



# Universal ve CNC Kontrollü Torna Tezgahlarında FMEA Yöntemiyle Risk Değerlendirme Uygulaması

Hamdi Emre Bağırın<sup>1\*</sup>, Reşit Erçetin<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-2395-9700), [hamdibagiran@stu.aydin.edu.tr](mailto:hamdibagiran@stu.aydin.edu.tr)

<sup>2</sup> İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0432-6393), [resitercetin@aydin.edu.tr](mailto:resitercetin@aydin.edu.tr)

(İlk Geliş Tarihi 24 Şubat 2022 ve Kabul Tarihi 15 Haziran 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1078405)

**ATIF/REFERENCE:** Bağırın, H.E., Erçetin, R. (2022). Universal ve CNC Kontrollü Torna Tezgahlarında FMEA Yöntemiyle Risk Değerlendirme Uygulaması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (38), 24-31.

## Öz

Gelişen teknoloji ve üretim ihtiyacı makine metal üretim sektörüne olan ihtiyacı giderek arttırmaktadır. Makine metal üretim sektöründe en çok kullanılan tezgahlardan biri olan torna tezgahında, her yıl ciddi yaralanmalı iş kazaları ve kullanıma bağlı olarak meslek hastalıkları meydana gelmektedir. Bunu önleyebilmek için genel anlamda bir iş güvenliği kültürü oluşturmak gereklilik haline gelmiştir. Sektördeki küçük ve büyük işletmelerde mevcut tehlikeleri ve meydana gelebilecek kazaları önlemek adına öncelikle bunların tespit edilmesi ve çözüm önerileri getirebilmek için de risk değerlendirmesinin etkin bir biçimde yapılması gerekmektedir. Risk değerlendirmesi yaparken herhangi bir makinede mevcut olan bir tehlikeden kaynaklanan riskin yok sayılmayacağı, tehlikeli bütün durumların ayrıntılı bir şekilde ortaya çıkarılıp, gerekli çözüm önerilerinin getirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, bir üniversite laboratuvarında kullanılmakta olan universal ve CNC torna tezgahlarının iş sağlığı ve güvenliği açısından mevcut tehlike ve riskleri ortaya konulmuş, Hata Modu ve Etkileri Analizi (FMEA) yöntemi ile risk değerlendirmesi yapılarak risk öncelik sayıları hesaplanmıştır. Universal torna tezgahı için 6 önemli risk ve 4 esaslı risk tespit edilirken, CNC torna tezgahında 1 olası risk, 5 önemli risk ve 1 esaslı risk tespit edilmiştir. Çıkan bu sonuçlara göre, tehlikelerin önlenmesi için düzeltici faaliyetler belirlenmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur. Yapılan bu çalışma ile hem imalat yapan atölyelerde bulunan, hem de laboratuvarlarda eğitim amaçlı kullanılan torna tezgahlarının kullanımında iş sağlığı ve güvenliği açısından olumlu katkılar sağlayacağını düşünmekteyiz.

**Anahtar Kelimeler:** İş sağlığı ve güvenliği, İş kazası, Metal işleme, Risk değerlendirme, FMEA yöntemi.

## Risk Assessment Application with FMEA Method in Universal and CNC Controlled Lathe Machines

### Abstract

Developing technology and production needs are increasing the need for the machinery metal production sector. On the lathe machine, is one of the most widely used machines in metal production sector, work accidents and serious occupational diseases occur every year. In order to prevent this, it has become a necessity to create an occupational safety culture in general. In order to prevent the existing hazards and possible accidents in small and large enterprises in the sector, it is necessary to identify them first and to make an effective risk assessment in order to offer solutions. When making a risk assessment, it becomes clear that the risk arising from a hazard in any machine cannot be ignored, that all dangerous situations should be revealed in detail and necessary solutions should be proposed accordingly. In this study, the existing hazards and risks in terms of occupational health and safety of universal and CNC lathes used in a university laboratory were revealed, risk assessment was carried out with Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) method and risk priority numbers were calculated. While 6 important risks and 4 fundamental risks were determined for the universal lathe, 1 possible risk, 5 important risks and 1 essential risk were determined for the CNC lathe. According to these results, corrective actions were determined to prevent hazards and solution suggestions were presented. We think that this study will make positive contributions to occupational health and safety in the use of lathes, which are both in manufacturing workshops and used for educational purposes in laboratories.

**Keywords:** Occupational health and safety, Work accident, Metal processing, Risk assessment, FMEA method.

\* Sorumlu Yazar: [hamdibagiran@stu.aydin.edu.tr](mailto:hamdibagiran@stu.aydin.edu.tr)

## 1. Giriş

Günümüzde hızla gelişen ve değişen dünya standartlarını yakalamak için, sadece teknolojik olarak buna ayak uydurmak yetmez. Bunu sağlayabilmek adına her alanda olduğu gibi sanayi alanında da ilerlemek ve üretim kalitesini yukarıya taşıyabilmek için iş güvenliğini ön plana çıkarmak gerekmektedir. Çünkü iş güvenliğinin maddi ve manevi kazanım ve kayıpları göz ardı edilemeyecek kadar çoktur. Ülkemizde özellikle sanayi alanında hızla gelişen adımlar atılırken iş güvenliği kavramını bu adımlara ekleyerek ilerlemek bir zorunluluk haline gelmiştir (Ulusoy vd., 2018).

Maalesef ülkemiz, iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirildiğinde Dünyada çok iyi bir noktada bulunmamaktadır. SGK'nın 2017 yılı verileri incelendiğinde, önceki yıllardan farklı olarak bağımsız çalışanların geçirdiği iş kazası ve meslek hastalıkları bilgilerine de yer verilmiştir. Ülkemizde 2017 yılında gerçekleşen 359653 iş kazasında toplam 1633 kişi hayatını kaybetmiştir. Ölümlü iş kazası oranı yüz binde kişide 9,97 olarak kayıtlara geçmiştir. Ayrıca 691 adet meslek hastalığı da kayıtlara geçmiştir. İş kazaları sektör olarak incelendiğinde ise makine imalat sektörü üst sıralarda yer almaktadır. Fabrikasyon metal ürünleri imalat sektöründeki iş kazası sayısı 23627, oranı ise %6,57' tir. Ölümlü iş kazalarının bakıldığında bu sayı 36, oranı ise %2,2' dir (Sosyal Güvenlik Kurumu [SGK], 2017). Sektöre bakıldığında iş kazası oranları son yıllarda azalma eğiliminde gibi görülse de, tüm iş kolları içinde azımsanmayacak bir orana sahip olduğu görülmektedir (Akman Duran, 2019).

Son yıllarda artan iş kazalarının önüne geçilmesinin en temel yolu risk değerlendirilmesidir. Bunun için risk değerlendirmesinin çok dikkatli ve titiz bir şekilde yapılması gerekmektedir. Ayrıca iş kazalarını önleme maliyetinin, iş kazası olduktan sonraki maliyetten çok daha ucuz olduğunu da hatırlatmak gerekir (Koç ve Akbiyik, 2011).

Bu çalışmada, makine ve metal üretim sektöründe çok sık kullanılan universal ve CNC torna tezgahlarının mevcut tehlikeleri ile bu tehlikelerden kaynaklanan risklerin Hata Modu ve Etkileri Analizi (FMEA) yöntemli ile risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiş, universal ve CNC torna tezgahlarının risk değerlendirme sonucuna göre kıyaslanması yapılmıştır. Uygulama için bir üniversitenin makine laboratuvarındaki universal ve CNC torna tezgahları incelenmiştir. Ayrıca bu tezgahlarda koruyucu ve önleyici önlemler alınırken dikkat edilmesi gereken hususlar hakkında önerilerden bahsedilerek, gerçekleştirilebilecek olası iş kazalarının önlenmesi amaçlanmıştır.

### 1.1. Torna Tezgahları ve Barındırdığı Tehlikeler

Torna ve CNC tezgahları metal üretim sanayinde kullanılan en temel tezgahlardandır. Ayrıca çalışma durumları bakımından bu tezgahlar, iş sağlığı ve güvenliği açısından da üzerine düşülmesi gereken iş ekipmanları arasında yer alırlar. Bu nedenle torna ve CNC gibi takım tezgahlarının güvenilirliğini artırmak ve üretim sürecinde olası riskleri azaltmak, endüstrinin geleceği açısından oldukça önemli hale gelmiştir (Lo vd., 2019).

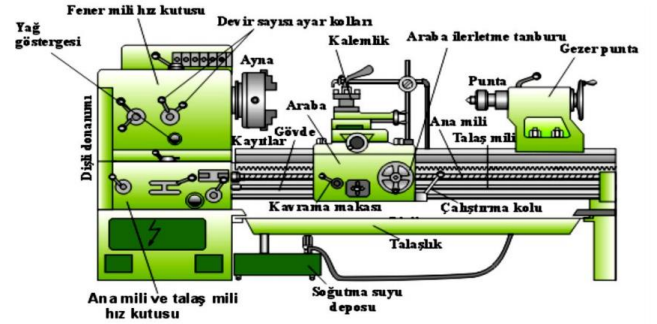
#### 1.1.1. Universal Torna Tezgahı

Torna tezgahı, biri hareketli diğeri sabit olan iki parçanın iş parçasına silindirik şekil vermesini sağlayan takım tezgahlarından

birisidir (Demirel, 2016). Silindirik parçaları işlemeye yarayan torna tezgahında işlenecek parça, tezgahın ayna denilen bölümüne bağlanarak döndürülür. Bu esnada kalem adı verilen takım, işlenen parçaya değdirilip üzerinde yavaşça ilerletilerek talaş kaldırma işlemini gerçekleştirir (Bozdemir vd., 2006).

Torna tezgahlarında silindirik ve konik yüzeylerin işlenmesinin yanı sıra, vida açma, delik delme, yay sarma, kılavuz salma gibi işlemler gerçekleştirilebilir. Ayrıca demir, çelik, plastik ve tahta gibi malzemelere de şekil verme uygulamaları yapılabilmektedir.

Universal tornanın kısımları aşağıdaki şekilde Şekil 1' de gösterilmektedir.



Şekil 1. Torna Tezgahının Kısımları (MEGEP, 2016).  
(Figure 1. Parts of the Lathe)

Universal torna tezgahlarında, gövde, fener mili, ana mili ve talaş mili hız kutularından oluşan sabit kısımlar ile ayna, gezer punta ve araba adı verilen hareketli kısımların meydana getirdiği iki ana kısım bulunmaktadır. Alınacak güvenlik tedbirlerinden önce bu parçaların içerdiği tehlike ve risklerin çok iyi bilinmesi gerekmektedir.

#### 1.1.2. Universal Torna Tezgahlarında Bulunan Tehlikeler

Torna tezgahındaki en önemli tehlikeleri ayna adı verilen dönen parça meydana getirmektedir. Bu parça yüksek hızda döndüğünden el, kol, vb uzuvların kaptırılması riski çok yüksektir. Bu nedenle mutlaka ayna koruyucusu kullanılmalıdır. Bu koruyucunun açılıp kapanabilen özellikte olması, hatta bunu kullanmayı mecbur kılmak için kapanmadan kullanılmayı engelleyen basit bir switch anahtar sisteminin eklenmesi de iş güvenliği açısından oldukça önemlidir.

Mevcut en önemli tehlikelerden birisi de işlem gören parçadan sıçrayabilecek olan talaş parçalarıdır. Bu metal parçaları özellikle göze teması söz konusu olduğunda ciddi yaralanma riski oluşturmaktadır. Bunu önlemek için işlenen parçanın görülmesini engellemeyen hareketli ve şeffaf bir koruyucu siperlik kullanılmalıdır (Uğurlu, 2017).

Ayrıca tezgaha bağlanan ve işlenen parçaların çalışma esnasında yüksek hızlarda dönmeleri de en önemli tehlikelerden biridir. Bu nedenle torna üzerine eklenecek koruyucu ekipmanlar ile işçinin gerekli koruyucu ekipmanları kullanmasına önem verilmelidir.

### 1.1.3. CNC Torna Tezgahı

CNC tezgahlar, bilgisayar tabanlı üretim yapmaya olanak sağlayan ve metal işleme olayının kapalı bir kabin içerisinde gerçekleştiği sistemlerdir. Parça işlemenin kısa sürmesi, üretilen parçaların seri ve özdeş olarak ortaya çıkarılması ve universal torna tezgahında üretilmeyen parçaların üretilmesi gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Yapılacak işleme göre devir sayısı, kesici türü, işlem basamakları gibi birçok bilgi bilgisayar altyapısı sayesinde programda belirlenerek işlemlerin çok daha kısa sürede ve güvenli bir şekilde yapılmasına olanak verir. Günümüzde CNC torna tezgahları karmaşık geometriye sahip parçaların işlenmesinde yaygın olarak tercih edilmektedir (Keleş vd., 2006).



Şekil 2. CNC Torna Tezgahı (MEGEP, 2016)  
(Figure 2. CNC Lathe)

### 1.1.4. CNC Torna Tezgahlarında Bulunan Tehlikeler

Bu tezgahlarda işlem, işlenecek parçanın bağlanması ve bilgisayar ile yapılmak istenen işlem doğrultusunda bilgilerin girilmesi, dolayısıyla çalışan kişinin herhangi bir müdahalesi olmaksızın gerçekleşmesi esasına dayanır. Bu sayede oldukça güvenli bir iş ortamı sağlanmış olur. CNC tezgahlarında tehlike olarak sayılabilecek en büyük durum, işlem sırasında kabin kapağının açılması olarak gösterilebilir. Bunu önlemek için kabin kapağının işlem sırasında açılması esnasında sistemin elektrik enerjisini kesebilecek bir switch sisteminin bulunması gerekmektedir. Başka bir öneri olarak ise işlemin başlatılmasından bitişine kadar kabinin açılmasını engelleyecek bir kilit sistemi kullanılabilir. Fakat CNC tezgahlar bu güvenlik önlemleriyle üretilse de, çalışanların ayar, sıfırlama gibi işlemleri yapabilmek için bu kilit sistemlerini iptal ettikleri görülebilmektedir (Uçum, 2020).

Ayar veya sıfırlama gibi kabin kapağının açılmasını gerektiren durumlarda tezgahın çalışma hızı çok düşük olduğundan tehlike durumu söz konusu olmasa da, bu kilit sistemlerinin devre dışı bırakılması çare değildir. Böyle durumlarda, ayar veya sıfırlama yaparken sistemin çalışmasını engelleyen, parça işleme sırasında ise aktif duruma gelen bir sistem tasarımı çok daha etkili olacaktır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Risk Değerlendirmesi

Son yıllarda makineleşmenin yaygınlaşmasıyla birlikte ülkemizde üretim ve rekabet üst seviyelere çıkmıştır. Bu durum aynı zamanda çalışanların sağlık ve güvenliğine yönelik riskleri e-ISSN: 2148-2683

de oldukça arttırmıştır. Ülke olarak ölümlü iş kazalarında Avrupa ve Dünya sıralamasında çok da iyi bir yerde olduğumuz söylenemez. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), WHO (Dünya Sağlık Örgütü), TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu)'in verilerine göre Türkiye iş kazası sıralamasında Avrupa'da birinci, dünyada ise üçüncü sırada yer almaktadır (Ulusoy vd., 2018). SGK tarafından tutulan iş kazası ve meslek hastalıkları istatistikleri her yıl paylaşılmaktadır. Bu istatistikleri oluşturan kazalar ve hastalıklar kayıt altına alınmış olanlardır. Kuruma bildirilmeyen yani kayıt dışı olanlar da hesaba katıldığında bu sayı çok daha yukarılara çıkmaktadır.

İş güvenliğini çalışma yaşamına katarken, proaktif yaklaşımla yani kazayı önlemek adına gerekli tüm tedbirleri alarak kazanın olma olasılığını en az seviyeye indirmeyi amaçlamak önemlidir. Proaktif yaklaşımın olmazsa olmazı da iyi hazırlanmış bir risk değerlendirmesidir. Son yıllardaki veriler incelendiğinde maddi ve manevi kayıpların azaltılması için risk yönetim ve değerlendirme sürecinin çok iyi şekilde yürütülüp uygulanması gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Horozoğlu, 2017).

30 Haziran 2012 tarihine 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile daha önceden yürürlükte olan 4857 sayılı İş Kanunu'na göre işverenlere daha kapsamlı sorumluluklar getirilmiştir. Bu sorumluluklardan belki de en önemlisi risk değerlendirmesidir. Bu kanun ile risk değerlendirmesi zorunlu hale getirilip, iş kazası ve meslek hastalıklarının azaltılması hedeflenmiştir. İşveren sadece risk değerlendirmesini yapmakla sorumluluğunu yerine getirmiş olmamakla beraber, bunun yanı sıra uygulama ve takip etme süreçlerini de aynı hassasiyetle yapması gerekmektedir. (Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı [ÇSGB], 2012).

İncelemesini yaptığımız makine metal üretim sektörü birçok tehlikeyi içinde barındırmaktadır. Bu tehlikelerden yola çıkarak işçiler ve ortamdaki kişiler maddi ve manevi zararlara, kaza ve yaralanmalara maruz kalabilmektedirler. Bunu engellenmesi adına risk değerlendirmesinin en iyi şekilde uygulanması ve yönetilmesi gerekmektedir.

#### 2.1.1. Risk Değerlendirme Yöntemleri

İş yerlerinde bulunan mevcut tehlikeler faaliyet durumuna bakılarak en uygun risk değerlendirme yöntemiyle analiz edilmelidir. Bu sayede tehlikeli durumlar açıkça ortaya çıkarılarak olumsuz durumları en aza indirmek hedeflenmektedir. İş sağlığı ve güvenliğinde risk değerlendirmesi yaparken, proaktif ve reaktif olmak üzere iki yaklaşımdan söz edilebilir. Proaktif yaklaşımda amaç, kaza olmadan tedbirlerin alınması ve önleyici yöntemlerin uygulanmasıdır. Reaktif yaklaşımda ise, kaza meydana geldikten sonra yapılan düzenlemeler söz konusudur. Tahmin edileceği üzere artık reaktif yaklaşım yerini proaktif yaklaşıma bırakmıştır. Risk değerlendirmesi yaparken, çalışılan ortamda var olan tehlikelerden kaynaklı riskleri belirlemek ve bu risklerin seviyelerinin tespit edilip önleyici faaliyetler sunmak gerekmektedir. Riskleri değerlendirmek için birçok teknik mevcut olup, bunlar sonuçları değerlendirme işlemi olarak kantitatif ve kalitatif olarak iki gruba ayrılır. (Ceylan ve Başhelvacı, 2011)

Tablo 1. Risk değerlendirme yöntemleri (Ceylan ve Başhelvacı, 2011) (Table 1. Risk assessment methods)

Sıra No	Risk Değerlendirme Yöntemi
1	Ön Tehlike Analizi
2	Birincil Risk Analizi
3	Risk Haritası
4	İş Güvenliği Analizi
5	Göreceli Sıralama-Dow ve Mond İndisleri Analizi
6	Süreç/Sistem Kontrol Listeleri
7	İşlemleri İnceleme Tekniği
8	Risk Analizi
9	Olsa Ne Olur? Analizi
10	Tehlike ve İşletebilirlik Analizi
11	Hata Türleri, Etkileri ve Kritiklik Analizi
12	Hata Ağacı Analizi
13	Olay Ağacı Analizi
14	İnsan Hatası Analizi
15	Neden – Sonuç Analizi
16	İnsan Güvenilirlik Değerlendirmesi
17	İnsan Hata Oranı Tahmini Tekniği
18	Hiyerarşik Görev Analizi
19	Yönetim Bakışı ve Risk Ağacı Analizi
20	Güvenlik Bariyer Diyagramları
21	Fine-Kinney Modeli
22	Zürih Tehlike Analizi
23	Makine Risk Değerlendirmesi
24	Tehlike Erken Uyarı Modeli
25	Ortalamalardan Sapma Tekniği
26	Risk Değerlendirme Tablosu a) L Tipi Matris b) X Tipi Matris

Tablo 1’ de görülen risk değerlendirmelerinin kendilerine özgü kantitatif yöntemleri mevcuttur. Bu çalışmamızda, kantitatif risk değerlendirme yöntemlerinden olan FMEA (Hata modu ve etkileri analizi) yöntemi kullanılmıştır.

### 2.1.2. Hata Modu ve Etkileri Analizi (FMEA)

FMEA yöntemi, hataları tespit etmenin yanı sıra önleyici faaliyetleri de dikkate almaktadır. Yalnızca hatayı belirlemek yeterli olmamakta, hatanın çözümü için tedbirler üretmek gerekmektedir. FMEA’ da hata olmadan önce yani proaktif bir yaklaşımla işlemin en kaliteli şekilde çalışmasını sağlar. FMEA diğer risk değerlendirmelerinden farklı kılan unsur “Fark edilebilirlik” kavramıdır. Bu sayede sistemde oluşabilecek riskler önceden saptanabilir ve bunun sonucunda da iyileştirme faaliyetleri net bir şekilde ortaya konulabilir (Erginel, 2004).

Hata Modu ve Etkileri Analizi (FMEA) yönteminde anahtar kavram hata türüdür. Hata türü literatürde temel olarak iki şekilde tanımlanmaktadır. “Hata oluşturan ya da doğru çalışmayan şey” ve “bir nesne (parça/madde/ürün/ekipman) ya da sürecin kendisinden beklenen fonksiyon ya da zorunlulukları yerinde getirememeye ya da karşılayamama şeklindedir” (Birgören ve Yalçınkaya, 2019).

Sistemin bütününde potansiyel hataların tanımlanmasının yerine potansiyel riskler tanımlandığında sistemin bütünlüğü içerisinde riskler de değerlendirilmiş olur. Bu yöntem sistemdeki hatalar hakkında bilgi vermekte ve zarar verecek olası durumların

azaltılması sağlanmaktadır. Kısacası potansiyel riskler; olasılık, şiddet ve saptanabilirliğinin bileşkesinden oluşmaktadır (Pillay ve Wang, 2003).

FMEA yönteminin üç temel unsuru şu şekildedir;

- Şiddet (S): Hatanın gerçekleşmesi durumunda sonuçların derecesini gösteren değerdir. (1-10 arası)

Tablo 2. FMEA risk değerlendirmesi şiddetin etkileri ve dereceleri tablosu (Pillay ve Wang, 2003). (Table 2. Table of effects and degrees of severity of FMEA risk assessment)

Etkisi	Şiddetin Etkileri (S)	Derecesi
Uyarısız Tehlikeler	Felakete sebep olan hata	10
Uyarısız Tehlikeler	Toplu ölümlere yol açabilecek ve yüksek zararlara sebep verecek hatalar	9
Çok Yüksek	Toplu ölümlere yol açabilecek ve yüksek zararlara sebep verecek hatalar	8
Yüksektir	Çalışılan ekipmanın tamamen kullanılamaz hale gelen, ölümlere, zehirlenmelere vb. sebep olan hatalar	7
Orta	Sistemin çalışmasını düşüren, uzuv kaybı, ağır yaranma vb. neden olan hatalar	6
Düşüktür	Kırıklar, 2.derecede oluşan yanıklar beyin sarsıntıları vb. sebep olan hatalar	5
Çok düşüktür	İncinmeler, sıyrıklar, küçük ve hafif kesikler vb. gibi hafif şekilde yaralanmalara neden olan hatalar	4
Küçüktür	Sistemde ağırlaştırmaya neden olan hatalar	3
Çok Küçüktür	Sistemde karmaşaya yol açan hata	2
Yoktur	Herhangi bir Etkisi Oluşmaz	1

- Olasılık (P): Hatanın zaman içerisinde gerçekleşme sıklığını gösteren değerdir. (1-10 arası)

Tablo 3. FMEA risk değerlendirmesi olasılık ihtimalleri tablosu (Pillay ve Wang, 2003). (Table 3. FMEA risk assessment probabilities table)

OLASILIK (P)			
Hata Olasılıkları	Hatanın İhtimalleri		Derecesi
Çok Yüksek: Kaçınılmaz bir hata	½’ den fazla	%50,0	10
	1/3	%33,3	9
Yüksek: Hataların tekrarlanması	1/8	%12,5	8
	1/20	%5,0	7
Orta: Ara sıra olan hata	1/80	%1,25	6
	1/20	%5,0	5
	1/2000	%0,05	4
Düşük: Az olan hata	1/15000	%0,006	3
	1/150000	%0,0006	2
Çok az: Hata olasılığı yok	1/1500000		1



- Fark edilebilirlik (D): Hatanın istenmeyen sonuçlara neden olmadan tespit edilebilme derecesini gösteren değerdir. (1-10 arası)

Tablo 4. FMEA risk değerlendirmesi fark edilebilirlik tablosu (Pillay ve Wang, 2003). (Table 4. FMEA risk assessment detectability chart)

FARK EDİLEBİLİRLİLİK (D)		
Fark Edilebilirlikler	Fark edilebilirlik ihtimali	Derecesi
Fark Edilmez	Hatanın nedeni ve keşif edilmesi mümkün değil	10
Çok az edilir	Hatanın nedeni ve keşif edilmesi çok uzaktır.	9
Az edilir	Hatanın nedeni ve keşif edilmesi uzaktır.	8
Çok Düşük Edilir	Hatanın nedeni ve keşif edilmesi düşüktür.	7
Düşük edilir	Hatanın nedeni ve keşif edilmesi çok düşüktür.	6
Orta edilir	Hatanın nedeni ve keşif edilmesi ortadır.	5
Yüksek ortalama edilir	Hatanın nedeni ve keşif edilmesi yüksek ortadır.	4
Yüksek Edilir	Hatanın nedeni ve keşif edilmesi yüksektir.	3
Çok Yüksek Edilir	Hatanın nedeni ve keşif edilmesi çok yüksektir.	2
Kesin Edilir	Hatanın nedeni ve keşif edilmesi kesindir.	1

Tablo 2, 3 ve 4'te yer alan şiddet, olasılık ve fark edilebilirlik bileşenlerinin belirlenen sayısal değerlerinin çarpımı sonucunda Risk Öncelik Sayısı (RÖS) bulunmaktadır. Bu değer, sorunların tespit edilmesi ve önleyici tedbirlerin hayata geçirilmesini sağlamaktadır (Durhan, 2006; Toptancı ve Erginel, 2017).

FMEA'da Risk Öncelik Sayısı (RÖS) hesaplaması yaparken kullanılan formül, (1)

$$RÖS = S \times P \times D \text{ şeklindedir.} \quad (1)$$

Aşağıda RÖS değerlerini gösteren tablo görülmektedir.

Tablo 5. FMEA risk değerlendirmesi RÖS değerleri tablosu (Pillay ve Wang, 2003). (Table 5. FMEA risk assessment ROS values table)

RÖS Değerleri	Önlemler
RÖS<20	İlgili kişilere durumdan haber et
20<RÖS<40	Kontrolleri ve eğitimleri sıklaştır
40<RÖS<100	Kontrol sistemini kontrol et eğitim ver
100<RÖS<250	Önlemleri al ve planla
250<RÖS	İşi Mutlaka durdur ve çalışmalarını izin verm

RÖS değerinin 100'den büyük olduğu hatalar birçok işletme tarafından düzeltici önlem alınması gereken ve risk taşıyan hatalar olarak kabul görmektedir (Özakın, 2021). FMEA yöntemi

ülkemizde sıklıkla kullanılan bir risk değerlendirme yöntemi olup, hata analizinin yapılabilmesi bakımından diğer yöntemlere göre daha avantajlı sonuçlar ortaya çıkarılmasını sağlamaktadır (Durmuş vd., 2021).

## 2.2. Uygulama: Universal Torna ve CNC Torna Tezgahlarında Risk Değerlendirmesi

Bu bölümde bir üniversitenin makine laboratuvarında kullanılan universal ve CNC torna tezgahlarında, Tablo 6' da verilen mevcut bazı tehlikeler belirlenerek FMEA yöntemiyle risk değerlendirmesi yapılmış ve çıkan sonuçlar gösterilmiştir.

Tablo 6. Torna tezgahlarında oluşabilecek tehlikeler (Table 6. Hazards that may occur in lathes)

Sıra No	Torna Tezgahlarında Oluşabilecek Tehlikeler
1	Döner aksamlara, el, kol vb. herhangi bir uzvun kaptırılma tehlikesi
2	Enerji izolasyonlarının iyi olmadığı durumlarda, elektrik akımına kapılmak
3	Ayna parçasında unutulmuş ayar anahtarının fırlama tehlikesi
4	Parçanın düzgün sabitlenmemesi neticesinde fırlama tehlikesi
5	İş kıyafetinde söküklere yırtıklar olması, saat, kolye vb. dolayı uzvun kaptırılması
6	Döner aksamlara müdahale edilmesi durumunda sarma tehlikesi
7	Makine çalışırken gürültüye maruz kalma tehlikesi ve buna bağlı olarak işitme kaybı ve iletişim bozukluğu
8	Parça işlenirken meydana gelen spiral talaşlara elle müdahale etme. Talaş çekeceğini kullanmama tehlikesi
9	Gerektiğinde talaş sperliği kullanmama tehlikesi
10	Soğutma için kullanılan bor yağları nedeniyle ellerde tahriş ve zemine sızması sonucu kaygan zemin tehlikesi

Şekil 2' deki universal torna tezgahı incelendiğinde, çalışan için birçok tehlikenin olduğu görülmektedir. Bu tehlikeler göz önünde bulundurularak meydana getireceği riskler tablo 6' da sıralanmış ve mevcut duruma göre risk değerlendirmesi yapılmıştır.



Şekil 2. Universal torna tezgahı (Figure 2. Universal lathe)

Tablo 7. Universal Tornanın FMEA ile Risk Değerlendirmesi (Table 7. Risk Assessment of Universal Lathe with FMEA)

RİSK DEĞERLENDİRME RAPORU				FMEA METODU								
BÖLÜM: Makine Laboratuvarı				Kısımlar: Üretim Alanı								
NO	Ana faaliyet	Hata kaynağı	Hatanın kazaya dönüşmesinde olası durum	Etkilenen kişiler	RİSK DERECELENDİRMESİ				Karar	Düzeitici faaliyet	Sorumlular	Süre
					Olasılık (P)	Şiddet (S)	Fark Edilebilirlik (D)	Risk Değeri				
1	Torna tezgahında çalışma	Göze metal talaşı kaçması	Yaralanma, gözün zarar görmesi	Tüm işçiler	7	6	5	210	Esaslı risk Planla	Çalışanın iş gözlüğü kullanması	Laboratuvar Sorumlusu	Yıl içinde
2	Torna tezgahında çalışma	İş önlüğünün tezgaha kapıtılması	Parmakların ve kolların ciddi yaralanması	Tüm işçiler	3	5	5	75	Önemli risk Eğitim ver	Önlüklerin lastikli olması	Laboratuvar Sorumlusu	Yıl içinde
3	Torna tezgahında çalışma	Ayna ayar anahtarının fırlaması	Çalışanın ve çevrede bulunanların ciddi yaralanması	Tüm işçiler	5	5	5	125	Esaslı risk Önlem al	Ayna koruyucu ekipmanın olması	Laboratuvar Sorumlusu	Yıl içinde
4	Torna tezgahında çalışma	Parçanın fırlaması	Çalışanın ve çevrede bulunanların ciddi yaralanması	Tüm işçiler	5	6	4	120	Esaslı risk Önlem al	Tezgah önünde koruyucu olması	Laboratuvar Sorumlusu	Yıl içinde
5	Torna tezgahında çalışma	Koruyucusuz çalışma	Yaralanma, uzuv kaybı	Tüm işçiler	7	6	4	168	Esaslı risk Planla	Makine koruyucusu kullanılması	Laboratuvar Sorumlusu	Yıl içinde
6	Torna tezgahında çalışma	Gürültü	İşitme kaybı	Tüm işçiler	5	4	3	60	Önemli risk Kontrol et	Gürültü ölçümünün yapılması	Laboratuvar Sorumlusu	Yıl içinde
7	Torna tezgahında çalışma	Elektrik çarpması	Kalp ritminin bozulması	Tüm işçiler	2	5	5	50	Önemli risk Kontrol et	Topraklama kontrolü ve ölçümünün yapılması	Laboratuvar Sorumlusu	Yıl içinde
8	Torna tezgahında çalışma	Spiral talaşlara elle müdahale	El ve parmakların yaralanması	Tüm işçiler	4	4	3	48	Önemli risk Eğitim ver	Uygun iş eldiveni giyilmesi	Laboratuvar Sorumlusu	Yıl içinde
9	Torna tezgahında çalışma	Soğutma maddesi nedeniyle ellerde tahriş	Ciltte deformasyon	Tüm işçiler	5	4	3	60	Önemli risk Eğitim ver	Uygun iş eldiveni giyilmesi	Laboratuvar Sorumlusu	Yıl içinde
10	Torna tezgahında çalışma	Soğutma maddesinin zemine sızması sonucu kayma/düşme	Kayma/düşme ve buna bağlı olarak yaralanma	Tüm işçiler	6	4	3	72	Önemli risk Kontrol et	İşleme başlamadan önce zeminin kontrolü	Laboratuvar Sorumlusu	Yıl içinde

Tablo 8. Universal Tornanın FMEA ile Risk Değerlendirme Durum Özeti (Table 8. Risk Assessment Status Summary of Universal Torna with FMEA)

RÖS <20 Öne msiz risk	20<RÖS <40 Olası Risk	40<RÖS <100 Önemli Risk	100<RÖS <250 Esaslı Risk	250<RÖS Kabul Edilm ez	Risk ortala ması
0 adet	0 adet	6 adet	4 adet	0 adet	98,80 Önemli Risk

Tablo 7'ye bakıldığında, universal tornada var olan tehlikeler neticesinde bir çok riskin bulunduğu, gerekli tedbirler alınmadığı takdirde iş kazalarının kaçınılmaz olduğunu rahatlıkla söyleyebiliriz. Hata kaynaklarından yola çıkarak yaptığımız risk değerlendirmesinde 6 önemli risk ve 4 esaslı risk saptanmış olup, bunların giderilmesi veya en aza indirgenmesi açısından alınacak önlemler tablo 7'de belirtilmiştir.



Şekil 3. CNC Torna Tezgahı (Figure 3. CNC Lathe)

Tablo 9. CNC Tornanın FMEA ile Risk Değerlendirmesi (Table 9. Risk Assessment of CNC Lathe with FMEA)

RİSK DEĞERLENDİRME RAPORU				FMEA METODU								
BÖLÜM: Makine Laboratuvarı				Kısımlar: Üretim Alanı								
NO	Ana faaliyet	Hata kaynağı	Hatanın kazaya dönüşmesinde olası durum	Etkilenen kişiler	RİSK DERECELENDİRMESİ				Karar	Düze itici faaliyet	Sorumlular	Süre
					Olasılık (P)	Şiddet (S)	Fark Edilebilirlik (D)	Risk Değeri				
1	CNC Torna tezgahında çalışma	Switch arızası durumu	Yaralanma, gözün zarar görmesi	Tüm işçiler	7	6	5	210	Esaslı risk planla	Kapasitif sensör uygulanması ile switch kapanmadığı durumlarda sistemin çalışmasına izin vermemeye	Laboratuvar sorumlusu	Yıl içinde
2	CNC Torna tezgahında çalışma	Operasyon sırasında yeterli soğutmanın olmaması durumunda malzeme alınırken el yanması	Ellerde yanık oluşması	Tüm işçiler	4	4	3	48	Önemli risk Eğitim ver	Soğutma sıvısını kontrol eden motorun çalışmasının kontrolü ve uygun iş eldiveni giyilmesi	Laboratuvar sorumlusu	Yıl içinde
3	CNC Torna tezgahında çalışma	Makine koruyucu kapağının açık olması durumunda soğutma sıvılarının sıçraması ve cilde teması	Ciltte deformasyon	Tüm işçiler	4	6	1	24	Önemli risk Eğitim ver	İş gözlüğü kullanılması	Laboratuvar sorumlusu	Yıl içinde
4	CNC Torna tezgahında çalışma	Gürültü	İşitme kaybı	Tüm işçiler	5	4	3	60	Önemli risk Kontrol et	Gürültü ölçümünün yapılması	Laboratuvar sorumlusu	Yıl içinde
5	CNC Torna tezgahında çalışma	Elektrik çarpması	Kalp ritminin bozulması	Tüm işçiler	2	5	5	50	Önemli risk Kontrol et	Topraklama kontrolü ve ölçümünün yapılması	Laboratuvar sorumlusu	Yıl içinde
6	CNC Torna tezgahında çalışma	Spiral talaşlara elle müdahale	El ve parmakların yaralanması	Tüm işçiler	4	4	3	48	Önemli risk Eğitim ver	Uygun iş eldiveni giyilmesi	Laboratuvar sorumlusu	Yıl içinde
7	CNC Torna tezgahında çalışma	Soğutma maddesi nedeniyle ellerde tahriş	Ciltte deformasyon	Tüm işçiler	5	4	3	60	Önemli risk Eğitim ver	Uygun iş eldiveni giyilmesi	Laboratuvar sorumlusu	Yıl içinde

Tablo 6' da verilen tehlikelerden bazıları CNC torna tezgahında bulunmadığından, bu tehlikelerden 7 tanesi risk değerlendirme kapsamına alınmıştır.

Tablo 10. CNC Tornanın FMEA ile Risk Değerlendirme Durum Özeti (Table 10. Risk Assessment Status Summary of CNC Lathe with FMEA)

RÖS <20 Öne msiz risk	20<RÖS <40 Olası Risk	40<RÖS <100 Önemli Risk	100<RÖS <250 Esaslı Risk	250<RÖS Kabul Edilm ez	Risk ortala ması
0 adet	1 adet	5 adet	1 adet	0 adet	<b>71,42 Önemli Risk</b>

CNC torna tezgahında mevcut olan hata kaynakları ve bunlar için alınması gereken tedbirler tablo 9' da sıralanmıştır. Ayrıca tablo 10' a bakıldığında 1 olası risk, 5 önemli risk ve 1 esaslı risk görünmekte olup, universal torna tezgahına kıyasla bu risklerin

hem risk puanlarının hem de meydana gelebilecek iş kazalarının etkilerinin çok daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Yapılan risk değerlendirilmesi ile tablo 7 ve 9' da önemli ve esaslı risklere karşı alınacak önlemler belirtilerek, düzeltici faaliyetler tek tek sıralanmıştır. Universal torna tezgahında mevcut olan hata kaynaklarının risk öncelik sayılarına bakıldığında RÖS değeri 100' ün altında 6 önemli risk bulunurken bu sayı CNC torna tezgahında 5 olarak ortaya çıkmıştır. Bu önemli riskler için FMEA yönteminin öngördüğü şekilde kontrollerin sağlanıp gerekli eğitimlerin verilmesi sağlanmalıdır. Universal torna tezgahında RÖS değeri 100' ün üzerinde 4 adet esaslı risk bulunmaktadır. Bu sayı CNC torna tezgahında sadece 1 ile sınırlı kalmıştır. Bu esaslı risklerin önlenmesi için planlama yapılarak önlemlerin en kısa sürede alınması hedeflenmelidir. Tüm bu riskler ele alındığında, universal torna tezgahındaki hata kaynaklarına bağlı olarak mevcut tehlikelerin ve barındırdığı risklerin, CNC tezgaha oranla çok daha fazla ve iş kazasına açık olduğu görülmektedir. CNC tezgahlarda işin kapalı ortamda ve bilgisayar destekli olarak gerçekleştirilmesi hem çalışan işçinin

hem de aynı ortamda bulunan diğer işçilerin güvenliği açısından büyük bir avantaj olduğu söylenebilir. CNC tezgahlarda bulunan az sayıdaki tehlikelerin ise, gerekli tedbirler alındıktan sonra rahatlıkla giderilebileceği yaptığımız bu çalışmadan da görülmektedir. Bununla birlikte, işçilerin torna tezgahı başında geçirdiği zamanla orantılı olarak güvenliklerinin yanı sıra yorgunluk, stres, gürültü gibi etkenler neticesinde yaptıkları işlerde sağlıklarını tehlikeye atabilecek dalgınlık ve dikkat dağınıklığının da önenebilmesi için, CNC tabanlı sistemler universal sistemlere göre oldukça güvenlidir. Mevcut tüm tehlikelerin giderilmesiyle çok daha güvenli bir üretim süreci oluşturulup, çalışanların can güvenliği büyük ölçüde sağlanmış olacaktır.

İş güvenliğinin yanı sıra yapılacak iş için harcanan iş gücü ve zamanın CNC sistemlerle daha aşağılara çekilebildiği de bir diğer önemli noktadır. Bu sayede üretim adetleri ve harcanan iş gücü optimal düzeyde kullanılmış olacak ve üretim hedeflerine daha kısa sürede ve en önemlisi de daha güvenli bir şekilde ulaşılabilecektir.

## Kaynakça

- Akman Duran, P. (2019). Fabrikasyon metal ürünleri imalatında iş kazalarının projeksiyonu ve risklere ilişkin alınacak önlemler, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2019.
- Birgören, B., & Yalçınkaya, M. (2019). İş Sağlığı Ve Güvenliği Risk Değerlendirmesinde Hata Türleri Ve Etkileri Analizinin (FMEA) Kullanımı. International Journal Of Engineering Research And Development, 11(1), 41-50.
- Bozdemir, M., Mendi, F., & Can, H. (2016). Takım Tezgahlarının Sistem Bileşenlerinin Seçimi İçin Uzman Sistem Destekli Bir Kavramsal Tasarım İşlem Modeli. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6(1), 51-66.
- Ceylan, H. (2011). Türkiye'deki iş kazalarının genel görünümü ve gelişmiş ülkelerle kıyaslanması. International Journal of Engineering Research and Development, 3(2), 18-24.
- Ceylan, H., & Başhelvacı, V. S. (2011). Risk değerlendirme tablosu yöntemi ile risk analizi: Bir uygulama. International Journal of Engineering Research and Development, 3(2), 25-33.
- ÇSGB (Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı). (2012). 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu.
- Demirel, H. (2016). Demir Yolu Makas Üretiminde Risk Değerlendirmesi. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi. Ankara.
- Durhan, D. (2006). Hata Türü Etkileri Analizi (FMEA) ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Durmuş, H., Yurtsever, Ö., & Yalçın, B. (2021). Bir Çay Fabrikasında Fine-Kinney Ve FMEA Yöntemleri İle Risk Değerlendirmesi. International Journal Of Advances in Engineering and Pure Sciences, 33(2), 287-298.
- Erginel, M. N. (2004). Tasarım hata türü ve etkileri analizinin etkinliği için bir model ve uygulaması. Endüstri Mühendisliği, 15(3), 17-26.
- Horozoğlu, K. (2017). İş kazalarının iş sağlığı ve güvenliği açısından analizi. Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 8(2), 265-281.
- Keleş, Ö., Usta, Y., Yeşilbaş, Y. Y., & Ercan, Y. (2006). Klasik Bir Torna Tezgahı İçin Bilgisayar Kontrollü Profil Tornalama Sistemi Geliştirilmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 21(3).
- Koç, M. & Akbıyık, N. (2011). Türkiye'de İş Kazalarının Maliyetleri Ve Çözüm Önerileri. Akademik Yaklaşımlar Dergisi, 2(2), 129-175.
- Lo, H. W., Liou, J. J., Huang, C. N., & Chuang, Y. C. (2019). A novel failure mode and effect analysis model for machine tool risk analysis. Reliability Engineering & System Safety, 183, 173-183.
- MEGEP (2016). Torna, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- Özakin, B. (2021). Sac Malzeme Üretiminde Hata Türleri ve Etkileri Analizi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (28), 1204-1209.
- Pillay, A., Wang, J., Modified Failure Mode and Effects Analysis Using Approximate Reasoning, Reliability Engineering and System Safety, Cilt 79, pp.69-85, 2003.
- SGK (Sosyal Güvenlik Kurumu) 2017 yılı kaza istatistikleri ([http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk\\_istatistik\\_yilliklari](http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari))
- Toptancı, Ş., & Erginel, N. (2017). Hata Türü ve Etkileri Analizi Ve Kalite Fonksiyon Yayılımı İle Bir İnşaat Firması İçin Risk Değerlendirmesi. Mühendislik Bilimleri Ve Tasarım Dergisi, 5, 189-199.
- Uçum, M. (2020). CNC ve freze tezgahlarında Fine-Kinney ve FMEA Yöntemleriyle Risk Analiz Uygulamaları ve Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Esenyurt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2020.
- Uğurlu, Y. (2017). Takım Tezgahları İle İmalatta İş Güvenliği Kurallarının Ve Uygulamalarının Türkiye Genelinde İncelenmesi ve İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çankaya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ulusoy, H., Atılğan, A., & Peker, H. (2018). Mobilya Endüstrisinde Kullanılan Makinelerde Çalışma Güvenliği. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 11(1), 70-81.