



## YETMEZLİK OLASILIKLARI ve SONUÇLARININ İRDELENMESİ (YOSİ) (Failure Mode and Effects Analysis-FMEA)METODU İLE

# MAKİNALARDA RİSK DEĞERLENDİRME UYGULAMASI

Ali TURAN

Mak. Müh., A Sınıfı İş Güvenliği Uzmanı, OHSAS 18001 Denetçisi

### Özet

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) önce ABD'de 1950'li yılların başında uçuş kontrol sistemlerinin kontrolünde, 1965-1970 yılları arasında ise Silahlı Kuvvetler de kullanılmıştır ve 1960'dan sonra havacılıkta sistemli olarak uygulanmıştır. NASA tarafından 1960-1965 yılları arasında aya insan indirme (APOLLO) projesinde denenmiştir. Endüstride ilk kullanım Japon NEC firması tarafından başlatılmış, daha sonra otomotiv, kimya ve tekstil sektöründe yaygın uygulama alanı bulabilmiştir. Yaygın olarak kullanılmasının nedeni orta düzeyde deneyimi olan risk değerlendirme ekipleri tarafından kolaylıkla uygulanabilmesidir.

#### Kullanıldığında:

- Her hatanın sebeplerinin ve sonuçlarının belirlenmesinde,
  - Potansiyel hataların tanımlanmasında,
  - Olasılık, şiddet ve önceden farkına varılması olasılığına bağlı olarak hataların önceliklerinin tespitini kolaylaştırması bakımından,
  - Düzeltici faaliyetlerin uygulanması safhalarında yol gösterici olmaktadır.
- Yetmezlik, bir sistemin veya sistemin bir ele-

manının, öngörülen işlevini veya işlevlerini, öngörülmesi olan biçimde yerine getirememesi durumudur (Alp Esin, İş Sağlığı ve Güvenliği MMO / 2004/363 S.131).

Yetmezliğin tanımı yerine tehlikenin tanımı kullanıldığında; iş sağlığı ve güvenliğinde uygulanabileceği gibi, makinaların tasarım, imalat ve kullanım safhalarında bu sistemi uygulayarak risk değerlendirmesi yapılabilmektedir. Bu makalede FMEA (YOSİ)'nin makinalarda uygulanmasından bahsedilecektir.

### Risk Değerlendirme Aşamaları

#### 1. ADIM:

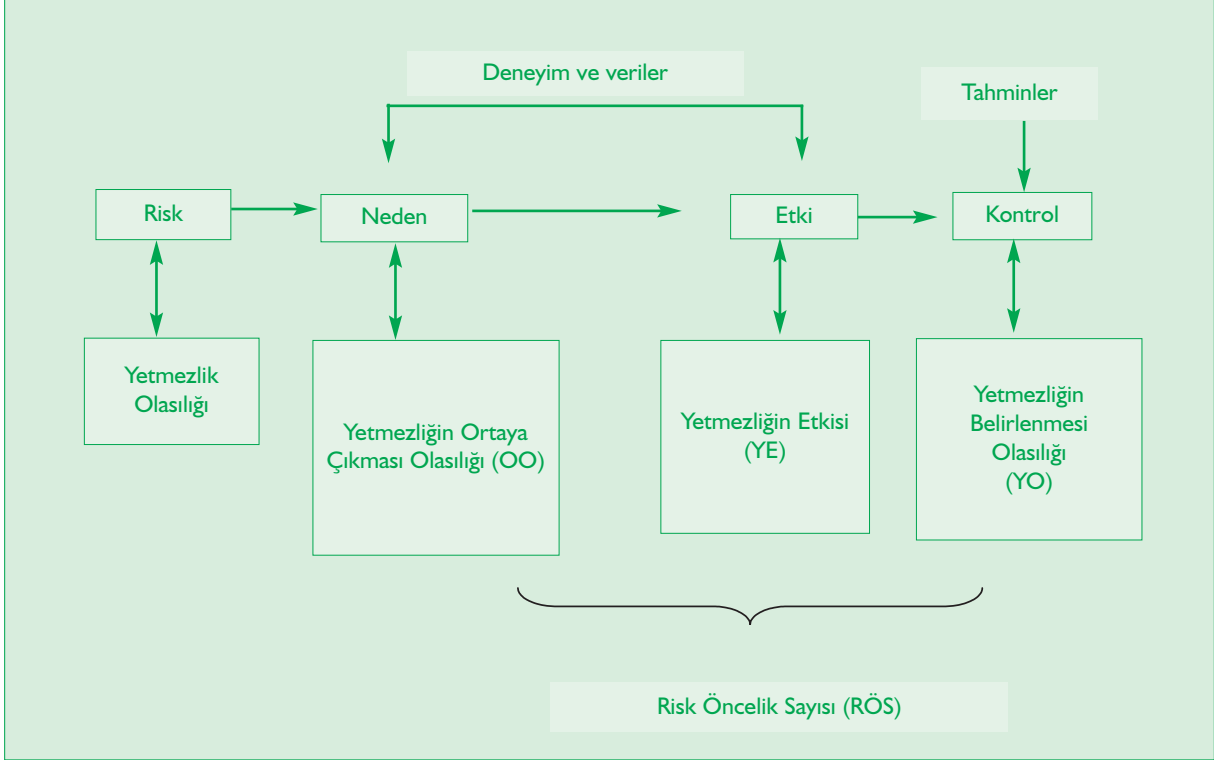
#### Tehlikerin (Yetmezliklerin) Tanımlanması

**Zararın tanımı:** İnsan sağlığının fiziksel olarak hasar veya zarar görmesi ya da mülkün veya çevrenin zarar görmesidir (Kaynak: ISO/IEC Guide 51: 1999).

**Tehlike tanımı:** Zararın potansiyel kaynağıdır (Kaynak: ISO/IEC Guide 51: 1999).

Tehlike terimi, elektrik şok, kırma, kesme, toksik, yangın ve boğulma gibi beklenen zararın o-

**Şekil-1:** Yetmezlik olasılıkları ve sonuçlarının irdelenmesi çalışması akışı



rijininin ve yapısının tarif edilmesi amacıyla kullanılmaktadır.

Makinenin kullanılması, ayarı, bakımı vb. aşamalarda ortaya çıkma ihtimali olan tehlikelerin makine üzerindeki kaynağının tanımlanmasıdır. Tehlikelerin tanımı, 05.06.2002 Tarihli Resmi Gazetede yayımlanan 'Makine Emniyeti Yönetmeliği Ek- I Temel Sağlık ve Güvenlik Kuralları'na göre veya 'TS EN 1050 Makinalarda Güvenlik Risk Değerlendirme Prensipleri Standardı'na göre yapılabilir. Bu yazıda TS EN 1050 Standardı'na göre tehlike (yetmezlik) analizi yapılmıştır. 'TS EN 1050 Standardı'na göre genel olarak tüm makineler için olası tehlikeler aşağıya çıkartılmıştır.

Bazı özel grup makinalardaki tehlikeler, bu tehlikelerin üzerine ilâve edilmelidir. Örneğin, gıda makinaları ve yeraltında çalışan makinalar gibi.

Tehlike analizi, yaparken risk değerlendirmesi yapılacak makinada, Tablo-1'deki tehlikelerden hangileri olduğu ve bu tehlikelerin makinada hangi konumda ve zamanda ortaya çıkarabileceği analiz edilmelidir.

## 2. ADIM:

### Risklerin Değerlendirilmesi

**Risk tanımı:** Zararın ve bu zararın şiddetinin meydana gelme olasılığının bileşimidir (Kaynak: ISO/IEC Guide 51: 1999).

**Yetmezliğin (tehlikenin) ortaya çıkma olasılığı (OO):** Tehlike Potansiyeli başlığı altında yer alan tehlikenin, makinanın çalıştırılması, bakımı, ayarı vb. bir durumda 'ortaya çıkma olasılığı' 1 ile 10 arasında bir değerlendirme ile belirtilir (ortaya çıkma olasılığı hemen hemen yoksa 1, tehlikenin ortaya çıkması kaçınılmaz ise 10).

**Yetmezliğin (tehlikenin) etkisi (YE):** Ortaya çıkması muhtemel tehlikenin 'etkisi' 1 ile 10 arasında bir değerlendirme ile belirtilir (tehlikenin etkisi fark edilmeyecek kadar bile düşük ise 1, ölümlü sonuçlanabilecek ise 10).

**Yetmezliğin (tehlikenin) belirlenme olasılığı (YO):** Ortaya çıkması muhtemel tehlikenin önceden fark edilerek 'önlem alınabilmesi olasılığı' 1 ile 10 arasında bir değerlendirme ile belirtilir (teh-



Tablo-1: TS EN 1050 standardına göre yetmezlik tablosu

Tehlikeler (yetmezlikler), tehlikeli durumlar ve tehlikeli olaylar	
<b>1</b>	<b>Aşağıdaki durumlara bağlı mekanik tehlikeler</b>
1.1	Ezilme tehlikesi
1.2	Kesilme tehlikesi / makaslama
1.3	Kesilme ve / veya koparma tehlikesi
1.4	Takılma (dolaştırma) tehlikesi
1.5	Kapma veya tuzak tehlikesi
1.6	Darbe (çarpma) tehlikesi
1.7	Delme veya saplanma tehlikesi
1.8	Sürtünme ve/veya aşındırma tehlikesi
1.9	Yüksek basınçlı sıvı enjeksiyonu veya fıskırma tehlikesi
1.10	Makina veya işlenen malzeme/iş parçasına ait parçaların fırlaması
<b>2</b>	<b>Aşağıdakilere bağlı, elektriksel tehlikeler</b>
2.1	Kişilerin gerilim taşıyan parçalara teması (doğrudan temas)
2.2	Hata ve/ veya arıza durumunda elektrik yüklü duruma gelmiş parçalarla kişilerin teması (dolaylı temas)
2.3	Yüksek gerilimli canlı parçalara yaklaşma
2.4	Elektrostatik ortam
2.5	Isıl radyasyon veya aşırı yüklenme veya kısa devre vb.'den kaynaklanan kimyasal etkilerin ve erimiş maddelerin fırlaması gibi ortamların oluşması
<b>3</b>	<b>Aşağıdakilerden kaynaklanan ısıya bağlı tehlikeler</b>
3.1	Kişilerin aşırı sıcak veya soğuk malzemeler ile muhtemel teması, parlama veya patlamalar ve ısı kaynaklarından yayılan ışımaya neticesinde ortaya çıkan yanık, haşlanma ve diğer yaralanmalar
3.2	Sıcak ya da soğuk çalışma ortamının sağlığa zararı
<b>4</b>	<b>Aşağıdakilere neden olan, gürültüye bağlı tehlikeler:</b>
4.1	İşitme kaybı (sağırılık), diğer psikolojik düzensizlikler (denge kaybı, dalgalılık vb.)
4.2	Sözlü iletişimin ve akustik sinyallerin bozulması
<b>5</b>	<b>Titreşimin sebep olduğu tehlikeler</b>
5.1	El tipi makinanın kullanılmasının çeşitli nörolojik ve vasküler bozukluklara neden olması
5.2	Özellikle yanlış duruş pozisyonunda tüm vücutun titremesi
<b>6</b>	<b>Radyasyona bağlı tehlikeler</b>
6.1	Düşük frekans, radyo frekansı radyasyonu, mikro dalga
6.2	Kızılötesi, görülebilir ve ultraviyole ışın
6.3	X ve gamma ışınları
6.4	Alfa, beta ışınları, elektron veya iyon ışınları, nötron
6.5	Elektriksel arklar
6.6	İyonize radyasyon kaynakları
6.7	Yüksek frekanslı elektromanyetik alanlar kullanan makinalar
6.8	Lazerler
<b>7</b>	<b>Makinalar tarafından kullanılan veya işlenen malzeme ve maddelerden (bunların içerdiği elementler de dahil) kaynaklanan tehlikeler</b>
7.1	Zararlı sıvı, gaz, duman, buhar ve tozun nefesle içe çekilmesi veya bunlarla temastan kaynaklanan tehlikeler
7.2	Yangın veya patlama tehlikesi
7.3	Biyolojik veya mikrobiyolojik (viral ya da bakteriyel) tehlikeler
<b>8</b>	<b>Makinanın tasarımında ergonomik prensip vb.'nin ihmal edilmesinden kaynaklanan tehlikeler</b>
8.1	Sağlıksız vücut duruşu veya aşırı efor
8.2	El-kol veya ayak-bacak anatomisinin yeterince göz önüne alınmaması
8.3	Kişisel koruyucu ekipman kullanılmasının ihmal edilmesi
8.4	Yetersiz lokal aydınlatma
8.5	Zihinsel olarak aşırı veya düşük yüklenme, stres
8.6	İnsan hatası, insan davranışı
8.7	Manuel kontrol cihazlarının tasarım, konum veya tanımlanmalarının yetersizliği
8.8	Ekran vb. görsel ünitelerin tasarım veya konumlarının yetersizliği
8.9	Yetersiz saha aydınlatması
<b>9</b>	<b>Tehlikelerin kombinasyonu</b>
<b>10</b>	<b>Aşağıdakilerden kaynaklanan, beklenmeyen start alma, hızlanma (veya benzer arıza)</b>
10.1	Kontrol sisteminin arızalanması, düzensiz çalışma
10.2	Enerji beslemesinin kesilip tekrar gelmesi sonucu direk çalışma
10.3	Elektrikli donanımların üzerindeki dış etkiler
10.4	Diğer dış etkiler (yer çekimi, rüzgar vb.)
10.5	Yazılımdaki hatalar
10.6	Operatör tarafından meydana getirilen hatalar (insan karakteri ve kabiliyeti ile makine arasındaki uyumsuzluğun sebep olduğu bk.8.6)
<b>11</b>	<b>Makinayı en uygun koşullarda durdurmanın imkansızlığı</b>
<b>12</b>	<b>Takımın dönüş hızlarındaki değişimler</b>
<b>13</b>	<b>Güç beslemesindeki arızalar</b>
<b>14</b>	<b>Kumanda devresindeki arızalar</b>
<b>15</b>	<b>Bağlama hataları</b>
<b>16</b>	<b>Çalışma esnasındaki parçalanmalar</b>
<b>17</b>	<b>Cisimlerin veya akışkanların fırlaması, fıskırması</b>
<b>18</b>	<b>Makine kararlılığının kaybolması / ters dönmesi</b>
<b>19</b>	<b>Kişilerin tökezlemesi kayması, düşmesi (makine ile alakalı)</b>



likeyi önceden haber verecek güvenilir uyarı işaretleri varsa veya tehlikeyi önceden kolaylıkla sezme imkânı varsa 1, tehlikenin ne zaman ortaya çıkacağını tespit etmek mümkün değilse 10).

**Risk öncelik sayısı (RÖS):** Potansiyel yetmezlikler (tehlikeler) tanımlandıktan sonra, bu potansiyel yetmezlik durumları üç kriter açısından ele alınarak puanlandırılır.

- Bir yetmezlik durumunun ortaya çıkma olasılığı (OO),
- Ortaya çıkma ihtimali olan yetmezlik durumunun etkisi (YE),
- Yetmezlik durumunun önceden belirlenebilmesi olasılığı (YO).

Belirlenebilen her bir potansiyel yetmezlik durumu için, bu kriterlere 1 ile 10 arasında puan verilir. Daha sonra her bir potansiyel yetmezlik durumu için verilen üç adet puanın çarpılmasıyla Risk Öncelik Sayısı (RÖS) adı verilen sayısal bir değer bulunur.

Risk Öncelik Sayısı (RÖS) = Yetmezliğin ortaya çıkma olasılığı x Yetmezliğin etkisi x Yetmezliğin önceden belirlenebilmesi olasılığı, şeklinde olacaktır.

Olasılık artıktıkça (OO) - 10, sonuç ağırlaştıkça (YE) -10, belirlenebilme zorlaştıkça (YO) -10 olur. Risk Öncelik Sayısı'nın büyüklüğü, alınacak önlemlerin de bir ölçüsü niteliğindedir.

### 3. ADIM:

#### Risklerin Azaltılması

Risk azaltılmasında özet olarak aşağıdakiler uygulanmalıdır. Risk azaltılmasında öncelik tasarımı olmalıdır. Eğitim, tecrübe, kişisel koruyucu kullanmak riski azaltır, fakat bunlar hiçbir zaman güvenlik koruma sistemlerinin yerini almamalıdır.

#### Makinalar için risk azaltma hiyerarşisi

- Tasarım yoluyla,
- Güvenlik koruma tedbirleri olarak risk altma.

#### Bakiye riskler için risk azaltma

- Kullanma için bilgilendirme yaparak; (eğitim, emniyetli çalışma usulleri, denetleme), taşıma: KKD.

- İlâve tedbirler olarak: Acil durdurma tertibatı,

içerde mahsur kalmış personel için kurtulma tertibatları, ayırma ve enerji sönmülmesi için tedbirler.

### 4. ADIM:

#### Risk Azaltılmasından Sonra Tekrar Değerlendirme

Yapılan önlemlerin ikinci bir risk yaratıp yaratmadığı, ya da üretimi engelleyip engellemediği değerlendirilip tekrar bir puanlama yapılmalıdır. Tasarım, güvenlik koruma tedbirleri, eğitim, talimatların hazırlanması, uyarı ve ikaz işaretleri tehlikenin ortaya çıkma olasılığını, kişisel koruyucu kullanımı ve acil durdurma tertibatları tehlikenin etkisini, makine üzerindeki basınç, sıcaklık ve seviye gibi göstergelerin bulunması ise tehlikenin önceden belirlenmesi olasılığı puanlarını düşürecektir.

### Sonuç

YOSİ (Yetmezlik Olasılıkları ve Sonuçlarının İrdelenmesi) çalışmaları bir ekip tarafından yapılmalıdır. Ekip, TS EN 1050 Standardı Ek- A'yı kullanılarak ve buna ek olarak ta ekibin bildiği bazı tehlikeleri listeleterek (beyin fırtınası yapmak suretiyle) değerlendirme yapması sonucu olumlu yönde etkileyecektir.

YOSİ yönteminde tespit edilen risk öncelik sayısının kabul edilebilirlik düzeyinin kuruluşun politikasıyla ilgili olduğu bilinmektedir. 'A' Kuruluşu için kabul edilebilirlik düzey RÖS = 100 puan olurken, 'B' Kuruluşu için bu düzey RÖS = 70 puan olabilmektedir. Aynı anlayış, iş sağlığı ve güvenliği çalışmaları ve makinalarda risk değerlendirme çalışmalarında da geçerlidir, ancak burada kabul edilebilir RÖS düzeyi, yasal zorunlulukların karşılanmasıdır. Yasal zorunluluk yeni imal edilecek makinalar için; 'Makine Emniyeti Yönetmeliği 05.06.2002 Tarihli Resmi Gazete', 'CE' işaretsiz ve halen işyerlerinde kullanılan makineler için; 'İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği 11.02.2004 Tarih ve 25370 Sayılı Resmi Gazete' şartlarıyla karşılanmalıdır.

Bu çalışmanın makine tasarımı ve imalatı yapan üreticilerle, halen işyerlerinde kullanılmakta olan makinalarda risk değerlendirmesi yapacak kişilere faydalı olmasını diliyorum.

**Tablo-2:** Yetmezliğin (tehlikenin) ortaya çıkma olasılığının (OO) derecelendirilmesi

Derece	Ortaya çıkma olasılığı
1	Yetmezlik durumunun ortaya çıkma olasılığı yoktur. Benzer tasarım ve proseslerde problemlere rastlandığı görülmemiştir.
2	Yetmezlik durumunun ortaya çıkma olasılığı düşüktür. Daha önceki benzer tasarım ve proseslerde çok az problem yaşanmıştır.
3	
4	
5	Yetmezlik durumunun ortaya çıkma olasılığı vardır. Ancak bu olasılık yüksek değildir. Genellikle ara sıra fakat düzenli olarak ortaya çıkan bu yetmezlik durumu geçmişteki tasarım veya proseslerle ilişkilidir.
6	
7	Yetmezlik durumunun ortaya çıkma olasılığı yüksektir. Daha önceki benzer tasarım ve prosesler mutlaka problemlere neden olmuşlardır.
8	
9	
10	Yetmezlik durumu kesine yakın bir olasılıkla ortaya çıkacaktır. Benzer tasarım ve prosesler geçmişte aynı probleme neden olmuşlardır.

**Tablo-3:** Ortaya çıkması muhtemel yetmezliğin etkisinin (YE) derecelendirilmesi

Derece	Yetmezliğin etkisinin ağırlığı
1	Bu yetmezlik durumunun insan, diğer canlılar ve çevre üzerinde hiçbir etkisi olmayacaktır.
2	Bu yetmezlik durumu bir kişinin anlık etkilenmesine neden olabilecektir.
3	Bu yetmezlik durumu birden fazla kişinin anlık etkilenmesine neden olabilecektir.
4	Bu yetmezlik durumu bir kişinin hafif yaralanmasına neden olabilecektir.
5	Bu yetmezlik durumu birden fazla kişinin hafif yaralanmasına neden olabilecektir.
6	Bu yetmezlik durumu bir kişinin ciddi yaralanmasına neden olabilecektir.
7	Bu yetmezlik durumu birden fazla kişinin ciddi yaralanmasına neden olabilecektir.
8	Bu yetmezlik durumu bir kişinin ölümüne neden olabilecektir.
9	Bu yetmezlik durumu birden fazla kişinin ölümüne neden olabilecektir.
10	Yetmezlik durumunun sonuçlarının etkisi tahmin edilemeyecek kadar büyük olabilecektir.

**Tablo-4:** Ortaya çıkması muhtemel yetmezliğin belirlenebilmesi olasılığının (YO) derecelendirilmesi

Derece	Yetmezliğin belirlenebilmesi olasılığı
1	Yetmezlik durumu ortaya çıkmadan önce kesinlikle belirlenebilir. Otomatik kontrol sistemleri bunu mutlaka sağlamaktadır.
2	Yetmezlik durumunun önceden fark edilmesi olasılığı yüksektir.
3	
4	
5	Yetmezlik durumunun önceden fark edilmesi mümkündür.
6	
7	Yetmezlik durumunun önceden fark edilmesi olasılığı düşüktür.
8	
9	
10	Yetmezlik durumunun önceden fark edilmesi olasılığı kesinlikle yoktur.

## Örnek Çalışma

### Sütunlu Matkapta Risk Değerlendirmesi

#### Makinanın Tanımı

Sütunlu matkap tezgâhı, katı malzemelere değişik çap ve derinlikler de delik delmek, kılavuz çekmek (diş açmak) ve deliklerin yüzeylerini düzeltmek amacıyla yapılmış bir makinedir.

**Gövde:** Üzerinde elektrik motoru, elektrik kumanda tablosu, devir değiştirebilmek için kollar, kayış ve kasnak, başlatma, durdurma ve aydınlatmayı açma ve kapatma düğmeleri, aydınlatma lambası, manüel veya otomatik olarak çalıştırmak için kollar, ilerleme hızı ayarlama kolları, delik delme uçlarının bağlandığı mandren bulunur. Ağırlığı 115 kg dır.

**Örnek Çalışma, Tablo-1: Yetmezliklerin (tehlikelerin) tanımlanması [TS EN 1050 standardına göre, bahis konusu tehlike varsa Evet (E) yoksa Hayır (H)]**

TS EN 1050 No	Potansiyel tehlikeler	Tehlike konumu veya zamanı	Evet/Hayır
1.1	<b>Ezilme tehlikesi</b>	<b>İş parçası, sabit ve hareketli parçalar arasında</b>	<b>E</b>
1.2	Kesilme tehlikesi / Makaslama tehlikesi	Takım haznesi dâhil, sabit ve hareketli parçalar arasında	E
1.3	Kesme veya koparma tehlikesi	Takımın hareketi esnasında, talaşın neden olduğu	E
1.4	Takılma tehlikesi	Takımın hareketi esnasında uzvun veya giysinin takılması	E
1.5	Kapma veya tuzak tehlikesi	Hareketli parçalarda	E
1.6	Darbe (çarpma) tehlikesi		H
1.7	Delme veya saplanma tehlikesi	İş bağlama esnasında	
1.8	Sürtünme veya aşınma tehlikesi		H
1.9	Yüksek basınçlı sıvı enjeksiyonu veya fıskırma tehlikesi	Soğutma suyu devir daiminde	E
1.10	Makinaya veya işlenen malzeme/iş parçasına ait parçaların fırlaması	Kesme takımının parçalanarak fırlaması, talaşın fırlaması	E
<b>2</b>	<b>Elektrik Tehlikeleri (Aşağıdakilerden kaynaklanan)</b>		
2.1	Kişilerin elektrik taşıyan parçalara teması (doğrudan temas)	Elektrik donanımında, bakım esnasında	E
2.2	Arıza durumunda elektrik yüklü hale gelen parçalarla kişilerin teması (dolaylı temas)	Elektrik donanımında, bakım esnasında	E
2.3	Yüksek gerilimli canlı parçalara yaklaşma		H
2.4	Elektrostatik ortam		H
2.5	Isıl radyasyon veya aşırı yüklenme veya kısa devre vb.'den kaynaklanan kimyasal etkilerin ve erimiş maddelerin fırlaması gibi ortamların oluşması		H
<b>3</b>	<b>Isıl Tehlikeler (Aşağıdakilerden kaynaklanan)</b>		
3.1	Kişilerin aşırı sıcak veya soğuk malzemeler ile muhtemel teması, parlama veya patlamalar ve ısı kaynaklarından yayılan ışınım neticesinde ortaya çıkan yanık, haşlanma ve diğer yaralanmalar	Sıcak talaşla temas	E
3.2	Sıcak ya da soğuk çalışma ortamının sağlığa zararı		H
<b>4</b>	<b>Gürültünün meydana getirdiği tehlikeler (aşağıdakilerle sonuçlanan)</b>		
4.1	İşitme kaybı (sağırılık), diğer psikolojik düzensizlikler (denge kaybı, dalgalılık vb.)	Kesme operasyonu esnasında	E
4.2	Sözlü iletişimin ve akustik sinyallerin bozulması		H
<b>5</b>	<b>Titreşimin sebep olduğu tehlikeler</b>		
5.1	El tipi makinanın kullanılmasının çeşitli nörolojik ve vasküler bozukluklara neden olması		H
5.2	Özellikle yanlış duruş pozisyonunda tüm vücudun titremesi		H
<b>6</b>	<b>Radyasyonun sebep olduğu tehlikeler</b>		
6.1	Düşük frekans, radyo frekansı radyasyonu, mikro dalga	Elektrik donanımında, bakım esnasında	E
6.2	Kızılötesi, görülebilir ve ultraviyole ışın		H
6.3	X ve gamma ışınları		H
6.4	Alfa, beta ışınları, elektron veya iyon ışınları, nötron		H
6.5	Lazerler		H
<b>7</b>	<b>Makinalar tarafından kullanılan veya işlenen malzeme ve maddelerden (bunların içerdiği elementler de dahil) kaynaklanan tehlikeler</b>		
7.1	Zararlı sıvı, gaz, duman, buhar ve tozun nefesle içe çekilmesi veya bunlarla temastan kaynaklanan tehlikeler	Kesme sıvısı devresinde, işleme ayarı ve bakım sırasında	E
7.2	Yangın veya patlama tehlikesi		H
7.3	Biyolojik veya mikrobiyolojik (viral ya da bakteriyel) tehlikeler	Kesme sıvısı devresinde, doldurma / boşaltma bakımı esnasında	E
<b>8</b>	<b>Makinanın tasarımında ergonomik prensip vb.'nin ihmal edilmesinden kaynaklanan tehlikeler</b>		
8.1	Sağsızsız vücut duruşu veya aşırı efor	Kumanda tertibatlarında, makine parçaları ve iş parçalarının tutulmasında	E



**Örnek Çalışma, Tablo-1:** Yetmezliklerin (tehlikelerin) tanımlanması [TS EN 1050 standardına göre, bahis konusu tehlike varsa Evet (E) yoksa Hayır (H)]

TS EN 1050 No	Potansiyel tehlikeler	Tehlike konumu veya zamanı	Evet/ Hayır
8.2	El-kol veya ayak-bacak anatomisinin yeterince göz önüne alınmaması	İş veya takım değiştirme sırasında	E
8.3	Kişisel koruyucu ekipman kullanılmasının ihmal edilmesi	İş parçasını taşıma ve montajı vb.	E
8.4	Yetersiz lokal aydınlatma	Delme işleminde, ayarlama sırasında, konumlandırma sırasında	E
8.5	Zihinsel olarak aşırı veya düşük yüklenme, stres		H
8.6	İnsan hatası, insan davranışı	İş parçası bağlamada	E
8.7	El kumandalarının yetersiz tasarımı, yerleştirilmesi veya tanımlanması		H
8.8	Ekran vb. görsel ünitelerin tasarım veya konumlarının yetersizliği		H
9	Tehlikelerin kombinasyonu		H
10	Aşağıdakilerden kaynaklanan, beklenmeyen start alma, hızlanma (veya benzer arıza) :		H
10.1	Kumanda sisteminin arızalanması, düzensiz çalışma	Yanlış uygulama nedeniyle kumanda sisteminin yanlış çalıştırılması, iş bağlama hatası ve aşırı hız	E
10.2	Enerji beslemesinin kesilip tekrar gelmesi	İşleme ve ayar sırasında	E
10.3	Elektrikli donanımların üzerindeki dış etkiler	Nümerik kontrol kumanda donanımında, bakım ve işleme ayarı sırasında	E
10.4	Diğer dış etkiler (yer çekimi, rüzgar vb.)		H
10.5	Yazılımdaki hatalar		H
10.6	Operatör tarafından meydana getirilen hatalar (insan karakteri ve kabiliyeti ile makine arasındaki uyumsuzluğun sebep olduğu bk.8.6)		H
11	Mümkün olan en uygun şartlarda makinenin durmasının imkansızlığı		H
12	Takımın dönüş hızlarındaki değişimler	İşleme ve ayar sırasında	E
13	Güç beslemesindeki arızalar		H
14	Kumanda devresindeki arızalar	Kumanda sisteminde yanlış çalıştırmaya neden olan fark edilmemiş hata, iş veya takımın değiştirilmesi sırasındaki beklenmeyen hareketler	E
15	Bağlama hataları	Takım veya iş parçası bağlamalarının değiştirilmesi sırasında	E
16	Çalışma esnası I. Yetmezliklerin (Tehlikelerin) Tanımlanmasındaki parçalanmalar	İşleme sırasında	E
17	Cisimlerin veya akışkanların fırlaması, fışkırması	İş bağlamada, işleme sırasında, soğutma sıvısında	E
18	Makine kararlılığının kaybolması / ters dönmesi		H
19	Kişilerin tökezlemesi kayması, düşmesi (makine ile alakalı)	Soğutma suyu kaçağında	E

**Sütun:** Alt tablaya bağlıdır; üzerinde iş bağlama tablası, gövde, soğutma sıvısı hortumları bulunur. Ağırlığı 65 kg dır.

**İş bağlama tablası:** Delinecek (işlenecek) parçaların bağlanabilmesi için tasarlanmıştır. Sağa ve sola, aşağı yukarı hareket edebildiği gibi kendi ek-seni etrafında da 270° dönebilmektedir. Çelik dö-kümden yapılmıştır ve üzerinde işlerin veya men-

genenin sağlam bir şekilde bağlanabilmesi için 'T' kanalları vardır.

**Alt tabla:** Makinayı üzerinde taşır ve zemine tespit edilmesini sağlar. Aynı zamanda soğutma sıvısı pompası ve pompayı çalıştıran elektrik motoru, soğutma sıvısı deposu da burada bulunur. Ağırlığı 55 kg dır.

Parlayıcı ve patlayıcı ortamlarda kullanılmamalıdır.



**Örnek Çalışma, Tablo-2:** Risklerin değerlendirilmesi (Makine ile ilgili tehlikeler tanımlandıktan sonra, bu tehlikelere ait riskler değerlendirilir.)

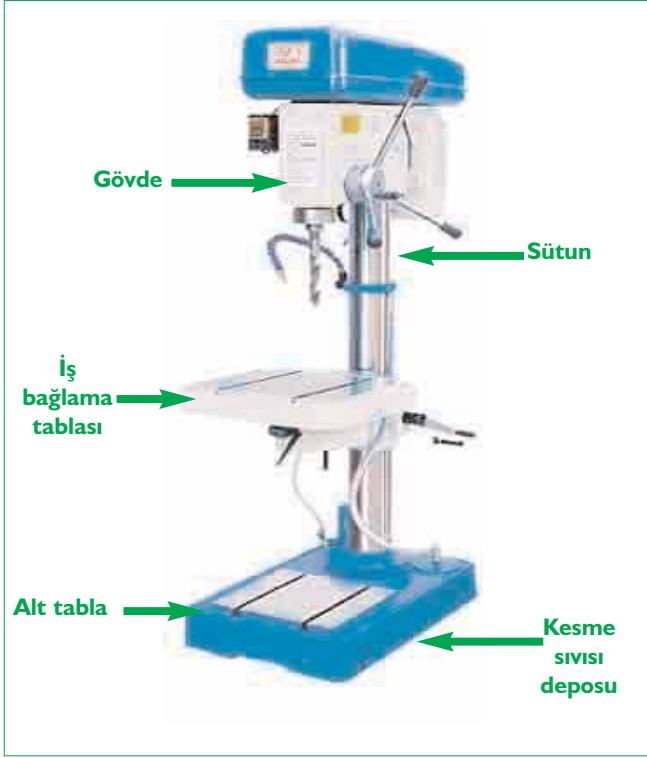
No	Potansiyel tehlikeler	Tehlikenin etkisi	Risk öncelik sayısı			
			OO	YE	YO	RÖS
1.1	<b>Ezilme tehlikesi</b>	<b>Bir kişinin elinin ezilmesi</b>	4	6	4	96
1.2	Kesilme tehlikesi / Makaslama tehlikesi	Bir kişinin elinin kesilmesi	4	6	4	96
1.3	Kesme veyakoparma tehlikesi	Bir kişinin elinin delinmesi	8	6	4	196
1.4	Takılma tehlikesi	Bir kişinin yaralanması	4	8	4	128
1.5	Kapma veya tuzak tehlikesi	Bir kişinin ciddi yaralanması	6	8	5	240
1.7	Delme veya saplanma tehlikesi	Bir kişinin ciddi yaralanması	5	8	4	160
1.9	Yüksek basınçlı sıvı enjeksiyonu veya fıskırma tehlikesi	Bir kişinin yaralanması	4	5	4	80
1.10	Makinaya veya işlenen malzeme / iş parçasına ait parçaların fırlaması	Bir kişinin ciddi yaralanması	5	8	6	240
<b>2</b>	<b>Elektrik Tehlikeleri (Aşağıdakilerden kaynaklanan)</b>					
2.1	Kişilerin elektrik taşıyan parçalara teması (doğrudan temas)	Bir kişinin elektrik şoku sonucu yaşamını yitirmesi	5	9	4	180
2.2	Arıza durumunda elektrik yüklü hale gelen parçalarla kişilerin teması(dolaylı temas)	Bir kişinin elektrik şoku sonucu yaşamını yitirmesi	5	9	4	180
<b>3</b>	<b>Isıl Tehlikeler (Aşağıdakilerden kaynaklanan)</b>					
3.1	Kişilerin aşırı sıcak veya soğuk malzemeler ile muhtemel teması, parlama veya patlamalar ve ısı kaynaklarından yayılan ışıma neticesinde ortaya çıkan yanık, haşlanma ve diğer yaralanmalar	Bir kişinin hafif yaralanması	5	4	4	80
<b>4</b>	<b>Gürültünün meydana getirdiği tehlikeler (aşağıdakilerle sonuçlanan)</b>					
4.1	İşitme kaybı (sağırılık), diğer psikolojik düzensizlikler (denge kaybı, dalgalılık vb.)	Bir veya birkaç kişide işitme kaybı	4	7	3	84
6	Radyasyonun sebep olduğu tehlikeler					
6.1	Düşük frekans, radyo frekansı radyasyonu, mikro dalga	Bir veya birkaç kişinin ağır yaralanması	3	8	6	144
<b>7</b>	<b>Makinalar tarafından kullanılan veya işlenen malzeme ve maddelerden (bunların içerdiği elementler de dahil) kaynaklanan tehlikeler</b>					
7.1	Zararlı sıvı, gaz, duman, buhar ve tozun nefesle içe çekilmesi veya bunlarla temastan kaynaklanan tehlikeler	Bir veya birkaç kişinin cildinde rahatsızlık	4	7	4	112
7.3	Biyolojik veya mikrobiyolojik (viral ya da bakteriyel) tehlikeler	Bir veya birkaç kişinin cildinde rahatsızlık	4	7	4	112
<b>8</b>	<b>Makinanın tasarımında ergonomik prensip vb.'nin ihmal edilmesinden kaynaklanan tehlikeler</b>					
8.1	Sağlıksız vücut duruşu veya aşırı efor	Birveya birkaç kişinin bel vb. incinmesi	5	7	4	140
8.2	El-kol veya ayak-bacak anatomisinin yeterince göz önüne alınmaması	Bir veya birkaç kişinin Sırt ve bel incinmesi	5	7	4	140
8.3	Kişisel koruyucu ekipman kullanılmamasının ihmal edilmesi	Bir kişinin yaralanması	6	6	4	144
<b>10</b>	<b>Aşağıdakilerden kaynaklanan, beklenmeyen start alma, hızlanma (veya benzer arıza)</b>					
10.1	Kumanda sisteminin arızalanması, düzensiz çalışma	Bir kişinin yaralanması	3	7	3	63
10.2	Enerji beslemesinin kesilip tekrar gelmesi	Bir kişinin ciddi yaralanması veya ölüm	3	9	6	160
12	Takımın dönüş hızlarındaki değişimler	<b>Bir kişinin yaralanması</b>	3	6	5	90
14	Kumanda devresindeki arızalar	<b>Bir kişinin ciddi yaralanması</b>	3	7	5	105
15	Bağlama hataları	<b>Bir kişinin yaralanması</b>	3	6	4	72
16	Çalışma esnasındaki parçalanmalar	<b>Bir veya daha fazla kişinin ciddi yaralanması</b>	4	7	5	140
17	Cisimlerin veya akışkanların fırlaması,fıskırması	<b>Bir veya daha fazla kişinin yaralanması</b>	4	5	5	100
19	Kişilerin tökezlemesi kayması, düşmesi (makine ile alakalı)	<b>Bir veya daha fazla kişinin yaralanması</b>	5	8	4	160





## Örnek Çalışma, Tablo-3: Risklerin azaltılması

Potansiyel tehlikeler	Tasarım	Güvenli koruma tedbirleri	Bilgilendirme/egitim	KKD Uyarı, İlave tedavi
<b>Ezilme tehlikesi</b>		<b>Ayarlanabilir koruyucu</b>	<b>El Kitap'ına bilgi, eğitim</b>	<b>KKD, Uyarı, Acil durdurma</b>
Kesilme tehlikesi / Makaslama tehlikesi		Ayarlanabilir koruyucu	El Kitap'ına bilgi	KKD, Uyarı
Kesme veya koparma tehlikesi		Ayarlanabilir koruyucu		
Takılma tehlikesi		El Kitap'ına bilgi		Uyarı
Kapma veya tuzak tehlikesi		El Kitap'ına bilgi, eğitim		Uyarı
Delme veya saplanma tehlikesi		Ayarlanabilir koruyucu	El Kitap'ına bilgi, eğitim	KKD, Uyarı
Yüksek basınçlı sıvı enjeksiyonu veya fişkırtma tehlikesi	Yüksek basınca dayanıklı hortum seçimi	Hareketli koruyucu		KKD
Kişilerin elektrik taşıyan parçalara teması (doğrudan temas)	Tasarım TS EN 60204-1'e göre uygun yapılacak		Bakım talimatı hazırlanacak	KKD
Arıza durumunda elektrik yüklü hale gelen parçalarla kişilerin teması	Tasarım TS EN 60204-1'e göre uygun yapılacak		Bakım talimatı hazırlanacak	KKD
Kişilerin aşırı sıcak veya soğuk malzemeler ile muhtemel teması, parlama veya patlamalar ve ısı kaynaklarından yayılan ışıma neticesinde ortaya çıkan yanık, haşlanma ve diğer yaralanmalar	Talaş toplama sistemi			KKD, Uyarı
İşitme kaybı (sağırılık), diğer psikolojik düzensizlikler (denge kaybı, dalgalılık vb.)			El Kitap'ına gürlüğü seviyesi yazılacak	KKD, Uyarı
Düşük frekans, radyo frekansı radyasyonu, mikro dalga	TS EN 60204-1'e uygun tasarım			
Zararlı sıvı, gaz, duman, buhar ve tozun nefese içe çekilmesi veya bunlarla temastan			El Kitap'ına bilgi (Al ve Mg) işlenmesi kaynaklanan tehlikeler durumunda	KKD, Uyarı
Biyolojik veya mikrobiyolojik (viral ya da bakteriyel) tehlikeler		Hareketli koruyucu		KKD, Uyarı
Sağlıksız vücut duruşu veya aşırı efor	El Kitap'ına vücut anatomisine göre ayar ölçüleri yazılacak			
El-kol veya ayak-bacak anatomisinin yeterince göz önüne alınmaması			El Kitap'ına vücut anatomisine göre ayar ölçüleri yazılacak	
Kumanda sisteminin arızalanması / düzensiz çalışma		TS EN 954-1'e uygun tasarım		El Kitap'ında bilgilendirme Acil durdurma
Enerji beslemesinin kesilip tekrar gelmesi	TS EN 60204-1'e göre tedbir		El Kitap'ında bilgilendirme	Acil durdurma
Takımın dönüş hızlarındaki değişimler	TS EN 954-1'e uygun tasarım			Acil durdurma
Kumanda devresindeki arızalar	TS EN 60204-1'e göre tedbir			Acil durdurma
Bağlama hataları	Hata önleme tasarımı			
Çalışma esnasındaki parçalanmalar			Ayarlanabilir koruyucu	
Cisimlerin veya akışkanların fırlaması, fişkırtması			Ayarlanabilir/hareketli koruyucu	
Kişilerin tökezlemesi kayması, düşmesi (makine ile alakalı)				KKD, Uyarı



### Makinanın Sınırlarının Belirlenmesi

- Makine, zemine çelik dübellere terazisinde ve şakülünde (dik olarak) sağlam bir şekilde tespit edilmelidir.
- Makine, yalnızca bu konuda eğitilmiş, 18 yaşından büyük, alkol veya benzer etkisi olan ilaçlar almamış operatör tarafından kullanılmalıdır ve bakımı yapılmalıdır.
- Parlayıcı ve patlayıcı ortamlarda kullanılmamalıdır.
- Makinanın, risksiz olarak ayar ve bakımı için makine ile birlikte verilmiş takım ve avadanlıklar, bunların olmaması durumunda aynı özellikte olan takım ve avadanlıklar kullanılmalıdır.
- Görme, işitme engelliler ve anatomik yapısı uygun olmayan kişiler makineyi kullanamazlar.

Risk azaltmada öncelik özellikle uygun tasarımın seçimi olmalıdır. Bu yolla mümkün olduğunca bir çok tehlikenin azaltılması sağlanabilir. Tasarım yoluyla yeterli olarak sınırlanamayan veya yeterince giderilemeyen tehlikelerden kişileri korumak amacıyla, güvenlik koruma tedbirleri (koruyucular, güvenlik tertibatları gibi) alınmalıdır. Tasarım ve güvenlik koruma tedbirlerinden sonra bakiye kalan riskler varsa bu durumda bu risklerin giderilmesi için:

- Kullanım, emniyetli çalışma usulleri gibi konularda eğitim verilmeli, çalıştırma talimatları hazırlanmalı, kullanma kılavuzunda da bunlara yer verilmelidir.

- Makine üzerinde tehlikeler hakkında yazılı metinler, işaretler, semboller vb. yer almalıdır.

- Operatör ve diğer risk altındaki kişilerin, kullanması gereken kişisel koruyucu donanım hakkında bilgilendirme yapılmalıdır.

- Gerektiğinde yanıp sönen ışıklar, görünebilir ışıklar veya siren gibi duyulabilir işaretler bulunmalıdır.

Tüm bunlara rağmen yinede tehlikenin ortaya çıkması durumunda tehlikenin etkisini azaltmak için ilâve tedbir olarak acil durumlar bakımından önleyici tedbirler alınmalıdır. Bunlar acil durdurma butonu, acil durdurma halatı, acil durdurma kolu gibi gerektiğinde kullanılması durumunda makineyi derhal durduran tertibatlardır. Makinalarda riskleri, makine üzerine sadece işaret ve uyarı koyarak azaltmaya çalışmak doğru bir yöntem değildir. Öncelik mutlaka tasarım ve güvenlik koruma tedbirleridir.

### Kaynaklar

1. Çınar A., Makinalarda Risk Tetkiki ve Bir Yöntem Önerisi, II. Makine Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi, 26-27 Eylül 2003, Konya.
2. Esin A., İş Sağlığı ve Güvenliği, MMO/ 2004/ 363.
3. Makinalarda CE İşaretlemesi Uygulama Rehberi, MMO/325.
4. MMO Ankara Şube CE İşareti Uygulamaları Komisyonu Risk Değerlendirme Uygulama Eğitimi, 2005.
5. TS EN 1050: Makinalarda Güvenlik Risk Değerlendirme Prensipleri.●