

7.1

2009 Kasım

[www.guven-kutay.ch](http://www.guven-kutay.ch)

# KONSTRÜKSİYON SİSTEMATİĞİ

## FMEA

30-07

M. Güven KUTAY

# İÇİNDEKİLER

7	FMEA.....	7.3
7.1	Genel.....	7.3
7.1.1	FMEA ne dir?.....	7.3
7.1.2	FMEA nasıl doğmuştur?.....	7.3
7.1.3	Neden FMEA?.....	7.3
7.1.4	FMEA nın avantaj ve dezavantajları .....	7.4
7.1.5	FMEA cinsleri .....	7.5
7.1.6	FMEA nın kullanımı.....	7.5
7.1.7	FMEA için kullanılan zaman.....	7.6
7.1.8	FMEA ile kazanılanlar.....	7.7
7.1.9	FMEA ne için ve ne zaman kullanılır? .....	7.7
7.2	FMEA nın uygulanması .....	7.8
7.2.1	Organizasyon.....	7.8
7.2.1.1	FMEA-Koordinatörü .....	7.9
7.2.1.2	FMEA-Ekibi .....	7.9
7.2.1.3	FMEA-Moderatörü .....	7.10
7.2.1.4	Gözleyici.....	7.11
7.2.1.5	Uzmanlar.....	7.11
7.3	Ön değerlendirme .....	7.11
7.3.1	Kontrol listeleri sistemi .....	7.11
7.3.1.1	Hatalar ağacı.....	7.12
7.3.1.2	"QFD", Quality Function Deployment .....	7.12
7.3.2	FMEA-Kriterleri veya Temel kriterler .....	7.13
7.3.3	Riziko ihtimali.....	7.14
7.4	FMEA-Analizi .....	7.15
7.4.1	Hataların analizi, 1.Basamak .....	7.17
7.4.1.1	Fonksiyonlar (istek veya şartlar).....	7.17
7.4.1.2	Olasılı hatalar.....	7.17
7.4.1.3	Olasılı hataların sonuçları .....	7.18
7.4.1.4	Olasılı hataların sebepleri .....	7.18
7.4.1.5	Kontrol ve önlem imkanları .....	7.19
7.4.2	Riziko değerlendirmesi, 3.Basamak .....	7.21
7.4.2.1	Hataların Olma ihtimali, " O " .....	7.21
7.4.2.2	Hata Sonuçlarının önemi , " S " .....	7.22
7.4.2.3	Hatayı Bulma ihtimali " B " .....	7.23
7.4.2.4	Riziko öncelik sayısı "RÖS" .....	7.24
7.4.2.5	Çözüm değerlendirmesi .....	7.25
7.4.2.6	Önerilen önlemler .....	7.25
7.4.2.7	Sorumlu kişi ve termin.....	7.25
7.4.2.8	Uygulanan önlemler.....	7.25
7.4.3	Yeni değerlendirme ve sonuç .....	7.25
7.5	FMEA için yardımcı liste ve şablonlar .....	7.26
7.5.1	Ön seçim şablonları, Dört alan metodu .....	7.26
7.5.2	Kontrol listeleri.....	7.29
7.5.3	Analiz mantığını gösteren özet .....	7.34
7.5.4	Konstrüksiyon FMEA puanlama listesi .....	7.35
7.6	FMEA için özel kaynaklar .....	7.36
7.6.1	Literatür .....	7.36
7.6.2	Standartlar .....	7.36
8	Konu İndeksi .....	8.1

## 7 FMEA

### 7.1 Genel

#### 7.1.1 FMEA ne dir?

FMEA ile projenin hazırlanmasında, konstrüksiyonun da, üretimi ve montajında olabilecek hataları, hataların sebeplerini ve bunların müşteride vede piyasada doğuracağı etkilerinin araştırması yapılır ve hataların daha doğmadan yok edilme imkanları araştırılır.

Önemli hatalar ve bunların sebepleri sistematik olarak araştırılır. Maldaki (bundan sonra "**mal**" tabirini yapılan bir sistem, hizmet, işlem ve makina gibi her şey için kullanacağız.) zayıf noktalar mümkün olduğu kadar erkenden bulunur. Zayıf notalar araştırılıp bulunan düzeltme imkanları ile yok edilir. Böylece malın zayıf tarafları yok edilerek müşteride vede piyasada iyi isim yapılp malın ve firmanın itibarı arttırılır. FMEA yı kısa olarak şu şekilde tanımlayabiliriz:

**FMEA rizikoların ve maliyetin azaltılması için kullanılan en etkili metottur.**

Bu metot oldukça detaylı ve bilinçli olarak sistematik organize edilmiş olup, endüstride geniş olarak kullanılmış ve kullanılmaktadır.

#### 7.1.2 FMEA nasıl doğmuştur?

FMEA geçen yüzyılın altmışlı senelerinde NASA da (USA) Apollo-Projesi için geliştirilmiştir. Kısaltılmış olarak kullanılan FMEA nın açık şekli İngilizce "**Failure Mode and Effects Analysis**" dir. Almanca da "**Fehler -Möglichkeiten und Einfluss-Analyse**" dir. Almanca sının tercümesi bize "olma ihtimali olan hataların etkilerinin analizi" dir. Bizde "**FMEA**" yı Türkçe olarak şu şekilde tanımlayalım:

**Farz edilen Maraza Etkilerinin Analizi**

Bu metot sırasıyla Uzay ve hava seyahatlerinde, Atom enerjisinde kullanılmasından kısa bir süreden sonra makina endüstrisinde de kullanılmaya başlanmıştır. Bu metodun özel sektörde kullanımı USA da geçen yüzyılın 70 li, Japonya ve Avrupa da 80 li yıllarda başlanmıştır. Bu gün bu metot bir sürü firmanın ve ISO 9000 ile ISO 9001 in kalite garantisi için kullandığı ayrılmaz bir parçasıdır. Bazı büyük firmalara mal yapan taşeron firmalar bile bu metodu tatbik etmektedirler.

#### 7.1.3 Neden FMEA?

Müşteri daha doğrusu piyasa bir maldan daima daha iyi kalite istemektedir. İstekler daima artmaktadır. Daha fazla istek, daha iyi kalite şu yönlerden gelmektedir:

- Müşterinin istekleri ve bekledikleri,
- Malın sorumluluğu ve garantisi,
- Doğa ve çevre temizliği,
- Rakipler ve rekabet, v.s. ...

Üreticinin ürettiği maldan beklediği ve istediği:

- Daha emniyetli, daha güvenilir,
- Daha iyi kalite,
- Daha ucuza maliyet,
- Daha kısa zamanda daha çok yenilikler.

FMEA dan önce ve şu anda birçok yerde maldaki kaliteyi garantilemek, kişilerin geçmişte kazandıkları tecrübelerine dayanan klasikleşmiş bir metoda dayanıyordu. Bu gün piyasanın ve müşterinin istediği kalitede rekabet yapabilmek için bu klasik metot artık kafi gelmemektedir. İlk olarak uzay tekniğinde bu durum kendisini göstermiştir. Ufacık bir hata insan hayatına veya çok büyük mali zararlara sebep olacaktı. Bunun içinde artan istekleri ve istenen çok yüksek hedeflere hatasız ulaşabilmek için daha etkili ve emin bir metodun bulunması gerekiyordu.

Bu aranan metot sistematik ve detaylı uygulanabilmeli, malın bütün hayatı müddetince istenilen kalite hedeflerine erişebilmesine ve tutabilmesine imkan sağlamalıydı. Bu aranan metot daha projenin tanımlanması ve proje olarak kabul edilmesi anında da uygulanabilmeliydi. Buna ulaşabilmenin en emin yolu hataların giderilerek kalitenin yükseltilmesiydi.

Bununla **Kalite** ⇒ **Maliyet** ⇒ **Randıman** zinciri kolaylıkla kurulabilmeliydi.

Tecrübeler ve piyasa kanunları bir mal ortaya çıkarılırken hatalar ne kadar önce önlenir, bulunur ve düzeltilirse mal o kadar ucuza mal olacağını gösterir. Bu problemin büyüklüğü ve masrafların azaltılmasını "**ona katlama metodu**" ("**the rule of ten** ") ile basit olarak anlatabiliriz.

- Bir maldaki hatanın müşteride ortaya çıkmasının sonucu giderilmesi (itibar kaybı hariç) "1000" masraf birimi kabul edilirse,
- Aynı hata üretim sonu işletmeyi terk sırasındaki kontrolde bulunursa, düzeltme maliyeti "100" masraf birimi olur,
- Aynı hata üretim esnasında veya alınan malın fabrikaya giriş esnasında bulunursa, düzeltme maliyeti "10" masraf birimi olur,
- Eğer aynı hata konstrüksiyonda önleyici tedbirlerle önlenirse bunun maliyeti yalnız "1" masraf birimi olur.

Bu basit, fakat pratikte kabul edilen ona katlama metodu açık olarak gösteriyor ki, hatalardan korunmak çok büyük ekonomik avantaj ve faydalar sağlar. Buda hataların düzeltilmesinden daha çok onlardan korunup önlenmelerinin daha akıllı ve ekonomik olduğunu gösterir. Eski bir ata sözünü bu günkü problemimize çevirebiliriz:

*"Hastalıktan korunmak, tedavi olmaktan evladır."  
"Hatalardan korunmak, düzeltmekten çok daha ucuzdur."*

#### 7.1.4 FMEA nın avantaj ve dezavantajları

FMEA nın şu avantajları vardır:

- Sistematik metottur (Bu moderatör tarafından sağlanır).
- Teknikte kabul edilmiş bir metottur (bilhassa üretim sorumluluğunda faydalıdır),
- Kısım veya bilgi sahası arasında bilgi transferinin oluşması (araştırmacı ekip),
- Tam değerlendirile bilinen riziko,
- Uzmanların bilgi ve tecrübelerinin yazılı olarak arşivlenmesi,
- Bilinçli olarak "Hata ve Sebepleri" analizi,
- Firmaya yeni girenlerin çabuk yetişmesi.

FMEA nın şu dezavantajları vardır:

- Büyük zaman alıcı metot, geliştirme zamanının uzaması,
- Tanımlama problemleri,
- Özel riziko tahmini,
- Fiyat/fayda değerinin tahmininde zorluk,
- Büyük bakım külfeti.

### 7.1.5 FMEA cinsleri

Ödevin durumuna göre FMEA çeşitli vardır.

1. Sistem- FMEA
2. Konstrüksiyon- FMEA
3. İşlem- FMEA

**Sistem- FMEA** malın temel fonksiyonları ve onların olası hata ve rizikolarını araştırır. Diğer anlama sistemin kısımlarının beraber çalışmasını araştırır.

**Konstrüksiyon- FMEA** malın şekillendirilmesindeki, fonksiyonundaki ve kullanımındaki arızaları oluşturan hata ve rizikoları araştırır. Buda konstrüksiyon- FMEA'nın geliştirme esnasında mal hakkındaki bütün düşünce ve fikirlerin bir özetidir. Malın tasarım safhasında yapılan araştırma ve sonra tecrübe, deney ve bilgilerle yapılan takviyelerin metodudur.

**İşlem- FMEA** konstrüksiyon- FMEA üzerine kurulmuştur. İşlem- FMEA malın düşünülen planlama ve imalat hata ve rizikolarını araştırır. İşlem- FMEA'nın hedefi; malın konstrüktif özelliklerini bütün planlanan imalat, montaj ve kontrol işlemlerinde analize ederek, malın müşterinin istek ve beklentilerine uyup uymadığını tastik etmektir. Bu malın konstrüksiyonun seyir defterine ve istekler kataloğuna ve teknik resimlere uygun olup olmadığını belirlemek demektir.

Bütün FMEA şekillerinin hedefi malın istenilen kaliteye ulaşması ve müşteri istekleriyle malın fonksiyonlarının tam olarak yerine getirilmesidir.

Tablo 7.1, FMEA- Şekilleri ve tanımlamalarının tablosu

Genel	Sistem	Konstrüksiyon	İşlem
Araştırılan obje	Sistem	Bileşenler	Parçanın işleme planı
İncelenen	Bileşenler	Parça	İşlem yolu
Fonksiyon	Bileşenlerin fonksiyonu	Parçanın fonksiyonu	Parçanın özellikleri
Hata (etkisi, cinsi, sebebi)	Yanlış fonksiyon	Parçanın işlemini yapmaması	Özelliklerden uzaklaşma

### 7.1.6 FMEA'nın kullanımı

Şu anda FMEA bütün teknik alanda kullanılmaktadır ve kullanılması da şarttır (ISO 9001). FMEA ilk olarak uzay tekniğinde bulunmuş geliştirilip kullanılmıştır. Uzay tekniğinde görülen fayda, elde edilen yüksek kalite ve emniyet bu metodun uçak ve atom sanayisinin de kullanılmasının gerekli olduğunu göstermiştir. Bu metodun makina endüstrisinde kullanılmasına otomobil sanayi ön ayak olmuştur. Böylece metodun kullanılması gün geç tikçe daha çabuk yayılmış bilindiği gibi kalite belgesinin temel taşlarından biri olmuştur. Bu gün için piyasaya mal yapan her firmanın bu metodu kullanması çalışanlarının öğlen yemeyi yemesi kadar normal sayılır.

FMEA metodu şu durumlarda kullanılır:

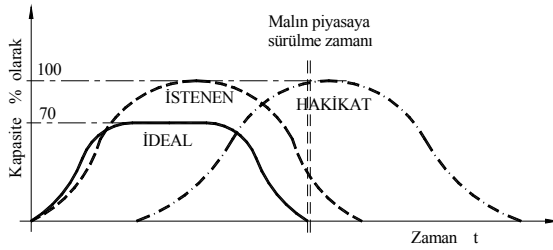
- Bir işin belgelenmesinde,
- Yeni yapılan malın bütün işlem basamaklarında,
- Yeni bir teknolojinin, malzemenin veya işleme şeklinin kullanılmasında,
- Emniyet göstermeyen problemlili objelerin ortaya çıkmasında
- Ağır ve pahalı hasarların olmasında,

- Üretim şeklinin değişmesinde,
- Üretilen malın yeni şartlarla yeni sahalarda kullanılmasında,
- Müşteri ve piyasadan üretilen mal için daha fazla emniyet ve daha iyi kalite istenmesinde.

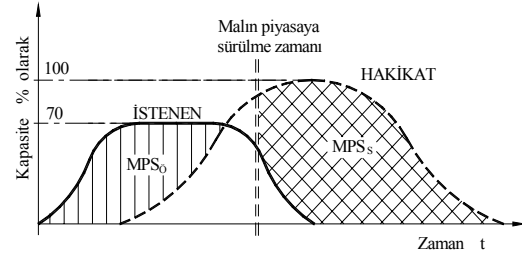
### 7.1.7 FMEA için kullanılan zaman

Ekmeden biçilmez diye bir söz vardır. Biçmek için ekmek gereklidir ve şarttır. Ticarete de kazanmak için yatırım şarttır. Burada konstrüksiyonla ticaretin ne bağlantısı var diye bir soru akla gelebilir. Konstrüktör yaptığı konstrüksiyonla firmasına ve kendine mali kazanç ekonomik imkanlar sağlayamıyorsa konstrüksiyon yapmasının hiç bir manası olmaz. Konstrüktör Kızılay da çalışan bir gönüllü değildir. Kendine ve çalıştığı firmaya para kazandıran para makinasıdır. Bunun içinde konstrüksiyon ticaretin temel taşıdır.

Buradaki en büyük yatırım zamandır. FMEA nın genel hesaplamada ne çok zaman kazandırdığı aşağıda görülmektedir.



Şekil 7.1, Projenin genel akışı



Şekil 7.2, İdeal ile hakikatin karşılaştırılması

Bir projenin genel akışı Şekil 7.1 de görülmektedir. "**İdeal**" proje akışı proje ekibinin en fazla kapasitesinin %70 ine göre planlanmalıdır. Proje bitişinde de mal piyasaya sürülmelidir. Bu ideal durumla pratikte hiçbir zaman karşılanmaz. Firmada "**İstene**n" proje planlanırken proje ekibini %100 yükleyen plan yapılır. Bu istenen plan projenin üretim için hazırlayacağı evrakların bitiminde malın piyasaya sürülmesini ön görür. Buda teorik bir plandır ve pratikte tutulmaz çünkü proje ön görülen zamanda başlamaz. En iyi niyetle bilinçli olarak Şekil 7.2 de görülen "**İstene**n" proje planını ideal proje planına uygun yapalım ve FMEA nın kullanılmasıyla bu plan tutulur ve gerçekleşir. Eğer FMEA ya zaman yatırımı yapmadan projeyi yürütmek istersek hakikatte proje akışı aynen aynı hata ve gecikmelerle oluşur.

Şekil 7.2 deki durumu inceleyecek olursak; **Malin Piyasaya Sürülmesinden Önce = MPS<sub>0</sub>** harcanan zaman ile **Malin Piyasaya Sürülmesinden Sonra = MPS<sub>S</sub>** harcanan zamanı karşılaştırırsak şu bağıntıyı buluruz:

$$AA_N \approx 3 \cdot AA_V$$

FMEA nın kullanılmamasından ötürü oluşacak hataların düzeltilmesi için malın piyasaya sürülmesinden sonra kullanılan zaman FMEA dan ötürü malın piyasaya sürülmesinden önce harcanan zamanın 3 katı kadar olacaktır. Buda **Çok zaman** ⇒ **Çok para** demektir. Bizim malın piyasaya sürülmesinden önce yapacağımız zaman yatırımı oldukça fazla kazanç getirecektir.

FMEA için kullanılan zaman şu şartlara bağlıdır:

- FMEA nın çeşidi,
- Araştırma sınırı ve derinliği (detayı),
- Hedefin belirlenmesi,
- Çalışma şekli ve yolu,
- Ekibin büyüklüğü,
- Ön hazırlıkların kalitesi.

FMEA için kullanılan zamanı kısaltmak şunlarla kazanılır:

- Moderatör kullanmak,
- Kalite kriterlerinin seçimi,
- Kısa yoldan işi yürütme,
- Hesap ve işlem programlarıyla çalışma.

### 7.1.8 FMEA ile kazanılanlar

FMEA ile kazanılanları şu şekilde sıralayabiliriz.

Genel:

- Daima tekrarlayan hataların önlenmesi,
- Büyük hata ve rizikoların çok önceden bulunup giderilmesi,
- Kritik yerlerdeki hataların bulunması.

Özel:

- Konstrüksiyon ve üretim esnasında düzelmelerin azlığı. Örneğin; yapılan istatistiklere göre %10 Takımlarda, %15 Teknik resimlerde ve %15 kontrol aletlerinde, v.s.
- Konstrüksiyon ve üretim zamanının kısaltılması. Örneğin; %10 ile 20 arası az zaman,
- Kaliteye daha az masrafla ulaşmak. Örneğin; %10 ile 20 arası daha az.

Aşağıda sıralanmış olan şartlar FMEA'nın başarılı olarak yapılması için çok önemlidir.

- FMEA daha proje planlanmasında tam olarak kullanılmalıdır,
- FMEA ekibi bu metoda alışmış olmalıdır,
- FMEA ekibi bu metoda inanmalıdır,
- Üst kademe yöneticileri FMEA'yı desteklemelidirler,
- Moderatör FMEA'nın işleminde en büyük rolü oynayan aktör olduğundan çok iyi yetişmiş olmalıdır,
- Açık ve anlaşılır istekler kataloğu FMEA ekibine verilmelidir,
- FMEA varyantlar seçimi için kullanılmamalıdır.

### 7.1.9 FMEA ne için ve ne zaman kullanılır?

FMEA metotları şu şart ve durumlarda devreye girerler:

<b>Sistem FMEA</b>	Sistem planlaması ve yeni organizasyon yapılırken, organizasyonda oldukça temele inen değişiklikler yapılırken. Sistem planlamasından hemen sonra. Sistem değişikliğine başlarken. Ürün planlamasına başlarken.
<b>Konstrüksiyon FMEA</b>	Yeni üretimde, yeni geliştirmelerde, üretilip satılan malda oldukça temele inen değişiklikler yapılırken. Ürün planlamasının sonunda. Araştırma, araştırma-Konstrüksiyon ve konstrüksiyon fazının bitiminde işlem planlamasına başlamadan önce.
<b>İşlem FMEA</b>	Yeni işlemlerde, üretim işlemlerinde oldukça temele inen değişiklikler yapılırken. İşlem planlamasının bitiminde üretime başlamadan önce.

## 7.2 FMEA'nin uygulanması

### 7.2.1 Organizasyon

FMEA'nin uygulama yolu, akış planı daima sabittir. Fakat her firma durumuna ve ürettiği mala göre kendine özgü bir FMEA organizasyonu yapılmalıdır. Organizasyon bir kişi ve duruma göre bir sürü personelle yapılabilir. Fakat ilk önce muhakkak bir "**Koordinatör**" diğer deyimle bir "**Baş sorumlu**" seçilmelidir. Daha sonra FMEA akış şablonuna göre sorumluluklar dağıtılmalıdır.

Tablo 7.2, FMEA'nin akış şablonu

<i><b>İşlemler</b></i>	<i><b>Sorumlusu</b></i>
<b>0 FMEA-Kararı</b>	Firma yönetimi
<b>1 Ekip kurma</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Moderatör seçimi,</li> <li>Uzmanlar grubunun seçimi.</li> </ul>	Koordinatör
<b>2 Hazırlıklar</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kalite özelliklerinin belirlenmesi,</li> <li>Fonksiyonların belirlenmesi.</li> </ul>	<i>Eğer toplantı (analiz) yapmaya gerek yoksa, evrakları belgeleme. İşin bitimi.</i> Moderatör, Uzmanlar
<b>3 FMEA toplantıları, 1.Faz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hata-Etkisi-Sebebi Analizi</li> <li>O andaki durumun tespiti ve 1. riziko analizi</li> <li>Rizikoyu giderecek önlemlerin bulunması</li> <li>Önlemlerin sorumlusunun ve termin in tespiti</li> </ul>	<i>Rizikolu bir şey bulunmıyorsa, evrakları belgeleme ve Arşivleme. İşin bitimi.</i> Moderatör, FMEA-Ekibi
<b>4 Tatbikat kısmı</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Projenin takibi</li> <li>Önlemlerin temrinlerine göre sıra ile yapılması</li> </ul>	Moderatör, Kısmi ödev sorumluları
<b>5 FMEA toplantıları, 2.Faz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2. riziko analizi</li> </ul>	Moderatör, FMEA-Ekibi
<b>6 Son kapama işlemleri</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>İşlemleri belgelemek</li> <li>Arşivlemek.</li> </ul>	Moderatör, Koordinatör.



### 7.2.1.1 FMEA-Koordinatörü

Koordinatör yalnız veya firma yönetimiyle FMEA yı organize ve koordine etmeli ve personelin FMEA eğitimini planlayıp gerçekleştirmelidir.

#### **FMEA-Koordinasyonu:**

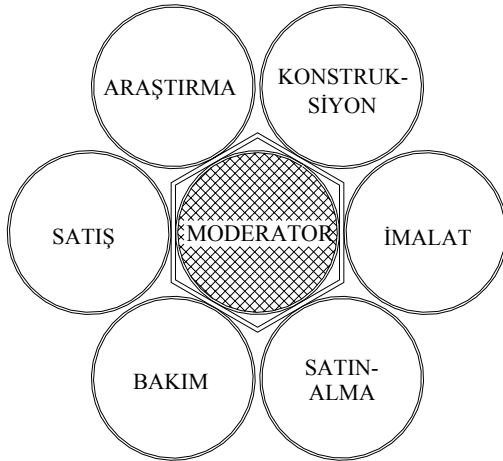
- Projenin FMEA için seçimi,
- Çeşitli FMEA projelerinin koordinasyonu,
- FMEA talimatlarının yapımı ve dağıtımı,
- Sistem ve yardımcı şablonları hazırlamak. Örneğin; FMEA-Programı, yardımcı tablo ve şablonlar,
- Ekip elemanlarının bilhassa moderatör ün eğitimi sağlamak,
- Moderatör ve ekip elemanları arasındaki tecrübe ve bilgi transferini oluşturmak. Metodun sistematik akışını organize etmek ve denetlemek. FMEA protokollerinin gereken kişilere dağıtımını sağlamak (eğer varsa diğer moderatörlere ve uzmanlara) ve kontrol etmek.
- Projeyi yürütecek moderatörü seçmek,
- Moderatörle beraber FMEA-Ekibini, uzmanları ve gözleyiciyi, seçmek. Gözleyiciyi mümkünse işi yapan konstrüksiyon grubundan seçmek. Böylece lüzumsuz konstrüktif anlaşmazlıkları önlemek. Kısacası yerini dolduracak kişileri seçmek.

#### **FMEA için gerekli evraklar**

- Genel talimatlar,
- Fonksiyon analizi için gereken talimatlar, örneğin; ön seçim talimatı,
- Varsayılacak hataların, varsayılacak etkilerinin ve varsayılacak sebeplerinin tablolarını yapmak,
- Riziko Öncelik Sayısı RÖS = O x S x B için tablo yapmak.

### 7.2.1.2 FMEA-Ekibi

Bir FMEA-Ekibinde bir moderatör ve firmanın ve işin durumuna göre yeterince uzman olmalıdır. İdeal FMEA-Ekibi için 5 ile 7 kişi önerilir . Tabii ki bu öneri büyük firmalar içindir. Küçük firmalarda moderatör+3 kişilik grup (Konstrüksiyon, satış ve imalat) yeterlidir.



Şekil 7.3, İdeal FMEA-Ekibi

- Moderatör,
- Uzmanlar şu kısımlardan seçilir;
  - Araştırma,
  - Konstrüksiyon,
  - İmalat,
  - Satın alma,
  - Bakım,
  - Satış.

Gereğinde firmamızdan veya dışarıdan ekip için gereken uzmanlar ekibe alınır.

- Metalürji uzmanı,
- Deney uzmanı, v.s. ...

Eğer yapılan işin hakikaten mal sorumluluğu çok yüksek ise, dışarıdan uzman alma küçük firmalara da önerilir.

Bir FMEA projesinde çok çeşitli problemler ve toplantılar olabilir. Burada dikkat edilecek nokta sabit FMEA Ekibiyle bütün FMEA işlemlerini yapmamaktır. Fakat bir uzman bütün FMEA-Ekiplerinde yer alabilir.

### 7.2.1.3 FMEA-Moderatörü

Firmanın büyüklüğüne göre Koordinatör ve moderatör aynı kişi olabilir. Orta veya büyük firmalarda yeteri kadar moderatör seçimi yapılır. Moderatör FMEA'nın doğru ve sistematik kullanılmasını, etkili ve kullanılabilir FMEA sonuçları alınmasını sağlar.

Moderatör muhakkak eğitilmiş ve işinin erbabı olması gerekir. Çünkü moderatörün FMEA-Toplantıları ve bu toplantılarda istenilen hedeflere varılmasında çok büyük rolü vardır.

Moderatör FMEA-Ekibince kabul edilmeli ve sayılmalıdır. Moderatör den beklenen büyük vasıf, kendine güveni ve karar verme kabiliyetinde olmasıdır.

**Moderatörün görevi:** Moderatör FMEA'yı planlamalı, FMEA-Ekibine gerekli evrakları "**çok iyi**" hazırlaması (eğer kendisi konstrüksiyondan gelmiyorsa ve imkan varsa konstrüksiyon şefi veya iyi bir konstrüktör) gerekir. Evraklar ekip elemanlarına ve gerekli kişilere zamanında dağıtılmalıdır ki, evrakı alan kişiler kendilerini hazırlayabilsinler.

- FMEA'yı planlar ve hazırlar. FMEA'nın cinsini, içeriğini ve toplantı tarihlerini tespit edip ekip elemanlarına bildirir.
- FMEA'nın ön araştırmasını ve ön seçimlerini yapar.  
Şu soruların cevabını ve yapılmış işlemleri toparlayıp ekip elemanlarına iletir:
 

☞ Problem nedir?	"Ödev"
☞ Proje neden işleme alındı?	"Sebebi, Nedeni"
☞ Problem nasıl çözüldü?	"Çözüm"
☞ Neler ve hangi kontroller yapıldı?	"Elle ve Bilgisayarda yapılmış hesaplar" "Deneyler", "Karşılaştırmalar"
☞ Nerelerde şüphemiz var?	"Rizikolar"
- Toplantılar için evrakları hazırlar.
  - ☞ Teknik resimler (eski ve yeniler, karşılaştırma için),
  - ☞ Hesaplar, Teknik talimatlar (TT), İşleme talimatları (İT), Sevk talimatları (ST), v.s.
  - ☞ Şartlar ve istekler kataloğu,
  - ☞ Ön araştırma ve ön seçimler.
- FMEA toplantılarını yapar.  
Moderatör FMEA toplantılarında şu kaidelere dikkat etmelidir;
  - ☞ Resimlerde ne görülüyorsa onun değerlendirilmesine (Kendi ve ekip elemanları dahil).
  - ☞ Yalnız konstrüksiyona ait rizikoların analizi ve değerlendirilmesini yapılmasına. (Konstrüksiyon - FMEA)
  - ☞ Uzun tartışmaları durdurmak, değerlendirme zaten riziko olup olmadığını gösterecektir.
  - ☞ Ara molalarını (50 dakikada 10 dakika) muhakkak yapmak ve yaptırmak.;
  - ☞ Ekip elemanlarının bütün söylediklerini açık, anlaşılır ve yazılı olarak belgeler.
- FMEA sunuşunu yapar.
- FMEA'yı belgeler, güncelleştirir.
- FMEA düzeltmelerini kontrol eder ve değerlendirir.

#### 7.2.1.4 Gözleyici

Her firma kendine uygun olarak FMEA metodunu uygular demiştik. Bu uygulama hemen yüzde yüz problemsiz ve pürüzsüz işlemez. Problemi ve aksaklıkları bulup düzeltmek gerekir. Buna da en iyi şekilde FMEA toplantılarına bir "**Gözleyici**" seçip görevlendirirsek ulaşırız.

**Gözleyicinin görevi:** Gözleyici toplantıdaki bütün aksaklıkları yazılı olarak belgelemelidir. Bu yazılı belgeleri toplantıdan sonra koordinatör ve moderatör e vermelidir.

- Aksaklıklar: Sistem: Sistem boşlukları, eksik evrak veya şablonlar, v.s.  
İnsan: Uzmanların şahsi tutumu, reaksiyonları, v.s.

#### 7.2.1.5 Uzmanlar

Uzmanların FMEA metodunun inceliklerini bilmelerine hiç gerek yoktur. Uzmanlardan istenen; tolerans, sağ duyu, kendi dallarındaki bilgi ve tecrübeleri yanında FMEA nın kabaca nasıl yapıldığını bilmeleridir. Uzmanların yapmaması gereken tek şey, toplantılara gelmeleridir. Yerlerine vekil göndermem Çünkü bu toplantıların amacı uzmanın meslek bilgi ve tecrübesini aktarmasıdır, vekilinin değil. Eğer vekilin bilgi ve tecrübesi bu mevzu için ön görülseydi o zaman vekil uzman olarak çağrılacaktı.

FMEA-Toplantılarının vekillere değil " KNOW-HOW " sahibi kişilere ihtiyacı vardır.

**Uzmanların görevi:** Uzmanlar FMEA sı yapılan proje üzerine olan düşüncelerini, fikirlerini ve tasarımlarını toplantıda değil, toplantıdan önce yapıp toplantıya öyle gelmelidir

### 7.3 Ön değerlendirme

Bütün parçaları ve parça gruplarını FMEA ile analizini yapmak bir yandan ekonomik olmaz diğer yandan da zaman yetmez. Bunun için FMEA ile işe başlamadan önce değerlendirme ve seçme yapmak çok faydalıdır. Ön seçim tek kişi tarafından yapılmamalıdır. Örneğin şef gibi. Ön seçim içinde uzmanlardan küçük bir grup ve sistematik seçim metodu seçilir.

Sistematik seçim için bir sürü metotlar vardır. Bütün sistemleri burada göstermek epey yer ve zaman alacağından burada önereceğimiz sistemi anlatalım. Önerimiz "**Karışık Sistem**" dir

Buradan itibaren yalnız "**Konstrüksiyon FMEA**" ele alınacaktır. Diğer FMEA çeşitleri için lütfen literatüre bakınız.

#### 7.3.1 Kontrol listeleri sistemi

Moderatör ün yönettiği "**Önseçim ekibi**" "**Kontrol listeleri sistemi**" ile FMEA analizi yapılacak parça veya parçalar grubunu seçer.

Kontrol listeleri sistemi dört basamakta yapılır:

1. **Hatalar ağacı,**  
En önemli parça gruplarının ve bunların fonksiyonlarının, özelliklerinin belirlenmesi.
2. **QFD, Quality Function Deployment,**  
İç ve dış müşterilerinin kalite isteklerinin belirlenmesi.
3. **FMEA-Kriterleri veya Temel kriterler**  
İç ve dış müşterilerinin kalite isteklerinin belirlenmesi.
4. **Riziko ihtimali**  
Dört alan testi ile FMEA analizi için objenin seçimi.

## 7.3.1.1 Hatalar ağacı

FMEA için ön seçime alınan parça veya gruplarının Fonksiyon ve Özelliklerini belirlemek için bunların şu dokümanlarının elde olması gerekir:

- Tam yapılmış teknik taslak resmi. Kroki veya varyant resmi değil.
- Şartlar kataloğunu içeren konstrüksiyonun seyir defteri.
- Fonksiyon strüktürü ve fonksiyon zinciri.

Bu evraklar konstrüksiyonda yapılması gereken gayet normal evraklar olmasına rağmen bir çok firmada maalesef bulunmazlar.

**Taslak:** Projenin şekline göre genel montaj taslağı ve bazı önemli parçaların teknik resimleri moderatör ve ekip elemanlarının elinde olmalıdır.

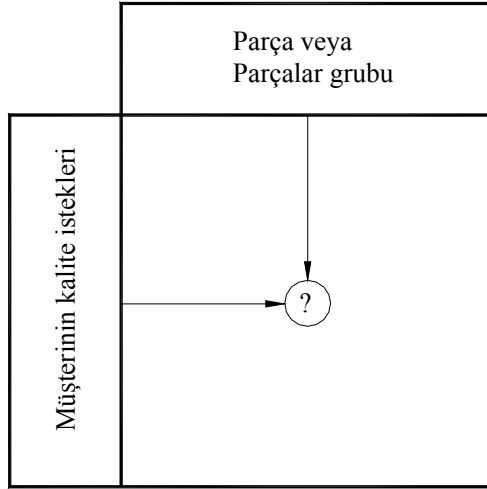
**Şartlar kataloğunu içeren konstrüksiyonun seyir defteri:** Açık ve temiz yapılmış konstrüksiyonun seyir defteri ve sayısal değerleri tam şartlar kataloğu bulunmalıdır.

**Fonksiyon strüktürü ve fonksiyon zinciri;** Analizi yapılacak parça grubunun fonksiyon strüktürü olmalıdır. Tek fonksiyonların bir sürü kompleks fonksiyonlarla (*ana fonksiyon*) bağlantısı ve sıralanması görülmelidir.

☞ Hatalar ağacında "Konstrüksiyon FMEA" için parçalar grupları belirlenir.

## 7.3.1.2 "QFD", Quality Function Deployment

İç ve dış müşterilerinin kalite istekleri QFD de belirtilir. Çeşitli yönlerden gelen kalite istekleri malı alanlar, kanun ve şartname yapanlar ve kendi firmamız gibi mercilerin vede genel bilgi ve tecrübelerden hemen hemen şu istekler çıkar:



Şekil 7.4, Genel olarak QFD

- Maliyet (fiyat).
- Ömür
- Bakım periyodu,
- Bakım kolaylığı,
- Değiştirme imkanı,
- Sızdırmazlığı, hava, gaz, yağ, v.s.
- Randıman,
- Gürültü

Analizi yapılan işe ait şartlar istekler listesinden alınır.

Şimdi şu soru akla gelir:

Müşterinin kalite istekleriyle parça veya parçalar grubu arasında ne gibi bir bağlantı vardır?

☞ İşlem üç basamakta tamamlanır:

1. Müşteri isteklerinin listesi yapılır,
2. Bu isteklerin etki derecesi faktörleri belirlenir,
3. Etki derecesi faktörleri ile her parçalar grubu için QFD-Değer sayısı bulunur.

Bu işlemler ekte verilen şablonlar ve kitabın ekinde verilen Program-CD sindeki programların yardımıyla çözülür. Yardımcı olarak Şablon 7.1 bu kısmın sonunda ve CD de verilmiştir

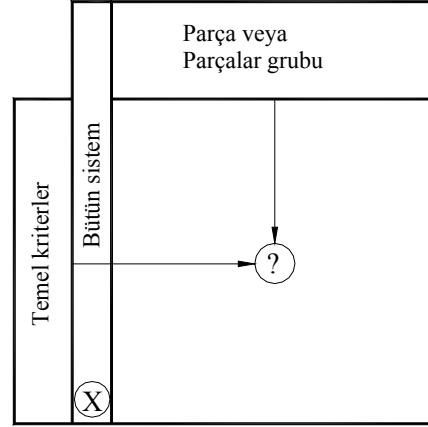
- QFD- Değer sayısı için etki derecesi faktörlerinin belirlenmesi, Yardımcı Şablon 1.
- QFD-Değer sayısı-Tablosunun yapılması, Yardımcı Şablon 2.

### 7.3.2 FMEA-Kriterleri veya Temel kriterler

Temel kriterler firma içinde tespit edilmiş teknik problemler, zorluklar ve hatalardır. Bu kriterler sorular kataloğundan, personele sorulan sorulardan, v.s. belirlenebilir.

#### Genel FMEA-Kriterleri veya Temel kriterler:

- Yeni geliştirilen mal veya köklü değişikliğe uğrayan üretim,
- Yeni sistem veya teknoloji
- Yeni malzeme, örneğin; Seramik,
- Emniyet isteklerinin değişimi;
  - Kalıntıyı ortadan kaldırma,
  - Çevre ve doğanın kirlenmesi,
  - İnsan sağlığına yarar verilmesi.
- Kalite,
- Kanuni şartlar; Sınır değerleri, Talimatlar.
- Temin kaynağı rizikosu. Tek kaynağa bağımlılık, monopol.
- Belirlenen terminin aşılması.
- Belirlenen maliyetin aşılması.
- Kalitenin tutulamama durumu; Isı, erozyon, korozyon, v.s.
- Müşteri istekleri, şikayetleri.
- Yeni pazar sektörü kazanılması.



Şekil 7.5, Genel temel kriterler

Şimdi şu soru akla gelir:

Bu parça veya grubu için riziko ihtimali var mıdır?

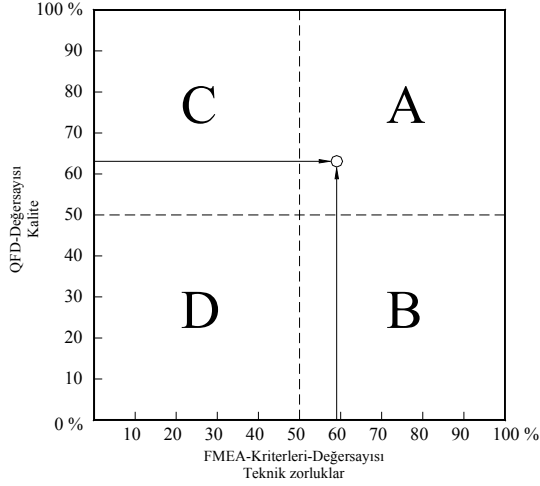
**X kolonu** durumu genel olarak değerlendirecek psikolojik kolondur. Burada bütün komple makina için riziko olup olmadığı görülür

- ☞ İşlem iki basamakta yapılır: .
  1. FMEA-Kriterlerin (Temel rizikolar) listesi yapılır,
  2. Her parça veya grubu için FMEA-Değer sayısı belirlenir.

Bu işlemler ekte verilen şablonlar ve kitabın ekinde verilen Program-CD sindeki programların yardımıyla çözülür. Yardımcı şablon Şablon 7.2 bu kısmın sonunda ve CD de verilmiştir

### 7.3.3 Riziko ihtimali

Riziko ihtimali dört alan testi ile yapılır. Bu değerler sonra FMEA analizinde kullanılır. Her analizi yapılan parça veya grubunun QFD-Değer sayısı ve FMEA-Kriterleri değer sayısı vardır. Bunlar bir koordinat sistemine biri X eksenine, diğeri Y eksenine taşınır.



Şekil 7.6, Genel temel kriterler

Bu "**Dört alan testi**" dir ve yapılış yolu şöyledir:

- ☞ İşlem iki basamakta yapılır: .
  1. QFD- ve FMEA-Değer sayıları dört alan diyagramına taşınır.
  2. Değerlerin kesişme noktası bulunup değerlendirilip bundan sonra ne yapılacağına karar verilir.

Bu işlemler ekte verilen şablonlar ve kitabın ekinde verilen Program-CD sindeki programların yardımıyla çözülür. Yardımcı şablon Şablon 7.3 bu kısmın sonunda ve CD de verilmiştir

#### 7.4 FMEA-Analizi

FMEA-Analizini yapmak için moderatör FMEA-Ekibini organize ettiği ve yöneteceği toplantıya çağırır.

Moderatör toplantı için şu hazırlıkları yapmalıdır:

- Yeteri kadar önceden uzmanlara gereken bütün bilgi ve evrakların dağıtımı.
- Toplantı için sakın toplantı odasını rezerve etmek. Toplantı hiç bir şekilde taciz edilmemelidir. Örneğin; telefon, ziyaretçi, v.s.
- Toplantı en fazla 1,5-2,0 sürecek şekilde organize edilmeli ve arada mola muhakkak yapılmalıdır.
- Toplantılara uzmanlar gelmelidir. Toplantıya vekilleri gelememelidir.
- Montaj ve parça teknik resimlerinin en son düzeltilmiş kopyaları uzmanlara dağıtılmış olmalıdır.
- Eğer varsa model, örnek gibi yardımcı malzemenin bulundurulması.
- Mümkün olduğu kadar çok yardımcı malzemenin kullanılması:
  - ◆ Standart FMEA-Şablonu VDA (Verein Deutscher Automobilhersteller) nın önerdiği şekilde ya A0 formatında kağıt veya bilgisayarda duvara projeksiyon için.
  - ◆ Flip -Chart. Karalama ve krokiler için büyük kareli kağıtlar
  - ◆ Duvara projeksiyon aleti, folyeler, renkli folye yazma kalemleri.
  - ◆ Bimer, bilgisayarı duvara projeksiyonla vermek için.
  - ◆ Düşünceleri destekleyen yardımcı evraklar.
  - ◆ Renkli keçe kalemler.
  - ◆ Renkli A5 büyüklüğünde ince kartonlar,
  - ◆ Pin tahtası (herhangi bir şeyi iğnelemek için)
  - ◆ Kontrol listeleri, v.s.
- Tartışmalar şahsi değil mesleki olmalıdır.

FMEA-Analizi dört basamakta yapılır:

1. Hataların analizi
2. Riziko değerlendirmesi
3. Büyük rizikoların elenme imkanları
4. Sonuçlar ve değerlendirme

Bu basamaklar aşağıda analizin yapılacağı örnek sayfada ve sonrada tek tek detaylı anlatılacaktır.

Tablo 7.3, Önerilen FMEA-Analiz şablonu ve anlatımı

Konstrüksiyon FMEA / Proje : (FMEA-Analizi yapılan firmanın adı)

FMEA sı yapılan mal		FMEA-Ekibi					
Kalite cinsi		Moderatör		Uzman		Uzman	
Konstrüksiyon sorumlusu		Uzman		Uzman		Uzman	
Analizin son işlem tarihi		Uzman		Uzman		Uzman	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Fonksiyon	Olasılı hatalar	Hataların sonuçları	Hataların sebepleri	Önem imkanları	O	S	B	RÖS	Önerilen önlemler	Sorulu, Termin	Uygulanan önlemler	O	S	B	RÖS

HATALARIN ANALİZİ

RİZİKO

ÇÖZÜMLER

SONUÇ

$$O \times S \times B = RÖS$$

2 nin değerlendirilmesi 6 da

3 ün değerlendirilmesi 7 de

4 ün değerlendirilmesi 8 de

$$O \times S \times B = RÖS$$

O ⇒ Hatanın Olma ihtimaliS ⇒ Hata Sonuçlarının önemiB ⇒ Hatayı Bulma ihtimali

$$RÖS = R\text{iziko } Ö\text{ncelik } S\text{ayısı}$$



#### 7.4.1 Hataların analizi, 1.Basamak

Hataların analizi demek "**O andaki durumun analizi**" demektir. Burada FMEA'nın temeli uygulanır. Parçalar tek tek sıra ile ele alınırlar. Hataların analizini yapmak için Tablo 7.3'de numaralanan kolonlardan görüldüğü gibi şu yol tatbik edilir:

1. Fonksiyonlar (istek veya şartlar),
2. Olasılı hatalar,
3. Olasılı hataların sonuçları,
4. Olasılı hataların sebepleri,
5. Kontrol ve önlem imkanları.

Bu basamakları sırasıyla görelim.

##### 7.4.1.1 Fonksiyonlar (istek veya şartlar)

Bu önerilen FMEA-Analiz şablonunun ilk kolonudur (kolon numarası 1 olarak Tablo 7.3'de gösterilmiştir) ve analizi yapılan parçanın fonksiyonlarıdır. Bu fonksiyonların belirlenmesi için "**Kontrol listesi FMEA I**" den faydalanılır.

##### 7.4.1.2 Olasılı hatalar

Bu önerilen FMEA-Analiz şablonunun ikinci kolonudur (kolon numarası 2 olarak Tablo 7.3'de gösterilmiştir) bu hata olmuştur demek değildir. Hata olursa diye düşünülür. Genelde olabilecek hatalar ya parçanın fiziksel bozulması veya fonksiyonunu yerine getirememesi demektir. Hatalar olabilme ihtimalleri hiç düşünülmeden kabul edilip analizleri yapılır.

Bunu yapabilmek için uzmanlara A5 büyüklüğündeki renkli kartonlar dağıtılır. "**Olabilecek hatalar**" kısaca yazılır. Burada lisan ve gramer hataları tartışılmaz. Uzmanlara yardım için moderatör şu soruyu sormalarını önerir:

#### "Hangi rizikolu hatalar düşünün biliniz?"

Böylece bütün akla gelebilen ve gelmeyen konstruksiyon ve devamı olarak imalat hatalarının listesi yapılır. Düşünceyi takviye için "**Kontrol listesi FMEA I**" den faydalanılır. Sonra moderatör bunları toplayıp hemen hemen aynı veya benzer olanlarını bir araya getirip pin tahtasına iğneleyerek sıralar. Sonra bütün önerilen olabilecek hatalar istisnasız ve münakaşasız (yapalım mı yapmayalım mı) işlenir. Analizin bitiminde "**Unuttuğumuz hatalar var mı?**" sorusu sorulup düşünülür.

Tablo 7.4, Tipik hata çeşitleri

Mekanikteki hatalar	Hidrolikteki hatalar	Elektrikteki hatalar
... kırılır	... sızdırır	... kesilir
... deforme olur	... tıkanır	... kısa devre yapar
... yapışır	... patlar veya yırtılır	... kutuplar değişir
... bozulmuş	... basınç düşer	

#### 7.4.1.3 Olasılı hataların sonuçları

Bu önerilen FMEA-Analiz şablonunun üçüncü kolonudur (kolon numarası 3 olarak Tablo 7.3 de gösterilmiştir). Burada olası hatalar olduğunda ne gibi sonuçlar doğuracağı verilmelidir. Olasılı hataların sonuçları oldukça açık ve anlaşılır yazılmalıdır. Bunları bulabilmek içinde uzmanların şu soruyu sormaları gerekir:

**"Müşteri olabilecek hatalar olursa ne gibi zararlar görür?"**

Veya şu detaylı sorularda düşünülür:

#### **Olabilecek hatalardan kimler zarar görür?**

- ♦ Müşteri mi?
- ♦ Daha sonraki işlem mi?
- ♦ Kendi firmamız mı?
- ♦ Hatanın olduğu işlem mi?

#### 7.4.1.4 Olasılı hataların sebepleri

Bu önerilen FMEA-Analiz şablonunun dördüncü kolonudur (kolon numarası 4 olarak Tablo 7.3 de gösterilmiştir). Bu kolonda bütün düşünö bilinen olası hataların bütün sebepleri sıralanır. Bunun içinde yardımcı olarak şu soru sorulur:

**"Hangi sebepler olabilecek hataları oluşturur?"**

Sebepler oldukça kısa, açık ve tam anlatılmalıdır. Sebeplerin anlaşılması hataların olmaması için gereken önlemlerin alınmasında çok büyük rol oynar.

İş kolaylaştırmak için konstrüksiyon FMEA sında düşünölen bütün hata sebeplerinin bir kataloğunu yapmakta fayda vardır. Şu şartları da unutmamak gerekir:

Konstrüksiyon esnasında oluşun (genelde prensip hataları) hata sebeplerine imkan vermemek, fakat olursa da, malın konstrüksiyonu esnasında bulup gidermek (örneğin; ölçöleme hatası gibi).

İmalat veya montajda oluşacak konstrüksiyondaki hataların sebeplerini konstrüksiyon esnasında alınacak önlemlerle bulmak ve gidermek.

Hata çeşitleri ve etkileri "**Sebep-Etki**" zincirini oluşturur.

- ♦ **Sebep-Hata** zinciri için "Hatanın etkisi nasıl dır?" sorusu sorulur.
- ♦ **Hata-Sebep** zinciri için "Hata neden oluyor?" sorusu sorulur.

Hata sebepleri için küçük bir katalog yapmak istersek şu kataloğu yapabiliriz. Bu kataloğa Alman literatüründe "**5-M Kataloğu**" denir. Çünkü;

- ♦ **Mensch** (insan)
- ♦ **Maschine** (makina)
- ♦ **Methode** (metot)
- ♦ **Material** (malzeme)
- ♦ **Mitwelt** (çevre)

den oluşun sebeplerin gruplandığı katalogdur.

Tablo 7.5, Hata sebeplerinin katalogu

<b>1 İnsan</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Enformasyon</li> <li>➤ Yetenek</li> <li>➤ Alaka uyandırma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• imalatta bozulma</li> <li>• ölçme hatası</li> <li>• eksen kaçıklığı</li> <li>• yanlış parça</li> <li>• yanlış torsiyon momenti</li> <li>• yanlış konum</li> <li>• eksenler uyumsuzluğu, kaçıklığı</li> <li>• ölçümlendirme hatası</li> <li>• taşıma emniyeti hatası</li> <li>• salgı</li> <li>• uygun olmayan konstrüksiyon prensibi</li> <li>• eksik ve yanlış bilgi edinme</li> <li>• yetersiz ambalaj</li> <li>• yetersiz bakım</li> <li>• resim hatası</li> </ul>
<b>2 Makina</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Takım tezgahı</li> <li>➤ Düzen</li> <li>➤ Takım</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kötü kaynaklama</li> <li>• konikleşme</li> <li>• takım işaretlemesi</li> </ul>
<b>3 Metot</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Prensip</li> <li>➤ Yöntem</li> <li>➤ Plan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• yanlış ısı işlem</li> <li>• yanlış yüzey işlemleri</li> <li>• yetersiz yağlama</li> </ul>
<b>4 Malzeme</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Malzeme</li> <li>➤ Ortam</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• yanlış malzeme seçimi</li> <li>• yanlış malzeme kalınlığı</li> <li>• yanlış malzeme strüktürü</li> <li>• karışık ve kirlili malzeme</li> <li>• hava boşluklu malzeme</li> <li>• yanlış torna edilmiş parça</li> <li>• deformasyon çatlakları</li> </ul>
<b>5 Çevre</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Çalışma şartları</li> <li>➤ Çevre şartları</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fazla yüklenme</li> <li>• fazla esneme</li> </ul>

#### 7.4.1.5 Kontrol ve önlem imkanları

Bu önerilen FMEA-Analiz şablonunun beşinci kolonudur (kolon numarası 5 olarak Tablo 7.3 de gösterilmiştir). FMEA'nın esas amacı hataları düzeltmek yerine hataları önlemektir. Bu imkan daha durum analizi yapılırken kullanılabılır. Hataları önlemek içinde "**Önleme Talimatları, ÖT**" ve "**Kontrol Talimatları, KT**" yapılır. Önleme talimatları ile hata olması önlenir ve kontrol talimatları ile hatalar bulunur. Bütün bu talimatlarla ister ÖT, ister KT olsun araştırmada, konstrüksiyonda, imalatta ve kalitede şu hedeflere varılır:

- Hata sebepleri önlenir,
- Hata sebeplerinin olma ihtimallerini azaltır,
- Hatanın parçaya veya grubuna etkisini sınırlar.

Aşağıda sıralanmış olan önlemlerin alınmasıyla hataların önlenmesi, hataların olma ihtimalinin azaltılması ve hataların parçalara etkilerinin azaltılması sağlanır.

➤ **Bilinçli konstrüksiyon ve boyutlandırma:**

- Bilinen konstrüksiyon prensibi (Kenar basıncı yerine yüzey basıncı).
- Hesaplar yardımıyla optimal şekillendirme. Deneyler, v.s.
- Konstrüksiyon ile dayanmayı arttırma (yarıçaplar, kaburgalar, boyutlama).
- Bilinen ve doğru malzeme seçimi
- Yeteri kadar güvenilir emniyet katsayısı.
- Hesaplar (güç, randıman, mukavemet, toleranslar, ...)

➤ **Standartları kullanma:**

- Konstrüksiyon talimatları,
- Firma standartları, TSE ve ISO standartları, VDI/VDE-Yönergeleri,
- Toleranslar TSE, ISO ve DIN/ISO ya göre.

➤ **Teknik resim verileri:**

- Fonksiyon için önemli ölçülerin tanınması,
- Resimdeki kontrol ölçülerinin belirlenmesi.

➤ **Tecrübelerden istifade:**

- Daha önceki benzer projeler,
- Uzmanların ve tecrübeli kişilerin önerdikleri önlemler.

➤ **Tehlikeli hatalar için yapılan deneyler:**

- Metalürji araştırma ve deneyleri,
- İşleme deneyleri (lehimleme, presleme, v.s.),
- Deney modeli yapma,
- Statik deney planlaması.

➤ **Çeşitli işlem basamakları için enformasyon:**

- İş talimat ve yönergeleri,
- İmalat talimatları,
- Sevk ve nakliye talimatları, v.s.

### 7.4.2 Riziko değerlendirmesi, 3.Basamak

Riziko değerlendirmesi demek,

- Hataların **Ol**ma ihtimali O,
- Hata **S**onuçlarının önemi S ve
- Hatayı **B**ulma ihtimali B

nin ihtimallerini değerlendirmektir. Bütün değerlendirmeler puanlarla yapılır. Değerlendirme puanlarının çarpımından elde edilen sayı bize "**Riziko öncelik sayısı RÖS**" i verir. Bu değer mükemmelleştirme önlemleri önceliği ile belirlenir.

#### 7.4.2.1 Hataların **Ol**ma ihtimali, " O "

Bu önerilen FMEA-Analiz şablonunun altıncı kolonudur (kolon numarası 6 olarak Tablo 7.3 de gösterilmiştir). Hataların (kolon 2) olma ihtimali tahmin edilir ve yardımcı cetvel vasıtasıyla 10 puana kadar değerlendirilir. Tahmin hatanın malın müşteriye teslimine kadar **bulunamayacağı varsayımı** üzerinden yapılır. Değerlendirme ise elde olan hatayı önleyici bütün önlemlerin etkili olarak hatanın bulunmasına yardım edeceği kabul edilerek yapılır. Değerlendirmeye yol gösterici olarak Tablo 7.6 daki puanlama konstruksiyon FMEA için verilmiştir. Genelde değerlendirme ya Tablo 7.6 ile veya olasılık oranına göre yapılır. Olasılık oranında puanlar hatanın parçanın ömründe ne kadar olacağı üzerine kurulmuştur.

Tablo 7.6, Hatanın olma ihtimali kriterleri "O"

Genel değerlendirme kriterleri	Olasılık oranı	Değerlendirme puanı
Yüksek. Hatanın büyük bir ihtimalle muhakkak olacağı garantidir.	$\leq 1 / 2$	<b>10</b>
	$\leq 1 / 10$	<b>9</b>
Orta. Genel olarak geçmişte parça veya analizi yapılan fonksiyon daima güçlükler çıkartmıştır.	$\leq 1 / 20$	<b>8</b>
	$\leq 1 / 100$	<b>7</b>
Az. Genel olarak geçmişte parça veya analizi yapılan fonksiyon arada sırada pek büyük olmayan güçlükler çıkartmıştır.	$\leq 1 / 200$	<b>6</b>
	$\leq 1 / 1'000$	<b>5</b>
	$\leq 1 / 2'000$	<b>4</b>
Çok az. Genel olarak geçmişte parça veya analizi yapılan fonksiyon çok az güçlükler çıkartmıştır.	$\leq 1/10'000$	<b>3</b>
	$\leq 1/20'000$	<b>2</b>
İmkansız. Hatanın olması imkansız.	$\leq 1/100'000$	<b>1</b>

#### 7.4.2.2 Hata Sonuçlarının önemi , “ S “

Bu önerilen FMEA-Analiz şablonunun yedinci kolonudur (kolon numarası 7 olarak Tablo 7.3 de gösterilmiştir). Hata sonuçlarının (kolon 3) önemi tahmin edilir ve yardımcı cetvel vasıtasıyla 10 puana kadar değerlendirilir. Bu değerlendirme hatanın müşteri veya sisteme etkisini gösterir. Aynı etkiyi gösteren hata sonuçlarına aynı değerlendirme puanı verilir. Değerlendirme tahmini hatanın **bulunamayacağı varsayımı** üzerinden yapılır. Değerlendirmeye yol gösterici olarak Tablo 7.7 deki puanlama konstrüksiyon FMEA için verilmiştir.

Değerlendirme puanları "8" e kadar sistemin durumunu ve müşterinin reaksiyonlarının göstergesidir. Değerlendirme puanları 9 ile 10 ise sistemin yetersizliğini (kanuni şartlara göre, v.s.) ve emniyetsizliğini gösterir. Aşağıda Tablo 7.7 ile değerlendirme kriterleri ve hata sonuçlarının etkileri verilmiştir.

Rizikonun değerlendirme tahmini aşağıdan yukarıya doğru değilde yukarıdan aşağıya doğru yapılması önerilir. Böylece daha sıhhatli ve emin değerlendirme yapılmış olur. Örneğin; Riziko değerlendirilirken ilk evvela 10 ve 9 puan ele alınır. Bu aranan şartları göstermiyorsa daha aşağılara doğru, aranan şartlar bulunana kadar gidilir.

Tablo 7.7, Hata sonuçlarının önemi değerlendirmesi "S"

Genel değerlendirme kriterleri	Değerlendirme puanı
<b>Çok önemli hatalar.</b> Hata sistemin " tamamen durmasına " sebep olur. Sistemin emniyet açısından yetersizliği veya kanunların verdiği şartların tutulmadığını gösterir.	10
	9
<b>Önemli hatalar.</b> Şekli müşteride büyük rahatsızlıklar doğuran hatalardır.Örneğin; fonksiyonunu yapamayan parçaların sistemde bulunması. Burada sistemin emniyetsizliği ve kanunların verdiği şartların tutulmadığı konu değildir.	8
	7
<b>Orta önemdeki hatalar.</b> Müşteride memnuniyetsizlik yaratan hatalar. Müşteri hatadan ötürü kendinin kullandığını ve azda olsa aldatıldığını hisseder. Örneğin; Müşterinin sistemin veya bir parçanın söz verildiği gibi çalışmadığını hissetmesi gibi.	6
	5
	4
<b>Önemsiz hatalar.</b> Müşteri hatayı fark eder fakat hata onun için önemli değildir, çünkü işinin akışı değişmez, fakat hata şartnameye ve verilen teklife göre hatadır.	3
	2
<b>Pek hissedilmeyen hatalar.</b> Hata belki bazen herhangi bir yerde kendini gösterecektir. Fakat müşterinin hatayı fark etmesi oldukça az bir ihtimaldir.	1

7.4.2.3 Hatayı **B** bulma ihtimali " B "

Bu önerilen FMEA-Analiz şablonunun sekizinci kolonudur (kolon numarası 8 olarak Tablo 7.3 de gösterilmiştir). Hatayı mal müşteriye gönderilmeden bulma ihtimalini değerlendirmede aynı şekilde ihtimal değerlendirme tablosu yardımıyla olur. Hatayı bulma ihtimali, yardımcı cetveldeki Tablo 7.8 ile 10 puana kadar değerlendirmeyle yapılır.

Değerlendirme **hata sebebinin olduğu** kabul edilir ve 5 nci kolonda görülen hatayı önleme ve bulma önlemlerinin etkisi düşünülerek yapılır.

Konstruksiyon FMEA nın yapıldığı zaman kaliteyi garantiye önlemleri detaylı olarak yapılmadığından, kontrol ve değerlendirme doğrudan bakarak kontrol ve ölçerek kontrol sınırları arasında kalır.

Tablo 7.8, Hatayı bulma ihtimali "B"

Genel değerlendirme kriterleri	Bulma ihtimali	Değerlendirme puanı
<b>İmkansız.</b> Hatayı bulma kontrolü yapılmaz zaten yapılamaz vede hata bulunmaz. İmalat ve montajda bulunamayan saklı veya gizli hatalar. Örneğin; Makina veya parçanın ömrü gibi.	< 90 %	<b>10</b>
<b>Çok az ihtimal.</b> Kolay his edilemeyen ve görülmeyen hatalar. Örneğin; Yarı kapalı kablo hatları. %100 bakarak veya kontrol aletleriyle kontrol edilince bulunabilecek hatalar.	≥90 %	<b>9</b>
<b>Az ihtimal.</b> Kolay bulunabilen hatalar. Örneğin; %100 fonksiyon kontrolü ile bulunabilecek hatalar, hatalı bağlantılar. %100 otomatik kontrolle bulunabilecek hatalar, Çap ölçüleri.	≥98 %	<b>8</b>
		<b>7</b>
		<b>6</b>
<b>Ortalama ihtimal.</b> Basit ve çok kolay bulunabilen hatalar. . Örneğin; çok basit fakat %100 fonksiyon kontrolü ile bulunabilecek hatalar, bir deliğin açılmaması.	≥99 %	<b>5</b>
		<b>4</b>
		<b>3</b>
<b>Büyük ihtimal.</b> Gözle derhal görülebilen hatalar. Örneğin; Bakarak derhal bulunan hatalar, kapı kolunun olmaması gibi.	≥99,5 %	<b>2</b>
<b>Çok büyük ihtimal.</b> Bir sonraki işlemde fark edilen hatalar. Örneğin; Cıvatayla bağlanan iki parçada cıvata deliğinin olmaması veya küçük olması gibi.	≥99,99 %	<b>1</b>

## 7.4.2.4 Riziko öncelik sayısı "RÖS"

Bu önerilen FMEA-Analiz şablonunun dokuzuncu kolonudur (kolon numarası 9 olarak Tablo 7.3 de gösterilmiştir). Bütün hatalarda "*Riziko öncelik sayısı*" hataların olma ihtimali (O), hata sonuçlarının önemi (S) ve hatayı bulma ihtimali (B) nin çarpımından elde edilir.

$$RÖS = O \times S \times B$$

RÖS ün sayısal değeri o parçada düzeltme önlemlerinin alınıp alınmayacağını ve alınacaksa düzeltme önlemlerinin önceliğini belirler. Yüksek RÖS sayısal değeri olan hata öncelikle giderilmesi gereken hata olacaktır.

Riziko öncelik sayısının en yüksek değeri  $10 \times 10 \times 10 = 1000$  olabilir. Makina branşında hatasız hiçbir yapılamaz. Toleranslar kabul edilen hatalardır. Bir hatanın düzeltilmesi masraf demektir. Bunun içinde hatanın düzeltilip düzeltilmemesine karar vermek gereklidir. Buda RÖS ü sınırlamakla olur.

Genel olarak RÖS ü bir reçeteyle sınırlamak makina branşında imkansızdır. Her firma veya her üretim için başka sınırlama kriterleri ele alınabilir. Sınırlama ya  $O \times S \times B$  ile, yada üretim veya müşteri şartları ile yapılır. Bunu şu şekilde hülasa edebiliriz:

**"RÖS sınırı için bir reçete yoktur."**

Fakat makina endüstrisinde şu RÖS limit sınırı pratikte çok kullanılır ve başka bir mantık veya şartların olmadığı yerde kullanılması önerilir.

$$RÖS = 5 \times 5 \times 5 = 125$$

Bu sınırın kullanılmasına rağmen O, S ve B değerlendirme puanları RÖS ün sayısal değerine bakmadan gözden geçirilmelidir. Aşağıda verilen puan sınırları üstünde puan alan her hata duruma göre kaba veya detaylı tekrar elden geçirilmeli ve gereken önlemler alınmalıdır.

Önerimiz O, S ve B nin herhangi birinde puanı 8 veya daha büyük olan her hata tekrar ele alınmalıdır. Şöyle ki:

- O > 8      Pek çok sık tekrarlayan hatalar.
- S > 8      Emniyet rizikosu, fonksiyon yetersizliği, kanun veya yönergelere aykırılık.
- B > 8      Bulunamayan veya çok zor bulunan hatalar.

RÖS ü inceleyecek olursak, hata sonuçlarının öneminin puan değeri hiçbir zaman düşürülemez ve sabit kalır. Buda bize RÖS ün sayısal değerinin düşürülmesinin yalnız konstrüksiyon önlemleri ile yani hataların olma ihtimali ve hatayı bulma ihtimalinin sayısal değerlerinin düşürülmesiyle mümkün olacağını gösterir.

FMEA yı kısa yoldan, emniyet analizi olarak, yapmak istersek yalnız hata sonuçlarının önemi (S) ile hatayı bulma ihtimali (B) yi ele alıp bu ikisinin sayısal değerlerinin çarpımı  $S \times B > 12,5$  olursa bu hatayı incelemek, eğer  $S \times B < 12,5$  olursa incelemeden parçayı üretime ve satışa bırakmak.

**Önerimiz;** Her firmanın kendine has değerlendirme cetveli yapması. Böylece uzmanlar RÖS ü hiç zorluk çekmeden daha doğru ve daha bilinçli tahmin ederler.



#### 7.4.2.5 Çözüm değerlendirmesi

Çözüm değerlendirmesi şu kriterlere göre yapılır:

$R\ddot{O}S > 125 \Rightarrow$  Riziko kabul edilemez, muhakkak hata giderilmeli.

$40 < R\ddot{O}S < 125 \Rightarrow$  Riziko belirsiz, değerlendirme tekrar ele alınmalı.

$R\ddot{O}S < 40 \Rightarrow$  Riziko kabul edilir, bir şey yapmaya gerek yoktur.

$R\ddot{O}S > 125$  ise ilk **önerilen önlemlerin** listesi yapılır ve **sorulu kişi** ile **termin** seçilir.

#### 7.4.2.6 Önerilen önlemler

Bu önerilen FMEA-Analiz şablonunun onuncu kolonudur (kolon numarası 10 olarak Tablo 7.3 de gösterilmiştir). Burada iki cins önlem teklif edilir:

##### 1 Kontrol için önlemler.

Bu önlemlerle hata sebepleri bulunur. Analiz tablosunda önüne "K" konulur.

##### 2 Korunmak için önlemler.

Bu önlemlerle hatanın olma ihtimali önlenir. Analiz tablosunda önüne "Ö" konulur.

Bu önlem teklifleri FMEA-Ekibindeki uzmanlarca yapılır. Bu teklifler proje ekibine yapılması için verilir. Proje ekibi gereğini yapıp  $R\ddot{O}S \geq 125$  olan bütün analizlerin  $R\ddot{O}S < 125$  olması için çalışır.

#### 7.4.2.7 Sorumlu kişi ve termin

Bu önerilen FMEA-Analiz şablonunun onbirinci kolonudur (kolon numarası 11 olarak Tablo 7.3 de gösterilmiştir). Hataların giderilmesi için yapılan önerilerin proje ekibinden sorumlusu ve işlerin terminini seçilir.

#### 7.4.2.8 Uygulanan önlemler

Bu önerilen FMEA-Analiz şablonunun onikinci kolonudur (kolon numarası 12 olarak Tablo 7.3 de gösterilmiştir). Burada uygulanan önlemler belirtilir ve FMEA evrakları yeni değerlendirme için FMEA- Ekibine (uzmanlar toplantısına) gönderilir.

### 7.4.3 Yeni değerlendirme ve sonuç

Yeniden değerlendirme ve sonuçları 6,7 ve 8 inci kolonlarda olduğu gibi 13,14 v3 15 kolonlarda 12nci kolonda alınan önlemler dikkate alınarak yapılır ve yeni  $R\ddot{O}S$  16 kolonda belirlenir. 16nci kolonda elde edilen yeni  $R\ddot{O}S$ 'ün sayısal değeri hala 125 veya daha büyükse proje ekibi yeni çözümler aramalıdır.

#### FMEA analizi

**bütün  $R\ddot{O}S$  değerleri 125 den küçük çıktığı an  
başarı ile kapanır.**

**7.5 FMEA için yardımcı liste ve şablonlar**

Koordinatör ve moderatör ün hazırlaması gereken evraklar.

**7.5.1 Ön seçim şablonları, Dört alan metodu**

Şablon 7.1, Ön seçim şablonu, QFD-Değer sayısı için

**FMEA-Ön Seçim****QFD-Değer sayısı (Kalite)**

Proje : .....

Sıra No.	Müşterinin kalite şartları veya istekleri	" F " Etki faktörü	Parça / Parçalar grubu														Y <sub>max</sub>	
			X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
Y <sub>i</sub> lerin toplamı																		
QFD-Değer sayısı % olarak																		

X-kolonu değerlendirme puanları: 0 Etkisi yok  
1 Etkisi var  
2 Etkisi çok var

$$QFD (\%) = \frac{\sum Y_i}{\sum Y_{max}} \cdot 100$$

Etki derecesi : 1 Pek az  
5 Pek çok

$$\sum Y_{max} =$$

$$Y\text{-Değeri} = G \cdot X$$

Tarih:

FMEA-Ön seçim ekibi:

Kısım

Adı, Soyadı


Moderatör

Uzman

"

"

"

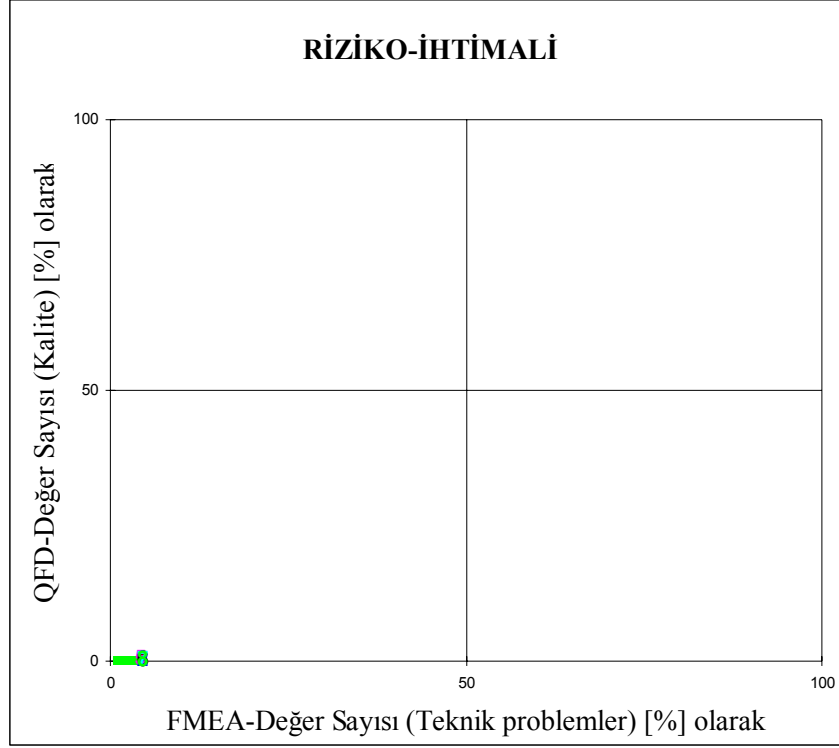
"



Şablon 7.3, Ön seçim şablonu, Riziko İhtimali

**FMEA-Ön Seçim**  
**RİZİKO İHTİMALİ**

Proje : .....



No.	Tanımlama	X-Değeri / FMEA	Y-Değeri / QFD	Düşünceler
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

Düşünceler:

**7.5.2 Kontrol listeleri**

Kontrol listesi 7.1, Kalite özellikleri için kontrol listesi

- Bakım ve bakım kolaylığı,
- Bakım periyotları,
- Maliyet,
- Montaj konumu varyantları,
- Ömür,
- Randıman,
- Rijitlik,
- Sızdırmazlık,

Kontrol listesi 7.2, Fonksiyonlar için kontrol listesi

- Diğer parçaların montajını kabulü (komple),
- Diğer parçaların montajını kabulü (tek tek),
- Eksen kaçıklığını düzeltebilmesi,
- Enerji taşınması,
- Eşitleme kapasitesi (ısı esnemeleri, basınç, eğiklik, v.s.),
- Eşitleme kapasitesi (toleranslar, aksenal ve radyal boşluklar),
- Gerilimlere dayanması (mukavemeti),
- İvmeye ve frenlemeye dayanıklılığı,
- Konum varyant ve imkanları,
- Kuvvete dayanması (darbe, titreşim, v.s.),
- Kuvvete dayanması (aksenal, radyal, montaj ve işleme),
- Kuvvete dayanması (gaz, merkez kaç, patlamadan ötürü dağılma),
- Mesafe tutabilme (aksenal, radyal),
- Montaj ve Demontaj imkanları (komple),
- Montaj ve Demontaj imkanları (tek tek),
- Nakliye kolaylığı ve imkanları,
- Ortalama imkanı,
- Parçaların bağlanabilmesi,
- Parçaların beraber birleştirilmesi,
- Parçaların pozisyonlaşabilmesi,
- Parçaların tutulması,
- Sızdırmazlık (içeriden dışarıya, dışarıdan içeriye. Toz, hava, yağ),
- Toleransların, ısı uzamalarının ve ısının kabulü,
- Yağlama, v.s.

## Kontrol listesi 7.3, Hatalar için kontrol listesi

- Parça aşınır,
- Parça burkulur,
- Parça çarpar,
- Parça deforme olur,
- Parça diğer bir parçayı yer,
- Parça erozyona uğrar,
- Parça gevşer,
- Parça HCF (High cycle fatigue) kırılır,
- Parça ısınır,
- Parça kabarır,
- Parça kasılır,
- Parça kayar,
- Parça kenarından kasılır,
- Parça kırılır,
- Parça korozyona uğrar,
- Parça LCF (Low cycle fatigue) kırılır,
- Parça montaj ve demontaj edilemez,
- Parça plastik deforme olur,
- Parça salgısı çok fazla,
- Parça sıkışır,
- Parça sürter,
- Parça yağ sızdırır,
- Parça yağı tutar,
- Parça yağsız kalır,
- Parça yanlış monte edilmiş,
- Parça zor montaj ve demontaj yapılır,

## Kontrol listesi 7.4, Hata sonuçları için kontrol listesi

- Adet veya para kaybı,
- Bakım çok zor ve zaman alıcı
- Dişliler çok sesli,
- Doğa ve çevre kirliliği,
- Güç kaybı,
- Gürültülü,
- Hayat tehlikesi,
- İşletmenin komple durması,
- Müşteri kaybı,
- Müşteri şikayetleri,
- Pazarda prestij kaybı,
- Randıman kaybı,
- Sevk gecikmesi,

- Sistemde bir şeylerin kırılması,
- Termin çatışması,
- Torsiyon momenti yetersiz,
- Yaralanma tehlikesi,

Kontrol listesi 7.5, Hata sebepleri için kontrol listesi

- Akma sınırı yetersiz,
- Aşınma mukavemeti yetersiz,
- Basma çok az,
- Basma çok fazla,
- Boşluk çok az,
- Boşluk çok fazla,
- Boyutlama çok büyük,
- Boyutlama çok küçük
- Boyutlama yanlış,
- Çap ile göbek boyu oranı küçük, kasılma tehlikesi,
- Çekme mukavemeti yetersiz,
- Çentik yarı çapı küçük,
- Değişken mukavemet değeri yetersiz,
- Demontaj vidası yok,
- Filtre çalışmıyor,
- Isı dayanıklılığı yetersiz,
- Kimyasal ortama dayanıklılığı yetersiz,
- Konstrüksiyon yanlış,
- Kopma esnemesi yetersiz,
- Malzeme hatası,
- Malzeme yanlış,
- Montaj hatası,
- Montaj hazırlıkları yetersiz (geçme için eğiklik),
- Pozisyon lama imkanı yok,
- Toleranslar büyük,
- Toleranslar yanlış,
- Torsiyon momenti yetersiz,
- Yağlama yanlış,
- Yüzey kalitesi çok hassas,
- Yüzey kalitesi çok kaba,
- Yüzey sertliği çok az,

Kontrol listesi 7.6, Hatayı önleyici "Ön" önlemler için kontrol listesi

Bunlar hatanın olma ihtimalini azaltacak koruyucu önlemlerdir.

- Asma imkanı,
- Bakım personelinin eğitimi,
- Bilinen ve iyi çalışan benzer çözümler,
- Demontaj vidalı deliği,

- Deneyley,
- Eski personelin tecrübeleri,
- Hesaplar (elle veya FEM ile)
- İkaz sinyalleri (optik, akustik),
- İkaz tabelaları,
- İşletme yönergeleri ve talimatları,
- İzolasyon,
- Konstrüksiyon personelinin eğitimi,
- Konstrüksiyon talimatı (KT),
- Kontrol talimatı (KonT),
- Montaj personelinin eğitimi,
- Montaj talimatı (MT)
- Standart parça,
- Tecrübeli kişilerce hesap kontrolleri,
- Tecrübeli kişilerce konstrüksiyon ve teknik resim kontrolleri,
- Tolerans hesapları (geçme, aksenel, v.s.
- Uzmanlarla konuşmalar,
- Yapılmış deneyley (prensip veya model),
- Yüzey kaplama,

Kontrol listesi 7.7, Hatayı bulma "B" önlemleri için kontrol listesi

Bunlar hataları bulmaya yarayan önlemlerdir.

- İşletmede deneme,
- Kabul kontrolü (işletmede),
- Kabul kontrolü (müşteride),
- Kalite garantileme yönergesi (KY),
- Kontrol aletlerinin kontrolü,
- Makinaların kontrolü,
- Organizasyon yönergeleri (OY)
- Parçaları deneme kontrolü,
- Parçaların kontrolü,
- Prototip deneyley (KK, Kalite-Kontrol),
- Sevk talimatına (ST) göre mal giriş kontrolü,
- Takımların kontrolü,



Şablon 7.4, Standart FMEA-Analiz şablonu

**Konstrüksiyon FMEA / Proje :****(FMEA-Analizi yapılan firmanın adı)**

FMEA sı yapılan mal		FMEA-Ekibi					
Kalite özelliği		Moderatör		Uzman		Uzman	
Konstrüksiyon sorumlusu		Uzman		Uzman		Uzman	
Analizin son işlem tarihi		Uzman		Uzman		Uzman	

Fonksiyon	Olasılı hatalar	Hataların etkileri	Hataların sebepleri	Önlemler	O	S	B	RÖS	Önerilen önlemler	Sorumlu, Termin	Uygulanan önlemler	O	S	B	RÖS

**7.5.3 Analiz mantığını gösteren özet**

Şablon 7.5, Analiz mantığı şablonu

**Konstrüksiyon FMEA / Proje :****(FMEA-Analizi yapılan firmanın adı)**

FMEA sı yapılan mal		FMEA-Ekibi					
Kalite özelliği		Moderatör		Uzman		Uzman	
Konstrüksiyon sorumlusu		Uzman		Uzman		Uzman	
Analizin son işlem tarihi		Uzman		Uzman		Uzman	

Fonksiyon F	Olasılı hatalar Ha	Hataların etkileri HE	Hataların sebepleri HS	Önlemler Ön ; Bu	O	S	B	RÖS	Önerilen önlemler	Sorumlu, Termin	Uygulanan önlemler	O	S	B	RÖS	
<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/> Fonksiyonlar parça ve gruplarının yaptığı isteklerdir.												
				<input checked="" type="checkbox"/> Hata fonksiyonun yerine getirilmemesidir.												
				<input checked="" type="checkbox"/> Hataların etkileri.												
				<input checked="" type="checkbox"/> Hatayı doğuran ortam.												
				<input checked="" type="checkbox"/> <b>Ön;</b> Hatanın olma ihtimalini azaltır. <b>Bu;</b> Hatayı bulma ihtimalini çoğaltır.												
	<b>Ha (O)</b>		<b>HS</b>	<b>Ön</b>	⊙											
	Hata sebeplerini ve korunma önlemlerini (Ön) dikkate alırsak, hata hangi ihtimalle olabilir.								<b>Ön :</b> Önleyici veya koruyucu önlemler							
									<b>Bu :</b> Hatayı bulan kontrol önlemleri.							
		<b>HE (S)</b>				⊙			<b>O</b> Teknik resimler iyi kontrol edilmiş, hatasız kabul edilir.							
		Hatanın firmamıza veya müşteriye ne gibi etkileri olur.								<b>O</b> İmalatın hatasız ve doğru yapılacağı kabul edilir.						
			<b>HS (B)</b>	<b>Bu</b>			⊙		<b>O</b> Hatanın olma ihtimali.							
			Hata sebeplerini bulma ihtimali, kontrol imkanları dikkate alınır, ne kadardır?								<b>S</b> Hata sonuçlarının önemi.					
									<b>B</b> Hatayı bulma ihtimali.							

## 7.5.4 Konstrüksiyon FMEA puanlama listesi

Şablon 7.6, Konstrüksiyon FMEA puanlama listesi

**O****S****B**

Hatanın olma ihtimali (O)

Hata sonuçlarının önemi (S)

Hatayı bulma ihtimali (B)

10	Hatanın büyük bir ihtimalle muhakkak olacağı garantidir.
8	Tamamen yeni ve rizikolu konstrüksiyon. Tamamen yeni bir tasarım
6	Daha önce yapılmış ve devamlı problem yaratan bir konstrüksiyon şekli.
5	Oldukça az rizikolu yeni konstrüksiyon.
3	Daha önce yapılmış ve problem yaratmamış bir konstrüksiyon şekli.
1	Bir hatanın olması imkansız gibi. Hata olma ihtimali % 0,2 den az.

10	Sonucunda ölüm tehlikesi olan hatalar.
8	Hata işletmenin tamamen durmasına sebep olabilir.
6	Parçanın dayanma ömrü oldukça kısaldır.
5	Bakım ve kontrol işlerinin çoğaltılmasına sebep olur.
3	Hata hiç bir fonksiyonu engellemez, fakat müşteri kendini rahatsız hisseder.
1	Hatanın hissedilebilir bir sonuç çıkartması oldukça imkansızdır.

10	Hata ilk müşteride ortaya çıkar.
8	Hata işletmedeki son kontrolde bulunur.
6	Hata müşteride yapılan denemelerde bulunur.
5	Hata imalat sırasında bulunur.
3	
1	Hata konstrüksiyon veya teknik resim kontrollerinde bulunur.

## 7.6 FMEA için özel kaynaklar

### 7.6.1 Literatür

- Berens, N.            Anwendung der FMEA in Entwicklung und Produktion,  
Verlag Moderne Industrie, 1989
- Bosch                Fehler-Möglichkeiten und Einfluss-Analyse (FMEA),  
Ausgabe (K17/3 Juni 1988)
- Ford                 Fehler-Möglichkeiten und Einfluss-Analyse (FMEA),  
Ausgabe September 1988
- Ford Q101            Analyse potentieller Fehler und Folgen,  
(Konstruktions- und Prozess-FMEA)
- Franke, D.           Fehlermöglichkeits- und einflussanalyse in der industriellen Praxis,  
Verlag Moderne Industrie, 1987
- Kersten, G.         Qualitätssicherung Band 3, Baustein F1,  
gfmt-Verlag KG, München
- TQU                 FMEA, Failure Mode and Effects Analysis  
Steinbeins-Transferzentrum Qualitätssicherung Ulm  
Ausgabe 2, 3/92
- VDA Band 4         Qualitätskontrolle in der Automobilindustrie  
Sicherung der Qualität vor Serienansatz. 2. grundlegend überarbeitete Auflage  
Verband der Automobilindustrie e.V.(VDA)

### 7.6.2 Standartlar

- DIN 25419           Ereignisablaufanalyse, Verfahren, graphische Symbole und Auswertung  
November 1985
- DIN 25424           Fehlerbaumanalyse, Methode und Bildzeichen  
September 1981
- DIN 25448           Ausfalleffektanalyse  
Juni 1980

## 8 Konu İndeksi

### **B**

Baş sorumlu..... 7.8

### **D**

Dört alan testi ..... 7.14

### **F**

FMEA ..... 7.3

FMEA'nın avantajları ..... 7.4

FMEA'nın dezavantajları ..... 7.4

FMEA-Analizi ..... 7.15

FMEA-Değer sayısı ..... 7.13

FMEA-Ekibi ..... 7.9

FMEA-Koordinatörü ..... 7.9

FMEA-Kriterleri ..... 7.13

Fonksiyonlar ..... 7.17

### **G**

Gözleyici ..... 7.11

### **H**

Hata sonuçlarının önemi ..... 7.22

Hatalar ağacı ..... 7.12

Hatayı bulma ihtimali ..... 7.23

### **I**

İşlem- FMEA ..... 7.5

### **K**

Konstrüksiyon- FMEA ..... 7.5

Kontrol ve önlem imkanları ..... 7.19

Koordinatör ..... 7.8

### **M**

Moderatör ..... 7.10

### **O**

Olasılı hatalar ..... 7.17

Olasılı hataların sebepleri ..... 7.18

Olasılı hataların sonuçları ..... 7.18

ona katlama metodu ..... 7.4

Önseçim ekibi ..... 7.11

### **Q**

QFD-Değer sayısı ..... 7.12

### **R**

Riziko değerlendirmesi ..... 7.21

Riziko ihtimali ..... 7.14

Riziko öncelik sayısı "RÖS" ..... 7.24

Riziko öncelik sayısı RÖS ..... 7.21

### **S**

Sistem- FMEA ..... 7.5

### **T**

the rule of ten ..... 7.4

### **U**

Uzman ..... 7.9

Uzmanlar ..... 7.11