşur:

a. Müşterilerin Tanımlanması: Müşterilerin belirlenmesi süreci iki aşamadan oluşur. İlk olarak bütün olası müşteriler tanımlanır ve sonra ikinci aşama olarak, ana müşteri grubu tanımlanır. Hedef müşteri grubunun belirlenmesi için öncelikle bütün olası müşterilerin bir listesi oluşturulur. Bu işi genellikle KFG planlamacıları veya pazar araştırmacıları yaparlar (Eymen, 2006:11).

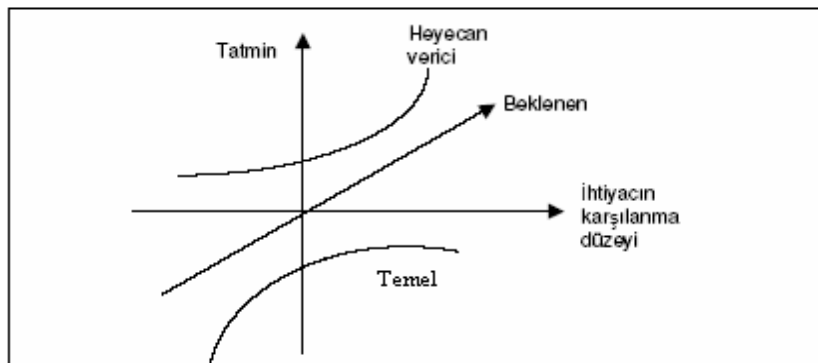
b. Ürüne Karar Verilmesi: En önemli KFG prensiplerinden biri detaylı ürün tasarımının mümkün olduğunca ertelenmesidir. Böylece takım uzun süre sadece müşteri ihtiyaçlarına odaklanarak bunun için gerekli çözümleri üretmekle uğraşır ve detaylı bir tasarımın getireceği kısıtlardan kurtulmuş olur. Ancak yine de KFG projesinin belli bir bakış açısının olması gereklidir. Projeye nelerin dahil edileceğine ve edilmeyeceğine karar verilmelidir (Yenginol, 2000:40).

c. KGF Takımının Kurulması: İki tip KFG takımı vardır; yeni ürün ve mevcut ürün geliştirme takımı. Takımlar pazarlama, tasarım, kalite, finans ve üretim bölümlerinin üyelerinden oluşur. Mevcut ürünü geliştirme takımları genellikle daha az sayıda üyeye sahiptir, çünkü KFG projesinin yalnızca uyarlanması söz konusu olacaktır (Eymen, 2006:12).

d. KFG Uygulama Çizelgesinin Hazırlanması: Projeye başlamadan önce, bu projenin ne kadar süreceği belirlenmelidir (Eymen, 2006:12).

1. Müşterinin Sesinin Toplanması:

Müşteri gereksinimleri, müşterini ürün ya da hizmetin gereksinimlerine ilişkin istek ve ihtiyaçlarıdır. Müşterinin sesini duymak, bir başka deyişle müşteri düşüncelerini dile getirmek için anket çalışmaları, odak gruplar, müşteri panelleri, deneme süreçleri, görüşmeler, müşteri ziyaretleri, fuar ve ticari gösteriler gibi çeşitli yöntemler kullanılabilir. Müşterilerin daha iyi anlaşılması için KGF takımı bu geleneksel yöntemlerin yanında “gemba”ya giderek “kano modeli” yardımıyla ürün niteliklerini sınıflandırma gibi yöntemleri kullanır. Şekil 2’de gösterilen Kano modeli işletmelerin müşteri beklentilerini karşılayabilme derecesi (yatay eksen) ile tüketici tatmini (dikey eksen) arasındaki ilişkiyi anlatır. “Temel Kalite”, üründe zaten olması gereken özelliklerdir. “Beklenen Kalite”, müşteriye söz konusu üründen ne beklediği sorulduğunda alınan cevaptır. (Savaş ve Ay, 2005:82). “Heyecan Verici Kalite”, müşterinin beklentisi dahilinde olmayan özelliklerdir. Fakat bu özelliklerin bulunması müşteride büyük bir tatmin yaratmaktadır.



Şekil 2. Kano Modeli

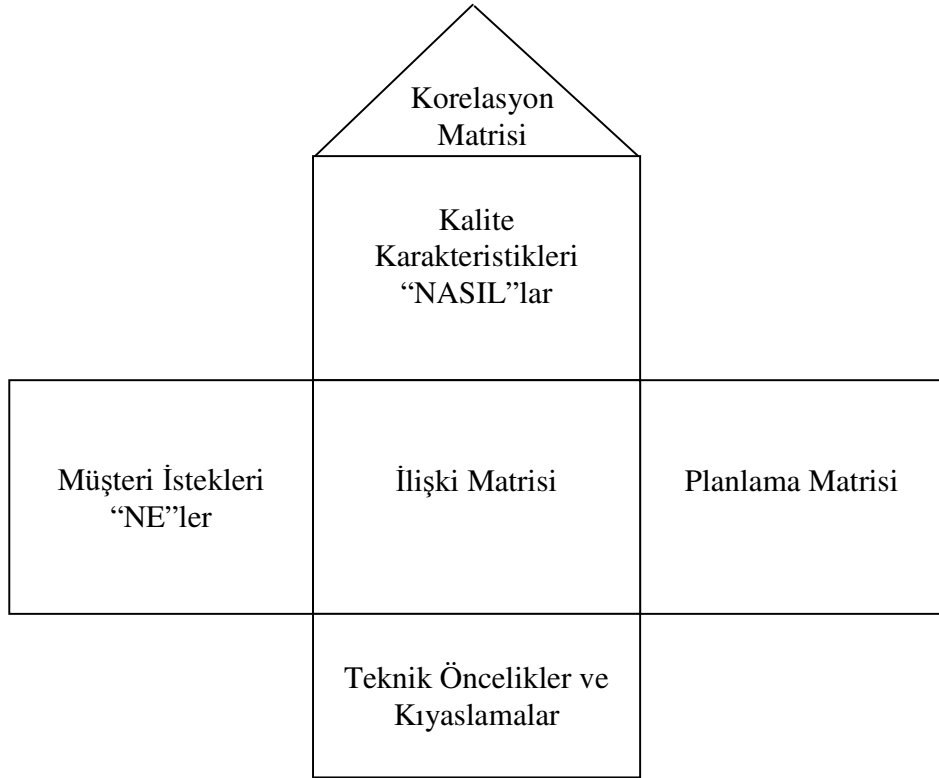
Kaynak: Day. 1998:88

Şekil 2’de görüldüğü gibi temel kalite özelliklerinin üründe bulunması tatmin düzeyinde herhangi bir pozitif etki yaratmazken, bu özelliklerin üründe bulunmaması büyük bir tatminsizlik yaratmaktadır. Beklenen kalite özellikleri ne kadar karşılanırsa tatmin düzeyi de o kadar artmaktadır. Heyecan verici kalite özelliklerinin üründe bulunmaması ise tatmin düzeyi üzerinde herhangi bir negatif etki yaratmazken, bulunması tatmin düzeyini yüksek oranda arttırmaktadır (Delice ve Güngör, 2008:3).

2. Kalite Evini’nin Oluşturulması

Kalite evi, müşteri istekleri ile bunları karşılamaya yönelik olarak belirlenen kalite karakteristiklerini ilişkilendirmeye, kalite karakteristiklerini objektif ölçülere dayalı olarak karşılaştırmaya ve aralarındaki olumlu ya da olumsuz korelasyonları belirlemeye yarayan bir matrisler setidir (Morris ve Morris, 1999:134). Müşteri isteklerinden yola çıkarak başlanan KFG uygulamasında oluşturulacak Kalite Evi matrisinin iki önemli kısmı bulunmaktadır. Yatay eksenle müşterilerle ilgili bilgilerin yer aldığı müşteri kısmı ve dikey eksenle de müşteri bilgilerine cevap veren teknik kısım yer almaktadır. Müşteri kısmı; müşterilerden elde edilen bilgilerle oluşturulan bölümdür. KFG projesinin başlaması için ana girdi müşteri düşünceleridir. Müşteriler istek ve ihtiyaçlarını kendi dillerinde ifade ederler. Bu ifadelerin işletmenin anlayabileceği ve aynı zamanda ölçülebilir ifadelerle dönüştürülmeleri gerekir. Teknik kısım; müşterilerin kendi dillerinde ifade ettikleri istek ve ihtiyaçlara işletmenin nasıl cevap vereceğinin yer aldığı bölümdür. KFG matrisinin müşteri kısmı belirlendikten sonraki adım, müşteri kısmındaki bilgileri girdi olarak değerlendirip, matrisin teknik kısmının geliştirilmesidir. İşletmenin müşteri gereksinimini tanımlamak ve ölçmek için kullanacağı teknik ve tasarım gerekleri matrisin üst tarafı boyunca yerleştirilmiştir. Müşteri gereksinimleri teknik gereksinime yani işletme çabasına dönüşecektir (Savaş ve Ay, 2005:84-85). Şekil 3’de boş form örneğinin gösterildiği Kalite Evi’nin oluşturulması şu adımların uygulanması ile gerçekleşir (Delice ve Güngör, 2008:3):

- Müşteri isteklerinin ve önem derecelerinin belirlenmesi
- Teknik gereksinimlerin belirlenmesi,
- Müşteri ihtiyaçları ve teknik gereksinimlerin arasındaki ilişkilerin belirlenmesi,
- Teknik gereksinimler arasındaki korelasyonun belirlenmesi,
- İşletme amaç ve hedeflerinin belirlenmesi,
- Rekabet matrislerinin oluşturulması.



Şekil 3. Kalite Evi

Kaynak: Erdem ve diğerleri, 2003:5

Müşteri İstekleri Kısmının Oluşturulması: Kalite evinin oluşturulmasında ilk adım müşteri beklentileri listesinin oluşturulmasıdır. Liste pazarlama uzmanları tarafından hazırlanmış ve müşterinin ihtiyaçları ve üründe bulunmasını beklediği özelliklerden oluşturulmuştur. Müşteri beklentilerinin doğru olarak belirlenmesi önemlidir. Çünkü daha sonra yapılacak çalışmalar, bu aşamada belirlenmiş unsurlar tarafından yönlendirilecektir. İşletmenin anket, yüzyüze görüşme, müşteri ziyareti gibi faaliyetlerden ettiği müşteri istekleri bulguları, aynı zamanda NELER'in yapılması gerektiğini de ortaya koymaktadır. (Yaralıoğlu, 2004:12). Müşteri istekleri, önem sırasına konur ve derecelendirmeye tabi tutularak bu değerler “NELER” kısmına yazılır.

Teknik Gereksinimlerin Belirlenmesi: Teknik gereksinimler matrisin “NASIL” kısmını oluşturmaktadır. “NELER”e “NASIL” ulaşılabileceğini ifade ederler. Teknik gereksinimlerin belirlenmesi müşteri isteklerinin tasarım, işletme ve üretimde kullanabilmek için mühendislik diline çevrilmesidir (Yenginol, 2000:62). Her bir teknik gereksinim matristeki müşteri beklentilerinden en az biriyle ilişkili olmalıdır. Müşteri beklentilerinin tam olarak karşılanabilmesi, teknik tanımlamaların doğru yapılmasına bağlıdır (Savaş ve Ay, 2005:86).

Müşteri İhtiyaçları ve Teknik Gereksinimlerin Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi: Teknik gereksinimler ile müşteri ihtiyaçları arasındaki ilişki belirlenirken bir derecelendirme ve bu derecelendirmeye bağlı olarak semboller kullanılır. Tablo 1’de gösterilmiş olan bu derecelendirme ve semboller; teknik tanımların müşteri beklentileri üzerindeki etkisinin şiddetini, kalite evi matrisi üzerinde gösterilmesine yardımcı olur.

Tablo 1. Kalite Evi İçin Müşteri İhtiyaçları ve Teknik Gereksinim Değerlerinin Semboller ve Anlamları

İlişki Derecesi	Amerikan Puanlama Sistemi	Japon Puanlama Sistemi	Simge
Güçlü	9	5	Θ
Orta	3	3	O
Zayıf	1	1	△

Kaynak: Savaş ve Ay, 2005:86.

Teknik Gereksinimler Arasındaki Korelasyonun Belirlenmesi: Bu kısım Kalite Evi'nin çatısını oluşturmaktadır. Teknik gereksinimlerin birbirleri arasındaki nasıl bir ilişki olduğunu belirtir. Bu ilişkinin Kalite Evi matrisinde belirtilmesi için bazı rakam, harf ya da sembollerden yararlanılır. Aşağıda yararlanılan rakamlardan bir örnek belirtilmiştir.

+1 = Pozitif

0 = Orta

-1 = Negatif

İşletme Amaç ve Hedeflerinin Belirlenmesi: Bu adımda her bir mühendislik özelliğine ilişkin “NE KADAR” sorusunun yanıtlanmasına çalışılır. Hedef değerlerin müşteri tatminini sağlayacak şekilde belirlenmesi gerekir. Bu aşamada, yeni ürün piyasaya çıktığında müşteri beklentilerini karşılayacak “kıyas” (benchmark) değerlerinin saptanması önemlidir. Ancak doğru değeri bir kerede bulabilmek zor olduğundan, çalışmaya tahmini bir ön değerle başlayıp, analiz sırasında bu değerleri gözden geçirerek hedef değerleri yakalamak mümkündür. Hedef değerlerin saptanmasında tasarım mühendislerinin ekiple yakın işbirliği içinde çalışması gereklidir (Yaralıoğlu, 2004:12). Şekil 4’de bu değerlerin kullanıldığı bir örnek gösterilmiştir.

Rekabet Matrislerinin Oluşturulması: Rekabet matrisleri işletmenin kendi ürünü ile rakiplerinin ürünleri arasında kıyaslama yapabilmesini sağlar. Firmanın kendi ürününün piyasadaki yerini görebilmesi açısından büyük önem taşır. Kalite evi matrisinde rekabet ortamın değerlendirilmesi için müşteri ve teknik gereksinimler bazında rekabet matrisleri oluşturulur (Savaş ve Ay, 2005:87). Kalite Evi’nin sağ tarafında yer alan müşteri bazlı rekabet matrisinde işletme kendisinin ve rakiplerinin ürünlerinin müşteri gereksinimlerini karşılama durumunu değerlendirir. Müşteri bazlı rekabet matrisine bazı kaynaklarda “rekabet matrisi” de denilmektedir (Yenginol, 2000:57). 1-5 değerlerinin bulunduğu bir skala kullanılabilir.

Kalite Evi matrisinin giriş katında da teknik bazlı rekabet matrisi yer almaktadır. Teknik gereksinimlerin piyasadaki farklı ürünler üründeki etkilerinin gözlenmesi için oluşturulan matristir. Teknik gereksinimlerin rakiplerle kıyaslanması, kendi aralarında önceliklendirilmesi hedef belirlemede veri sağlar (Savaş ve Ay, 2005:87). Bu değerler için de rekabet matrisinde olduğu gibi 1-5 değerleri bir skala kullanılabilir. Şekil 4 'de gösterilen örnekte her iki değer de yer almaktadır.

Öncelikli Müşteri İsteklerinin ve Teknik Özelliklerin Belirlenmesi: Bu aşamada, her bir mühendislik özelliğinin, müşteri beklentilerinin karşılanmasındaki görelî ve mutlak önem dereceleri aşağıda verilen formüllerle hesaplanmıştır (Yaralıoğlu,2004:13):

$$\text{Mutlak Önem} = \sum (\text{matris ağırlığı} \times \text{müşteri önem derecesi})$$

Örneğin Şekil 4'den geri dönüşüm özelliğinin mutlak önem derecesi, müşteri ihtiyaçlarından 3 ağırlığa sahip kullanım kolaylığı (O simgesi) ve 9 ağırlığa sahip uygun fiyat (⊙ simgesi) talepleri kendilerine ait müşteri önem derecesi değerleri ile çarpılıp toplanarak elde edilmiştir. Burada Mutlak Önem = (5×9) + (3×3) = 54 tür. Daha sonra mühendislik özelliklerinin mutlak önemleri toplanarak (307) toplam önem elde edilmiş ve her bir özelliğin mutlak önem dereceleri bu değere bölünerek görelî önem değerleri bulunmuştur. Aşağıda geri dönüşüm özelliğinin görelî önem değerinin hesaplanması gösterilmiştir (Yaralıoğlu, 2004:13).

$$\text{Görelî Önem} = \frac{\text{Mutlak önem}}{\text{Toplam önem}} \times 100 = \frac{54}{307} \times 100 = \%17$$

Tüm bu aşamaların sonucunda nihai Kalite Evi ortaya çıkar. Sektörel özellikler, ürün ya da servis için kritik önem taşıyan bazı veriler matrise eklenebilir. (Savaş ve Ay, 2005:87). Şekil 4'de tükenmez kalem üreten bir firmanın yeni tasarlayacağı ürünü üzerinde KFG uygulaması gösterilmiştir. Bu matrîste ▲ sembolü kalite fonksiyon göçerimini uygulayan işletmenin ürünü, □ sembolü A işletmesinin ürünü, ► sembolü ise B işletmesinin ürünü göstermektedir (Yaralıoğlu, 2004:13).

NE ?		İ TSVN	Müşteri Önem Derecesi	Plastik Malzeme	Akışkanlık	Yedek Uç	Geri Dönüşüm	Bilyeli uç	Ergonomik Tasarım	Polikarbon Malzeme	Müşteri Değerlendirmesi						

Şekil 4. Yeni tasarlanacak tükenmez kalem ürünü için KFG uygulaması

Kaynak: Yaralıoğlu, 2004:14

3. Sonuç Analizi

Burada görelî önemi en yüksek olan teknik gereksinimden en düşük olana doğru bir sıralama yapılır. Görelî önemi en yüksek olan teknik gereksinim ilk olarak dikkate alınacak olan unsurdur. Tasarım yapılırken ilk olarak bu unsur düşünülerek ürünün taşınması gereken özelliklere belirlenir.

1.2.2. DENEY TASARIMI

Deney tasarımı, sürecin ilgilenilen kalite karakteristiğine etki eden kontrol edilebilir değişkenlerin değerlerini sistematik olarak değiştirerek süreç performansını etkileyecek değişken değerlerini belirlemede kullanılan bir tekniktir (Montgomery, 2001:54). İşletmelerde bir sorunun kaynağını bulmak için sorunun oluştuğu durumlar, girdiler değiştirilerek yakalanmaya çalışılmakta ve deneyler sırasında girdilerin değişik durumlarının çıktı üzerindeki etkisi incelenmektedir (S.P.A.C. 2003:104). Deney tasarımı, deneyle verilerin toplanma biçimini anlatan planlar kümesidir. Bir deneyin yapılabilmesi için tasarımda şunlar bulunmalıdır(Gürsakal, 2005:199-200):

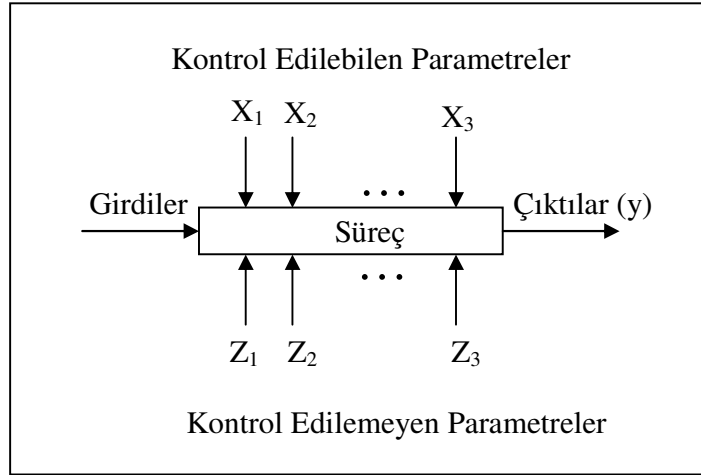
- Problemin açık bir ifadesinin ya da genel amacının belirlenmesi,
- İncelenecek girdi değişkenlerinin (X'lerin) belirlenmesi,
- İncelenecek girdi değişkenlerinin düzeylerinin belirlenmesi,
- Deneyin tepkisinin (y'lerin) değerlendirilmesi,
- Deneyin nasıl yapılacağının ifadesi,
- Uygun analiz yöntemleri.

Deneyin gerçekleştirilmesi sürecinde, deneyde kullanılacak parametreler bir takım girdilerdir. Bunlar makine, teçhizat, yöntem ve insan kaynakları gibi girdi türleri olabilir. Parametreler iki şekilde deneye etki eder. Bunlar kullanıcı tarafından kontrol edilebilen ve edilemeyen parametrelerdir. Kullanıcı tarafından bizzat kontrol edilebilen parametreler, mesela kullanılacak malzemelerin çeşitleri, sıcaklık farklılıkları, karışım oranları gibi parametrelerdir. Kontrol edilemeyen parametreler ise kullanıcının müdahale

edemediği çevre sıcaklığı, nem oranı, sıcaklık değişimi, nakliye gibi daha akla gelmeyen birçok sebeplerdir. Bir deney tasarımında kontrol edilemeyen parametreler mutlaka göz önüne alınmalıdır (Gökçe ve Taşgetiren, 2009:72). Endüstriyel şartlar göz önüne alındığında, hem deneyleri ekonomik şartlar ve zamansal kısıntıları gözeterek en verimli şekilde gerçekleştirebilmek, hem de sonuçları doğru yorumlayabilmek için (kontrol edilebilen ve edilemeyen faktörler ile çıktılar arasındaki ilişkiyi tespit edebilmek ve optimizasyonu gerçekleştirebilmek için) deney tasarımı yöntemlerinin uygulaması son derece verimli bir yaklaşımdır. Ayrıca kalite ve verimliliği artırmak amacıyla uygulanan tüm diğer yöntem ve metotları destekleyici, yönlendirici rolü vardır (Savaşkan ve diğerleri, 2004:118).

Bir deneysel tasarımda önceden belirlenmiş bir plan çerçevesinde yönlendirilen ve deneysel sonuç üzerinde etkisi olduğuna inanılan bir veya birden çok bağımsız değişken vardır. Toplanan veriler, bağımsız değişkenlerin veya bağımsız değişken kombinasyonlarının etkisini belirlemek amacıyla analiz edilir. (Gürsakaç, 2005:204). Şekil 5'te yer alan X_1 , X_2 ve X_3 kontrol edilebilen parametreler ve Z_1 , Z_2 ve Z_3 ise kontrol edilemeyen parametrelerdir. Deney sonucunda elde edilecek çıktılar su sorulara cevap vermelidir (Montgomery, 2001:55):

1. y çıktısını en fazla etkileyen parametre hangisidir?
2. y çıktısı en az, nominal yada en yüksek değerde istendiği zaman, X parametrelerinin konumları ne olmalıdır?
3. Z_1 , Z_2 ve Z_3 kontrol edilmeyen parametreleri minimize etmek için kontrol edilebilen (X) parametrelerin konumları ne olmalıdır?



Şekil 5. Bir sistem ya da sürecin genel modeli

Kaynak: (Montgomery, 2001:55).

Deney tasarımı, ilk defa 1920'li yıllarda İngiliz istatistikçisi A. Ronald Fisher tarafından tarım ürünlerinin verimli üretilmesini sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Fisher, ürünlerin verimine katkıda bulunan gübrelerin tespitinde bu yöntemden yararlanmıştır. Fisher, ürün yetiştirilecek toprağı verimliliğı aynı derecede olan birkaç bloğa ayırmış ve her bir ürün çeşidini rasgele bu bloklarda yetiştirmiştir. Fisher'in blok kurması ve bloklara rasgele yerleştirme yapması, deney tasarımına temel teşkil etmiştir ve faktöriyel analiz kavramının doğmasına sebep olmuştur (Montgomery, 2001:62). Deney tasarımının teknolojik çalışmalarda kullanılmaya başlandığı 1950'li yıllara kadar, kullanımı ve gelişimi çok hızlı olmamıştır. Ancak parçalı faktöriyel tasarımın Japon endüstrisinde güvenilir, etkili ve düşük maliyetli çalışmalarda başarı göstermesi DT tekniklerinin kullanımını yaygınlaştırmıştır. W. Edwards Deming'in Japonya'da, kalite ve verimliliğı geliştirme felsefesi ve yöntemleri üzerine verdiği konferanslardan sonra, bu teknikler Japon istatistikçileri tarafından hayata geçirilmiştir. Böylece düşük maliyette ve yüksek kalitede ürün geliştirmeye yardımcı deney tasarımı yöntemleri geliştirilmiştir. İlk olarak Fisher'in uyguladığı deney tasarımlarından sonra Taguchi de bu olguya kendi yaklaşımlarını katmıştır (Hamzaçebi ve Kutay, 2003:9).

Deney tasarımının en basit uygulama hali klasik deney tasarımıdır. Bu yöntem bazı kısıtlamalar ve olumsuzluklar taşıdığı için istatistiksel deney tasarımı yöntemleri

geliştirilmiştir. Klasik yöntem, parametreler arası etkileşimi dikkate almazken, ayrıca yüksek maliyet ve uzun çalışma süresine neden olur. İstatiksel yöntem parametreler arası etkileşimi de dikkate alarak çalışmakta ve daha çok parametre ile çalışmaya olanak sağlamaktadır. Zaman içindeki gelişimine bakılarak deneysel tasarım tekniklerini şu şekilde gruplanır:

1. Klasik Deney Tasarımı
2. İstatiksel Deney Tasarımı
 - a. Tam Faktöriyel Deney Tasarımı
 - b. Kesirli Faktöriyel Deney Tasarımı
 - c. Taguchi Yöntemi

1.2.2.1. Klasik Deney Tasarımı

Klasik deney tasarımı yönteminde her defasında bir parametre değiştirilip diğer bağımsız parametreler sabit tutularak deneyler yapılır. Bu şekilde her bir parametrenin sisteme etkisi incelenir. Şekil 6'da gösterilen örnekte bir sistemde her biri 2 seviyeli olan 3 parametrenin klasik yöntem ile sisteme etkisi anlatılmaktadır. Parametrelerin seviyeleri 1 ve 2 olarak belirlenmiştir. Y değerleri deneyin performans sonuçlarını belirtmektedir.

Tablo 2. Klasik Yöntem ile Yapılan Deney Tasarım Tablosu

Deney No	P ₁	P ₂	P ₃	Çıktı
1	1	1	1	Y ₁
2	2	1	1	Y ₂
3	1	2	1	Y ₃
4	1	1	2	Y ₄

Tablo 2’de gösterilen örnekte ilk önce tüm parametrelerin en alt seviyeleri kullanılarak deney yapılmıştır. Daha sonra “Parametre 1 (P_1)”den başlanarak her deneyde sırasıyla diğer parametreler değiştirilir, geriye kalan diğer parametreler sabit tutularak sonuç değerleri (Y_n) yazılmıştır. Bu örnekte de görüldüğü gibi klasik yöntemde n tane parametre varsa $n+1$ tane deney yapılır. Bu nedenle çok parametrenin kullanılacağı bir sistemde deney tarsımı ile ürün tasarlamak uygun değildir. Deney tasarımı aşaması çok uzun sürer ve maliyet artışı gözlenir. Burada diğer bir önemli nokta parametreler arası etkileşimin dikkate alınmamasıdır. Gerçek sistemlerde bu durum hatalara yol açar. Sonuç olarak klasik deney tasarımı yöntemi, etkinliği düşük olan bir yöntemdir.

1.2.2.2. İstatiksel Deney Tasarımı

İstatiksel deney tasarımı, genellikle iki veya daha fazla değişkenin eşzamanlı olarak değişmesine ve aynı deneysel koşulların altında çok sayıda ölçümün elde edilmesine ilişkindir (Gürsakar, 2005:204). İstatistiksel deney tasarımı, tüm araştırma-geliştirme faaliyetlerinde kullanılabilecek, kaliteyi artıran, maliyetleri düşüren, sonuçların güvenilirliğini sağlamlaştıran, tüm diğer kalite tekniklerini destekleyen ve tamamlayan bir tekniktir. Uygulamada getirdiği avantajlar, performans ve kalitenin artırılması, kaynakların verimli kullanılması, araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin hızlandırılması ve ürünün ve/veya sürecin kalite özelliklerini belirleyen değerlerin kontrol edilemeyen veya edilmesi zor/maliyetli faktörlere karşı daha az duyarlı olması şeklinde sıralanabilir (Savaşkan ve diğerleri, 2004:119).

a. Tam Faktöriyel Deney Tasarımı

Faktöriyel deneylerde, çıktı üzerinden etkisi olabilecek ve deneyde incelenen girdilere faktör, bu faktörlerin yine deneyde incelenen değerlerine de faktörlerin düzeyleri denir (S.P.A.C. 2003:110). Tam faktöriyel deney tasarımı, en az iki veya daha fazla parametre ve bu parametrelere ait en az iki veya daha seviyelerin bulunduğu

deneylerde seviyelerin birbirleri ile çarpımları sonucu oluşan kombinasyondur. Deney sayısı, parametre sayısı (m) üzeri seviye sayısı (n) denklemiyle (m^n) bulunur. Tablo 3'te örnek bir deney modeli verilmiştir. Bu deney modeline göre 3 adet parametre (P_1, P_2, P_3) bulunmaktadır. Her bir parametrenin de 2 adet seviyesi bulunmaktadır (1-2). Bu durumda her bir parametre ve seviye kombinasyonu denendiğinde toplam 8 adet deney yapılmalıdır. Her bir deneyin sonucu Y_n olarak deney satırı sonuna yerleştirilmiştir (Gökçe ve Taşgetiren, 2009:75).

Tablo 3. Tam Faktöriyel Deney Tasarım Tablosu

Deney Sayısı	Parametre ve Seviyeleri			Sonuç
	P_1	P_2	P_3	
1	1	1	1	Y_1
2	1	1	2	Y_2
3	1	2	2	Y_3
4	1	2	1	Y_4
5	2	1	1	Y_5
6	2	1	2	Y_6
7	2	2	1	Y_7
8	2	2	2	Y_8

Kaynak: Gökçe ve Taşgetiren, 2009:75

Klasik deney tasarımından farklı olarak burada her bir parametrenin sisteme tek tek etkisinin yanı sıra aynı anda ikili ya da daha fazla parametrenin seviye değişimlerinin sisteme olan etkileri de dikkate alınmaktadır. Böylece parametrelerin birbirlerini etkileyip etkilemedikleri ve bu etkilerin nasıl bir özelliğe sahip olduğu gözlemlenir. Birbiri ile etkileşimde olan parametreler birlikte daha büyük etkiler ya da daha küçük etkiler yaratabilirler. Tam faktöriyel deney tasarımı az parametrenin

bulunduğu sistemler için uygun olabilir. Fakat parametre sayısının arttığı sistemlerde deney sayısı da artmakta ve bu yöntemin uygunluğu azalmaktadır.

b. Kesirli Faktöriyel Deney Tasarımı

Sistem içinde incelenecek olan çok sayıda parametre söz konusu olduğunda tam faktöriyel deney tasarımı yapmak çok fazla zaman alır. Deney sayısının fazla olması da beraberinde yüksek maliyet getirir. Bu durumda parametreleri kesirli faktöriyel deney tasarımı ile incelemek daha uygun olur. Deney sayısı, parametre sayısı (m) üzeri seviye sayısı (n) denkleminin (m^n) sonucunun $1/k$ 'sı kadardır. Burada k deneyi yapan kişi tarafından belirlenecek sabit bir sayıdır. Örneğin 8 parametrelili ve 2 seviyeli bir sistem için tam faktöriyel deney tasarımı ile 256 deney yapmak gerekir. Fakat bu sayı $256/2$ yani 128'e veya $256/4$, $256/8$ gibi sayılara düşürülebilir. Görüldüğü gibi çok parametrenin bulunduğu bir sistem ya da ürün tasarımı için tam faktöriyel deney tasarımı ile hesaplanan deney sayısı kesirli olarak azaltılmaktadır. Bu azaltılmadan kaynaklanan belli bir miktar bilgi kaybı söz konusu olabilir. Fakat bu, oluşturulacak olan kombinasyonların seçimine göre en az seviyede tutulabilir.

c. Taguchi Yöntemi

Taguchi metodu, üründe ve proseste, değişkenliği oluşturan ve kontrol edilemeyen faktörlere karşı, kontrol edilebilen faktörlerin düzeylerinin en uygun kombinasyonunu seçerek, ürün ve prosesteki değişkenliği en aza indirmeye çalışan bir deneysel tasarım metodudur. Bu metod; ürünlerin kalitesinin iyileşmesinde etkili olmasının yanı sıra, kalite geliştirmede çok daha az deneme ile daha iyi sonuç alma imkanını vermektedir (Canyılmaz ve Kutay, 2003:52). 1960'lı yıllardan beri Japonya'da ve 1980'li yıllardan beri de ABD endüstrisinde başarı ile uygulanmaktadır. Taguchi metodu, bütün ürünlerin istenilen hedef değerde üretilmesi gerektiğine işaret etmekte, hedeften sapmayla birlikte kalite kayıplarının da başladığını ve bu kaybın giderilmesinin ancak iyi bir tasarım ile sağlanabileceğini belirtmektedir. Taguchi, bunu sağlamak için

de temeli istatistiksel deney tasarımına dayanan bir çok tekniği kullanmıştır (Hamzaçebi ve Kutay, 2003:7).

Taguchi kaliteyi sağlamak için uygulanan faaliyetleri iki aşamaya ayırmaktadır. Ürünün ve sürecin tasarım aşamasında uygulanan kalite çalışmaları on-line kalite kontrol, planlanan kalite özelliklerini gerçekleştirmek için üretim esnasında uygulanan çalışmaları off - line kalite kontrol değerlendirmektedir. Off-line kalite kontrol; sistem tasarımı, parametre tasarımı ve tolerans tasarımı olarak üç aşamada sağlanmaktadır ((Ross, 1996:204). Sistem tasarımı bu metodun ilk adımıdır. Bu adımda eldeki bazı materyaller (malzeme, ekipman, üretim teknolojisi) değerlendirilir, aynı zamanda mevcut teknolojik yenilikler araştırılır ve sistemde kullanılabilirliği üzerine fizibilitesi yapılır. Bu adımda amaç en az maliyetle en iyi ürün tasarımı ve maksimum müşteri memnuniyetidir. İkinci adım ise, süreç yenilemesi ve iyileştirmesinin en önemli adımı olan parametre tasarımıdır. Bu adımda üretilecek olan ürün ya da geliştirilecek olan ürünün özelliklerinin en iyi seviyeye getirilebilmesi için üretimde kullanılan parametrelerin iyileştirilmesi sağlanır. Parametreler için en iyi seviyeler seçilir. Üretim esnasında ürünün kalitesini olumsuz etkileyecek kontrol edilemeyen etkiler belirlenir. Bunlara kontrol edilemeyen parametre adı verilir ve bu parametrelerin etkileri minimize edilir. Bu adımda parametreler bloklanırken Taguchi'nin geliştirmiş olduğu ortogonal diziler kullanılır. Aynı zamanda gürültü oranı (S/N - Signal/Noise) analizi ya da varyans analizi ile hesaplama yapılabilir. Son adım olan tolerans tasarımı, parametre belirleme çalışmaları sonucu istenilen hedefe ulaşamadığı durumda yapılan ilave çalışmalardan oluşur. Bu aşamada gözlenen değerlerden faydalanılarak ürünün hedef değerden sapma göstermesinin getirdiği kayıplar bulunur ve bu sapmalar azaltılır (Gökçe ve Taşgetiren, 2009:77).

Taguchi Yöntemi Uygulama Adımları

1) Taguchi yönteminin ilk adımı optimize edilecek olan kalite karakteristiklerin tanımlanmasıdır. Kalite karakteristikleri, varyasyonu ürün kalitesi üzerinde kritik etkiye sahip olan parametrelerdir. (Unal ve Dean, 1991:5).

2) İkinci adım, ürün kalitesini belirleyen parametreler üzerinde etkili olan değişkenlerin belirlenmesi ve bu değişkenlerden hangilerinin kontrol edilebilir ve hangilerinin kontrol edilemez olduğunun tespit edildiği adımdır. Kontrol edilemeyen değişkenler, ürün kalitesini etkileyen ancak kontrol edilmesi çok güç veya pahalı olan faktörlerdir. Kontrol edilebilir ve kontrol edilemeyen değişkenlerin belirlenebilmesi için beyin fırtınası, sebep-sonuç diyagramı ve süreç akış şemaları gibi tekniklere başvurulur. Yine bu adımda, kontrol edilebilir ve kontrol edilemeyen değişkenlerin uygun seviyelerinin tespiti gerekir. Faktörlerin çeşitli mantıklı kategorileri ve yoğunlukları seviye olarak adlandırılır. Deneyde etkileşim faktörleri olabilir. Eğer varsa bu faktörlerinde deneye dahil edilmesi gerekir. Bir faktörün cevap değişkenine olan etkisi, başka bir faktörün hangi seviyede bulunduğuyla ilgili ise bu iki faktör arasında etkileşim vardır denir. İki faktör arasında etkileşim olup olmadığı grafikleri çizilerek anlaşılabilir. (Hamzaçebi ve Kutay, 2003:11).

3) Taguchi tüm faktörleri ve seviyelerini göz önünde bulundurarak denemelerini ortogonal diziler kullanarak yapmıştır. Bu diziler sayesinde tam faktöriyel deney tasarımında olduğu gibi çok parametre ile çok sayıda deney yerine çok parametre ile az sayıda deney yapılması sağlanmıştır. Deney sayısını ve her bir deneyde kullanılacak parametreler ile seviyelerini belirleyen ortogonal dizi seçiminde, deneyde bulunan parametre sayısı ve seviye sayısı etkilidir. Şekil 6'da Taguchi'nin belirlediği ortogonal diziler yer almaktadır.

Seviye Sayısı									
Parametre Sayısı	2		3		4		5		
	P = 2,S = 2	L4	P = 2,S = 3	L9	P = 2,S = 4	L'16	P = 2,S = 5	L25	
	P = 3,S = 2		P = 3,S = 3		P = 3,S = 4		P = 3,S = 5		
	P = 4,S = 2	L8	P = 4,S = 3	L18	P = 4,S = 4	L'32	P = 4,S = 5		
	P = 5,S = 2		P = 5,S = 3		P = 5,S = 4		P = 5,S = 5		
	P = 6,S = 2		P = 6,S = 3		P = 6,S = 4		P = 6,S = 5		
	P = 7,S = 2	L11	P = 7,S = 3	L27	P = 7,S = 4		P = 7,S = 5	L50	
	P = 8,S = 2		P = 8,S = 3		P = 8,S = 4		P = 8,S = 5		
	P = 9,S = 2		P = 9,S = 3		P = 9,S = 4		P = 9,S = 5		
	P = 10,S = 2	L16	P = 10,S = 3	L36	P = 10,S = 4		P = 10,S = 5		
	P = 11,S = 2		P = 11,S = 3				P = 11,S = 5		
	P = 12,S = 2	L32	P = 12,S = 3				P = 12,S = 5		
	P = 13,S = 2		P = 13,S = 3						
	P = 14,S = 2		P = 14,S = 3						
	P = 15,S = 2	L32	P = 15,S = 3						
	P = 16,S = 2		P = 16,S = 3						
	P = 17,S = 2		P = 17,S = 3						
	P = 18,S = 2		P = 18,S = 3						
	P = 19,S = 2		P = 19,S = 3						
	P = 20,S = 2		P = 20,S = 3						
	P = 21,S = 2		P = 21,S = 3						
	P = 22,S = 2		P = 22,S = 3						
	P = 23,S = 2		P = 23,S = 3						
	P = 24,S = 2								
	P = 25,S = 2								
	P = 26,S = 2								
	P = 27,S = 2								
	P = 28,S = 2								
	P = 29,S = 2								
	P = 30,S = 2								
	P = 31,S = 2								

Şekil 6. Taguchi ortogonal dizi seçim tablosu

Kaynak: (Gökçe ve Taşgetiren, 2009:78).

Yukarıdaki tabloya göre örneğin dört parametrelili ve iki seviyeli bir sistem için Taguchi'nin L8 ortogonal dizisi kullanılır. Şekil 7'de L8 ortogonal dizisi ile bloklanan deney düzeneği gösterilmiştir.

L8 Ortogonal Dizi												
Deneme No	Parametreler							Sonuçlar (3 Tekrar)				
	A	B	C	D	E	F	G	Y1	Y2	Y3	Ortalama	S/N Oranı
1	1	1	1	1	1	1	1	*	*	*	*	*
2	1	1	1	2	2	2	2	*	*	*	*	*
3	1	2	2	1	1	2	2	*	*	*	*	*
4	1	2	2	2	2	1	1	*	*	*	*	*
5	2	1	2	1	2	1	2	*	*	*	*	*
6	2	1	2	2	1	2	1	*	*	*	*	*
7	2	2	1	1	2	2	1	*	*	*	*	*
8	2	2	1	2	1	1	2	*	*	*	*	*

Şekil 7. L8 Ortogonal dizi ve parametrelerin yerleşimi

Kaynak: (Gökçe ve Taşgetiren, 2009:78).

Şekil 7’de gösterilen 8 tane deney üç kere tekrarlanarak sonuçlar Y1, Y2, Y3 ile gösterilen kolona yazılır. Sonuçların ortalaması alınır. Burada dikkat çeken nokta son kolonda belirtilen Sinyal/Noise (S/N) oranıdır. Taguchi Deney Tasarımı metodunda kalite karakteristiklerinin ölçülmesinde ve değerlendirilmesinde kullanılan ölçüt, ölçülmek istenen sinyalin (S), gürültü faktörüne (N) oranıdır. Sinyal değeri sistemin verdiği ve ölçülmek istenen gerçek değeri, gürültü faktörü ise ölçülen değer içindeki istenmeyen faktörlerin payını temsil eder. Sinyal/gürültü oranının hesaplamasında deneyler sonucunda ulaşılması hedeflenen kalite değerinin özelliği de önemlidir. Burada temel üç önemli kategori söz konusudur (Savaşkan ve diğerleri, 2004:122):

- Düşük değer iyi (hedef en düşük değere ulaşmaktır)

$$\eta = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

- Yüksek değer iyi (hedef en yüksek değere ulaşmaktır)

$$\eta = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

- Nominal değer iyi (hedef nominal bir değere ulaşmaktır)

$$\eta = 10 \log \left(\frac{\bar{y}^2}{S^2} \right)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

S/N oranını kalite kayıp fonksiyonu olarak da tanımlanır. Yukarıdaki denklemler S/N oranını hesaplamada kullanılır. Burada η S/N oranını, y performans değerini, i yapılan i . gözlemi, n yapılan test sayısını, $\bar{y}$ performans değerlerinin ortalamasını, S^2 performans sonuçlarının varyansını gösterir. η oranı büyüdükçe hedef etrafında ürün varyansı küçülür (Gökçe ve Taşgetiren, 2009:79). Deneyde ulaşmak istenen sonuca yani kalite değerine göre η denklemi seçilir.

4) Kontrol değişkenlerinin herhangi bir kombinasyonu, kontrol edilemeyen değişkenlerin bütün kombinasyonları için denir ve sonuçlar kaydedilir. Deneylerin yapılış sırası rassal olmalıdır. Rassallık deney üzerinde oluşacak önyargıların giderilmesini sağlayacaktır. Deney sonuçlarının tam ve hassas bir şekilde değerlendirilebilmesi için, deney şartlarının kaydedilmiş olması gerekir (Çelik and Burnak, 1998:101).

5) Elde edilen deney sonuçların varyans analizi (anova) yapılır. Varyans analizinde hedeflenen, incelenen faktörlerin, kaliteyi ölçebilmek için seçilen çıktı

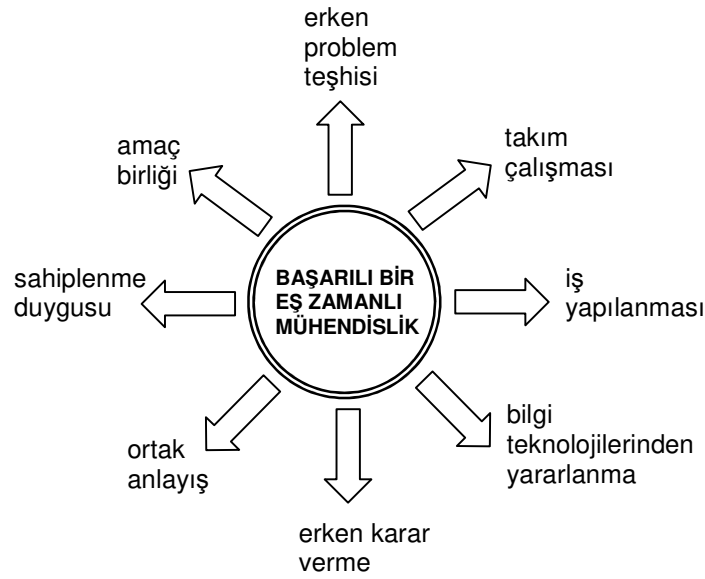
değerini ne ölçüde etkilediği ve farklı seviyelerin nasıl bir değişkenliğe yol açtığı ortaya konabilmektedir. Bunun yanı sıra elde edilen sonuçların istatistiksel olarak güvenilirliği de F testi ile test edilir (Savaşkan ve diğerleri, 2004:123). Bu analizler bilgisayar ortamında yapılarak sonuçlar grafiğe dökülebilir.

6) Yapılan analizler sonucunda S/N değerini hesaplariken belirlenen istenilen hedef değere göre optimum çalışma durumları belirlenir. Parametrelerin, elde edilen sonuçlara bakılarak hedeflenen değere göre (en düşük, en yüksek ya da nominal) en uygun olan seviyeleri belirlenmiş olur.

1.2.3. EŞ ZAMANLI MÜHENDİSLİK

Rekabetin gittikçe zorlaştığı günümüz piyasasında önemli bir yer edinebilmek için en kritik noktalardan biri ürün gelişim döngüsü yönetimidir. Bu amaçla kullanılan birçok yaklaşım, ürün gelişim sürecinin eş zamanlı olarak gerçekleştirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Eş zamanlı mühendislik yaklaşımı, ürün gelişim sürecinin her adımında, çalışmayı oluşturan takım üyeleri arasındaki güçlü etkileşimlerin, çapraz fonksiyonel grupların, bilgi teknolojisinin, takım üyeleri ile tedarikçiler ve müşteriler arasında yapılan görüşmelerin birbirine paralel olarak işlemesini sağlamaktadır. Ayrıca ürün gelişim sürecini, üretim süreci özellikleri ile ele almak üretilebilirliği arttırmaktadır. (Bowonder ve Sharma, 2004:199). Birbirine paralel işleyen bu sistemler sayesinde yeni ürün geliştirme zamanının kısaltılması, yeni ürün geliştirme maliyetlerinin azaltılması ve müşteri ihtiyaçlarını karşılayan yeni ürünlerin kalitesinin artırılması sağlanmaktadır (Kusar ve diğerleri , 2004:1). Eş zamanlı mühendislik; ürünle birlikte ürünün yaşam çemberi süreçlerinin, ürünün yaşam çemberinde yer alan tüm aktörlerin temsil edildiği çoğul disiplinli bir ekip tarafından proaktif bir şekilde ele alınarak tasarlanması esnasına dayanan bir yaklaşımdır. İlk olarak 1980'li yılların ikinci yarısında imalat sektöründe ortaya çıkmış bir ürün geliştirme aracıdır. Bu yaklaşımın hedefi; ürünün yaşam çemberinin de rol alan tüm aktörlerin beklentilerini karşılayan bir ürün geliştirilmesi, böylece sürecin ileri aşamalarında doğabilecek değişiklik, düzeltme ve yeniden yapım gibi maliyetli sonuçlara yol açan işlerin önlemleri ve sonuç olarak

maliyetlerin düşürülmesi, teslim süresinin kısaltılması ve kalitenin yükseltilmesidir (Mutluay ve Çıracı, 2006:71). Eş zamanlı mühendisliğin, bazıları diğer kalite geliştirme tekniklerinde de yer alan sekiz temel prensibi bulunmaktadır. Şekil 8’de gösterilen bu prensipler sayesinde eş zamanlı mühendislik yaklaşımı, tasarım prosesini kolaylaştırıcı bir anahtar niteliği taşımaktadır. Kilit noktalardaki önemli kararların verilmesinde etkin bir rol oynayarak daha güvenilir sonuçların elde edilmesini sağlar (Prasad, 1996:168).



Şekil 8. Eş zamanlı mühendisliğin temeli oluşturan sekiz prensip

Kaynak: (Prasad, 1996:168).

Eş zamanlı mühendisliğin en önemli özelliği, bilgi teknolojilerinin geniş çapta kullanılmasıdır. Günümüzdeki eşzamanlı mühendislik teknolojisi geniş veritabanlarının yönetimine dayanmaktadır. Bilgi yönetimi ve bilgi mühendisliği, eşzamanlı mühendislik proseslerinin önemini arttıracak potansiyele sahiptir. (Karahasanoğlu, 2003:4). Teknolojinin sağladığı yeni yöntemlerin kullanılması ürün geliştirme döngüsünün süresinin kısılmasında oldukça etkili olmuştur.

Eş zamanlı mühendisliğin pek çok avantajı bulunmaktadır. Ürünler pazara daha az zamanda ve daha az maliyetle çıkmaktadır. Ürün kalitesi daha tasarım aşamasında iken belirlenebilmektedir. Eş zamanlı mühendislik yaklaşımının sağladığı diğer faydalar genel olarak şu şekildedir (Tanrıverdi, 1999:15):

- Rasyonalizasyon,
- Paralel işlemler,
- İletişim kopukları nedeniyle ortaya çıkan sorunlarda azalma,
- Hataların erken farkına varılması ve problemleri erken teşhis edilmesi,
- Değişikliklere daha çabuk adapte olabilme,
- Daha iyi girdilerle çalışma,
- Eskime ve bozulmalardan dolayı oluşan aksaklıklarda azalma,
- Disiplinler arası bir takım anlayışı ve eğitim çalışmaları,
- Kaynakların daha iyi kullanımı.

1.2.4. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (HTEA)

Hata türü ve etkileri analizi yöntemi, mevcut durumda oluşmamış fakat oluşma olasılığı olan hataları kaynağında yok etmeyi amaçlayan etkili bir kalite tekniğidir. Böylece bu hataların etkileri, hata henüz meydana gelmeden yok edilmiş olur. Uygulama kolaylığı ve her sektörde kullanılabilmesi nedeniyle HTEA yöntemi, diğer kalite tekniklerine göre oldukça avantajlı konuma sahiptir. Mevcut durumda risk değerlendirmesi yapılarak, bu değerlerin en aza indirilmesi hedeflenir.

En yaygın kullanım alanı tasarım bölümüdür. Ürün henüz üretime geçmeden ve müşteriye ulaşmadan önce tasarım aşamasında potansiyel hatalar tespit edilerek yok edilmeleri sağlanır. Böylece üretim süreci boyunca ve ürünün müşteriye ulaştıktan sonraki kısımlarda meydana gelebilecek hataların olumsuz etkileri çok önceden yok edilmiş olur. Hatalara ayrılacak iş gücü, para ve zaman kaybı önlenmiş olur.

İKİNCİ BÖLÜM

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ TEKNİĞİ

2.1. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS) TEKNİĞİNİN TANIMLARI

Yeni bir ürünün piyasaya sürülmeden önce tasarım, üretim öncesi planlama, üretim, paketleme, sevkiyat ve müşteriye sunum aşamalarında bir çok sorun ile karşılaşılır. Bu sorunların ürün müşteriye ulaşmadan önce ilgili süreçlerde fark edilip çözümlenmesi işletme açısından büyük önem taşımaktadır. Kimi hatalar kolaylıkla belirlenebilirken kimileri gizli kalmaktadır. Bu gizli kalan hatalar ancak süreci iyi takip ederek, değerlendirerek ve çeşitli kalite yönetim teknikleri kullanılarak yoğun bir çalışma sonucu ortaya çıkartılabilir. İlgili süreç içinde ürün ile ilgili herhangi bir soruna neden olacak unsurları belirleme aşamasında kullanılan en etkin yöntemlerden bir tanesi Hata Türü ve Analizi Tekniği'dir. HTEA'yi tanımlamadan önce bu tekniğin kullanım nedenleri olan hata ve potansiyel hataları tanımlamak gerekir. Girdi, üretim süreci ve çıktıda ürün ve hizmet kalitesini etkileyen makina, metot, malzeme ve insan unsurlarından biri veya birkaçında beliren şartların, özelliklerin, standartların dışına çıkma durumuna hata denir. Potansiyel hata, ele alınan ürün üzerinde oluşması muhtemel olan hatalar kümesidir. Uygulamada hatanın oluşabileceği varsayımından hareket edilir, ancak bu hatanın oluşması şart değildir. Aşağıda çeşitli kaynaklarda yer alan HTEA tanımları yer almaktadır:

➤ HTEA, ürün veya süreç geliştirme çalışmalarında doğabilecek potansiyel problemleri belirlemek için kullanılan analitik bir metodolojidir. Çapraz fonksiyonel takımlar tarafından toplanan bilgilerin en açık dokümantasyonudur (Down ve diğerleri, 2008:2).

➤ HTEA, oluşabilecek potansiyel hataları yönlendirilerek kök sebepleri bulup yok etmek için kullanılan bir tekniktir. Ürünün ya da sürecin müşteriye ulaşmadan önceki kısmında uygulanır (Welborn ve Carol, 2009:37). Sistem analizi yaparak ve geçmiş verileri toplayarak üretim çevriminin operasyonel performansını geliştirir, risk seviyesini düşürür (Scipioni ve diğerleri, 2002: 495).

➤ HTEA, potansiyel hataları belirlemek adına ürün tasarımını ya da tasarım sonrası süreçlerin analizi için kullanılan bir sistemdir. HTEA süreci hata türlerini, ürün, hizmet ya da süreç yollarını belirlemek ile başlar. Proje takımı girdilerden müşteriye ulaşan çıktıya kadar her elementi inceler ve her adımda “burada nasıl bir hata oluşabilir?” sorusunu sorar (Williams, 2008:1).

➤ HTEA, süreçlerin ve ürünlerin incelenip hatalar oluşmadan önce önlenmesi için kullanılan bir proaktif araç, teknik ve kalite metodudur. Altı Sigma metodolojisi içinde HTEA, bir süreç geliştirmeden ya da yeni bir hizmet sunmadan önce endişeleri yok etmeye yardımcı olur. Sürece hataların oluşabileceği şekilde bakıp, değerlendirilerek, tespit edilen tüm hataları yok etmek ve süreci tekrar yapılandırmak için sistematik bir yoldur. Müşteri memnuniyetini ve güvenlik seviyelerini destekler (Smith, 2008:1).

➤ Hata Türü ve Etkileri Analizi, yüzlerce hata türü için iyileştirme yapılmasının planlanması yerine, sistemin bütünü üzerinde en büyük katkıyı sağlayacak hata türlerini önceliklendiren bir yöntemdir. Ancak yüzlerce hata türü için, veri derleme ve analizi de büyük zaman ve işgücü gerektirmektedir. HTEA'nin başlangıcında ön eleme yapmak ve sadece önemli olarak belirlenen parçalar için veri derlemek, HTEA'nin etkinliğini artıracaktır. Tasarım aşamasında pek çok parça için HTEA yapılmasına ihtiyaç duyulabileceğinden önerilen model, ürün planlama ve planlama süresini de kısaltmış olacaktır (Musubeyli, 1999:18).

➤ Hata Türü ve Etki Analizi, riskleri tahmin ederek hataları önlemeye yönelik bir analiz tekniğidir. Hatanın ortaya çıkması ile doğacak problemin müşteri gibi algılanması ilkesine dayanmaktadır. Hata Türü ve Etki Analizi çalışmasında belirlenen bütün hatalar için olasılık, şiddet ve saptanabilirlik tahmini yapılmaktadır (Akin, 1998:7).

HTEA sürekli iyileştirmenin ve risk yönetiminin bir bölümüdür. HTEA ürün ve süreç geliştirmenin anahtar kısmıdır. Ürün ve süreç geliştirmenin bütününde potansiyel hataları değerlendirmeyi ve riski azaltacak uygulamaları gerçekleştirmeyi sağlamak için kullanılan uzun süreli bir çalışmadır. HTEA şunları göstermek için kullanılan genel bir yaklaşımdır (Down ve diğerleri, 2008:5):

- Beklentileri karşılamak için potansiyel ürün ve süreç hataları,
- Potansiyel sonuçlar,
- Hata türlerinin potansiyel sebepleri,
- Sürekli kontrol uygulaması,
- Risk seviyesi,
- Riski azaltma.

2.2. HTEA’NİN TARİHİ VE GÜNÜMÜZ ENDÜSTRİSİNDEKİ YERİ

HTEA’nin tarihi İkinci Dünya Savaşı yıllarına kadar dayanmaktadır. İlk kez Amerika’da uygulanmıştır. Sistem ve ekipmanlarda doğacak sorunların değerlendirilmesi için kullanılmıştır. Teknik, Amerikan ordusu tarafından 1949 yılında kullanılmaya başlanmıştır (Welborn ve Carol, 2009:37). “Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis” adı ile prosedürlerin yer aldığı bir standart yayınlanmıştır. Bu standarda göz atıldığında tekniğin tanımı, kullanılan terimlerin açıklamaları ve uygulamada kullanılacak gerekliliklerin (uygulama prosedürü) yer aldığı görülür. Tasarım HTEA üzerinde durulmuştur. Amerikan ordusu bu standardı 1965’te roket ve havacılık alanında uygulamaya başlamıştır (MIL-STD 1629A, 1980). Halihazırda Amerikan ordusunun MIL – STD 1629 A kodlu askeri standardı olarak kullanılmaktadır. Amerikan ordusundan sonra NASA tarafından 1960’lı yıllarda kullanılmıştır. 1975’te nükleer teknoloji alanında uygulanmıştır. 1978’e gelindiğinde Ford Motor Şirketi tarafından otomotiv sektöründe uygulamaya konulmuştur. 1980’de Almanya’da standartlaştırılmış ve kullanım kılavuzu niteliğinde yayınlanmıştır. 1986’da

otomotiv sektöründe Chrysler, Ford, General Motors gibi firmalar ile geniş uygulama alanı bulmuştur. 1990'larda ise elektronik ve bilgisayar sektöründe kullanılmaya başlanmıştır (Bertsche, 2008:99). Otomotiv Endüstrisi Eylem Grubu (Automotive Industry Action Group) ve Amerikan Kalite Kontrol Topluluğu (American Society for Quality Control) tarafından 1993'te endüstri geneli için HTEA standardı yayınlamıştır. (Sellapan ve Sivasubramanian, 2008:44) Günümüzde genel olarak otomotiv sektöründe kullanılmaktadır. Metal sanayinde de geniş kullanım alanına sahiptir. 1950'lerde yaratılan ve geliştirilerek günümüze kadar gelen bu teknik, uygulanabilirliği bakımından birçok sektörde kullanım şansı bulmaktadır. Bu çalışmada deterjan sektöründeki uygulamasından bahsedilecektir.

2.3. HTEA TERMİNOLOJİSİ

Müşteri: Ürün veya hizmetin ulaştığı son kişi ya da ara departmanlardır. Müşteri, nihai ürünün ulaştığı son yer olabileceği gibi yarı mamülün ulaştığı ara duraklar da olabilir. Bir işletmeden çıkan mamulün piyasada ulaştığı nokta dış müşteridir. O ürünün işletmeye bağlı birimler arasında dolaştığı süreçte, her birim bir önceki birimin müşterisi olacaktır. Bu noktadaki müşteri, iç müşteri olarak tanımlanır. HTEA çalışması içinde müşteri, oluşabilecek herhangi bir hatadan etkilenen kişi ya da birimler olarak görülür.

Fonksiyon: Bir ürün ya da sürecin karşılaması istenilen özellikleridir. Oluşabilecek bir hata, ürünün ya da sürecin bazı özelliklerinin çalışmasını önleyeceği gibi tüm özelliklerinin çalışmamasına da neden olabilir. Bu noktada müşteri beklentileri karşılanamaz ve işletme için rekabet gücü azalımı, kar kaybı gibi ciddi sıkıntılar meydana gelir.

Hata ve Hata Türü: Hata, bir ürün ya da sürecin, bu ürün ya da süreçten beklenen fonksiyonları yerine getirememesidir (Abdelgawad ve diğerleri, 2010:6). Bu fonksiyonlar göz önüne alınarak, oluşan her hata sınıflandırılırsa hata türleri belirlenmiş olur.

Hata Nedeni: Hata oluşumunu tetikleyen unsurdur. Bir hataya birden çok unsur neden olabilir. HTEA çalışması içinde hata nedenlerini incelerken, kök sebeplere inmek gerekir.

Hata Etkisi: Hata türü önlenmediğinde veya düzeltilmediğinde, hatanın son ürün halindeki etkisi/sonucunun belirlenmesi aşamasıdır. Müşterinin neyi fark edebileceği veya müşterinin başına ne gelebileceğinin tanımlanmasıdır. Etki belirlenirken, benzer özellik taşıyan ürünlerin sonuçları ve geçmişteki hata türleri dikkate alınmalıdır (Erginel, 1999:17).

Mevcut Kontroller: Nihai ürünün ya da yarımamülün fonksiyonlarının istenildiği şekilde çalışıp çalışmadığını belirlemek için yapılan işlemlerdir. Bu kontroller son adımda üründeki hatayı tespit etmek amaçlı değil, başta hata oluşumu yakalayacak ya da önleyecek özellikteki çalışmalar olmalıdır.

HTEA Elemanı: HTEA kapsamında incelenecek, uygulanacak, değerlendirilecek unsurlar, adımlar, verilerdir.

Şiddet: Hata oluştuğundan sonra, ürünün müşteri üzerindeki etiklerinin değeridir (Shain, 2003:732). Şiddet sadece tasarımdaki değişiklik ile azaltılabilir. Tasarımda değişiklik sağlanabilirse, hatanın yok edilebilirliği söz konusu olabilir (Dyadem, 2003:43).

Saptama: Hata oluşmadan önce yakalanabilme olasılığıdır (Chao ve Ishii, 2007:491).

Ortaya Çıkma: Hatanın oluşma sıklığıdır. Hatanın oluşma aralığının süre olarak belirlenmesidir (Dyadem, 2003:43).

Risk Öncelik Sayısı: Hatanın risk değerini belirten bir ölçümdür. Uygulanacak düzeltici faaliyetlerin sıralamasında kullanılır (Tay ve Lim, 2006: 1049). Şiddet, saptama ve ortaya çıkma değerlerinin çarpılmasıyla bulunur. RÖS değeri en yüksekten en düşüğe doğru olacak şekilde hatalar sıralanır. En yüksek RÖS değerine sahip hata için düzeltici-önleyici faaliyet il sırada uygulanır.

$$RÖS = \text{Siddet (Ş)} \times \text{Saptama (S)} \times \text{Ortaya çıkma (O)}$$

2.4. HTEA TEKNİĞİNİN AMAÇLARI VE FAYDALARI

Hata türü ve etkileri analizi yöntemi; sistem ve ürün tasarımı, üretim süreci ve bakım faaliyetleri tasarımında kullanılabilecek en etkileyici yöntem olup doğru uygulanması halinde firmalara oldukça fazla yarar getirecek bir kalite tekniği olarak ön plana çıkmaktadır. Yöntemin uygulaması sırasındaki temel hedef, olası hatanın sebebinin dolayısı ile hatanın etkisinin minimuma indirilmesidir (Eryürek ve Tanyaş, 2003:32). Bu hedefi şu maddeleri belirleyerek sağlamaktadır (Franceschini ve Galetto, 2001:2992):

- Sistem ya da bileşenleri,
- Potansiyel hata türleri,
- Potansiyel hataların etkileri,
- Şiddet değerleri,
- Potansiyel hataların sebepleri,
- Hataların oluşma sıklıkları,
- Düzeltici faaliyetlerin tasarımı,
- Risk Öncelik Katsayısı.

Tasarım ve üretimde HTEA kullanımı için yapılan yatırım, tüm sistem maliyetlerinin düşmesinde oldukça önemli bir rol oynamaktadır. HTEA uygulaması, maliyet etkisinin yanı sıra iş gücü üzerinde etkili kazanımlar sağlamaktadır. Güvenli bir süreç kontrolü ve ürün/süreç tasarımı için gerekli bilgilerin oluşturulması adına kapsamlı bir sistem inşa edilmesini sağlar. Kalite kontrol sistemi ile HTEA sürecini birleştirmek, üretim için daha güvenli bir sistem oluşumunu sağlayacaktır (Teng ve diğerleri, 2004: 180). HTEA tekniği şu fonksiyonların gerçekleşmesini amaçlar (Yılmaz, 2000:137):

- Ürün, proses ya da hizmette hataların oluşturacağı en küçük bir zararın bile oluşumunun engellenmesini sağlamak için hata türlerini sistematik olarak gözden geçirme,

- Ürün, proses ya da hizmeti ya da bunların fonksiyonelliğini etkileyebilecek her türlü hatayı ve bu hatanın etkilerini tanımlama,
- Tanımlanan bu hatalardan hangilerinin ürün, proses ya da hizmet operasyonlarında daha kritik etkilerinin olduğunu belirleme ve bu yüzden meydana gelebilecek en büyük hasarı ve hangi hata türünün bu hasarı üretebileceğini tanımlama,
- Montajda, montaj öncesinde, üründe ve proseste hataların oluşum olasılığını ve bunun nereden kaynaklanabileceğini (dizayn, operasyon, vb.) belirleme,
- Diğer kaynaklardan elde edilmesi mümkün olmayan hata oranlarını ve türlerini tanımlayarak gerekli muayene programlarının kurulmasını sağlama,
- Güvenilirliğin deneysel olarak test edilebilmesi için gerekli muayene programlarının kurulmasını sağlama,
- Bir ürün için değişikliklerin olabilecek etkilerini tanımlama,
- Yüksek riskli bileşenlerin nasıl güvenilir hale getirilebileceğini tanımlama,
- Montaj hatalarının olabilecek kötü etkisinin nasıl giderilebileceğini tanımlama.

Yukarıda belirtilen tüm bu fonksiyonların gerçekleştirilmesi ile HTEA tekniğinin sağladığı faydaları şu şekilde sırlayabiliriz (Bolat, 2000:74):

- ❖ Ürünün, tasarım, güvenilirlik, imalat teknolojisi ve emniyet alanlarındaki eksik, zayıf ve yetersiz noktalarını belirler.
- ❖ Olası değişiklik maliyetlerini azaltır. Kağıt üzerinde yapılan bir değişiklik üretim aşamasında değişiklik yapılmasından çok daha ucuza mal olmaktadır.
- ❖ Ürünün pazara sunulma zamanını kısaltır. Kağıt üzerinde değişiklik yapmak, üretim aşamasında değişiklik yapmaktan çok daha az zaman alır.
- ❖ İç ıskartaları azaltır.

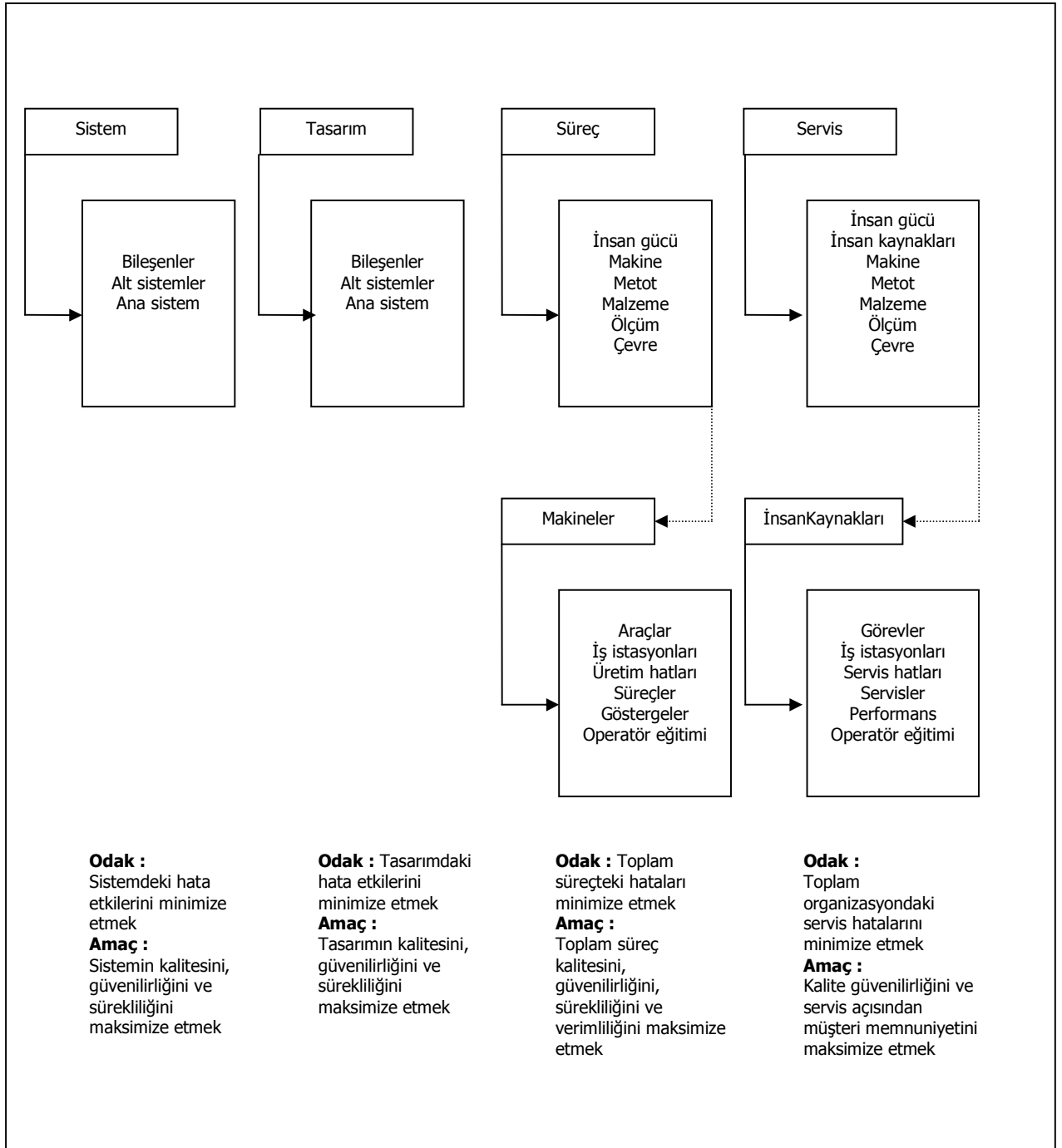
- ❖ Ürün sorumluluğu konusunda riski azaltır.
- ❖ Müşteri memnuniyetinin artmasını sağlar.

Tekniğin uygulanması ile elde edilecek bu yararlar, firma için çok önemli kazanımları da beraberinde getirecektir. Hizmet veya ürünlerin kalitesini ve güvenilirliğini arttırarak şirket imajını arttırır. Müşteri tatminin üst düzeyde olmasını sağlar. Rekabet avantajını arttırır. Ürün geliştirme zaman ve maliyetini azalttığı gibi tasarım geliştirme faaliyetlerinde bir öncelik sağlar. En uygun sistem tasarımını seçme adımına kolaylık getirir. Gelişim isteği doğurur. Organizasyon kültürünü arttırır. Hata Türü ve Etki Analizi'nin sağladığı avantajlar incelendiğinde bu tekniğin, firmaların pazarda yüksek güvenilirliğe sahip, kaliteli ürünleri düşük maliyet ile tasarlamasını ve üretmesini sağladığı ve kötüye giden operasyon maliyetlerini kontrol altına alarak hataların müşteriye yansımadan en erken biçimde önlenmesine yardımcı olduğu görülmektedir (Yılmaz, 2000: 138-139).

2.5. HTEA ÇEŞİTLERİ

HTEA tekniği, bir sistem içerisinde o sistemi oluşturan bir çok süreç için kullanılabilir. Ürün tasarımı sürecinde yer alan mekanik aksamalarda oluşabilecek sorunların önceden belirlenmesi için kullanılan ilk uygulamadan sonra, zamanla gelişerek daha geniş kullanım alanları bulmuştur. Sistemdeki tüm süreçlerde meydana gelecek potansiyel hataların belirlenip yok edilmesine yönelik uygulamalar sayesinde çeşitlendirilmiştir. HTEA tekniği, Şekil 9'da kısaca özetlenerek belirtildiği gibi uygulama alanına göre dört gruba ayrılmaktadır:

- Tasarım HTEA
- Proses HTEA
- Sistem HTEA
- Servis HTEA



Şekil 9. HTEA Çeşitleri

Kaynak: Stamatis, 2003:41

2.5.1. SİSTEM HTEA

Sistem HTEA’da hedef; operasyonel (etkinlik ve performans) faktörler ile ekonomik faktörler arasında uygun bir denge tanımlamak ve oluşturmaktır. Bu hedefe ulaşmak için sistem HTEA; müşterinin belirlenmiş ihtiyaç, istek ve beklentileri dikkate alınarak yapılmalıdır. Sistem HTEA tasarım ve ilk konsept belirlemede sistem ve alt sistemlerin analiz edilmesinde kullanılır. Bir sistem HTEA çalışması, sistem yetersizliklerinden kaynaklanan sistemin fonksiyonları arasındaki potansiyel hata türlerine odaklanır. Sistemler arası ilişkileri ve sistemin elemanlarını da kapsar. (Stamatis, 2003:107). Sistem HTEA’nın faydaları şunlardır (<http://www.tisk.org.tr/yayinlar.asp?sbj=ic&id=1426>):

- Sistemi etkileyen potansiyel problemlerin bulunabileceği alanlar daralır,
- Sistem içerisinde uygulanacak prosedürler için bir temel oluşturulmasına yardımcı olur.
- Sistem içerisindeki fazlalıkların tespit edilmesine yardım eder,
- Optimum sistem tasarım alternatiflerinin seçilmesinde yol gösterir

2.5.2. TASARIM HTEA

Tasarım HTEA, üretim aşamasına geçmeden önce ürünün tasarımının analiz edilmesi için kullanılır. Üründen beklenen fonksiyonlar ile birlikte tasarım yetersizliklerine odaklanarak oluşabilecek potansiyel hataların belirlenmesinde kullanılan bir kalite geliştirme aracıdır. Tasarım HTEA, ürünlerin üretim kararı verilmeden önce uygulanır (Bluvband ve Grabov, 2009:1). Tasarımdaki hatalardan dolayı hizmet veya imalat aşamalarında ortaya çıkabilecek olası ürün hata şekillerini ele alır. Tasarım bütünlüğünü sürekli kılmak amacı doğrultusunda, tasarım aşaması dışında imalat, montajda, donanımda ve müşterinin kötü kullanımından dolayı üründe oluşacak tasarımla ilgili sorunları tanımlar. Bu teknik ile sistem veya bileşenlerin güvenilirlik riskleri yazılı hale getirilir, her hata türünün etkisi analiz edilir ve düzeltici

faaliyetler yani tasarım değişiklikleri tanımlanır (Durhan, 2006:17). Tasarım HTEA, hataları azaltmada ve önlemede şu hedefler izlenerek uygulanır(Down ve diğerleri, 2008: 16):

- Fonksiyonel gereklilikleri ve tasarım alternatiflerini içeren objektif tasarım değerlendirmesine yardımcı olarak,
- Üretim, montaj, servis ve geridönüşüm gereklilikleri için tasarımı değerlendirerek,
- Tasarım aşamasında düşünölmüş, sistem ve operasyon üzerinde etkili olacak olası hataların ve etkilerinin varlığını azaltarak,
- Etkili tasarım, geliştirme ve doğrulama programlarının planlamasına yardımcı olacak extra bilgilerin sağlanması ile,
- Tasarım geliştirme ve doğrulama testleri için öncelikli sistem kurulumunda etkili olacak potansiyel hataları ve bunların müşteri üzerine etkilerini içeren düzenli listeler oluşturarak,
- Risk azaltma adımlarının izlenmesinde bir format oluşturma sağlanarak,
- Tasarım değişikliklerini değerlendirme ve daha iyi tasarımlar geliştirmeye yardımcı olacak alanlar sağlayarak.

Tasarım HTEA'nın faydaları şunlardır (Özkılıç, 2006: 138)

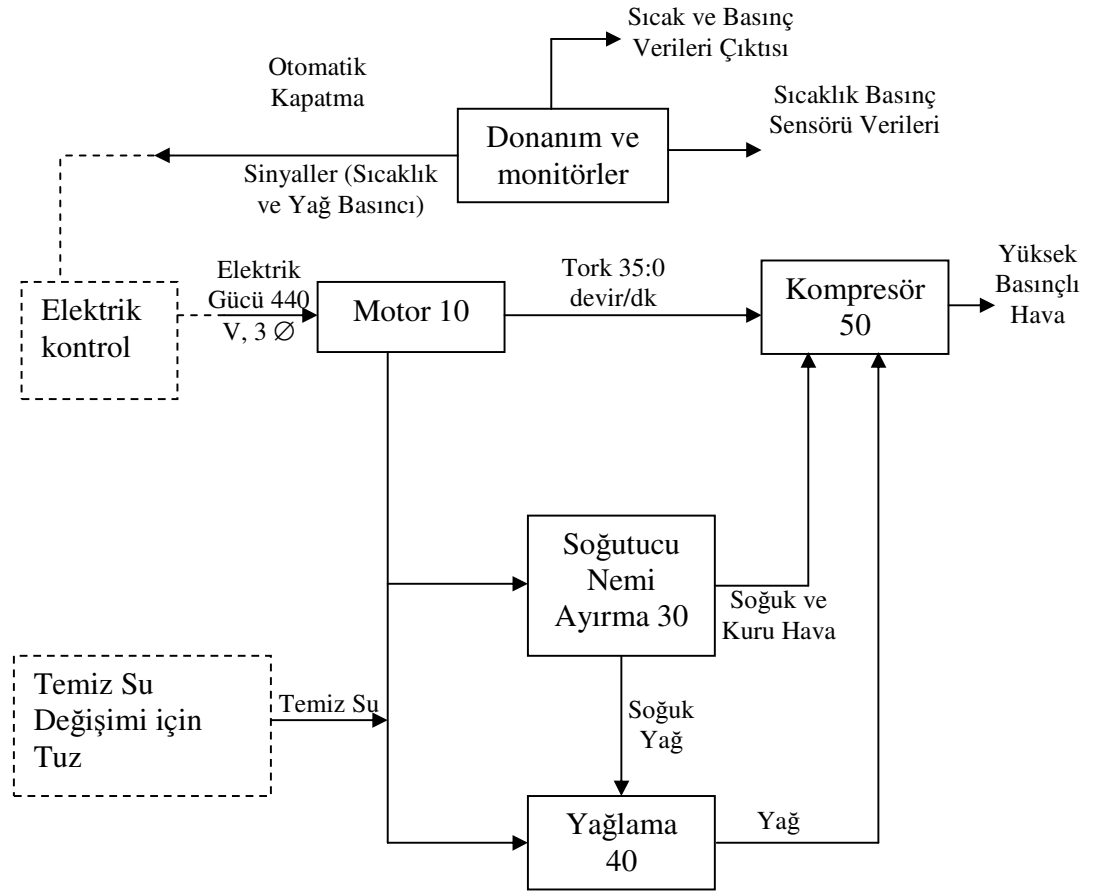
- Tasarım geliştirme faaliyetleriyle ilgili önceliklerin belirlenmesi,
- Potansiyel hataların tasarım aşamasında iken belirlenmesinin sağlaması,
- Potansiyel güvenlik sorunlarının belirlenerek ortadan kaldırılmasına yardım
- Etmesi ve değişiklik için açıklamaların kaydedilmesinin sağlanması,
- Önemli ve kritik özelliklerin belirlenmesine yardım etmesi.

Tasarım HTEA Geliştirme Adımları

Tasarım HTEA, son müşteriye ulaşacak ürünün tasarımına odaklanır. Etkili bir ürün tasarım analizi; takım oluşturma, amacı belirleme, ürün fonksiyonlarını ve gerekliliklerini belirten blok diyagramlar ya da P-diyagramlar içerir. İstenilen ürünün açık ve tanımlanmış bir tanımı, hata türü ve etkilerini belirlemede oldukça yardımcı olur. Bir tasarım HTEA formu, tavsiye edilen adımları ve sorumlulukları içeren analiz sonuçları dokümanı için kullanılır (Down ve diğerleri, 2008: 18).

1) **Ön Hazırlıklar:** Tasarımda oluşabilecek potansiyel hataları yakalayabilmenin ilk adımı o ürün ya da sistemi oluşturan tüm bileşenlerin doğru bir şekilde analiz edilmesidir. Tüm alt sistemlerin fonksiyonları açıkça tanımlanmış olmalıdır. Alt sistemlerin arasında etkileşimin olup olmadığı ve varsa nasıl bir etkileşim olduğu ya da olabileceği ortaya konmalıdır.

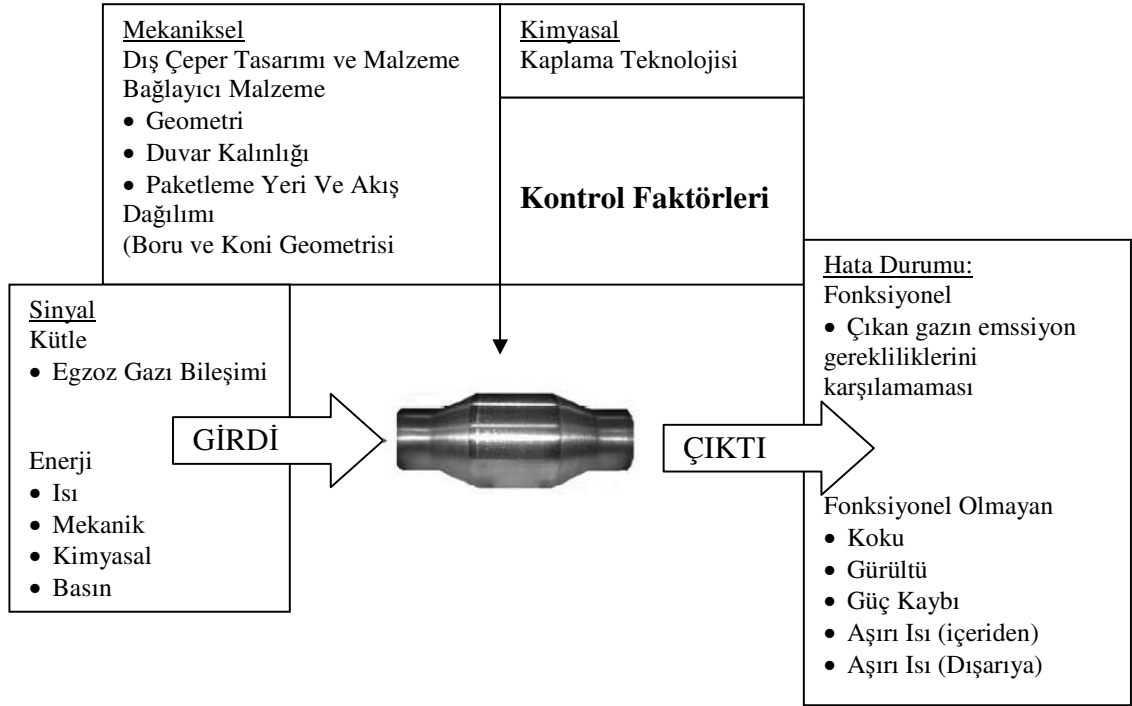
2) **Blok Diagramlar:** Blok diyagram sistemin farklı kısımlarının diğer kısımlarla olan bağlantılarını gösterir. Bu bağlantılar sayesinde sistemin işleyiş yolunu belirtir. ürünün bileşenleri arasındaki fiziksel bağlantıyı gösterir. Farklı alt sistemler, kesişim noktaları, etkileşimleri gösterir. Akış için gerekli yolun ortaya konmasında önemli bir araçtır. Alt sistemler arasındaki etkileşimler bilgi akışı, enerji, hareket sinyalleri, sıcaklık, basınç, yük gibi verilerdir. Şekil 10'da örneği gösterildiği gibi her bir fonksiyon için potansiyel hata türleri belirlenmeden önce blok diyagramlar aracılığı ile sistemler arası etkileşimler listelenir (Villacourt, 1992: 7). Ürünün ya da sürecin bileşenlerinin kutular içine yazılır ve birbirleri ile olan etkileşimleri oklarla kutuların bağlanması şeklinde gösterilir.



Şekil 10. Blok Diyagram Örneği

Kaynak: Villacourt, 1992:7

Parametre Diagramları: P-Diyagramlar, tasarım fonksiyonlarıyla ilgili fiziksel özelliklerin takım tarafından anlaşılmasını sağlar. Takım, tasarım için performansı etkileyen kontrol edilebilen ve edilemeyen girdiler ve çıktıları analiz eder. Şekil 11’de gösterildiği üzere ürün için girdiler ve çıktılar, belirlenen ve belirlenmeyen fonksiyon hatalarını, istenilen değerden sapmaları ve oranlarını, kontrol faktörlerini belirlemede oldukça yardımcıdır (Down ve diğerleri, 2008:21).



Şekil 11. Parametre Diyagramı Örneği

Kaynak: Down ve diğerleri, 2008:21

Yukarıda belirtilen diyagram örnekleri gibi HTEA takımına yardımcı olabilecek şekiller, çizelgeler, çeşitli verileri içeren diğer formlar da kullanılmalıdır.

3) Fonksiyonel Gereklilikler: Tasarım yapılırken o ürün ya da süreçten beklenen özellikler ön planda tutulur. Tasarımın fonksiyonel gerekliliklerinin nasıl olması gerektiği tüm ayrıntıları ile belirtilmelidir. Böylece ürünün ya da sürecin karşılayabileceği tüm beklentilerde buna engel olabilecek noktaların belirlenmesi kolaylaşır. Fonksiyonel gerekliler ürünün rengi, şekli, güvenliği, ergonomisi gibi özellikleri olabilir.

2.5.3. SÜREÇ HTEA

Süreç HTEA, imalat ve montaj sürelerini analiz etmede kullanılır. Üretim süreci ve montaj yetersizliklerinden kaynaklanan hata türleri üzerine odaklanır. Özellikle ürünün ilk üretiminde çok önemlidir. Üretimden önce olası hataları belirleyip yok etmede etkili olur. Süreç HTEA, çalışanı, makineyi, metodu, materyali, ölçümü ve çevreyi içine alan adımları içeren bir yöntemdir. Burada her bir bileşen kendi içinde ona ait bileşenleri içerir ve bunlar başka bileşenler ile birlikte de etkileşim içindedir. Bu etkileşimler hataya neden olabilir. Bu nedenle süreç HTEA, tasarım ve sistem HTEA'ye göre daha zor uygulanır ve daha çok zaman gerektirir. Etkili bir süreç HTEA, tasarım özelliklerinin iyi tanımlanıp anlaşılması ve üretimin bu özelliklerin üzerinde neler yapabileceğinin belirlenmesi ile gerçekleşir (Stamatis, 2003: 156). Bir süreç HTEA uygulamasında dikkat edilecek nokta üretim sürecinin başlangıç noktasından bitişine kadar tüm operasyonları, alt süreçleri dikkate almaktır. Mevcut donanım inceleneceği gibi yeni kullanılacak ekipmanların alımından önce uygulanmalıdır. Üretim sürecinin diğer süreçlerle bağlantıları da incelenmelidir.

Süreç HTEA, üretim süreç gelişimini şu hedefleri sağlayarak destekler (Down ve diğerleri, 2008:68.:

- Üretim süreci fonksiyonlarını ve gerekliliklerini tanımlamak ve değerlendirmek,
- Oluşacak olan ürünü, üretim süreci ile ilgili hata türlerini, süreç ve müşteri üzerinde oluşabilecek olası hataların etkilerini tanımlamak ve değerlendirmek,
- Potansiyel üretim ya da montaj süreci hedeflerini tanımlamak,
- Hata durumlarının belirlenebilirliğini arttırmak ve oluşumunu azaltmak için üretim sürecinde kontrole odaklanan süreç değerlerini tanımlamak,
- Önleyici ve düzeltici faaliyetler ve kontroller için öncelikli bir sistem kurulumunu mümkün kılmak.

Süreç HTEA'nın yararları olarak şunlar sıralanabilir (Durhan, 2006:75):

- ✓ Proses yetersizliklerini belirler ve düzeltici ve önleyici faaliyetler planı önerir.
- ✓ Kritik ve/veya önemli karakteristikleri saptar ve kontrol planları geliştirmede yardımcı olur.
- ✓ Düzeltici ve önleyici faaliyetler için öncelik sırasını verir.
- ✓ İmalat veya montaj süreçlerinin analizinde yardımcıdır.
- ✓ Değişiklerin ne amaçla yapıldığını dokümante eder.

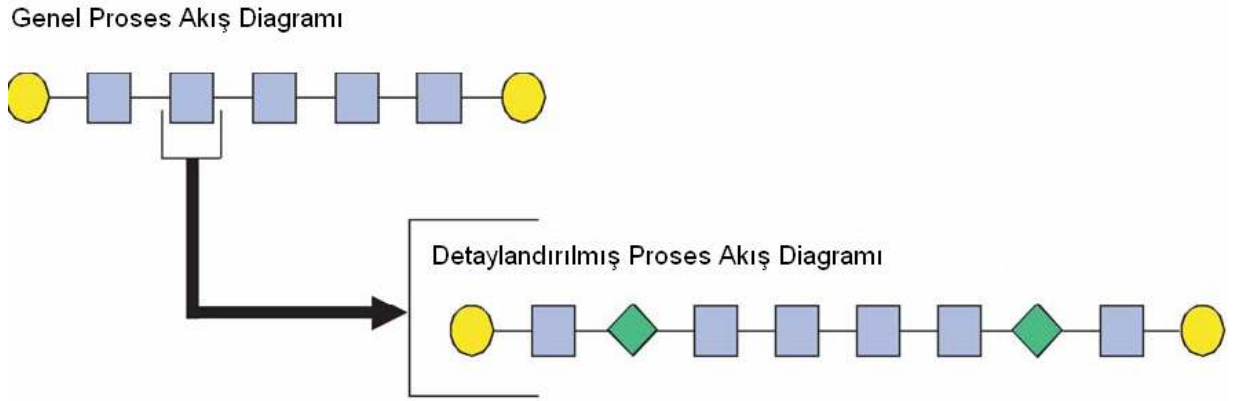
Süreç HTEA tasarlanan ürünün istenildiği gibi üretilmesi için uygulanan önemli bir araçtır. Fakat tasarımın yetersizliği, üretim aşamasında olası hatalara neden olabilir. Bu nedenle süreç HTEA, tasarım HTEA ile birlikte uygulanması daha uygun olacaktır (Down ve diğerleri, 2008:68).

2.5.3.1. Süreç HTEA Geliştirme Adımları

Süreç HTEA geliştirmeden önce üretim sürecinin her adımının iyice anlaşılmış olması gerekir. Süreç akış diagramı başta olmak üzere bir çok çizelge, form, şekil kullanılabilir. Üretim sürecinden beklenen, tasarımda ortaya konmuş olan ürünün en verimli şekilde üretimini sağlamaktır. Bu nedenle ürünün tasarım özelliklerini de iyi bilmek gerekir.

1) Ön Hazırlıklar: Ön hazırlık evresi, sistemi analiz etmek için geçmişe yönelik ve mevcut durumu ortaya koyan gerekli verilen toplanma aşamasıdır. Üretim akışını ortaya koyacak tüm formlar, çizelgeler, akış diyagramları kullanılarak veriler elde edilir. Down ve arkadaşlarının (2008) belirttiği gibi yararlanılacak kaynaklar arasında performans bilgisi, proses verimliliği, ilk üretim kapasitesi, milyonda bir verisi (ppm), garanti metrikleri gibi verileri içeren daha önce üretilmiş ürün ve üretim tasarım bilgileri gibi veriler yer alabilir.

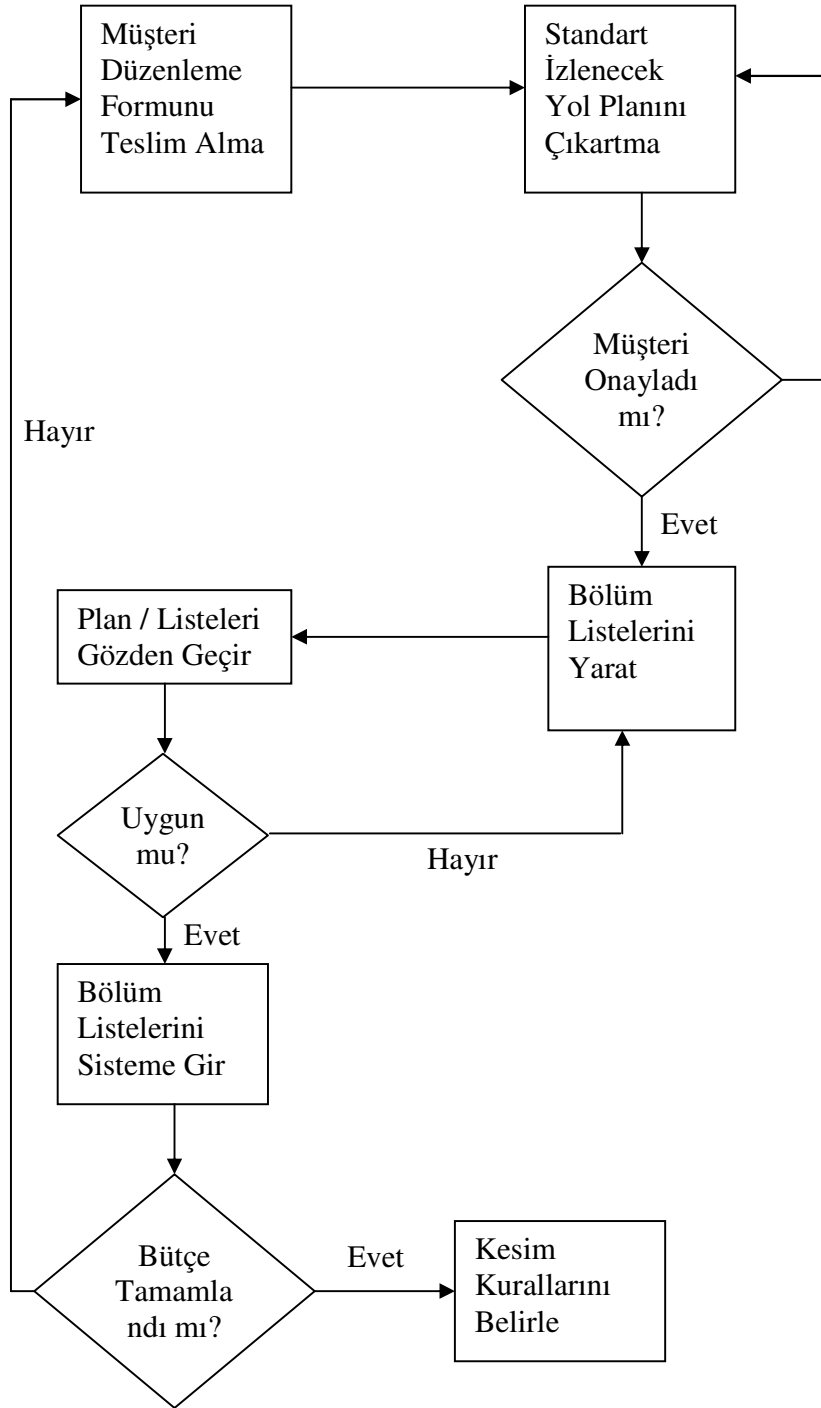
2) Süreç Akış Diyagramı: Süreç akış diyagramları üretim akışının en iyi şekilde anlaşılmasını sağlayan önemli bir araçtır. Üretim sürecinin başlangıcından bitişine kadar olan tüm adımları net bir şekilde ortaya koyar. Şekil 13'te bir örneği gösterilen süreç akış diyagramı, akış içerisinde yer alan tüm operasyonel faaliyetleri ve bu faaliyetlerin birbiri ile olan bağlantılarını gösterir. Böylece üretim süreci ortaya konurken, hataya neden olabilecek adımlar da daha kolay yakalanabilir. Her bir operasyonda, o operasyonun gereklilikleri tanımlanmalıdır. Bu gerekliler tanımlanırken, tasarım aşamasında belirlenen ürün özellikleri de göz önünde tutulmalıdır.



Şekil 12. Genelden Detaya Doğru Süreç Akış Diyagramları

Kaynak: Down ve diğerleri, 2008:71

Üretim süreci, şekil 12'de belirtildiği gibi öncelikle onu oluşturan genel süreçleri ile diyagrama oturtulabilir. Genel bakış sistemi bir bütün olarak daha basit şekilde görmeyi sağlar. Genel süreçler belirlendikten sonra alt süreçlere geçilir. Her süreç, kendini oluşturan alt operasyonların tanımlanması ile detaylandırılır. Şekil 13'te gösterilen süreç akış diyagramı örneği gibi diyagramlar kullanılarak adım adım tüm sistem tanımlanmış olur. Bu noktada dikkat edilecek husus, operasyonları belirlerken, gerekliliklerini de tanımlamak gerektiğidir. Her fonksiyonun özelliği, olması gereken koşullar göz önünde bulundurulmalıdır. Koşullar belirlendikçe oluşabilecek potansiyel hataları yakalamak daha uygun hale gelir.



Şekil 13. Süreç Akış Diyagramı Örneği

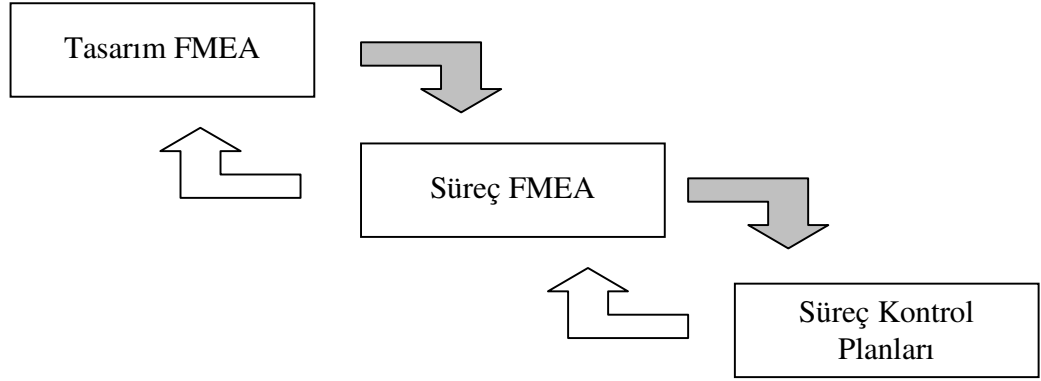
Kaynak: Dyadem, 2003:55

3) Diğer Araçlar ve Bilgi Kaynakları: Diğer kaynaklar, süreç gereklilikleri üzerinde odaklanmak için takıma bir çok yol sağlayabilir. Diğer araçlar ve bilgi kaynakları şunlardır (Down ve diğerleri, 2008:72):

- Tasarım HTEA
- Çizimler ve tasarım bilgileri
- Karakteristikler arasındaki ilişkileri belirten matris
- İç ve dış müşteri talepleri (geçmişteki hata bilgileri ile birlikte)
- Kalite ve güvenilirlik geçmişi.

2.5.3.2. Süreç HTEA'nın Bağlantıları

Bir proses HTEA geliştirmek için tasarım HTEA'de kazanılan bilgiler çok önemlidir. Buna rağmen iki doküman arasındaki bağlantı her zaman çok net değildir. Tasarım HTEA fonksiyon kısımları üzerinde dururken, süreç HTEA üretim süreci ve süreç içinde yer alan adımlar üzerinde durur. Kolonlar arasındaki bilgiler direkt olarak birbiri ile bağlantılı olmayabilir. Örneğin fonksiyon tasarımı, üretim süreci fonksiyonları ya da üretim süreci gerekliliklerine eşit değildir; potansiyel tasarım hata türleri ile potansiyel üretim süreci hata türleri; tasarımdaki potansiyel hata nedenleri ile üretim sürecindeki potansiyel hata nedenleri aynı değildir. Buna rağmen tasarım ve üretim sürecinin genel analizini yaparken aralarında bir bağlantı kurulabilir. Örneğin, bir delik gibi tasarım özelliği belirli bir hataya neden olabilir. Bu tasarımın üretilmesi sırasında üretim süreci içinde yetersizliğe neden olur. Tasarım esnasında deliğin çapının büyük olması, üretim esnasında deliğin büyük çapta delinmesine neden olur ve tasarımdaki potansiyel hata, üretim sürecindeki potansiyel hataya yol açar. Üretim sürecinde de tasarımda da meydana gelecek hataların etkileri aynı olabilir. Diğer bir deyişle, hata türlerinin sonuçları aynı olabilir (Down ve diğerleri, 2008:111).



Şekil 14. Süreç HTEA’de Karşılıklı Bilgi Akışı

Kaynak: Down ve diğerleri, 2008:111

Süreç kontrol planları, üretim fonksiyonları ve ürün özellikleri hakkında bilgi alınabilecek önemli dokümanlardır. Üretim karakteristikleri belirlenirken, bunların kontrolü için kullanılacak methodlar ve sonuç değerleri, oluşabilecek potansiyel hataların belirlenmesinde etkili bir araç özelliği taşır. Şekil 14’te gösterildiği gibi süreç HTEA tasarım HTEA ve kontrol planları arasında bilgi paylaşımını sağlayan bir bağlantı olmalıdır.

2.5.4. SERVİS HTEA

Servis HTEA, bütün donanımın ve tasarımın tamamlanmasından sonra üretim, kalite güvence gibi sistemlerin akışını en elverişli hale getirmek için kullanılan bir yöntemdir (Yılmaz, 2000: 136). Birimler arasındaki işleyişin tanımlanması ve kontrol edilmesine yardımcı olur. İşleyişte oluşabilecek sorunları belirler, analizlerin yapılmasını kolaylaştırır. Birimler arası faaliyetleri sıralayarak, uygulanması gereken adımlar arasında bir önceliklendirme yapılmasını sağlar. Servis HTEA’nın sağladığı faydalar şöyle sıralanılabilir (Durhan, 2006:16):

- İş akışının analiz edilmesinde yardımcıdır.
- Sistem ve/veya süreçlerin analiz edilmesinde yardımcıdır.

- İşlem yetersizliklerini belirler.
- Kritik işlemleri belirler ve kontrol planlarının geliştirilmesinde yardımcı olur.
- İyileştirme çalışmaları için öncelikleri ortaya koyar.
- Değişiklerin ne amaçla yapıldığını dokümante eder

2.6. HTEA TAKIMI

HTEA sürecini koordine etmeden bir kişi sorumlu olsa da, tüm HTEA projeleri bir takım tarafından gerçekleştirilir. Takımın amacı, farklı bakış açılarını ve deneyimleri bir araya getirerek projenin tüm yanlarını bir bütün içinde iletme ve yönetmektir. Her üye farklı alanlarla ilgilendiği için bir HTEA projesi içinde takıma ihtiyaç duyulur. Farklı alanlar, farklı uzmanlıklar, yeni bakış açıları doğurur ve proje içinde bilgi akışı sağlanarak yeni atılımlar meydana gelir (McDermott ve diğerleri, 2009:11).

2.6.1. Takım Büyüklüğü

HTEA takımı için ideal kişi sayısı dört ile altı arasındadır. Takım eğer dört kişiden daha az olursa, alt sistemlerde önemli alanların unutulması riski doğabilir. Ayrıca kişi yetersizliğinden dolayı uygulanması gereken bazı adımlar sağlıklı yürütülemeyebilir. Kişi sayısı altı kişiden fazla olursa her üye takıma tam olarak adepte olamayabilir. Fikir paylaşımında ve tartışmalarda, karar almalarda sorun çıkabilir. HTEA projesi için buluşmalar verimsizlik yaratabilir (Bertsche, 2008: 102).

2.6.2. Takım Üyeliği

HTEA çalışması genellikle firmaların belirli bir alanında uygulandığı için çalışma yapacak ekip üyelerinin çok geniş yelpaze içinde yer alan kişilerden oluşması istenmez. Ekibin, söz konusu özel konu veya durumla doğrudan ilgili kişilerden oluşturulması daha uygun bir yaklaşım olacaktır. Burada dikkat edilmesi gereken husus

takım üyelerinin tek bir fonksiyonda çalışan kişilerden seçilmemesidir (Eryürek ve Tanyaş 2003:33). Aynı birimden seçilen kişiler, çalışmaya daha geniş bir bakış açısı kazandırmada yetersiz kalabilir. Bu nedenle takımda, HTEA uygulanacak sürecin bağlantılı olduğu diğer süreçlerden de kişilerin yer alması daha uygun olur.

2.6.3. Takım Liderliği

Takım lideri yönetici tarafından atandığı gibi takım üyeleri tarafından da seçilebilir. Takım lideri aşağıda yer alan unsurları sağlayarak HTEA sürecinin koordinasyonundan sorumludur (McDermott ve diğerleri, 2009:12):

- Buluşmaları ayarlama ve yardımcı olma,
- Gerekli kaynakları sağlama,
- HTEA'nın tamamlanması boyunca takımın gelişimini sağlama.

Takım lideri takım üzerinde baskın olmamalıdır. Takım liderinin rolü karar vericilik değil, süreci kolaylaştırıcılıktır. Buluşma zamanı, süresi ve HTEA kayıtlarının saklanması bir kişinin sorumluluğunda olmalıdır. Toplantılarda kayıt tutucu kişi, lider hariç olmak üzere, üyeler arasında değişmelidir (McDermott ve diğerleri, 2009:12).

2.7. HTEA TEKNİĞİNİN UYGULAMA ADIMLARI

Hata Türü ve Etkileri Analizi, bir takım oluşturularak ürün, üretim süreci veya hizmette hatanın bulunması, hatanın risk önceliğinin saptanması, düzeltici ve önleyici faaliyetlerin gerçekleştirilmesi, hatanın müşteriye ulaşmadan engellenmesine odaklanmaktadır (Yılmaz, 2000: 139). HTEA uygulamasına başlanabilecek bazı durumlar aşağıda sayılmıştır (Stamatis, 2003: 24):

- Yeni sistemler, tasarımlar, ürünler, üretim süreçleri veya servisler oluşturulurken,

- Mevcut sistem, tasarım, ürün, üretim süreci veya servisler sebeplerine bakılmaksızın değiştirilirken,
- Mevcut koşullardaki sistem, sistem, tasarım, ürün, üretim süreci veya servisler için yeni uygulamalar bulunurken,
- Mevcut sistem, tasarım, ürün, üretim süreci veya servislerin geliştirilmesi düşünüldüğü zaman.

Bu noktada akla gelen bir başka soruda bir HTEA çalışmasının ne zaman sona erdirileceğidir. Normal olarak HTEA yapılan sistem, tasarım, üretim süreci veya hizmet var oldukça HTEA devam eder. Sadece sistem, tasarım, ürün, üretim süreci veya servisin sona erdirilmesi veya sürdürülmesi kararı verildiğinde HTEA son bulur. HTEA uygulamasının sonlandırılacağı bazı durumlar aşağıda sayılmıştır (Stamatis, 2003:26):

- Sistem HTEA, bütün donanımın belirlendiği ve tasarımın son şeklini aldığı noktada,
- Tasarım HTEA, üretime geçişin kesin tarihi saptandığında,
- Süreç HTEA, bütün üretim süreçlerinin belirlendiği, değerlendirildiği ve bütün kritik ve anlamlı karakteristiklerin kontrol planlarına taşındığı anda.
- Servis HTEA, sistem tasarımı ve bireysel görevlerin tanımlandığı, değerlendirildiği ve bütün kritik ve anlamlı karakteristiklerin kontrol planlarında adreslendiği zaman sona erdirilmesi düşünülebilir.

HTEA adımlarını şu şekilde sıralanır:

1. HTEA Kapsamının Belirlenmesi
2. HTEA Takımının Kurulması
3. HTEA Uygulanacak Sürecin (Sistem, Tasarım, Proses ya da Servis) İncelenmesi
4. Beyin Fırtınası ve Olası Hata Türlerinin Belirlenmesi
5. Olası Hata Nedenlerinin Belirlenmesi

6. Olası Hata Etkilerinin Belirlenmesi
7. Mevcut Kontrollerin Belirlenmesi
8. Ortaya Çıkma Değerinin Belirlenmesi
9. Şiddet Değerinin Belirlenmesi
10. Saptama Değerinin Belirlenmesi
11. Risk Öncelik Sayısının (RÖS) Hesaplanması ve Değerlendirilmesi
12. Alınacak Önemlerin Belirlenmesi ve Uygulanması
13. HTEA Uygulamasından Sonra Yeni RÖS Değerinin Hesaplanması

2.7.1. HTEA Kapsamının Belirlenmesi

Çalışmanın sınırlarının belirlenmesi, çalışma esnasında gerekli olmayan alanlarda zaman kaybını önleme açısından önemlidir (Baysal ve diğerleri, 2002: 84). Örneğin HTEA bir ürünün tasarımında uygulanacaksa, tasarım fonksiyonları başlıklar halinde belirlenmelidir. Eğer süreç HTEA uygulanacaksa, üretim ya da üretim-mühendislik fonksiyonları başlıklar halinde belirlenmelidir. Çalışma için özel ve açık bir tanımlama kayıt altına alınmalı ve herkes tarafından anlaşılmalıdır. Üyeler uygulama alanlarının belirlenmesiyle büyük bir avantaj sahibi olacaklardır. Bu, takımın HTEA boyunca yanlış alanlara yönelmesini engeller. Büyük süreçler üzerinde çalışmak zor olacağı için, eğer süreç geniş ise alt süreçlere ayrılmalıdır. Böylece özel gruplar bu alt süreçler üzerinde rahatlıkla çalışabilir. HTEA'ye başlamadan önce Tablo 1' de gösterildiği gibi bir çalışma kağıdı hazırlamak üyelerin rollerini, sorumluluklarını ve HTEA amacını daha iyi anlaması için oldukça yararlı olacaktır (McDermott ve diğerleri, 2009:16).

Tablo 4. HTEA Başlangıç Formu

HTEA BAŞLANGIÇ FORMU		
HTEA Numarası:	Başlama Tarihi:	
Takım Numarası:	Bitiş Tarihi:	
Lider:		
Devam süresini ve bitiş süresinin kayıtlarını kim tutacak?		
HTEA'nın kapsamı nedir?		
Etkilenecek tüm alanlar belirlendi mi? (bir tanesini işaretleyin)		
EVET	HAYIR	Uygulama:
Takıma farklı seviyelerden ve türden bilgiler sunuldu mu? (bir tanesini işaretleyin)		
EVET	HAYIR	Uygulama:
Müşteriler ve tedarikçiler belirlendi mi? (bir tanesini işaretleyin)		
EVET	HAYIR	Uygulama:
HTEA takımı hangi amaç için sorumluluk taşımaktadır? (bir tanesini işaretleyin)		
HTEA analizi	İyileştirme için öneriler sunma	İyileştirmeleri uygulama
HTEA için ayrılan bütçe ne kadardır?		
Proje son teslim tarihine sahip mi?		
Takım zaman için özel kısıtlamalara sahip mi?		

Kaynak: McDermott ve diğerleri, 2009:17

HTEA Formu:

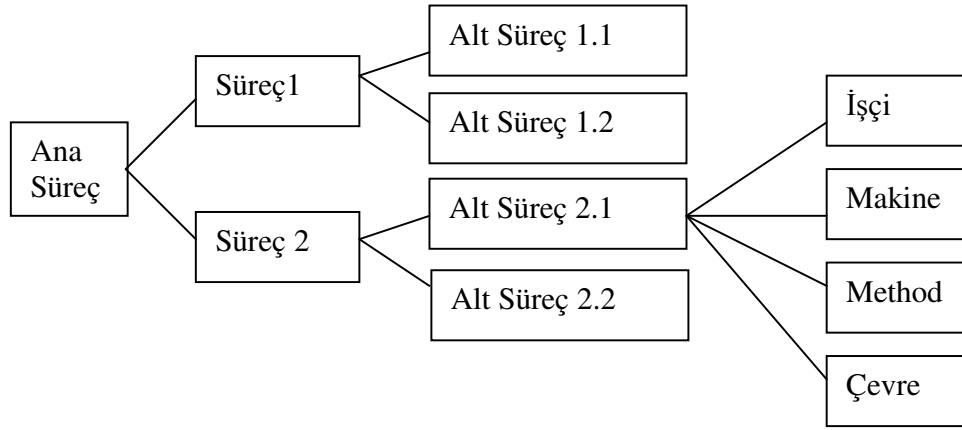
HTEA süreci, HTEA çalışma sayfası kullanılarak dokümente edilmelidir. Bu form HTEA hakkında önemli bilgileri sunarken, mükemmel bir iletişim aracı olmaktadır. HTEA form kopyaları gerektiğinde herkesin rahatlıkla ulaşabileceği merkezi bir yerde olmalıdır (McDermott ve diğerleri, 2009:17). HTEA formu ekler kısmında tablo 11’da gösterilmiştir.

2.7.2. HTEA Takımının Kurulması

HTEA geliştirme süreci çapraz fonksiyonlu ve çok disiplinli bir takımın sorumluluğundadır. Bu nedenle takım, HTEA uygulanacak süreç hakkında bilgi sahibi olan ve bu konuda uzmanlaşmış kişilerden oluşturulmalıdır. Takım yaklaşımı, HTEA sürecinden etkilenecek tüm alanlar için girdilerin ve işbirliğinin sağlıklı olması için gereklidir. Alanında bilgi sahibi kişilerden oluşan takımda HTEA uygulanacak süreç hakkında tüm bilgiler paylaşılır. Takım liderinin deneyimleri ve otoritesi göz önünde bulundurularak takım üyeleri tarafından seçilmesi en uygundur. (Down ve diğerleri, 2008:9). Daha önce de belirtildiği gibi takım dört-altı kişiden oluşur. HTEA uygulanacak sürecin her alt birimi hakkında bilgi sahibi olan kişiler sayesinde çeşitli bakış açıları ve tecrübeler ortaya konur. HTEA süreci başlamadan önce takıma eğitim verilmesi, sürecin sağlıklı işlemesi bakımından yararlı olacaktır.

2.7.3. HTEA Uygulanacak Sürecin İncelenmesi

HTEA uygulamasından önce mevcut sürecin tüm adımlarının takip edilmesi, o süreci daha iyi anlamak açısından çok önemlidir. HTEA uygulanacak süreci oluşturan fonksiyonlar, alt sistemler ve bileşenler şekil 15’teki gibi belirlenerek bu sürece ait tüm dokümantasyonlar detaylıca incelenir (Sellappan ve Sivasubramanian, 2008:43). Bu amaçla geçmiş dönemlere ait kayıtlar, süreç akış diagramları, tasarım özelliklerinin yer aldığı formlar kullanılabilir. Takımın her üyesi kendi süreci dışında diğer süreçleri takip etmeli, bu süreçler hakkındaki bilgileri incelemelidir.



Şekil 15. HTEA uygulanacak ana sürece ait sistem yapısı örneği

Kaynak: Bertsche, 2008: 120

2.7.4. Olası Hata Türlerinin Belirlenmesi

Olası hata, sistemde meydana gelmesi muhtemel olan fonksiyon yetersizlikleridir. Mevcut durumda oluşmamış fakat oluşabilecek potansiyele sahip hatalar için kullanılır. Sistem incelenirken önceden meydana gelmiş, hali hazırda devam eden ve ileride oluşabilecek hataların hepsi göz önünde bulundurulmalıdır. Olası hata türleri belirlenirken “ne yanlış olabilir” sorusu sorulmalıdır. Bu soruya cevap için şu noktalar irdelenir (Bluvband ve Grabov, 2009: 1):

- İlgili fonksiyon çalışmıyor.
- İlgili fonksiyon çalışıyor, fakat güvenlik açısından ya da bu fonksiyonun performansı ile ilgili düzenlemelerde bazı sorunlar mevcut.
- İlgili fonksiyon çalışıyor, fakat çalıştığı zaman dilimi yanlış.
- İlgili fonksiyon çalışıyor, fakat çalıştığı yer yanlış (kullanılabilirlik sorunu).
- İlgili fonksiyon çalışıyor, fakat yanlış bir yöntemle (etkinlik sorunu).
- İlgili fonksiyon çalışıyor, fakat performans seviyesi planlanandan düşük.
- İlgili fonksiyon çalışıyor, fakat maliyet planlanandan değerden fazla (plansız bakım, tamir, yüksek miktarda kaynak kullanımı).

- Plansız, istenmeyen fonksiyon çalışıyor.
- İlgili fonksiyon çalışıyor, fakat çalışma periyodu yanlış.

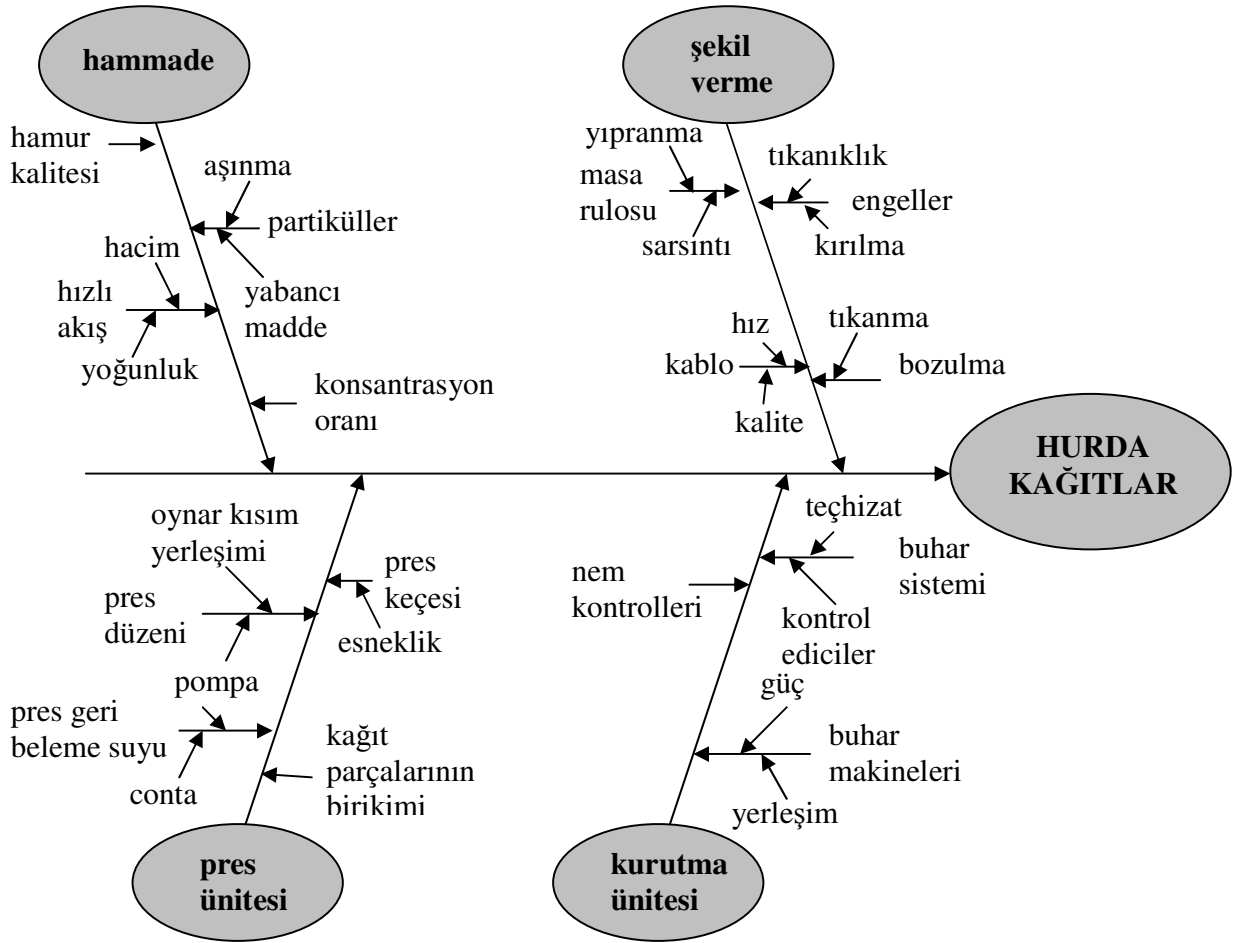
Yukarıda belirtildiği gibi bir inceleme yaparken veri olarak garanti verileri, test raporları, müşteri şikayet raporları, benzer ürün ve sistem verileri, benzer ürünler için önceden yapılmış HTEA çalışmaları, simülasyon çalışmaları sonuçları kullanılabilir (Baysal ve diğerleri, 2002:85).

Sitemde oluşabilecek potansiyel hatalar belirlenirken kullanılan en kolay yöntem beyin fırtınası tekniğidir. HTEA süreci incelendikten sonra önceden belirlenen periyotlarda takımında bulunan tüm üyelerin katılacağı düzenli toplantılar yapılır. Bu toplantılarda her üye olası hata olarak düşündüğü her fikri takıma beyan eder. Takım içinde bir kişi her fikri herkesi göreceği şekilde tahtaya yazar. Beyin fırtınası yöntemi içinde bir başka uygulamaya da post-it denilen yapışkanlı kağıtlarla fikir beyan etme olabilir. Bu kağıtlara herkes fikrini yazar ve herkesin görebileceği bir tahtaya yapıştırılır. Hatta bu tahtanın bulunduğu toplantı odası gün boyu açık olup, fikirlerin beyan edilme süresi (bir hafta gibi bir süre) dolana kadar gün içinde tüm takım üyeleri o an düşündükleri fikirleri post-it'lerle tahtaya yapıştırır. Tüm olası hataların belirlendiği bu süre sonunda fikirler gruplara ayrılır. HTEA takımı toplanarak her fikri ait olduğu ana grup altına yerleştirir. Gruplanan fikirler içinde benzer olanlar tek isim altında toplanır. Gruplama, HTEA süreci içinde üzerinde durulacak hatalar için adım adım ilerleme avantajı sağlar. Böylece hatalar incelenirken bölüm bölüm irdelenir, konu dağılmaz.

2.7.5. Olası Hata Nedenlerinin Belirlenmesi

Potansiyel hata nedeni, hatanın nelerden nasıl oluşabileceğini belirtir. Hata ile nedeni arasında direkt bir bağlantı vardır ve “eğer....olursa, ... olur” kalıbı kullanılarak potansiyel hata nedenleri belirlenir. Kök nedenleri bulmak çok önemlidir. Çünkü olası hataların yok edilmesinde uygun kontrollerin ve hareket planlarının oluşturulması gerekmektedir ve adımların doğru yapılmasında kök nedenler oldukça önemli rol oynar. Bir hata birden çok nedenden meydana gelebilir ya da bir neden birden çok hataya neden olabilir. Bu nedenle neden-sonuç ilişkisinin iyi kurulması gerekmektedir (Down ve

diğerleri, 2008:12). Balık kılçığı diagramı bu adımda kullanılabilecek en uygun araçlardan biridir. Şekil 16’da gösterildiği gibi gövdeyi nedenleri araştırılacak olan hata oluşturur. Bu gövdeye soruna neden olan genel unsurlar yerleştirilir. Her genel unsur tek tek irdelenerek bunlara neden olabilecek temel unsurlar, diagram üzerine oturtulur. Oluşan şekil balık kılçığını andırdığı için araç, bu isimle anılır.



Şekil 16. Balık kılçığı diagramı örneği

Kaynak: Sharma ve Sharma, 2010: 73

Olası hata nedenlerini belirlemek için “Olası hata türüne yol açabilecek nedenler nelerdir?” sorusuna yanıt aranır. Ayrıca şu hususlar dikkate alınmalıdır (Stamatis, 2003:202):

- Bir hata nedeni bir veya birden fazla hata türüne yol açabilir.
- Birden fazla hata nedeni tek bir hata türüne yol açabilir.
- Bir hata nedeni bir veya birden çok faktörün bir araya gelmesi sonucu ortaya çıkabilir.

2.7.6. Olası Hata Etkilerinin Belirlenmesi

Hatanın olası etkisi, müşterinin bu hata sonucunda oluşan düşünceleri olarak belirtilebilir. Olası hata etkisi, hatanın ortaya çıktığı kabul edildiğinde müşterinin neyin farkında olacağı ile ilgilenir. Buradaki müşteri, bir sonraki bölüm, işlem yapacak kişi ya da son kullanıcı olabilir (Baysal ve diğerleri, 2002:85).

Olası hata etkisi, “Bu hata türü ortaya çıkarsa ne tür sonuçlara yol açar?” sorusuna cevap aranarak saptanır. Olası hata etkilerini saptamada kullanılan kaynaklardan bazıları şöyle sıralanabilir (Stamatis, 2003:198).

- Müşteri şikayetleri,
- Garanti verileri,
- Benzer ürün için yapılmakta olan veya yapılmış HTEA sonuçları,
- Güvenilirlik verileri,
- İlgili deney çalışmalarının sonuçlarından elde edilen veriler.

2.7.7. Mevcut Kontrollerin Belirlenmesi

Süreçte mevcut durumda uygulanan kontrol işlemleri, bazı hataların önlenmesini ya da oluşmuş olan hataların düzeltilmesini sağlamaktadır. HTEA uygulanacak süreci incelerken kontrol amaçlı uygulanan işlemleri belirlemek gerekmektedir. Bu işlemler üretimde hat kontrolü, ürün üzerinde kalite kontrol işlemleri, yarımamül üretiminde uygulanacak ara kalite kontroller, giriş kalite kontrol işlemleri gibi uygulamalardan oluşur. Kontrol işlemleri yapılırken ya da yapılması

gereken işlemler planlanırken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, hatayı henüz oluşmadan yok etmeye yönelik olan önleme işlemlerine ağırlık vermek olacaktır. Böylece hata oluşuktan sonra düzeltme işlemleri ile kaybedilecek zaman, iş gücü ve malzeme kaybı önlenmiş olur. Ayrıca HTEA uygulaması içinde “olasılık” değerinin düşürülmesi de sağlanmış olur. Final kalite kontrole ağırlık vermek, yeniden değerlendirme maliyetlerini arttıracak, verimliliğin de azalmasına neden olacaktır.

2.7.8. Ortaya Çıkma Değerinin Belirlenmesi

Ortaya çıkma, hatanın oluşma olasılığıdır (Sellappan ve Sivasubramanian, 2008:45). Bu değere hatanın frekansı da denir (Chang ve Sun, 2009:630). Hatanın ortaya çıkma sıklığını gösterir ve her bir olası hata türünün gerçekleşme olasılığıyla ilgilidir (Durhan, 2006:35). Hatanın ortaya çıkma olasılığı şu şekilde sınıflandırılmıştır (Mil-Std, 1980:30):

A Düzeyi, Ortaya Çıkma Olasılığı Çok Yüksek Olan Hatalar: Birim işleme zaman aralığında hataların ortaya çıkma olasılıkları çok yüksektir. Tek bir hata türü için bu olasılık 0.20’den büyüktür.

B Düzeyi, Ortaya Çıkma Olasılığı Oldukça Yüksek Olan Hatalar: Birim işleme zaman aralığı boyunca hataların ortaya çıkma olasılıkları ortadadır. Tek bir hata türü için bu olasılık 0.10 - 0.20 aralığındadır.

C Düzeyi, arasıra Gözüken Hatalar: Birim işleme zaman aralığı boyunca hataların ortaya çıkma olasılıkları küçüktür. Tek bir hata türü için bu olasılık 0.01 - 0.10 aralığındadır.

D Düzeyi, Oldukça Az Gözüken Hatalar: Birim işleme aralığı boyunca hataların ortaya çıkma olasılıkları çok küçüktür. Tek bir hata türü için bu olasılık 0.001 - 0.01 aralığındadır.

E Düzeyi, Son Derece Az Ortaya Çıkan Hatalar: Hataların ortaya çıkma olasılıkları birim işleme zaman aralığında sifıra yakındır. Tek bir hata türü için bu olasılık 0.001’den küçüktür.

Bu sınıflandırma göz önüne alınarak hatanın ne sıklıkla oluşabileceği düşünülür ve tablo 5'teki 1-10 arası puanlama sistemi kullanılarak bir skala oluşturulur.

Tablo 5. Olasılık Derecelendirme Tablosu

HATA OLASIĞI	OLASI HATA ORANLARI	DERECE
Oldukça yüksek: hata neredeyse kaçınılmaz	$\frac{1}{2}$ 'den fazla	10
Çok yüksek	$\frac{1}{3}$	9
Yüksek	$\frac{1}{8}$	8
Kısmen yüksek	1/20	7
Kısmen orta	1/80	6
Orta	1/400	5
Kısmen düşük	1/2000	4
Düşük	1/15000	3
Çok düşük	1/150000	2
Hemen hemen olanaksız	1/1500000'den düşük	1

Kaynak: Chang ve Sun, 2009:630

Olasılık değerlendirme tablosunda yukarıda gösterildiği gibi 10'luk skalanın yerine 5'lik skala da kullanılabilir. Takım hata frekansı üzerinde değerlendirme yaparken geçmiş kayıtlardan, eğer mümkünse bu kayıtların istatistiki verilerinden ve kişisel tecrübelerden yararlanır (Chiozza ve Ponzetti, 2009:77).

2.7.9. Şiddet Değerinin Belirlenmesi

Şiddet değeri, potansiyel hatanın diğer bileşene, alt sisteme, sisteme ya da müşteriye olan etkisini belirten değerdir (Tay ve Lim, 2006:1048). Şiddet değeri belirlenirken yine takımın tecrübelerinden ve geçmiş kayıtlardan yararlanılır. Geçmişte oluşmuş ve yeni oluşabilecek benzer hatalar incelenerek karar verilir. Çalışma içinde belirlenen bir hata geçmişte yaşanan hatalarla benzerlik göstermiyorsa takımın tecrübelerine göre değerlendirme yapılır.

Bir çok durumda bir hata birden fazla etkiye sebep olabilir. Burada önemli olan hatanın değil, hata etkisinin değerlendirilmesidir. Bu nedenle her bir etki ayrı ayrı değerlendirilir ve ona göre şiddet değeri belirlenir (McDermott ve diğerleri, 2009:36). MIL – STD 1629A’da şiddet değeri şu şekilde sınıflandırılmıştır (Mil-Std, 1980:18):

1. Sınıf – Felaket Getirici Hata:

- Can kaybına neden olan,
- Birimin fonksiyonel çıktısında ciddi ölçüde azalmaya yol açan,
- Sistem veya ürün düzeyinde etkisi gözlenen hatalar.

2. Sınıf – Kritik Hata:

- Çalışanların yaralanmasına neden olan,
- Birimin fonksiyonel çıktısında ciddi ölçüde azalmaya neden olacak şekilde sistem hasarına yol açan,
- Bakım görevlileri tarafından tamir edilemeyen hatalar.

3. Sınıf – Küçük Hata:

- Birimin fonksiyonel çıktısında küçük etkilere, çalışanlarda küçük yaralanmalara neden olan,
- Sistemde küçük hasara yol açan,

- Duruşlara veya çıktıda çok az azalmaya yol açacak hatalar.

4. Sınıf – ok Küçük Hata:

- Çalışanların yaralanmasına, sistemin bozulmasına yol açacak kadar ciddi olmayan, planlanmamış bakım veya tamirle giderilebilecek hatalar.

Bu sınıflandırma göz önüne alınarak hata etkisi veya etkileri değerlendirilir ve Tablo 6'daki gibi 1-10 arası puanlama sistemi kullanılarak bir skala oluşturulur.

Tablo 6. Şiddet Derecelendirme Tablosu

SINIF	ETKİ	KRİTER	DERECE
1. Sınıf	Tehlikeli	Emniyetle ilgili arıza, yasalarla uyumsuz bir arıza. Hata herhangi bir ikaz olmadan meydana gelir.	10
	Ciddi	Emniyetle ilgili arıza, yasalarla uyumsuz bir arıza. Hata bir ikazla meydana gelir.	9
	Çok büyük	Üründe temel fonksiyonların kaybı. Ürünün tamamı hurdaya çıkar.	8
2. Sınıf	Büyük	Ürün/süreç üzerinde büyük etki. Ürün kullanılamaz. Üretimin ayıklanması ve bir bölümünün (%100'den az) hurdaya ayrılması gerekir.	7
	Önemli	Parçanın yeniden işlenmesine neden olur. Ürün performansının derecesi düşmüştür. Ürün çalışmaktadır fakat kolaylık/rahatlık sağlayan bazı parçalar çalışmaz.	6
3. Sınıf	Orta	Ürün performansı veya süreç üzerinde orta şiddette etki. Müşteri bazı rahatsızlıklar duyar. Kolaylık/rahatlık sağlayan bazı parçalar düşük performansla çalışırlar.	5
	Küçük	Ürün performansı veya proses üzerinde küçük şiddette etki. Hata müşteri tarafından fark edilir ve ürün kullanımında bazı rahatsızlıklar yaşanır.	4
4. Sınıf	Önemsiz	Ürün performansı veya proses üzerinde önemsiz etki. Hata müşteriler tarafından fark edilir.	3
	Çok önemsiz	Ürün performansı veya proses üzerinde çok önemsiz etki. Hata müşteriler tarafından fark edilmez.	2
	Etkisi yok	Ürün performansı veya proses üzerinde hiç etkisi yok.	1

Kaynak: Down ve diğerleri, 2008:37

Şiddet derecelendirme tablosunda yukarıda gösterildiği gibi 10'luk skalanın yerine 5'lik skala da kullanılabilir.

2.7.10. Saptama Değerinin Belirlenmesi

Saptama değeri, işletmenin uyguladığı kontrol işlemlerine bağlı olarak hatayı yakalayabilme yeteneğidir. Bir başka deyişle kontrol yöntemlerini uygunluk ve etkinlik açısından değerlendirilmez. Keşfedilebilirlik yeterince sağlanabiliyorsa bile fazla miktarda kontrol etmenin maliyet ve zaman açısından yük getirdiği düşüldüğünde hatanın ortaya çıkma olasılığını azaltıcı çalışmalar yaparak, kontrol sayısını azaltmak en etkin yoldur (Erginel, 1999:25). Kontrollerin listelenip etkinliğinin değerlendirilmesi de gerekir. Tespit edilebilirlik tablosu oluşturulur. Tablo 7’de gösterildiği gibi 1-10 arası puanlama sistemi ile hatanın tespit edilme derecesi belirtilir.

Tablo 7. Tespit Edilebilirlik Tablosu

TESPİT ETME	KRİTER	DERECE
Hemen hemen imkansız	Tespit etme imkânı yok.	10
Çok Zor	Kontrollerin hata türünü belirlemesi çok zor.	9
Zor	Kontrollerin hata türünü belirlemesi zor.	8
Çok Az	Kontrollerin hata türünü belirlemesi çok azdır.	7
Az	Kontrollerin hata türünü belirlemesi azdır.	6
Orta	Kontrollerin hata türünü belirlemesi ortadır.	5
Ortanın üstü	Kontrollerin hata türünü belirlemesi ortanın üstündedir.	4
Yüksek	Kontrollerin hata türünü belirlemesi yüksektir.	3
Çok yüksek	Kontrollerin hata türünü belirlemesi çok yüksektir.	2
Hemen hemen kesin	Kontrollerin hata türünü belirlemesi hemen hemen kesindir.	1

Kaynak: Down ve diğerleri, 2008:54

Saptama değeri de şiddet ve ortaya çıkma değeri belirlenirken yapıldığı gibi yine geçmiş kayıtların incelenmesi ve takımın tecrübeleri kullanılarak belirlenir.

2.7.11. Risk Öncelik Sayısının (RÖS) Hesaplanması ve Değerlendirilmesi

Risk Öncelik Sayısı (RÖS), belirlenen ortaya çıkma (O), ağırlık (A) ve saptama (S) değerlerinin çarpıyla elde edilir. Bu değer, iyileştirme faaliyetlerinin başlangıcında sistem ya da servis kullanıcılarına hata seçme konusunda bir kriter oluşturur (Bertsche, 2008:139). Risk öncelik sayısı en yüksek olandan en düşük olana kadar HTEA çalışması boyunca belirlenen tüm potansiyel hatalar sıraya konur.

$$\text{Risk Öncelik Sayısı (RÖS)} = \text{Olasılık (O)} \times \text{Şiddet (S)} \times \text{Saptama (S)}$$

Sıralanmış hatalar içinde bir öncekinden daha yüksek RÖS değerine sahip hata türleri, en fazla risk teşkil eden ve dolayısı ile daha öncelikli iyileştirme faaliyeti gerektiren hataları ifade eder (Chang ve Sun, 2009:630). Bu nedenle en yüksek RÖS değeri olan hata türünden başlanarak sırası ile diğer hata türleri için tek tek iyileştirme adımları uygulanır. Burada önemli olan RÖS değeri için bir eşik değeri belirlemektir. RÖS değeri, HTEA takımı tarafından belirlenecek olan bu eşik değerinin üstünde kalan hata türlerinin hepsi için iyileştirme adımları uygulanırken, eşik değerinin altında kalan hata türleri için bir aksiyon uygulanmaz. Bu hata türlerinin izleme altında tutulması, risk oluşturma durumlarının yükselmesi ihtimaline karşı faydalı bir adım olacaktır. Takım eşik değerini belirlerken şu kriterleri kullanabilir (Eryürek ve Tanyaş, 2003:35):

- Firmanın ve ürünün pazardaki yeri ve konumu,
- Ürünün kullanım yerinin kritikliği,
- Problemlerin giderilme kolaylığı ve zorunluluğu,
- Ürünün fiyat ve rekabet seviyesi.

Risk öncelik sayısı için bir eşik değeri belirlenmesinin yanı sıra RÖS değerleri ile pareto diagramı çizilerek de değerlendirme yapılabilir. 80/20 kuralı ile hangi potansiyel hatalar için iyileştirme uygulanacağı kararlaştırılabilir. Daha açık bir ifade ile toplam RÖS değerlerinin %80'i, geri kalan %20'den kaynaklanmaktadır. Bu %20'lik kısımda yer alan potansiyel hatalar öncelikle iyileştirme uygulanarak RÖS değeri düşürülmesi gereken kısmı oluşturmaktadır (McDermott ve diğerleri, 2009:37).

Uygulamalarda RÖS ile ilgili rastlanan durumlardan biri de farklı hataların aynı RÖS değerine sahip olmasıdır. Aynı RÖS değerine sahip iki veya daha fazla hata varsa, öncelikle şiddeti ve sonra da saptama değeri yüksek olan hata ele alınmalıdır. Şiddeti yüksek olan hata önceliklidir, çünkü bu değer hatanın etkisini göstermektedir. Saptama, ortaya çıkma değerinden daha önemlidir çünkü burada söz konusu olan hatanın müşteriye ulaşmasıdır. Müşteriye ulaşan hatalara, sık ulaşan hatalardan daha öncelikli olarak yaklaşılmalıdır (Stamatis, 2003:34).

2.7.12. Alınacak Önlemlerin Belirlenmesi ve Uygulanması

Düzeltilici faaliyetler, RÖS değeri daha önceden belirlenmiş olan eşik değerini aşan hatalar için uygulanır. Bu iyileştirme çalışmaları ile RÖS değerleri aşağıya çekilmeye çalışılır. Ortaya çıkma, saptama ve şiddet değerleri küçültülerek RÖS değeri aşağıya çekilmiş olur. Tüm bu bileşenlerin değerlerinin azaltılmasında şu noktalara dikkat edilmelidir (Baysal ve diğerleri, 2002:87):

Şiddet Değerinin Azaltılması: Sadece Tasarım ya da üretim süreci revizyonu ile mümkün olabilir. Ürün ya da üretim süreci değişikliği, şiddet değerinin azalmasına neden olacak anlamına gelmez. Herhangi bir değişiklikte takım bu değişikliği yeniden gözden geçirmeli ve ürün ya da proses üzerine nasıl bir etkide bulunacağını değerlendirmelidir. Burada en iyi yöntem değişikliklerin süreç geliştirmeden önce uygulamasıdır (Down ve diğerleri, 2008:105).

Saptama Değerinin Azaltılması: Zaman aralıkları belirli kontroller ile veriler toplanır, baskın hatalar belirlenir ve bunlara göre kalıcı önlemler alınır. Kontrol

yöntemleri değiştirilebilir ya da iyileştirilebilir. Kontrol sıklılığını arttırmak kalıcı bir çözüm değildir. Bazı durumlarda tasarım ya da proses değişikliğine gidilebilir (Down ve diğerleri, 2008:107).

Ortaya Çıkma Değerinin Azaltılması: Ortaya çıkma hata nedenleriyle ilgilidir, hata nedenleri üzerinde uygulanacak herhangi bir kontrol ya da yok etme yöntemi ortaya çıkma değerini azaltacaktır. Bu durum tasarım ya da proses revizyonu ile sağlanabilir (Down ve diğerleri, 2008:105).

İyileştirme adımları tasarım değişikliği, deney tasarımı, toleransların değiştirilmesi, test yöntemlerinin iyileştirilmesi, test faaliyet planı, süreç akış diagramları, yerleşim planı, iş planı ya da bakım planlarının iyileştirilmesi, ekipman, donanım ve makine spesifikasyonlarının gözden geçirilmesi ile sağlanabilir (Erginel, 1999:25). İyileştirme adımları HTEA takımı tarafından uygulanabileceği gibi her konu ile ilgili görev verilen kişi veya farklı gruplarca da ele alınabilir. Belirli bir termin çerçevesinde çalışmaların tamamlanması istenir. Uygulanmaların takibi ve değerlendirilmelerinin takım tarafından yapılması daha uygun olur (Eryürek ve Tanyaş, 2003:35). Sonuçlar raporlanarak üst yönetime sunulur.

2.7.13. Yeni RÖS Değerinin Hesaplanması

Belirlenen önemlerin uygulanmasından sonra HTEA başında belirlenen potansiyel hatalar için yeni bir RÖS değeri hesaplanır. Aynı hatalar için yeni değerin, öncekinin ne kadar altında olduğu belirlenir. Yeni değer istenilen seviyeye inmiş ise uygulanan önemler başarı ile sonuçlanmışır. İstenilen seviye için belirli bir limit yoktur. Bu tamamen takımın kararına bağlıdır. Eğer önemler sonucu istenilen değere ulaşamadıysa ortaya çıkma, şiddet ve saptama adımları tekrar gözden geçirilmeli, yeni önemler kararlaştırılmalıdır. Gerekli ise yeni bir HTEA uygulaması başlatılmalıdır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ TEKNİĞİNİN ÖZEL BİR FİRMADA UYGULANMASI

3.1. FİRMA TANITIMI

Viking A.Ş.;1978 yılında Avcı Kimya ünvanı ile İzmir'in Güzelyalı ilçesinde 6m² 'lik alanda başladığı ticari hayatına, 1992 yılında Viking Temizlik Ürünleri Ltd.'ti ve 2004 yılında Viking Temizlik ve Kozmetik Ürünleri A.Ş.ünvanını alarak devam etti. Viking A.Ş. toplam 30.000 m² kapalı alana sahip, 43.000 m² açık alan üzerine kurulu fabrikasında son teknoloji makine ekipmanı ve otomasyon sistemi ile kaliteli ürünlerin üretimini gerçekleştirmektedir. Tam otomasyonlu üretim sistemi ile yılda 214.000 tonluk üretim kapasitesine sahiptir. Günlük 850 yıllık 214 bin ton kapasite ile çalışan Viking Temizlik, satışların %24'ünü Private Label ürünlerden elde etmektedir. Türkiye'de birçok önemli perakende grubu ile çalışan Viking Temizlik, %100 Türk bir firma olarak, yerli yabancı birçok kuruluşa özel markalı ürünler üretmektedir Viking Türkiye'de Tesco – Kipa, Bizim Toplu Tüketim, Carrefour, Diasa, Pehlivanoğlu, Adese, Aytaş - Tespo, Gimsa, Besaş ve Kiler gibi firmalarla çalışmaktadır. (<http://www.vikingtemizlik.com.tr>).

Viking A.Ş. ürünleri genel olarak çamaşır grubu, bulaşık grubu, korozif, yüzey temizleyici, kişisel bakım, oda parfümü ve endüstriyel ürünler olmak üzere yedi grupta toplanmaktadır. Üretim alanı ise toz bölümü, korozif bölümü, sıvı bölümü ve kozmetik bölümü olarak dörde ayrılır. Korozif ve toz bölümlerinde manuel olarak üretim yapılırken, sıvı ve kozmetik bölümünde ise tam otomasyon sistemi ile üretim yapılmaktadır (<http://www.vikingtemizlik.com.tr>).

Viking Temizlik, ihracat konusunda henüz yeni atılımlar gerçekleştirmesine karşın kısa zamanda birçok ülkeye geniş bir ürün yelpazesinde ürün gönderimi gerçekleştirmiştir. Yurtdışında Sailor Viking markasıyla faaliyet gösteren Viking Temizlik, farklı birçok ürün adı altında da market raflarında yer almaktadır. Almanya, Danimarka, Bulgaristan, Bosna Hersek, İsrail, Irak, Senegal ve Zanzibar gibi ülkelere ihracatı mevcuttur. İhraç ürünleri arasında sıvı sabun, sıvı bulaşık deterjanı, çamaşır suyu, kireç önleyici gibi ürünler bulunmaktadır. Ayrıca Amerika Birleşik Devletleri'ne New York olmaz üzere Chicago, Boston ve Philadelphia, Connecticut ve Miami gibi birçok eyalete de sıvı bulaşık deterjanı üretmektedir (<http://www.vikingtemizlik.com.tr>).

Viking A.Ş. ISO 9001:2000, OHSAS 18001 ve ISO 14001 standartlarına sahiptir.

3.2. HTEA UYGULAMA

Viking Temizlik ve Kozmetik A.Ş.' de süreç HTEA uygulanmıştır. Viking Temizlik ve Kozmetik A.Ş. ürün yelpazesinde toz deterjan çeşitleri geniş yer tutmaktadır. Bulaşık makinesi deterjanı, bulaşık makinesi tuzu, kireç önleyici, çamaşır beyazlatıcı, toz soda, lavabo açıcı, makinede kullanım için çamaşır deterjanı, elde kullanım için çamaşır deterjanı üretilen toz deterjan çeşitleridir. Haftalık 25 ton toz deterjan üretilmektedir. Toz deterjan üretiminde son zamanlarda sıkıntılar yaşanmıştır. Kalite kontrolde yarımamül ok almakta oldukça zorlanmaktadır. Karıştırma süreleri ve dolayısı ile üretim süresi uzamaya başlamış, red olan yarımamüller artmaya başlamıştır. Ayrıca en müşteri şikayetleri de artmaya başlamıştır. Homojen karışma olmaması gibi tüm sorunlar HTEA kapsamında incelenmiş ve bu bağlamda Viking Temizlik ve Kozmetik A.Ş. toz bölümünde HTEA uygulaması ile iyileştirme yapılmıştır.

3.2.1. HTEA Kapsamının Belirlenmesi

Üretim süreci içinde toz deterjan üretimi alt süreci üzerinde çalışılacaktır. Toza ait hammadde koltuk ambarı, kazana hammadde besleme, kalite kontrol aşaması,

yarımamülü stok tankına basma, dolum onay aşaması, dolum ve paketleme aşaması, final kalite kontrol aşamaları üzerinde çalışılmıştır. HTEA uygulamaya başlarken tablo 8’da gösterilen “HTEA Başlangıç Formu” doldurulmuş, HTEA ekibinin tüm üyelerine dağılarak ayrıca kayıt altına alınmıştır.

Tablo 8. Toz Deterjan HTEA Başlangıç Formu

HTEA BAŞLANGIÇ FORMU		
HTEA Numarası: 01	Başlama Tarihi: 01.02.2009	
Takım Numarası: 01	Bitiş Tarihi: 01.07.2009	
Lider: Yasemin ÇEBER (Üretim Mühendisi)		
Devam süresini ve bitiş süresinin kayıtlarını kim tutacak? Yasemin ÇEBER (Üretim Mühendisi)		
HTEA’nın kapsamı nedir? Toz Deterjan Üretimi Etkilenecek tüm alanlar belirlendi mi? (bir tanesini işaretleyin) EVET ☒ HAYIR ☐ Uygulama: Takıma farklı seviyelerden ve türden bilgiler sunuldu mu? (bir tanesini işaretleyin) EVET ☒ HAYIR ☐ Uygulama: Müşteriler ve tedarikçiler belirlendi mi? (bir tanesini işaretleyin) EVET ☒ HAYIR ☐ Uygulama: HTEA takımı hangi amaç için sorumluluk taşımaktadır? HTEA analizi ☒ İyileştirme için öneriler sunma ☒ İyileştirmeleri uygulama ☒		
HTEA için ayrılan bütçe ne kadardır? -		
Proje son teslim tarihine sahip mi? 01.07.2009		
Takım zaman için özel kısıtlamalara sahip mi? Hayır		

3.2.2. HTEA Takımının Kurulması

HTEA takımı 6 kişiden oluşmaktadır. Üyeler, toz üretim sürecinde sürecin farklı noktaları hakkında bilgi sahibi kişilerdir.

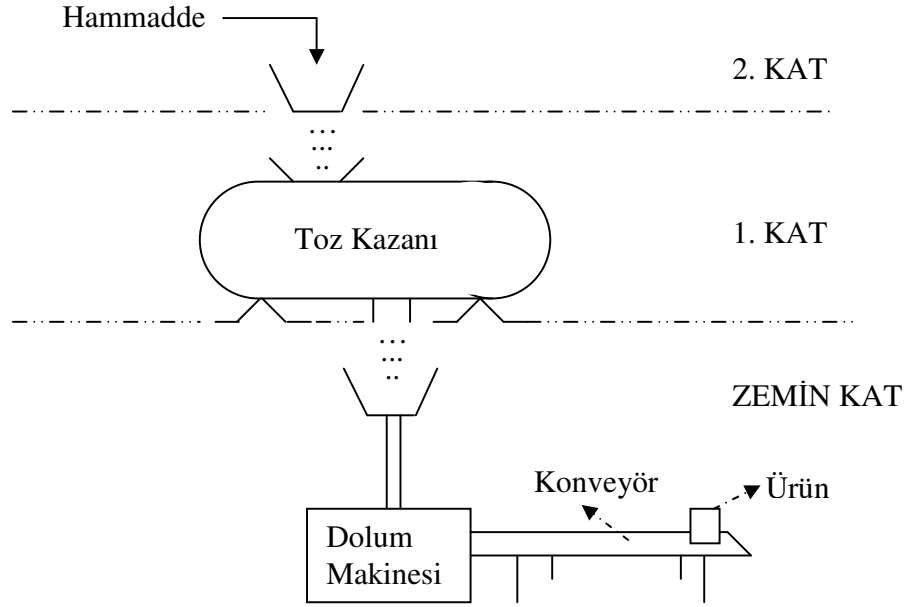
HTEA Takım Üyeleri:

Lider: Yasemin Çeber (Üretim Mühendisi)

- 1) Mücella Denizeri (Üretim Müdürü)
- 2) Gonca Bahadır (Üretim Müdür Yardımcısı)
- 3) Engin Kuyutan (Teknik Bakım Sorumlusu)
- 4) Mehmet Karaçay (Toz Bölümü Üretim Formeni)
- 5) Turgut (Toz Bölümü Dolum Formeni)

3.2.3. HTEA Uygulanacak Sürecin (Proses) İncelenmesi

HTEA uygulamasının başlangıcında ilk olarak ekip üyelerinin tümünün üretim sürecini iyi anlayabilmesi için üretim alanı gezilmiştir. Süreç lider tarafından detaylı olarak kağıda dökülmüş ve tüm üyelere dağıtılmıştır. Toz deterjan üretim alanı şekil 17’de gösterilmiştir.



Şekil 17. Toz Bölümü Üretim Alanı

Gelen şikayetler ve üretim esnasındaki çıkan sorunların sebebini anlamak amacıyla toz deterjan üretim akışı incelenmiştir. Mevcut durum Ek 1’de gösterilmiştir.

- i) Hammadde Koltuk Ambarı: Süreç hammaddelerin giriş kalite kontrol alanından üretimde hammadde koltuk ambarına taşınması ile başlamaktadır. Burada tüm toz grubu hammaddeleri 25 kg’dan 1 ton aralığında çuvallar ve big bag’ler halinde bulunmaktadır. Burada en önemli husus kimyasalların bulunduğu yerin kesinlikle nem almamasıdır. Toz halinde bulunan kimyasallarda nemli ortamda yapışma ve katılaşma görülür.
- ii) Kazana Hammadde Besleme: Yarımamül üretim reçetesine göre gerekli hammaddeler, o mamulün üretim prosedürüne göre sırayla üretim kazanına beslenir. Karışım üretim boyunca devam eder.

- iii) Kalite Kontrol Aşaması: Kazana hammadde beslendikten sonra reçetede belirtilen süre kadar karıştırma yapılır. Bu süre sonunda yarımamülden yaklaşık 1 kg kalite kontrol laboratuvarına verilir. Yoğunluk, pH, aktif oksijen, klor miktarı analizleri yapılır ve analiz sonuçları istenilen değerlerde ise yarımamüle “ok” verilir, değilse gerekli hammadde ilaveleri yapılarak tekrar karıştırılır ve yarımamülden kalite kontrole numune verilir. Ürün “ok” alana kadar bu süreç devam eder.
- iv) Yarımamüli Stok Tankına Basma: Ürün, kalite kontrolde “ok” verildikten sonra kazandan stok tankına (bunker) basılır.
- v) Dolum Onay Aşaması: Yarımamül bunkere basılmadan önce dolumda kullanılacak kutu, etiket, koli doğruluğu ve uygunluğu onaylanır.
- vi) Dolum ve Paketleme Aşaması: Yarımamül dolum makinesinden istenilen karton kutu hacmine göre doldurulur ve kolilenir.
- vii) Final Kalite Kontrol: Mamul görünümüne göre ok alır ve sevkiyata verilir.

Üretim Alanı gezilip, mevcut durumdaki üretim akışı incelendikten sonra kalite yönetim biriminden alınan veriler doğrultusunda müşteri şikayetleri incelenmiştir. Bulaşık makinesi deterjanı bulaşıklar üzerinde yoğun bir kalıntı bırakmaktadır. Çamaşır deterjanlarında renklenme meydana gelmiş, poşet açıldığında deterjan renginin mavi olduğu görülmüştür. Toz deterjanların büyük çoğunluğunda poşet ya da kutu açıldığında deterjanın çok incelendiği (tanecik boyutunun çok azalması), un gibi olduğu görülmüştür. Kutu içinde yer alan deterjanların kutularında kapak yapışmaması ve deterjanın etrafa saçılması soru yaşanmıştır. Sodanın doldurulduğu poşetlerden ürünün sürekli döküldüğü görülmüştür. Son olarak çok az miktarda da olsa bulaşık makinesi deterjanımızı kullanan bazı müşterilerimizden çatal kaşıklarında renk değişimi gözlemlendiği şikayeti gelmiştir.

Müşteri şikayetlerinden sonra kalite kontrol kayıtları incelenmiş, hammadde giriş kalite kontrol ve yarımamül kalite kontrol sorumluları ile görüşülmüştür. Giriş

kalite kontrol kayıtlarında çok fazla soruna rastlanmamıştır. Bazı hammaddeler (soda gibi) istenilen tanecik boyutunun biraz altındadır fakat sorun yaratmayacağı düşünülerek kabul edilmiştir. Nemli gelen, ya da kimyasal ve fiziksel değerleri (klor yüzdesi, yoğunluğu, nem yüzdesi gibi) spesifik değer aralığında olmayan kimyasallar reddedilmektedir. Yarımamül kalite kontrol kayıtlarında ise çok önemli sonuçlar ortaya çıkmıştır. Bir üründe ilk seferde “ok” kararı çıkma durumu çok azalmıştır. Yarımamüller neredeyse tamamen ikinci hatta bazen üçüncü seferde ok almaktadır. Yoğunluk değerleri istenilen değerlerde çıkmamaktadır. Nem değerleri bazen istenilen aralıkta olmamaktadır. Klor yüzdesi bazen çok yüksek bazen de çok düşük bulunmaktadır. Ürün tanecik boyutları incelenmiştir. Her numune alınışından önce ürün uzun süreli (10-15 dk) karıştırılması gerekmektedir. Bu nedenle kalite kontrol süreleri çok fazla uzamaya başlamıştır. Ayrıca tozda renk değişimi nedeniyle red alan yarımamüller olmuştur. Red olan ürünlerde mavileşme görülmüştür.

Kalite kontrolün ardından iş emri kayıtları incelenmiştir. İş emri her ürünün dolumunda teknisyene verilen, o üründen kaç koli dolacağını belirten bir belgedir. Bu belgede dolum esnasında yaşanan sorunların belirtileceği boşluklar bulunmaktadır. Bu sorunlar; dolum süresince kapak, plastik bidon ve şişe, poşet ya da kutu firesi miktarı, dolum süresinin artması, 10 dk’da bir yapılan gramaj miktarı ölçümlerindeki oynama gibi verilerdir. Bu veriler incelendiğinde en çok göze batan konu uzayan dolum süreleri olmuştur. Gramaj tutmaması sorunu nedeniyle makineye sık sık gramaj ayarı yapılmakta ve bu nedenle de kısa süreli bile olsa sıklıkla duruşlar olmaktadır. Bu da dolum süresinin uzamasına, verimliliğin düşmesine neden olmuştur. Haftalık hesaplanan verimlilik değerleri %90’dan ürünlerde çeşitliliğin armasıyla birlikte %35’lere düşmüştür.

Dolum onay aşaması kayıtları ve final kalite kontrol kayıtlarının yer aldığı sayfalar da iş emrinin son sayfalarını oluşturmaktadır. Bu noktada dolum onay ve final kalite kontrol kayıtları incelenmiştir. Soda üretiminde poşet firesi çok çıkmıştır. Kutu içine dolan ürünlerin üretiminde kutu firesi çok fazla çıkmıştır. Dolan ürünlerin kutularında çizikler görülmüş bu nedenle “red” alan kutu sayısı yüksek orandadır. Dolum onay aşamasında ise sorunla karşılaşmamıştır. Fakat ilk onay ok çıkmasına

rağmen dolum esnasında kutuların birbirine yapışık çıkması sorunu gözlenmiştir. Ayırma işlemi nedeniyle uzayan dolum süreleri ortaya çıkmıştır.

3.2.4. Beyin Fırtınası ve Olası Hata Türlerinin Belirlenmesi

Üretim sürecinin incelenmesi aşamasında incelenen kayıtlar sonucunda mevcut hatalar belirlenmiştir. Mevcut hatalarla birlikte oluşmamış fakat oluşması muhtemel hataları da belirleyebilmek için bölüm sorumlularından oluşan HTEA takımı ile iki kez beyin fırtınası yapılmıştır. İlk beyin fırtınasında hatalar belirlenmiş ve gruplanmıştır. İkincisinde ise alınması gereken önlemler tartışılmıştır.

Mevcut durumdaki hata türleri şunlardır:

- o Homojen karışım olmaması,
- o Yarımamülde taneciklerin birbirine yapışması,
- o Ambalaj (poşet ve kutunun) ağızlarının iyi kapanmaması,
- o Üründe renk değişimi olması,
- o Kutuların birbirine yapışması,
- o Kutu kapağı üst yüzeyinin dolum sonrasında sürekli çizik olması,
- o Yarımamülün tanecik boyutunun azalması,
- o Gramajın tutmaması (bazı kutuların istenilen değerlerden daha düşük bazılarının ise istenilen değerlerin üzerinde ağırlıklı olması).

Olası hata türleri olarak da şunlar belirlenmiştir:

- Hammaddelerin spesifik değerlerde olmasa bile kontrollü kullanım ile üretime verilmesi,
- Kazana hammadde besleme aşamasında kimyasalları üretim prosedürüne uygun olarak atılmaması,

- Kolileleme aşamasında kutuları üst üste belirlenen değerden daha fazla istiflemesi,
- Sevkiyat bölümünde uygun olmayan koli taşıma yöntemleri.

Homojen karışım olmaması, yarımamülde taneciklerin birbirine yapışması, üründe renk değişimi olması ve tanecik boyutunun azalması reaktörün (kazan) yapısı ile ilgili sorunlardır. Bu nedenle mekanik kaynaklı sorunlar olarak tanımlanmıştır.

Kutuların birbirine yapışık çıkması ambalaj sorunlarıdır.

Ambalaj, kutu üst kapağı yüzeyinin dolum sonrasında çizik olması ve poşetlerin ağzının iyi kapanmaması dolumla ilgili sorunlardır.

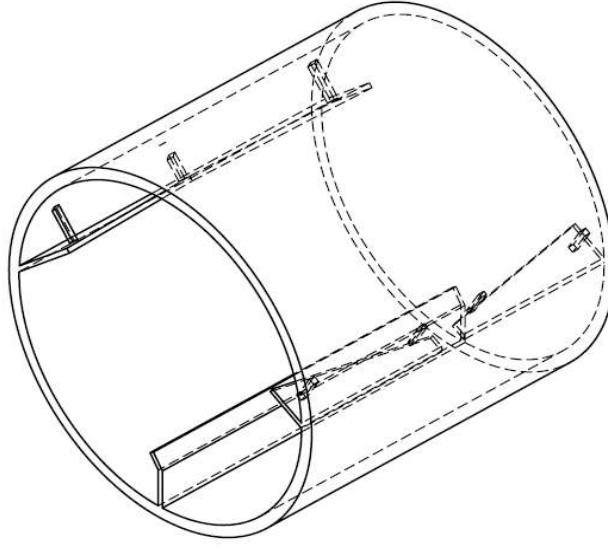
Kontrollü kullanılabilecek kimyasalların üretime verilmesi hammadde kaynaklı sorundur.

Kazana hammadde beslemedeki hatalı yöntem, kolilemede uygulanan fazla yük yükleme, sevkiyattaki hata taşıma yöntemleri de insan kaynaklı hatalardır.

Gramaj tutmaması ise hem kazana bağlı mekanik hem de dolum kaynaklı hatadır.

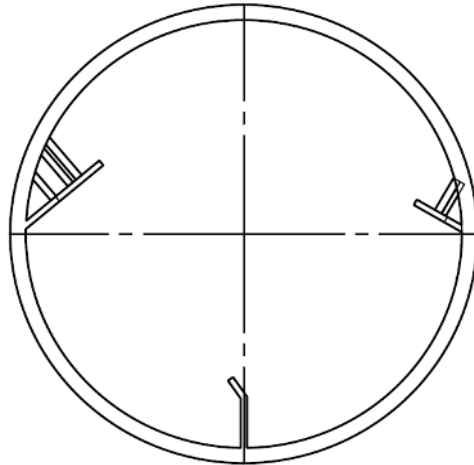
3.2.5. Olası Hata Nedenlerinin Belirlenmesi

Mekanik kaynaklı hatalar kazanın iç yapısının tasarımından kaynaklanan hatalardır. Kazanın iç yapısı Şekil 18'deki gibidir.



Şekil 18. Toz karıştırma kazanı

Şekilde 18’de gösterilen toz karıştırma kazanı silindirik bir metal kazan içinde şekil 19’da gösterilen kanatlar yerleştirilmiştir. Kanatlar karıştırma sırasında içlerine dolan tozları kürekleyerek kazan boşluğuna bırakmaktadır. Kürekleme işleminde toz kütlesi yüksek miktarda alarak boşluğa bırakılır ve bu da karışımın iyi olmamasına neden olmaktadır.



Şekil 19. Toz karıştırıcı kazanının iç yapısı

Toz karıştırıcının içinde bir de esans püskürtme deliği vardır. Ürünün reçetede yazan esansı, istenilen miktar kadar esans haznesine konur ve kazan içine püskürtülür. Esans püskürtme deliği kazanın iç çeperinin bir noktasına yapışıktır ve o noktadan püskürtme yapar. Bu da esansın hep aynı doğrultu boyunca bir noktaya püskürtülmesini sağlar. Sıvıyı yoğun olarak alan bu noktada toz taneciklerinin birbirine yapışması gözlenmiştir. Ayrıca bazı deterjan reçetelerinde temizleyici olarak sıvı haldeki aktif kimyasallar kullanılır. Bu deterjanlarda renklenme görülmüştür. Sıvıyı yoğun olarak alan kısımlarda renkli fosfatın rengi dağılmaktadır ve sonuç olarak da deterjan maviye dönmektedir. Tanecik boyutunun azalarak ürünün un haline gelmesi ise yine homojen karışım olmadığından artan karıştırma süreleri ve bu süre boyunca toz taneciklerinin parçalanmasından kaynaklanır.

Kutuların birbirine yapışık çıkması giriş kalite kontrolde örneklem yönteminin uygulanmasından kaynaklanır. Ambalaj ve poşetlerin ağzının iyi kapanmaması sorunu, hem hammadde giriş kalite kontrolden hem de dolumdan kaynaklanan sorundur. Beyin fırtınası toplantısında ortaya çıkan sonuca göre toz soda tanecik boyutu son zamanlarda normal değerden daha küçük değerde gelmiştir. Kimyasal kalite kontrol müdürünce sorun olmayacağı düşünülerek kabul edilmiştir. Dolum esnasında poşetin ağzı kapatılırken soda tozutmaya yapmaktadır ve poşetin ağız kısmı toza bulanmaktadır. Bu da poşetin ağzının kapanırken birbirine yapışmasını önlemekte, dolum esnasında firenin çok çıkmasına neden olmaktadır. Kutuların ağzının yapışmaması ise dolum makinesinden kaynaklanmaktadır. Dolum makinesinde kutu ağzını yapıştırmak için soğuk tutkal kullanılmaktadır. Kutular önce düzeltilerek hacimlenir, bir fırça yardımıyla alt kapağı yapıştırılır, içine ürün doldurulur ve yine bir fırça yardımı ile üst kapağı yapıştırılarak kapatılır. Tüm bunlar dolum makinesinde otomatik olarak yapılmaktadır. Soğuk tutkal özellikle kış aylarında geç kurumaktadır. Bu da kapakların kulakçıklarla iyice yapışmamasına ve kapanmamasına neden olmaktadır. Kutu üst yüzeylerinin sürekli çizik olması gelen kutuların katlama şeklidten kaynaklanmaktadır. Kutular tedarikçiden sağa yatık olarak katlı gelmekte, makine içinde yukarıda anlatıldığı gibi otomatik olarak açılmaktadır. Sağa yatık olarak gelince üst kapak kısmı altta kalmakta ve dolum bu şekilde olduktan sonra kolileme aşamasında işçiler tarafından ters çevrilerek koliye

yerleştirilmektedir. Üst kapak altta kalınca dolum sırasında ve konveyör boyunca etrafa saçılan toz tanecikleri kutu kapaklarının çizilmesine neden olmaktadır.

Dolum esnasında gramaj tutmaması ürünün homojen karışmamasından ve dolum yüksekliğinin çok olmasından kaynaklanır. Ürün homojen karışmadığı için ağır hammaddeler ayrı hafif hammaddeler ayrı dolmaktadır. Ayrıca dolum yüksekliği de uzun bir mesafe olduğu için ağır hammaddeler yerçekimi etkisiyle daha önce düşer, hafifler daha yavaş düşer. Bu nedenle bazı kutularda ağır hammadde yoğunluğu bazılarında ise hafif hammadde yoğunluğu çok olur.

Kontrollü izin ile kimyasalların üretime verilmesi yani giriş kalite kontrolden “ok” alma olasılığı giriş kalite kontrolden kaynaklanan bir sorundur. Üretimde sorun çıkarabilecek (hammaddenin nemli gelmesi, hammaddenin kirli gelmesi, hammaddenin kimyasal değerlerinin istenilen spekt aralığında olmaması gibi) hammaddenin giriş kalite kontrol onayını almaması gerekir.

Kazana hammadde beslemenin yanlış olması, kolilemede fazla yük yüklenmesi ve sevkıyatta hatalı taşıma gibi olası hatalar işçi denetimlerinin azlığından kaynaklanır.

3.2.6. Olası Hata Etkilerinin Belirlenmesi

Olası hata etkilerini belirlemede toz deterjan üretim sürecini incelerken kullanılan kayıtlardan elde edilen verilerden yola çıkılmıştır. Karışımın homojen olmaması dolumda gramajın tutmamasına ve dolayısı ile uzayan dolum sürelerine neden olur. Sonuç olarak üretimde verimlilik düşüşüne sebep olmaktadır. Ayrıca kutu içindeki yarımamülde homojen bir dağılım olmadığı için bazı kimyasallar bir kutuda yoğun olarak toplanır ve bu da ürünün kullanım sonrasında kullanıldığı yüzeyde deformasyona veya kalıntıya yol açar. Bu sonuçlar da müşteri şikayetlerini artırır. Homojen karışım olmaması ayrıca kalite kontrol süresini uzatır ve üretimin başka bir ayağında yine verimsizliğe neden olur. Ayrıca uzayan dolum süreleri ürünü un haline getirdiği için yine kullanım sırasında doğacak sıkıntılardan dolayı müşteri şikayetleri artar. Ayrıca ürünün un haline gelmesi dolumu, dökülüp saçılmalardan dolayı zorlaştırır. Renk

değişimi ve topaklanma yine müşteri şikayetlerine neden olur. Sonuç müşteri kayıplarına kadar gidebilir. Kutuların tedarikçiden birbirine yapışık olarak gelmesi dolum esnasında zaman kaybına neden olur. Dolum verimliliği düşer. Ambalajların ağzının iyi kapanmaması fire miktarının artmasına neden olur. Ayrıca saatte üretilmesi gereken koli miktarı da düşeceği için dolum verimliliği düşer. Hammadde giriş kalite kontrolde kontrollü izin ile geçen hammaddeler üretimde kullanım zorluğu yaratır. Ayrıca müşteriye ulaşan ürünün bozulmasına neden olabilir. Kolilemede, sevkıyatta ya da üretim esnasında prosedüre uygun olmayan uygulamalar mamülün deforme olmasına neden olur. Ürün sevkıyat depoda “red” alır ve fire artar.

3.2.7. Mevcut Kontrollerin Belirlenmesi

Toz bölümü dahil olmak üzere tüm üretim bölümlerinde önlemeden ziyade saptamaya yönelik kontroller uygulanmaktadır. Hammadde ve ambalaj giriş kalite kontrolleri üretim esnasında ya da sonrasında oluşabilecek problemlerin yok edilmesinde etkili olmaktadır. Fakat genel olarak yaşanan sorunlar, aksayan yerler üzerinde gerekli önlemlerin alınmamasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle yarımamül kalite kontrol ve final kalite kontrol esnasında ürünler, sürekli olarak ya uzun süren düzetme çalışmalarına ya da “red” almaya maruz kalmaktadır. Önlemeye yönelik adımlar arasında en önemli olanı üretim kazanı ve dolum makinelerinin periyodik bakımlarının yapılmasıdır. Yılda bir defa makineler elden geçirilir, aksayacağı tahmin edilen yerleri düzeltilir.

3.2.8. Ortaya Çıkma, Şiddet ve Saptama Değerinin Belirlenmesi

Ortaya çıkma, şiddet ve saptama değerleri hesaplanırken tüm giriş, yarımamül, final ve dolum onay kayıtları, müşteri şikayetleri, ürün reçeteleri incelenmiş; süreç sahipleri (üretim ve dolum operatörleri, baş teknisyen, kalite kontrol sorumluları) ile görüşülmüştür. Değerler Ek 2’de gösterilen HTEA tablosunda belirtilmiştir. Ortaya çıkma değeri belirtilirken Olasılık Derecelendirme Tablosu, şiddet değeri belirlenirken

Şiddet Derecelendirme Tablosu, saptama değeri belirlenirken Tespit Edilebilirlik Derecelendirme Tablosundan yararlanılmıştır. Puanlama sistemi 1-10 arası derecelendirme ile yapılmıştır.

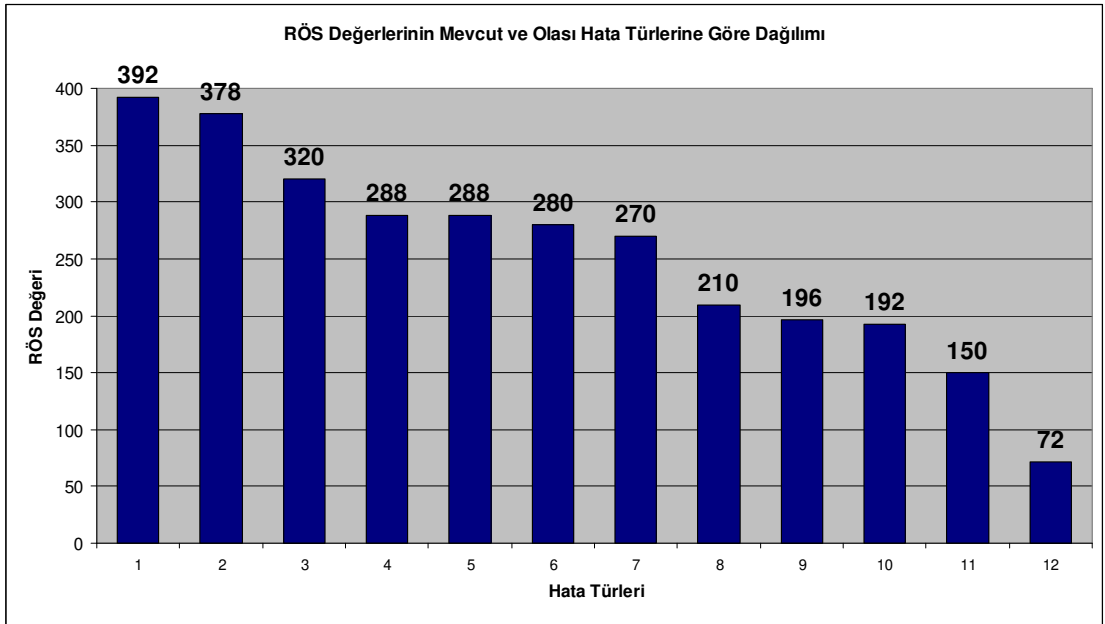
3.2.9. Risk Öncelik Sayısının (RÖS) Hesaplanması ve Değerlendirilmesi

Ortaya çıkma değeri, şiddet değeri ve saptama değerlerinin birbirleri ile çarpımı sonucu elde edilen risk öncelik katsayısı (RÖS) her bir hata türü için hesaplanmıştır. Ek 2’de gösterilen RÖS değerleri tablo 9’da özetlenmiştir.

Tablo 9. Tüm Hata Türleri İçin RÖS Değerleri

Sıra	Potansiyel Hata Türü	RÖS Değeri
1	Ürünüde renk değişimi	392
2	Ürünün un haline gelmesi (tanecik boyutunun azalması)	378
3	Gramaj tutmaması	320
4	Homojen karışım olmaması	288
5	Kutuların birbirine yapışması	288
6	Taneciklerin birbirine yapışması	280
7	Kutu kapağı üst yüzeyinin sürekli çizik olması	270
8	Kolileleme aşamasında kutuları üst üste belirlenen değerden daha fazla istifleme	210
9	Ambalaj (poşet ve kutuların) ağızlarının iyi kapanmaması	196
10	Kimyasalların kontrollü kullanım ile üretime verilmesi	192
11	Kolilerin uygun olmayan yöntem ile taşınması	150
12	Kazana hammadde besleme aşamasında kimyasalları üretim prosedürüne uygun olarak atmama	24

HTEA takımı incelenen müşteri şikayetleri, toz kazanında yapılan yarımamülün “ok” alma süreçleri, dolum aşamasında çıkan sorunları değerlendirdiğinde mevcut ve olası durumdaki hata türlerinin çoğunun giderilmesi gerektiğine karar vermiş, risk öncelik sayısının düşük tutulması gerektiğini ortaya koymuştur. RÖS değeri 40 olarak belirlenmiştir. Risk öncelik sayısı değerleri hesaplandıktan sonra toz üretim bölümü ile ilgili sorunların çok ciddi boyutlarda olduğu ortaya çıkmıştır. RÖS değeri 40’ın altında olan tek bir hata türü vardır. Bu sonuç da diğer tüm hata türleri için düzeltici ve önleyici faaliyet açılması gerektiğini göstermiştir. Tüm hata türleri Şekil 20’de grafik üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 20. Olası ve Mevcut Hata Türlerinin RÖS Değerleri Grafiği

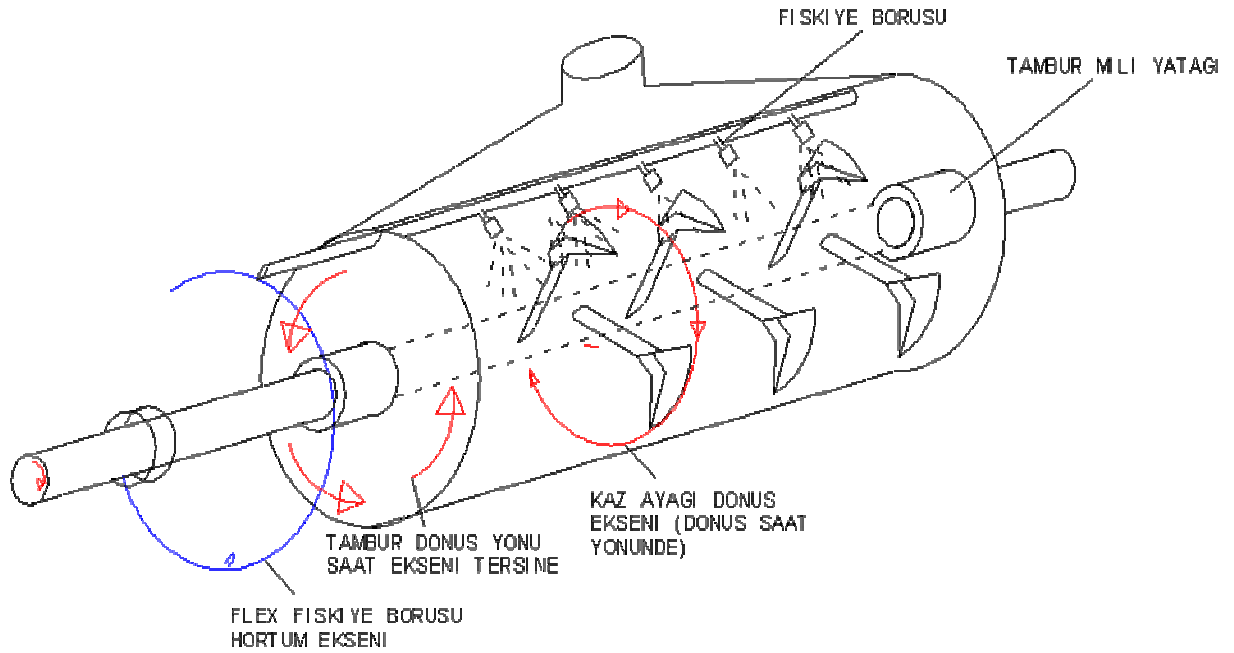
“Kazana hammadde besleme aşamasında kimyasalları üretim prosedürüne uygun olarak atmama” hatasının RÖS değeri 40’ın altında çıkmıştır. Düzeltici ve önleyici faaliyet açılmamıştır. Hata türlerine bakıldığında bazı hataların sebeplerinin başka bir hata türünden kaynaklandığı görülür. Örneğin “ürününde renk değişimi,

ürünün un haline gelmesi (tanecik boyutunun azalması), gramaj tutmaması” sorunları “homojen karışım olamaması” sorunundan kaynaklanır. Fakat bu sorunların her biri farklı birimlerin yaşadığı sorunlar olduğu için ayrı ayrı değerlendirmeye tabii tutulmuştur. Üretim süreci ve dolum sürecinde yaşanan sorunlar acil önlem gerektiren sorunları oluşturmaktadır. Sevkiyat ve hammadde giriş kalite kontroldeki sorunlar mevcut durumdaki kontroller ve kurallar nedeniyle daha düşük RÖS değerine sahiptir.

3.2.10. Alınacak Önemlerin Belirlenmesi ve Uygulanması

Risk öncelik katsayı değerleri her bir hata için düzeltici ve önleyici faaliyet uygulanması gerektiğini göstermiştir. Tüm hata türleri ve RÖS değerleri değerlendirmek ve bu değerleri düşürmek amacıyla neler yapılması gerektiğini kararlaştırmak için HTEA ekibi olarak toplantı yapılmıştır. Faaliyete konacak tüm iyileştirmeler için kilit tarih 01.04.2009 olarak belirlenmiştir. Bu tarihten itibaren tüm önlemler uygulanmaya başlamıştır.

RÖS değerleri oldukça yüksek olan, “ürününde renk değişimi, ürünün un haline gelmesi (tanecik boyutunun azalması), gramaj tutmaması, homojen karışım olamaması” sorunlarını önlemek için toz karıştırma kazanında yeni tasarım uygulamasına gidilmesi kararlaştırılmıştır. İç tasarımda atölye sorumlusu (makine mühendisi) sorumluluğunda üretim müdürü (kimya mühendisi) ve üretim mühendisinden (kimya mühendisi) oluşan bir ekip yeni tasarım geliştirmiştir. Şekil 21’de gösterilen yeni tasarımın ana hedefi homojen karışımı elde etmektir.



Şekil 21. Toz Karıştırma Kazanı Yeni Tasarımı

Toz karıştırma kazanının yeni tasarımında karışımın daha iyi olmasını sağlayan kaz ayağı karıştırma paletleri kullanılmıştır. Karıştırmanın daha iyi olabilmesi için karıştırma kazanı dış duvarı (tambur) ile kaz ayaklarının dönüş yönü tam tersi yönde ayarlanmıştır. Yeni tasarımda ayrıca esans püskürtme mekanizması da değiştirilmiştir. Tek bir noktadan değil de tüm kazan içine püskürtme olabilmesi için püskürtme borusu tasarlanmış, beş delikten püskürtme sağlanmıştır. Bu boru kazan dış duvarına sabitlenmiştir. Esans dağılımı daha homojen olacağı için “üründe renk değişimi” ve “taneciklerin birbirine yapışması” sorunları üretim sürecine zarar vermeyecek hale getirilmiştir.

“Gramaj tutmaması” sorunu toz karıştırma kazanının yeni tasarımı ile büyük ölçüde çözülmüştür. Fakat kazandan dolum makinesine besleme mesafesi azaltılmadığı için sorun tamamen yok edilememiş, gramaj kontrolleri daha az aralıklarla yapılmaya

devam edilmiştir. Homojen karışımın sağlanması ile karıştırma süreleri kısalmıştır. Böylece üretim daha hızlı olmaya başlamış üretim verimliliği yeniden %35'ten %90'lara çıkmıştır. Ayrıca kısalan karıştırma süreleri ile yarımamülün tanecik boyutundaki ufalama oranı düşmüştür.

Kutuların birbirine yapışması sorununu önlemek için tedarikçi firma ile görüşülmüş, firmanın siparişleri yetiştirebilmek için tutkalı tam olarak kurumadan kutuları istiflemeye başladığı ortaya çıkmıştır. Tutkalın tam olarak kurutularak istifleme yapılabilmesi için siparişin daha önce verilmesi gerektiği kararlaştırılmıştır. Planlama departmanı ile görüşülmüş ve minimum stok miktarı arttırılmıştır.

Kutu üst kapağının çizik olması sorunun aşılması için dolum operatörü ve final kalite kontrol sorumlusu ile görüşülmüş, kutuların tedarikçiden sola doğru katlı gelmesi ve böylece dolum esnasında üst kapağın altta değil de üstte olması sağlanmıştır. Nisan – mayıs ve haziran ayı ile temmuz ayının ilk haftasını kapsayan incelemeler sonucu alt kapağın çizik olması nedeniyle müşteri şikayeti gelmemiştir.

Kolileleme aşamasında kutuları üst üste belirlenen değerden daha fazla istifleme sorunu incelendiğinde bu sorun ile çok fazla karşılaşılması anlaşıldı. Potansiyel hata durumundaki bu sorun için sevkıyattan üretime verilen bozuk ürünler üzerinde bozulma sebeplerinin belirtildiği bir form hazırlanmıştır. Haftalık olarak bu kayıtlar final kalite kontrol sorumlusu tarafından incelenmeye başlanmıştır. Ayrıca sevkıyat sorumlusu tarafından günlük ara kontrol dışında salı ve perşembe günleri sevkıyat depo kontrol edilmeye ve bu kontroller kayıt altına alınmaya başlanmıştır.

Ambalaj (poşet ve kutuların) ağızlarının iyi kapanmaması sorunu için giriş kalite kontrol ve dolum operatörleri ile görüşülmüştür. Poşetlerin kapanmaması, hammadde olarak fabrikaya giren kimyasalların tanecik boyutunun kabul sınırının düşürülmesinden kaynaklanır. Bu nedenle eski spekt aralığının uygulaması kabul edilmiştir. Kutuların kapanmaması ise üst kapağı yapıştıran tutkalın kurumaması kaynaklı olduğu için sıcak tutkal kullanımına karar verilmiş, tutkal haznesi bir dış firmaya sıcak tutkala uygun olacak şekilde değiştirilmiştir.

Kimyasalların kontrollü kullanım ile üretime verilmesi sorunu sıkça karşılaşılan bir sorun değildir ve bu nedenle yarımamül hiç red almamıştır. Potansiyel bir hata olan bu durum için mümkün oldukça (üretimde eksik kimyasal nedeniyle durma durumu gibi özel durumlar dışında) kontrollü kullanım izinli kimyasal kabulünün azaltılması kararı alınmış, mecbur kalınması halinde bu kimyasalların kullanım öncesinde tekrar kalite kontrolü yapılması ve gerekirse üretimin bu kimyasala uygun hale getirilmesi (kullanılacak diğer kimyasal oranlarının değiştirilmesi) kararlaştırılmıştır.

Kolilerin uygun olmayan yöntem ile taşınması sorunu da yine bir potansiyel hata türüdür. Bu durum sevkıyattan üretime verilen bozuk ürünlerin neden bozulduklarını belirten formun tutulması ile önlenmiştir. Kayıtlar haftalık olarak incelemeye alınmıştır.

En son hata türü olan kazana hammadde besleme aşamasında kimyasalları üretim prosedürüne uygun olarak atmama sorunu potansiyel hata türüdür. Mevcut durumda böyle bir sorun söz konusu değildir fakat olma ihtimalinin önlenmesi amacıyla kalite kontrol kayıtlarının haftalık incelemesine devam edilmesi kararı alınmıştır.

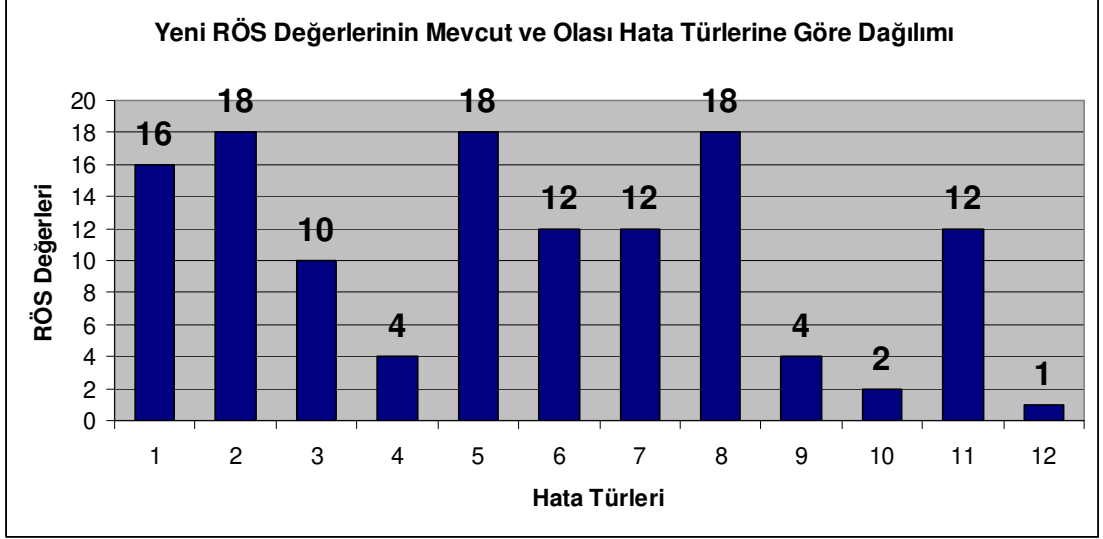
3.2.11. Yeni RÖS Değerinin Hesaplanması

Kararlaştırılan önlemlerin uygulanmaya başlanma tarihi olan 01.04.2009 tarihinden itibaren nisan – mayıs - haziran ve temmuz ayının ilk haftası boyunca tüm kayıtlar tekrar incelenmiştir. Yeni kayıtlarda herhangi bir soruna rastlanmamıştır. Buna göre tüm hata türleri için yeni RÖS değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 10. Tüm Hata Türleri İçin Yeni RÖS Değerleri

Sıra	Potansiyel Hata Türü	RÖS Değeri
1	Ürününde renk değişimi	16
2	Ürünün un haline gelmesi (tanecik boyutunun azalması)	18
3	Gramaj tutmaması	10
4	Homojen karışım olmaması	4
5	Kutuların birbirine yapışması	18
6	Taneciklerin birbirine yapışması	12
7	Kutu kapağı üst yüzeyinin sürekli çizik olması	12
8	Kolileleme aşamasında kutuları üst üste belirlenen değerden daha fazla istifleme	18
9	Ambalaj (poşet ve kutuların) ağızlarının iyi kapanmaması	4
10	Kimyasalların kontrollü kullanım ile üretime verilmesi	2
11	Kolilerin uygun olmayan yöntem ile taşınması	12
12	Kazana hammadde besleme aşamasında kimyasalları üretim prosedürüne uygun olarak atmama	1

Tablo 10’da gösterilmiş olan yeni değerlerin grafiğe dökülmüş hali şekil 22’de gösterilmiştir. Grafikte ürünün un haline gelmesi (tanecik boyutunun azalması), kutuların birbirine yapışması, kolileleme aşamasında kutuları üst üste belirlenen değerden daha fazla istifleme sorunlarının RÖS değerlerinin diğer sorunlara oranla daha fazla olduğu açıkça görülmektedir. Ürünün un haline gelmesi karışım esnasında mutlaka bir ezilme meydana gelmesinden, kutuların üst üste istiflemesi yüksek sipariş artışında sevkiyat deponun dar olmasından, kutuların birbirine yapışması ise tedarikçi kaynaklı olduğundan RÖS değerleri diğerlerinden yüksektir.



Şekil 22. Olası ve Mevcut Hata Türlerinin Yeni RÖS Değerleri Grafiği

Bazı sorunların değerlerinin diğerlerinden daha yüksek olmasına rağmen tüm değerler, eşik değeri olarak kabul edilen 40'ın altındadır. Yeniden düzeltici ve önleyici faaliyet açılmasına gerek kalmamıştır. Alınan önlemler başarılı sonuç vermiştir.

SONUÇ

Müşteri tatmininin üst düzeyde tutularak maliyetlerin optimum olmasını sağlamak, kalite yaratmanın temel koşullarıdır. Hatasız ve eksiksiz ürün yaratmak ve bunu müşteriye sunmak yetmez; aynı zamanda müşteri beklentilerini de karşılamak gerekir. Bunu sıfır hata ya da sıfır hataya en yakın oranda gerçekleştirmek için kullanılan tekniklerden biri de HTEA (Hata Türü ve Analizi Yöntemi) tekniğidir. Tüm süreçleri düzeltmek ya da daha iyi kılmak için HTEA etkili bir araçtır. Dokümantasyon yapısı ve uygulanabilirliğindeki kolaylık nedeniyle sürekli kalite geliştirme adına kendini güncelleyen bir yapıya sahiptir. Uygulandığı alanda tekrar tekrar uygulanarak daimi iyileştirme sağlanabilir.

HTEA başta otomotiv sektörü olmak üzere birçok endüstri alanında başarıyla uygulanmaktadır. Bu çalışmada uygulama alanı olarak deterjan sektörü seçilmiştir. Viking Temizlik ve Kozmetik A.Ş.'de süreç HTEA uygulanmıştır. Viking sıvı grubu (sıvı bulaşık deterjanı, çamaşır yumuşatıcılar, yer temizleyiciler, cam ve mobilya temizleyiciler gibi), korozyif grubu (çamaşır suyu, tuzruhu, banyo ve mutfak jel, kireç önleyici, yağ çözücü gibi), kozmetik grubu (sıvı sabunlar, şampuan, saç kremi, antibakteriyel el temizleme jeli gibi) ve toz grubu (elde ve makine için çamaşır deterjanları, bulaşık makinesi deterjanı ve tuzu, soda, lavabo açıcı gibi) olmak üzere dört ana bölümde üretim yapmaktadır. Ürün yelpazesindeki artan çeşitlilik üretimde sürekli kendini yenilemeyi gerektirmektedir. Ayrıca mevcut durumdaki ürünleri ve üretim akışını sürekli iyileştirmek de devamlı müşteri memnuniyeti ve pazarda kalıcı olmak adına zorunluluk halini almıştır. Bu amaçla üretimin son zamanlarda en sorunlu kısmı olan toz bölümü bu çalışmada ele alınmış ve gerekli düzenlemelerle ciddi bir iyileştirme sağlanmıştır.

HTEA uygulamasının ilk adımı HTEA takımı oluşturmak olmuştur. Takımda süreci iyi bilen sorumlular ve bir önceki adımdan etkilenen ve sürecin akışını etkileyen kişiler olmasına dikkat edilmiştir. Takımla beraber toz üretim alanı gezilmiş, üretimin işleyişi tüm takım üyelerine yazılı olarak da aktarılmıştır. Daha sonra müşteri şikayetleri, kalite kontrol kayıtları, dolum kayıtları incelenmiş sorunlar belirlenmeye çalışılmıştır.

Takım toplantılarda beyin fırtınası yöntemi ile mevcut sorunlar ve olası sorunlar belirlenmiş, mevcut durumdaki kontroller değerlendirilmiştir. Hataların nedenleri ve sebep oldukları ya da olacakları etkiler ortaya çıkarılmıştır. Her bir hatanın ortaya çıkma, şiddet ve saptama değerleri 0-10 arası skala kullanılarak derecelendirilmiştir. Tüm hata oranları içinde en yüksek dereceli sebep olarak homojen karışım olmaması çıkmıştır. Toz karıştırma kazanına yeni tasarım ihtiyacı doğmuştur. Bunların dışında diğer sorunlar için de dolum makinesinde de dolum ile ilgili bazı tasarım değişiklikleri yapılmış, hammadde kaynaklı sorunlar için hammadde alımı ve onayı düzenlenmiş, dolum ve sevkiyatta insan kaynaklı hatalar için önlemler alınmıştır. Yapılan tüm iyileştirmelerden sonra yeniden risk analizi yapılmış, iyileştirmelerin ne kadar etkili olduğu değerlendirilmiştir. Sonuç değerleri mevcut ve potansiyel hataları sıfıra indirememiş fakat HTEA takımı tarafından eşik değeri olarak kabul edilen 40 değerinin oldukça altına indirmiştir. Üretimde her zaman az olsa risk olacağı düşünüldüğü takdirde bu değer büyük oranda bir iyileştirme yapıldığını göstermiştir.

HTEA çalışması sonrasında %95 oranında iyileştirme kaydedilmiştir. Burada unutulmaması gereken en önemli şey sağlanan iyileştirmenin devamlılığı için kontrollerin ve değerlendirmelerin sürekli yapılması gerektiğidir. Bunun için haftalık kayıt değerlendirmeleri (tüm kalite kontrol kayıtları, dolum kayıtları, üretim ve sevkiyat kontrol kayıtları) yapılmaktadır. Ayrıca üretim ekibi olarak altı ayda bir risk değerlendirmesinin yapılması kararlaştırılmıştır.

HTEA çalışması için en önemli husus, uygulama yapılacak sürecin başında olan yöneticilerin uygulanacak projeye destek vermesidir. Bununla birlikte projenin sistemli olarak yürütülmesi de bir diğer önemli noktayı teşkil eder. Uygulama adımlarının önceden belirlenmesi ve her adım için belirli süreler konması, hem proje takibi hem de çalışmanın belirlendiği sürede bitirilmesi için avantaj sağlar. Uygulama takımı seçilirken o konu ile ilgili kişiler üye olarak belirlenmelidir. Bu kişilerin sürecin farklı adımlarında görev alan çalışanlardan olması, takımda farklı bakış açıları ile yeni fikirlerin geliştirilmesini sağlar. Başarılı bir HTEA uygulaması, HTEA takımının yanı sıra süreç içinde yer alan herkesin çalışmaya destek olması ile sağlanır.

KAYNAKÇA

- Abdelgawad, M., Fayek, A., R., (2010), “Risk Management in the Construction Industry Using Combined Fuzzy FMEA and Fuzzy AHP”, Journal of Consruction Engineering and Management, doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862..0000210
- Akbaba A. (2000). “Kalite Fonksiyon Göçerimi Yöntemi Ve Hizmet İşletmelerine Uyarlanması”, Dokuz Eylül Üniv. Sosyal Bilimler Ens.Dergisi Cilt:2 Sayı: 3 (1-18)
- Akin, B., (1998), ISO 9000 Uygulamasında İşletmelerde Hata Türü ve Etkileri Analizi, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul.
- B. Bowonder and K.J. Sharma (2004), “Concurrent engineering: basis and implementation, International Journal of Manufacturing Technology and Management”, Vol: 6, Numbers: 3-4 (199-213)
- Bertsche, B., (2008), Reability in Automotiv and Mechanical Engineering, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 06.01.2010
- Bluvband, Z., Grabov, P., (2009), “Failure Analysis of FMEA”, database of IEEE, 06.01.2010,
- Bolat, T., (2000) Toplam Kalite Yönetimi (Konaklama İşletmelerinde Uygulanması), Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul.
- Canyılmaz, E., Kutay, F., (2003), “Taguchi Metodunda Varyans Analizine Alternatif Bir Yaklaşım”, Gazi Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt: 18, No: 3 (51-63)
- Chang, D., S., Sun, K., P., (2009), “Applying DEA to Enhance Assessment Capability of FMEA, International Journal of Quality & Reliability Management”, Vol: 26, No: 6 (629-643)
- Chao, L., P., Ishii. K., (2007), “Design Process Error Proofing: Failure Modes and Effects Avalysis of the Design Process”, Journal of Mechanical Design, May 2007, Vol: 129 (491-501)

- Chiozza, M., L., Ponzetti, C., (2009), "FMAE: A Model for Reducing Medical Errors, Cilinica Chimica Acta", from Elsilver Database, doi: 10.1016/j.cca.2009.03.015
- Cohen, L., (1995), Quality function deployment:How to make QFD work for you, Addison-Wesley, MA.
- Çelik, C, Burnak, N., (1998), "Asystematic Approach To The Solution of The Design Optimization Problem", Total Quality Management, Vol. 9, p. 101
- Day,R.G., (1998), Kalite Fonksiyon Yayılımı: Bir Sirketin Müşterileri ile Birleştirilmesi, Çev: Enternasyonel Tercüme Hizmetleri, Marshall Kültür Yayınları, İstanbul.
- Delice, E. K., Güngör, Z., (2008) Müşteri İsteklerinin Sınıflandırılmasında Kano Model Uygulaması, Akademik Bilişim 2008, Çanakkale On Dokuz Mart Üniversitesi, Çanakkale (30 Ocak-01 Şubat)
- Down,M., Brozowski, L., Younis, H., Benedict, D., Feghali, J., Schubert, M., Brender, R., Gruska, G., Vallance, G., Krasich, M., Haughey, W., (2008), Potential Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Reference Manual (4th Ed.), Chryler LLc, Ford Moyor Company, General Motors Corportion
- Durhan, D., (2006), Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA) ve Bir Uygulama", Gazi Üniveristesi Fen Bilimleri Enstitüsü yayınlanmamış yüksek lisans tezi
- Dyadem Engineering Corporation (2003), Guidelines for Failure Mode and Effects Analysis, for Automotive, Aerowospace and General Manufacturing Industries, U.S.: Dyadem Pres
- Erdem S., Kavrukkoca G., Özdagoglu A., (2003), "Kalite Kültüründe Kalite Fonksiyon Göçeriminin Rolü", 2. Ulusal Kalite Sempozyumu, Mayıs 2003, DEÜBimer, İzmir
- Erginel, N., M., (1999), "Tasarım Hata Türü ve Etkileri Analizinin Etkinliği İçin Bir Model ve Uygulaması", Endüstri Mühendisliği Dergisi, Cilt: 15, Sayı: 3 (17-26), Makine Mühendisliği Odası

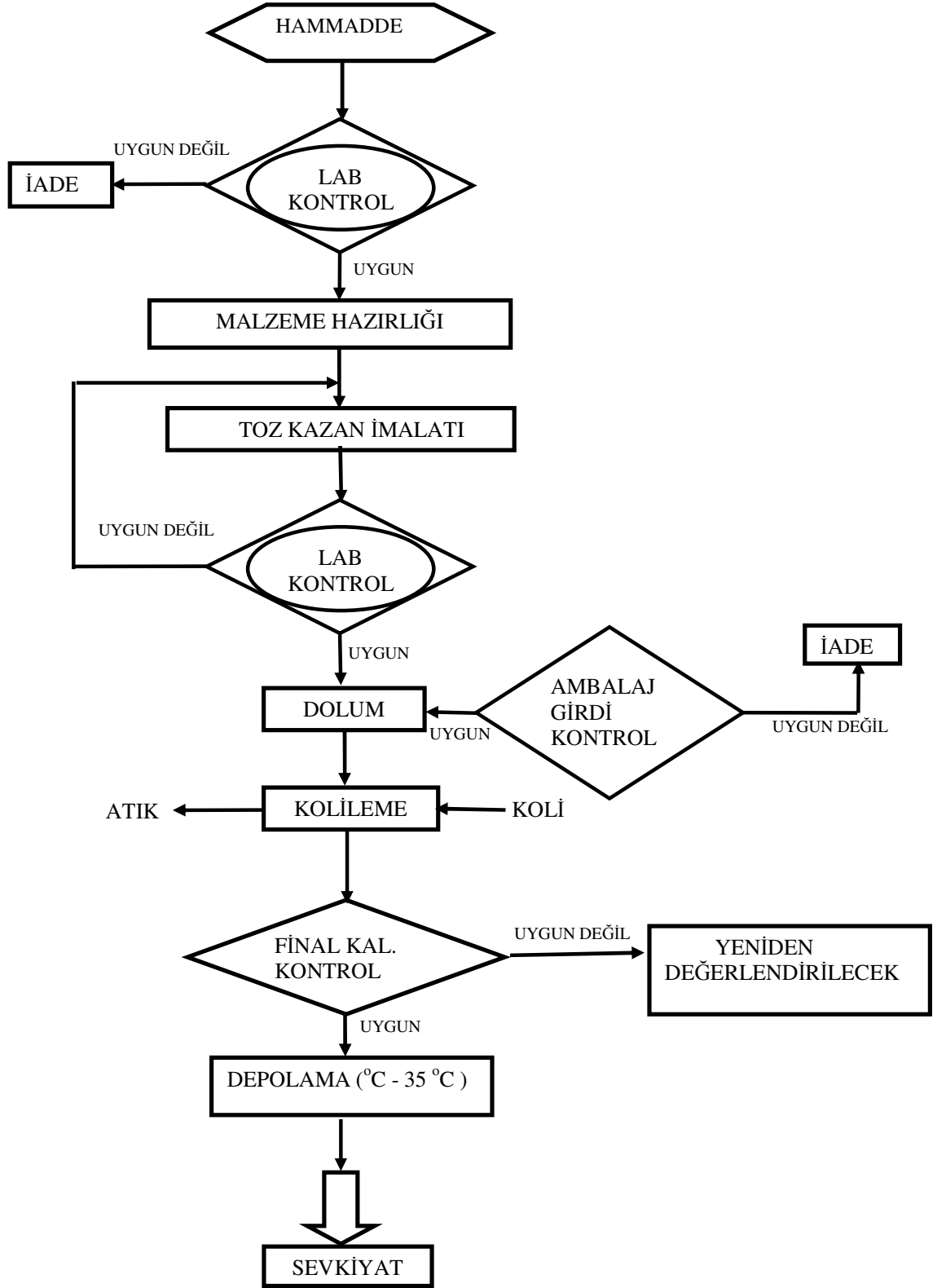
- Eryürek, Ö. F., Tanyaş, M., (2003), “Hata Türü ve Etkileri Analizi Yönteminde Maliyet Odaklı Yeni Bir Karar Verme Yaklaşımı”, İtüdergisi/d Mühendislik, Cilt: 2, Sayı: 6 (31-40)
- Eymen, U.E. (2006). Kalite Fonksiyon Göçerimi, Kaliteofisi Yayınları No:11
- Franceschini, F., Galetto, M., (2001), “A New Approach for Evaluation of Risk Priorities of Failure Modes in FMEA”, International Journal of Production Research, Vol: 39, No: 13 (2991-3002), Taylor and Francis Ltd.
- Gökçe, B., Taşgetiren, S., (2009), “Kalite İçin Deney Tasarımı”, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 6, No:1 (71-83)
- Göloğlu, C., Sezeroğlu, A., (2007), “Endüstriyel Ürün Geliştirmede Kalite Fonksiyon Yayılımı Uygulaması”, TEKNOLOJİ, Cilt 10, Sayı 1, 49-59
- Gürsakal, N. (2005), Altı Sigma: Müşteri Odaklı Yönetim, Nobel Yayın Dağıtım, İstanbul
- Hamzaçelebi, C., Kutay, F. (2003), “Taguchi Metodu: Bir Uygulama”, Teknoloji, Yıl:6, Sayı: 3-4 (7-17)
<http://0-ieeeexplore.ieee.org.divit.library.itu.edu.tr/stamp/stamp.jsp?is>
<http://www.sirfrt.com.au/Meetings/CIWGs/reliabilityAnalysisToolsNsw05/FMECA%20MIL-STD-1629A.pdf>
- <http://www.tisk.org.tr/yayinlar.asp?sbj=ic&id=1426>
- Juran, J.M., Godfrey, A.B. (1999), Juran’s Quality Handbook (5th ed.), New York: MCGraw-Hill
- Karahasanoğlu, S., (2003), “Üretim Yönetiminde Özel Bir Konu: Eş Zamanlı Mühendislik”, Makine Tek, Sayı:66, 1-4
- Kılıç, D. E., Güngör. Z., (2008), “Kalite Fonksiyon Yayılımı için Yeni Bir Yaklaşım:Bir Uygulama”, Akademik Bilişim’08, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, (30 Ocak-1 Şubat)
- Kusar, J., Duhovnik, J., Grum, J., Starbek, M., (2004), “How to Reduce New Product Development Time, Robotics and Computer Integrated Manufacturing”, Vol: 20, p:1-15

- MIL-STD 1629A (1980) Military Standart Procedures for Performing a Failure Mode, Affects and Critically Analysis, ABS Savunma Bakanlığı, Washington DC 20301, 05.03.2009,
- Montgomery, D.C. 2001, Design and Analysis of Experiments, 5th Ed., John Wiley&Sons Inc., Arizona
- Morris, L.J., Morris, J.S., “Introducing Quality Function Deployment in the Marketing Classroom”, Journal of Marketing Education, Vol.21, no.2: 131-137 (1999).
- Musubeyli, E. N., (1999), Ürünün Önemli Kalite Karakteristiklerinin Belirlenmesinde Tasarım Hata Türü Ve Etkileri Analizi İle Kalite Evinin Birlikte Kullanılması, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yayınlanmış doktora tezi, Eskişehir
- Mutluay, H. S., Çıracı, M., (2006), “İnşaat Projesi Sisteminde Eş zamanlı Mühendislik Modeli”, İTÜ Dergisi, Mimarlık, Planlama, Tasarım, Cilt: 5, Sayı: 2, Kısım:1 (71-82)
- ÖTER, Z., TÜTÜNCÜ, Ö., (2001), “Turizm İşletmelerinde Kalite Fonksiyon Göçerimi: Seyahat Acentelerine Yönelik Varsayımsal Bir Yaklaşım”, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 3, Sayı 3
- Özkılıç, Ö., (2006), İş Sağlığı ve İş Güvenliği, yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme, Tisk Yayınları, Ankara
- Prasad, B., (1996), Concurrent engineering fundamentals - Integrated product and process organization, 2nd edition, Prentice Hall
- Ross. P., J., (1996), Taguchi Techniques for Quality Engineering (2nd Ed.), New York: McGraw-Hill
- S.P.A.C. (2003), Altı Sima Nedir?, Ankara, Pelin Ofset Matbaacılık .
- Savaş, H., Ay, M., (2005), “Üniversite Kütüphanesi Tasarımında Kalite Fonksiyon Göçerimi Uygulanması”, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt: 7, Sayı: 3 (80-98)

- Savaşkan, M., Taptık, Y. Ürgen, M., (2004), “Deney Tasarımı Yöntemi ile Matkap Uçlarında Performans Optimizasyonu”, İTÜ Mühendislik Dergisi, Cilt: 3, Sayı: 6 (117-128)
- Scipioni, A., Saccarola, G., Centazzo, A., Arena, F., (2002), FMEA Methodology Design, Implementation and Integration with HACCP System in a Food Company, Food Control
- Sellappan, N., Sivasubramanian, R., (2008), Modified Method for Evaluation of Risk Priority Number in Design FMEA, Icfai University Press. India
- Shain, A., (2003), Integration of FMEA and the Kano Model: An Exploratory Examination, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol: 21, No: 7(731-746)
- Sharma, R., K., Sharma, P., (2010), “System Failure Behavior and Maintenance Decision Making Using, RCA, FMEA and FM”, Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol: 16, No: 1
- Smith, D. L., (2008), FMEA: Preventing a Failure Before Any Harm is Done, 05.11.2008, <http://healthcare.isixsigma.com/library/content/c040317a.asp>
- Stmatis, D. H., (2003), Failure Mode and Effects Analysis: FMEA from Theory of Execution (2nd ed.), Wisconsin: Quality Pres
- Stmatis, D. H., (2003), Failure Mode and Effects Analysis: FMEA from Theory of Execution (2nd ed.), Wisconsin: Quality Pres
- Tanrıverdi, F., Z., (1999), “Değişimin Adı: Eş Zamanlı Mühendislik”, Mühendis ve Makine, Cilt: 40, Sayı: 474 (15-20)
- Tay, K. M., Lim, C. P., (2006), “Fuzzy FMEA with a Guide Rules Reduction System for Priorization of Failures”, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol: 23, No:8 (1047-1066)
- Teng, S. G., Ho, S. M., Shumar, D., Liu, P. C., (2004), “Implementing FMEA in a Collaborative Supply Chain Environment”, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol: 23, No: 2 (179-196)

- Topoyan, M. (2005), Yeniden Üretim Süreçleri için Sürdürülebilir Ürün Tasarımlarının Oluşturulması, V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi, 25-27 Kasım 2005
- Unal, R., Dean, E. B., (1991), Taguchi Approach to Design Optimization for Quality and Cost: An Overview Annual Conference of the International Society of Parametric Analysts
- Villacourt, M. (1992), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): A Guide for Continuous Improvement for the Semiconductor Equipment Industry, International SEMATECH, Inc.
- Welborn, C., Carol, B., (2009), Proactive Safety, Professional Safety, October 2009
- Williams, T., (2008), Minimizing Risks: How to Apply FMEA in Service, 05.11.2008, <http://finance.isixsigma.com/library/content/c040922a.asp>
- Yaralıoğlu, K., (2004), Uygulamada Karar Destek Yöntemleri , İlkem Ofset, İzmir
- Yenigöl, F., (2000) ,Yeni Ürün Geliştirmede Müşteri İstek ve İhtiyaçlarını Teknik Karakteristiklere Dönüştürmeyi Sağlayan Bir Yöntem: Kalite Fonksiyon Göçerimi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi
- Yılmaz, B. S., (2000), Hata Türü ve Etki Analizi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 2 (4)

EKLER



Ek 1. Toz deterjan üretim akışı

Ek 2. Hata Türü ve Etkileri Analizi Formu

HATA TÜRÜ ve ETKİLERİ ANALİZİ FORMU (Proses HTEA) <i>Potential Failure Mode and Effects Analysis (Process HTEA)</i>															
HTEA No <i>HTEA Number</i>		Sayfa No <i>Page Number</i>													
Proses Sorumlusu <i>Process Responsibility</i>		Hazırlayan <i>Prepared by</i>													
Kilit Tarih <i>Key Date</i>		HTEA Revizyon No / Tarihi <i>HTEA Revision Nr / Date</i>													
Çekirdek Ekip <i>Core Team</i>		HTEA İlk Yayın Tarihi <i>HTEA First Issue Date</i>													
Proses Fonksiyon/ Gereklilikler <i>Process Function/ Requirements</i>	Potansiyel Hata Türü <i>Potential Failure Mode</i>	Hatanın Olası Etkileri <i>Potential Effect(s) of Failure</i>	Güddet <i>Severity</i>	Olası Hata Nedenleri <i>Potential Cause(s) of Failure</i>	Olasılık <i>Occurrence</i>	Mevcut Proses Kontrolleri <i>Current Process Controls PREVENTION</i>	Keşfedilebilirlik <i>Detection</i>	RÖG <i>RPN</i>	Önerilen Faaliyet (ler) <i>Recommended Action(s)</i>	Sorumlu & Tamamlanması Hedeflenen Tarih <i>Responsibility & Target Completion Date</i>	Gerçekleştirilen Faaliyetler <i>Actions Taken</i>	Faaliyet Sonuçları <i>Action Results</i>			
												Güddet <i>Severity</i>	Olasılık <i>Action Occurrence</i>	Keşfedil. <i>Detection</i>	RÖG <i>RPN</i>

Kaynakça: <http://www.kalitece.net/forum/HTEA-ornek-formlar-t-21.html>

Ek 3. Hata Türü ve Etkileri Analizi Formunun Viking Temizlik ve Kozmetik A.Ş.'de Uygulaması

VİKİNG KOZMETİK VE TEMİZLİK A.Ş. HATA TÜRÜ ve ETKİLERİ ANALİZİ FORMU (Proses HTEA)												
Potential Failure Mode and Effects Analysis (Process HTEA)												
HTEA No HTEA Number		01		Sayfa No Page Number		01-05						
Proses Sorumlusu Process Responsibility		Yasemin ÇEBER (Üretim Mühendisi)		Hazırlayan Prepared by		Yasemin ÇEBER (Üretim Mühendisi)						
Kilit Tarih Key Date		01.04.2009		HTEA Revizyon No / Tarihi HTEA Revision Nr / Date		02 / 15.06.2009						
Çekirdek Ekip Core Team		Yasemin ÇEBER, Gonca BAHADIR, Mücella DENİZERİ		HTEA İlk Yayın Tarihi HTEA First Issue Date		06.04.2009						
Proses Fonksiyon/ Gereklilikler Process Function/ Requirements	Potansiyel Hata Türü Potential Failure Mode	Hatanın Olası Etkileri Potential Effect(s) of Failure	Siddet Severity	Olası Hata Nedenleri Potential Cause(s) of Failure	Olasılık Occurrence	Mevcut Proses Kontrolleri Current Process Controls PREVENTION	Keşfedilebilirlik Detection	RÖğ RPN	Önerilen Faaliyet (ler) Recommend ed Action(s)	Sorumlu & Tamamlanması Hedeflenen Tarih Responsibility & Target Completion Date	Gerekleştirilen Faaliyetler Actions Taken	Faaliyet Sonuçları Action Results
Üretim Süreci	Ürününde renk değişimi	Müşteri memnuniyetsizliği	7	Esans püskürtme deliğinin tek bir doğrultu boyunca püskürtme işlemini yapması	8	yok	7	392	Toz karıştırma kazanı içinde esans püskürtme deliği için yeni bir tasarım uygulanması	Engin Kuyutan (Makine Mühendisi - Atölye Sorumlusu) Yeni tasarım oluşturma tarihi: 01.04.2009 Yeni tasarımın uygulanma tarihi: 18.05.2009	Toz karıştırma kazanı içinde esans püskürtme deliği yeni tasarıma uygun hale getirildi.	2 2 4 16

Ek 3. Hata Türü ve Etkileri Analizi Formunun Viking Temizlik ve Kozmetik A.Ş.'de Uygulanması (devam)

Yarımamül Üretim Süreci	Ürünün un haline gelmesi (tanecik boyutunun azalması)	- Dolum esnasında tozutma - Homojen dolum olmaması - Müşteri memnuniyet-sizliği	7	Uzayan karıştırma süreleri	8	yok	9	378	Toz karıştırma kazanda tasarımla yenilenmesi	Engin Kuyutan (Makine Mühendisi - Atölye Sorumlusu) Yeni tasarım oluşturma tarihi: 01.04.2009 Yeni tasarımın uygulanma tarihi: 18.05.2009	Toz karıştırma kazanı yeni tasarıma uygun hale getirildi ve homojen karışım sağlandı.	2	3	3	18
Dolum Süreci	Gramaj tutmaması	- Uzayan üretim süresi - Bazı kutuların daha hafif bazılarının ise daha ağır olması	8	Homojen karışım olmaması	8	Dolum esnasında sürekli kontrol	5	320	- Toz karıştırma kazanının yenilenmesi - Kazana ağız ile dolum makinesinin arasındaki mesafenin azalması	Engin Kuyutan (Makine Mühendisi - Atölye Sorumlusu) Yeni tasarım oluşturma tarihi: 01.04.2009 Yeni tasarımın uygulanma tarihi: 18.05.2009	Toz karıştırma kazanı yeni tasarıma uygun hale getirildi ve homojen karışım sağlandı.	2	5	1	10

Ek 3. Hata Türü ve Etkileri Analizi Formunun Viking Temizlik ve Kozmetik A.Ş.'de Uygulaması (devam)

Yarımamul üretim süreci	Homojen karışım olmaması	- Gramaj tutmaması - Uzayan kalite kontrol süreleri - Ürünün tanecek boyutunun istenilenin altında olması (un haline gelmesi) - Ürünün kullanımı sonrasında yüzeyde kalıntı bırakması - Uzayan üretim süresi - Uzayan dolum süresi - Üründen renk değişimi - Üründe topaklanma olması	8	Toz karıştırma kazanının tasarımının uygun olmaması	9	yok	4	288	Toz karıştırma kazanı için yeni bir tasarım hazırlanması ve kazanın bu tasarıma uygun hale getirilmesi	Engin Kuyutan (Makine Mühendisi – Atölye Sorumlusu) Yeni tasarım oluşturma tarihi: 01.04.2009 Yeni tasarımın uygulanma tarihi: 18.05.2009	Toz karıştırma kazanı yeni tasarıma uygun hale getirildi (iç mekanizması tamamen yenilenmiştir).	2	2	1	4
-------------------------	--------------------------	--	---	---	---	-----	---	-----	--	---	--	---	---	---	---

Ek 3. Hata Türü ve Etkileri Analizi Formunun Viking Temizlik ve Kozmetik A.Ş'de Uygulanması (devam)

Ambalaj Giriş Kalite Kontrol	Kutuların birbirine yapışması	Dolum süresinin uzaması	6	Tedarikçinin tam kuruma olmadan ambalajları istiflemesi	8	Örnekleme yöntemi ile giriş kalite kontrol yapılması	6	288	Sipariş süresinin biraz daha öne alınması ile kutuların tam kuruması sağlanarak tedarikçi-den kutu alımı	Fatma Dönmez (Satın Alma için Sipariş Belirleme Görevlisi) 01.04.2009	Kutu stok miktarı arttırıldı ve böylece siparişler daha önceden verilmeye başlandı.	2	3	3	18
Yarımamül Üretim Süreci	Taneciklerin birbirine yapışması	• Üründe bozulma ya da ürünün rahat kullanımı olmaması • Üründen renk değişimi • Üründe topaklanma	7	Esans püskürtme deliğinin tek bir doğrultu boyunca püskürtme işlemini yapması	8	yok	5	280	Toz karıştırma kazanı içinde esans püskürtme deliği için yeni bir tasarım uygulanması	Engin Kuyutan (Makine Mühendisi – Atölye Sorumlusu) Yeni tasarım oluşturma tarihi: 01.04.2009 Yeni tasarımın uygulanma tarihi: 18.05.2009	Toz karıştırma kazanı içinde esans püskürtme deliği yeni tasarıma uygun hale getirildi.	2	2	3	12
Dolum Süreci	Kutu kapağı üst yüzeyinin sürekli çizik olması	Müşteri memnuniyet-sizliği	6	Dolum sırasında üst kapağın alt kısmında kalması	9	Final kalite kontrol	5	270	Kutuların tedarikçi-den sola doğru katlanır olmasının sağlanması	Selen Yeterler 01.04.2009	Kutular sağa doğru katlı gelirken sola doğru katlı gelmeye başladı. Böylece üst kapak dolum sırasında üstte kalmış oldu ve üst kapaktaki çizilmeler son buldu.	2	3	2	12

Ek 3. Hata Türü ve Etkileri Analizi Formunun Viking Temizlik ve Kozmetik A.Ş.'de Uygulaması (devam)

Sevkiyat	Kolileleme aşamasında kutuları üst üste belirlenen değerden daha fazla istifleme	Kutularda ezilme, patlama	5	Kolilerin üst üste belirlenen değerden fazla konması	6	yok	7	210	•Sevkiyattan üretime geri verilen her kolinin kalite kontrol denetiminde sorunu belirlenerek kayıt tutulması ve periyodik olarak bu kayıtların incelenmesi •Sevkiyatın sorumlularca kontrol edilmesi • Sevkiyat alanında yer açılması	• Sevkiyattan üretime geri verilen ürünlerin sorunlarının belirtildiği bir form hazırlandı ve kayıtlar tutulmaya başlandı. - Kayıtlar kalite kontrol birimi olarak haftalık olarak incelenmeye başlandı. • Sevkiyat günlük ara kontroller dışında salı ve perşembe günleri periyodik olarak kontrol edilmeye başlandı.	3	3	2	18
----------	--	---------------------------	---	--	---	-----	---	-----	---	--	---	---	---	----

Ek 3. Hata Türü ve Etkileri Analizi Formunun Viking Temizlik ve Kozmetik A.Ş.'de Uygulaması (devam)

Dolum Süreci	Ambalaj (poşet ve kutuların) ağzılarının iyi kapanması	• Ürünün dökülüp saçılması • Ürünün firesinin çok çıkması	7	• Kutu makinesinde soğuk tutkal kullanılması • Poşet dolum makinesinde kullanılan kimyasalın tanecek boyutunun çok düşük olması	7	Dolumda %100 kalite kontrol	4	196	• Dolum makinesinde sıcak tutkal kullanımı • İstenilen tanecek boyutunun altında olan kimyasalların kullanılmaması	Ali Saraçoğlu (Makine Teknisyeni – Dolum Sorumlusu) ve Mehtap Yaşar (Hammadde Giriş Sorumlusu) 01.06.2009	Dolum makinesinin sıcak tutkal kullanımına uygun hale getirildi. Giriş kalite kontrolde tozlar için tanecek boyutunun istenilenin altında olan kimyasal alımı durdu.	1	4	1	4
Hammadde Giriş Kalite Kontrol	Kimyasalların kontrollü kullanımı ile üretime verilmesi	Üretimde hammadde kaynaklı sorunlar (yarımamülün bozulması, kötü kimyasal nedeniyle diğer hammaddelerden daha fazla miktarda kullanılması)	8	Uygun olmayan kimyasala ok verilmesi ve üretim esnasında dikkat edilmemesi	6	yok	4	192	• Çok fazla gerekli olmadıkça kontrollü kullanımı ile kimyasal alınmaması • Kontrollü kimyasal kullanımı öncesi o kimyasalın tekrar kalite kontrolü	Mehtap Yaşar (Hammadde Giriş Kalite Kontrol Sorumlusu) 01.04.2009	Ar-Ge müdürünün izni çok mecbur kalmadıkça kontrollü kullanımı ile kimyasal girişi engellendi. Kullanım esnasında kontrollü kullanımı izni alan kimyasalların tekrar kalite kontrolünün yapılması kararlaştırıldı.	1	2	1	2

Ek 3. Hata Türü ve Etkileri Analizi Formunun Viking Temizlik ve Kozmetik A.Ş.'de Uygulaması (devam)

Sevkiyat	Kolilerin uygun olmayan yöntem ile taşınması	Kutularda ezilme, patlama	5	- Kolilerin üst üste belirlenen değerden fazla konması - Kolilerin atılarak yerleştirilmesi - Transpaletlerle taşıma sırasında hızdan kaynaklanan koli devrilmele-	5	yok	6	150	Sevkiyatta n üretime geri verilen her kolinin kalite kontrol denetiminde sorunu belirlenerek kayıt tutulması ve periyodik olarak bu kayıtların incelenmesi	Halis Balcı (Final kalite kontrol sorumlusu) 01.04.2009	- Sevkiyattan üretime geri verilen ürünlerin sorunlarının belirtildiği bir form hazırlandı ve kayıtlar tutulmaya başlandı. - Kayıtlar kalite kontrol birimi olarak haftalık olarak incelenmeye başlandı.	3	2	2	12
Üretim Süreci	Kazana hammadde besleme aşamasında kimyasalların üretime prosedürüne uygun olarak atılması	Yarımamülün red alması veya red alacak yarımamülün düzeltme ile uğraşma	8	Üretim reçetesine uyulmayarak kimyasalların sırası ile vermeme ve karıştırma sürelerine uyamama	3	Kalite kontrol kayıtları	1	24	Üretim operatörlerinin uyarılarak kalite kontrol kayıtlarının düzenli olarak incelenmesi	Yasemin Çeber (Üretim Mühendisi) 01.04.2009	Üretim operatörleri ile görüşüldü. Kalite kontrol kayıtları haftalık olarak incelenmeye başlandı.	1	1	1	1

