

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA) VE BİR UYGULAMA

H. Besim AKIN

Marmara Üniversitesi, İ.İ.B.F., Ekonometri Bölümü, Profesör Dr.

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA) AND ONE APPLICATION

Abstract: FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) which is a statistical process control method can be applied in different sectors. FMEA application is run by bringing together key specialized and qualified company personel that are in different departments or projects. Therefore by this approach the application aims at taking necessary precautions by determining high probability faults in design, processes, high customer satisfaction, minimum cost and overall increased profitability.

Priorities in the application is determined by Risk Priority Indicator (RPN) which is formed by using standardized tables. Application is run until RPN value falls below a certain level for all phases.

There are three criterion of RÖG coefficient, 1-Probability= The frequency of the error. 2-Violence= The effect and seriousness of the error. 3- Perceptibility= The determination of the error before it reaches to the customer. These criterion have numerical values from 1 to 10.

Keywords: FMEA (Failure Mode and Effects Analysis).

I. GİRİŞ

İşletmelerde verimliliğin gerçek manada sağlanabilmesi için bilgi yönetimi önemli rol oynamaktadır. Doğru bilginin değerlendirilmesi ve sistemlerin iyiye doğru geliştirilmesi an hedefidir.

Toplam kalite yönetimi; sürekli gelişim ve müşteri mutluluğunu ve tatminini temel alan bir yaşam tarzıdır.

Firmaların piyasada rekabet edebilmeleri için, çeşitli operasyonlardaki hatalarını önlemek veya risklerini azaltmak mecburiyetindedirler.

Tanım yapılabilirse FMEA veya HTEA; sistem, tasarım, proses veya serviste oluşabilecek hataların değerlendirmesini ve bu tür hataları (problemler, yanlışlıklar, riskler v.s.) değerlerinin sürekli iyileştirilmesi ve azaltılmasını hedefleyen özel bir sistemdir.

Hataların önlenmesine yönelik olan çalışmalarda

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA) VE BİR UYGULAMA

Özet: İstatistik proses kontrol yöntemlerinden olan HTEA (FMEA) çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır. HTEA (FMEA) uygulaması, kendi konularında uzman, işletmenin farklı bölümlerinde ya da farklı projelerde görev alan çalışanlarının belirli kurallar dahilinde bir araya gelmeleri ve ekip çalışması bilinciyle yürütülür. Böylece tasarım, proses, bakım ve ya diğer üretim noktalarında ortaya çıkma olasılığı olan hataları önceden belirlemek, verimlilik artışı, yüksek kalite, yüksek müşteri memnuniyeti ve böylece maliyet masraflarında minimizasyon sağlayarak işletmelerin karlılığını arttırmak mümkün olabilmektedir.

Yöntem, öncelikleri standartlaştırılmış tablolardan yararlanarak oluşturulan risk öncelik göstergesi (RÖG) belirler. RÖG değerleri en aza indirilene kadar çalışmaya devam edilir. RÖG katsayısının üç kriteri vardır. 1. Olasılık (hatanın frekansıdır), 2. Şiddet (Hatanın ciddiyeti ve etkileridir), 3. Fark edilebilirlik (Müşteriye ulaşmadan önce hatanın belirlenmesi işlemidir). Bu kriterlerin değeri 1'den 10'a kadar olmak üzere sayısal olarak belirlenir. FMEA, bir ürünün dizayn aşamasında, diğeri ise proses aşamasında olmak üzere iki şekilde yapılır. FMEA, dizaynın her aşamasında, gelişiminde, üretim operasyonunda veya ürünün kullanımında uygulanabilir.

Anahtar Kelimeler: HTEA (Hata Türü Etkileri Analizi).

eski ve yeni düşünce sistemleri karşılaştırıldığında şu durum ortaya çıkmaktadır (Bkz. Tablo.1).

Tablo.1. Hata önlenmesine yönelik düşünce sistemlerinin karşılaştırılması

Eski düşünce	Yeni düşünce
Iskarta (hurda) ların gözlenmesi	Iskarta (hurda) ların önüne geçilmesi
Güvenirliğin ortaya konulması	Güvensizliğin azaltılması
Problemlere çözüm üretilmesi	Problemlerin önlenmesi

FMEA önce ABD'de 1950'li yılların başında uçuş kontrol sistemlerinin kontrolünde kullanılmaya başlanmış ve 1960'dan sonra havacılıkta sistemli olarak uygulanmıştır. NASA tarafından 1960-1965 yılları arasında aya insan indirme (APOLLO) projesinde

denenmiştir. 1965-1970 yılları arasında ABD'de Silahlı Kuvvetlerde kullanılmıştır. Endüstride ilk kullanım Japon NEC firması tarafından başlatılmış, daha sonra otomotiv ve tekstil sektöründe yaygın uygulama alanı bulabilmiştir.

FMEA yönteminin uygulanabilmesi için aşağıda yer alan dört ön şartın herkes tarafından anlaşılması ve izlenmesi gerekmektedir.

- 1- Öncelikle müşteri belirlenmelidir,
- 2- İncelenen fonksiyon ve amaç herkes tarafından bilinmelidir,
- 3- Problemlerin önceliği belirlenmelidir,
- 4- Düzeltici faaliyetlerde devamlı iyileşme sağlanmalıdır.

İyi planlanmış bir FMEA Analizi

- o Her hatanın sebeplerini ve etkilerini belirler,
- o Potansiyel hataları tanımlar
- o Olasılık, şiddet ve belirlenebilmeye bağlı olarak hataların önceliğini ortaya koyar,
- o Problemlerin takibi ve düzeltici faaliyetlerin uygulanması safhalarında yol gösterici olur.

FMEA Analizinin başarılı sonuç vermesi, çıkarılan sonuçların iyileşme ve gelişme stratejisi, kabul görmediği durumda FMEA dinamiklik özelliğini kaybeder.

FMEA çalışmasında, yeni bir ürün geliştirirken veya dizaynı oturmuş bir üründe önemli bir değişiklik veya geliştirme yapılırken, prototip imalinden masa başında üretimde karşılaşılabilecek ve bilhassa, sonucu kullanıcıya ulaşabilecek olası hatalar, bunların cinsi, sebepleri, tesirleri, kriterliği, ortaya çıkma sıklığı, frekansı tahin edilebilir. Bu amaçla çalışma ekibi oluşturulur. Bu ekibe mühendislik, dizayn bölüm, imalat bölümü ve kontrol bölümü dahil edilir. Ayrıca imalat aşamasındaki bir ürünün toplanan verilere göre tespit edilen çalışmalar da FMEA analizleri olarak kabul edilir. Teorik olarak ürün ve proses tasarım aşamasında uygulanan FMEA çalışmaları, pratikte imalat aşamasına geçildikten sonra da kullanılabilir.

FMEA analiz çalışmalarında yapılan tahminler sonucunda alınacak olan önlemler şunlardır

- Operasyon sırası değişikliği,
- Resim-dizayn değişikliği,

- İlave yeni operasyon veya operasyonlar,
- Tezgah değişikliği veya yeni tezgah ilavesi,
- Yeni/ilave ölçme ve kontrol metotları,
- Yeni/ilave ölçme ve kontrol aletleri,
- Aparat/takım ilavesi veya değişikliği/tadilatı,
- Yeni/ilave kalite kontrol noktaları oluşturulur.

Yukarıdaki önlemlerin biri veya birkaçı uygulanarak, sonuçlar izlenir, gerekli görülürse FMEA çalışması yenilenmek suretiyle, ek önlemlere başvurulur.

FMEA analizi sadece ürün dizaynında değil, proses dizaynında ve servis aşamasında da kullanılabilir. Mühendisler ve orta kademe yöneticiler tarafından yürütülen bu yöntem; dizaynı, siparişi, mal alımı oturmuş bir üründe o günkü teknolojik eğitim ve müşteri istek ve beklentilerine yanıt vermek amacına da hizmet etmektedir.

II. FMEA TEKNİĞİNDE KULLANILAN YARDIMCI ELEMANLAR

FMEA tekniğinde kullanılan yardımcı elemanlardan bazıları şunlardır:

Hata Modu: Sistemlerde arıza veya hatalara neden olan mekanizmalar bir bütünlük içerisinde meydana gelen rastsal veya doğal olaylar olabilir. Örneğin; bir otomobil lastiğinde patlak ya da yan yüzey kusurları gibi. Ayrıca bir sistemin ayrı ayrı parçaları olabilir. Örneğin; bir bilgisayarın değişik ünitelerindeki (hafıza, disk driver veya klavye v.s.) hatalar olabilir. Hataların mekanizmalara veya sebep olan parçalara göre ayrı ayrı ele almak ve sonra hataların bağımsız olması koşuluyla, sistemin güvenilirliğini genellemek, parça hatalarına göre inceleyip, önlem almak olasıdır. Bunlara hata modları (sebepleri) denilmekte ve hata sebepleri ile karıştırılmaması gerekmektedir.

Hataların Etkisi: Gerçekleşmesi olası hatalar üzerinde çalışarak, hata veya hataların üretim prosesi, servis veya diğer parçalara yansımaları ve tümünün performansı üzerindeki etkisi belirlenir.

Hataların Kritikliği: Prosesteki potansiyel hatalar araştırılarak ürünün farklı parçaları üzerindeki hatalar izlenerek, güvenlik riski ve toplam fonksiyonu üzerindeki şiddeti tespit edilir.

FMEA üretimin operasyonunda, dizaynı her aşamasında, gelişiminde veya ürünün kullanımında uygulanabilir. Henüz daha dizayn aşamasında meydana

çıkması olası hataların etkilerine karar verilerek sebeplerin ortadan kaldırılmasıdır. Ürünün her parçası için bu yöntemi kullanmak ekonomik değildir. Ancak üründeki kritik operasyon belirlenip, yalnızca onlar için metot kullanılmalıdır.

ABD ve Japonya’da çok etkin olarak uygulanmakta olan FMEA’ya çizelge hazırlanır. Bu çizelgede firmaların üretim sistemlerine uygun detaylar vardır. Firmalar kendilerine en uygun çizelgeyi hazırlarlar. Aşağıda basit bir FMEA çizelgesi görülmektedir.

Proses/ Fonksiyonlar	Muhtemel Hata modu	Hatanın etkileri	P	S	D	C	Önlemler

Şekil.1. Basit Bir FMEA Çizelgesi

Yukarıdaki çizelgede P, S, D, C, harfleriyle gösterilen sembollerin anlamları şunlardır.

P- Her bir hata modunun oluşma olasılık değeri;

S- Hatanın ne kadar önemli olduğunun değeri

D- Üretim veya servisten önce, müşteri tarafından henüz kullanılmadan, hataların keşfedilmesinin zorluk derecelendirilmesi,

C- Kritik değer

RÖS- Her hatanın etkilerine göre sıralanması, düzenlenmesi veya öncelikli risk olasılığına göre derecelendirilmesi prensibine göre belirlenir. RÖS değeri P, S ve D değerlerinin çarpımıyla elde edilir.

$$RÖS= P(olasılık) \times S(\text{şiddet}) \times D(\text{fark edilebilirlik})$$

Toplam kalite kontrolü anlayışı içerisinde, FMEA analizi, bütün yeni parçalar üzerinden değişiklik yapılmış veya yeni şartlar altında kullanılan devam edecek parçalara uygulanmalıdır.

FMEA analizi, parçalar üzerinde bütün tesir ve etkileri hesaba katan, araştırma ve geliştirme bölümü

tarafından yapılan dizayn hesaplarının gösterimi ile alakalıdır. Yöntemin ilgilendiği hatalar şu sebeplerden meydana gelir; kırılmalık, deformasyon, eskimişlik, çatlakların çoğalması, titreşim, sızıntı, ani duruşlar, korozyon/aşınma, kısa devreler ve bunlar gibi...

Çalışmalarda hedef kitle müşteri ilişkileridir. FMEA analizi yardımıyla kritik durumlar önceden sezilerek önlemler geliştirilir ve böylece kritik durumların artış olasılığı giderilir. Tüketici yanılmamalıdır. Ürünün güvenilirliğini veya uygunluğunu azaltmayan bir takımın hataların, tüketici tarafından fark edilmesi önemlidir. Bu tür hataların oluşma olasılığını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz [1]:

Tablo.2. Olasılık Derecelendirme Tablosu

HATA OLASILIĞI	OLASI HATA ORANLARI	DERECE
Hemen hemen kesin	½'den fazla	10
Çok yüksek	1/3	9
Yüksek	1/8	8
	1/20	7
Orta	1/80	6
	1/400	5
	1/2,000	4
Düşük	1/15,000	3
Çok düşük	1/150,000	2
Hemen hemen olanaksız	1/1,500,000'den düşük	1

Tablo.3. Şiddet Derecelendirme Tablosu

Etki	Kriter	Derece
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	Üretimin tümü hurdaya ayrılabilir. Ürün kullanılmaz hale gelip temel fonksiyonlarını kaybederler. Müşteri büyük hoşnutsuzluk duyar.	8
Büyük	Ürün/proses üzerinde büyük etki. Ürün kullanılmaz. Üretimin ayıklanması ve bir bölümünün (%100'den az) hurdaya ayrılması gerekir. Müşteri hoşnutsuzluk duyar.	7
Önemli	Parçanın yeniden işlenmesi/onarılmasına neden olur. Ürün Performansının derecesi düşmüştür. Ürün çalışmaktadır fakat kolaylık/rahatlık sağlayan bazı parçalar çalışmaz. Müşteri hoşnutsuzluk duyar.	6
Orta	Ürün performansı veya proses üzerinde orta şiddette etki. Müşteri ürünün kullanımında 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
Önemsiz	Ürün performansı veya proses üzerinde önemsiz etki. Hata müşteri tarafından fark edilir.	3
Çok Önemsiz	Ürün performansı veya proses üzerinde çok önemsiz etki. Hata müşteri tarafından fark edilmez.	2
Etkisi yok	Ürün performansı veya proses üzerinde hiç etkisi yok.	1

Tablo.4. Tespit Edilebilirlik Derecelendirme Tablosu

Etki	Kriter	Derece
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	Üretimin tümü hurdaya ayrılabilir. Ürün kullanılmaz hale gelip temel fonksiyonlarını kaybederler. Müşteri büyük hoşnutsuzluk duyar.	8
Büyük	Ürün/proses üzerinde büyük etki. Ürün kullanılmaz. Üretimin ayıklanması ve bir bölümünün (%100'den az) hurdaya ayrılması gerekir. Müşteri hoşnutsuzluk duyar.	7
Önemli	Parçanın yeniden işlenmesi/onarılmasına neden olur. Ürün Performansının derecesi düşmüştür. Ürün çalışmaktadır fakat kolaylık/rahatlık sağlayan bazı parçalar çalışmaz. Müşteri hoşnutsuzluk duyar.	6
Orta	Ürün performansı veya proses üzerinde orta şiddette etki. Müşteri ürünün kullanımında 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
Önemsiz	Ürün performansı veya proses üzerinde önemsiz etki. Hata müşteri tarafından fark edilir.	3
Çok Önemsiz	Ürün performansı veya proses üzerinde çok önemsiz etki. Hata müşteri tarafından fark edilmez.	2
Etkisi yok	Ürün performansı veya proses üzerinde hiç etkisi yok.	1

Tablo.5. Hatanın Müşteriye Yansıma Olasılığı Derecelendirme Tablosu

Hatanın Müşteriye Yansıma Olasılığı	Derece
1	10
1/2	9
1/3	8
1/10	7
1/20	6
1/100	5
1/500	4
1/1000	3
1/10,000	2
1/100,000	1

Bu ölçülere göre analizler yapılır ve sonuçlar tabloya kaydedilir. Sonuçta kritik sayılar ortaya çıkarılır ve kritik olayların meydana gelmeleri önlenmeye çalışılır. Böylece kalite geliştirme programı, hataları kaldırmak suretiyle sağlanmış olur.

RÖS katsayısının en büyük değerden başlanarak işlem devam ettirilir. Çünkü en etkin hatalar RÖS'nin en büyük değerlerine isabet etmektedir. Özetlersek RÖS katsayısı burada yöntemin kullanımında belirleyici rol oynamaktadır.

FMEA'nın gerekliliğine karar verirken göz önünde bulundurulması gereken noktalar şunlardır [2]:

- Üretim başlamadan önce olası proses yetersizliklerini belirlemek,
- Ürünün seri üretimine başlamadan önce olası tasarım yetersizliklerini belirlemek,
- Yasalara uygunluğu veya emniyeti olumsuz yönde etkileyebilecek hata türlerinin olasılıklarını belirlemek,
- Önemli ve kritik özellikleri tanımlamak. Burada Önemli özellik ürün veya prosesin kalite özellikleridir. Bunlar FMEA ekibi tarafından veya müşteri tarafından belirlenir. Kriter özellikler ise, yasalara uygunluğu veya güvenilirliğe uygunluğu etkileyebilecek özelliklerdir. Bunlar resim veya prosedürlerde mutlaka tanımlanmış olmalıdır.

FMEA çalışmaları potansiyel hataların ortadan kaldırılmasına bağlı müşteri tatminini amaçlayan bir yöntem olduğundan olabildiğince erken başlatılmalı,

bütün veri ve bilgilerin hazır olması beklenmemelidir.

Burada önemli olan eldeki verilerle yapılabileceklerin en iyisini yapmaktır.

FMEA'nın başlatılmasını gerekli kılan nedenler şunlardır:

- Halihazır tasarımlar veya prosesler değiştirildiğinde,
- Halihazır tasarımlar veya prosesler için yeni uygulamalara başlanacağına,
- Halihazır tasarım veya proseslerde önemli hatalar görüldüğünde,
- Yeni prosesler veya ürünler tasarlanması durumunda.

FMEA'nın yürütülmesi bir ekip işidir. Bir kişinin yapabileceği iş değildir. Çalışma ekibi üç ile yedi kişiden oluşabilir. Tercihen beş kişi uygundur. Ekibe katılanların incelenmekte olan ürünün tasarım, imalat, montaj ve kontrol işlemleri konularında sorumlu ve deneyimli olmaları gerekmektedir. Ekibin doğal üyeleri araştırma. Mühendislik. Üretim ve kalite temsilcileridir. Çalışma konusuyla ilgili diğer bölümlerdeki elemanlar da katılabilirler. Bir ekip lideri seçilir. Buna FMEA eğitimi almış olan bir amatör;

Ekibin çalışmasını düzenler:

- Toplantı gündemini belirler,
- Toplantının yönlendirilmesini yapar,
- Toplantı notlarının alınması ve sonuçta toplantı raporunun hazırlanmasını sağlar,
- Çalışmaların devamlılığı için gerekli önlemleri alır.

Çalışma ekibiyle ilgili dikkat edilecek hususlar:

- Çalışılan konuya ilgisiz kişiler ekibe dahil edilmemeli,
- Aşırı kalabalık katılımcılar,
- Yetersiz animatör,
- Tek bir bölümden katılan kişilerce ekip oluşturulması,
- Ekip çalışma kurallarına uyum sağlamamasıdır.

FMEA ekibi değerlendirmeler ve analizler sonuçlanana değin, çalışmalarına hedeflerine uygun şekilde süreci üç saati geçmeyecek toplantılar düzenler. Genellikle FMEA çalışmaları iki ayı geçmemeli ve konu küçük kapsamlara bölünmelidir.

FMEA'nın amacı bilinen potansiyel hatalar müşteriye ulaşmadan engellemek olduğu için bazı tahminler yapılmalıdır. Önceliğin belirlenmesi metodun en önemli noktası olup, bunu sağlayan üç kriter şunlardır [3]:

Olasılık: Hatanın frekansdır.

Şiddet (Ciddiyet): Hatanın ciddiyeti ve etkileridir.

Fark edilebilirlik: Müşteriye ulaşmadan önce hatanın belirlenmesi işlemidir.

Bu kriterlerin değeri 1'den 10'a kadar olmak üzere sayısal olarak belirlenir.Öncelik ise bu üç kriterin değerlendirilmesi sonucunda ortaya çıkan bu üç kriterin çarpılmasıyla bulunan risk öncelik sayısına (RÖS) göre tespit edilir.

Günümüzde FMEA, bir ürünün dizayn aşamasında, değeri ise proses aşamasında olmak üzere iki şekilde yapılır [4].

Dizayn FMEA: Yeni ürünler ve prosesler planlandığı zaman, mevcut planlar ve dizaynlar değiştirilebileceği zaman FMEA kullanılır. Yeni bir ürünün dizaynında kullanılmalıdır. Bu ürün henüz imalata ulaşmadan ürün fonksiyonları tanımlandıktan sonra oluşturulur.

Proses FMEA: Üretim sırasında herhangi bir hata oluşuyorsa, prosesin neden bu hatayı meydana getirdiğini incelemek için yapılır. Bu amaçla planlanmış üretimin dizayn karakteristiklerini analiz eder ve imalat ve kontrol proseslerinde yapılması gerekenlerin üzerinde yoğun bir çalışma yapar.

FMEA, dizaynın her aşamasında, gelişiminde üretim operasyonunda veya ürünün kullanımında uygulanabilir. Birçok ürünün parçası için FMEA yapmak yerine, üründeki kritik operasyon takip edilip, yalnızca o parçalar için FMEA yönteminin uygulanması daha ekonomik olacaktır.

FMEA çalışmalarına fonksiyon analizi ışık tutmaktadır. Fonksiyon analizi, üzerinde çalışılan sistemin daha iyi anlaşılması, FMEA'nın uygulanması, araştırma ve geliştirme ile ilişkilerin geliştirilmesi, tamir-bakım ve maliyet kontrol edilebilirlik parametrelerinin hesaba katılması, farklı parçalar arasındaki bağlantılardan sonuçlanan hataların ortaya konulması gibi konularda

yardımcı olmaktadır.

Analizin uygulanacağı sistem bir bütün olarak göz önünde bulundurulmalı ve sistemle alakalı olan faktörlerin hesaba katılması sağlanmalıdır. Öncelikle fonksiyonlar tespit edilmelidir. Fonksiyonların anlaşılmasında 3 ana safha vardır [5].

a) İhtiyaçların karşılanması,

b)Fonksiyonların tanımlanması,

c)Fonksiyonel blok diyagramların oluşturulması,

a) İhtiyaçların karşılanması amacıyla, bir ürün veya sistemin arasındaki ilişkilerin çeşitli fonksiyonlarla ortaya konulması için aşağıdaki soruların sorulması gereklidir.

- Kimin için hizmet gereklidir.

- Yapılan hizmet ne sağlar.

- Bu harekete neden ihtiyaç vardır.

b)Fonksiyonların tanımlanması ile ilgili olarak şunlar açıklanabilir. Herhangi bir sistem çevresi ile çeşitli şekillerde temastadır.Sistem kendi ana fonksiyonlarını yerine getirirken aynı zamanda çevrenin baskısıyla yaptığı bazı işlevleri de yerine getirmektedir

Ana fonksiyonlara, akış fonksiyonları da denebilir. Çünkü sistemin başından sonuna kadar kontrollü akışa uyum sağlarlar. Sistemi oluşturan parçaların temel fonksiyonları ise dizayn fonksiyonlarıdır.

c)Fonksiyonel blok diyagramlar yardımıyla fonksiyonları ve birbirleriyle olan ilişkilerini izlemek, dış çevre, sistemin parçalarının her biri, ana akışlar ve tepki akışları, iç dizayn ve akışları, sistem elemanları arasında hakiki veya gayri resmi ilişkileri gösteren temasları görmek mümkün olmaktadır.

Blok diyagramlar, fonksiyonel parçaların karşılıklı ilişkilerini, birbiriyle olan bağımlılıklarını ve operasyonları tanımlayarak FMEA yönteminde kullanılan ekipmanların tüm seviyelerinde, hata modlarının etkilerini takip etmenizi sağlar. Bunlar operasyonların bağımlı veya bağımsız olduğunu göstermektedir [6].

Ürünlerin farklı fonksiyonlarından olan servis fonksiyonları, tüketici tarafından belirtilen ihtiyaçlara göre planlanır. Bunlar kullanılan teknolojiye bağımsızdır. Bu tür fonksiyonlar ihtiyaçları karşılayabilecek nitelikte olup, aynı zamanda estetik görünümle de ilgilidir.

Servis fonksiyonlarından daha önemli olan teknik

fonksiyonlar ise dizayna bağımlı olup, güvenilirlik analizinde bu fonksiyonlar yardımıyla hata modlarının neticeleri ve izlenmeleri sağlanmaktadır.

FMEA bir defa başladıktan sonra yaşayan bir doküman olmakta ve tasarım ile proseste önemli sayılabilecek değişiklikler olduğunda ise bu değişikliklerle uyum sağlanarak aktüel duruma tekrar uyarlanmaktadır. Bu sözü edilen değişikliklerin ürün üzerindeki etkiler de sürekli değerlendirilerek üretim ile montaj prosesi yetersizliklerin tespitine çalışılmaktadır.

Proses FMEA, proseste yapılan değişikliklerde, mevcut proseste önemli hatalar görüldüğünde ve her yeni

proseste tekrardan başlatılır.

En etkili haliyle bir FMEA, bir prosesin geliştirilmesinde mühendislerin düşüncelerinin özetlenmesidir. Bunu yaparken, geçmiş tecrübelerden yararlanılarak yanlış gidilebilecek her nokta tek tek analiz edilecektir. Bu sistematik yaklaşım, proses şartlarını geliştirirken izlediği düşünce disipliniyle aynı paraleldedir. Proses FMEA'ları aynı zamanda yeni bir makine veya ekipman proseslerinin geliştirilmesinde de yardımcı olur. Bu durumda kullanılacak olan metod aynı olup, yalnızca dizayn edilmekte olan makine veya ekipman, mamul kabul edilmelidir [7].

Tablo.6. FMEA Formu

Parça No/Adı	Analizi yapılacak olan parçanın numarası ve adı yazılır.
FMEA Sorumluları	Takımı oluşturan bütün kişilerin isimleri bölümleri ve telefon numarası yazılır.
Proses Sorumlusu	Sorumlu olan bölüm veya grup yazılır.
Hazırlayan	FMEA'yı hazırlamaktan sorumlu olan kişinin ismi, bölümü ve telefon numarası yazılır.
Başlangıç Tarihi	FMEA'nın başlandığı tarih yazılır.
Öngörülen Bitiş Tarihi:	FMEA'nın öngörülen bitiş tarihi yazılır. Bu tarih planlanmış üretim tarihini geçmemelidir.
Revizyon Tarihi	FMEA'nın son revizyon tarihi yazılır.
FMEA Numarası	Takip etmek amacıyla kullanılacak bir FMEA numarası yazılır.
Sayfa	FMEA da kullanılan sayfaların numaralandırılması yapılır.
Proses / Fonksiyon:	Analizi yapılan proses veya operasyonun basit bir tanımı yapılır.(örneğin; delme, kaynaklama, montaj v.b.) Proses, birdenfazla operasyon içeriyor ise her operasyon ayrı bir proses olarak sıralanır.
Hata Türleri	Prosesin, proses şartlarını ve/veya tasarımı tasarım amacını karşılaması sırasında oluşabilecek potansiyel hatalardır. Spesifik proses fonksiyonu için uygunsuzluktur.
Hatanın Etkileri:	Hata turunun müşteriye etkilerini tanımlar. Müşteri ,bir sonraki operasyon veya son kullanıcı olabilir.
Hata Sebepleri	Hatanın nasıl oluşabileceğini tanımlar. Her hata türü için makul hata sebepleri listelenmelidir.
Mevcut Proses Kon.	Hatayı tespit eden veya oluşmasını engelleyen kontrollerdir.
Olasılık	Belirli bir sebebin sonucu olarak, bir hata türünün ne kadar sıklıkta oluşabileceğidir. Olasılık değerlendirmesi 1'den 10'a kadar yapılır.
Şiddet	Hata etkilerinin müşteriye sonuçlarını değerlendirir. Şiddet ,sadece etkilere uygulanır. Şiddetin değerlendirmesi 1 ile 10 arasında yapılır.
Saptanabilirlik	Parçanın üretim veya montaj hattını terketmeden önce hataların belirlenme olasılığıdır. 1'den 10'a kadar değerlendirilir.
Risk Öncelik Sayısı	Risk öncelik sayısı (RÖS), şiddet (Ş), olasılık (O) ve saptanabilirlik (S) puanlarının çarpımıdır. RÖS = (Ş) x (O) x (S) Bu değer prosesteki problemlerin önem sırasını belirlemek için kullanılır. RÖS 1 ile 100 arasında bir değerdir.
Önerilen Faaliyetler	Risk öncelik sayısını azaltmak için alınacak önlemleri içerir.
Sorumlu ve Temrin	Önerilen faaliyet için sorumlu bölüm/kişiler ve termin belirtilir.
Yapılan Faaliyetler	Alınan önlemlerin kısa bir tanımı yapılır ve geçerlilik tarihleri belirtilir.
Faaliyet Sonrası RÖS	Düzeltilen faaliyet belirlendikten sonra olasılık,şiddet ve saptanabilirlik puanları tahmin edilerek kaydedilir ve Risk Öncelik Sayısı hesaplanır.

Proses FMEA Uygulama Adımlarını Etkin ve Verimli Sistemik Bir Yaklaşımla Şöyle Sıralayabiliriz

1. Ürün ve prosesin belirlenerek, çalışma ekibinin kurulması. Analize öncelikle, Proses FMEA'nın sentez formunun doldurulmasıyla başlanır. Bu form üzerinde ürün ve prosesin tanımı, çalışmanın nedeni, talep eden ve karar veren kişiler, çalışma planı ve katılanlar ile ilgili bilgiler yer almaktadır.

Çalışma ekibi genellikle sorumlu ve deneyimli kişilerden seçilen üç ile yedi kişiden kurulur. Mühendisler, araştırmacılar ve üretim kalite bölümü temsilcileri tercihen dahil edilir. Öncelikle ekip lideri seçilir. İki aydan fazla sürmemesi istenen bu sürede periyodik toplantılar yapılır ve bu toplantıların üç saati geçmemesi arzu edilir.

Ekip lideri öncelikle ürün parça tanımı, proses akış diyagramları, proses yerleşim planı, proses ile ilgili hata verileri, teknik resimler, muayene planı ve parça numunesi gibi bilgilerin ve belgelerin tamamlanmasıyla uğraşır.

2. Ürün ve prosesin belirlenmesi aşamasında önce proses aşamaları ve fonksiyonları belirlenerek, her bir parçanın fonksiyonunun ve bu fonksiyonu yerine getirecek özelliklerin tanımlanmasına çalışılır. Bu amaçla hazırlanan proses iş akış diyagramı çalışmayı yönlendirir.

3. Hata türlerinin tespitinde birtakım olasılıklardan yararlanılmaya çalışılır. Acaba müşteri neyi kabul etmeyebilir. Bu parça operasyonda niçin ret edilebilir veya bu parça veya proses istenilen özellikleri karşılamada nasıl hata yapabilmektedir.

4.Hata etkilerinin tespit edilmesi. Müşteri bir sonraki operasyon ise, operasyon performansı yönünden sonuçlar; uymama, birleştirilememe, takılamama, karşılamama ile ekipman ve malzemeyi hasarlama yönünden belirlenmeye çalışılır. Ayrıca düşük performans, çalışmama, kötü görünüm, kesintili çalışma, ses ve kötü koku yönünden hatanın sonuçlarının müşteriler tarafından değerlendirilmelidir.

5. Hataların olası sebeplerinin tespiti. Her proses için hata türüne neden olabilecek sebepler sıralanarak, düzeltilebilir veya kontrol edilebilir proses parametreleri cinsinden tanımlanmalıdır.

6. Kontrol önlemlerinin tanımlanması. Bunlar çıkması muhtemel hatayı belirleyen veya hata türünün ortaya çıkmasını önleyen işlemlerdir. Bu kontroller genellikle istatistiksel proses kontrol (İPK) proses sonrası muayene ve testler ve mastar kontrolü şeklinde yapılabilir. Proses kontrolü öncelikle hatanın oluşmasını önlemeyi, hata sebebini bularak düzeltici faaliyeti başlatmayı ve hata türünü ortaya koymayı planlamaktadır.

KFY'nin amacı; müşterinin ürününü satın almasını ve bunu sürdürmesini sağlamak için, pazarlanan ürün ve hizmetlerin dizaynından üretimine kadar tüm prosesle odaklanmaktır.

Ekte, proses HTEA(FMEA) ile ilgili bir uygulama örneği görülmektedir. HTEA uygulaması sonucunda ölçüsel hatalar ve bantların yapışmaması ile ilgili risk öncelik göstergeleri önemli ölçüde iyileştirilmiştir.

III. SONUÇ

Sürekli gelişim kapsamında uygulanan HTEA(FMEA) çalışması, mevcut tasarım ve proses uygulamaları sırasında fark edilmeyecek pek çok hatanın önceden tespit edilmesini ve sisteme eklenen çeşitli kontrol metotları ya da tasarım/proses değişiklikleri ile oluşabilecek hataların minimize edilmesini önemli ölçüde gerçekleştirmiştir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- [1] Akın, B. (1998). *Hata Türü ve Etkileri Analizi*. İstanbul: Bilim Teknik Yayınevi.
- [2] Aldridge, J.R. & Dale (2002). *Potential Failure Mode and Effect Analysis*. Padstow: T.J. Pres.
- [3] Çiğdem, S. (2001). *Proses FMEA*. İstanbul: Koç Holding Eğitim ve Geliştirme Merkezi.
- [4] Çiğdem, S., *Tasarım FMEA*, Koç Holding Eğitim ve Geliştirme Merkezi, İstanbul, 2002.
- [5] Renault-Mais. (2000). *FMEA Uygulama Çalışmaları*.
- [6] Stamatis, D.H. (2001). *Failure Mode and Effect Analysis*. Wisconsin: ASQC Quality Press.
- [7] Usuş, C. (2002). *Hata Türü ve Etkileri Analizi(HTEA) ve Üretim ve Hizmet Sektörü Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

H. Besim AKIN (bakin@marmara.edu.tr) is Professor of Econometrics and Statistical at Marmara University. His research areas are statistical data analysis, applied statistics and decision making, quality control, total quality, sampling, statistic quality control, probability, multivariate statistical analysis techniques, analysis input-output, experimental design and econometrics.