

# ÜRÜN GÜVENİLİRLİĞİNİN SAĞLANMASI YOLUNDA ÖNLEYİCİ BİR YÖNTEM: FMEA veya HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ

Dr. Oygur YAMAK

M.Ü. İ.İ.B.F. İşletme Bölümü, Yardımcı Doçent

## Abstract:

*Good product performance is essential for customer-focused strategies. Unless it is secured fully and firmly 100% customer satisfaction is not possible. Quality can only be achieved by providing the customer what he really needs throughout the product's natural life. FMEA is a methodology which serves this purpose, i.e. providing the quality at the source, therefore it is a pro-active method which ensures the reliability of product by detecting all the potential failures and making necessary improvements during the design and production phases.*

## I. GİRİŞ

Üretici işletmeler için, müşteri tarafından kullanımı sırasındaki ürün davranışları daima araştırma konusu olmuştur. Gerçekten, bu konu üretici işletmeler için yaşamsal bir önem taşımaktadır. Gerek işletmenin satışları, dolayısıyla pazardaki payı ve gerekse satış sonrası hizmetlerin planlanması bakımından ürünün müşteriye performansını ilgi odağı olmaktadır.

Her ne kadar, ürün gerek tasarım aşamasında gerekse üretim sırasında ve sonrasında bir takım kontrollerden geçiyorsa da, bu durum, ürünün her müşteriye ve her zaman beklenen performansı göstereceği anlamına gelmez. Toplam kalite anlayışını benimsemiş ve kalitenin önemine inanmış işletmelerde bile böylesine kesin ve katı bir hükme varmak olanak dışıdır.

Gerek ürünün çalışma koşulları, gerekse önceden hesaba alınmayan bazı değişkenlerin etkisiyle, ürün kendisinden beklenen bir (veya bir kaç) fonksiyonu planlandığı şekilde veya tam olarak yerine getiremeyebilir. Bu durumda, ürün müşteri tarafından istenmeyen bazı sonuçlara neden olabilir. Bu sonuçların oluşma olasılıkları eğer önceden kestirilebilirse müşteriye oluşabilecek sıkıntılar büyük ölçüde önlenir.

## II. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ

Hata Türü ve Etkileri Analizi (*Failure Mode and Effects Analysis*) veya kısaca FMEA olarak bilinen bir yöntem. bize bu konuda bir takım olanaklar sunar. Yöntem ilk kez 1960-65 yılları arasında NASA (Amerikan Uzay ve Havacılık Dairesi) tarafından 1969 yılında aya insan indirecek olan Apollo projesinde uygulanmıştır. [3;157][6;25] [7;9]

Aya insan indirecek olan ürünün bir tek ve çok pahalı bir ürün olması nedeniyle, sistemin kesinkes arıza yapmaması isteniyordu. Bu amaç, ancak ürünü oluşturan bütün parçaların çok yüksek güvenilirliğe sahip olması sayesinde gerçekleştirilebilirdi. Böylesine ciddi ve şansa hiç yer bırakmayacak bir projede *Hata Türü ve Etkileri Analizi* gibi ayrıntılı ve sistemli bir çalışmadan yararlanılmıştır.

Hata Türleri ve Etkileri Analizi, 1970'li yıllarda ABD uçak sanayiinden başlayarak uygulanmıştır. 1980'li yıllarda ise otomotiv sanayiinde Ford, Renault, Citroen ve Fiat gibi firmalarda uygulanmıştır. Örneğin, Renault bu metodolojiyi AMDEC adıyla uygulamıştır. [7;9]

Hata Türü ve Etkileri Analizi; üründeki hatanın sistemin bütünü üzerindeki etkisinin (büyük, küçük veya önemsiz) önceden değerlendirilmesini sağlar, değiştirilmesi veya düzeltilmesi gereken tasarım karakteristiklerinin önceden teşhis edilmesine yardımcı olur.

FMEA, toplam kalite felsefesi içinde yer alan ve üründeki oluşması beklenen tüm hataların (komponent arızaları veya tasarım hataları) sistematik bir analizidir.

FMEA *sistematik* bir yaklaşımdır, çünkü, i) tüm ürün bileşenleri gözönüne alınır, ii) her bileşen için bütün hata türleri teşhis edilmelidir, iii) analizin tüm adımları kaydedilir.

Bu yöntemde, üründeki oluşması beklenen hatalar önem derecelerine göre belirlenir, ortaya çıkma

olasılıkları ve meydana getirecekleri etkilere göre hangi hataların daha kritik olduğunun saptanması şeklinde bir *kritiklik analizi* yapılır.[5;77]

Bu hatalar iki yönden incelenir:

- Müşteri gözüyle tüm sistem üzerindeki etkisi
- Hatayı oluşturan tasarım (veya proses) nedenleri

Bu nedenle iki tür FMEA çalışmasından söz edebiliriz: Tasarım FMEA ve Süreç FMEA [1:151.155]

Tasarım FMEA; ürüne ilişkin geçmiş veriler ve müşteri kullanımı ile mevcut tasarım yöntemi gözönünde tutularak, potansiyel tasarım sorunlarının teşhis edilmesi ve önlenmesi çalışmasıdır.[4;115] Bu çalışmada ürünün doğru şekilde üretileceği kabul edilir.

Süreç FMEA; ürün tasarımının doğru olduğunu varsayarak, geçmişteki sorunları ve üretim yöntemlerini gözden geçirir ve müşterilerin (veya son kullanıcının) üründe sorunla karşılaşmamasını temin edecek kapasitedeki sürecin seçilmesini sağlar. [4:115]

Tasarım FMEA'nın konusu, üretilen malzeme veya parça iken, süreç FMEA üretim sürecinin çeşitli aşamalarıyla ilgilidir. Bununla beraber, her ikisi de birbirini tamamlayıcı mahiyette ve müşteri ürünü kullanırken çıkabilecek ürün hatalarının nedenlerini ortadan kaldırmaya yöneliktir.[7;23]

### III. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ ÇALIŞMASININ ADIMLARI

FMEA çalışması ürünü oluşturan tüm parçalar için yapılmaz. Ürünü oluşturan tüm parçalar aynı öneme sahip olmadıklarından buna gerek de yoktur. Yalnızca önemli görülen, kritik parçalara uygulanması yeterlidir.

FMEA çalışmasında ilk adım; *fonksiyon analizi* dir. Fakat bu adımdan önce ürünü oluşturan bütün parçaların tanımlanmış olması gerekir. Fonksiyon analizinde, müşteri açısından ürünün birincil ve ikincil fonksiyonları belirlenir. [2;149] Daha sonra, bu fonksiyonları yerine getiren parçalar belirlenir. Bu şekilde ürün fonksiyonları ve karşı gelen parçaların yer aldığı *fonksiyon matrisi* oluşturulur.

İkinci adım, oluşması beklenebilecek hataları tanımlamaktır. Bir parçanın tasarım aşamasında kendisine verilen görevi yapmaması veya eksik yapmasını *hata* olarak tanımlarsak, bir parça için olası

tüm hatalar; *hata türü* olarak tanımlanan sıralamayı oluşturur.

Üçüncü adım, hata oluştuğunda müşteri üzerinde yaratacağı etki veya sonucun tanımlanmasıdır. Her hata türünün müşteri üzerinde ancak ve ancak tek bir etkisi olabilir.

Dördüncü aşama, gerçekleştiğinde bir hata türüne yol açacak nedenlerin tümünün belirlenmesidir. Bir hata türünün birden fazla meydana gelme nedeni olabilir.

Beşinci aşama, olası hataların tasarım nedenlerinin oluşumunu ve sonuçta hatanın meydana gelmesini önleyecek, gizli hataların ortaya çıkmasını böylelikle teşhis edilmesini sağlayacak tüm kontrol önlemlerinin listelenmesidir.

Altıncı aşamada, hata türlerinin ortaya çıkma olasılıkları, müşteride yaratacağı etkiler in şiddeti ve hata türlerinin keşfedilebilirliğine (hatanın müşteriye ulaşmama veya müşteri tarafından farkedilmeme olasılığı) ilişkin puanlandırma yapılarak kalitatif verilerden kantitatif verilere geçilir. Bu aşamada çalışmayı yapan ekibin geçmiş deneyimleri, kalite ile ilgili veriler (müşteri şikayetleri ) ve deneme sonuçları ile ilgili veriler puan takdirinde kullanılır. Yeni bir ürün durumunda benzer ürünlere ilişkin verileri kullanmak gerekir.

Yedinci aşamada, her bir hata türü ve nedeni çiftine ilişkin olarak *risk öncelikleri* saptanır. O hata türü/nedenine ilişkin *olasılık, şiddet, keşfedilebilirlik* değerlerinin çarpımı *risk öncelik göstergesi (RÖG)* değerini verir.

Son aşamada ise önerilen iyileştirmeler yer alır. Hata türlerinin nedenleri en önemliden aşağıya doğru sıralanarak önerilen iyileştirme faaliyetleri tanımlanır.

### IV. ÖRNEK BİR HTEA ÇALIŞMASI [7]

#### IV.1 Ürün tanımı

FMEA çalışmasında incelenecek ürün; *kazan körüğü* dür. Kazan körüğü, çamaşır makinasının önemli bir parçasıdır.

Kazan körüğü, çamaşır makinasının önünden suyun sızmasını önlemek üzere tasarlanmış bir conta olarak tanımlanabilir. Yeri, gövde ile kazan arasındadır. Gövde ve kazan üzerinde bulunan ilgili oluklarda iki kelçe ile sabitlenmiştir. Su sızdırmazlığını garanti etmek için, kapak kapandığı zaman kazan körüğü kapak camı ile temas etmektedir. Kazan körüğü, çamaşırın

tambur ile kazan arasındaki bölgeye kaçmasına engel olmak için bir çıkıntı oluşturur.

#### IV.2 Ürün fonksiyonları

İncelenen ürünün *birincil fonksiyonları* şunlardır:

- A) Kazan ile gövde arasındaki sızdırmazlığı garanti etmek.
- B) Ön kapaktan sızdırmazlığı garanti etmek.
- C) Tamburdan kazana çamaşırların geçmesini önlemek.

*İkincil fonksiyonlar* ise şunlardır:

- D) Kazan sarsıntısının emilmesine katılmak,

E) Estetik özelliğe hizmet etmek,

F) Kolay monte edilebilirlik,

G) Çamaşırlara hasar vermektan sakınmak,

H) Kapağın belirlenen gerekli kuvvetle kapanırlığını sağlamak,

I) Diğer makina fonksiyonlarının kaybına neden olmamak,

J) Kilit mekanizmasına müdahaleden sakınmak,

K) Suyu kolaylıkla boşaltmak.

Buna göre *fonksiyon matrisi* aşağıdaki şekilde oluşur:

**Tablo 1.** Kazan körüğü ile etrafındaki parçalar arasında ilişki

Parça Ürün fonk.	Kazan	Tambur	Gövde	Ön kapak camı	İç kapak	Kazan körük kelepçesi	Gövde körük kelepçesi	Kilit Mekanizması
A	X					X		
B			X	X	X		X	
C	X	X		X				
D								
E								
F	X		X			X	X	
G								
H			X	X	X			
I		X						
J								X
K	X		X					

(Açıklama: x işareti; ilgili parçanın ilgili fonksiyonu yerine getirmede katkısı var anlamına gelir.)

#### IV.3 Hata türleri

İncelenen ürüne ilişkin hata türleri aşağıda gösterilmiştir:

İlgili fonksiyon ve hata türleri:

**A) Kazan ile gövde arasındaki sızdırmazlığı garanti etmek**

H1 : Kazan ile kazan körüğünün ilişkili bölgeleri arasındaki boşluk

H2 : Kazan ön sacının radyüsü ile körüğün ilişkili bölgeleri arasındaki boşluk

H3 : Gözenek, çatlaklar, çapak, pürüz

**B) Ön kapaktan sızdırmazlığı garanti etmek**

H3 : Gözenek, çatlaklar, çapak, pürüz

H4 : Ön kapak camı ile körüğün ilişkili bölgeleri arasındaki boşluk

**C) Tamburdan kazana çamaşırların geçmesini önlemek**

H5 : Körük çıkıntısında kırıklar

H6 : Tambur ağzında tambur ile körük çıkıntısı arasındaki fazla açıklık

**D) Kazan sarsıntısının emilmesine katılmak**

H7 : Çok sert

**E) Estetik özelliğe hizmet etmek**

H8 : Renginin değişmesi

H9 : Görünür yüzeylerde kıvrım

H10 : Kötü koku

**F) Kolay monte edilebilir olmak**

H11: Kazan ile kazan körüğünün ilişkili bölgeleri arasında çok fazla etkileşim

H12: Gövde ile kazan körüğünün ilişkili bölgeleri arasında çok fazla etkileşim

H13 : Yeterince elastik değil

**G) Çamaşırlara hasar vermektten sakınmak**

H14 : Körük çıkıntısı çok uzun

H15 : Tambur ile kazan körüğü arasında fazla boşluk

**H) Kapağın belirlenen gerekli kuvvetle kapanırlığını sağlamak**

H16 : İç kapak ile kazan körüğünün ilişkili bölgeleri arasında etkileşim

H17: Ön kapak camı ile kazan körüğünün ilişkili bölgeleri arasında çok fazla etkileşim

**I) Diğer makina fonksiyonlarının kaybindan sakınmak**

H18 : Tambur ile körük çıkıntısı arasında hiç boşluk yok

**J) Kilit mekanizmasına müdahaleden sakınmak**

H19: Kilit mekanizması ile kazan körüğünün ilişkili bölgeleri arasında yetersiz boşluk

**K) Suyu kolaylıkla boşaltmak**

H20 : Suyun dışarı çıkış yolu zorluğu

**IV.4 Hataların etkileri**

Yukarıda bulunmuş olan 20 tür hatanın müşteriye sonuçları diyebileceğimiz *etkiler* aşağıdaki gibi saptanmıştır :

**1,2,3 nolu hatalar:**

• Su sızdırır - Tamir gerektirir - Makina ana fonksiyonlarından birinin kaybı-Müşteriye hasar (halı, yer. makina bakımından)

**4 nolu hata:**

• Su sızdırır - Tamir gerektirir - Makina ana fonksiyonlarından birinin kaybı- Müşteriye hasar (halı, yer bakımından)

**5,6 nolu hatalar:**

• Çamaşırların tambur ile kazan arasına düşmesi - tahliye pompasının tıkanması sonucu makinanın çalışmaması- tamir gerektirir -ısıtıcıya hasar - kazana ve tambura hasar- çamaşırlara hasar

**7 nolu hata:**

• Makina sarsılır, yerinden oynar -tamir gerektirir

**8,9 nolu hatalar:**

• Müşteri tatminsizliği

**10 nolu hata:**

• Müşteri tatminsizliği- tamir gerektirir

**11,12,13 nolu hatalar:**

• Tamamlanmamış montaj ve diğer etkiler 1nolu hata türü ile aynıdır

**14,15 nolu hatalar:**

• Çamaşırlara hasar - tamir gerektirir

**16,17 nolu hatalar:**

• Kapatma zorluğu - tamir gerektirir

**18 nolu hata:**

• Kazan körüğünün aşınması - gürültü - fazla enerji tüketimi ve diğer etkiler 5 nolu hata ile aynıdır

**19 nolu hata:**

• Etkisi 1 nolu hata türü ile aynıdır

## 20 nolu hata:

- Müşteri tatminsizliği

## IV.5 Hata türlerinin nedenleri

Tek tek tüm hata türleri için olası nedenler saptanmıştır. Bunlardan yalnızca ilk üç hataya ilişkin olanları örnek olarak verilmiştir. Ayrıca her hata nedenine ilişkin kontrol önlemleri ve olasılık, şiddet, keşfedilebilirlik değerleri verilmemiş, yalnızca ilk hata türüne ilişkin nedenler için verilmiştir:

H1:

- Yanlış çap seçimi ( boyutlar, toleranslar, şekil)

*Kontrol önlemleri:* 1.Ömür testi (20 prototipte) 2. Öneri testi (100 makinada) 3. İlk nümune analizi

Olasılık: 1 Şiddet: 8 Keşfedilebilirlik: 4 Risk öncelik göstergesi: 32

- Kazan ağız çapında çok fazla tolerans

Aynı önlemler, aynı değerler ve RÖG:32

- Kazan körük kelepçesinin yetersiz sıkma kuvveti

İlk iki önlem, olasılık:3 Şiddet:8 Keşfedilebilirlik:3 ve RÖG: 72

- Kazan körük oyuğu ile kazan kelepçesi arasında uyumsuzluk

İlk iki önlem, değerler sırasıyla 1,8,2 ve RÖG:16

H2 :

- Yanlış şekil seçimi (radyüs, açı, boşluk)

- Kazan ön sacı radyüsü ile kazan körüğü arasında uyumsuzluk

H3:

- Tambur ayarsızlığı nedeniyle sürtünme

- Yüksek kelepçe gerginliği nedeniyle kıvrımlar ve kıvrımlar nedeniyle sürtünme

- Yanlış malzeme seçimi (sıcak su, deterjanlar, buhar, mekanik gerilmeler ve çevre koşullarına düşük direnç)

Çıkan RÖG değerlerinden, Pareto analizi yapılarak en büyük değerden başlanarak hata nedenlerini ortadan kaldıracak veya azaltacak düzeltici önlemler saptanmıştır. Önerilen iyileştirmelerin olası sonuçları (olasılık, şiddet ve keşfedilebilirlik) da değerlendirilmiştir.

Tüm bu çalışmalar, ilgili iyileştirme projesini yürüten ekip tarafından yapılmıştır. Elde edilen değerler; ekip çalışması kurallarına göre ve farklı fonksiyonlardan (tasarım, mühendislik, üretim, kalite vb.) gelen ekip üyeleri tarafından birlikte alınmıştır.

## V-SONUÇ

FMEA çalışması henüz sanayimiz için çok yenidir. Bu yöntem, son bir kaç yıldır otomotiv ve beyaz eşya başta olmak üzere, belli başlı sektörlerde ileri gelen kuruluşlarca uygulanmaktadır. Henüz tam anlamıyla sonuçlar alınmış olmasa da, toplam kalite kültürüne bağlı olarak, önleyici yaklaşımın benimsenmesi bakımından sürekli uygulanması gereken bir yöntemdir.

## KAYNAKLAR:

- [1]-Omias, Arturo (1992) The Language of Total Quality, TPOK
- [2]-Shillito, M.Larry ve De Marie, D.J.(1992) Value: Its measurement, Design and Management, John Wiley
- [3]-Soin, Sarv Singh (1993) Total Quality Control Essentials, Mc Graw Hill
- [4]-Gevirtz, Charles D. (1992) Developing New Products with TQM, Mc Graw Hill
- [5]-Hakes, Chris (editör) (1991) Total Quality Management, Chapman & Hall
- [6]-Stamatis, D.H. (1995) Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution, ASQ
- [7]-Çiğdem, Sabri (1997) Hata Türü ve Etkileri Analizi, KOGEM seminer notları.

