

**T.C.  
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI  
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**SENSÖR VE BENZERİ ALGILAYICI SİSTEMLERİN  
İŞ KAZALARININ ÖNLENMESİ VE İŞ  
GÜVENLİĞİNİN SAĞLANMASI AMACI İLE  
KULLANILMASI**

**Tuna ORUL**

**(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi/Araştırma)**

**ANKARA-2014**

**T.C.  
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI  
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**SENSÖR VE BENZERİ ALGILAYICI SİSTEMLERİN  
İŞ KAZALARININ ÖNLENMESİ VE İŞ  
GÜVENLİĞİNİN SAĞLANMASI AMACI İLE  
KULLANILMASI**

**Tuna ORUL**

**(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi/Araştırma)**

Tez Danışmanı  
**Burak YASUN**

**ANKARA-2014**

T.C.

**Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı**

İş sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

**O N A Y**

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Yardımcısı Tuna ORUL, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı Burak YASUN danışmanlığında tez başlığı “Sensör ve Benzeri Algılayıcı Sistemlerin İş Kazalarının Önlenmesi ve İş Güvenliğinin Sağlanması Amacı ile Kullanılması” olarak teslim edilen bu tezin tez savunma sınavı ....../...../2014 tarihinde yapılarak aşağıdaki jüri üyeleri tarafından “İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi” olarak kabul edilmiştir.

İmza

Unvanı Adı Soyadı  
JÜRİ BAŞKANI

İmza

Unvanı Adı Soyadı  
ÜYE

İmza

Unvanı Adı Soyadı  
ÜYE

İmza

Unvanı Adı Soyadı  
ÜYE

İmza

Unvanı Adı Soyadı  
ÜYE

Yukarıdaki imzaların adı geçen kişilere ait olduğunu onaylarım.

Kasım ÖZER  
İSGGM Genel Müdürü

## **TEŞEKKÜR**

Tez çalışmalarım ve iş sağlığı ve güvenliği alanındaki çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren başta Genel Müdürüm Sayın Kasım ÖZER olmak üzere İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür Yardımcıları Sayın İsmail GERİM, Sayın H. Nurdan Rana GÜVEN ve Sayın Ahmet ÇETİN'e; Sayın İSGÜM Müdürü Halil POLAT'a ve sayın tez danışmanım Burak YASUN'a; manevi desteklerinden dolayı tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

# ÖZET

ORUL, Tuna

## Sensör ve Benzeri Algılayıcı Sistemlerin İş Kazalarının Önlenmesi ve İş Güvenliğinin Sağlanması Amacı ile Kullanılması

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü

İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi/Araştırması

Ankara, 2014

“Sensör ve Benzeri Algılayıcı Sistemlerin İş Kazalarının Önlenmesi ve İş Güvenliğinin Sağlanması Amacı ile Kullanılması” konulu tez çalışması kapsamında, makinelerde ve otomasyon sistemlerde karşılaşılan hareketli makine parçalarının neden olduğu iş kazaları ve bu iş kazalarına neden olan riskler araştırılmıştır. Araştırma kapsamında, çalışanları bu risklere karşı korumak amacıyla kullanılan sensör ve benzeri algılayıcıları içeren elektronik koruyucu ekipmanlar incelenmiştir.

Elektronik koruyucu ekipmanların kurulumu, kullanımı, teknik özellikleri için getirilen gereksinimler ile ilgili olarak ulusal ve uluslararası standartlar araştırılmıştır. Literatür taramasının ardından bu standartların gereksinimleri çerçevesinde gerçekleştirilen uygulamalar araştırılarak iyi uygulama örnekleri sunulmuştur.

Sensör ve benzeri algılayıcı sistemleri içeren elektronik koruyucu ekipmanların, makinelerin tehlikeli hareketlerinden kaynaklanan risklere ve risk seviyelerinin azaltılması ve ortadan kaldırılmasına etkisini gözlemlemek için makinelerde üç aşamalı risk değerlendirmesi çalışması gerçekleştirilmiştir. Risk değerlendirmesinin birinci aşamasında, makinelerde bulunan elektronik koruyucu donanımlar devre dışı bırakılarak risk seviyeleri tespit edilmiş ve elde edilen sonuçlar, ikinci aşamada elektronik koruyucu donanımların devreye alınarak gerçekleştirilen risk değerlendirmesi sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Risk değerlendirmesinin üçüncü aşamasında ise mevcut elektronik koruyucu donanımlardan kalan artık riskler değerlendirilmiş, sensör ve benzeri algılayıcıları içeren elektronik koruyucu ekipmanların ilgili standartların gereksinimlerine uygun olarak kullanılmasının makinelerdeki risklere etkisi ortaya konulmuştur.

Bu çalışma sonucunda, elektronik koruyucu donanımların makinelerdeki ve otomasyon sistemde kullanılan robotların bulunduğu alanlardaki tehlikelerden kaynaklanan olumsuz etkilerin büyük ölçüde engellendiği görülmüştür. Elektronik koruyucu ekipmanların standartların gereksinimlerine uygun olarak kullanıldığında koruyucu özelliklerini daha iyi sağladıkları görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** İş güvenliği, makine güvenliği, elektronik algılayıcılı koruyucu ekipman, sensör, lazer perde, lazer tarayıcı

# **ABSTRACT**

**ORUL, Tuna**

**Use of Sensor-Based Systems to Protect Occupational Accidents and  
Provide Occupational Safety**

**Ministry of Labour and Social Security, Centre Directorate of Occupational Health and Safety**

**Expertise Thesis/Research**

**Ankara, 2014**

In the scope of this thesis entitled “Use of Sensor-Based Systems for the purpose of Preventing Occupational Accidents and Maintaining Occupational Safety”, occupational accidents resulted from moving machine parts which are seen in labors working with machines and automation systems in the industrial working areas and risks that cause these accidents are studied. Electrosensitive protective equipment composed of sensors and sensor-based systems for the purpose of protecting the employees against these risks are examined.

National and international standards in relation to the stipulated requirements regarding establishment, using and technical specification of electrosensitive protective equipment are studied. Good application examples in terms of the requirements stipulated by these standards after the literature research are studied and presented.

The 3-step risk assessment was carried out for machines, to observe the effects of electrosensitive protective equipment against risk level of risks that are caused from moving machine parts. At the first step, electrosensitive protective equipment were deactivated and then risks and risk levels were determined. At the second step, these protective equipment are activated and then, risks and risk levels were determined and compared to the previous results. At the third step of the assessment, residual risks are determined.

As a results of this study, it is seen that the most of the negative effects of hazards in machines and working areas around robot arm, are minimized by using electrosensitive protective equipment. Also it is seen that when electrosensitive protective equipment used in accordance with the requirements of the standard, it provides better protection.

**Keywords:** Occupational safety, machine safety, electro-sensitive protective equipment, sensor, laser curtain, laser scanner

## İÇİNDEKİLER

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| KABUL VE ONAY SAYFASI.....                                |     |
| TEŞEKKÜR.....                                             |     |
| ÖZET.....                                                 | ii  |
| ABSTRACT.....                                             | iii |
| İÇİNDEKİLER.....                                          | iv  |
| SİMGE VE KISALTMALAR.....                                 | vi  |
| GİRİŞ VE AMAÇ.....                                        | 1   |
| GENEL BİLGİLER.....                                       | 10  |
| MAKİNELERDE İŞ KAZASI İSTATİSTİKLERİ.....                 | 10  |
| MEVZUAT.....                                              | 13  |
| MEKANİK TEHLİKELER, TEHLİKELİ HAREKETLER VE ETKİLERİ..... | 17  |
| SENSÖR TABANLI ELEKTRONİK KORUYUCU EKİPMANLAR.....        | 24  |
| İYİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ.....                               | 34  |
| GEREÇ VE YÖNTEM.....                                      | 36  |
| ÇALIŞMANIN YAPILDIĞI İŞYERLERİNİN TANITIMI.....           | 36  |
| ÇALIŞMANIN TİPİ VE EVRENİ.....                            | 38  |
| ÇALIŞMANIN ÖN DENEMESİ.....                               | 39  |
| ARAŞTIRMANIN İNSAN GÜCÜ.....                              | 39  |
| KULLANILAN METOT VE STANDARTLAR.....                      | 39  |
| MAKİNALARDA RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE RİSK AZALTIMI.....    | 40  |

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ELEKTRONİK KORUYUCU EKİPMANLARIN KURULUMU İÇİN TEMEL<br>GEREKSİNİMLER.....            | 48  |
| BULGULAR.....                                                                         | 52  |
| TARTIŞMA .....                                                                        | 67  |
| SONUÇLAR .....                                                                        | 71  |
| KAYNAKLAR.....                                                                        | 73  |
| RESİMLEMELER LİSTESİ.....                                                             | 75  |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                                                         | 84  |
| EKLER.....                                                                            | 87  |
| EK 1. TS EN ISO 12100 STANDARDINA GÖRE RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE<br>RİSK AZALTIMI ..... | 87  |
| EK 2. MAKİNELERDE RİSK DEĞERLENDİRMESİ SAHA KAYIT FORMU.....                          | 100 |
| EK 3. HESAP PROGRAMI.....                                                             | 103 |
| EK 4. RİSK DEĞERLENDİRMESİ SONUÇLARI .....                                            | 105 |

## SİMGE VE KISALTMALAR

### SİMGELER

| Sembol | Tanım                            | Birim |
|--------|----------------------------------|-------|
| $T$    | Sistemin durma performansı       | sn.   |
| $S$    | Minimum mesafe                   | mm    |
| $C$    | İhlal mesafesi                   | mm    |
| $t_1$  | Koruyucu ekipmanın reaksiyon anı | sn    |
| $t_2$  | Makinenin durma anı              | sn    |
| $K$    | Yaklaşım hızı parametresi        | mm/sn |
| $d$    | Sensör algılama kapasitesi       | mm    |

### KISALTMALAR

|             |                                          |
|-------------|------------------------------------------|
| <b>ANSI</b> | Amerikan Ulusal Standart Enstitüsü       |
| <b>AOPD</b> | Aktif Opto-Elektronik Koruyucu Cihazlar  |
| <b>EC</b>   | Avrupa Komisyonu                         |
| <b>EN</b>   | Avrupa Standardı                         |
| <b>ESPE</b> | Elektronik Algılayıcılı Koruyucu Ekipman |
| <b>FOPS</b> | Düşen Nesnelere Karşı Koruma Yapıları    |

|                    |                                             |
|--------------------|---------------------------------------------|
| <b>IEC</b>         | Uluslararası Elektroteknik Komisyonu        |
| <b>İSG</b>         | İş Sağlığı ve Güvenliği                     |
| <b>İSGÜM</b>       | İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü |
| <b>ISO</b>         | Uluslararası Standart Organizasyonu         |
| <b>O</b>           | Kaza Olasılığı                              |
| <b>OSHA</b>        | Amerikan Mesleki Sağlık ve Güvenlik İdaresi |
| <b>RS</b>          | Risk Seviyesi                               |
| <b>SGK</b>         | Sosyal Güvenlik Kurumu                      |
| <b>Ş</b>           | Kaza Şiddeti                                |
| <b>ROPS - TOPS</b> | Devrilmeye Karşı Koruyucu Yapılar           |
| <b>TS</b>          | Türk Standardı                              |
| <b>VBPD</b>        | Görsel Tabanlı Koruyucu Cihazlar            |

## GİRİŞ VE AMAÇ

18-19. yy.'da ortaya çıkan Sanayi Devrimi, diğer adıyla Endüstri Devrimi bir anlamda buhar gücüyle çalışan makinelerin, makineleşmiş endüstriyi ortaya çıkarmasına dayanmaktadır. Sonraki dönemlerde de elektrik gücünün kullanılmaya başlanması ile endüstri ve makineleşme büyük bir ivme kazanmıştır. O dönemde, artan üretim, makineleşme ve büyüyen endüstri çok büyük işgücü ihtiyacı doğurmuştur. Çocuk çalışanlar çoğalmış ve çalışanlar büyük üretim alanlarında iş saati kavramı olmaksızın çalıştırılmaya başlanmıştır. Bunun yanı sıra makineleşmiş endüstri ve yeni makineler çalışanlar için bilinmeyen tehlikeleri de beraberinde getirmiştir.

Üretkenlik, kazanç ve verimin ön planda olduğu bu dönemde, çalışanların güvenliği önemsenmemiştir. Çalışanların güvenliği zaman geçtikçe önem kazanmaya ve bu sayede makineleşmenin getirdiği tehlikelerden çalışanları korumak için yöntemler geliştirilmeye başlanmıştır. Bu amaçla sabit muhafazalar kullanılmaya başlanmıştır. Sabit muhafazaların verimi ve üretkenliği etkilemesi, mühendisleri yeni yollar aramaya itmiştir. Özellikle elektroniğin yaygınlaşması ile birlikte çalışanların makinelerin tehlikeli hareketlerinden korunması için yeni çözümler aranmaya başlanmıştır. Tarihsel olarak kullanılan ilk elektronik koruyucu ekipman olan çift elle kontrol sistemi, 1952 yılında bir pres makinesinde kullanılmış ve bu sistemin patenti bu tarihte alınmıştır.

Verimliliğin ve üretimin halen önemini koruduğu günümüzde bu faktörleri etkilemeden çalışanları tehlikelerden koruma çalışmaları devam etmektedir. Bu amaçla, cep telefonlarından buzdolaplarına, otomobillerden savunma sanayine kadar birçok alanda kullanılan sensör teknolojisi, iş güvenliği alanında da kullanılmaya başlanmış ve sabit muhafazaların, kapakların

yerini tezimde detaylarını anlatacağım elektronik algılayıcı koruyucu ekipmanlar almaya başlamıştır.

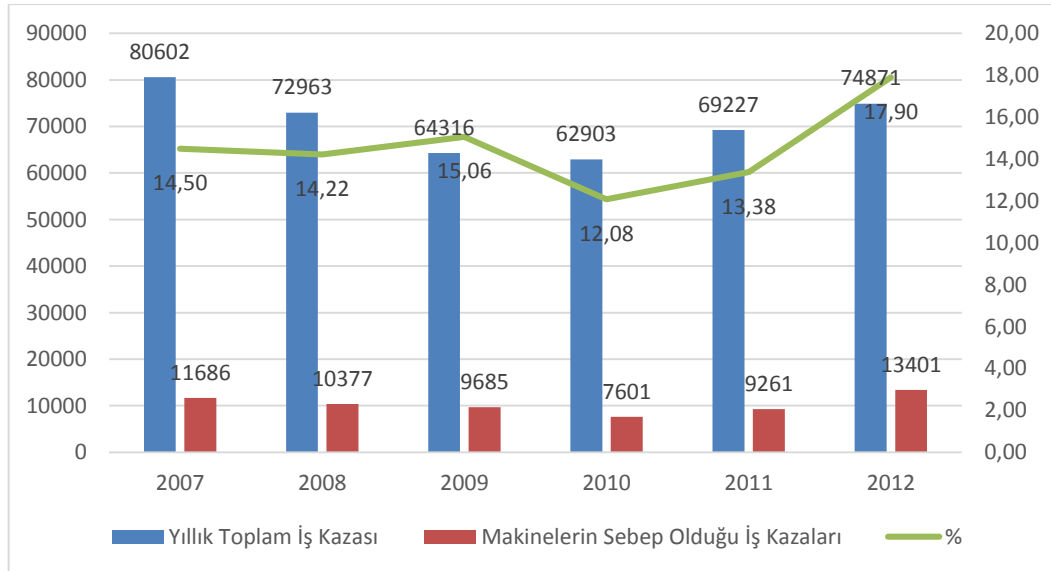
Ülkemizde iş kazalarının büyük çoğunluğunun meydana geldiği sektörler, inşaat, maden ve metal sektörüdür. Sosyal Güvenlik Kurumunun 2012 yılı istatistik verilerine bakıldığında bu üç sektörde meydana gelen iş kazaları, toplam iş kazalarının % 42,5'ini oluşturmaktadır [1]. Aynı yılın istatistiki verilerine bakıldığında, imalat sektörlerinde meydana gelen iş kazalarının oranı % 53,2 olarak karşımıza çıkmaktadır [1]. Bu durumda ülkemizde meydana gelen iş kazalarının yarısından fazlasının makineleşmenin yaygın olduğu imalat faaliyetleri sırasında meydana geldiği görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, ülkemizde meydana gelen iş kazalarının yarısından fazlasının meydana geldiği imalat sektöründe, iş kazalarının en büyük sebeplerinden olan makineleşme ve otomasyon sisteminin tehlikelerinden korunmak amacıyla kullanılan sensör ve benzeri algılayıcıları içeren elektronik koruyucu ekipmanların iş güvenliğinin sağlanmasındaki önemini ve makinelerden kaynaklanan kazaların önlenmesindeki etkisini ortaya koymaktır.

## GENEL BİLGİLER

### MAKİNELERDE İŞ KAZASI İSTATİSTİKLERİ

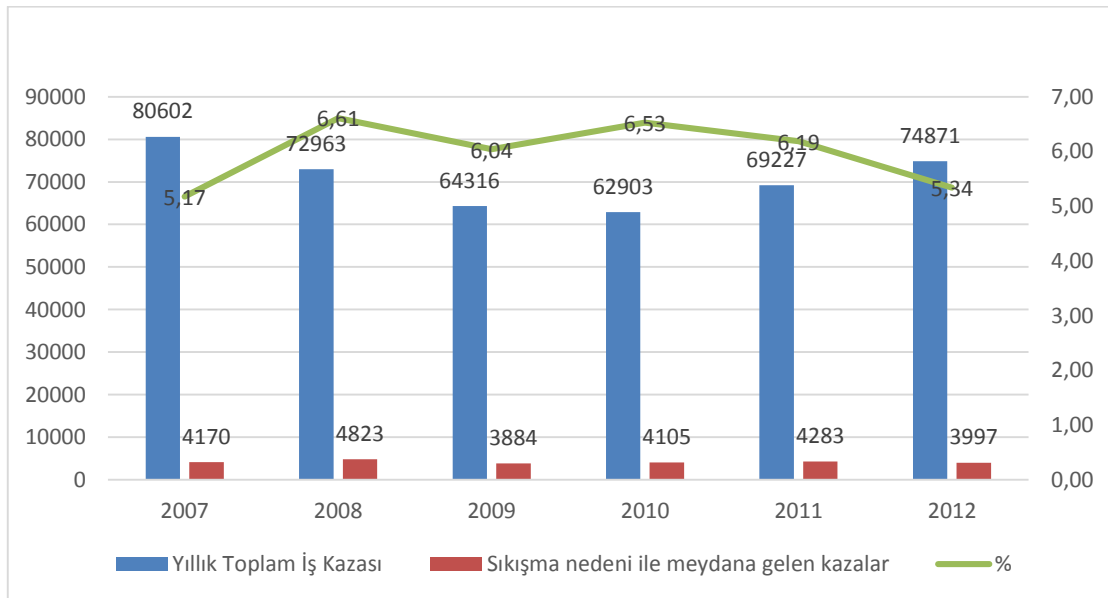
Şekil 1’de gösterilen, Sosyal Güvenlik Kurumu’nun yayınlamış olduğu “İş Kazası ve Meslek Hastalıkları İstatistikleri’nden” faydalanılarak oluşturulan veriler incelendiğinde, makinelerin sebep olduğu iş kazası sayısının, her yıl meydana gelen toplam iş kazası sayısının yaklaşık %15’i olduğu görülmektedir. 2012 yılında bu oran %18’lere kadar yükselmektedir. Yüzde eğrisine bakıldığında doğrudan makinelerin sebep olduğu iş kazası sayılarının oranının 2010’dan günümüze arttığı görülmektedir.



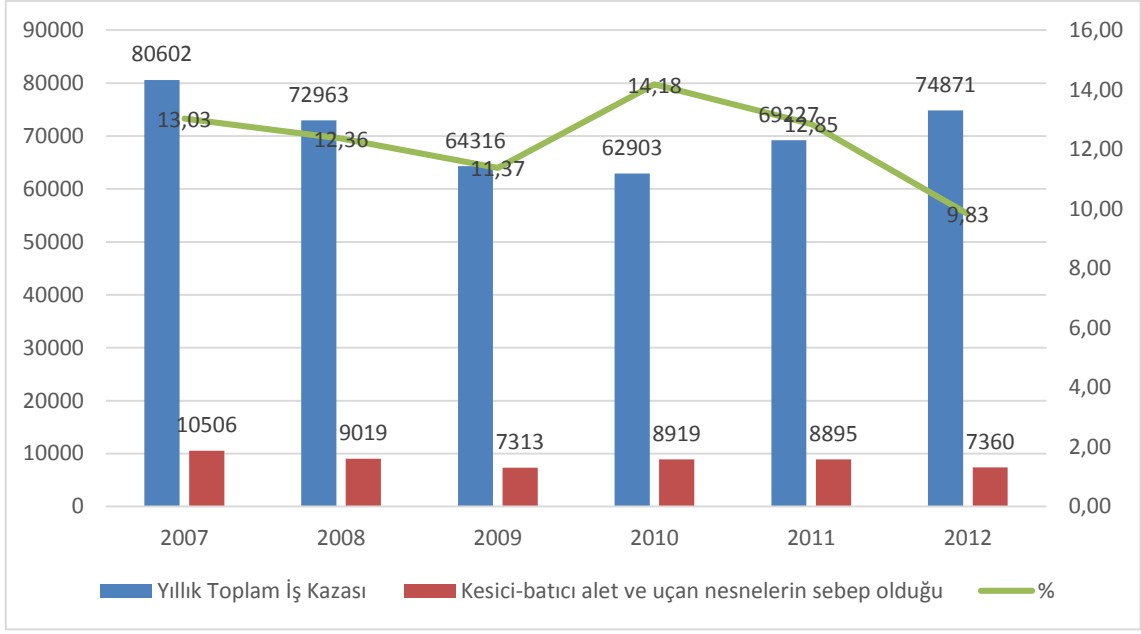
Şekil 1. Makinelerin Sebep Olduğu İş Kazası Sayıları [1]

Makinelerin sebep olduğu kazaların yanı sıra SGK'nın istatistik verileri incelendiğinde farklı nedenlerle oluşan kazaların da aslında makineler ile bağlantılı olduğu görülmektedir. Örneğin, sabit bir mekan ile hareket eden cisimler arasına sıkışma, düşen cisimlerin dışında hareket eden cisimlerin çarpması (uçan kırık ve parçacıklar), cismin sıkıştırması gibi nedenlerle meydana gelen iş kazalarının makineler ile bağlantılı kazalar olma olasılığı vardır. Şekil 2 ve Şekil 3'te makineler ile bağlantılı olması muhtemel diğer farklı nedenlerle meydana gelen iş kazaları ile ilgili veriler gösterilmektedir.

Otomatik hareket eden robot kolları, malzeme ve ürünleri otomatik olarak taşıyan taşıtlar ve benzeri makinelerin kullanıldığı otomasyon sistemlerde, sıkışma nedeni ile meydana gelen iş kazaları yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır. Şekil 2'de "hareket eden cisimlerin arasına sıkışma", "sabit bir mekan ile hareket eden cismin arasına sıkışma", "cismin sıkıştırması" nedenleri ile meydana gelen iş kazaları ile ilgili veriler gösterilmektedir. Şekil 2 incelendiğinde 2008 yılında yukarıda bahsedilen iki sebeple meydana gelen iş kazaları her yıl meydana gelen toplam iş kazası sayısının yaklaşık %7'sini oluşturduğu ancak bu oranın günümüze doğru azalma eğiliminde olduğu ve 2012 yılında %5'lere gerilediği görülmektedir. Özellikle sensör teknolojisinin endüstriyel ve güvenlik uygulamalarında yaygınlaşması bu sebeple meydana gelen kazaların önlenmesinde önemli bir etken olacaktır.



**Şekil 2. Sıkışma nedeni ile meydana gelen iş kazaları (Hareketli-hareketli ve hareketli-sabit mekan arasına sıkışma) [1]**

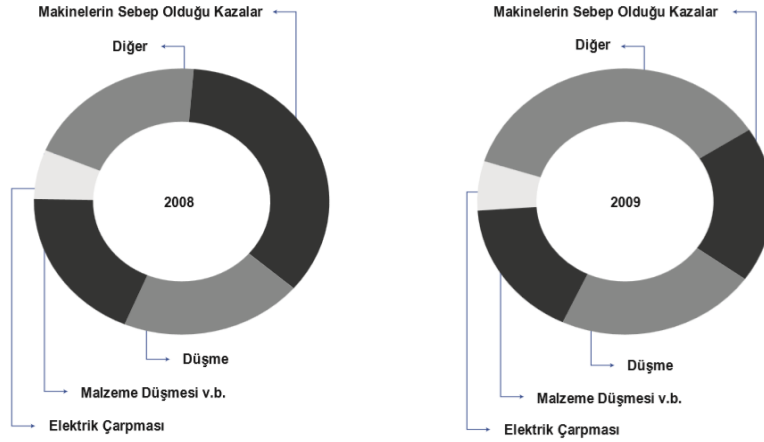


**Şekil 3. Kesici-batıcı bir aletin ve uçan nesnelerin sebep olduğu iş kazaları [1]**

Uçan parçaların sebep olduğu iş kazaları özellikle makinelerde çok sık rastlanan bir durumdur. Kırılan bıçak veya dişli parçası, işlenen maddeden kopan parçalar ve çapaklar ciddi iş kazalarına sebep olabilmektedir. Yine makinelerin kesici ve batıcı aksamaları iş kazasına sebep olan diğer unsurlardandır. Şekil 3'te bu sebeplerle meydana gelen iş kazaları ile ilgili veriler gösterilmektedir.

Şekil 1-3'de gösterilen veriler incelendiğinde makineler ve makineler ile bağlantılı sebeplerle meydana gelen iş kazalarının sayısı her yıl meydana gelen iş kazalarının sayısının yaklaşık %30-35'ini oluşturmaktadır.

2008 ve 2009 yıllarında Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Teftiş Kurulu Başkanlığı iş müfettişlerince yapılan teftişlerin neticesinde makinelerin sebep olduğu kaza oranları Şekil 4'de gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde teftiş edilen kazaların 2008 yılında %35'ini, 2009 yılında %19'unu makinelerin sebep olduğu iş kazalarının oluşturduğu görülmektedir.



**Şekil 4. İş Teftiş Kurulu Başkanlığı Tarafından İncelenen Makinelerin Sebep Olduğu İş Kazası ve Toplam İncelenen İş Kazası Sayıları [2]**

## MEVZUAT

### Ülkemiz Mevzuatı

Avrupa Birliği uyum sürecinde Avrupa Parlamentosu ve Avrupa Birliği Konseyi Direktiflerinin ülkemiz mevzuatına uyumlaştırıldığını görmekteyiz. Bu süreçte İSG alanında 89/391/EC Avrupa Birliği Çerçeve Direktifi dahil bir çok direktifin ülkemiz mevzuatına uyumlaştırılmış ve yürürlüğe konulmuştur.

30 Haziran 2012 tarihli Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve bu kanun kapsamında yürürlüğe giren yönetmelikler ülkemizin İSG alanındaki mevzuatını oluşturmaktadır.

Tez konusu olan sensör ve benzeri elektronik koruyucu ekipmanlar, kullanım alanları bakımından direkt olarak makine emniyeti ile ilgili olduğundan ülkemiz mevzuatında bu konu ile ilgili “Makine Emniyeti Yönetmeliği” ve İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği” bulunmaktadır.

#### 1. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu:

Kanun, işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği sağlanması ve mevcut sağlık ve güvenlik şartlarının iyileştirilmesi için işveren ve çalışanların görev, yetki, sorumluluk, hak ve yükümlülüklerini düzenlemektedir [3].

2. İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği (2009/104/AT):

İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği 11/2/2004 tarihli 25370 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik 30/12/1989 tarihli ve 89/655/EEC sayılı, 5/12/1995 tarihli ve 95/63/EC sayılı, 27/6/2001 tarihli ve 2001/45/EC sayılı Avrupa Birliği Direktifleri esas alınarak 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun 30 ve 31 inci maddelerine dayanarak hazırlanmıştır.

Yönetmeliğin amacı işyerinde iş ekipmanlarının kullanımı ile ilgili sağlık ve güvenlik yönünden uyulması gerekli asgari şartları belirtmektedir [4].

Yönetmeliğin ikinci bölümünde işverenin iş ekipmanları ile ilgili kurallar, iş ekipmanının kontrolü, özel risk taşıyan iş ekipmanları, iş sağlığı ve ergonomi, çalışanların bilgilendirilmesi ve çalışanların eğitimi ile ilgili yükümlülükleri yer almaktadır.

Yönetmeliğin 5. maddesine göre işveren işyerinde kullanılacak iş ekipmanının yapılacak işe uygun olması ve bu ekipmanın çalışanların sağlık ve güvenliğine zarar vermemesi için gerekli tüm tedbirleri almakla yükümlüdür [4].

Yönetmeliğin 6. maddesinde ise iş ekipmanlarının kullanımında uyulması gereken asgari kurallar yönetmelik ekinde alınarak ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

İş ekipmanlarının hareketli parçalarından kaynaklanan kazaların önlenmesine yönelik EK-1 Madde 2.8 önemlidir. İşyerlerinde iş ekipmanlarının hareketli parçalarının neden olduğu kazaların önlenmesi için işverence alınması gereken tedbirlerin başında çalışanların hareketli parçalarla mekanik temas riskinin önlenmesi gelmektedir [5].

Madde 2.8’de bahsi geçen koruyucular ve korunma donanımları hem mekanik koruyucuları hem de elektronik koruyucu ekipmanlar ve sistemlerini kapsamaktadır.

Yönetmeliğin iş ekipmanlarının kullanımı ile ilgili hususların belirtildiği ikinci ekinde göre, iş ekipmanları, bunları kullananlara ve diğer çalışanlara en az risk oluşturacak şekilde yerleştirilir, kurulur ve kullanılır. Bu amaçla, iş ekipmanının hareketli kısımları ile çevresinde bulunan sabit veya hareketli kısımlar arasında yeterli mesafe bulundurulur [4].

Aynı ekte belirtilen başka bir hususa göre ise kendinden hareketli iş ekipmanının çalışma alanında, görevli olmayan çalışanların bulunmasını önleyecek gerekli düzenleme yapılır. Ancak işin gereği olarak bu alanda çalışan bulunması zorunlu ise, bu çalışanların iş ekipmanı nedeniyle zarar görmesini önleyecek uygun tedbirler alınır [4].

### 3. Makine Emniyeti Yönetmeliği (2006/42/AT):

Makine Emniyeti Yönetmeliği 3/3/2009 tarihli Resmi Gazetede yayımlanarak 29/12/2009 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik 2006/42/EC sayılı Avrupa Birliği direktifin paralel olarak hazırlanmıştır.

Yönetmeliğin amacı, makinelerin, usulüne uygun şekilde kurulduğunda, bakımı yapıldığında ve kendinden beklenen amaçlar doğrultusunda kullanıldığında, insan sağlığına ve güvenliğine ve durumuna göre evcil hayvanlara ve mallara zarar vermiyorsa piyasaya arz edilmelerini ve hizmete sunulmalarını teminen, tasarım ve imalat aşamasında uyulması gereken temel emniyet şartları ile takip edilmesi gereken uygunluk değerlendirme prosedürlerini ve uygunluk değerlendirmesi yapacak onaylanmış kuruluşların görevlendirilmesinde dikkate alınacak asgari kriterleri belirlemektir [6]. Bu kriterlerin en önemlisi Piyasaya Arz, Piyasa Gözetim ve Denetimi başlıklı 5. Maddesinde düzenlenmiştir.

Yönetmelik koruyucu ekipmanları (cihazları) emniyet aksamaları adı altında emniyet aksamalarını; “Bir güvenlik işlevini yapan, bağımsız bir şekilde piyasaya arz edilen, arızalanması ve/veya hatalı çalışması durumunda kişilerin güvenliğini tehlikeye sokan, makinelerin işlevini yerine getirmek için gerekli olmayan veya makinenin işlevini yerine getiren normal aksamın yedeği olarak kullanılabilecek aksamını ifade eder.” şeklinde tanımlamıştır ve emniyet aksamaları ile ilgili liste yönetmelikte EK-V’de verilmiştir [6]. Emniyet aksamaları gösterge listesine göre:

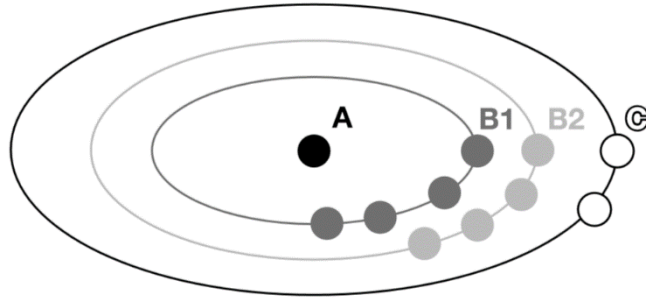
1. Kişilerin varlığını algılamak amacıyla tasarlanmış koruyucu tertibatlar,
2. Güvenlik işlevlerini sağlamak amaçlı mantık üniteleri,
3. Makinenin çalışması sırasında, kişileri makinenin hareketli parçalarından korumak amacıyla tasarlanmış mahfazalar ve koruyucu tertibatlar,
4. Çift el kumanda tertibatları da bu yönetmeliğin gerekliliklerini yerine getirmelidir [6].

Yönetmeliğin maddelerinden anlaşıldığı üzere makinelerin piyasaya arz edilmeden önce temel sağlık ve güvenlik kriterlerini taşıyor olması gerekmektedir. Bunun yanı sıra uygunluk

değerlendirme işlemlerinin uygulanmış olması gerekmektedir. Öte yandan Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından yönetmelik hükümlerinin uygulanmasına yönelik piyasa gözetimi ve denetimi yapılması suretiyle de yönetmelik hükümlerinin herhangi birinin yerine getirilmemesi veya yanlış uygulanması durumunda üretilecek makineye ait CE işareti konulamayacağı gibi, üretilmiş makinenin piyasadan toplanması ve gerektiğinde diğer idari yaptırımlar da söz konusu olmaktadır.

### Ulusal ve Uluslar Arası Standartlar

Çalışanların makinelerden ve makinelerden kaynaklı tehlikeli hareketlerden korunması, makinelerin güvenliğinin sağlanması ile ilgili olarak ISO tarafından yayımlanan uluslararası standartlar mevcuttur. Bu standartlar kapsamları açısından tip A, tip B ve tip C olarak üç sınıfta incelenirler ve Şekil 5’te gösterilen yapıya sahiptirler.



**Şekil 5. Makine güvenliği ile ilgili Avrupa Standartlarının yapısı [7]**

Tip-A Standartlar (temel güvenlik standartları): Makinelere uygulanabilecek genel hususlar ve tasarım için temel konsept ve prensipleri veren standartlardır.

Tip-B Standartlar (Belirli bir türe ait güvenlik standartları): Belli bir güvenlik hususunu veya birçok makineye uygulanabilen belirli bir tip koruyucuyu ele alan standartlardır.

- Tip-B1 Standartlar: Belirli bir güvenlik hususu ile ilgili standartlardır. (Örneğin, güvenlik mesafeleri, yüzey sıcaklığı, gürültü, vb.)
- Tip-B2 Standartlar: Koruyucular ile ilgili standartlardır. (Örneğin, iki el kontrollü cihazlar, basınç algılayıcı koruyucu ekipmanlar, elektronik algılayıcı koruyucu cihazlar, vb.)

Tip-C Standartlar (Makine güvenliği standartları): Belirli bir makine veya makine grubu için detaylı güvenlik gereksinimlerini ele alan standartlardır.

Tip-B standartlarda bahsedilen gereksinimler Tip-C standartlar tarafından değiştirilebilir ya da bu gereksinimlere ek gereksinimler getirilebilir. Tip-C standartlarının gereksinimleri Tip-B standartlarından önce gelmektedir. ISO tarafından yayınlanan standartlar TSE tarafından Türk Standardı olarak orijinal metinde veya Türkçe olarak yayınlanmaktadır.

## **MEKANİK TEHLİKELER, TEHLİKELİ HAREKETLER VE ETKİLERİ**

Makinelerin sebep olduğu mekanik tehlikeler 3 temel bölgede meydana gelmektedir.

1. Kesme, biçimlendirme veya delme gibi işlemlerin malzemeye uygulandığı *operasyon bölgesinde*.
2. Makinanın işleyen kısımlarına gerekli enerjiyi ileten mekanik sistemlerin tümünü içeren *güç aktarım aksamlarında*. (Bunlar çarklar, kasnaklar, piston kolları, kavramalar, miller, zincirler, krank milleri, dişliler olabilir.)
3. Makine çalışırken hareket eden *yardımcı aksamalarda*. (Bunlar gidip gelme hareketi yapan, dönen besleme mekanizmaları, enine veya karşılıklı hareket eden aksamlar ve makinenin yardımcı parçaları olabilir.)

Bu konu ile ilgili olarak, hareketli makine parçalarının sebep oldukları veya sebep olabilecekleri iş kazaları ile ilgili daha detaylı bilgiler aşağıda sunulmuştur.

### **Tehlikeli Mekanik Hareketler ve Etkileri**

Çalışanları bu tehlikeli hareketlerden ve etkilerinden koruyabilmek için öncelikle bu hareket ve etkileri iyi tanımak, neden olabilecekleri riskleri ve tehlikeleri anlamak, olası kazaları bilmek gerekmektedir.

#### **Tehlikeli mekanik hareketler**

##### **1. Dönme hareketleri**

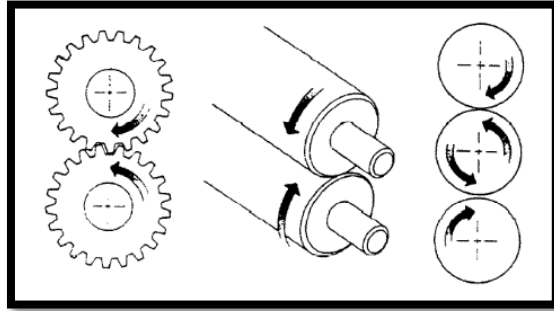
Dönme hareketi yapan parçalara temas edilmesi oldukça ciddi yaralanmalara neden olabilmektedir. Pek çok çalışan yavaş bir şekilde dönen parçalara temas etmekte sakınca görmemekte ancak bu durum bir uzvun makineye kaptırılması ile ciddi yaralanma ile sonuçlanmaktadır.

Dönme hareketi yapan parçaların yakınında çalışanların özellikle uzun saç ve sarkan elbiselere dikkat etmeleri gerekmektedir. Makinenin yakaladığı kıyafeti kurtarmak amacı ile el ile yapılan müdahaleler kazanın boyutunu büyütmede ve ciddi yaralanmalara sebep olmaktadır.

Dönen aksamlar üzerinde unutulmuş aparatlar, gevşek civatalar, somunlar ve çapaklar makinenin çalışmaya başlaması ile birlikte makine tarafından fırlatılma riski doğurmaktadır ve bu durum çalışanlar için tehlike oluşturmaktadır. Halkalar, kavramalar, kamlar, çarklar, mil uçları, mafsallar, dişliler ve yatay veya dikey şaftlar tehlikeye neden olabilecek yaygın dönen mekanizmalardan birkaç tanesini oluşturmaktadır.

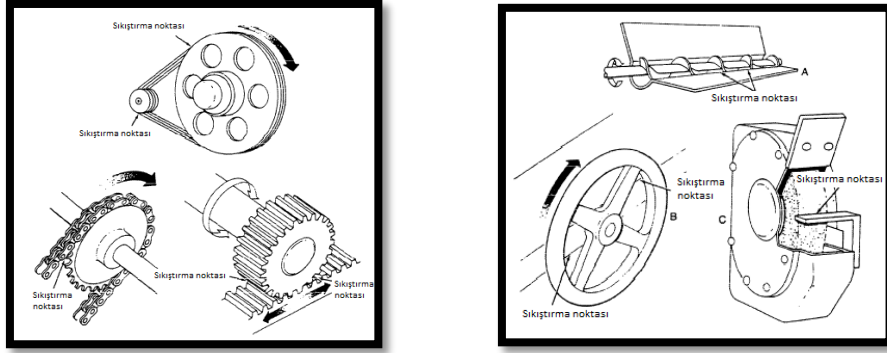
Makinenin döner aksamalarında içe doğru sıkışma riski meydana gelmektedir (Şekil 6). Detayları aşağıda sunulmuş olan içe doğru sıkışma tehlikesi üç şekilde oluşmaktadır.

Eksenleri birbirine paralel olan parçalar birbirlerine ters yönlerde dönebilirler ve bu parçalar birbirlerine çok yakın konumda bulunabilir ya da temas ediyor (sıkıştırma noktası oluşur) olabilirler. İlk durumda ise hammadde ile silindirler arasında sıkıştırma noktası oluşur. Bu tehlike birbirine geçmeli dişliler, silindir ve miller içeren makineler için yaygın bir tehliktir.



**Şekil 6. Döner parçalar için sıkıştırma noktalarına örnekler [8]**

Sıkıştırma noktaları ayrıca dönen ve teğetsel hareket eden parçalar arasında da oluşabilir. Zincir ve dişli çark arasındaki temas noktası ve benzeri kısımlar örnek olarak gösterilebilir (Şekil 7). Sıkıştırma noktaları dönen ve kırpm, ezme veya aşındırma eylemlerini gerçekleştiren sabit parçalar arasında oluşabilirler. Örnek olarak; volanlar, helezon konveyörler, taşlama çarkının dış çevresi verilebilir (Şekil 7).



**Şekil 7. Dönen parçalar ve uzunlamasına hareket eden parçalar arasındaki sıkıştırma noktaları (sol) ile dönen ve sabit parçalar arasındaki sıkıştırma noktaları (sağ) [8]**

## **2. İleri-geri Hareketler**

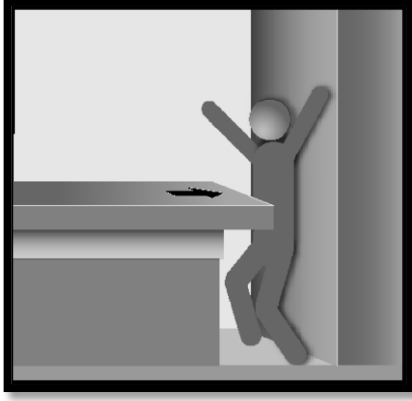
İleri-geri hareketler, çalışanların hareketli parçaların arasına veya hareketli parçalar ile sabit bir cismin arasına sıkışması olasılığı nedeni ile tehlike oluşturmaktadır. Sıkışma genel olarak üç farklı şekilde olabilmektedir.

- Sıkışma bir makinenin hareketli bir parçası ile sabit bir yapı arasında olabilir. Bir tezgah ile duvar arasındaki sıkışma buna örnek gösterilebilir (Şekil 8).
- Sıkışma bir makinenin sabit bir parçası ile hareketli bir parçası arasında olabilir. Bir presin sabit alt yatağı ile hareketli takımı arasındaki sıkışma örnek olarak gösterilebilir (Şekil 8).
- Sıkışma bir makinenin hareketli iki parçası arasında olabilir. Bir makaslı kaldırma platformunun kaldırma kolları arasındaki sıkışma örnek olarak verilebilir [9].

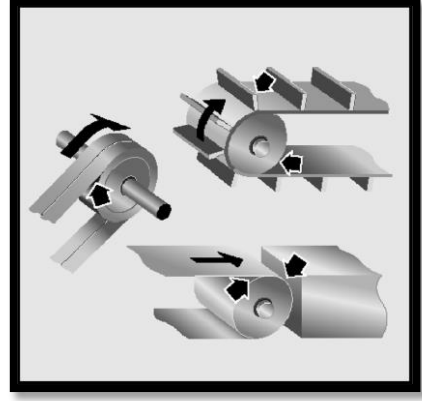
SGK istatistik verileri incelendiğinde Türkiye’de bu tip kazaların her yıl meydana gelen toplam kaza sayısının %5’ini oluşturduğu görülmektedir.

## **3. Enine Hareketler**

Enine (çaprazlama) hareketler, çalışanların sıkışmasına, sıkıştırma veya kesme noktasına uzuvlarını kaptırmasına neden olacağından tehlike oluşturmaktadır. Enine hareketlerin bir örneği Şekil 9’da gösterilmiştir.



Şekil 8. İleri-geri hareket (sol) [11]

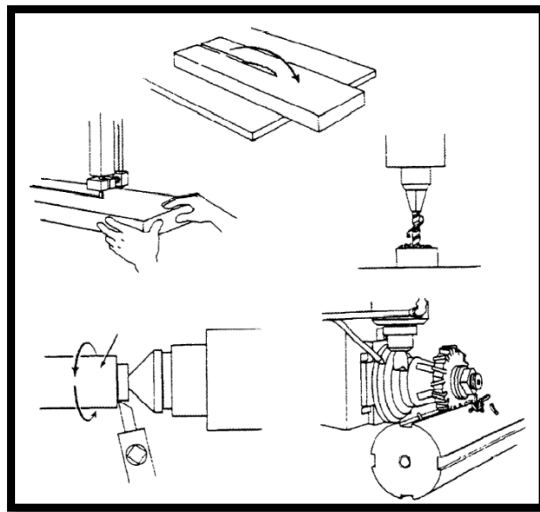


Şekil 9. Enine hareket [8]

### Mekanik hareketlerin tehlikeli etkileri:

#### 1. Kesme

Kesici kısımlara sahip olan matkap tezgahları, şerit testere makinesi, dairesel testere, freze tezgahı ve aşındırıcı kısımlara sahip olan taşlama tezgahı gibi makinelere veya bir taşıma bandı üzerinde hareket eden keskin veya sivri kenarları olan malzemelere herhangi bir nedenle veya yanlışlıkla temas edilmesiyle oluşan kesilme tehlikesi meydana gelmektedir (Şekil 10). Bu kesme olayları en çok parmaklarda, kollarda ve çalışma noktasına temas eden vücudun herhangi bir yerinde meydana gelebildiği gibi, imalat esnasında talaşların veya kesilen parçaların kafaya özellikle de yüz ve göz çevresine sıçramasıyla da meydana gelebilmektedir.



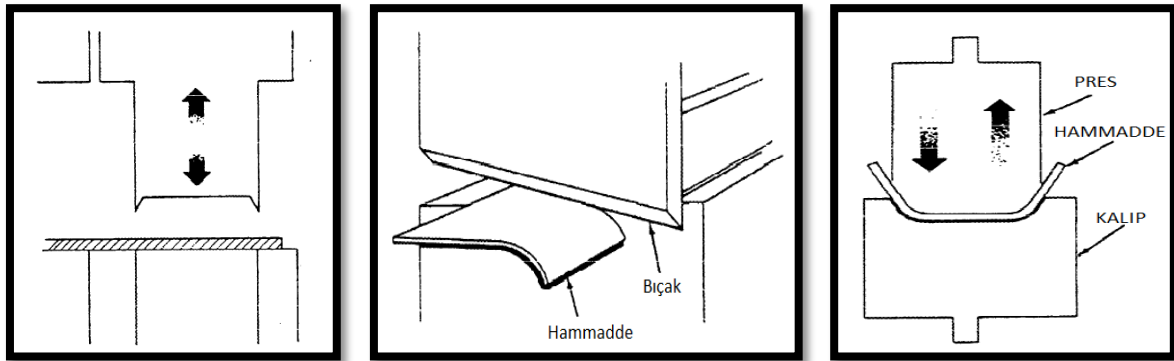
Şekil 10. Kesme tehlikesinin olduğu hareketler [8]

## 2. Kopma

İnsan vücudunun herhangi uzvu makaslama hareketi yapan giyotin veya pres gibi makinelerin bıçakları veya bıçaklar ile tabla arasında herhangi bir sebeple kalırsa, uzuvlar kopabilir ve bu durum ciddi yaralanmalara sebep olabilir (Şekil 11). Ayrıca itme veya kayma hareketi yaparak talaşlı imalat yapan makinelerde de besleme sırasında veya makineden malzemelerin çıkartılması sırasında makinenin herhangi bir sebeple çalıştırılması ile çeşitli kazalar meydana gelebilmektedir [9].

## 3. Ezilme

Endüstride basma hareketleri kullanılarak damgalama, preslerde boşaltma, çekme veya dövme şeklinde, ayrıca boru kıvrırma makinelerinde bükme şeklinde üretim yapılmaktadır. Bu tür makinelerdeki en büyük tehlike elle makine içerisine malzemelerin yerleştirildiği ve makineden malzemelerin çekildiği veya boşaltıldığı anlarda meydana gelmektedir (Şekil 11). Dikkatsizliğin büyük rol oynadığı bu tür tehlikelerde, herhangi bir işlem noktasına temas eden parmakların ve kolların kısmen veya tamamen yaralanması, ezilmesi veya parçalanması söz konusudur.



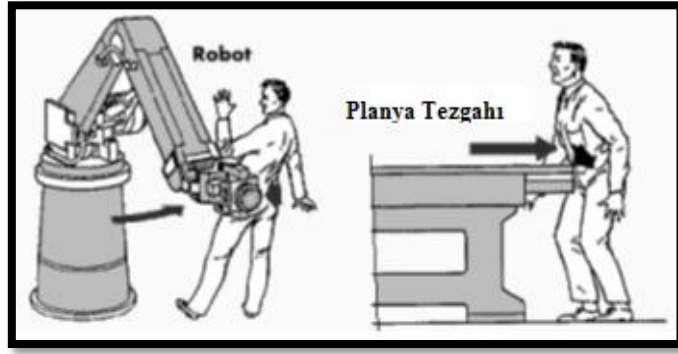
Şekil 11. Kopma ve ezilme tehlikelerinin bulunduğu hareketler [8]

## 4. Çarpma

Çarpma tehlikesi, tehlikeli hareketler başlığı altında incelediğimiz gibi hareket eden makine parçalarının çarpması veya fırlayan nesnelerin çarpması şeklinde iki grupta incelenebilir.

- Otomasyon sistemlerde sıklıkla kullanılan robot kolları veya planya tezgahının itme mekanizması gibi hareket eden makinelerin hareketli parçaları çalışanlara çarparak ciddi yaralanmalara ya da ölümlere sebep olabilmektedirler (Şekil 12).

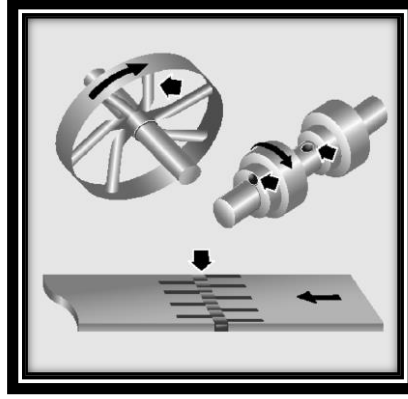
- Talaşlı imalatta kullanılan birçok makine yüksek miktarda aşındırma yaparak talaş kaldırır. Bu tür makinelerin çıkardığı talaşlar makinelerin sebep olduğu yüksek merkez kaç kuvvetinin etkisi ile etrafa saçılmaktadır. Bunun sonucunda sıcak talaş parçalarının özellikle yüz ve göze çarpması ciddi yaralanmalara sebep olmaktadır. Yine makinelerin işlem sırasında kırılarak sıçrayan kısımları, gevşeyen vida, somun ve benzeri parçalarının fırlaması da tehlike doğurmaktadır.



**Şekil 12. Çarpma tehlikesine sebep olan tehlikeli hareketler [9]**

## **5. Sarma ve Kapma**

Yukarıda bahsedilen dönme hareketinin tehlikeli etkilerinden bir tanesi de sarma ve kapma tehlikesidir. Elbiselerin bol veya sarkan kısımları, uzun toplanmamış saçlar, boyuna veya bileğe takılan takıların makinelerin dönen hareketli parçalarına teması, sarma ve kapma tehlikesi yaratmaktadır. Ayrıca kayışların bağlantı noktalarındaki aralıklar veya dönen aksamlar üzerindeki vida başı ve benzeri çıkıntılar da sarma ve kapma tehlikesi ortaya çıkartmaktadır (Şekil 13).

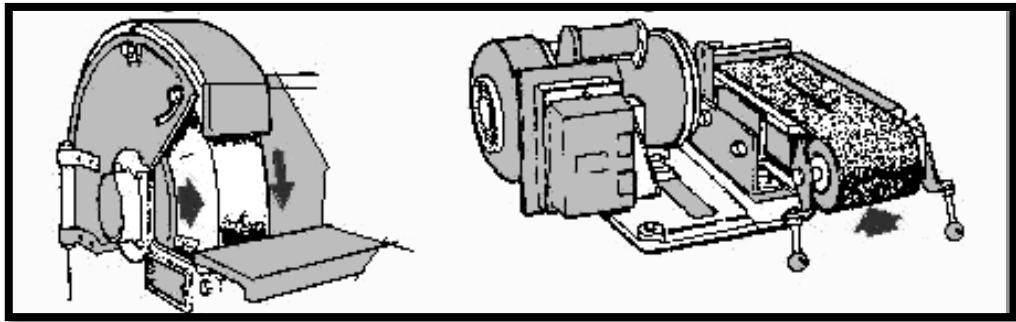


**Şekil 13. Sarma ve kapma tehlikesine yol açacak durumlar [11]**

Dönen makine parçalarında “sıkıştırma noktası” adı verilen noktalarda kapma tehlikesi oluşmaktadır. Sıkıştırma noktası ile ilgili detaylı bilgiler bu tezde Dönme Hareketleri başlığı altında belirtilmiştir. Sıkıştırma noktaları eksenleri birbirine paralel ve zıt yönde dönen parçaların temas noktalarında, dönme hareketi yapan ve teğetsel hareket eden parçalar arasındaki temas noktalarında (kayış-kasnak mekanizmaları) ve dönen hareketli parçalar ile sabit parçalar arasındaki temas noktalarında oluşmaktadır. Bu noktalara yakın çalışırken sarma ve kapma tehlikelerine karşı dikkatli olunmalıdır.

## **6. Sürtünme ve Aşınma**

Yüksek hızda dönen parçalara vücudun temas etmesi ile sürtünme yanıkları ve sıyrılmaların meydana gelme tehlikesi bulunmaktadır. Bu tehlikelere örnek olarak öğütme merdanesi, kumlama makinelerinin kayış sistemleri, bir bobin veya mil üzerinde hareket eden malzemelerin bulunduğu mekanizmalar, kayış-kasnak sistemli konveyör veya hızlı hareket eden ip ve kayışların bulunduğu makineler verilebilir [9]. Şekil 14’te örnek makineler gösterilmiştir.



**Şekil 14. Sürtünme ve aşınma tehlikesine neden olan makineler [9]**

## **SENSÖR TABANLI ELEKTRONİK KORUYUCU EKİPMANLAR**

19.yy.'da ortaya çıkan Sanayi Devrimi daha verimli ve çok amaçlı makinaların geliştirilmesine dayanmaktadır. O dönemde kullanılan buhar ve elektrik makinaları gibi yeni güç kaynakları daha ileri teknolojilere olanak sağlamaktaydı. Ancak daha yüksek iş verimi ve daha iyi iş kalitesi beraberinde bilinmeyen tehlikeleri de getirmekteydi. Daha büyük ve hızlı makinalar daha büyük tehlikeler ortaya çıkartmaktaydı ve makine operatörlerinin iş verimlerini etkilemeden, bu tehlikeleri daha etkili bir şekilde korumak hayati önem taşımaktaydı.

İlk olarak, operatörlerin tehlikeli hareketli parçalara, özellikle hareketli güç iletim parçalarına erişiminin engellenmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Ancak operatörün hammadde sağlamak ya da üretilen parçayı almak için tehlikeli bölgeye sıklıkla girip çıkması nedeni ile koruma işlemi oldukça karmaşık bir hale gelmektedir. Bu nedenle operatörün tehlikeli bölgeye göre pozisyonunun otomatik olarak kontrol edilmesi gerekmektedir.

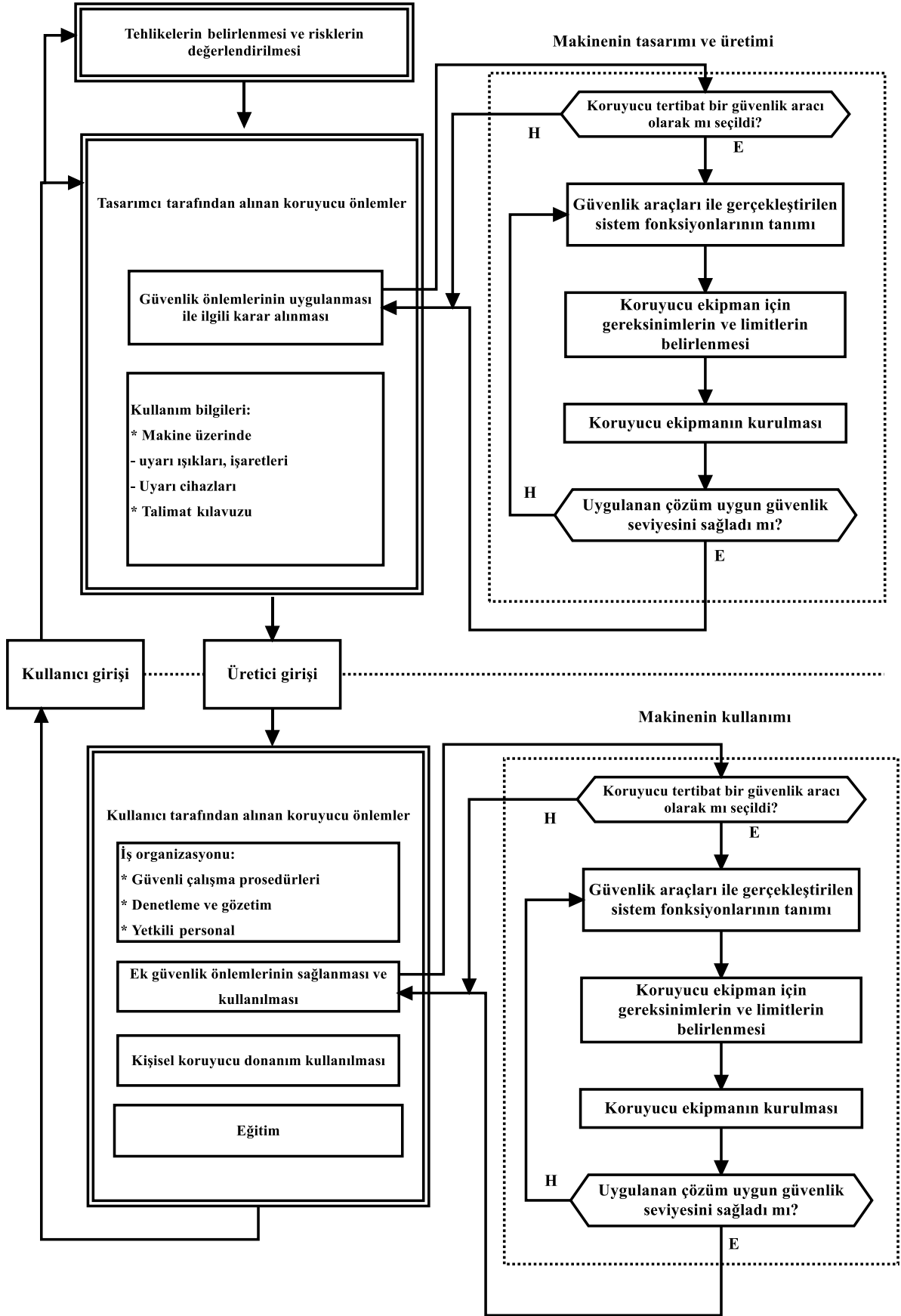
Tarihsel olarak kullanılan ilk koruyucu ekipman, pres makinaları için kullanılan çift elle kontrol sistemidir. Teknolojinin ilerlemesi ile birlikte, özellikle bilgisayarlaşma ile koruyucu ekipmanlar daha verimli ve daha uygulanabilir hale gelmişlerdir.

Teknolojik ihtiyaçların artması ve daha yüksek iş verimi ihtiyacının ortaya çıkması nedeni ile makineler daha monoton ve tekrarlayan görevler yapar hale gelmiştir. Bu durum operatörün daha yorgun ve uzun süre konsantrasyonunu sağlayamamasına neden olmakta ve tehlikeli iş kazalarına yol açabilecek hatalar yapmalarına sebep olmaktadır.

### **Koruyucu Ekipmanların Genel Karakteristikleri**

Koruyucu ekipmanlar genellikle fonksiyonlarını, operatörün veya vücudunun bir kısmının tehlikeli bölgeye yaklaştığı tespit edildiğinde, makinenin tehlikeli hareketini durduran bir sinyal üretmek şeklinde gerçekleştirirler [10]. Bu sayede operatör, tehlikeli bölgeye girmeden önce tehlikeli hareket (ör. presleme hareketi) durdurulmaktadır. Bu tip koruyucu ekipmanlar fiziksel bariyer içermezler ve bu sebeple kullanımları makinenin kısa süre içerisinde otomatik olarak durdurulabilmesine imkan sağlayacak bir şekilde dizayn edilmesini gerektirmektedir [10]. Bu ekipmanlar makine kontrol sistemini kullanarak fonksiyonlarını yerine getirmektedirler. Bu nedenle bu tip koruyucu ekipmanlar, çevirmeli anahtar ile “stop” fonksiyonuna rağmen, yalnızca tüm işlem çevrimini veya bir kısmını tamamladıktan sonra durdurulmasına olanak sağlayan makine tasarımları için uygun değildirler.

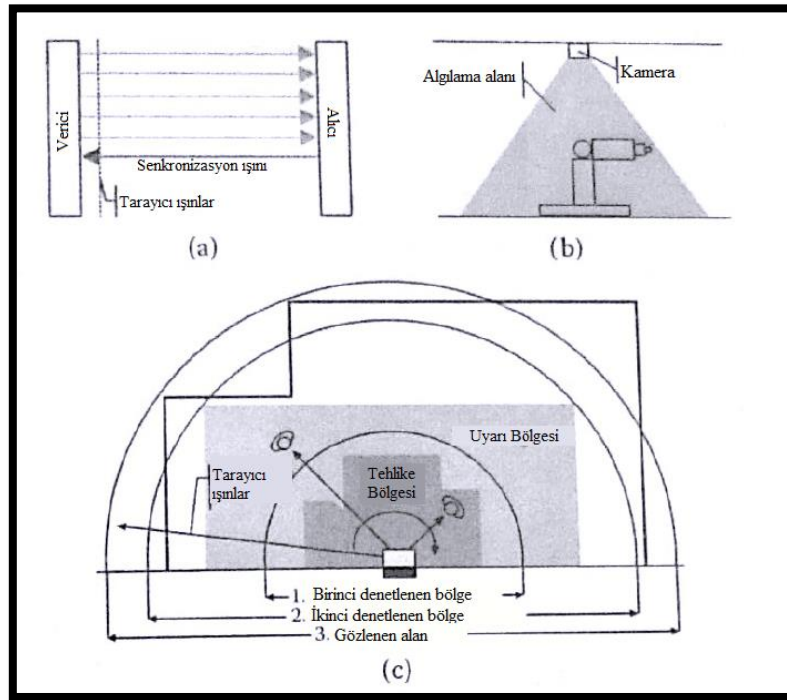
Koruyucu ekipmanların uygulanması ve kullanımı, tasarımcı, üretici ve kullanıcı tarafından dikkate alınması gereken bir aşamadır. Şekil 15’te makinelerde riskleri azaltmak için izlenecek prosedür gösterilmektedir. Bu prosedür incelendiğinde koruyucu ekipmanların kullanımının (1) tasarım aşamasında ve (2) kullanım aşamasında mümkün olduğu görülmektedir. Tasarım aşamasında gerçekleştirilen risk değerlendirmesi sırasında belirlenen tehlikeler ve riskleri azaltmak amacı ile alınacak güvenlik önlemleri için koruyucu ekipmanlar kullanılabilir. Tasarım aşamasında cihazın işleyişinin tüm yönleri ile öngörülmesinin mümkün olmaması nedeni ile cihaz kurulduktan sonra kullanıcı tarafından gerçekleştirilen risk değerlendirmesi neticesinde ek güvenlik önlemlerinin alınması gerekebilmektedir.



Şekil 15. Makinelerde riskleri azaltmak için izlenecek prosedür [10]

## Elektronik Algılayıcılı Koruyucu Ekipmanlar

Elektronik algılayıcılı koruyucu ekipmanlar bir grup yaygın olarak kullanılan ileri düzey koruyucu ekipmandan oluşmaktadır [10]. Elektronik koruyucu ekipmanlar koruyucu tetikleme veya varlık algılama amacı ile bir arada çalışan, sensörler, kontrol veya gözetim cihazları, çıkış sinyali üreten anahtarlama cihazları ve opsiyonel olarak ikinci anahtarlama cihazı gibi kısımlardan ve sistemlerden meydana gelir. Şekil 16'da yaygın olarak kullanılan elektronik algılayıcılı koruyucu ekipmanların üç farklı türü gösterilmektedir.

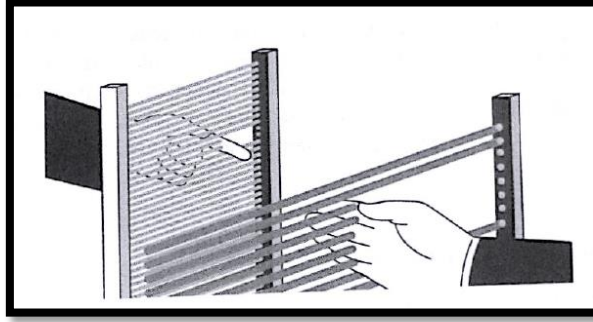


Şekil 16. Elektronik algılayıcılı koruyucu cihazlar için örnek tasarım (a) Lazer perde (b) VBPD (c) Lazer tarayıcı [10]

### 1. Lazer perdeler

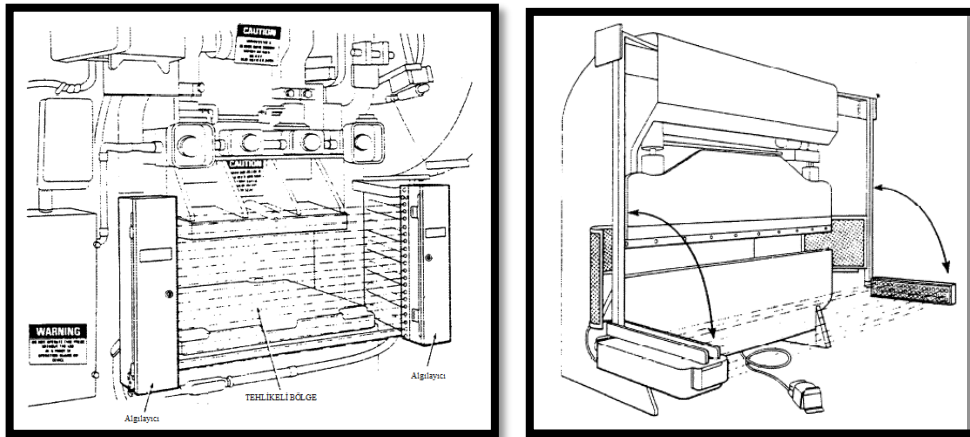
Lazer perdeler makinelerde riskleri azaltmak için en çok uygulanan elektronik algılayıcılı koruyucu ekipmanların başında gelmektedir. Şekil 17'de lazer perdelerin çalışma prensibi gösterilmektedir. Lazer perdeler alıcı ve verici olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Alıcı ve verici cihazın özelliğine göre farklı sayıda optik kanaldan oluşmaktadır. Bu kanallara bağlı olarak algılama bölgesi parçalara ayrılır ve her bir parçanın yüksekliği cihazın karakteristiği olan sensör algılama kapasitesini belirler. Sensör algılama kapasitesi bu koruyucu ekipmanların seçiminde ve uygulanmasında önemli bir parametredir. Tezin ilerleyen

bölümlerinde uygulama yerine göre sensör algılama kapasitesi seçimi ile ilgili detaylı bilgi verilmiştir.



**Şekil 17. Lazer perdelerin çalışma prensibi [10]**

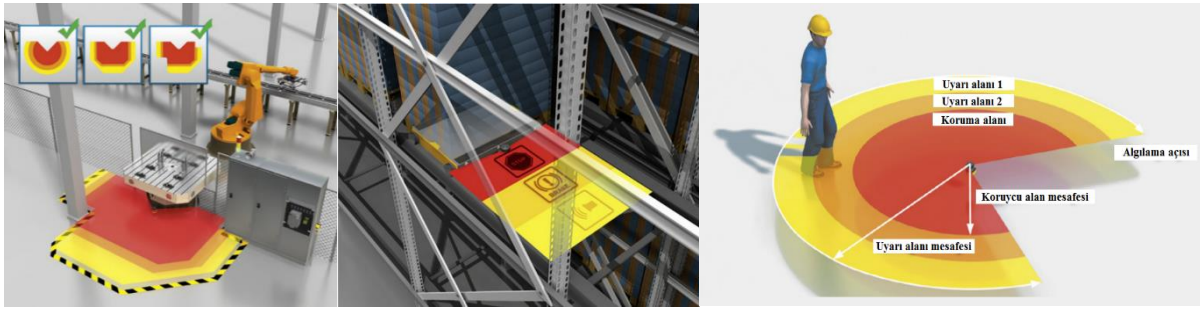
Lazer perdeler genellikle varlık algılama amacı ile kullanılan elektronik algılayıcı koruyucu ekipmanlardır. Lazer perdelerin amacı; makinenin çalışması sırasında tehlikeli bölge olarak belirlenmiş olan kısımda bir varlık algılanması durumunda makinenin çalışmasının, dolayısı ile tehlikeli mekanik hareketlerin durdurulmasını sağlayarak, tehlikeli bölge olarak belirlenen bölgeye giren insan ya da insan vücudunun bir kısmını bu tehlikeli hareketlerden korumaktır. Bunu yaparken lazer perdelerin kurulumunun ve yerleşiminin doğru yapılması gerekmektedir. Makinenin durması için geçen süre ile lazer perdenin varlığı algılaması ile varlığın tehlikeli hareketin (dönme, ileri geri hareket vb.) bulunduğu noktaya varması arasında geçen sürenin göz önünde bulundurulması ve yerleşimin bu verilere göre yapılması önemlidir. Yerleşimi makineye, yapılan işe, eyleme ve benzeri etkenlere göre farklılık göstermektedir. Lazer perdelerin kullanımı ile ilgili iki farklı örnek Şekil 18 (a) ve Şekil 18 (b)'de gösterilmiştir. Şekil 18 (a)'da yerleşim dikey, Şekil 18 (b)'de yerleşim yatay olarak yapılmıştır.



**Şekil 18. (a) Dikey yerleştirilmiş lazer perde (b) Yatay yerleştirilmiş lazer perde [8]**

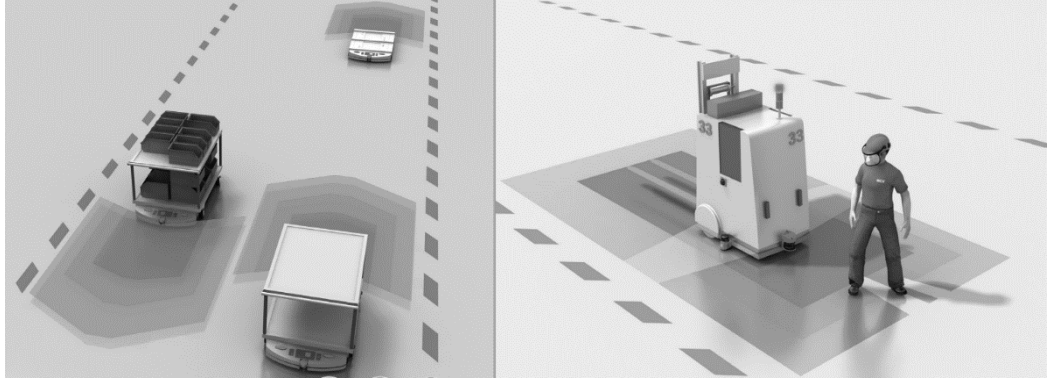
## 2. Lazer tarayıcılar

Lazer tarayıcılar temassız koruyucu cihaz tiplerinden en ileri düzey olan elektronik algılayıcı koruyucu cihazlardır. Lazer ışını sürekli olarak algılama bölgesini taramakta ve yansıyan lazer ışınlarını ölçmektedir. Bu uygulama ile yalnızca her bir alana (bölgeye) yapılan nüfuziyet değil, aynı zamanda nüfuz edilmiş bölge de tespit edilebilmektedir. Kullanıcı mevcut çalışma alanının yapısına göre algılama alanını farklı tehlike seviyelerine göre genellikle üç olacak şekilde bölünebilmektedir (Şekil 19.c). Bölünen her bir alan için farklı bir güvenlik önlemi fonksiyonu atanabilmektedir. Örneğin Şekil 19.b’de gösterildiği gibi birinci uyarı alanında varlık tespit edilmesi halinde sesli ikaz ile uyarı, ikinci uyarı alanında bir varlık tespit edilmesi halinde yavaşlama ve koruma alanında varlığın tespit edilmesi halinde sistemi durdurma güvenlik fonksiyonları çalıştırılarak güvenlik sağlanmaktadır. Tarama alanının bu şekilde farklı alanlara bölünmesi ile hem sistemin sürekli olarak durdurulması önlenmiş olmakta hem de güvenlik daha etkili bir biçimde sağlanmaktadır.



**Şekil 19. (a) Tarama şekilleri (b) Farklı güvenlik fonksiyonları (c) Algılama bölgeleri**

Lazer tarayıcılar yatay ve dikey düzlemde iki boyutlu tarama yapabilmektedirler. Lazer tarayıcılar, taranan bölgede bir varlık algılandığında tehlikeli mekanik hareketlerin durdurulmasını sağlayarak, bu bölgeye giren insan ya da insan vücudunun bir kısmını bu tehlikeli hareketlerden korumak amacı ile kullanılmaktadır. Basınç algılayıcı matlar ve zeminler de bu amaçla kullanılmaktadır ancak lazer tarayıcıların tarama alanları şekillendirilebilir olması nedeni ile kullanım yerine göre kolaylık sağlamakta ve daha kullanışlı olmaktadır (Şekil 19.a). Lazer tarayıcılar yaygın olarak büyük endüstriyel tesislerde kullanılan otomatik kılavuzlu taşıyıcılarda kullanılmaktadır. Kendi kendine hareket ederek programlanmış rota boyunca taşıma yapan bu mobil cihazların, önlerine çıkan bir engel veya varlığı algılayabilmesi için mutlaka lazer tarayıcılara ihtiyaç duymaktadır (Şekil 20).



**Şekil 20. Lazer tarayıcıların otomatik taşıyıcılarda kullanımı**

### **3. Basınç algılayıcı koruyucu ekipmanlar**

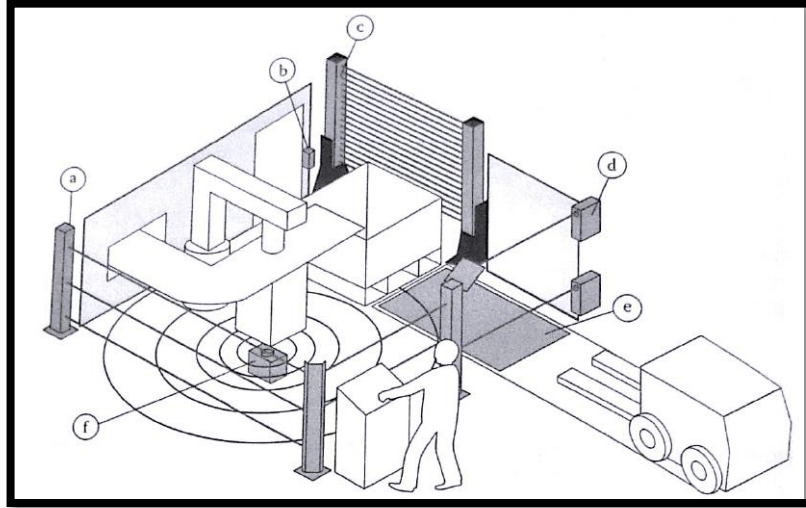
Basınç algılayıcı koruyucu ekipmanlar, gözlenen bölgede insan veya insan vücudunun bir kısmının varlığı neticesinde oluşacak basıncı (gücü) tespit etmektedir. Bu cihazlar aşağıda listelenen iki işlevsel elemana sahiptirler.

- a. Sensör: Bölgeye uygulanan basınç kuvvetini sinyallere dönüştürerek kontrol ünitesine ileten hassas kısma sahip basınç algılayıcı keçe (mat) veya basınç algılayıcı zemin.
- b. Kontrol Ünitesi: Kontrol edilmesi istenen cihazın açma/kapama ünitesini sensörün durumuna göre kontrol eden kısımdır.

Birçok farklı basınç algılayıcı cihaz bulunmaktadır. Örneğin; keçeler, zeminler, kenarlar, parmaklıklar, tamponlar, tabaklar ve kablolar. Aşağıda verilen parametreler basınç algılayıcı koruyucu cihazlar için önemli parametrelerdir.

- a. Eylem kuvveti
- b. Verimli hissetme alanı
- c. Eylem kuvvetinin yönü (açısı)
- d. Cihaz aktif olmadan önce geçen ilerleme
- e. Tepki süresi
- f. Ölü alan

Şekil 21’de görüldüğü gibi otomasyon sistemleri için çalışma alanlarında kazaları önlemek için çeşitli elektronik koruyucu ekipmanlar bir arada kullanılabilir. Bunlardan bazıları elektronik algılayıcı koruyucu ekipmanlardır. Lazer perde cihazı (A) tehlikeli bölgeye kontrolsüz giriş imkanı bulunan yan kısma kurulmuştur ve tehlikeli bölgeye buradan gelebilecek potansiyel girişimleri tespit etmektedir. Bu lazer perde cihazının özellikleri ve cihazın tepki süresi normal bir insan uzvunun hareket hızını tespit edebilecek özelliklerde olmalıdır. Lazer tarayıcı (F) tehlikeli bölgedeki insanların varlığını tespit etmektedir. Diğer tüm koruyucu ekipmanların hata vermesi durumunda devreye girmektedir. Bununla birlikte, lazer perde (C) üretimi tamamlanmış ürünleri içeren kutuya erişimi engellemektedir. Bu kutuya herhangi bir şekilde el ile ulaşma girişimlerini tespit edecek özelliklerde, elin boyutlarını ve hareket hızını dikkate alacak, bir lazer perde cihazı kullanılmalıdır. Tekli lazer ışını (D) üretimi tamamlanmış ürünleri taşımak üzere bölgeye giren forklift ve benzeri araçları tespit etmektedir.



**Şekil 21. Koruyucu cihazlar ile donatılmış otomasyon çalışma alanı (a) Tehlikeli bölgeye geçişi algılayan ışın demeti cihazı (b) Giriş kapısının açılmasını algılayan kilitleme sistemi (c) Tehlikeli bölgeye girişi algılayan lazer perde sistemi (d) Araçların tehlikeli bölgeye sürülmesini algılayan lazer ışını (e) Tehlikeli bölgedeki varlığı algılayan basınç algılayıcısı (f) Tehlikeli bölgedeki varlığı algılayan lazer tarayıcı [10]**

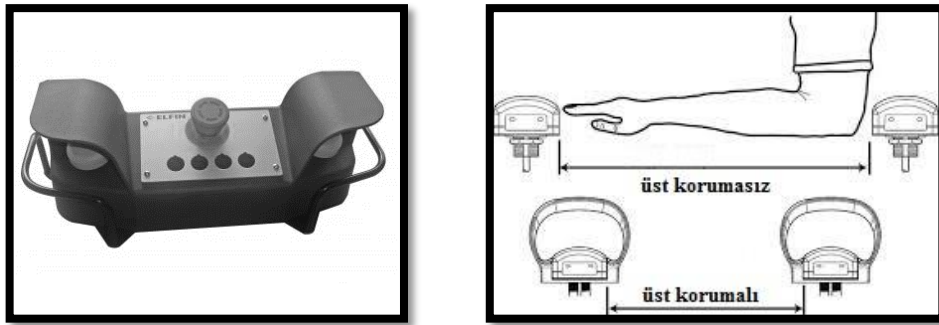
#### 4. İki el kontrollü cihazlar

İki el kontrollü cihazlar, cihazın kontrol mekanizmasına yalnızca iki el ile birlikte müdahale edildiğinde çalışan cihazlardır. CPD'ler gibi bu koruyucu ekipmanlar da pres, çekiçleme, bükme makinası gibi yüksek risk seviyesine sahip makinalarda kullanılırlar. İki el kontrollü cihazlar genellikle, iki adet çalıştırma cihazı, sinyal çevirici ve sinyal işleyiciden veya işlemciden oluşmaktadır.

İki el kontrollü cihazların temel çalışma mantığı, iki çalıştırma cihazının (buton, düğme, vb.) tetiklenmesi sonucu üretilen iki çıkış sinyallerinin aralarında gecikme bulunmaması durumunda cihazın çalışmasına izin verilmesi prensibine dayanmaktadır. Bu kullanıcının ancak ve ancak iki elini kullanarak cihazı kontrol etmesi durumunda cihazın tehlikeli hareketinin başlamasını sağlamaktadır. Bu, operatörün ellerinin konumunu kontrol imkanı verdiğinden tehlikeli harekete karşı korunmasını sağlamaktadır.

İki el kontrollü cihazların verimliliği ve kullanışlılığı ne kadar kolay alt edilebildiği ile ters orantılıdır. İki el kontrollü cihazların tasarımı ve kurulumu operatörün kontrol cihazlarından bir tanesini kilitleyerek veya aşağıdaki listede verilen yöntemleri kullanarak tek el ile kullanmasına imkan vermeyecek şekilde olmalıdır (Şekil 22).

- Bir elin parmakları ile kullanabilme
- Bir el ve aynı kol dirseği ile birlikte kullanabilme
- Önkollar veya dirsekler ile kullanabilme
- Bir el ve vücudun herhangi başka bir kısmı ile kullanabilme



**Şekil 22. İki el kontrollü cihazlarda, kontrol butonlarına tek uzuv ile basılmasını önleyici engelleme yöntemleri**

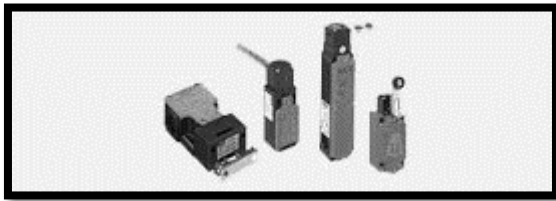
## 5. Elektronik Anahtarlar

Elektronik anahtarlar genellikle açılır kapanır kısımlarda tehlikeli hareketin devam ettiği esnada bu kısmın açılması durumunda tehlikeli hareketin sonlandırılması için kullanılırlar. Özellikle tehlikeli hareketten çalışanı korumak amacı ile makine üzerine uygulanmış olan açılır kapanır sabit muhafazaların operatör tarafından açık konumda çalıştırılmasını engellemek amacıyla kullanılırlar. Robot kolu çalışma alanı veya otomasyon sistemlerin bulunduğu alanlarda ise tehlikeli bölgeyi çevreleyen duvar, korkuluk vb. yapılar üzerinde bulunan kapılarda, prosesin devam ettiği esnada alana girişi kısıtlamak, girişim olduğunda tehlikeli hareketi sonlandırmak üzere kullanılmaktadırlar.

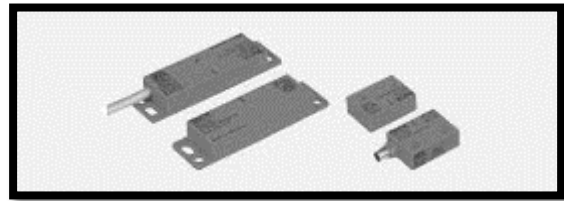
Elektromekanik olarak; ayrı aktüatörlü elektronik anahtar, menteşe tipi elektronik anahtar, emniyet pozisyon anahtarı, emniyet menteşe anahtarı, temassız olarak ise; manyetik anahtar, transponder güvenlik anahtarı ve endüktif güvenlik anahtarı olmak üzere birçok çeşidi bulunmaktadır (Şekil 23-24). Bu anahtarlar kullanılacağı alana göre uygun olarak seçilmeli ve uygulanmalıdır.

Elektromekanik anahtarlar açılır kapanır aksamaların ekonomik ve güvenilir bir şekilde gözlenmesi amacı ile kullanılırlar. Özellikle emniyet kemeri tarzı birbirine temas sağlayan türleri makinelerin sabit muhafazalarında veya kapaklarında tercih edilmektedir. Yine menteşe türü elektromekanik anahtarlar açılır kapanır döner aksamalarda tercih edilmektedir.

Temassız elektronik anahtarlar bakım ve onarım gereksinimlerinin çok az olması sebebi ile uzun ömürlüdürler. Bununla birlikte darbe ve titreşime karşı yüksek seviyede dayanıklı olması, bu tür etkileşimlerin olduğu makinelerde tercih edilmelerini sağlamaktadır.



Şekil 23. Elektromekanik anahtarlar



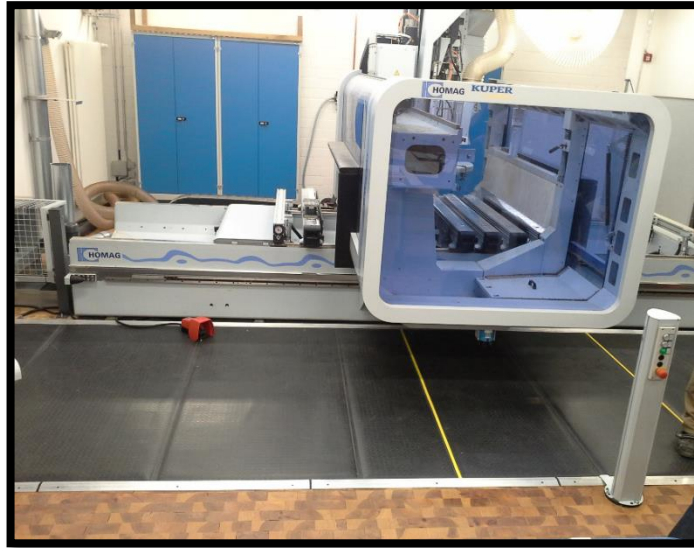
Şekil 24. Temassız elektronik anahtarlar

## İYİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ

### DGUV-İAG, Dresden

T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü ile Almanya Sosyal Kaza Sigortası Kurumu Ana Birliği (DGUV)/ İş ve Sağlık Sigorta Sandıkları Enstitüsü (IAG) arasında imzalanan “İş Sağlığı ve Güvenliği Alanında İşbirliği Protokolü” kapsamında 13-24 Şubat 2014 tarihleri arasında Almanya’nın Dresden kentinde bulunan İş ve Sağlık Sigorta Sandıkları Enstitüsü’ne staj ziyaretinde bulunulmuştur. Staj süresince iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili çeşitli konularda eğitimler alınmış ve laboratuvar çalışmaları yapılmıştır.

Makinelerden kaynaklanan risklerin değerlendirilmesi, çalışanlara bu makinelerde güvenli çalışma ile ilgili eğitimlerin verilmesi amacı ile Enstitüde iki adet çalışma laboratuvarı bulunmaktadır. Bu laboratuvarlarda ahşap işlerinde ve metal işlerinde kullanılan makineler yer almaktadır. Çalışanlara bu makinelerde güvenli çalışma ile ilgili eğitimler uygulamalı olarak verilmekte ve karşılaşılabilecek tehlikeler ve riskler ile ilgili eğitim verilerek bu risklerin nasıl azaltılabileceği ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır.



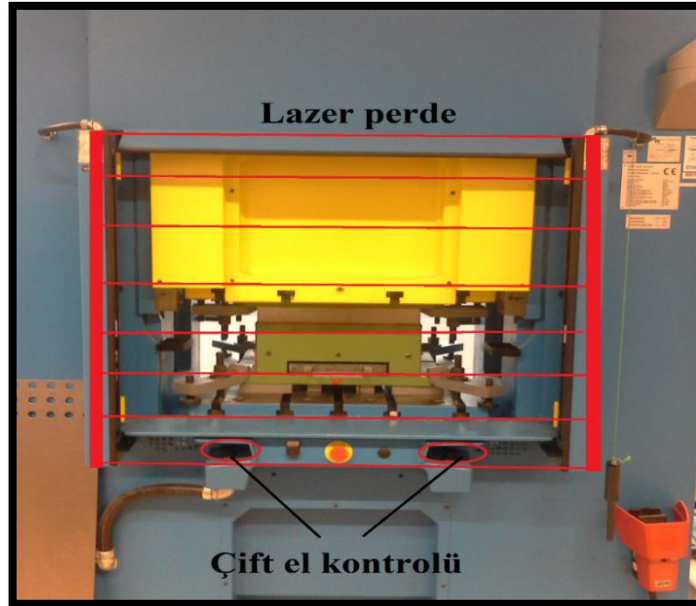
**Şekil 25. Basınç algılayıcılı mat ile alan koruması**

Ziyaretimiz süresince bu laboratuvarlarda yer alan makinelerde risk analizi yapılarak riskler tespit edilmiş ve çözüm önerileri getirilmiştir. Bununla birlikte makinelerde riskleri azaltmak için kullanılan koruyucu ekipmanlar ve donanımlar hakkında bilgi edinilmiştir. Şekil

25-27’de çalışma yapılan laboratuvarda gözlemlenen elektronik koruyucu ekipman uygulamalarına örnekler gösterilmektedir.



**Şekil 26. Lazer ışınları ile alan koruması**



**Şekil 27. Pres kesme makinesine lazer perde ve çift el kontrolü uygulaması**

## **GEREÇ VE YÖNTEM**

Bu tez çalışması kapsamında üç farklı işyerinde 16 farklı makinede risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Yapılan risk değerlendirmesinin amacı makinelerde kullanılan sensör ve benzeri algılayıcı sistemlerin makinelerden kaynaklı risklere etkilerini değerlendirmektir. Bu amaçla çalışmanın evrenini oluşturacak makineler belirlenirken elektronik koruyucu ekipmanlara sahip makineler seçilmiştir.

Yapılan tez çalışmasında makine ve ekipmanlara yönelik bir risk değerlendirmesi metodu uygulanmıştır. Ancak bu metot uygulanırken işyerlerinin teknolojik donanımlarının risk değerlendirmesi metodu üzerine etkileri de göz önünde bulundurulmuştur. Bu nedenle, teknolojik açıdan donanımlı ve otomasyon sistemlere sahip iki işyeri ile, bu işyerlerine nazaran teknolojik açıdan daha az donanımlı bir işyeri çalışma kapsamında değerlendirilmiştir.

### **ÇALIŞMANIN YAPILDIĞI İŞYERLERİNİN TANIMI**

#### **Birinci İşyeri [F.01]**

Saha çalışmasının gerçekleştirildiği ilk işyeri Ankara’da kurulu olan şeker fabrikasıdır. Fabrika bünyesinde, şeker fabrikası, makine fabrikası ve elektromekanik aygıtlar fabrikası içermektedir. Saha çalışması elektromekanik aygıtlar fabrikasında gerçekleştirilmiştir. Elektromekanik aygıtlar fabrikası şeker fabrikası bünyesinde kullanılmakta olan ölçü ve denetim aygıtlarının geliştirilmesi, bakım ve onarımlarının sağlanması amacı ile kurulmuştur. Fabrika bünyesinde, laboratuvar ölçü ve test aygıtları, süreç aygıtları, enerji dağıtım ve süreç denetim tabloları, elektromekanik aygıtlar, güç elektroniği ve endüstriyel denetim aygıtları üretilmekte olup elektrik makinelerinin bakım ve onarımı gerçekleştirilmektedir (Şekil 28).



**Şekil 28. Fabrikanın genel görünümü**

### **İkinci İşyeri [F.02]**

Saha çalışmasının gerçekleştirildiği ikinci işyeri Traktör üretimi yapan bir fabrikadır. 257.000 metrekare alan üzerine kurulu bu fabrika Türkiye'nin en büyük üreticilerinden bir tanesidir. Bu tesis içerisinde dişli ve ısıl işlem tesisleri, 400'den fazla CNC tezgahı, motor üretim tesisleri, boyahane, gövde ve montaj hatları bulunmaktadır (Şekil 29). Fabrikada ISO 27001 Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemi, ISO 10002 Müşteri Şikayet Yönetim Sistemi, ISO 50001 Enerji Yönetimi Sistemi sertifikalarına sahip entegre bir kalite yönetim sistemi mevcuttur.



**Şekil 29. Fabrika üretim alanı**

### Üçüncü İşyeri [F.03]

Saha çalışmasının gerçekleştirildiği üçüncü işyeri Ankara’da bulunan ve akü üretimi yapan bir fabrikadır. 40.000 metrekare alan üzerinde kurulu olan bu fabrika Türkiye’deki sanayi firmaları arasında ilk 500’de yer almaktadır. Fabrikada ISO 9001, ISO 14001, ISO 17025, ISO 27001 ve OHSAS 18001 sertifikalarına sahip entegre bir kalite yönetim sistemi mevcuttur. Fabrikada 400’den fazla çalışanın yanı sıra robotlar ve otomasyon üretim bantları mevcuttur (Şekil 30).

İşyerinde üç vardiya çalışma yapılmaktadır. Tüm vardiyalarda İş Sağlığı ve Güvenliği Kurulu’nun yönlendirmesi ile iş sağlığı ve güvenliği önlemlerine büyük özen gösterilmekte ve bu çalışmalar itina ile yürütülmektedir.



**Şekil 30. Otomasyon Üretim Hattı**

### ÇALIŞMANIN TİPİ VE EVRENİ

Makinelerin sahip olduğu mekanik tehlikeler ve tehlikeli hareketlerin olası etkilerinden çalışanları korumak için elektronik koruyucu donanımların kullanıldığı 19 adet makine bu çalışmanın evrenini oluşturmaktadır. Çalışmanın evrenini oluşturan makineler belirlenirken, makinelerin elektronik koruyucu donanımlara sahip olmasına dikkat edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında belirlenen makinelerde üç aşamalı risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada makinelerde yer alan elektronik koruyucu ekipmanlar devre dışı bırakılarak risk değerlendirmesi yapılmıştır. İkinci aşamada devre dışı bırakılan elektronik koruyucu ekipmanlar devreye alınarak risk değerlendirmesi tekrarlanmıştır. Üçüncü

aşamada mevcut riskler için önerilen koruyucu önlemlerin sonucunda artık riskler değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler ışığında mevcut elektronik koruyucu ekipmanların ve önerilen elektronik koruyucu ekipmanların makinelerdeki risk seviyelerine etkileri gözlenmiştir. Risk değerlendirmesi için EK-3'te detayları anlatılan hesaplama programı kullanılmıştır.

Risk değerlendirmesi çalışmasının yanı sıra, hazırlanan bir kontrol listesi ile mevcut ekipmanların standart ve yönetmelik gereksinimlerine uygun kullanılıp kullanılmadığını, uygun ve tam koruma sağlayıp sağlamadığını tespit etmek için çalışma yürütülmüştür. Bu çalışma neticesinde ekipmanın uygunluk durumunun risk seviyesine etkisi incelenmiştir. Bu çalışma için EK-2'de yer alan Risk Değerlendirmesi Saha Kayıt Formu kullanılmıştır.

### **ÇALIŞMANIN ÖN DENEMESİ**

Hazırlanan makinelerde risk değerlendirmesi saha kayıt formu, kontrol listesi ve hesaplama programı ile 25.04.2014 tarihinde, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü (İSGÜM) bünyesinde bulunan KKD Test Laboratuvarında ön deneme gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarda bulunan elektronik koruyucu donanıma sahip ve ayak koruyucu donanımların metal burunlarının darbe direnci testinde kullanılan Darbe Test Cihazı Makinesi ile numunelerin hazırlanması aşamasında kullanılan Pres Kesme Makinesinde risk değerlendirmesi yapılarak ön deneme gerçekleştirilmiştir.

### **ARAŞTIRMANIN İNSAN GÜCÜ**

T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü'nde görev yapmakta olan bir İSG Uzmanı, bir İSG Uzman Yardımcısı ve söz konusu işyerlerinde İş Güvenliği Uzmanı olarak görev yapan mühendisler bu araştırmanın insan gücünü oluşturmaktadır.

### **KULLANILAN METOT VE STANDARTLAR**

Makinelerde risk değerlendirmesi için ulusal ve uluslararası standartlar bulunmaktadır. Bu standartlardan birkaç tanesi şu şekildedir:

- ANSI B11.0-2010, Makinelerde Güvenlik – Genel Gereksinimler ve Risk Değerlendirmesi

- ANSI B11.TR3-2010, Makinelerde Güvenlik - Risk Değerlendirmesi ve Risk Azaltımı –Makine ekipmanları ile ilgili risklerin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve azaltılması
- TS EN ISO 12100:2010, Makinelerde Güvenlik – Tasarım için genel prensipler – Risk değerlendirilmesi ve risk azaltılması

Tez çalışmasında gerçekleştirilen risk değerlendirilmesi metodu için TS EN ISO 12100:2010 standardı ve ANSI B11.TR3-2010 standardı kullanılmıştır. Kullanılan metodun içeriği tezin bu bölümünde özet olarak anlatılmış olup detaylı olarak EK-1’de sunulmuştur.

Elektronik koruyucu ekipmanların uygulanmasında ise yine standartların getirdiği bazı gereksinimler bulunmaktadır. Bu ekipmanların tam koruma sağlaması için uygun özelliklere sahip ekipmanların kullanılması ve uygun bir şekilde konumlandırılması gerekmektedir. Bu nedenle aşağıda listelenmiş olan standartların gereksinimleri göz önünde bulundurulmalıdır. Tez çalışmasında değerlendirilen elektronik koruyucu ekipmanlar aşağıdaki standartlar göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir.

1. TS EN ISO 13855 – Makinalarda güvenlik – Vücut kısımlarının yaklaşım hızına göre koruyucu teçhizatın yerleştirilmesi
2. TS EN ISO 13857:2008 – Makinalarda güvenlik – Kol ve bacakların ulaşabileceği bölgelerde tehlikenin önlenmesi için güvenlik mesafeleri

## **MAKİNALARDA RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE RİSK AZALTIMI**

Risk değerlendirilmesiyle risk azaltımı için izlenmesi gereken strateji Şekil 32’de gösterilmektedir. Bu stratejiye göre risk değerlendirilmesi ve risk azaltımı için tasarımcı;

- a) Amaçlanan kullanımı ve bazı amaç dışı kullanımlar için makinenin limitlerinin belirlenmesi,
- b) Tehlikelerin ve buna bağlı tehlikeli durumların belirlenmesi,
- c) Belirlenen her bir tehlike ve tehlikeli durum için risklerin kestirilmesi,
- d) Risklerin değerlendirilmesi ve risk azaltımı için gerekli kararların alınması,
- e) Tehlikenin ortadan kaldırılması veya tehlikeye bağlı riskin koruyucu önlemler vasıtasıyla azaltılması,

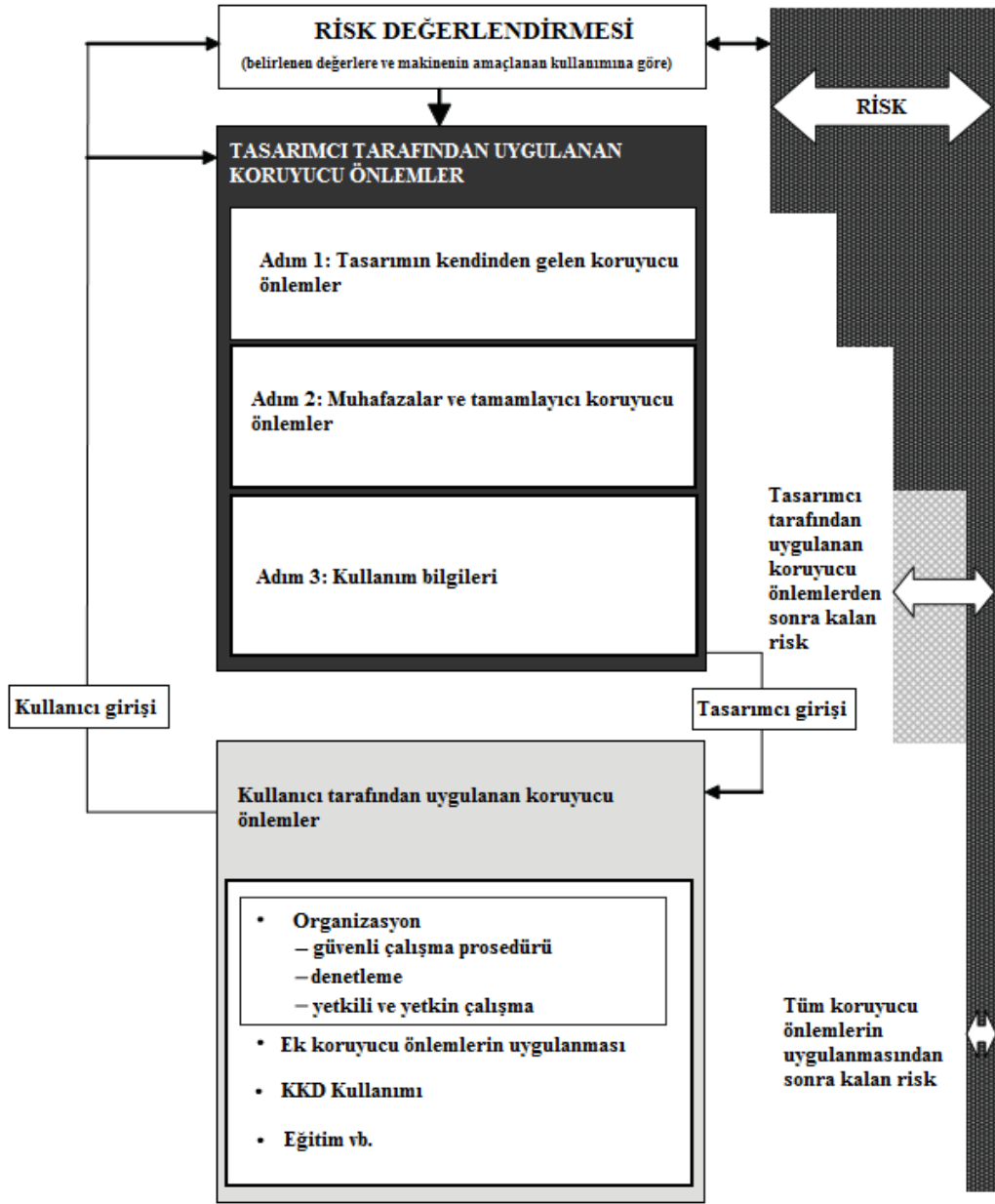
eylemlerini göz önünde bulundurması gerekmektedir. Burada (a) ve (b) maddelerinde belirtilen eylemler risk değerlendirmesi ile (e) maddesinde belirtilen eylem ise risk azaltılması ile ilgilidir.

Risk değerlendirmesi sistematik yollarla izlenen bir dizi mantık basamağından oluşmaktadır. Risk değerlendirmesini, gerekli olduğu durumlarda riskin azaltılması eylemi izler. Bu prosesin tekrarlanması, uygulanabildiği ve koruyucu önlemler ile riskin azaltılabildiği sürece tehlikeleri ortadan kaldırılması için gereklidir.

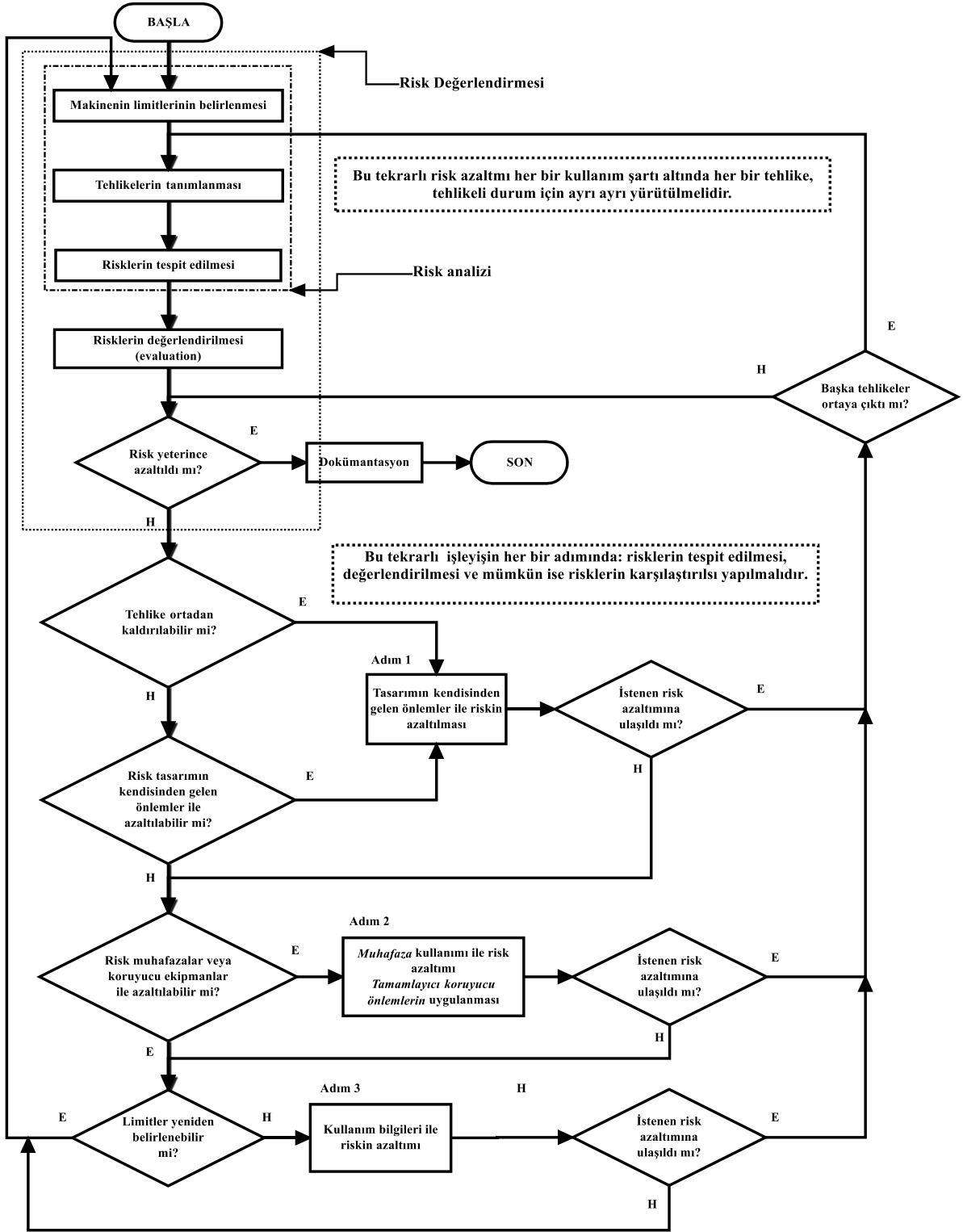
Koruyucu önlemler Şekil 31'e göre kullanıcı ve tasarımcı tarafından uygulanan önlemlerin bir kombinasyonunu oluşturmaktadır. Kullanıcı tarafından uygulanan önlemlerden ziyade tasarım aşamasında uygulanmış olan önlemler tercih edilmekte ve bu önlemler daha faydalı olmaktadır.

Makinede güvenliği sağlamak amacına ulaşabilmek için aşağıda listelenen dört faktör göz önünde bulundurularak ciddi anlamda uygulanabilir bir risk azaltımı yapılmalıdır. Şekil 32'de belirtilen proses kendini tekrar eden bir prosestir. Şekilde ardışık olarak gösterilmiş olan uygulamalar riskin azaltılması için gereklidirler. Bu prosesi uygularken;

- a) Yaşam döngüsünün tüm safhaları boyunca makinenin güvenliği,
- b) Makinenin fonksiyonunu yerine getirebilme kabiliyeti,
- c) Makinenin kullanılabilirliği,
- d) Makinenin üretim, işletim ve sökme maliyeti göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 31. Koruyucu önlemler ve risk azaltımı seviyeleri [11]



Şekil 32. Risk azaltımı akış şeması [11]

### Tehlikelerin tanımlanması

Makinelerde risk değerlendirmesinin en önemli adımı; öngörülebilir tehlikeler, tehlikeli durumlar ve/veya tehlikeli olayların, makinenin yaşam döngüsünün tüm safhalarının ele alınarak tanımlanmasıdır. Bu safhalar aşağıda listelenmiştir:

- Taşıma, birleştirme ve kurulum,
- Devreye alma,
- Kullanım,
- Sökme, devre dışı bırakma, hurdaya ayırma.

Tehlikelerin yok edilmesi ve riski azaltılması ancak ve ancak tehlikelerin tanımlanması ile mümkündür. Tehlikeleri tanımlayabilmek için, makine tarafından gerçekleştirilen işlemlerin, makine ile ilişkili kişilerin gerçekleştirdiği görevlerin; makinenin farklı kısımları, mekanizması veya fonksiyonları işlenen materyallerin ve makinenin bulunduğu çevrenin göz önünde bulundurularak tanımlanması gerekmektedir [11].

Tasarımcı tehlikeleri tanımlarken şunları göz önünde bulundurmalıdır:

- Makinenin tüm yaşam döngüsü boyunca ilişkili olacağı insanlar,
- Makinenin olası durumları,
- Operatörün istemeden yaptığı davranışlar veya kabul edilebilir limitler içerisinde makinenin hatalı kullanım durumu.

### Risklerin tespit edilmesi

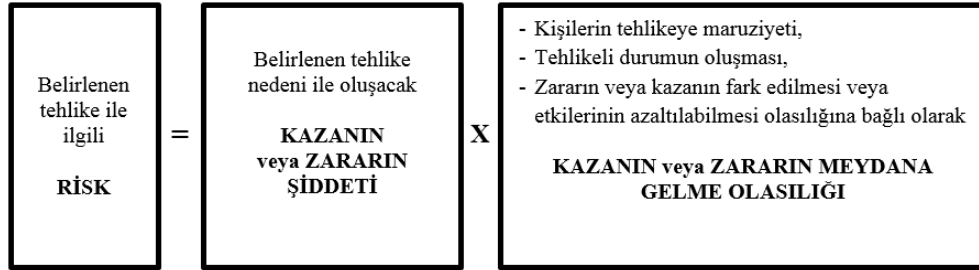
Tehlikeler tanımlandıktan sonra, tanımlanan her bir tehlikeli durum ile ilgili aşağıda verilen risk elemanlarının tespit edilmesi gerekmektedir.

Risk elemanları:

Belirli bir tehlikeli durum ile ilgili risk kazanın/zararın şiddeti ve meydana gelme olasılığı unsurlarına bağlıdır (Şekil 33).

Meydana gelme olasılığı, kişilerin tehlike ile etkileşiminin, tehlikeli bir durumun meydana gelmesinin ve tehlikenin bir teknisyen veya insan tarafından fark edilmesi veya zararın sınırlandırılması olasılığının bir fonksiyonu olarak belirlenmektedir.

Risk değerlendirmesi esnasında zararın veya hasarın olasılığını ve şiddetini belirlerken, çok küçük bir ihtimal olsa dahi öngörölebilecek en büyük olasılık ve şiddet göz önünde bulundurulmalıdır.



**Şekil 33. Risk Elemanları [11]**

Meydana gelme olasılığı Şekil 33’de gösterildiği gibi 3 faktöre bağlıdır. Bu faktörlerden ilki kişilerin tehlikeye maruziyeti zararın meydana gelme olasılığıdır. Bu maruziyet belirlenirken şu faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.

- Tehlikeli bölgeye erişme ve girme ihtiyacı (normal operasyon sırasında, işlev bozukluğunu düzeltmek için, bakım veya tamir için, vb.),
- Mecburi girişler (Materyallerin beslemenin manuel yapılması),
- Tehlikeli bölgede geçirilen zaman,
- Tehlikeli bölgeye girme ihtiyacı olan personel sayısı ve
- Giriş periyodu.

Bir tehlikeli durumun meydana gelmesi de zararın oluşma olasılığını etkileyen bir faktördür. Tehlikeli bir durumun meydana gelmesini kestirebilmek aşağıdaki faktörlerin iyi bilinmesini gerektirmektedir.

- Güvenilirlik ve diğer istatistiki veriler,
- Kaza geçmişi,
- Sağlık etkileri geçmişi ve benzer diğer makineler ile risklerinin karşılaştırılması.

Zararın azaltılması veya fark edilebilmesi olasılığı da zararın oluşma olasılığını etkilemektedir. Zararın fark edilebilmesi veya etkilerinin azaltılabilmesi olasılığı şu faktörlere bağlıdır:

- Tehlikeye maruz kalacak nitelikli veya niteliksiz farklı insanlar,
- Tehlikeli durumun ne kadar çabuklukta zarara yol açabileceği,

- Riskin nasıl farkına varılabildiği,
  - Genel bilgilerle,
  - Gözlem yoluyla,
  - Makine üzerindeki uyarı ışıkları ve göstergeler ile.
- İnsanın zararı fark etme ve önleme yeteneği (refleks, kaçma imkanı, yetenek, vb.)
- Pratik uygulama ve bilgi düzeyi.

#### Risk seviyelerinin belirlenmesi

Risk seviyesinin belirlenmesi için ANSI, RIA, CSA, EN ve ISO olmak üzere farklı metotlar bulunmaktadır. Literatür araştırması neticesinde ANSI B11.TR.3 standardının daha pratik ve verimli olduğu, çalışmalarda daha sık kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu sebeple bu tez çalışmasında ANSI B11.TR.3 standardı kullanılmıştır.

Standarda göre her bir tehlike veya tehlikeli durum için riskin seviyesi (RS):

$$RS = \text{Ş} \times O \quad (1)$$

formülü ile belirlenmektedir. Burada:

RS: Risk seviyesini,

O: Kaza olasılığını,

Ş: Kaza şiddetini ifade eder.

#### **1. Kaza Şiddeti (Ş)**

Kaza şiddeti meydana gelebilecek yaralanmanın veya hastalığın seviyesini ifade etmektedir. Bu seviye yaralanmanın veya hastalığın derecesi (ölümden, hafif yaralanmaya kadar) ile ilişkili tedavinin derecesine dayanmaktadır [18]. Kaza şiddetinin seviyeleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 1. Kaza şiddeti seviyeleri [18]**

| Kaza Şiddeti (Ş) |         |                                                                       |
|------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------|
| 4                | Ölümcül | Ölüm, uzuv kaybı veya hastalık (işe dönemez)                          |
| 3                | Ciddi   | Geçici iş göremezlik (işe dönebilir)                                  |
| 2                | Normal  | İlk yardımdan fazlasını gerektiren ciddi yaralanma                    |
| 1                | Az      | İlk yardımdan fazlasını gerektirmeyen yaralanma (iş zamanı kaybı yok) |

## 2. Kaza Olasılığı (O)

Kazanın meydana gelme olasılığı maruziyetin derecesi, süresi, maruz kalma sıklığı, eğitim ve farkındalık göz önünde bulundurularak belirlenmektedir. Kazanın meydana gelme olasılığının seviyeleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

**Tablo 2. Kazanın meydana gelme olasılıkları [18]**

| Kaza Olasılığı (O) |               |                                      |
|--------------------|---------------|--------------------------------------|
| 4                  | Büyük İhtimal | Meydana gelmesi neredeyse kesin olan |
| 3                  | Olası         | Olma ihtimali bulunan                |
| 2                  | Olası değil   | Olma ihtimali az ancak olabilir      |
| 1                  | Uzak İhtimal  | Sıfıra yakın bir olasılıkla          |

## 3. Risk Seviyesi (RS)

Belirlenen kaza şiddeti ve kaza olasılığı seviyelerine göre risk seviyesi Şekil 34’te verilen risk matrisi kullanılarak belirlenir. Risk seviyeleri Tablo 3’te gösterilmiştir.

| Kaza Olasılığı (O)   | Kaza Şiddeti (Ş) |              |               |           |
|----------------------|------------------|--------------|---------------|-----------|
|                      | 4<br>(Ölümcül)   | 3<br>(Ciddi) | 2<br>(Normal) | 1<br>(Az) |
| 4<br>(Büyük ihtimal) | 16               | 12           | 8             | 4         |
| 3<br>(Olası)         | 12               | 9            | 6             | 3         |
| 2<br>(Olası değil)   | 8                | 6            | 4             | 2         |
| 1<br>(Düşük ihtimal) | 4                | 3            | 2             | 1         |

**Şekil 34. Risk Matrisi [18]**

Risk seviyelerinin “Kabul edilemez”, “Yüksek”, veya “Dikkate değer” çıkması durumunda belirlenen risk azaltımı yöntemleri kullanılarak “Kabul edilebilir” seviyeye çekilmelidir.

**Tablo 3. Risk seviyeleri [18]**

| <b>Risk Seviyesi (RS)</b> |                  |                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1-2</b>                | Kabul edilebilir | Mevcut durumda sağlık ve güvenliği tehlikeye atacak çok az risk vardır. İlave tedbirlere gerek olmayabilir.                                                                                  |
| <b>3-4</b>                | Dikkate değer    | Az da olsa emniyet tedbirleri alınmasını gerektirecek kadar risk vardır. İlk fırsatta bu tedbirler uygulanmalıdır.                                                                           |
| <b>5-7</b>                | Yüksek           | Acil olarak emniyet tedbirleri alınmalıdır. İlgili yönetim birimleri haberdar edilmelidir.                                                                                                   |
| <b>8-16</b>               | Kabul edilemez   | Çok acil olarak emniyet tedbirleri alınmalı, yeterli kontrol tedbirleri alınıncaya kadar ekipmanlar kullanılmamalı, çalışanlar uzak tutulmalı ve ilgili yönetim birimi haberdar edilmelidir. |

## **ELEKTRONİK KORUYUCU EKİPMANLARIN KURULUMU İÇİN TEMEL GEREKSİNİMLER**

Çalışanların makinelerin tehlikeli hareketlerine karşı korunması amacı ile elektronik koruyucu ekipmanlar kullanılmaktadır. Bu koruyucu ekipmanların insanları etkin bir şekilde koruyabilmeleri ve fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için güvenlik mesafesi olarak adlandırılan, tehlikeli bölge ile koruyucu ekipmanın bulunduğu nokta arasında belli bir mesafe bulunmalıdır. Tezin bu bölümünde insan uzuvlarının hareket hızına bağlı olarak elektronik koruyucu ekipmanların konumlandırılmasından ve bahsi geçen mesafelerin belirlenmesinden bahsedilmektedir.

Uzuvların yaklaşım hızlarına bağlı olarak parametrelerin ve tehlikeli bölge ile algılama bölgesi veya koruyucu ekipman arasındaki minimum güvenlik mesafelerinin belirlenmesi ile ilgili metodoloji ISO 13855:2010 Standardı referans alınarak anlatılmaktadır.

Kullanılan yaklaşım hızları (yürüme hızı veya üst uzuv hareketleri), ISO 13855:2010 standardında pratik olarak test edilerek kanıtlanmış değerlerdir. Güvenlik mesafelerinin belirlenmesinde ve koruyucu ekipmanların konumlandırılmasında tipik yaklaşımlar göz önünde bulundurulmakta, koşma, zıplama veya düşme durumları bu kapsamda değerlendirilmemektedir.

Elektronik koruyucu ekipmanların doğru konumlandırılması için TS EN ISO 13855:2010 standardına göre uygulanacak metodoloji Şekil 36'da şema olarak gösterilmektedir [17].

### **Sistemin Durma Performansı ve Minimum Mesafenin Hesaplanması**

#### Sistemin durma performansı:

Sistemin durma performansı iki aşamadan oluşmaktadır ve Eş. 2 ile hesaplanmaktadır [17].

$$T = t_1 + t_2 \quad (2)$$

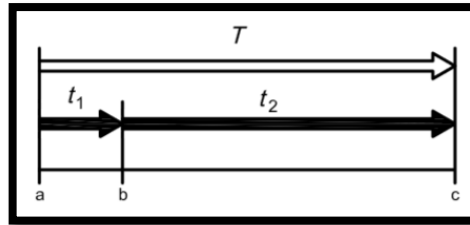
Burada;

$T$  = sistemin genel durma performansı

$t_1$  = koruyucu ekipmanın harekete geçmesi ile koruyucu çıkış sinyalinin OFF (kapalı) konuma gelmesi arasında geçen maksimum zaman

$t_2$  = makinenin tehlikeli hareketinin sonlanması ile koruyucu çıkış sinyalinin OFF (kapalı) konumuna gelmesi arasında geçen durma zamanı (kontrol sisteminin tepki süresi dahildir)

$t_1$  ve  $t_2$  değeri, sıcaklık, valflerin açıp-kapanma süresi, parçaların eskimesi gibi faktörlere göre değişkenlik göstermektedir.  $t_1$  ve  $t_2$  arasındaki ilişki Şekil 35'te gösterilmektedir. Bu iki zaman değerlendirilirken ölçümlerden ve hesaplamalardan gelen ölçüm belirsizliklerini de içermelidir.



**Şekil 35.  $t_1$  ve  $t_2$  arasındaki ilişki [17]**

**a: Koruyucunun harekete geçmesi b: Koruyucunun çalışması (OFF sinyalinin üretilmesi) c: Tehlikeli hareketin sonlanması (güvenli kondisyon)**

$T$  ile ifade edilen sistemin durma performansı koruyucu ekipmanın konumlandırılması için oldukça önemli bir parametredir [17]. Makinenin çalıştığı zaman boyunca parçaların

eskimesi ve benzeri nedenlerle bu süre bozulabilmektedir. Bu nedenle ölçüm yapılarak sürenin doğruluğundan emin olunmalıdır.

Minimum mesafeler:

Koruyucu ekipmanın tam koruma sağlaması için gerekli olan ve tehlikeli bölge ile koruyucu ekipman arasındaki mesafe olan minimum mesafe Eş. 3'e göre hesaplanmaktadır:

$$S = (K \times T) + C \quad (3)$$

Burada;

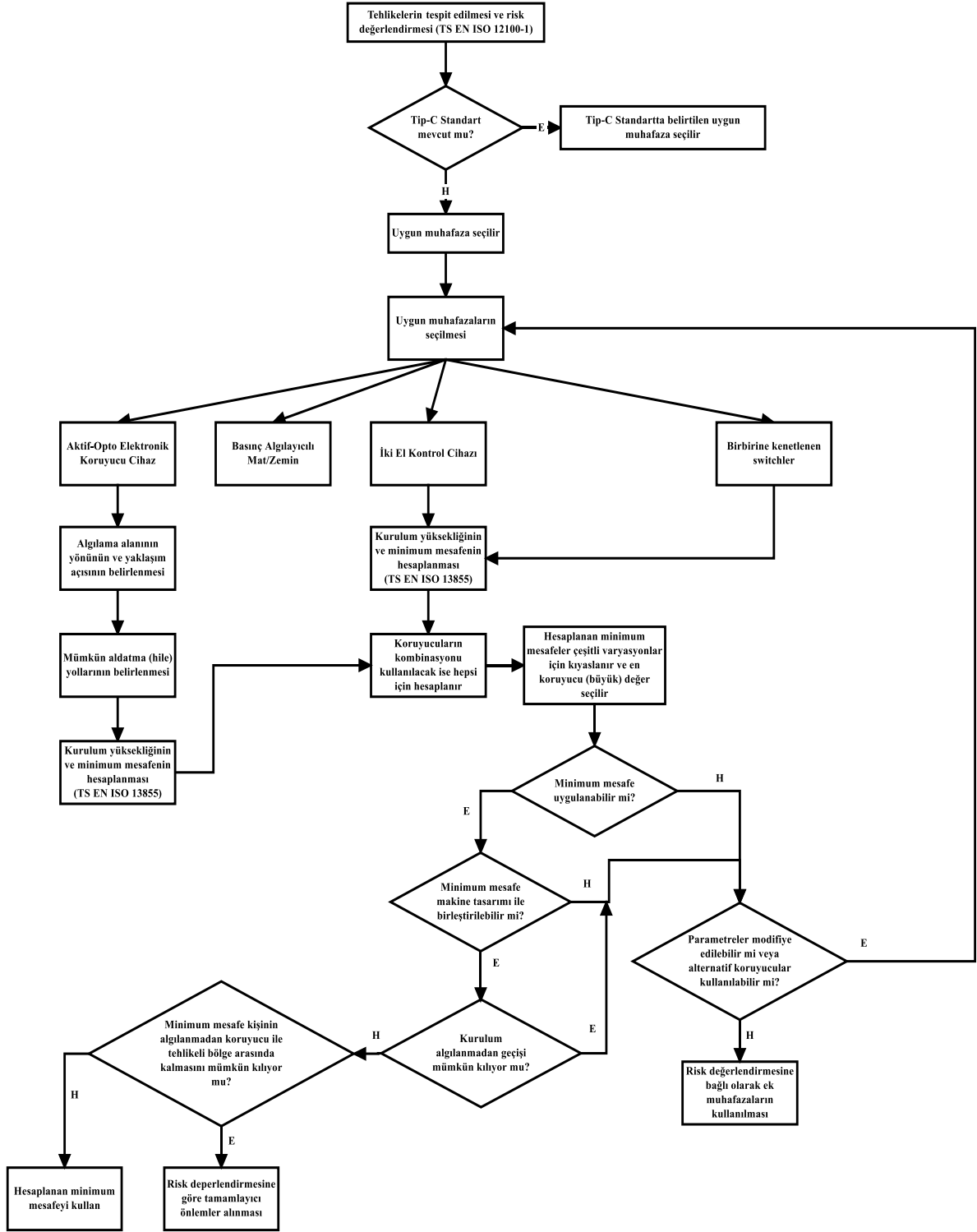
$S$ = Minimum mesafe (mm)

$K$ = Vücut veya uzuvlarının yaklaşım hızından türetilen parametre (mm/sn)

$T$ = sistemin durma performansı (sn)

$C$ = İhlal mesafesi (mm)

Her koruyucu türü için minimum mesafelerin hesaplanması farklılık göstermektedir. Her bir koruyucu türü için kullanılacak hesaplamalar TS EN ISO 13855 ve TS EN ISO 13857 standartlarında anlatılmaktadır.



**Şekil 36. Metodoloji [17]**

## BULGULAR

Saha çalışması neticesinde elde edilen bulgular iki bölümde sunulmaktadır. Birinci bölüm EK-2’de verilen Makinelerde Risk Değerlendirmesi Saha Kayıt Formu ile elde edilen bulguların yer aldığı Genel Bulgular bölümü, ikinci bölüm ise her bir makine için risk değerlendirmesi sonucunda elde edilen bulguların yer aldığı Risk Değerlendirmesi Bulguları bölümüdür.

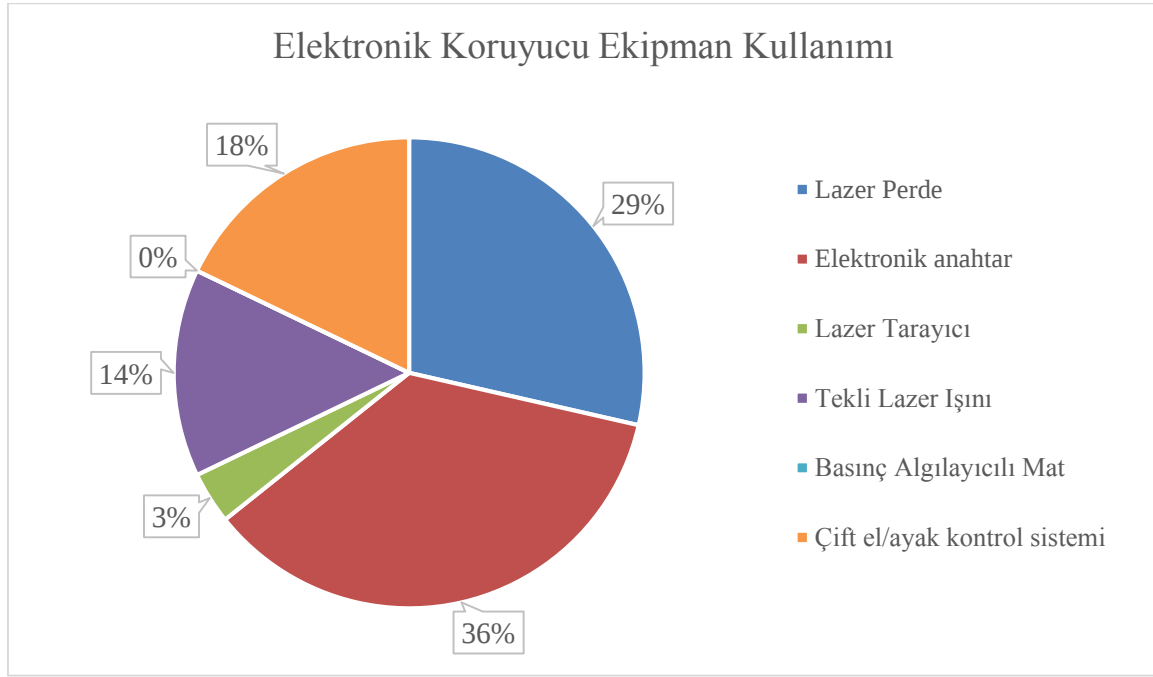
Risk değerlendirmesi yapılan makineler Tablo 4’te gösterilmektedir. Makineler ile ilgili tutulan kayıtların ve bilgilerin karışmaması için her bir makine için Referans Numarası adıyla bir kod verilmiştir. Tez içerisinde makinelerden bu kod ile bahsedilmektedir.

**Tablo 4. Makine Listesi**

| Referans No. | Makine Adı                | Referans No. | Makine Adı              |
|--------------|---------------------------|--------------|-------------------------|
| F01.M01      | Eksantrik Pres            | F03.M02      | Şerit Kesme Makinesi    |
| F01.M02      | CNC Abkant Büküm Presi    | F03.M03      | Plaka Taşıma Kolu       |
| F01.M03      | CNC Giyotin Makas         | F03.M04      | Plaka İstifleme         |
| F02.M01      | Montaj Hattı Kızağı       | F03.M05      | Plaka Besleme Robotu    |
| F02.M02      | Birleştirme Tezgahı       | F03.M06      | Akü İndirme Kolu        |
| F02.M03      | Yiv Açma Makinesi         | F03.M07      | Boş Kutu Besleme Robotu |
| F02.M04      | CNC Dişli Üretim Makinesi | F03.M08      | Kuka Robotu             |
| F03.M01      | Şerit Kaynak Makinesi     | F03.M09      | Zarflama Makinesi       |

## GENEL BULGULAR

Bu bölümde, saha çalışması kapsamında çalışma yapılan makineler ile ilgili elde edilen genel bulgulara yer verilmektedir. Tablo 4’te listelenmiş olan makinelerde gerçekleştirilen risk değerlendirmesi neticesinde makinelerde kullanılan elektronik koruyucu ekipmanların türlerine göre dağılımı Şekil 37’de grafik şeklinde gösterilmektedir. Grafik yalnızca elektronik koruyucu ekipmanları içermekte olup sabit muhafazalar vb. koruyucuları kapsamamaktadır.

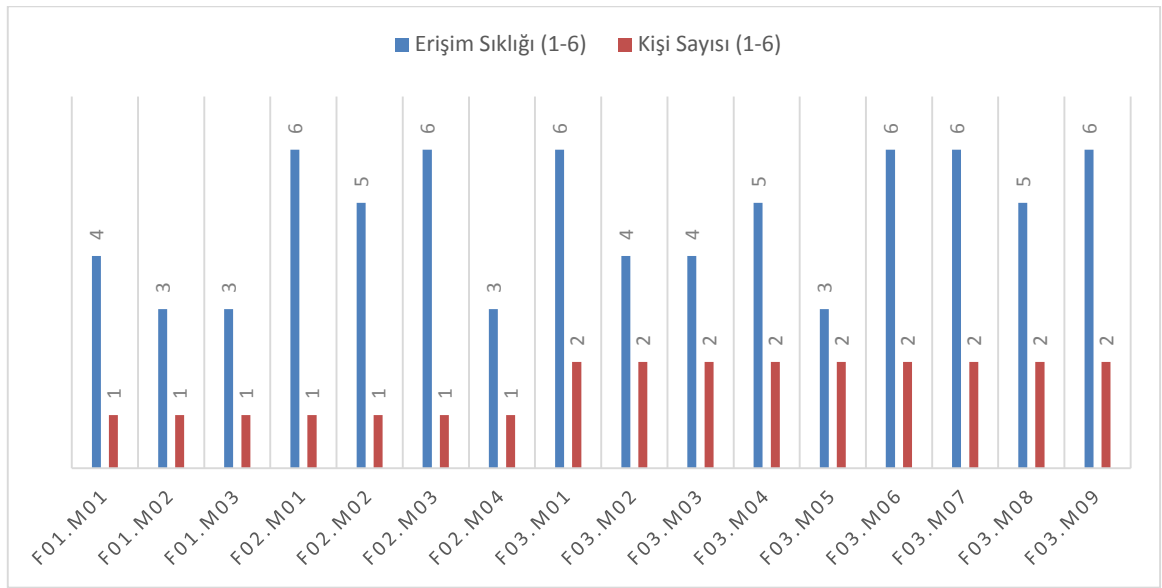


**Şekil 37. Elektronik koruyucu ekipmanların dağılımı**

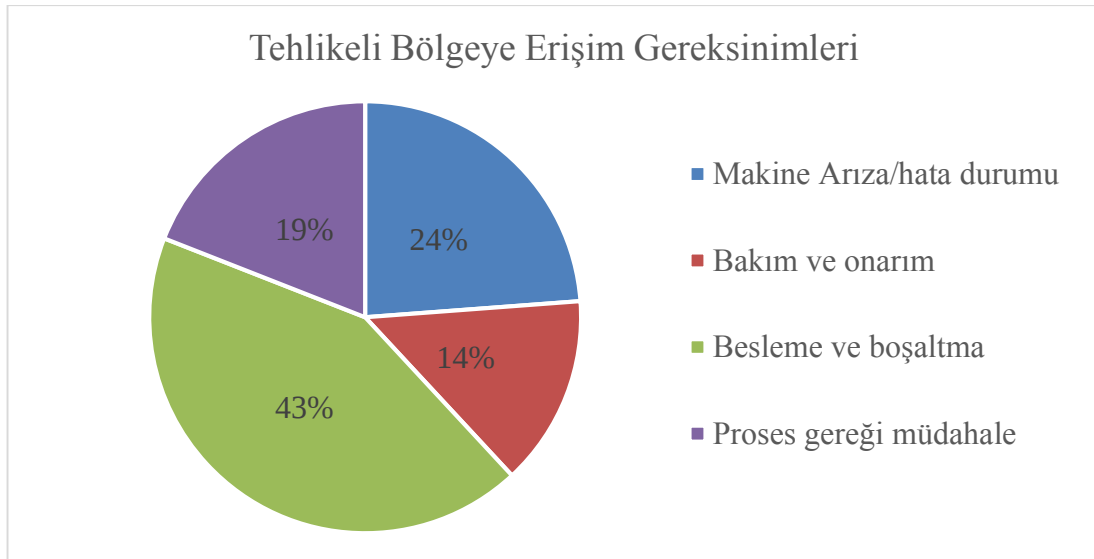
Makine operatörlerinin veya fabrika çalışanlarının Tablo 4’te yer alan makinelerin sahip olduğu tehlikeli bölge ve tehlikeli noktalara erişim sıklıklarının ve erişim gereksinimlerinin nedenlerinin dağılımı Şekil 38 ve Şekil 39’da gösterilmektedir. Şekil 38’de tehlikeli bölgeye erişim sıklığı ve bu bölgeye erişmesi gereken kişi sayısı 1 ile 6 arasında bir sayı ile gösterilmektedir. 1 Sayısı erişim sıklığı olarak “yaklaşık yılda bir defa” erişim sıklığını ifade ederken, 6 sayısı erişim sıklığı olarak “bir saatte birden fazla erişim” gereksinimini ifade etmektedir. Bu veriler Tablo 5’te daha detaylı olarak gösterilmektedir.

**Tablo 5. Erişim Sıklığı ve Kişi Sayısı Tablosu**

| Tehlikeli bölgeye erişim sıklığı |          |                           | Tehlikeli bölgeye erişmesi gereken kişi sayısı |             |
|----------------------------------|----------|---------------------------|------------------------------------------------|-------------|
| Değer                            | Sıklık   | Açıklamalar               | Değer                                          | Kişi Sayısı |
| 1                                | Yıllık   | Yaklaşık yılda 1 defa     | 1                                              | 1 kişi      |
| 2                                | Aylık    | Yaklaşık ayda 1 defa      | 2                                              | 2-3 kişi    |
| 3                                | Haftalık | Yaklaşık haftada 1 defa   | 3                                              | 4-7 kişi    |
| 4                                | Günlük   | Yaklaşık günde 1 defa     | 4                                              | 7-15 kişi   |
| 5                                | Saatlik  | Saat başı                 | 5                                              | 16-50 kişi  |
| 6                                | Sürekli  | Bir saatte birden çok kez | 6                                              | >50 kişi    |



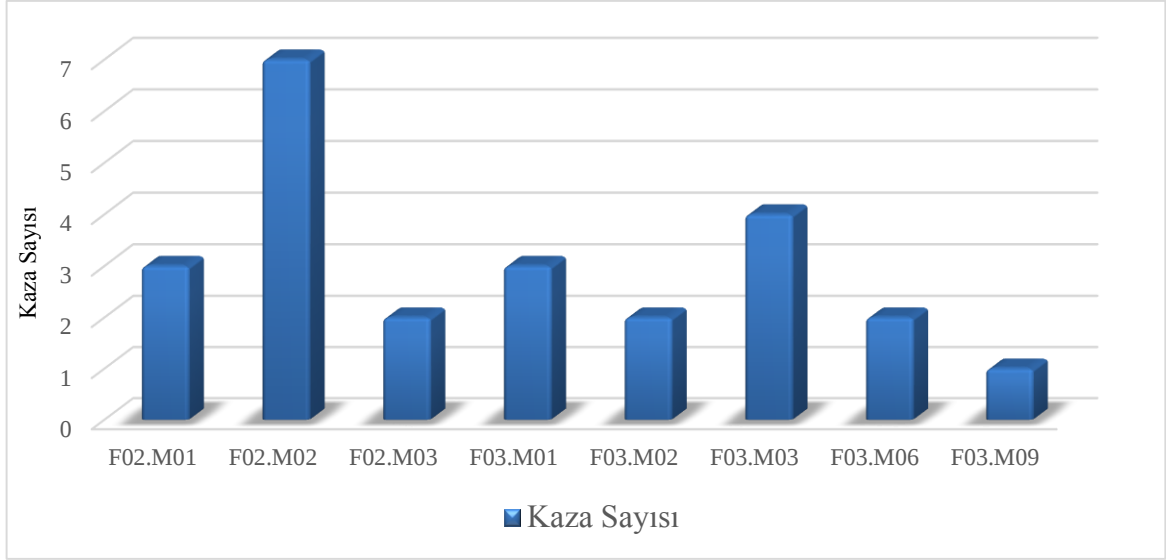
**Şekil 38. Tehlikeli bölgeye erişim verileri**



**Şekil 39. Tehlikeli bölgeye erişim gereksinimleri**

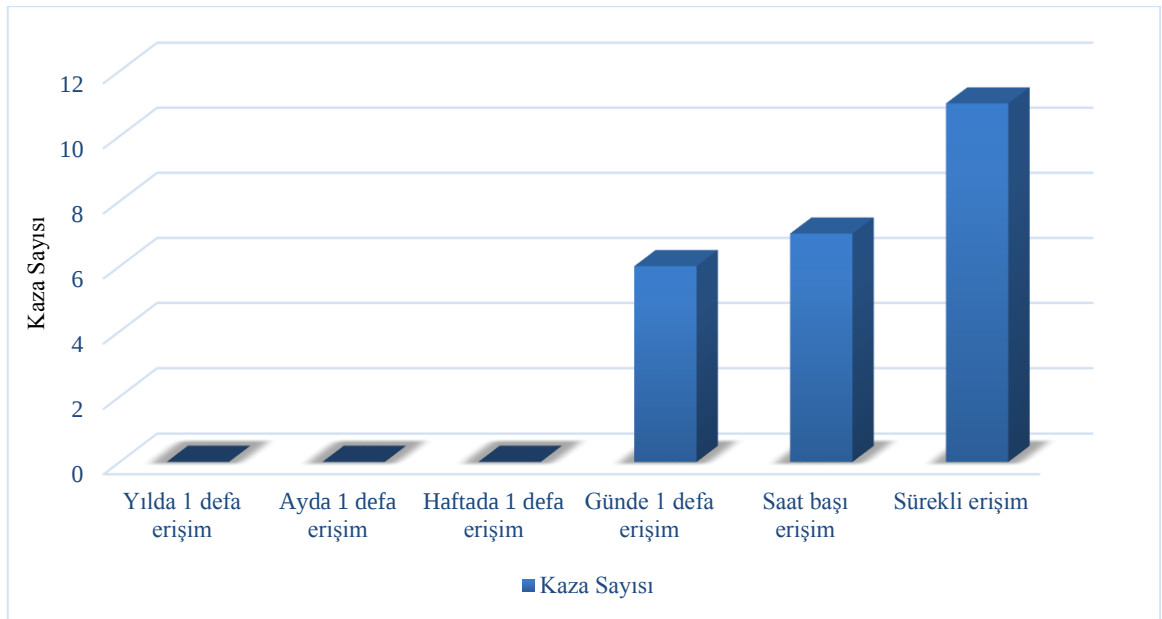
## Kaza Verileri

Risk değerlendirmesi gerçekleştirilen makineler için, fabrikaların iş güvenliği uzmanlarından alınan 1 yıllık kaza verilerine göre elde edilen veriler şekil 40-44'te gösterilmektedir. Kaza sayılarının makinelere göre dağılımı şekil 40'da gösterilmektedir.



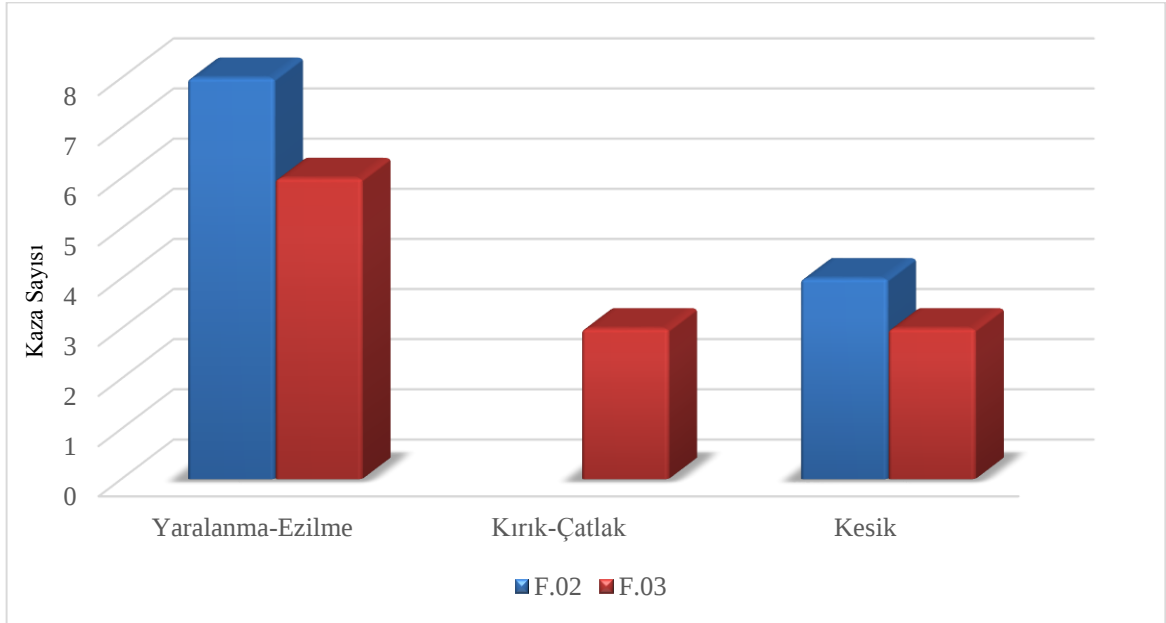
şekil 40. Kazaların makinelere göre dağılımı

Risk değerlendirmesi gerçekleştirilen makinelerdeki tehlikeli bölgeye/noktaya erişim sıklığına (Günde bir defa erişim, saat başı erişim. vb.) göre meydana gelen kaza sayılarının dağılımı şekil 41'de gösterilmektedir.

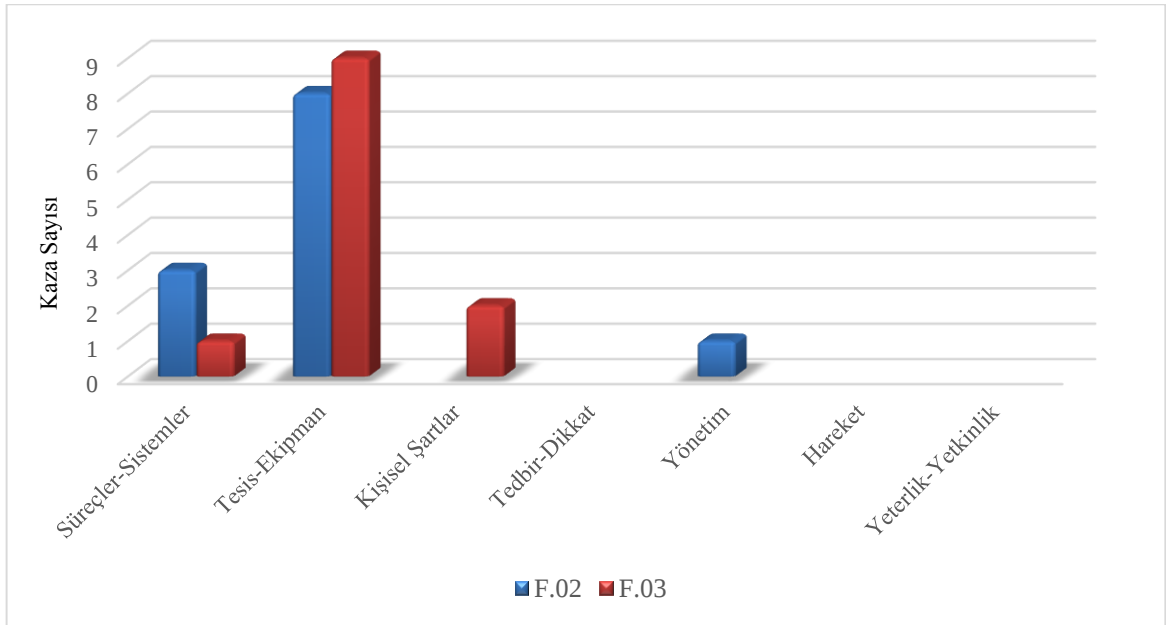


şekil 41. Erişim sıklığına göre kaza sayıları

Meydana gelen kazalar ile ilgili fabrikanın iş güvenliği uzmanları tarafından gerçekleştirilen analizler sonucunda elde edilen veriler Şekil 42-43'te gösterilmektedir.

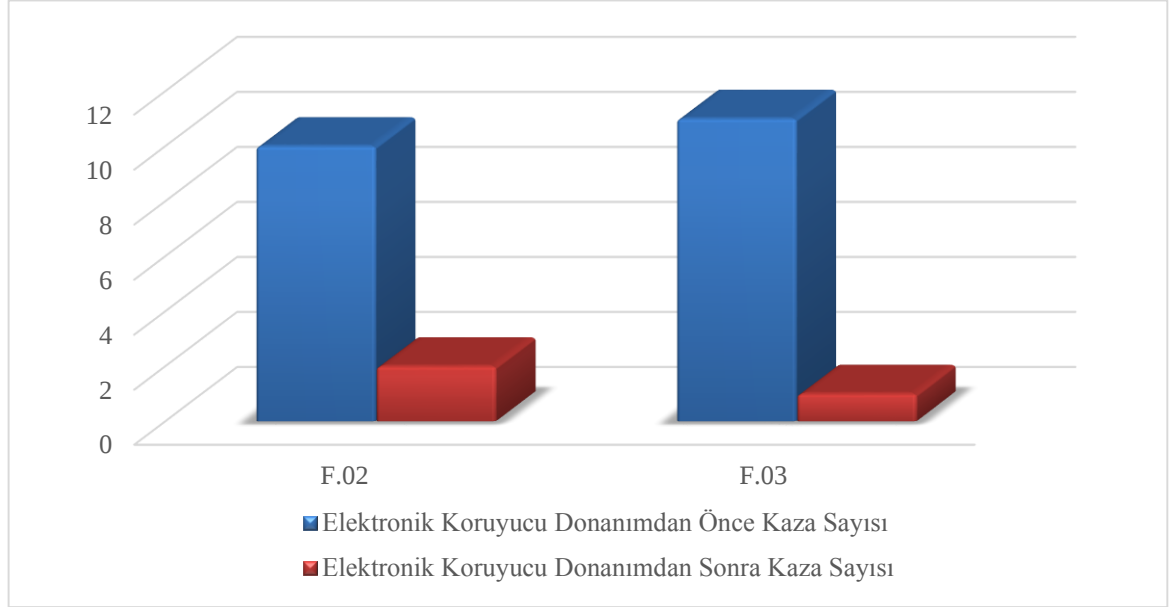


**Şekil 42. Kaza Analizi - Yaralanma tipi**



**Şekil 43. Kaza Analizi – Kök neden sınıflandırması**

Makinelerde elektronik koruyucu donanımdan önce meydana gelen iş kazası sayıları ile elektronik koruyucu donanımın kurulmasından sonra meydana gelen iş kazası sayılarının grafiksel gösterimi ise Şekil 44'te gösterilmektedir.



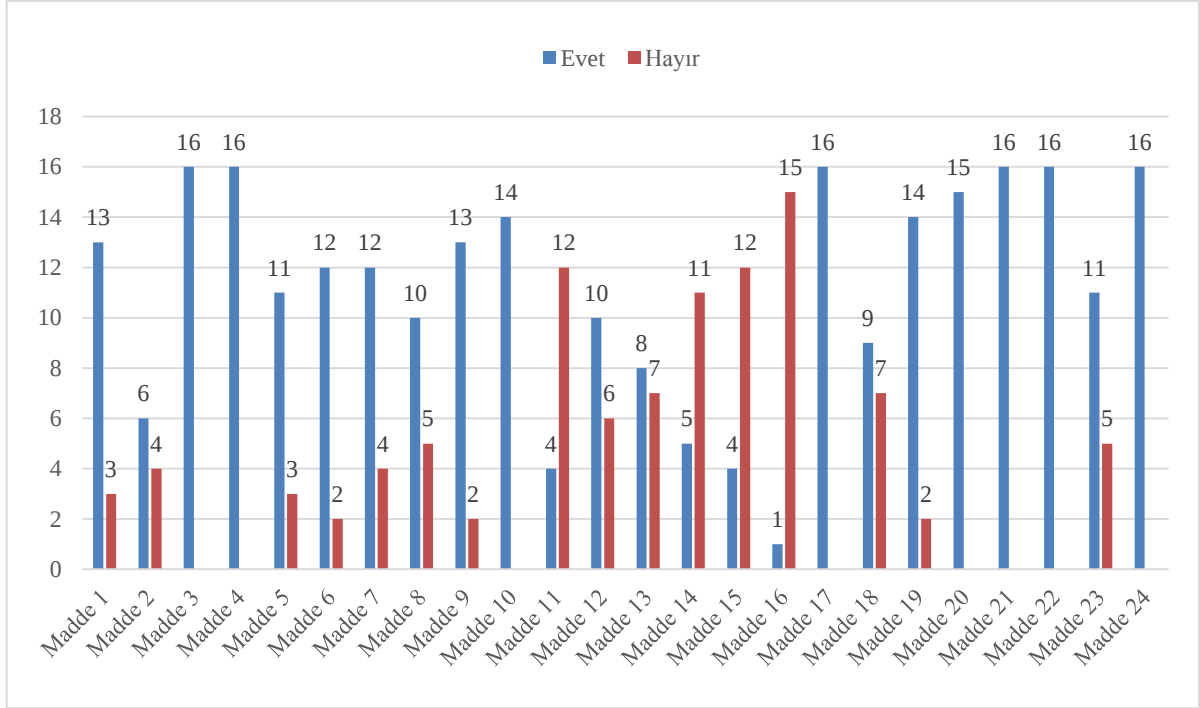
**Şekil 44. Kaza Verileri**

## Muhafaza ve Koruyucu Ekipmanların Uygunluğu

Tablo 4’te listesi verilen makinelerin sahip oldukları, başta elektronik koruyucu donanımlar olmak üzere tehlikeli bölgeyi/noktayı koruma altına alan tüm koruyucu muhafaza ve tertibatların uygunluğunu değerlendirmek için EK-2’de sunulan saha kayıt formu doldurulmuştur. Form içerisinde yer alan kontrol listesinden elde edilen veriler ve bu veriler ışığında elde edilen bulgular Tablo 6 ve Şekil 45’te sunulmuştur.

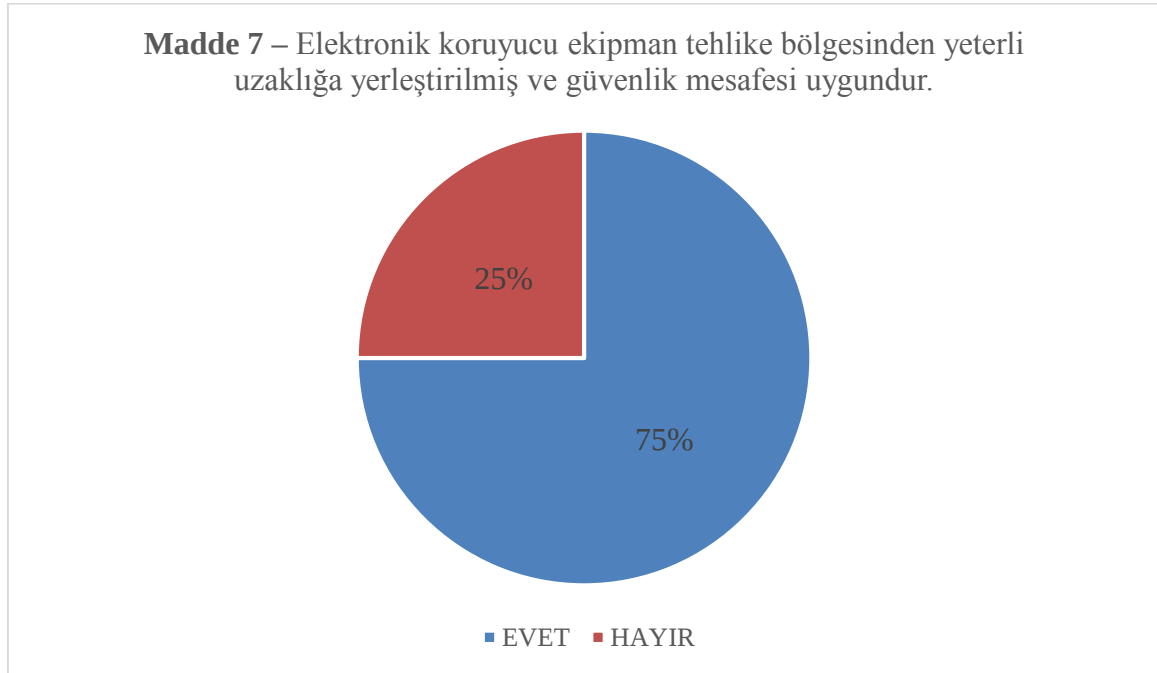
**Tablo 6. Kontrol listesi soruları ve cevapların dağılımı**

| Madde | Sorular                                                                                                                                                   | Evet | Hayır |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|
| 1     | Koruyucu gerçekten güvenli ve kolayca kaldırılamaz.                                                                                                       | 13   | 3     |
| 2     | Malzeme veya nesnelerin fırlamasına karşı koruma sağlıyor.                                                                                                | 6    | 4     |
| 3     | Koruyucu makinenin nispeten kolay, güvenli ve konforlu çalışmasını sağlıyor.                                                                              | 16   | -     |
| 4     | İlave bir tehlike ortaya çıkarmıyor.                                                                                                                      | 16   | -     |
| 5     | Makineye koruyucu kaldırılmadan müdahale edilemiyor.                                                                                                      | 11   | 3     |
| 6     | Koruyucu kaldırıldığında makine otomatik olarak kapanıyor.                                                                                                | 12   | 2     |
| 7     | Tehlike bölgesinden yeterli uzaklığa yerleştirilmiş. Güvenlik mesafesi uygundur.                                                                          | 12   | 4     |
| 8     | Mevcut koruyucu geliştirilebilir.                                                                                                                         | 10   | 5     |
| 9     | Makinede operasyon bölgesi koruması var.                                                                                                                  | 13   | 2     |
| 10    | Operatörü tehlikeli bölgeden koruyor.                                                                                                                     | 14   | -     |
| 11    | Koruyucunun kurcalandığının veya kaldırıldığının kanıtları var.                                                                                           | 4    | 12    |
| 12    | Daha efektif ve pratik bir koruyucu önerilebilir.                                                                                                         | 10   | 6     |
| 13    | Makinede tasarım değişikliği ile operasyon bölgesindeki tehlike ortadan kaldırılabilir.                                                                   | 8    | 7     |
| 14    | Korumaya alınmamış dişliler, çarklar bulunuyor.                                                                                                           | 5    | 11    |
| 15    | Korumaya alınmamış kayışlar, zincirler bulunuyor.                                                                                                         | 4    | 12    |
| 16    | Korumaya alınmamış ayar vidaları, manşonlar bulunuyor.                                                                                                    | 1    | 15    |
| 17    | Başlatma ve durdurma kontrol ünitesi operatörün kolay ulaşacağı bir yerde.                                                                                | 16   | -     |
| 18    | Koruyucular makinenin yardımcı aparatları dahil tüm hareketli aksamalarını kapsıyor.                                                                      | 9    | 7     |
| 19    | Operatörler koruyucu donanımı nasıl kullanacağı hakkında gerekli eğitimleri almış.                                                                        | 14   | 2     |
| 20    | Operatörler nasıl ve hangi koşullar altında koruyucu donanımı kaldırabilecekleri konusunda bilgi sahibi.                                                  | 15   | -     |
| 21    | Operatörler koruyucu hasar gördüğünde, kaybolduğunda veya koruyucunun yetersiz kaldığını fark ettiklerinde hangi prosedürleri izleyeceklerini biliyorlar. | 16   | -     |
| 22    | Makine kişisel koruyucu donanım gerektiriyor.                                                                                                             | 16   | -     |
| 23    | KKD gerekiyorsa, bunlar iş için uygun, temiz, hijyenik, iyi durumda ve dikkatli bir şekilde saklanıyorlar.                                                | 11   | 5     |
| 24    | Operatörler işin güvenliğine uygun giyinmiyorlar.                                                                                                         | 16   | -     |



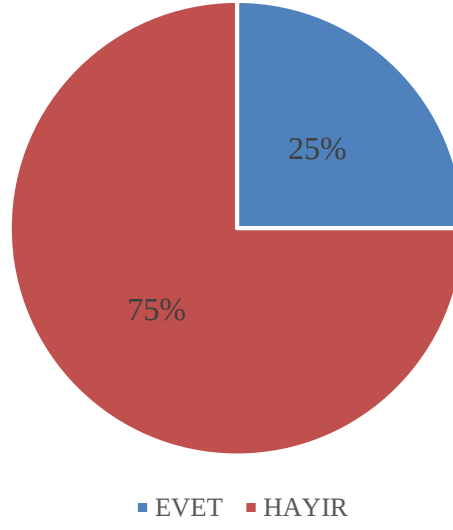
**Şekil 45.** Kontrol listesi için sonuçların genel dağılımı

EK-2’de sunulan saha kayıt formunda yer alan kontrol listesi Tablo 4’te yer alan makinelere uygulanmış ve elde edilen sonuçlara göre tüm cevapların dağılımı Şekil 45’te sunulmuştur. Kontrol listesinde yer alan bazı sorular için cevapların dağılımı Şekil 46-50’de daha detaylı olarak gösterilmektedir.



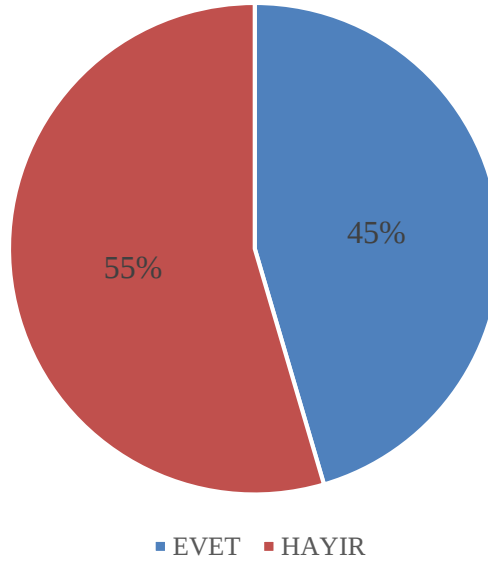
**Şekil 46.** Kontrol listesi Madde 7 için cevapların dağılımı

**Madde 11** – Koruyucunun kurcalandığının veya devre dışı bırakıldığının kanıtları var.



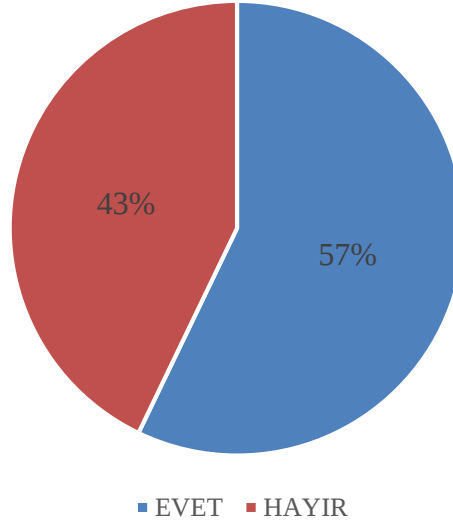
**Şekil 47. Kontrol listesi Madde 11 için cevapların dağılımı**

**Madde 12** – Daha etkili ve pratik bir koruyucu önerilebilir.



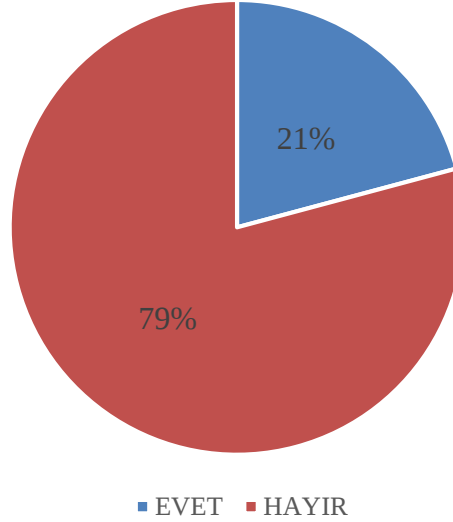
**Şekil 48. Kontrol listesi Madde 12 için cevapların dağılımı**

**Madde 13** – Makinede tasarım değişikliği ile operasyon bölgesindeki tehlike ortadan kaldırılabilir.



**Şekil 49. Kontrol listesi Madde 13 için cevapların dağılımı**

**Madde 14/15/16** – Makinede korumaya alınmamış dişliler, çarklar, kayışlar, zincirler, manşonlar bulunuyor.



**Şekil 50. Kontrol listesi Madde 14/15/16 için cevapların dağılımı**

## RİSK DEĞERLENDİRMESİ BULGULARI

### Risk Değerlendirmesi Sonuçları

Gerçekleştirilen risk değerlendirmesi için detaylı sonuçlar EK-4’te sunulmuştur. Risk değerlendirmesi yapılan 16 adet makine için özet sonuçlar Tablo 7-10’da gösterilmektedir.

Tablo 7. Risk Değerlendirmesi için Özet Sonuçlar-1

| Makine  | Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Etkileri             | Elektronik koruyucu ekipman devre dışı |   |    | Elektronik koruyucu ekipman devrede |   |    | Artık riskler |   |    |
|---------|----------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|---|----|-------------------------------------|---|----|---------------|---|----|
|         |                                              |                            | O                                      | Ş | RS | O                                   | Ş | RS | O             | Ş | RS |
| F01.M01 | Kinetik enerji                               | Sürtünme, aşınma           | 2                                      | 2 | 4  | 2                                   | 2 | 4  | 1             | 1 | 1  |
|         | Sabit kısma yaklaşan hareketli elemanlar     | Çiğneme                    | 3                                      | 3 | 9  | 2                                   | 3 | 6  | 2             | 2 | 4  |
|         | Hareketli elemanlar                          | Kapma, sıkışma, çekme      | 2                                      | 2 | 4  | 2                                   | 2 | 4  | 1             | 1 | 1  |
|         | Dönen elemanlar                              | Kapma, sıkışma, çekme      | 2                                      | 2 | 4  | 2                                   | 2 | 4  | 1             | 1 | 1  |
| F01.M02 | Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çiğneme                    | 3                                      | 4 | 12 | 1                                   | 2 | 2  | 1             | 2 | 2  |
|         | Kesici kısımlar                              | Kesme veya ciddi yaralanma | 2                                      | 2 | 4  | 1                                   | 2 | 2  | 1             | 2 | 2  |
| F01.M03 | Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Kesme ve ciddi yaralanma   | 3                                      | 3 | 9  | 2                                   | 2 | 4  | 1             | 1 | 1  |
|         | Kesici kısımlar                              | Kesme ve ciddi yaralanma   | 3                                      | 1 | 3  | 2                                   | 1 | 2  | 2             | 1 | 2  |

Tablo 8. Risk Değerlendirmesi için Özet Sonuçlar-2

| Makine  | Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Etkileri             | Elektronik koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında |   |    | Mevcut elektronik koruyucu donanımlar devreye alındığında |   |    | Artık riskler |   |    |
|---------|----------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------|---|----|-----------------------------------------------------------|---|----|---------------|---|----|
|         |                                              |                            | O                                                     | Ş | RS | O                                                         | Ş | RS | O             | Ş | RS |
| F02.M01 | Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çiğneme                    | 4                                                     | 2 | 8  | 3                                                         | 2 | 6  | 2             | 1 | 2  |
|         |                                              | Darbe                      | 3                                                     | 2 | 6  | 2                                                         | 2 | 4  | 1             | 1 | 1  |
|         | Düşen nesneler                               | Çarpma sonucu ezme         | 2                                                     | 2 | 4  | 2                                                         | 2 | 4  | 1             | 1 | 1  |
|         |                                              | Darbe                      | 2                                                     | 2 | 4  | 2                                                         | 2 | 4  | 1             | 1 | 1  |
|         | Hareketli elemanlar                          | Kapma, sıkışma, çekme      | 3                                                     | 3 | 9  | 3                                                         | 1 | 3  | 1             | 1 | 1  |
|         |                                              | Kayma, takılma, düşme      | 3                                                     | 2 | 6  | 3                                                         | 1 | 3  | 1             | 1 | 1  |
| F02.M02 | Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çiğneme                    | 4                                                     | 2 | 8  | 3                                                         | 1 | 3  | 1             | 1 | 1  |
|         |                                              | Kesme veya ciddi yaralanma | 4                                                     | 3 | 12 | 3                                                         | 1 | 3  | 1             | 1 | 1  |
| F02.M03 | Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çiğneme                    | 2                                                     | 2 | 4  | 2                                                         | 2 | 4  | 1             | 2 | 2  |
|         | Kesici kısımlar                              | Kesme veya ciddi yaralanma | 3                                                     | 2 | 6  | 2                                                         | 2 | 4  | 1             | 1 | 1  |
| F02.M04 | Kinetik enerji                               | Atma, fırlatma             | 4                                                     | 2 | 8  | 2                                                         | 2 | 4  | 1             | 2 | 2  |
|         |                                              | Kapma, sıkışma, çekme      | 3                                                     | 3 | 9  | 2                                                         | 2 | 4  | 1             | 2 | 2  |
|         | Kesici kısımlar                              | Kesme veya ciddi yaralanma | 3                                                     | 4 | 12 | 2                                                         | 2 | 4  | 1             | 2 | 2  |
|         | Dönen elemanlar                              | Yüzülme                    | 2                                                     | 3 | 6  | 2                                                         | 2 | 4  | 1             | 2 | 2  |

Tablo 9. Risk Değerlendirmesi için Özet Sonuçlar-3

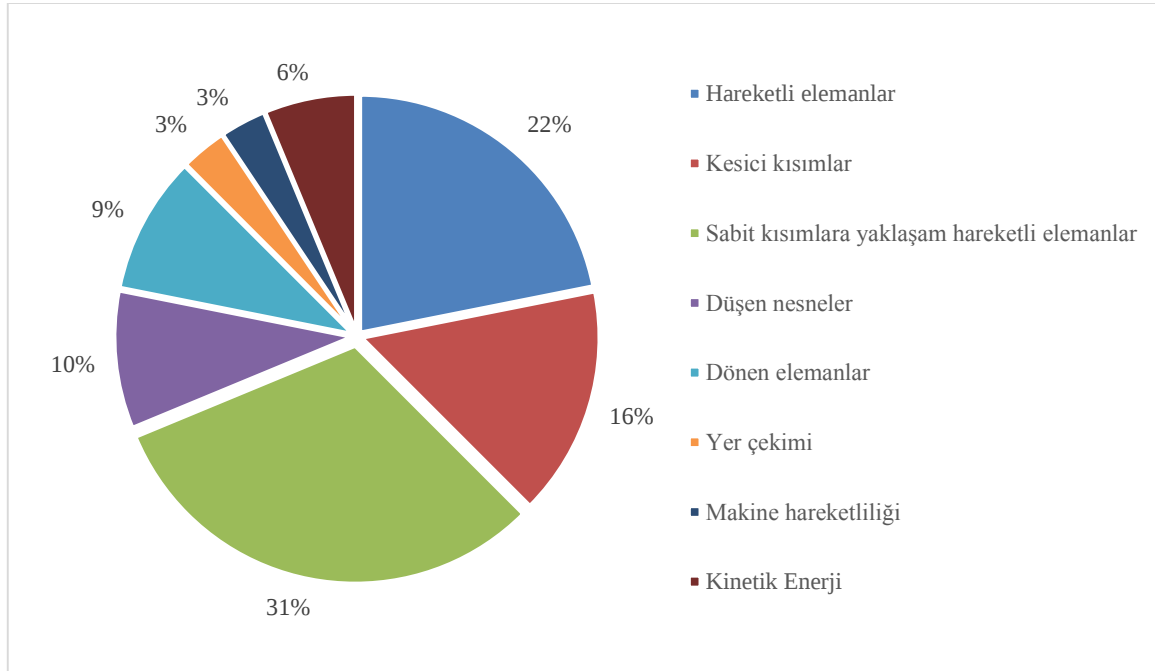
| Makine  | Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Etkileri             | Elektronik koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında |   |    | Mevcut elektronik koruyucu donanımlar devreye alındığında |   |    | Artık riskler |   |    |
|---------|----------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------|---|----|-----------------------------------------------------------|---|----|---------------|---|----|
|         |                                              |                            | O                                                     | Ş | RS | O                                                         | Ş | RS | O             | Ş | RS |
| F03.M01 | Hareketli elemanlar                          | Çiğneme                    | 4                                                     | 3 | 12 | 2                                                         | 3 | 6  | 1             | 3 | 3  |
| F03.M02 | Kesici kısımlar                              | Kesme veya ciddi yaralanma | 4                                                     | 2 | 8  | 3                                                         | 2 | 6  | 1             | 1 | 1  |
|         | Hareketli elemanlar                          | Çiğneme                    | 4                                                     | 3 | 12 | 2                                                         | 3 | 6  | 1             | 1 | 1  |
| F03.M03 | Sabit kısımlara yaklaşan hareketli elemanlar | Çarpma sonucu ezme         | 3                                                     | 3 | 9  | 2                                                         | 3 | 6  | 1             | 2 | 2  |
|         | Sabit kısımlara yaklaşan hareketli elemanlar | Darbe                      | 2                                                     | 3 | 6  | 1                                                         | 3 | 3  | 1             | 2 | 2  |
| F03.M04 | Sabit kısımlara yaklaşan hareketli elemanlar | Çiğneme                    | 2                                                     | 3 | 6  | 1                                                         | 2 | 2  | 1             | 1 | 1  |
|         |                                              | Kapma, sıkışma, çekme      | 3                                                     | 2 | 6  | 1                                                         | 2 | 2  | 1             | 1 | 1  |
|         | Düşen nesneler                               | Çiğneme                    | 2                                                     | 4 | 8  | 1                                                         | 4 | 4  | 1             | 2 | 2  |
| F03.M05 | Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çarpma sonucu ezme         | 2                                                     | 3 | 6  | 1                                                         | 3 | 3  | 1             | 2 | 2  |
|         |                                              | Darbe                      | 3                                                     | 3 | 9  | 2                                                         | 3 | 6  | 1             | 2 | 2  |
|         | Hareketli elemanlar                          | Kapma, sıkışma, çekme      | 2                                                     | 2 | 4  | 1                                                         | 2 | 2  | 1             | 1 | 1  |
|         | Dönen elemanlar                              | Kapma, sıkışma, çekme      | 2                                                     | 2 | 4  | 2                                                         | 2 | 4  | 1             | 1 | 1  |
| F03.M06 | Yer çekimi                                   | Çiğneme                    | 2                                                     | 3 | 6  | 1                                                         | 2 | 2  | 1             | 2 | 2  |
| F03.M07 | Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çarpma sonucu ezme         | 3                                                     | 4 | 12 | 2                                                         | 3 | 6  | 1             | 2 | 2  |
|         | Hareketli elemanlar                          | Çiğneme                    | 2                                                     | 2 | 4  | 1                                                         | 2 | 2  | 1             | 2 | 2  |
|         |                                              | Kapma, sıkışma, çekme      | 2                                                     | 2 | 4  | 1                                                         | 2 | 2  | 1             | 2 | 2  |

Tablo 10. Risk Değerlendirmesi için Özet Sonuçlar-4 (Devam)

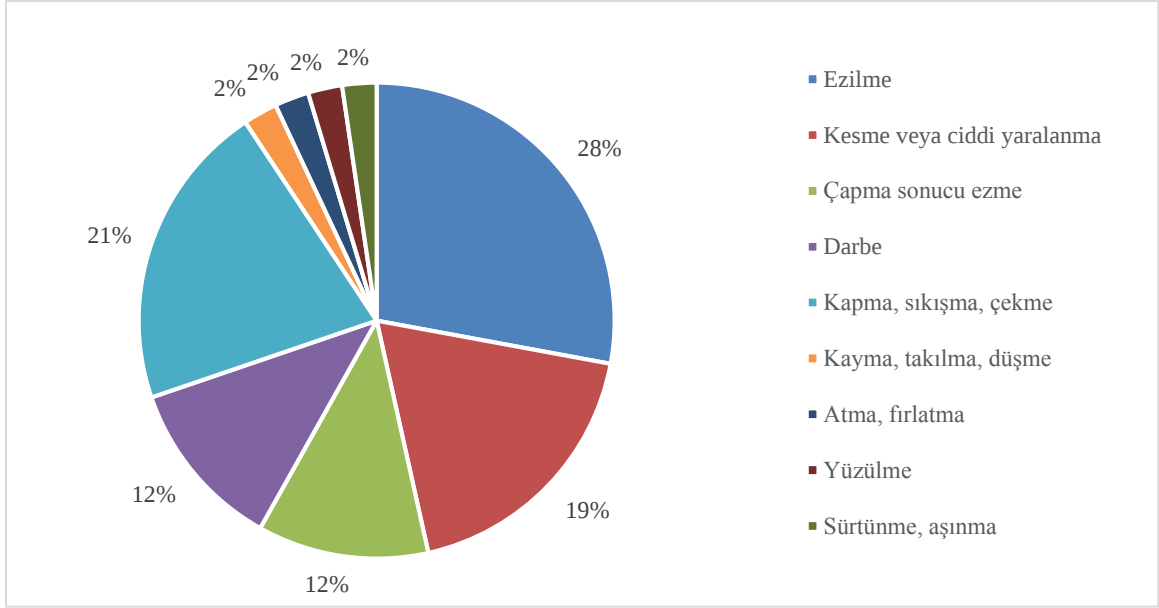
| Makine  | Tehlikenin Kaynağı   | Olası Etkileri             | Elektronik koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında |   |    | Mevcut elektronik koruyucu donanımlar devreye alındığında |   |    | Artık riskler |   |    |
|---------|----------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------|---|----|-----------------------------------------------------------|---|----|---------------|---|----|
|         |                      |                            | O                                                     | Ş | RS | O                                                         | Ş | RS | O             | Ş | RS |
| F03.M08 | Düşen nesneler       | Çiğneme                    | 2                                                     | 2 | 4  | 1                                                         | 1 | 1  | 1             | 1 | 1  |
|         | Makine hareketliliği | Çarpma sonucu ezme         | 2                                                     | 3 | 6  | 1                                                         | 1 | 1  | 1             | 1 | 1  |
|         |                      | Kapma, sıkışma, çekme      | 2                                                     | 2 | 4  | 1                                                         | 1 | 1  | 1             | 1 | 1  |
| F03.M09 | Hareketli elemanlar  | Kesme veya ciddi yaralanma | 4                                                     | 3 | 12 | 2                                                         | 3 | 6  | 1             | 2 | 2  |

### Tehlike Kaynaklarının ve Olası Etkilerinin Dağılımı

Toplam 16 adet makinede gerçekleştirilen risk değerlendirmesi neticesinde elde edilen verilere göre, makinelerdeki tehlike kaynaklarının dağılımı Şekil 51’de, bu tehlike kaynaklarının olası etkilerinin dağılımı ise Şekil 52’de gösterilmektedir.

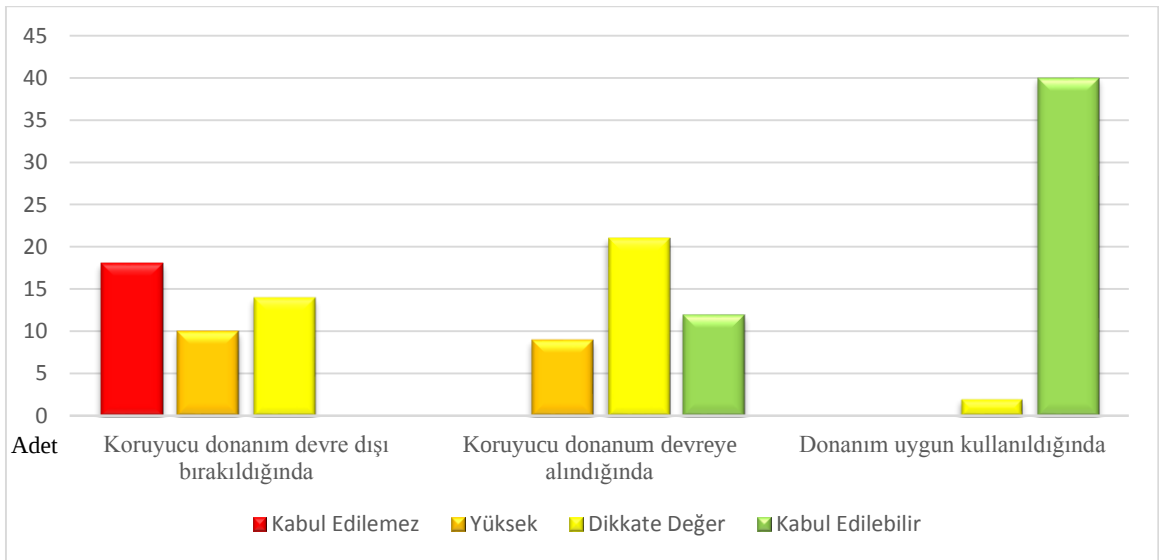


Şekil 51. Tehlike kaynaklarının dağılımı



**Şekil 52. Tehlikelerin olası etkilerinin dağılımı**

Gerçekleştirilen risk değerlendirmesi ile bir makinede elektronik koruyucu donanım devre dışı bırakıldığında ve donanım devreye alındığında makinenin sahip olduğu risk seviyeleri belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında makinelerde kullanılmakta olan mevcut elektronik koruyucu donanımların uygunluğu değerlendirilmiş ve risk değerlendirmesinin üçüncü aşamasında bu koruyucu donanımların uygun kullanımı halinde makinenin sahip olduğu risk seviyesi belirlenmiştir. Risk seviyeleri ile ilgili elde edilen veriler Şekil 53'te grafiksel olarak gösterilmektedir.



**Şekil 53. Makine başına risk seviyesi ortalaması**

## TARTIşMA

Tez kapsamında, üzerinde çalışma yapılan makineler ile ilgili işyerlerinden elde edilen kaza verileri incelendiğinde, tehlikeli bölgeye/noktaya erişimin fazla olduğu makinelerde daha çok kaza meydana geldiği ve tehlikeli bölgeye/noktaya erişim gereksinimi azaldıkça, kaza sayılarının da azaldığı görülmektedir. Kaza analizlerine göre, bu kazaların %70'i tesis ve ekipmanlardan kaynaklanan hatalar sebebi ile meydana gelmektedir. Bu iki durum incelendiğinde, makinelerin ve tesislerin uygunsuzluğunun çalışanların tehlikeli bölgeye/noktaya erişim gereksinimini ve buna bağlı olarak kazaların meydana gelme olasılığını arttırdığı sonucuna varılmaktadır. Bu durumda çalışanların tehlikeli bölgeye/noktaya erişim gereksinimlerinin azaltılması ve mümkünse tehlikeli hareket devam ettiği sürece erişimin tamamen engellenmesi gerekmektedir.

Kaza verilerine göre, tez kapsamında çalışma yapılan makinelerde elektronik koruyucu donanım kullanılmaya başlandıktan sonra kaza sayıları yaklaşık %85 oranında azalmıştır. Bu veriye dayanılarak elektronik koruyucu donanımların, çalışanın tehlikeli bölgeye/noktaya erişimini kısıtlaması, bu bölgeye/noktaya erişim anında tehlikeli hareketi sonlandırması sebebiyle etkili bir koruma yöntemi olduğu söylenebilir.

Uygun koruyucu donanımların etkin bir koruma sağlayacak şekilde kullanılmasının ve devre dışı bırakılma durumunun kazalar üzerine etkisi 1993 yılında Jarvienen ve Karwowski, ile yine aynı yılda Edwards tarafından, 1999 yılında ise Tomas Backström ve Marianne Ds tarafından gerçekleştirilen araştırmalarda daha net bir şekilde görülmektedir. Bu araştırmalarda, koruyucu donanımlar ile ilişkili olan kazalar ve bu kazaların koruyucu donanımlar ile bağlantıları araştırılmıştır.

Jarvienen ve Karwowski tarafından 1993 yılında yürütülen araştırma kapsamında incelenen iş kazalarının %16'sının makinede koruyucu donanım bulunmaması, %40'ının koruyucu donanımın devre dışı bırakılması veya kaldırılması ve %22'sinin ise koruyucu donanımın etkin koruma sağlamaması nedeni ile meydana geldiği tespit edilmiştir [20].

Edwards tarafından 1993 yılında gerçekleştirdiği çalışmaya göre ise çalışma kapsamında incelenen iş kazalarının %20'sinin makinede koruyucu donanım bulunmaması, %16'sının koruyucu donanımın devre dışı bırakılması veya kaldırılması ve %20'sinin ise koruyucu donanımın etkin koruma sağlamaması nedeni ile meydana geldiği tespit edilmiştir [20].

Tomas Backström ve Marianne Döös tarafından 1999 yılında gerçekleştirilen çalışmada ise koruyucu donanımlar ile ilişkili olan 76 kaza analiz edilmiştir. Buna göre bu kazaların %54'ü koruyucu ekipman bulunmayan, %15'i koruyucu donanımın devre dışı bırakıldığı, %20'si ise koruyucu ekipmanların etkin koruma sağlamadığı makinelerde meydana geldiği tespit edilmişti [20].

Tez kapsamında incelenen makineler için, elektronik koruyucu ekipmanların %25'inin güvenlik mesafesinin uygun olmadığı, %45'inin etkin ve efektif koruma sağlamadığı ve %25'inin çalışanlar tarafından devre dışı bırakılmaya çalışıldığı veya devre dışı bırakıldığı tespit edilmiştir. Bunun başlıca sebeplerinden bir tanesi makinelerden kaynaklanan hatalardır. Makine ve ekipmanların sık hata yapması çalışanı tehlikeli bölgeye/noktaya müdahaleye zorlamaktadır. Bu müdahale elektronik koruyucu ekipmanların sistemi durdurmasına sebep olmakta ve bu nedenle çalışanlar elektronik koruyucu donanımları devre dışı bırakmayı tercih etmektedir. Bu eğilimin önüne geçilmesi için ilk olarak işin gereksinimine uygun makine ve ekipmanların kullanılması gerekmektedir.

Elektronik koruyucu donanımlar kurulurken genellikle tehlike noktası göz önünde bulundurulmaktadır. Elde edilen verilere göre çalışma yapılan makinelerin %21'inde korumaya alınmamış dişliler, çarklar, kayışlar, zincirler bulunduğu tespit edilmiştir. Bu veri, elektronik koruyucu donanım kullanılırken güç aktarım aksamaları veya yardımcı aparatların göz önünde bulundurulmadığını yalnızca operasyon bölgesi koruması sağlamak için kullanıldığını göstermektedir.

Elektronik koruyucu donanımların uygunluğu ile ilgili gerçekleştirilen çalışma esnasında sık karşılaşılan durumlardan bir tanesi de özellikle lazer perde uygulaması

gerçekleştirilen yerlerde lazer perdelerin algılama kapasitelerinin gereğinden yüksek seçilmesi ve buna bağlı olarak maliyetin artmasıdır. Algılama kapasitesi olarak adlandırılan lazer ışınları arasındaki mesafe kısaca, korunacak olan uzva, makinenin bulunduğu ortamın izin verdiği güvenlik mesafesine ve aldatılma ihtimaline göre ilgili standartlarda yer alan hesaplama tablolarına göre belirlenmektedir. Örneğin, bir alan lazer perde ile çevrelenerek yalnızca tam vücut koruması sağlanacak ise algılama kapasitesi 10 mm olan lazer perde uygulaması yerine bu tezin “İyi Uygulama Örnekleri” başlığı altında Şekil 24 ile gösterilen uygulamaya benzer üç optik kanallı bir lazer perde uygulaması yapılması maliyeti düşürecektir.

Tez çalışması kapsamında makinelerde gerçekleştirilen risk değerlendirmesi sonucunda elde edilen bulgular değerlendirildiğinde şu sonuçlara varılmaktadır:

1. Gerçekleştirilen üç aşamalı risk değerlendirmesinin ilk aşamasında makinede bulunan elektronik koruyucu donanım devre dışı bırakılmış ve riskler değerlendirilmiştir. Bu durumda toplam 18 adet “Kabul Edilemez”, 10 adet “Yüksek”, 14 adet “Dikkate Değer” seviyede risk tespit edilmiştir. Mevcut elektronik koruyucu donanımlar devreye alınarak yapılan risk değerlendirmesi sonucunda ise 9 adet “Yüksek”, 21 adet “Dikkate Değer”, 12 adet “Kabul Edilebilir” seviyede risk tespit edilmiştir. Kontrol listesi ile mevcut elektronik koruyucu donanımların geliştirilebilir, yerine daha efektif bir elektronik koruyucu donanım kullanılabilir olduğu veya uygun konumlandırılmadığı görülmüştür. Bu hususların düzeltilmesi, uygun elektronik koruyucu donanımın uygun pozisyonda kullanılması halinde değerlendirilen artık riskler için ise 2 adet “Dikkate Değer”, 40 adet “Kabul Edilebilir” seviyede risk tespit edilmiştir. Bu sonuç göstermektedir ki elektronik koruyucu donanımların uygun seçilmesi ve uygun olarak kullanılması, en az kullanılması kadar risk seviyesine etki etmekte ve önem arz etmektedir.

2. Yukarıda bahsedildiği gibi elektronik koruyucu donanımların uygun kullanılması ve uygun elektronik koruyucu donanımın seçilmesinin önemi, risk değerlendirmesi yapılan makineler daha detaylı olarak ele alındığında da görülmektedir. F03.M08 no.lu kuka robotu kurulum aşamasında üretici firma tarafından elektronik koruyucu donanımlar ile koruma altına alınmış çalışma alanına sahip olacak şekilde kurulmuş, tüm elektronik koruyucu donanımlar ilgili standartlara uygun bir şekilde seçilmiş ve konumlandırılmıştır. Risk değerlendirmesi sonuçlarına baktığımızda mevcut elektronik koruyucu donanımlar devreye alındığında artık risk kalmamaktadır. Ancak F03.M03 no.lu makine için elektronik koruyucu donanımlar işletme tarafından bir kaza ile karşılaşılması sonucunda koruyucu önlem olarak kurulmuştur. Elektronik koruyucu donanımın işlevini yerine getirdiği ancak kurulurken ilgili standartlara uyulmadığı tespit edilmiştir. Risk değerlendirmesi bulguları da elektronik koruyucu donanımın standart

gerekliliklerine uygun olarak kullanılmadığını desteklemektedir. Aynı şekilde F02.M01 no.lu makine için kaza sonucunda koruyucu önlem olarak kurulan tekli lazer ışını ile alan koruması uygulamasının ilgili standartlarda belirtilen aldatma yöntemlerine karşı etkin bir koruma olmadığı görülmektedir. Geniş bir alanda tekli lazer ışını ile alan koruması yapıldığında lazer ışını altından erişim mümkün olduğundan etkin bir koruma sağlamamaktadır. Risk değerlendirmesi bulguları da bunu desteklemektedir. Mevcut koruyucu donanımların devreye alınması risk seviyesini ancak dikkate değer seviyeye indirmektedir ancak alanın uygun lazer perde ile korumaya alınması halinde risk seviyesi kabul edilebilir seviyeye çekilebilmektedir.

## SONUÇLAR

İş sağığı ve güvenliğinde temel amaç önleyici yaklaşımdır (proaktif). Kişisel koruyucu donanımlar en son başvurulacak önlem olmalıdır. Temel hedef çalışanın kişisel koruyucu donanım kullanmasına ihtiyaç duymamasını sağlamak, yani riski kaynağında yok etmeye çalışmak olmalıdır. Elektronik algılayıcı koruyucu ekipmanlar, makinelerdeki mekanik tehlikelerden kaynaklı riskleri kaynağında yok etmek amacı ile kullanılan önemli güvenlik donanımlarıdır.

Sensör ve benzeri algılayıcı sistemlerin iş kazalarının önlenmesi ve iş güvenliğinin sağlanması amacıyla kullanılması ile ilgili mevcut araştırmalar ve bu çalışmanın sonuçları ışığında elde edilen bilgilere göre;

- Sensör ve benzeri algılayıcı sistemler makinelerden kaynaklanan risklerin yok edilmesinde ve iş kazalarının önlenmesinde önemli yer tutmaktadır.
- Makinelerdeki mekanik tehlikelerden çalışanları korumak amacı ile sensör ve benzeri algılayıcı sistemlerin kullanılmasının yanı sıra uygun sistemler uygun bir şekilde kullanılmalıdır.
- Elektronik koruyucu ekipmanlar risklerin azaltılması için tek çözüm yolu olarak görülmemeli, mutlaka mümkün olduğunca sabit muhafazalar ile desteklenmelidir.
- Uygun elektronik koruyucu donanımın doğru bir şekilde kullanılması ve sabit muhafazalar ile desteklenmesi, bu sistemlerin işyerlerine getireceğı maliyet yükünün azaltılması ve risklere karşı etkin bir koruma sağlanması için önemlidir.

- Uygun elektronik koruyucu ekipmanın seçilmesi ve standart gereksinimlerine uygun bir şekilde uygulanması ile ilgili iş güvenliği uzmanlarına ve KOBİ'lere yönelik rehber çalışması yapılmalıdır. Makine koruyucuların uygunluğunun değerlendirilmesi ve makinelerde risk değerlendirmesi için yol göstermek amacı ile oluşturulmuş, kullanıma göre geliştirilebilir bir kılavuz EK-V'te sunulmuştur. Bu kılavuz yardımı ile makinelerin tehlikeli hareketlerinden kaynaklanan riskler ve seviyeleri tespit edilerek, makine koruyucu donanım kullanılması gereken öncelikli kısımlar tespit edilmektedir. Kılavuz içerisinde bulunan kontrol listesi ile, makinelerdeki mevcut koruyucu donanımların uygunluğu tespit edilebilmektedir. Kılavuzda yer alan sorular ve tablolar ihtiyaca göre detaylandırılabilir ve geliştirilebilirler.
- Elektronik koruyucu donanımlar, koruma sağlarken insan faktörünü en aza indirmesi sebebiyle özellikle sürekli aynı işlemi tekrar eden işlerde çalışanlarda dikkatsizlik, dalgınlığın neden olduğu kazaların engellenmesinde önemli bir etkidir. Bu sebeple bu tip işlerin yapıldığı makinelerde elektronik algılayıcı koruyucu ekipmanlar kullanılmalıdır.
- İşyeri bünyesinde kurulan özellikle otomasyon üretim hatlarının yazılımsal ve donanımsal olarak etkin işlememesi, makinelerde ürün sıkışması, ürün düşmesi, hatalı ürün sayısının fazla olması gibi sebeplerle makineye müdahale ihtiyacı doğmaktadır. Müdahale sırasında üretimin durmasının istenmemesi sebebi ile çalışanların sensör ve benzeri sistemleri devre dışı bırakma eğilimlerinin oldukça fazla olduğu tespit edilmiştir. Elektronik koruyucu donanımların etkin çalışması ve koruma sağlaması için mutlaka üretimde kullanılan makineler işin işleyişine teknolojik açıdan ve tasarım açısından uygun olmalı, doğru kurulmuş otomasyon sistemler kullanılmalı, müdahale gereksiniminin azaltılması için sebepler araştırılmalı ve yok edilmelidir.
- Onaylı elektronik koruyucu ekipmanların kullanılması sağlanmalıdır. Elektronik koruyucu ekipmanlar aynı kişisel koruyucu donanımlarda olduğu gibi ürün standardı temel alınarak onaylanmış kuruluşlarca yapılacak testlerden geçerek CE işareti almaktadır. Bu işaret elektronik koruyucu donanımların ürün standartlarında yer alan gereksinimleri tam anlamı ile karşıladığını belgeleyen önemli bir işarettir. Piyasada bunun haricinde üretilen ürünlerin kullanılmasının önüne geçilmelidir.

- Makine koruyucuları için Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından yürütülen piyasa gözetim ve denetim faaliyetlerine destek olması amacı ile elektronik koruyucu donanımların uygunluğunu test edecek bir test laboratuvarı kurulması önemlidir.

## KAYNAKLAR

- [1] SGK, İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları İstatistikleri, (2007-2012)
- [2] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, İş Teftişi Genel Raporu, s. 54,55, Ankara, (2009)
- [3] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, Resmi Gazete Sayısı: 28339, Resmi Gazete Tarihi: 30.06.2012
- [4] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği, Resmi Gazete Sayısı: 28628 Resmi Gazete Tarihi: 25.04.2013
- [5] Abdurrahman, A., Koç, U., “Makinelerin Hareketli Noktalarına Temas Riskinin Değerlendirilmesi”, ÇSGB Çalışma Dünyası Dergisi, Cilt:1, Sayı:1, sf. 120-136, (Temmuz-Eylül 2013)
- [6] Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Makine Emniyeti Yönetmeliği (2006/42/AT), Resmi Gazete Sayısı: 27158, Resmi Gazete Tarihi: 03.03.2009
- [7] Schneider Electric Ltd, “Safety Machinery Handbook”, (Kasım 2009)
- [8] OSHA 3067 - Concepts and Techniques of Machine Safeguarding, U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration, (1992)
- [9] Sever K., Kahraman F., Karadeniz S., “Endüstriyel Çalışmada Mekanik Tehlikeler”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 33-44, (2006)

- [10] Dzwiarek, M., “Basic Principles for Protective Equipment Application” Handbook of Occupational Safety and Health, CRC Press, 579-581, (2010)
- [11] Türk Standartları Enstitüsü, “TS EN ISO 12100:2010 – Makinelerde güvenlik – Tasarım için genel prensipler – Risk değerlendirmesi ve risk azaltılması”, (2011)
- [12] Uluslararası Standart Organizasyonu (ISO), “ISO 14120 – Makinelerde güvenlik – Sabit ve hareketli muhafazaların tasarım ve kurulumu için genel şartlar”, (2002)
- [13] Uluslararası Standart Organizasyonu (ISO), “ISO 14119 – Makinelerde güvenlik – Muhafazalar ile bağlantılı elektronik anahtarlama kilitler – Tasarım ve seçim ilkeleri”, (2013)
- [14] Türk Standartları Enstitüsü, “TS EN ISO 61496-1:2004 – Makinelerde güvenlik – Elektrige duyarlı koruma donanımı – Bölüm 1: Genel kurallar ve deneyler”, (2011)
- [15] Türk Standartları Enstitüsü, “TS EN ISO 13856-1:2013 – Makinelerde güvenlik – Basınca duyarlı koruyucu tertibatlar – Bölüm 1: Basınca duyarlı altlıklar ve basınca duyarlı tabanların tasarım ve deneyine ait genel prensipler”, (2013)
- [16] Uluslararası Standart Organizasyonu (ISO), “ISO 13851 - Makinelerde güvenlik – İki el kontrollü cihazlar – Fonksiyonel özellikleri ve tasarım ilkeleri”, (2002)
- [17] Türk Standartları Enstitüsü, “TS EN ISO 13855 – Makinelerde güvenlik – Vücut kısımlarının yaklaşım hızına göre koruyucu teçhizatın yerleştirilmesi”, (2010)
- [18] ANSI B11.TR3 Risk Değerlendirmesi ve Risk Azaltımı –Makine ekipmanları ile ilgili risklerin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve azaltılması
- [19] CAW Health and Safety Department, “Blowin’ in the Wind – Machine Guarding Prevents Death”, sf. 16-17, Toronto, Kanada
- [20] Backström, T., Döös M., “Problems with machine safeguards in automated installations”, Internal Journal of Industrial Ergonomics 25, 573-585, İsveç, (2000)

## RESİMLEMELER LİSTESİ

### ŞEKİLLER

|                                                                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 2.</b> Sıkışma nedeni ile meydana gelen iş kazaları<br>(Hareketli-hareketli ve hareketli-sabit mekan arasına sıkışma).....                                                     | 11 |
| <b>Şekil 3.</b> Kesici-batıcı bir aletin ve uçan nesnelerin sebep olduğu iş kazaları.....                                                                                               | 12 |
| <b>Şekil 4.</b> İş teftiş kurulu başkanlığı tarafından incelenen makinelerin<br>sebep olduğu iş kazası ve toplam incelenen iş kazası sayıları.....                                      | 13 |
| <b>Şekil 5.</b> Makine güvenliği ile ilgili Avrupa Standartlarının yapısı.....                                                                                                          | 16 |
| <b>Şekil 6.</b> Döner parçalar için sıkıştırma noktalarına örnekler.....                                                                                                                | 18 |
| <b>Şekil 7.</b> Döner parçalar ve uzunlamasına hareket eden parçalar arasındaki<br>sıkıştırma noktaları (sol) ile döner ve sabit parçalar arasındaki sıkıştırma<br>noktaları (sağ)..... | 19 |
| <b>Şekil 8.</b> İleri-geri hareket (sol).....                                                                                                                                           | 20 |
| <b>Şekil 9.</b> Enine hareket.....                                                                                                                                                      | 20 |
| <b>Şekil 10.</b> Kesme tehlikesinin olduğu hareketler.....                                                                                                                              | 20 |
| <b>Şekil 11.</b> Kopma ve ezilme tehlikelerinin bulunduğu hareketler.....                                                                                                               | 21 |
| <b>Şekil 12.</b> Çarpma tehlikesine sebep olan tehlikeli hareketler.....                                                                                                                | 22 |

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 13.</b> Sarma ve kapma tehlikesine yol açacak durumlar.....                                                              | 23 |
| <b>Şekil 14.</b> Sürtünme ve aşınma tehlikesine neden olan makineler.....                                                         | 23 |
| <b>Şekil 15.</b> Makinelerde riskleri azaltmak için izlenecek prosedür.....                                                       | 26 |
| <b>Şekil 16.</b> Elektronik algılayıcılı koruyucu cihazlar için örnek tasarım<br>(a) Lazer perde (b) VBPD (c) Lazer tarayıcı..... | 27 |
| <b>Şekil 17.</b> Lazer perdelerin çalışma prensibi.....                                                                           | 28 |
| <b>Şekil 18.</b> (a) Dikey yerleştirilmiş lazer perde, (b) Yatay yerleştirilmiş lazer perde.....                                  | 28 |
| <b>Şekil 19.</b> (a) Tarama şekilleri (b) Farklı güvenlik fonksiyonları (c) Algılama bölgeleri.....                               | 29 |
| <b>Şekil 20.</b> Lazer tarayıcıların otomatik taşıyıcılarda kullanımı.....                                                        | 30 |
| <b>Şekil 21.</b> Koruyucu cihazlar ile donatılmış otomasyon çalışma alanı.....                                                    | 31 |
| <b>Şekil 22.</b> İki el kontrollü cihazlarda, kontrol butonlarına tek uzuv ile<br>basılmasını önleyici engelleme yöntemleri.....  | 32 |
| <b>Şekil 23.</b> Elektromekanik anahtarlar.....                                                                                   | 33 |
| <b>Şekil 24.</b> Temassız elektronik anahtarlar.....                                                                              | 33 |
| <b>Şekil 25.</b> Basınç algılayıcılı mat ile alan koruması.....                                                                   | 34 |
| <b>Şekil 26.</b> Lazer ışınları ile alan koruması.....                                                                            | 35 |
| <b>Şekil 27.</b> Pres kesme makinesine lazer perde ve çift el kontrolü uygulaması.....                                            | 35 |
| <b>Şekil 28.</b> Fabrikanın genel görünümü.....                                                                                   | 37 |
| <b>Şekil 29.</b> Fabrika üretim alanı.....                                                                                        | 37 |
| <b>Şekil 30.</b> Otomasyon üretim hattı.....                                                                                      | 38 |
| <b>Şekil 31.</b> Koruyucu önlemler ve risk azaltımı seviyeleri.....                                                               | 42 |
| <b>Şekil 32.</b> Risk azaltımı akış şeması.....                                                                                   | 43 |

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 33.</b> Risk elemanları.....                                         | 45 |
| <b>Şekil 34.</b> Risk matrisi.....                                            | 47 |
| <b>Şekil 35.</b> t1 ve t2 arasındaki ilişki.....                              | 49 |
| <b>Şekil 36.</b> Metodoloji.....                                              | 51 |
| <b>Şekil 37.</b> Elektronik koruyucu ekipmanların dağılımı.....               | 53 |
| <b>Şekil 38.</b> Tehlikeli bölgeye erişim verileri.....                       | 54 |
| <b>Şekil 39.</b> Tehlikeli bölgeye erişim gereksinimleri.....                 | 54 |
| <b>Şekil 40.</b> Kazaların makinelere göre dağılımı.....                      | 55 |
| <b>Şekil 41.</b> Erişim sıklığına göre kaza sayıları.....                     | 55 |
| <b>Şekil 42.</b> Kaza analizi - Yaralanma tipi.....                           | 56 |
| <b>Şekil 43.</b> Kaza analizi – Kök neden sınıflandırması.....                | 56 |
| <b>Şekil 44.</b> Kaza verileri.....                                           | 57 |
| <b>Şekil 45.</b> Kontrol listesi için sonuçların genel dağılımı.....          | 59 |
| <b>Şekil 46.</b> Kontrol listesi Madde 7 için cevapların dağılımı.....        | 59 |
| <b>Şekil 47.</b> Kontrol listesi Madde 11 için cevapların dağılımı.....       | 60 |
| <b>Şekil 48.</b> Kontrol listesi Madde 12 için cevapların dağılımı.....       | 60 |
| <b>Şekil 49.</b> Kontrol listesi Madde 13 için cevapların dağılımı.....       | 61 |
| <b>Şekil 50.</b> Kontrol listesi Madde 14/15/16 için cevapların dağılımı..... | 61 |
| <b>Şekil 51.</b> Tehlike kaynaklarının dağılımı.....                          | 65 |
| <b>Şekil 52.</b> Tehlikelerin olası etkilerinin dağılımı.....                 | 66 |
| <b>Şekil 53.</b> Makine başına risk seviyesi ortalaması.....                  | 66 |

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil 54.</b> Muhafazaların ve koruyucu cihazların seçimi ve uygulanması..... | 95  |
| <b>Şekil 55.</b> Hesaplama programı alt sayfaları.....                           | 103 |
| <b>Şekil 56.</b> Hesap programının bölümleri.....                                | 104 |
| <b>Şekil 57.</b> Risk seviyelerinin hesaplanması.....                            | 104 |
| <b>Şekil 58.</b> Eksantrik pres.....                                             | 105 |
| <b>Şekil 59.</b> CNC abkant büküm presleri.....                                  | 108 |
| <b>Şekil 60.</b> CNC giyotin makas.....                                          | 110 |
| <b>Şekil 61.</b> Kızağa alma alanı.....                                          | 112 |
| <b>Şekil 62.</b> Mevcut elektronik koruyucu donanımlar.....                      | 113 |
| <b>Şekil 63.</b> Gövde ve motor birleştirme tezgahı.....                         | 117 |
| <b>Şekil 64.</b> Mevcut elektronik koruyucu donanımlar.....                      | 118 |
| <b>Şekil 65.</b> Yiv açma makinesi.....                                          | 120 |
| <b>Şekil 66.</b> CNC dişli üretim tezgahı.....                                   | 123 |
| <b>Şekil 67.</b> Şerit kaynak makinesi.....                                      | 126 |
| <b>Şekil 68.</b> Şerit kesme makinesi.....                                       | 128 |
| <b>Şekil 69.</b> Plaka taşıma kolu.....                                          | 131 |
| <b>Şekil 70.</b> Lazer perde uygulaması.....                                     | 132 |
| <b>Şekil 71.</b> Tehlikeli bölge.....                                            | 132 |
| <b>Şekil 72.</b> Plaka istifleme alanı.....                                      | 134 |
| <b>Şekil 73.</b> Lazer tarayıcı.....                                             | 135 |
| <b>Şekil 74.</b> Lazer tarayıcı algılama alanı.....                              | 135 |

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil 75.</b> İstifleme alanı – korumasız bölge.....     | 135 |
| <b>Şekil 76.</b> Robot kolu çalışma alanı.....              | 138 |
| <b>Şekil 77.</b> Mevcut koruyucu ekipmanlar.....            | 139 |
| <b>Şekil 78.</b> Akü indirme kolu.....                      | 142 |
| <b>Şekil 79.</b> Mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar..... | 143 |
| <b>Şekil 80.</b> Robot kolu çalışma alanı.....              | 145 |
| <b>Şekil 81.</b> Mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar..... | 146 |
| <b>Şekil 82.</b> Robot çalışma alanı.....                   | 148 |
| <b>Şekil 83.</b> Mevcut elektronik koruyucu donanımlar..... | 149 |
| <b>Şekil 84.</b> Zarflama makinesi.....                     | 151 |

## **TABLolar**

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 1.</b> Kaza şiddeti seviyeleri.....                         | 46 |
| <b>Tablo 2.</b> Kazanın meydana gelme olasılıkları.....              | 47 |
| <b>Tablo 3</b> Risk seviyeleri.....                                  | 48 |
| <b>Tablo 4.</b> Makine Listesi.....                                  | 52 |
| <b>Tablo 5.</b> Erişim Sıklığı ve Kişi Sayısı Tablosu.....           | 54 |
| <b>Tablo 6.</b> Kontrol listesi soruları ve cevapların dağılımı..... | 58 |
| <b>Tablo 7.</b> Risk Değerlendirmesi için Özet Sonuçlar-1.....       | 62 |
| <b>Tablo 8.</b> Risk Değerlendirmesi için Özet Sonuçlar-2.....       | 63 |
| <b>Tablo 9.</b> Risk Değerlendirmesi için Özet Sonuçlar-3.....       | 64 |

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tablo 10.</b> Risk Değerlendirmesi için Özet Sonuçlar-4 (Devam).....                     | 65  |
| <b>Tablo 11.</b> Makine limitleri.....                                                      | 87  |
| <b>Tablo 12.</b> F01.M01 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar.....                    | 105 |
| <b>Tablo 13.</b> F01.M01 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi..... | 106 |
| <b>Tablo 14.</b> F01.M01 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi.....       | 107 |
| <b>Tablo 15.</b> F01.M01 için artık risk seviyesi.....                                      | 107 |
| <b>Tablo 16.</b> F01.M02 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar.....                    | 108 |
| <b>Tablo 17.</b> F01.M02 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi..... | 109 |
| <b>Tablo 18.</b> F01.M02 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi.....       | 109 |
| <b>Tablo 19.</b> F01.M02 için artık risk seviyesi.....                                      | 109 |
| <b>Tablo 20.</b> F01.M03 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar.....                    | 110 |
| <b>Tablo 21.</b> F01.M03 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi..... | 111 |
| <b>Tablo 22.</b> F01.M03 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi.....       | 111 |
| <b>Tablo 23.</b> F01.M03 için artık risk seviyesi.....                                      | 111 |
| <b>Tablo 24.</b> F02.M01 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar.....                    | 112 |
| <b>Tablo 25.</b> F02.M01 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi..... | 113 |
| <b>Tablo 26.</b> F02.M01 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi.....       | 114 |
| <b>Tablo 27.</b> F02.M01 için artık risk seviyesi.....                                      | 114 |
| <b>Tablo 28.</b> F02.M02 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar.....                    | 117 |
| <b>Tablo 29.</b> F02.M02 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi..... | 118 |
| <b>Tablo 30.</b> F02.M02 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi.....       | 119 |

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tablo 31.</b> F02.M02 için artık risk seviyesi.....                                      | 119 |
| <b>Tablo 32.</b> F02.M03 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar.....                    | 120 |
| <b>Tablo 33.</b> F02.M03 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi..... | 121 |
| <b>Tablo 34.</b> F02.M03 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi.....       | 121 |
| <b>Tablo 35.</b> F02.M03 için artık risk seviyesi.....                                      | 122 |
| <b>Tablo 36.</b> F02.M04 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar.....                    | 123 |
| <b>Tablo 37.</b> F02.M04 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi..... | 124 |
| <b>Tablo 38.</b> F02.M04 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi.....       | 124 |
| <b>Tablo 39.</b> F02.M04 için artık risk seviyesi.....                                      | 125 |
| <b>Tablo 40.</b> F03.M01 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar.....                    | 126 |
| <b>Tablo 41.</b> F03.M01 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi..... | 127 |
| <b>Tablo 42.</b> F03.M01 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi.....       | 127 |
| <b>Tablo 43.</b> F03.M01 için artık risk seviyesi.....                                      | 127 |
| <b>Tablo 44.</b> F03.M02 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar.....                    | 128 |
| <b>Tablo 45.</b> F03.M02 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi..... | 129 |
| <b>Tablo 46.</b> F03.M02 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi.....       | 129 |
| <b>Tablo 47.</b> F03.M02 için artık risk seviyesi.....                                      | 130 |
| <b>Tablo 48.</b> F03.M03 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar.....                    | 131 |
| <b>Tablo 49.</b> F03.M03 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi..... | 132 |
| <b>Tablo 50.</b> F03.M03 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi.....       | 133 |
| <b>Tablo 51.</b> F03.M03 için artık risk seviyesi.....                                      | 133 |

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tablo 52.</b> F03.M04 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar.....                    | 134 |
| <b>Tablo 53.</b> F03.M04 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi..... | 136 |
| <b>Tablo 54.</b> F03.M04 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi.....       | 136 |
| <b>Tablo 55.</b> F03.M04 için artık risk seviyesi.....                                      | 137 |
| <b>Tablo 56.</b> F03.M05 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar.....                    | 138 |
| <b>Tablo 57.</b> F03.M05 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi..... | 140 |
| <b>Tablo 58.</b> F03.M05 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi.....       | 140 |
| <b>Tablo 59.</b> F03.M05 için artık risk seviyesi.....                                      | 141 |
| <b>Tablo 60.</b> F03.M06 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar.....                    | 142 |
| <b>Tablo 61.</b> F03.M06 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi..... | 143 |
| <b>Tablo 62.</b> F03.M06 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi.....       | 144 |
| <b>Tablo 63.</b> F03.M06 için artık risk seviyesi.....                                      | 144 |
| <b>Tablo 64.</b> F03.M07 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar.....                    | 145 |
| <b>Tablo 65.</b> F03.M07 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi..... | 146 |
| <b>Tablo 66.</b> F03.M07 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi.....       | 147 |
| <b>Tablo 67.</b> F03.M07 için artık risk seviyesi.....                                      | 147 |
| <b>Tablo 68.</b> F03.M08 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar.....                    | 148 |
| <b>Tablo 69.</b> F03.M08 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi..... | 150 |
| <b>Tablo 70.</b> F03.M08 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi.....       | 150 |
| <b>Tablo 71.</b> F03.M08 için artık risk seviyesi.....                                      | 150 |
| <b>Tablo 72.</b> F03.M09 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar.....                    | 151 |

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tablo 73.</b> F03.M09 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi..... | 152 |
| <b>Tablo 74.</b> F03.M09 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi.....       | 152 |
| <b>Tablo 75.</b> F03.M09 için artık risk seviyesi.....                                      | 153 |

## ÖZGEÇMİŞ

### İletişim Bilgileri ve Kişisel Bilgiler

Adı-Soyadı: Tuna ORUL

Adres: İlkadım Mah. Name Sok. No:11/13 Dikmen  
Çankaya/ANKARA

Doğum yeri ve tarihi: Ankara, 12.10.1986

Uyruk: Türkiye

Medeni Hali: Bekar

Askerlik Durumu: Tecilli (01.06.2014'e kadar)

Sürücü Belgesi: Var (B tipi)

Telefon: +(90)312 479 06 42, +(90)530 286 02 69

E-mail: torul@csgb.gov.tr



### Eğitim Bilgileri

Eylül 2009 – Haziran 2012

**Gazi Üniversitesi**

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans

GPA: **3.78/4.00**

Eylül 2004 – Haziran 2009

**Gazi Üniversitesi**

Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

Lisans

GPA: **3.28/4.00**

Eylül 2000 – Haziran 2004

**Dr. Binnaz Ege Dr. Rıdvan Ege A.L.**

Fen Bilimleri

GPA: **4.32/5.00**

### İş Deneyimi

Aralık 2010 – ...

**T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı**

**İSGÜM, Ankara**

*İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Yardımcısı*

Eylül 2010 – Aralık 2010

**ELSİS A.Ş., Ankara**

*Elektrik-Elektronik Mühendisi*

*Üretim Sorumlusu*

Ağustos 2009 – Aralık 2009

**Dünya Prestij Elektronik A.Ş.**

*Elektrik-Elektronik Mühendisi*

*Kalite Kontrol ve Üretim Sorumlusu*

Temmuz 2008 - Ağustos 2008

**ASELSAN A.Ş., Ankara**  
Stajyer; Radar, Elektronik Harp ve İstihbarat  
Sistemleri Birimi, Entegre Lojistik Destek  
Müdürlüğü

Haziran 2007 - Temmuz 2007

**Ankara Şeker Fabrikası, Ankara**  
Stajyer; Elektomekanik Aygıtlar Fabrikası

### **Yabancı Dil Bilgisi**

| Yabancı Dil | Seviye     | Okuma | Yazma | Anlama | Konuşma |
|-------------|------------|-------|-------|--------|---------|
| İngilizce   | Upper Int. | 4     | 4     | 4      | 4       |
| İspanyolca  | Başlangıç  | 1     | 1     | 1      | 1       |

\*1: en düşük 5:en yüksek olmak üzere değerlendirilmiştir.

### **Proje, Tez ve Çalışmalar**

#### **14.08.2013 Sözlü Bildiri**

**Etkinlik:** Progress in Electromagnetic Research Symposium (PIERS) – Stockholm, İSVEÇ

**Sözlü Bildiri Konusu:** Yön Bulma Algoritmaları

**2010-2011 Yüksek Lisans Tez Konusu** – Akıllı Anten Sistemlerinde İşaret Geliş Açısı  
Kestirim Yöntemlerinin İncelenmesi (MUSIC ve ESPRIT)

**2008-2009 Lisans Araştırma Projesi** – Lisans araştırma projesi olarak “Yön Bulma”  
(Direction Finding) algoritmalarından birisi olan *MUSIC Algoritması* üzerinde çalışılmış ve bu  
algoritmayı kullanarak bir sinyal kaynağının yerini bulacak bir program geliştirilmiştir.  
Araştırma projesi olması nedeniyle pratik bir uygulama yapılmamıştır.

**2008-2009 Lisans Bitirme Ödevi** - Bitirme ödevi olarak *RFID* uygulaması  
gerçekleştirilmiştir.

### **Kazandığı Burs ve Ödüller**

Ağustos 2013

**TÜBİTAK**  
2224 – Yurtdışı Etkinliklere Katılma Desteği

Ekim 2010- Haziran 2011

**TÜBİTAK**  
2210 – Yurtiçi Y. Lisans Burs Programı Bursiyeri

### **Yurtdışı Deneyimi**

13-24 Ocak 2014

**Dresden, Almanya**

*İş Sağlığı ve Güvenliği Alanında İşbirliği Stajı /  
DGUV-IAG*

12-15 Ağustos 2013

**Stockholm, İsveç**

*Elektromanyetik Araştırmalarındaki Gelişmeler  
Sempozyumunda (Progress in Electromagnetic  
Research Symposium-PIERS) sözlü bildiri sunumu*

25 Mart – 31 Mart 2012

**Kettering, İngiltere**

*Kişisel Koruyucu Donanımların Piyasa Gözetimi  
Ve Denetiminin Güçlendirilmesi İçin Test  
Laboratuvarı Kurulması Projesi / SATRA staj*

26 Şubat – 4 Mart 2012

**Haan, Almanya**

*Kişisel Koruyucu Donanımların Piyasa Gözetimi  
Ve Denetiminin Güçlendirilmesi İçin Test  
Laboratuvarı Kurulması Projesi / BG:BAU staj*

22 Ocak – 1 Şubat 2012

**Lodz, Polonya**

*Kişisel Koruyucu Donanımların Piyasa Gözetimi  
Ve Denetiminin Güçlendirilmesi İçin Test  
Laboratuvarı Kurulması Projesi / CIOP-PIB staj*

5 Haziran – 11 Haziran 2011

**Lodz, Polonya**

*Kişisel Koruyucu Donanımların Piyasa Gözetimi  
Ve Denetiminin Güçlendirilmesi İçin Test  
Laboratuvarı Kurulması Projesi / CIOP-PIB staj*

## EKLER

### EK 1. TS EN ISO 12100 Standardına Göre Risk Değerlendirmesi ve Risk Azaltımı

#### Risk Değerlendirmesi

Makinelere risk değerlendirme;

##### A. Risk analizi,

- a) Makinenin limitlerinin belirlenmesi,
- b) Tehlikelerin tanımlanması,
- c) Risklerin tespit edilmesi,

##### B. Risklerin değerlendirilmesi

aşamalarını içermektedir.

#### A. Risk analizi

Risk analizi, risk azaltımının gerekliliği ile ilgili karara varılabilmesine yardım eden risklerin değerlendirilebilmesi için gerekli bilgileri sağlamaktadır. Bu kararlar alınırken makinede ortaya çıkan tehlikeler ile ilgili risklerin miktarı ve niteliği göz önünde bulundurulmalıdır.

##### a) Makinenin limitlerinin belirlenmesi

Risk değerlendirme, makinenin yaşam döngüsünün tüm safhaları göz önünde alınarak makinenin limitlerinin belirlenmesi ile başlamaktadır. Bu ifade, makinenin performansı, karakteristiği veya bütünleşik bir proseste yer alan seri makinelerin ve ilgili insanların, çevre ve ürünlerin, makinenin limitleri bakımından tanımlanması anlamına gelmektedir. Makinenin limitleri Tablo 11’de özetlenmiştir.

**Tablo 11. Makine limitleri [11]**

| Makinenin Limitleri | Örnek                                                           |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Kullanım limitleri  | Makinenin amaçlanan kullanımı, üretim oranı, çevrim süresi, vb. |
| Mekan limitleri     | Hareket aralığı, bakım, vb.                                     |
| Zaman limitleri     | Bakım, aşınma, akışkanlar, vb.                                  |
| Çevresel limitler   | Sıcaklık, nem, gürültü, lokasyon, vb.                           |
| Arayüz limitleri    | Diğer makineler ve destek ekipmanları, enerji kaynakları, vb.   |

## 1. Kullanım limitleri

Kullanım limitleri amaçlanan kullanımı ve akla uygun olarak amaç dışı yanlış kullanımları da içermektedir. Kullanım limitleri belirlenirken şu koşullar göz önünde bulundurulmalıdır:

- Farklı çalışma şekilleri (modları) ve kullanıcı için makinenin tutukluk yapması durumunda gereken müdahaleleri de içeren farklı müdahale prosedürleri;
- Makinenin cinsiyet, yaş, sağ/sol el kullanım durumu veya kısıtlı fiziksel yetenek durumuna (görsel veya duyuşal eksiklik, boy, güç, vb.) göre farklı kişiler tarafından kullanımı,
- Öngörülen eğitim seviyesi, operatörleri, bakım personel veya teknisyenleri, çırakları ve genel halkı içeren tüm potansiyel kullanıcıların kabiliyetleri ve deneyimleri,
- Makine ile bağlantılı meydana gelebilecek tehlikeden etkilenecek aşağıda belirtilmiş olan diğer insanlar:
  - Bitişik makinenin operatörü gibi belirli tehlikelere karşı farkındalığı yüksek olan kişiler,
  - Belirli tehlikelere karşı farkındalığı az olan ancak iş yerinin güvenlik prosedürlerine, güvenlik yollarına vb. karşı farkındalığı yüksek olan idari personel,
  - Çocuklar, ziyaretçileri gibi makine tehlikelerine ve iş yerindeki güvenlik prosedürlerine karşı farkındalığı çok az olan kişiler.

## 2. Mekan limitleri

Mekan ile ilgili limitleri belirlerken şu koşullar göz önünde bulundurulmalıdır:

- Hareket aralığı,
- Makine ile etkileşimde bulunan (çalışma veya bakımı sırasında) kişi için gerekli alan,
- Makine operatörü ile etkileşimde bulunan diğer insanlar,
- Makine-güç kaynağı ara bağlantısı.

### **3. Zaman limitleri**

Zaman ile ilgili limitler belirlenirken şu koşullar göz önünde bulundurulmalıdır:

- Makinenin ve/veya bazı parçalarının ömrü, (bu ömür belirlenirken makinenin amaçlanan kullanımı ve kabul edilebilir limitler içerisinde öngörülmemiş olan hatalı kullanımlar göz önünde bulundurulmalıdır)
- Önerilen servis/bakım aralıkları.

#### **b) Tehlikelerin tanımlanması**

Makinenin limitlerini belirledikten sonra, makinelerde risk değerlendirmesinin en önemli adımı; öngörülebilir tehlikeler, tehlikeli durumlar ve/veya tehlikeli olayların, makinenin yaşam döngüsünün tüm safhalarının ele alınarak tanımlanmasıdır. Bu safhalar aşağıda listelenmiştir:

- Taşıma, birleştirme ve kurulum,
- Devreye alma,
- Kullanım,
- Sökme, devre dışı bırakma, hurdaya ayırma.

Tehlikelerin yok edilmesi ve riski azaltılması ancak ve ancak tehlikelerin tanımlanması ile mümkündür. Tehlikeleri tanımlayabilmek için, makine tarafından gerçekleştirilen işlemlerin, makine ile ilişkili kişilerin gerçekleştirdiği görevlerin; makinenin farklı kısımları, mekanizması veya fonksiyonları işlenen materyallerin ve makinenin bulunduğu çevrenin göz önünde bulundurularak tanımlanması gerekmektedir [11].

Tasarımcı tehlikeleri tanımlarken şunları göz önünde bulundurmalıdır:

- Makinenin tüm yaşam döngüsü boyunca ilişkili olacağı insanlar,
- Makinenin olası durumları,
- Operatörün istemeden yaptığı davranışlar veya kabul edilebilir limitler içerisinde makinenin hatalı kullanım durumu.

#### **c) Risklerin tespit edilmesi**

Tehlikeler tanımlandıktan sonra, tanımlanan her bir tehlikeli durum ile ilgili aşağıda verilen risk elemanlarının tespit edilmesi gerekmektedir.

### **Risk elemanları:**

Belirli bir tehlikeli durum ile ilgili risk aşağıdaki unsurlara bağlıdır (Şekil 33):

- Kazanın/zararın şiddeti,
- Kazanın/zararın meydana gelme olasılığı.

Meydana gelme olasılığı, kişilerin tehlike ile etkileşiminin, tehlikeli bir durumun meydana gelmesinin ve tehlikenin bir teknisyen veya insan tarafından fark edilmesi veya zararın sınırlandırılması olasılığının bir fonksiyonu olarak belirlenmektedir.

Risk değerlendirmesi esnasında zararın veya hasarın olasılığını ve şiddetini belirlerken, çok küçük bir ihtimal olsa dahi öngörülebilecek en büyük olasılık ve şiddet göz önünde bulundurulmalıdır.

Meydana gelme olasılığı Şekil 33'te gösterildiği gibi üç faktöre bağlıdır. Bu faktörlerden ilki kişilerin tehlikeye maruziyeti zararın meydana gelme olasılığıdır. Bu maruziyet belirlenirken şu faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.

- Tehlikeli bölgeye erişme ve girme ihtiyacı (normal operasyon sırasında, işlev bozukluğunu düzeltmek için, bakım veya tamir için, vb.),
- Mecburi girişler (Materyallerin beslemenin manuel yapılması),
- Tehlikeli bölgede geçirilen zaman,
- Tehlikeli bölgeye girme ihtiyacı olan personel sayısı ve
- Giriş periyodu.

Bir tehlikeli durumun meydana gelmesi de zararın oluşma olasılığını etkileyen bir faktördür. Tehlikeli bir durumun meydana gelmesini kestirebilmek aşağıdaki faktörlerin iyi bilinmesini gerektirmektedir.

- Güvenilirlik ve diğer istatistiki veriler,
- Kaza geçmişi,
- Sağlık etkileri geçmişi ve
- Benzer diğer makineler ile risklerinin karşılaştırılması.

Zararın azaltılması veya fark edilebilmesi olasılığı da zararın oluşma olasılığını etkilemektedir. Zararın fark edilebilmesi veya etkilerinin azaltılabilmesi olasılığı şu faktörlere bağlıdır:

- Tehlikeye maruz kalacak nitelikli veya niteliksiz farklı insanlar,
- Tehlikeli durumun ne kadar çabuklukta zarara yol açabileceği,
- Riskin nasıl farkına varılabildiği,
  - Genel bilgilerle,
  - Gözlem yoluyla,
  - Makine üzerindeki uyarı ışıkları ve göstergeler ile.
- İnsanın zararı fark etme ve önleme yeteneği (refleks, kaçma imkanı, yetenek, vb.)
- Pratik uygulama ve bilgi düzeyi.

#### **Risklerin tespit edilmesi sırasında dikkat edilmesi gerekenler:**

Riski oluşturan elemanların neler olduğu ve bu elemanları etkileyen faktörler yukarıdaki bölümde detayları ile belirtilmiştir. Risk değerlendirmesi sırasında belirlenen tehlikeler ile ilgili riskleri tespit ederken riski oluşturan elemanlara ve onların bağlı olduğu faktörlere dikkat edilmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra dikkat edilmesi gereken farklı faktörlerde bulunmaktadır. Bu bölümde riskleri tespit ederken göz önünde bulundurulması ve dikkat edilmesi gereken hususlardan bahsedilmektedir.

**a. Maruz kalan kişiler:** Riskler tespit edilirken, makul bir çerçevede tehlikeye maruziyeti öngörülen tüm personel (operatörler ve diğerleri) göz önünde bulundurulmalıdır.

**b. Tipi, frekansı ve maruziyet süresi:** Göz önünde bulundurulan tehlikelere (uzun dönemde sağlık etkileri dahil) maruziyetin tahmin edilmesi, makinenin tüm çalışma modlarının ve çalışma metotlarının hesaba katılarak analizini gerektirmektedir. Özellikle tehlikeli bölgeye yükleme/boşaltma, kurulum, öğretme, proses değiştirme veya doğrulama, temizleme, hata bulma ve bakım gibi sebeplerle yapılan girişlerin hesaba katılarak analiz edilmesi gerekmektedir. Risklerin tahmin edilmesi sırasında koruyucu önlemlerin askıya alınmasını gerektirecek görevlerin mutlaka göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

**c. Maruziyet ve etkileri arasındaki ilişki:** Her bir tehlikeli durum için, tehlikeye maruziyet ve bu maruziyetin etkileri arasındaki ilişkinin irdelenmesi gerekmektedir. Toplam maruziyetin ve tehlikelerin kombinasyonunun etkileri belirlenmelidir. Bu etkiler

belirlendiğinde, risklerin tahmini mümkün olduğunca uygulanabilir uygun verilere dayanıyor olacaktır.

**d. İnsan faktörü:** İnsan faktörü riski etkileyebilmektedir. Bu nedenle risklerin tahmini sırasında göz önünde bulundurulmalıdır. İnsan faktörünü belirlerken şu konulara dikkat edilmelidir:

- Kişilerin makine ile etkileşimi,
- Kişiler arasındaki etkileşim,
- Stres durumu,
- Ergonomik durum,
- Verilen eğitime bağlı olarak kişinin risklerin farkında olma kapasitesi, deneyim ve yeteneği,
- Yorgunluk durumu,
- Malullük durumu göz önünde bulundurulmalıdır.

**e. Koruyucu önlemlerin uygunluğu:** Risklerin tespit edilmesi koruyucu önlemlerin uygunluğu da göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.

- Risk değerlendirmesi zarara yol açacak durumları tespit etmelidir.
- Risk değerlendirmesinde uygunsa alternatif koruyucu önlemleri karşılaştıracak sayısal metotlar uygulanmalıdır.
- Risk değerlendirmesi, uygun koruyucu önlemlerin seçimine yardımcı olacak bilgileri sağlamalıdır.

Organizasyonun, doğru davranış, dikkat, kişisel koruyucu donanımların kullanımı, beceri veya eğitim konularını kapsayan koruyucu önlemlerin, teknik koruyucu önlemler ile kıyaslandığında nispeten daha düşük güven derecesine sahip olduğu risk değerlendirmesinde dikkate alınmalıdır.

**f. Koruyucu önlemlerin yenilmesi veya atlatılması olasılığı:** Makinenin güvenli çalışmasına devam edebilmesi için, koruyucu önlemin kolay kullanılır olması ve makinenin öngörülen kullanımına engel olmaması önemlidir. Diğer taraftan, makineden daha fazla yarar elde edebilmek için koruyucu önlemin baypas edilebilme olasılığı bulunmaktadır. Risk değerlendirmesi bu gibi koruyucu önlemleri yenilmesi veya aldatılması olasılıklarını dikkate

almalıdır. Koruyucu önlemlerin aldatılmasına veya baypas edilmesine neden olan koşullara örnek durumlar aşağıda verilmiştir:

- Koruyucu önlemin üretimi yavaşlatması, kullanıcının tercihine veya diğer bir aktivitesine müdahale etmesi,
- Koruyucu önlemin kullanımının zor olması,
- Operatör haricinde kişilerin dahil olması,
- Koruyucu önlemin kullanıcı tarafından onaylanmaması veya işlevi için uygun olarak kabul edilmemesi,

g. Koruyucu önlemlerin sürdürülebilirlik becerisi: Risklerin tespit edilmesinde, koruyucu önlemin gereken koruma seviyesini sağlamak için idame ettirilebilir bir başka ifade ile sürdürülebilir olup olmadığı dikkate alınmalıdır.

## **B. Risklerin Değerlendirilmesi**

Risklerin tespit edilmesinden sonra, risklerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Risk azaltımı gerekiyor ise, uygun koruyucu önlemler seçilmeli ve uygulanmalıdır. Koruyucu önlemlerin uygulanarak risklerin azaltılması bir sonraki bölümde detaylı olarak anlatılmıştır. Risk azaltımının etkisi risk azaltımında uygulanan üç adımın her birinden sonra değerlendirilmelidir. Tekrarlanan bu prosesin bir parçası olarak, tasarımcı koruyucu önlemler uygulandığında yeni tehlikelerin ortaya çıkıp çıkmadığını veya diğer risklerin artıp artmadığını kontrol etmelidir. Eğer yeni tehlikeler ortaya çıkmış ise, bunlarda belirlenen tehlikeler listesine eklenmelidir ve bu tehlikeler için de koruyucu önlemler alınması gerekmektedir.

### **Risk Azaltımı**

Risk azaltımının amacına, riskler ile bağlantılı iki elemanın eş zamanlı olarak veya ayrı ayrı azaltılarak tehlikelerin elimine edilmesi ile ulaşılmaktadır.

- Belirlenen tehlikelerden kaynaklanan hasarın derecesi,
- Hasarın oluşma olasılığı

Bu amaca ulaşmaya yönelik olarak belirlenen tüm koruyucu önlemler aşağıda verilen ve üç aşamalı yöntem olarak adlandırılan sıra ile uygulanmalıdır (Şekil 31 ve Şekil 32).

#### **1. Aşama:** Tasarımın kendinden gelen güvenlik önlemleri

Kendiliğinden güvenli tasarım önlemleri, belirlenen tehlikelerin elimine edilmesi ve risklerin azaltılması için makinenin tasarım aşamasında makinenin kendi tasarımında uygun değişiklikler yapılması işlerini kapsamaktadır.

Risk azaltımı işleminin ilk ve önemli basamağı kendinden güvenli tasarımıdır. Çünkü makinelerin karakteristiği gereği kendinden sahip olduğu koruyucu önlemler verimliliğini, efektifliğini sürdürmeye yatkındırlar. Deneyimler de göstermektedir ki, iyi tasarlanmış emniyet sağlayıcılar (safeguarding) dahi arızalanabilmekte, ihlal edilebilmekte ve bunların kullanım talimatlarına uyulmamaktadır.

Makinelere risk azaltımına ilk olarak tasarım aşamasında başlanılmalıdır ve mümkün olduğunca tüm riskler azaltılmalıdır. Harici olarak takılan güvenlik sağlayıcı emniyet aksamaları ikinci plan olarak kullanılmalıdır.

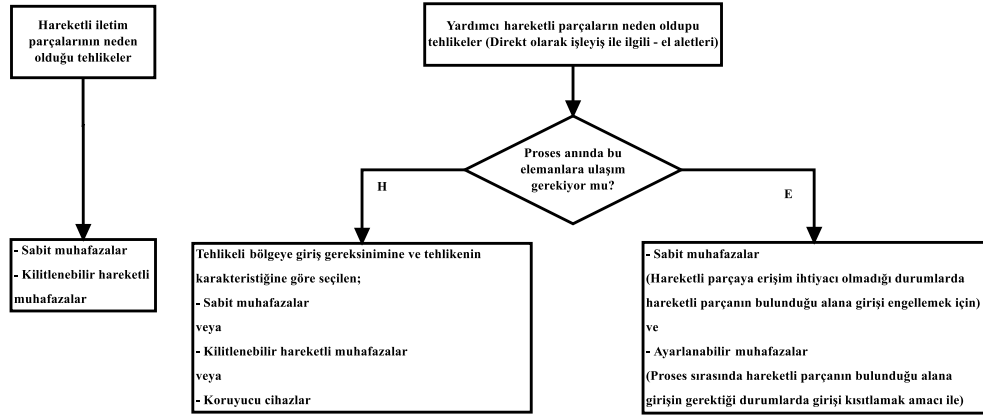
## **2. Aşama:** Emniyet sağlayıcı ve/veya tamamlayıcı koruyucu önlemler

Kendinden güvenli tasarım önlemlerin tehlikeleri yeteri kadar elimine edemediği veya bu tehlikelere bağlı riskleri yeteri kadar azaltamadığı durumlarda, makinenin öngörülen kullanım şeklini ve makul bir şekilde kabul edilebilir hatalı kullanımını göz önünde bulundurarak, uygun olarak seçilen emniyet sağlayıcı ve tamamlayıcı koruyucu önlemler riski azaltmak için kullanılabilir.

Muhafaza ve koruyucu cihazlar, makinenin tasarım aşamasında kişileri korumak için kullanılmalıdır. İlave ekipmanları içeren (örneğin, acil durum durdurma ekipmanı) birbirini tamamlayan koruyucu önlemler mutlaka uygulanmalıdır.

### **1. Muhafazaların ve koruyucu cihazların seçimi ve uygulanması**

Tezin bu bölümü birinci amacı kişileri hareketli makine parçalarının neden olduğu tehlikelerden korumak olan muhafazaların ve koruyucu cihazların seçimi ve uygulanması ile ilgili rehber niteliğinde hazırlanmıştır (Şekil 54).



**Şekil 54. Muhafazaların ve koruyucu cihazların seçimi ve uygulanması [11]**

Muhafaza ve koruyucu cihazların doğru bir şekilde seçimi o makinede yapılan risk değerlendirmesinin neticesine göre yapılmalıdır.

Tehlikeli bölge veya özel makine türleri için uygun muhafaza seçiminde, sabit muhafazaların makinenin normal işleyişi sırasında operatörün tehlikeli bölgeye girmesinin gerektirmediği durumlarda kullanılması gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır.

Tehlikeli bölgeye giriş sıklığının artması kaçınılmaz olarak sabit muhafazaların kullanılmasını imkansız hale getirmektedir. Bu durum alternatif koruyucu önlemlerin kullanılmasını gerektirmektedir. (Hareketli kilitlenen muhafazalar, elektronik algılayıcı koruyucu ekipmanlar vb.)

Bazı durumlar muhafazaların bir arada kullanılması gerektirebilmektedir. Örneğin, makineye otomatik olarak besleme yapan besleme ünitesinde sabit muhafaza kullanılırken, cihazın çevresindeki tehlikeli bölgeye giriş gerekmediğinden bu bölgeye girişi tespit etmek üzere koruyucu cihaz kullanılabilir.

Aşağıda verilen tehlikelere karşı koruma sağlamak amacı ile kontrol pozisyonlarına veya müdahale bölgelerinin çevrilmesine, muhafaza edilmesine dikkat gösterilmelidir.

- Düşen veya uçan nesnelerin oluşturduğu tehlikelere karşı korumak amacı ile örneğin çeşitli düşen nesneler için koruma yapıları – FOPS
- Maruziyet tehlikeleri (Gürültü, titreşim, radyasyon, sağlık etkilerinden koruma, vb.)
- Çevresel etkilerin oluşturduğu tehlikeler (sıcak, soğuk, kötü hava koşullarına karşı koruma, vb.)

- d) Makinelerin devrilmesinin oluşturduğu tehlikelere karşı devrilmeye karşı koruyucu yapılar (ROPS, TOPS)

Araç kabini, kulübe vb. çevrilmiş çalışma istasyonları için görünürlük, aydınlatma, atmosferik koşullar, erişim, duruş pozisyonu gibi ergonomik prensiplerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Normal çalışma sırasında tehlikeli bölgeye girişin gerekmediği durumlar:

Normal çalışma sırasında tehlikeli bölgeye girişin gerekmediği durumlarda, muhafazalar şu koşullara göre seçilmelidir:

- a) Sabit muhafazalar **[12]**,
- b) Koruma kilidi olan veya olmayan birbirine kenetli muhafazalar **[12, 13]**,
- c) Kendiliğinden kapanan muhafazalar **(Madde 3.3.2, [12])**,
- d) Elektronik algılayıcı **[14]** veya basınç algılayıcı **[15]** koruyucu ekipmanlar ve benzeri algılayıcı koruyucu ekipmanlar

Normal çalışma sırasında tehlikeli bölgeye girişin gerektiği durumlar:

Normal çalışma sırasında tehlikeli bölgeye girişin gerektiği durumlarda muhafazalar şu koşullara göre seçilmelidir:

- a) Koruma kilidi olan veya olmayan birbirine kenetli muhafazalar **[12, 13]**,
- b) Elektronik algılayıcı **[14]** veya basınç algılayıcı **[15]** koruyucu ekipmanlar ve benzeri algılayıcı koruyucu ekipmanlar ,
- c) Ayarlanabilir muhafazalar
- d) Kendiliğinden kapanan muhafazalar **(Madde 3.3.2, [12])**,
- e) İki el kontrollü cihazlar **[16]**,
- f) Başlama fonksiyonlu birbirine kenetli muhafazalar (kontrol muhafazaları) **[Madde 6.3.3.2.5, 16]**.

Kurulum, eğitim, proses değişimi, arıza bulma, temizleme, bakım veya bakım için tehlikeli bölgeye giriş gereksinimi bulunan durumlar:

Mümkün olduğunca, makineler operatörün korunması için sağlanan muhafazalar kurulum, eğitim, proses değişimi, arıza bulma, temizlik veya bakım işlerinden sorumlu

personelin de işlerini yapmasına engel olmayacak bir şekilde güvenliğini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu gibi görevler belirlenmelidir ve risk değerlendirmesi yapılırken makinenin kullanımının bir parçası olarak dikkate alınmalıdır.

## 2. Algılayıcı koruyucu ekipmanların seçimi ve uygulanması

### Algılayıcı koruyucu ekipmanların seçimi:

Algılama fonksiyonlarına bağlı teknolojik çeşitlilikleri nedeni ile her tür algılayıcı koruyucu ekipmanlar güvenlik uygulamaları için eşit derecede uygun olmaktan uzaktırlar. [15] Aşağıdaki hükümler tasarımcıya seçim ve uygulama için gerekli kriterleri sağlamak amacı taşımaktadır.

Algılayıcı koruyucu ekipman türleri, ışık perdeleri, tarama cihazları (ör. Lazer tarayıcılar), basınç algılayıcı matları kapsamaktadır. Algılayıcı koruyucu ekipmanlar, tetiklemek, varlık algılamak ya da hem tetiklemek hem de varlık algılamak, operasyonu yeniden başlatmak için kullanılabilirler.

Aşağıda verilen makine özellikleri algılayıcı koruyucu ekipmanların tek kullanımına engel olabilir [11] :

- Makinenin malzeme veya bileşen parçalarını fırlatmaya eğilimli olması,
- Maruziyete karşı koruma gerekliliği (gürültü, radyasyon, toz, vb.)
- Makinenin değişen veya fazla durma zamanına sahip olması
- Makinenin bir döngü süresince kısmen durdurulamaması,

### Algılayıcı koruyucu ekipmanların uygulanması:

Aşağıda belirtilen hususlar algılayıcı koruyucu ekipmanların uygulanması ile ilgili olarak göz önünde bulundurulmalıdır:

- Boyut, algılama bölgesinin pozisyonu ve özelliği [17],
- Cihazın hata durumundaki tepkisi [14],
- Koruyucu önlemin aldatılma, tuzağa düşürülme ihtimali,
- Algılama kapasitesi ve zamanla oluşan değişimi (örneğin, yansıtıcı yüzeylerin varlığı, yapay ışık kaynakları, güneş ışığı veya havanın kirliliği gibi farklı çevre koşullarına olan duyarlılık)

Algılayıcı koruyucu ekipmanlar proses ile entegre ve makinenin kontrol sistemi ile ilişkili olmalıdırlar. Çünkü;

- İnsan veya insanın bir parçası algılanır algılanmaz komut verilir,
- İnsan veya insanın bir parçasının geri çekilmesi, kendi başına tehlikeli makine hareketinin başlatmaz ve yeni bir komut gelmeden, algılayıcı koruyucu ekipman tarafından verilen komut, kontrol sistemi tarafından korunur,
- Tehlikeli hareketin tekrar başlatılması, operatör tarafından gözlemlenen ve tehlikeli bölgenin dışına konulmuş olan kontrol ünitesinden istemli olarak yapılır.
- Koruyucu ekipmanın algılama fonksiyonu kesintisi sırasında makine çalıştırılmaz,
- Algılama alanının pozisyonu ve şekli insanın veya insanın bir kısmının tehlikeli bölgeye tespit edilemeden girişini veya yaklaşımını önleyecek şekildedir,

AOPD ekipmanların hata/arıza davranışları ile ilgili detaylı değerlendirmeler IEC 61496 standardında yer almaktadır.

### **3. Aşama: Kullanım bilgileri**

Kendinden güvenlik önlemlerine rağmen risklerin kalması durumunda, muhafazalar ve tamamlayıcı koruyucu önlemlerin geliştirilmesi, artık risklerin tanımlanması kullanım bilgileri içerisinde belirtilmelidir. Kullanım bilgileri aşağıdaki bilgileri içermeli ve bunlar ile sınırlı kalmamalıdır:

- Makineyi kullanan personelin yeteneği veya makine ile ilgili tehlikelere maruz kalabilecek kişiler ile tutarlı olan makinenin kullanımı için çalışma prosedürü,
- Önerilen güvenli çalışma uygulamaları ve ilgili eğitim gereksinimleri yeterli bir şekilde tanımlanır.
- Makine proses döngüsünün farklı evrelerinde bulunan artık riskler ile ilgili uyarıları içeren bilgilendirmeler,
- Kullanımı için gerekli eğitimlerde dahil olmak üzere önerilen kişisel koruyucu donanımlar ile ilgili açıklayıcı bilgiler,

Kullanım bilgileri, güvenli tasarım önlemlerinin, muhafazaların veya tamamlayıcı koruyucu önlemlerin düzgün uygulanmasının yerine geçmemelidir [11].

Kullanım bilgilerinin oluşturulması makine tasarımının bir parçasıdır. Kullanıcıya bilgileri aktarmak için yazılar, metinler, işaretler, sinyaller, semboller veya diyagramlar gibi

iletişim bağlantılarını içeren kullanım bilgileri ayrı ayrı veya kombinasyon olarak kullanılmaktadır. Kullanım bilgileri profesyonel ve/veya profesyonel olmayan kullanıcılar için tasarlanmaktadır.

Kullanım bilgileri kullanıcıya makinenin amaçlanan kullanımına yönelik olarak özellikle tüm çalışma modlarını göz önünde bulundurularak temin edilmelidir.

- Bilgiler güvenli kullanım ve makinenin doğru kullanımı için gerekli tüm talimatları içermelidir. Bu amaçla, kullanıcıyı artık riskler hakkında uyarmalı ve bilgilendirmelidir **[11]**.
- Bilgiler eğitim gereksinimi, kişisel koruyucu donanım gereksinimi ve ek koruyucu cihaz ve muhafaza gereksinimi düzgün bir şekilde belirtmelidir **[11]**.
- Bilgiler adından ve tanımından dolayı beklenen makul kullanımları hariç tutmamalıdır. Ayrıca bu bilgiler tanımlananların haricindeki, özellikle öngörülebilir hatalı kullanımlar neticesinde meydana gelen riskler hakkında uyarmalıdır.

Kullanım bilgileri; taşıma, monta, kurulum, işletmeye alma, kullanım (ayarlama, programlama/öğretme veya proses değiştirme, alıştırma, temizleme, hata bulma ve bakım) ve gerekli ise sökme, devre dışı bırakma ve hurdaya ayırma işlemlerini kapsamalıdır **[11]**.

## EK 2. Makinelerde Risk Değerlendirmesi Saha Kayıt Formu

|                                      |  |                 |  |
|--------------------------------------|--|-----------------|--|
| Makinenin Türü                       |  | Referans No.    |  |
| Makinenin Tanımı                     |  |                 |  |
| Bulunduğu Yer                        |  |                 |  |
| Vardiya Sayısı                       |  | Operatör Sayısı |  |
| Değerlendirmeyi Yapan / Tarih / İmza |  |                 |  |
|                                      |  |                 |  |

|                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Makinenin kullanımı</b> (Makinenin limitlerini ortaya koyacak önemli detayları açıklayınız)                                                  |
|                                                                                                                                                 |
| <b>Operatörler</b> (Yetkinlikleri, deneyimleri vb.)                                                                                             |
|                                                                                                                                                 |
| <b>Mevcut güvenlik önlemleri</b> (Ör:Mühendislik önlemleri, sabit muhafazalar, elektronik koruyucu donanımlar, uyarı işaretleri, sınırlar, vb.) |
|                                                                                                                                                 |
| <b>Mevcut davranışsal güvenlik önlemleri ve güvenlik prosedürleri</b> (KKD Kullanımı, denetimler, eğitimler, bilgilendirmeler, vb.)             |
|                                                                                                                                                 |

|                                                          |                                                                 |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Dokümantasyon ve İşaretler</b>                        |                                                                 |
| <input type="checkbox"/> Kullanım kılavuzları            | <input type="checkbox"/> Bakım kılavuzları                      |
| <input type="checkbox"/> İşleyiş prosedürleri/talimatlar | <input type="checkbox"/> Makine kullanımı için eğitim kayıtları |
| <input type="checkbox"/> CE işareti                      | <input type="checkbox"/> İşaretlemeler (uyarı, güvenlik, vb.)   |

|                                                                         |                                                                        |                                                                        |                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Tehlikeli Bölge Hakkında</b>                                         |                                                                        |                                                                        |                                                                      |
| Tehlikeli bölgeye erişim gerekiyor mu?                                  |                                                                        |                                                                        |                                                                      |
| Tehlikeli bölgeye erişme nedeni nedir?<br>(besleme, boşaltma, bakım...) |                                                                        |                                                                        |                                                                      |
| Tehlikeli bölgeye erişim sıklığı                                        | <input type="checkbox"/> Yıllık<br><input type="checkbox"/> Aylık      | <input type="checkbox"/> Haftalık<br><input type="checkbox"/> Günlük   | <input type="checkbox"/> Saatlik<br><input type="checkbox"/> Sürekli |
| Erişmesi gereken kişi sayısı                                            | <input type="checkbox"/> 1-2 kişi<br><input type="checkbox"/> 2-3 kişi | <input type="checkbox"/> 4-7 kişi<br><input type="checkbox"/> 7-15kişi | <input type="checkbox"/> 16-50 kişi<br><input type="checkbox"/> >50  |

| Makinenin Geçmişi Hakkında                        |  |
|---------------------------------------------------|--|
| Daha önce kaza veya ramak kala meydana gelmiş mi? |  |
| Meydana gelen kaza sayısı                         |  |
| Kazanın sonuçları                                 |  |

| Mevcut Elektronik Koruyucu Ekipmanlar |                       |              |                   |
|---------------------------------------|-----------------------|--------------|-------------------|
| No                                    | Koruyucu Ekipman Tipi | Ekipman Kodu | Fonksiyonu/Görevi |
| 1                                     |                       |              |                   |
| 2                                     |                       |              |                   |
| 3                                     |                       |              |                   |
| 4                                     |                       |              |                   |
| 5                                     |                       |              |                   |

| Muhafaza ve Koruma Tertibatları Uygunluk Kontrol Listesi <sup>1</sup>                          |                          |                          |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------|
| Açıklamalar                                                                                    | Evet                     | Hayır                    | Yorum |
| Koruyucu gereksinimleri                                                                        |                          |                          |       |
| 1. Koruyucu gerçekten güvenli ve kolayca kaldırılamaz.                                         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |       |
| 2. Malzeme veya nesnelerin fırlamasına karşı koruma sağlıyor.                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |       |
| 3. Koruyucu makinenin nispeten kolay, güvenli ve konforlu çalışmasını sağlıyor.                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |       |
| 4. İlave bir tehlike ortaya çıkarmıyor.                                                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |       |
| 5. Makineye koruyucu kaldırılmadan müdahale edilemiyor.                                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |       |
| 6. Koruyucu kaldırıldığında makine otomatik olarak kapanıyor.                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |       |
| 7. Tehlike bölgesinden yeterli uzaklığa yerleştirilmiş. Güvenlik mesafesi uygundur.            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |       |
| 8. Mevcut koruyucu geliştirilebilir.                                                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |       |
| Açıklamalar                                                                                    | Evet                     | Hayır                    | Yorum |
| Mekanik Tehlikeler                                                                             |                          |                          |       |
| 9. Makinede operasyon bölgesi koruması var.                                                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |       |
| 10. Operatörü tehlikeli bölgeden koruyor.                                                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |       |
| 11. Koruyucunun kurcalandığının veya kaldırıldığının kanıtları var.                            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |       |
| 12. Daha efektif ve pratik bir koruyucu önerilebilir.                                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |       |
| 13. Makinede tasarım değişikliği ile operasyon bölgesindeki tehlikenin ortadan kaldırılabilir. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |       |
| Güç aktarım aparatları                                                                         |                          |                          |       |

<sup>1</sup> [24]

|                                                                                                                                                               |                          |                          |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| 14. Korumaya alınmamış dişliler, çarklar bulunuyor.                                                                                                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
| 15. Korumaya alınmamış kayışlar, zincirler bulunuyor.                                                                                                         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
| 16. Korumaya alınmamış ayar vidaları, manşonlar bulunuyor.                                                                                                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
| 17. Başlatma ve durdurma kontrol ünitesi operatörün kolay ulaşacağı bir yerde.                                                                                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
| Diğer hareketli aksamlar                                                                                                                                      |                          |                          |  |
| 18. Koruyucular makinenin yardımcı aparatları dahil tüm hareketli aksamlarını kapsıyor.                                                                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
| Eğitim                                                                                                                                                        |                          |                          |  |
| 19. Operatörler koruyucu donanımı nasıl kullanacağı hakkında gerekli eğitimleri almış.                                                                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
| 20. Operatörler nasıl ve hangi koşullar altında koruyucu donanımı kaldırabilecekleri konusunda bilgi sahibi.                                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
| 21. Operatörler koruyucu hasar gördüğünde, kaybolduğunda veya koruyucunun yetersiz kaldığını fark ettiklerinde hangi prosedürleri izleyeceklerini biliyorlar. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
| Kişisel koruyucu donanım ve uygun kıyafet                                                                                                                     |                          |                          |  |
| 22. Makine kişisel koruyucu donanım gerektiriyor.                                                                                                             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
| 23. KKD gerekiyorsa, bunlar iş için uygun, temiz, hijyenik, iyi durumda ve dikkatli bir şekilde saklanıyorlar.                                                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
| 24. Operatörler işin güvenliğine uygun giyiniliyorlar.                                                                                                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |

### Tehlikeler ve Olası Sonuçlar<sup>2</sup>

| Tehlike Türü              | Tehlike Kaynağı <sup>3</sup> |                          |                                                                           |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>Mekanik Tehlikeler</b> | <input type="checkbox"/>     | Hızlanma, yavaşlama      | <input type="checkbox"/> Kinetik enerji                                   |
|                           | <input type="checkbox"/>     | Köşeli parçalar          | <input type="checkbox"/> Hareketli elemanların sabit kısımlara yaklaşması |
|                           | <input type="checkbox"/>     | Kesici kısımlar          | <input type="checkbox"/> Elastik elemanlar                                |
|                           | <input type="checkbox"/>     | Düşen nesneler           | <input type="checkbox"/> Yer çekimi                                       |
|                           | <input type="checkbox"/>     | Depolanmış enerji        | <input type="checkbox"/> Yerden yükseklik                                 |
|                           | <input type="checkbox"/>     | Yüksek basınç            | <input type="checkbox"/> Makine hareketliliği                             |
|                           | <input type="checkbox"/>     | Hareketli elemanlar      | <input type="checkbox"/> Dönen elemanlar                                  |
|                           | <input type="checkbox"/>     | Pürüzlü, kaygan yüzeyler | <input type="checkbox"/> Sivri kenarlar                                   |
|                           | <input type="checkbox"/>     | Kararsızlık/dengesizlik  | <input type="checkbox"/> Vakum                                            |
|                           | <input type="checkbox"/>     | Diğer                    |                                                                           |

<sup>2</sup> [11]

<sup>3</sup> Bir tehlike kaynağının birden fazla olası sonucu olabilir.

### EK 3. Hesap Programı

Risk değerlendirmesi için MS Excel ile hesap programı oluşturulmuştur. Bu hesap programında, her bir makine farklı bir sayfada değerlendirilmektedir. Program, şekil 55'te gösterildiği gibi Giriş, Kılavuz, Risk Matrisi, zet Sayfası ve iş yerinde riskleri değerlendirmesi yapılan makine sayısı kadar değerlendirme sayfasından oluşmaktadır.



şekil 55. Hesaplama Programı Alt Sayfaları

Kılavuz sayfasında hesaplama programının kullanımı ile ilgili genel talimatların yanı sıra programda kullanılan değerlendirme metotlarının ve verilerin referanslarına yer verilmiştir. Risk Matrisi sayfasında bu tezin gereç ve yöntemler başlığı altında anlatılmakta olan olasılık ve şiddet seviyeleri ile risk seviyesinin belirlenmesinde kullanılan risk matrisi gösterilmektedir. zet sayfası, bu hesaplama programının kullanıldığı iş yerinde, risk değerlendirmesi yapılan makinelerin ve bu makineler için alınması gerekli görülen önlemlerin listelendiği sayfadır. Bu hesap programı kullanılırken her bir makine için ayrı bir değerlendirme sayfası açılır. Elde edilen veriler neticesinde alınması gerekli görülen önlemler ve makinelerin listesi zet sayfasına işlenir.

#### Değerlendirme Sayfası

Değerlendirme sayfasının sol kısmında tehlike türleri, tehlike kaynakları ve olası sonuçları yer almaktadır. Bu liste TS EN ISO 12100 standardına göre hazırlanmış olup, tez kapsamında yalnızca mekanik tehlikeler değerlendirildiğinden hesap programında tehlike türü olarak yalnızca mekanik tehlikelere yer verilmiştir. İlgili standardın risk değerlendirmesi metoduna göre çığneme, atma-fırlatma, çarpma sonucu ezme vb. olası sonuçlar her bir tehlike kaynağı için ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Bu sebeple her bir tehlike kaynağı için olası sonuçlar tabloda belirtilmiştir. Makinelerde riskler değerlendirilirken her bir tehlike kaynağı için olası sonuçları gözlenmeli ve bu tabloda değerlendirilmelidir.

Hesap programının değerlendirme kısmı şekil.56'da görüldüğü gibi üç ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüme, makinede yer alan mevcut elektronik koruyucu donanım devre dışı bırakıldığında yapılan risk değerlendirmesi sonuçları yazılmaktadır.



## EK 4. Risk Değerlendirmesi Sonuçları

### 1. F01.M01 – Eksantrik Pres

**Bulunduğu Bölüm:** Elektromekanik Aygıtlar Fabrikası

**Makinenin kullanımı:** Metal parçalara istenilen şekli vermek için kullanılmaktadır. Elektrik motorundan elde edilen dönme hareketi kayışlar ile volana aktarılmaktadır. Bunun sebebi elektrik motorunun yüksek devir sayısının düşürülerek istenilen dakikada vuruş sayısını elde etmektir. Parça basılmak istendiğinde kavrama kumandası devreye alınmaktadır (Şekil 58).



**Şekil 58. Eksantrik pres**

**Mevcut güvenlik önlemleri ve elektronik koruyucu ekipmanlar:** Makine Tablo 12’de verilen koruyucu donanımına sahiptir. Mevcut koruyucu donanımlar Şekil 58’de gösterilmektedir.

**Tablo 12. F01.M01 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar**

| Ekipman Kodu | Koruyucu Ekipman Tipi | Fonksiyonu/Görevi                           |
|--------------|-----------------------|---------------------------------------------|
| EKP.01       | Çift el kumanda       | Tehlikeli hareketin iki el ile başlatılması |

**Makine ve makinenin kullanımı ile ilgili elde edilen bulgular:** KKD kullanımı sağlanmıştır. Makineyi tecrübeli ve deneyimli personel kullanmaktadır. Uyarı işaretleri ve bilgilendirmelerin yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Makine eski teknoloji olması sebebi ile tasarımın kendinden gelen risklerin bulunduğu ve seviyelerinin yüksek olduğu görülmektedir.

**Risk değerlendirmesi sonuçları:** F01.M01 numaralı makine için uç aşamalı risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Makinenin sahip olduğu elektronik koruyucu ekipmanlar devre dışı bırakılarak yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 13'te; mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar devredeyken yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 14'te; artık risklerin değerlendirilmesi ve artık riskler için oneriler ise Tablo 15'te gösterilmektedir.

**Tablo 13. F01.M01 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                       | Olası Sonuçları       | Açıklama                                                                                                                                                                                                                                            | O | ř | RS | Risk Seviyesi  |
|------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|----------------|
| Kinetik enerji                           | Sürtünme, aşınma      | Hızla dönen kayışlara temas nedeni ile yaralanma riski bulunmaktadır. Volan ve kayışların dışarıya bakan kısımları sabit metal muhafaza ile koruma altına alınmıştır ancak ie bakan kısımlardan tehlikeli hareketin olduğu alana erişim mümkündür. | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer  |
| Sabit kısma yaklaşan hareketli elemanlar | iğneme               | Koç başı ile tezgah arasına (operasyon bölgesi) uzvun sıkışması riski bulunmaktadır.                                                                                                                                                                | 3 | 3 | 9  | Kabul edilemez |
| Hareketli elemanlar                      | Kapma, sıkışma, çekme | Eksantrik miline uzvun sıkışması riski bulunmaktadır.                                                                                                                                                                                               | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer  |
| Döner elemanlar                          | Kapma, sıkışma, çekme | Volana uzvun sıkışması riski bulunmaktadır. Volan ve kayışların dışarıya bakan kısımları sabit metal muhafaza ile koruma altına alınmıştır ancak ie bakan kısımlardan tehlikeli hareketin olduğu alana erişim mümkündür.                           | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer  |

**Tablo 14. F01.M01 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                       | Olası Sonuçlar        | Mevcut Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                              | O | Ş | RS | Risk Seviyesi |
|------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|---------------|
| Kinetik enerji                           | Sürtünme, aşınma      | Bu riskin azaltılmasına yönelik bir elektronik koruyucu donanım bulunmadığı için riskin seviyesi değişmez.                                                                                                                                                            | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer |
| Sabit kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çiğneme               | Çift el kontrol sistemi bulunmaktadır. (Çift el kontrol sistemi olması sebebi ile kaza olasılığı azalmaktadır. Ancak makinenin doğası gereği çevrim başlatıldığında, proses çevrimi tamamlanmadan makinenin durdurulamaması sebebi ile kaza şiddetinde azalma olmaz.) | 2 | 3 | 6  | Yüksek        |
| Hareketli elemanlar                      | Kapma, sıkışma, çekme | Bu riskin azaltılmasına yönelik bir elektronik koruyucu donanım bulunmadığı için riskin seviyesi değişmez.                                                                                                                                                            | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer |
| Dönen elemanlar                          | Kapma, sıkışma, çekme | Bu riskin azaltılmasına yönelik bir elektronik koruyucu donanım bulunmadığı için riskin seviyesi değişmez.                                                                                                                                                            | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer |

**Tablo 15. F01.M01 için artık risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                       | Olası Sonuçlar        | Önerilen Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Kinetik enerji                           | Sürtünme, aşınma      | <b>Öneri:</b> Volan ve kayışların bulunduğu bölümün içe bakan kısımları sabit muhafaza ile korumaya alınmalıdır.                                                                                                                                                                                                                                                         | 1 | 1 | 1  | Kabul edilebilir |
| Sabit kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çiğneme               | <b>Öneri:</b> Sabit muhafazalar kullanılarak ve koruma önlemleri artırılarak uzvun tamamının tehlikeli noktaya erişiminin engellenmesi amaçlanmalıdır. Uyarı işareti sayısı çoğaltılarak güvenlik algısı artırılmalıdır. ( <b>Not:</b> Makinenin yapısı gereği risk seviyesi dikkate değer ölçüdedir. Mekanik presler yerine hidrolik preslerin kullanımı önerilebilir.) | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer    |
| Hareketli elemanlar                      | Kapma, sıkışma, çekme | Sabit muhafazalar ile hareketli milin koruma altına alınması,                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 1 | 1 | 1  | Kabul edilebilir |
| Dönen elemanlar                          | Kapma, sıkışma, çekme | muhafazanın <b>elektronik anahtar</b> ile açık kullanımının önlenmesi gerekmektedir.                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1 | 1 | 1  | Kabul edilebilir |

## 2. F01.M02 – CNC Abkant Büküm Presi

**Bulunduğu Bölüm:** Elektromekanik Aygıtlar Fabrikası

**Makinenin kullanımı:** Makine, fabrikanın ürettiği elektronik cihazların aksamaları için sac plakaların bükümünde, belli açılarda saca şekil vermek için kullanılmaktadır. Ayak pedalı kontrollü bu abkant büküm makinesi üç fonksiyonlu çalışma sistemine sahiptir. 1) Pedala normal basma 2) İstenen pozisyonda durdurma 3) Ayak pedaldan çekildiğinde otomatik çene dönüş fonksiyonlarıdır (Şekil 59).



**Şekil 59. CNC Abkant Büküm Presi**

**Mevcut güvenlik önlemleri ve elektronik koruyucu ekipmanlar:** Makine Tablo 16’da verilen koruyucu donanıma sahiptir.

**Tablo 16. F01.M02 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar**

| Ekipman Kodu | Koruyucu Ekipman Tipi | Fonksiyonu/Görevi                                                           |
|--------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| EKP.01       | Çift pedal sistemi    | Makinenin tehlikeli hareketi esnasında tehlikeli noktaya erişimi kısıtlamak |
| EKP.02       | Lazer perde           | Varlık algılamak                                                            |

**Makine ve makinenin kullanımı ile ilgili elde edilen bulgular:** KKD kullanımı sağlanmıştır. Makineyi tecrübeli ve deneyimli personel kullanmaktadır. Uyarı işaretleri ve bilgilendirmelerin yetersiz olduğu tespit edilmiştir.

**Risk değerlendirmesi sonuçları:** F01.M02 numaralı makine için üç aşamalı risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Makinenin sahip olduğu elektronik koruyucu ekipmanlar devre dışı bırakılarak yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 17’de; mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar devredeyken yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 18’de; artık risklerin değerlendirilmesi ve artık riskler için öneriler ise Tablo 19’da gösterilmektedir.

**Tablo 17. F01.M02 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçları            | Açıklama                                                                                                          | O | Ş | RS | Risk Seviyesi  |
|----------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|----------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çiğneme                    | Bükücü uç ile tezgâh arasına uzvun sıkışması riski bulunmaktadır.                                                 | 3 | 4 | 12 | Kabul edilemez |
| Kesici kısımlar                              | Kesme veya ciddi yaralanma | Bükme esnasında müdahale edilir ise bükülen malzemenin keskin kenarlarının kazaya yol açması riski bulunmaktadır. | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer  |

**Tablo 18. F01.M02 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçlar             | Mevcut Koruyucu Önlemler                                              | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|----------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çiğneme                    | EKP.01 ve EKP.02 no.lu elektronik koruyucu donanımlar kullanılmıştır. | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |
| Kesici kısımlar                              | Kesme veya ciddi yaralanma | EKP.01 ve EKP.02 no.lu elektronik koruyucu donanımlar kullanılmıştır. | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |

**Tablo 19. F01.M02 için artık risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçlar             | Önerilen Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                                                                | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|----------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çiğneme                    | Elektronik koruyucu donanım kullanılarak risk ortadan kaldırılmıştır. Makinenin yeni teknoloji ve CNC özellikte olması sebebi ile tasarımdan gelen risk seviyesi oldukça düşüktür. Mevcut riskler için kullanılan elektronik koruyucu donanımlar risk seviyesini kabul edilebilir seviyeye indirmektedir. | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |
| Kesici kısımlar                              | Kesme veya ciddi yaralanma | <b>Öneri:</b> Uyarı ve bilgilendirme işaretlerinin artırılması ve düzenli eğitimlerin verilmesi ile risk seviyesi daha da aşağıya çekilebilir.                                                                                                                                                            | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |

### 3. F01.M03 – CNC Giyotin Makas

**Bulunduğu Bölüm:** Elektromekanik Aygıtlar Fabrikası

**Makinenin kullanımı:** Üretilen elektronik cihazların aksamalarında kullanılmak üzere istenilen açıda ve büyüklükte sac kesim işlemi yapmaktadır (Şekil 60).



**Şekil 60. CNC Giyotin Makas**

**Mevcut güvenlik önlemleri ve elektronik koruyucu ekipmanlar:** Makine Tablo 20’de verilen koruyucu donanıma sahiptir.

**Tablo 20. F01.M03 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar**

| Ekipman Kodu | Koruyucu Ekipman Tipi | Fonksiyonu/Görevi                                          |
|--------------|-----------------------|------------------------------------------------------------|
| EKP.01       | Elektronik Anahtar    | Sabit muhafaza açık konumda cihazın kullanımını engellemek |
| EKP.02       | Çift pedal sistemi    | Tehlikeli bölgeye erişimi kısıtlamak                       |

**Makine ve makinenin kullanımı ile ilgili elde edilen bulgular:** KKD kullanımı sağlanmıştır. Makineyi tecrübeli ve deneyimli personel kullanmaktadır. Uyarı işaretleri ve bilgilendirmelerin yetersiz olduğu tespit edilmiştir.

**Risk değerlendirmesi sonuçları:** F01.M03 numaralı makine için üç aşamalı risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Makinenin sahip olduğu elektronik koruyucu ekipmanlar devre dışı bırakılarak yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 21’de; mevcut elektronik

koruyucu ekipmanlar devredeyken yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 22’de; artık risklerin değerlendirilmesi ve artık riskler için öneriler ise Tablo 23’te gösterilmektedir.

**Tablo 21. F01.M03 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçları          | Açıklama                                                                    | O | Ş | RS | Risk Seviyesi  |
|----------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---|---|----|----------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Kesme ve ciddi yaralanma | Giyotin makas ile işlenen ürün arasına uzvun sıkışması riski bulunmaktadır. | 3 | 3 | 9  | Kabul edilemez |
| Kesici kısımlar                              | Kesme ve ciddi yaralanma | Kesici makasa temas riski bulunmaktadır.                                    | 3 | 1 | 3  | Dikkate değer  |

**Tablo 22. F01.M03 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçlar           | Mevcut Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                             | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|----------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Kesme ve ciddi yaralanma | Sabit muhafaza açıkken çalışmasını engellemek için EKP.01 no.lu elektronik anahtar kullanılmıştır.                                                                                                   | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer    |
| Kesici kısımlar                              | Kesme ve ciddi yaralanma | <b>Not:</b> Mevcut elektronik anahtarın yapısı (temassız-manyetik) nedeni ile elektronik anahtarın kolayca devre dışı bırakılarak sabit muhafaza açık konumda çalıştırılması ihtimali bulunmaktadır. | 2 | 1 | 2  | Kabul edilebilir |

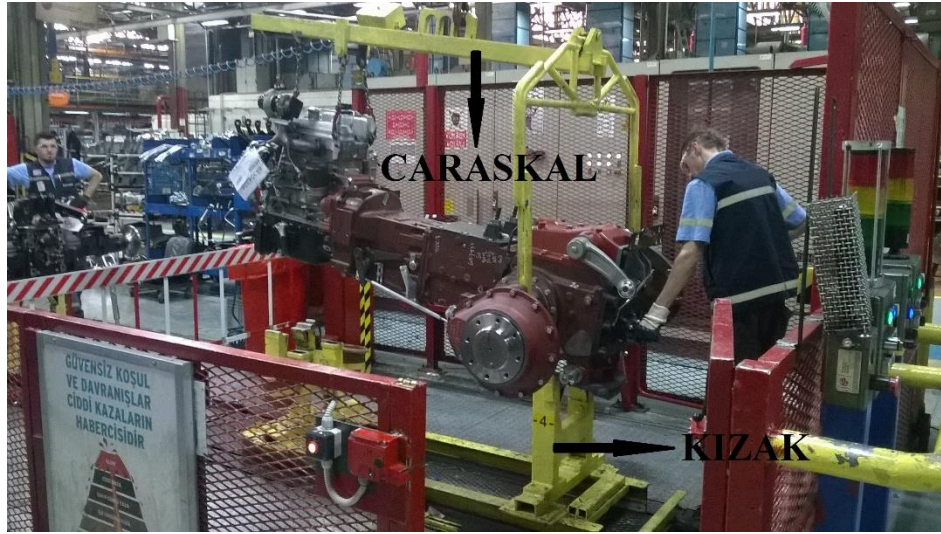
**Tablo 23. F01.M03 için artık risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçlar           | Önerilen Koruyucu Önlemler                                                                                                                   | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|----------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Kesme ve ciddi yaralanma | <b>Öneri:</b> Alan koruması yapılması, hem operatör hem harici kişilerin güvenliği hem de ikinci bir güvenlik katmanı olarak önerilmektedir. | 1 | 1 | 1  | Kabul edilebilir |
| Kesici kısımlar                              | Kesme ve ciddi yaralanma | Risk elimine edilmiştir.                                                                                                                     | 2 | 1 | 2  | Kabul edilebilir |

#### 4. F02.M01 – Montaj Hattı Kızağı

**Bulunduğu Bölüm:** Gövde Motor Birleştirme Alanı

**Makinenin kullanımı:** Motor-gövde birleştirildikten sonra parça, caraskal yardımı ile kızağa alma bölgesine aktarılmaktadır. Kızağa alma bölgesinin zemininden yeni kızak ortaya çıktıktan sonra ayrı bir caraskal yardımı ile bütün aksam kızak üzerine alınmaktadır. Kızağa alınan aksam montaj hattına doğru ilerleyerek montaja devam etmektedir (Şekil 61).



**Şekil 61. Kızağa alma alanı**

**Mevcut güvenlik önlemleri ve elektronik koruyucu ekipmanlar:** Makine Tablo 24’te verilen elektronik koruyucu donanıma sahiptir. Mevcut koruyucu donanımlar Şekil 62’de gösterilmektedir.

**Tablo 24. F02.M01 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar**

| Ekipman Kodu | Koruyucu Ekipman Tipi  | Fonksiyonu/Görevi                                                                         |
|--------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| EKP.01       | Elektronik Anahtar     | Güvensiz alana erişimin engellenmesi                                                      |
| EKP.02       | Tekli lazer ışını (x2) | Alana kontrolsüz giriş anında varlığın algılanması ve tehlikeli hareketin sonlandırılması |

Tespit edilen güvenlik önlemleri şu şekildedir:

- a. Montaj hattı kızıağı zeminde bulunan kapak açıldığında yerin altından ortaya çıkmakta olup kızak çıktıktan sonra kapaklar kapanmaktadır. Elektronik anahtar bu tehlikeli durum ortadan kalkana kadar operatörün alana girmesine engel olmaktadır.
- b. Tehlikeli bölge kızıağın sağ ve sol tarafında birer tane olmak üzere varlık algılama amaçlı kurulmuş olan tekli lazer ışınları ile koruma altına alınmıştır. Burada tehlikeli hareketin devamı esnasında bir varlık algılandığında sistem sesli, görsel ikaz vermekte ve tehlikeli hareketi sonlandırmaktadır.
- c. Mevcut koruma önlemleri ile iki kademeli koruma önlemi alınmış durumdadır.



**Şekil 62. Mevcut elektronik koruyucu donanımlar**

**Makine ve makinenin kullanımı ile ilgili elde edilen bulgular:** Sabit muhafazaların caraskalın hareket alanı olması sebebi ile alçak olması tehlikeli bölgeye kolaylıkla ulaşılmasına sebep olmaktadır. Alan korumasının tekli lazer ışını ile yapılması sebebiyle koruyucu önlemlerin kolaylıkla aldatılmasının mümkün olduğu gözlenmiştir. Geçmişte kazaya sebebiyet veren caraskaldan sallanan aksam ile kızak arasına uzuv sıkışması tehlikesinin mevcut önlemlerle engellenmediği görülmüştür.

Kişilerin KKD kullanımının yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Aksamın havadan nakledilmesine rağmen operatörler baret kullanmamaktadır. İş güvenliği ile ilgili eğitici panolar hazırlanmıştır. Operatörler için güvenlik eğitimleri ve bilgilendirmeler yapılmaktadır.

**Risk değerlendirmesi sonuçları:** F02.M01 numaralı makine için uç aşamalı risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Makinenin sahip olduğu elektronik koruyucu ekipmanlar devre dışı bırakılarak yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 25’te; mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar devredeyken yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 26’da; artık risklerin değerlendirilmesi ve artık riskler için oneriler ise Tablo 27’de gösterilmektedir.

**Tablo 25. F02.M01 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçları       | Açıklama                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | O | ř | RS | Risk Seviyesi  |
|----------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|----------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | ığneme               | Caraskal yardımı ile kızağa indirilen birleştirilmiş motor ve gövde aksamı, el yardımı ile kızağa indirilmektedir. Sallanan hareketli aksamın sabit kızağa yaklaşması esnasında parmak, el ve kol gibi uzuvlar için tehlike oluşturmaktadır.                                                                                                                          | 4 | 2 | 8  | Kabul edilemez |
|                                              | Darbe                 | Caraskal ile aksam taşınırken taşınan aksamın tehlikeli bölgedeki operatöre çarpması ile yaralanma riski bulunmaktadır.                                                                                                                                                                                                                                               | 3 | 2 | 6  | Yüksek         |
| Düşen nesneler                               | arpma sonucu ezme    | Montaj kızağına yerleştirilecek aksam üzerinde unutulabilecek bir malzemenin havaya kaldırıldığında tehlikeli bölgede bulunan operatörün üzerine düşmesi riski bulunmaktadır.                                                                                                                                                                                         | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer  |
|                                              | Darbe                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer  |
| Hareketli elemanlar                          | Kapma, sıkışma, ekme | Montaj kızağının çıktığı zemin kapaklarının açılıp kapandığı esnada operatörün bu alanda bulunması nedeni ile dikkatsizlik ve benzeri faktörler dikkate alındığında, operatörün kapağın açıldığı/kapandığı sırada kapağın üzerinde bulunması veya bu tehlikeli hareket esnasında müdahale ihtiyaı hissetmesi neticesinde kaza meydana gelme olasılığı bulunmaktadır. | 3 | 3 | 9  | Kabul edilemez |
|                                              | Kayma, takılma, düşme | Operatörün tehlikeli bölgede bulunduğu esnada kapağın açılması, montaj kızağının yükselmesi esnasında takılma düşme meydana gelme olasılığı bulunmaktadır.                                                                                                                                                                                                            | 3 | 2 | 6  | Yüksek         |

**Tablo 26. F02.M01 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçları       | Mevcut Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | O | Ş | RS | Risk Seviyesi |
|----------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|---------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çiğneme               | EKP.01 ve EKP.02 no.lu elektronik koruyucu donanım kullanılmaktadır.                                                                                                                                                                                                                                                                          | 3 | 2 | 6  | Yüksek        |
|                                              | Darbe                 | EKP.01 ve EKP.02 no.lu elektronik koruyucu donanım kullanılmaktadır.                                                                                                                                                                                                                                                                          | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer |
| Düşen nesneler                               | Çarpma sonucu ezme    | EKP.01 ve EKP.02 no.lu elektronik koruyucu donanım ve caraskal hareketi esnasında sesli ve ışıklı ikaz sistemi bulunmaktadır                                                                                                                                                                                                                  | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer |
|                                              | Darbe                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer |
| Hareketli elemanlar                          | Kapma, sıkışma, çekme | EKP.01 ve EKP.02 ile tehlikeli bölgeye erişim sınırlandırılmış, izinsiz erişim olması halinde ise tehlikeli hareket sonlandırılmıştır. Bu şekilde kaza şiddeti seviyesi azaltılmıştır. Ancak güvenlik mesafelerinin yeteri kadar uygunluk sağlamaması ve güvenlik ekipmanının doğru seçilmemesi nedeni ile kaza olasılığı seviyesi yüksektir. | 3 | 1 | 3  | Dikkate değer |
|                                              | Kayma, takılma, düşme |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 3 | 1 | 3  | Dikkate değer |

**Tablo 27. F02.M01 için artık risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçları | Önerilen Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|----------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çiğneme         | Mevcut ekipmanların, alana erişimin kontrollü olmasını sağlaması ve tehlikeli hareketin devamı esnasında erişimi engellemesi nedeni ile risk seviyesi azalmaktadır. Ancak caraskaldan sallanan aksam ile kızak arasına elin sıkışmasını engelleyici bir önlem bulunmamaktadır.<br><b>Öneri:</b> Aksamın caraskala takıldığı taşıyıcı aparat üzerine aksamın kızığa yerleştirilmesini kolaylaştırıcı iki kol uzantısı ve bu kol uzantıları üzerine yerleştirilecek çift el kontrol sistemi ile kişinin iki elini taşıyıcı aparatta tutması sağlanmalıdır. | 2 | 1 | 2  | Kabul edilebilir |
|                                              | Darbe           | Mevcut koruyucu ekipmanlar tehlikeli bölgeye erişimi sınırlandırması nedeni ile kaza olasılığı azaltmaktadır. Ancak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1 | 1 | 1  | Kabul edilebilir |

|                     |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |                  |
|---------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|------------------|
|                     |                       | <p>mevcut koruyucu ekipmanların konumlandırılması ve güvenlik mesafelerinin standart gereksinimlerine uygun bir şekilde belirlenmediği tespit edilmiştir. Alanda etkin korumanın sağlanması için daha geniş “algılama alanına” sahip lazer perde veya çoklu lazer ışını uygulaması gerçekleştirilerek tehlikeli alanda daha etkin koruma sağlanmalıdır.</p> <p>Bununla birlikte koruyucu donanımlar caraskal hareketini sınırlandırmamakta olup yalnızca kızağın ve kızağın çıkış kapağının kontrol ünitesine bağlıdır. Tehlikeli bölgeye erişim sağlandığında caraskal hareketini de sonlandıracak şekilde bu sistemin kontrol ünitesi ile de bağlantılı sistem kurulmalıdır. Baret kullanımı sağlanmalıdır.</p> |   |   |   |                  |
| Düşen nesneler      | Çarpma sonucu ezme    | Caraskalın hareketi mevcut elektronik koruyucu donanımlardan bağımsız olduğundan tehlikeli bölgede operatörün bulunması caraskal hareketini durdurmamaktadır. Bu sebeple caraskal hareketi süresince operatörün tehlikeli bölgeye erişiminin engellenmesi, tehlikeli bölgede personel bulunması halinde hareketin durdurulması için gerekli sistemin kurulması gerekmektedir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1 | 1 | 1 | Kabul edilebilir |
|                     | Darbe                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1 | 1 | 1 | Kabul edilebilir |
| Hareketli elemanlar | Kapma, sıkışma, çekme | Tekli lazer ışını yerine, alanı daha iyi koruyan çoklu lazer ışını veya lazer bariyer uygulaması kullanılmalıdır.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1 | 1 | 1 | Kabul edilebilir |
|                     | Kayma, takılma, düşme |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1 | 1 | 1 | Kabul edilebilir |

## 5. F02.M02 – Birleştirme Tezgahı

**Bulunduğu Bölüm:** Gövde1 Montaj Hattı – Gövde motor birleştirme alanı

**Makinenin kullanımı:** Traktör motoru ve gövdesi bu tezgah yardımı ile birleştirilmektedir. Caraskal yardımı ile gövde ve motor cihaz üzerine yerleştirildikten sonra iki operatörün yardımı ile parçalar makinenin hareketi ile otomatik olarak kenetlenmektedir (Şekil 63).



**Şekil 63. Gövde ve motor birleştirme tezgahı**

**Mevcut güvenlik önlemleri ve elektronik koruyucu ekipmanlar:** Makine Tablo 28’de verilen koruyucu donanıma sahiptir. Mevcut koruyucu donanımlar Şekil 64’te gösterilmektedir.

**Tablo 28. F02.M02 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar**

| Ekipman Kodu | Koruyucu Ekipman Tipi                   | Fonksiyonu/Görevi                                                       |
|--------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| EKP.01       | Sabit muhafaza destekli çift el kumanda | İki operatörün tehlikeli hareket esnasında bölgeye erişimini kısıtlamak |

Makinede iki adet kontrol ünitesi bulunmaktadır. Bu iki ünite çift el kontrol sistemine sahiptir. Tezgahın iki operatörü de aynı anda iki eli ile başlatma düğmesine basmadan makine harekete geçmemektedir. Başlatma komutu verildiğinde kenetlenmenin meydana geldiği kısımda otomatik olarak sabit muhafaza ortaya çıkarak tehlikeli noktaya erişimi engellemektedir.

**Makine ve makinenin kullanımı ile ilgili elde edilen bulgular:** Kişilerin KKD kullanımının yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Aksamın havadan nakledilmesine rağmen operatörler baret kullanmamaktadır. İş güvenliği ile ilgili eğitici panolar hazırlanmıştır. Operatörler için güvenlik eğitimleri ve bilgilendirmeler yapılmaktadır.



**Şekil 64. Mevcut elektronik koruyucu donanımlar**

**Risk değerlendirmesi sonuçları:** F02.M02 numaralı makine için üç aşamalı risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Makinenin sahip olduğu elektronik koruyucu ekipmanlar devre dışı bırakılarak yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 29’da; mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar devredeyken yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 30’da; artık risklerin değerlendirilmesi ve artık riskler için öneriler ise Tablo 31’de gösterilmektedir.

**Tablo 29. F02.M02 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçları            | Açıklama                                                                                                                  | O | Ş | RS | Risk Seviyesi  |
|----------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|----------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çiğneme                    | Traktör motorunun gövde ile birleştirilmesi işlemi esnasında uzuvların bu iki parça arasında kalması riski bulunmaktadır. | 4 | 2 | 8  | Kabul edilemez |
|                                              | Kesme veya ciddi yaralanma | Motor ve gövde aksamının keskin kısımlarının kenetlenme esnasında uzvun sıkışması ile kesilmesi riski bulunmaktadır.      | 4 | 3 | 12 | Kabul edilemez |

**Tablo 30. F02.M02 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçlar             | Mevcut Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | O | Ş | RS | Risk Seviyesi |
|----------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|---------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çiğneme                    | <b>EKP.01</b> no.lu mevcut çift el kontrol sistemi makinenin çalışması için iki operatörün de aynı anda iki elleriyle başlatma düğmelerine basmaları ile mümkün olmaktadır. Bu sayede iki operatörün tehlikeli noktaya müdahalesi engellenmektedir. Ancak yine olası bir müdahale ihtiyacı ortaya çıkması halinde operatörlerin 3. bir kişiden yardım istemesi halinde, sabit muhafazaların yetersizliği nedeni ile bu kişinin kaza geçirme riski bulunmaktadır. | 3 | 1 | 3  | Dikkate değer |
|                                              | Kesme veya ciddi yaralanma |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3 | 1 | 3  | Dikkate değer |

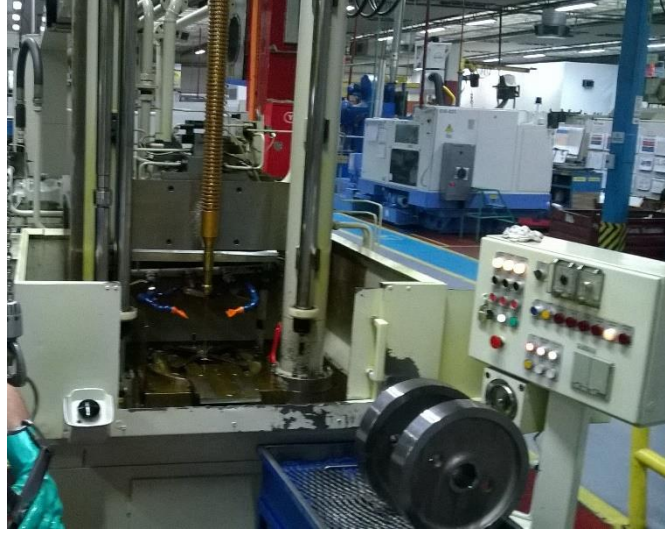
**Tablo 31. F02.M02 için artık risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçlar             | Önerilen Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                          | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|----------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çiğneme                    | Operatörler haricindeki kişilerin de tehlikeli noktaya erişiminin engellenmesi gerekmektedir.                                                                                                                                                                       | 1 | 1 | 1  | Kabul edilebilir |
|                                              | Kesme veya ciddi yaralanma | <b>Öneri:</b> Başlatma komutu ile aşağıdan yükselerek tehlike noktasını koruma altına alan sabit muhafazaların üst kenarına lazer bariyer uygulaması yapılarak üçüncü bir kişinin bu noktaya müdahalesi esnasında tehlikeli hareket otomatik olarak durdurulabilir. | 1 | 1 | 1  | Kabul edilebilir |

## 6. F02.M03 – Yiv Açma Makinesi

**Bulunduğu Bölüm:** CO3 Montaj Hattı – Dişli Üretim

**Makinenin kullanımı:** Makine cer dişlilerinin orta kısmına yiv açma işlemi gerçekleştirilmektedir (Şekil 65).



**Şekil 65. Yiv açma makinesi**

**Mevcut güvenlik önlemleri ve elektronik koruyucu ekipmanlar:** Makine Tablo 32’de verilen koruyucu donanıma sahiptir.

**Tablo 32. F02.M03 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar**

| Ekipman Kodu | Koruyucu Ekipman Tipi | Fonksiyonu/Görevi                                                |
|--------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------|
| EKP.01       | Çift el kumanda       | Hareketi başlatma anında tehlikeli bölgeye erişimin engellenmesi |

Makinede çift el kumanda sistemi bulunmaktadır. Ancak operasyon bölgesi korumasında eksiklikler görülmektedir. Makinenin tehlikeli hareketi başlatıldıktan sonra tehlikeli bölgeye erişim sınırlaması bulunmamaktadır. Yalnızca sabit muhafaza olarak sürgülü kapak kullanılmıştır.

**Makine ve makinenin kullanımı ile ilgili elde edilen bulgular:** Gerekli KKD kullanımının sağlandığı görülmektedir. Ağır parçaların taşınması için caraskal sistemi kurulmuştur. Tek nokta dersleri, bilgilendirme ve eğitimler yapılmaktadır.

**Risk değerlendirmesi sonuçları:** F02.M03 numaralı makine için uç aşamalı risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Makinenin sahip olduğu elektronik koruyucu ekipmanlar devre dışı bırakılarak yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 33’de; mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar devredeyken yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 34’te; artık risklerin değerlendirilmesi ve artık riskler için oneriler ise Tablo 35’te gösterilmektedir.

**Tablo 33. F02.M03 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçları            | Açıklama                                                                                    | O | ř | RS | Risk Seviyesi |
|----------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|---------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | iğneme                    | Aşağı yukarı hareketli aksam ile sabit kısımlar arasına uzun sıkışması riski bulunmaktadır. | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer |
| Kesici kısımlar                              | Kesme veya ciddi yaralanma | Kesici uca temas riski bulunmaktadır.                                                       | 3 | 2 | 6  | Yüksek        |

**Tablo 34. F02.M03 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçları            | Mevcut Koruyucu nlemler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | O | ř | RS | Risk Seviyesi |
|----------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|---------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | iğneme                    | EKP.01 no.lu elektronik koruyucu donanım ile yalnızca operasyona başlatma anında koruma sağladığından, aşağı yukarı hareketli bıçak kısmına dair bir koruma sağlamamaktadır.                                                                                                                                                                                              | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer |
| Kesici kısımlar                              | Kesme veya ciddi yaralanma | EKP.01 no.lu elektronik koruyucu donanım ile kesici aksamın ilk hareketi esnasında koruma sağlamaktadır. İşlem esnasında sabit muhafazanın yetersizliği ve açık bırakılması durumunda dahi hareketin devam etmesi risk seviyesini yeteri kadar azaltmamaktadır. Harekete başlama anında malzemeye müdahale edilmesini engellemesi sebebi ile kaza olasılığı azalmaktadır. | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer |

**Tablo 35. F02.M03 için artık risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçları            | Önerilen Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|----------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çiğneme                    | Hareketli aksamın tehlikelerinden korunmak için yiv açan matkabın sabitlenmiş olduğu aksamın önüne lazer bariyer uygulama yapılarak çalışma esnasında bu bölgeye erişim engellenmelidir. Sürgülü kapak yalnızca operasyon bölgesine koruma sağlamakta olup üst kısımlara teması mümkün kılmaktadır. <b>Öneri:</b> Daha yukarı kısımlara erişimi kısıtlayacak lazer bariyer uygulaması yapılmalıdır.                                                                                                           | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |
| Kesici kısımlar                              | Kesme veya ciddi yaralanma | Cihazın ilk hareketinden sonraki çalışma evresinde, tehlikeli noktaya temasın engellenmesi gerekmektedir. <b>Öneri 1:</b> Mevcut sürgülü sabit muhafazaya elektronik anahtar yerleştirilerek, cihazın tehlikeli hareketi esnasında tehlike noktasına müdahale engellenmelidir. <b>Öneri 2:</b> Sabit muhafazanın uzunluğu uygun ve yeterli değildir. Sabit muhafazanın uzatılması operatörün görüşünü engelleyeceğinden tehlikeli bölgeye erişimi engelleyecek şekilde lazer bariyer uygulaması yapılmalıdır. | 1 | 1 | 1  | Kabul edilebilir |

## 7. F02.M04 – CNC Diş Üretim Makinesi

**Bulunduğu Bölüm:** Dişli üretim bölümü

**Makinenin kullanımı:** Kumanda panosu yardımı ile traktör dişlisi üretimi yapan CNC makinedir (Şekil 66).



**Şekil 66. CNC dişli üretim tezgahı**

**Mevcut güvenlik önlemleri ve elektronik koruyucu ekipmanlar:** Makine Tablo 36’da verilen koruyucu donanıma sahiptir.

**Tablo 36. F02.M04 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar**

| Ekipman Kodu | Koruyucu Ekipman Tipi | Fonksiyonu/Görevi          |
|--------------|-----------------------|----------------------------|
| EKP.01       | Elektronik anahtar    | Erişimin sınırlandırılması |

CNC makinenin kapağına elektronik anahtar uygulaması gerçekleştirilmiştir. Kapak açıldığında makine hareketi sonlanmaktadır (Şekil 66).

**Makine ve makinenin kullanımı ile ilgili elde edilen bulgular:** KKD kullanımı sağlanmıştır. Eğitim ve bilgilendirme yapılmıştır. Uyarı işaretleri ve tek nokta dersleri ile ilgili notlar görünür yerlere asılmıştır.

**Risk değerlendirmesi sonuçları:** F02.M04 numaralı makine için üç aşamalı risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Makinenin sahip olduğu elektronik koruyucu ekipmanlar

devre dışı bırakılarak yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 37’de; mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar devredeyken yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 38’de; artık risklerin değerlendirilmesi ve artık riskler için öneriler ise Tablo 39’da gösterilmektedir.

**Tablo 37. F02.M04 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı | Olası Sonuçları            | Açıklama                                                 | O | Ş | RS | Risk Seviyesi  |
|--------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------|---|---|----|----------------|
| Kinetik enerji     | Atma, fırlatma             | Parça fırlaması riski bulunmaktadır.                     | 4 | 2 | 8  | Kabul edilemez |
|                    | Kapma, sıkışma, çekme      | Uzgun kaptırılması, sıkışması riski bulunmaktadır.       | 3 | 3 | 9  | Kabul edilemez |
| Kesici kısımlar    | Kesme veya ciddi yaralanma | Kesici elmasa hareket halinde temas riski bulunmaktadır. | 3 | 4 | 12 | Kabul edilemez |
| Dönen elemanlar    | Yüzülme                    | Yüksek hızla dönen parçalara temas riski bulunmaktadır.  | 2 | 3 | 6  | Yüksek         |

**Tablo 38. F02.M04 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı | Olası Sonuçları            | Mevcut Koruyucu Önlemler                                   | O | Ş | RS | Risk Seviyesi |
|--------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------|---|---|----|---------------|
| Kinetik enerji     | Atma, fırlatma             | EKP.01 no.lu elektronik koruyucu donanım kullanılmaktadır. | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer |
|                    | Kapma, sıkışma, çekme      | EKP.01 no.lu elektronik koruyucu donanım kullanılmaktadır. | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer |
| Kesici kısımlar    | Kesme veya ciddi yaralanma | EKP.01 no.lu elektronik koruyucu donanım kullanılmaktadır. | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer |
| Dönen elemanlar    | Yüzülme                    | EKP.01 no.lu elektronik koruyucu donanım kullanılmaktadır. | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer |

**Tablo 39. F02.M04 için artık risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı | Olası Sonuçları            | Önerilen Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|--------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Kinetik enerji     | Atma, fırlatma             | Makine kapağının işlem esnasında kapalı konumda olması, açılması durumunda elektronik anahtarın tehlikeli hareketi durdurması ve tam koruma sağlaması sebebi ile artık risk bulunmamaktadır. Bu nedenle fiziki bir ilave önleme gerek duyulmamaktadır. Ancak operatörün çeşitli nedenler ile elektronik anahtarı devre dışı bırakarak kullanması olasılığına karşı operatöre, mevcut elektronik koruyucu donanımın hangi durumlarda iptal edebileceği vb. konularda bilgilendirilmelidir. <b>Öneri:</b> Güvenli davranış eğitimleri verilmelidir. | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |
|                    | Kapma, sıkışma, çekme      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |
| Kesici kısımlar    | Kesme veya ciddi yaralanma | Operatörün çeşitli nedenlerle elektronik koruyucu donanımın devre dışı bırakarak kullanması olasılığına karşı operatöre koruyucu donanımın hangi durumlarda iptal edebileceği vb. konularda bilgilendirilmelidir. <b>Öneri:</b> Güvenli davranış eğitimleri verilmelidir.                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |
| Dönen elemanlar    | Yüzülme                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |

## 8. F03.M01 – Şerit Kaynak Makinesi

**Bulunduğu Bölüm:** Plaka Bölümü - Şerit

**Makinenin kullanımı:** Makine üretiminde kullanılan metal şeritlerin birbirine soğuk kaynak ile kaynatılması işlemini yapmaktadır. İki metal şerit uç uca getirilerek kaynatılmaktadır. Operatör makinenin sağ ve sol tarafından iki şeridin uçlarını yerleştirerek işlemi gerçekleştirmektedir (Şekil 67).



**Şekil 67. Şerit kaynak makinesi**

**Mevcut güvenlik önlemleri ve elektronik koruyucu ekipmanlar:** Makine Tablo 40'ta verilen koruyucu donanıma sahiptir.

**Tablo 40. F03.M01 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar**

| Ekipman Kodu | Koruyucu Ekipman Tipi | Fonksiyonu/Görevi                                                                   |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| EKP.01       | Elektronik anahtar    | Koruyucu muhafaza açık çalışmasının engellenmesi                                    |
| EKP.02       | Elektronik anahtar    | EKP.01'in el yardımıyla aldatılmasının ve muhafaza açık çalışılmasının engellenmesi |

Makineye elektronik anahtar uygulaması gerçekleştirilmiştir. İki adet elektronik anahtar yardımı ile bir çeşit çift el kontrol sistemi kurulduğu görülmüştür. Koruyucu kapak kapalı olmadan makine çalışmamaktadır. Makine çevresinde güvenlik uyarı işaretleri yer aldığı görülmüştür.

**Makine ve makinenin kullanımı ile ilgili elde edilen bulgular:** Operatöre uygun KKD temin edilmiştir. Operatörler için güvenlik eğitimleri sık sık tekrarlanmaktadır. Hata kartları ile operatörlerin de önerileri ile iş güvenliği sistemi içerisinde yer alması sağlanmıştır. Makine

güvenliği el kitabı yayımlanmıştır. Meydana gelen kazaların sonrasında öncesi-sonrası uygulaması yapılmakta ve kaza araştırması sonrasında eğitimleri düzenlenmektedir.

**Risk değerlendirmesi sonuçları:** F03.M01 numaralı makine için üç aşamalı risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Makinenin sahip olduğu elektronik koruyucu ekipmanlar devre dışı bırakılarak yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 41’de; mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar devredeyken yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 42’de; artık risklerin değerlendirilmesi ve artık riskler için öneriler ise Tablo 43’te gösterilmektedir.

**Tablo 41. F03.M01 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı  | Olası Sonuçları | Açıklama       | O | Ş | RS | Risk Seviyesi  |
|---------------------|-----------------|----------------|---|---|----|----------------|
| Hareketli elemanlar | Çiğneme         | Uzvu sıkışması | 4 | 3 | 12 | Kabul edilemez |

**Tablo 42. F03.M01 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı  | Olası Sonuçlar | Mevcut Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                                                                               | O | Ş | RS | Risk Seviyesi |
|---------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|---------------|
| Hareketli elemanlar | Çiğneme        | Yalnızca EKP.01 devreye alındığında operatörün tek eli ile elektronik anahtara bastırması, diğer eli ile ürün yerleştirerek, dizi ile makineyi çalıştırması ihtimali bulunmaktadır. Ancak EKP.01 ve EKP.02 devreye alındığında operatörün bir uzvunun tehlikeli bölgedeyken makineyi başlatması ihtimali azalmaktadır. | 2 | 3 | 6  | Yüksek        |

**Tablo 43. F03.M01 için artık risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı  | Olası Sonuçlar | Önerilen Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | O | Ş | RS | Risk Seviyesi |
|---------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|---------------|
| Hareketli elemanlar | Çiğneme        | EKP.01 ve EKP.02 devreye alınmasına rağmen risk seviyesi yüksek seviyededir. Bunun nedeni kullanılan elektronik anahtarların yapısıdır. Bu anahtarlar bant ve benzeri malzemelerle sabitlenmeye imkan tanımaktadır. Bu sebeple operatörün bu elektronik koruyucu donanımları aldatma ihtimali yüksektir. Öneri: Emniyet kemerine benzer yapıda tasarlanmış olan elektronik anahtar modelinin kullanılması ve aldatma ihtimalinin ortadan kaldırılması Öneri: Makinenin tasarımı nedeni ile dikkate değer bir risk seviyesi bulunmaktadır. Uygun tasarımlı bir makine kullanılması önerilir. | 1 | 3 | 3  | Dikkate değer |

## 9. F03.M02 – Şerit Kesme Makinesi

**Bulunduğu Bölüm:** Plaka Bölümü

**Makinenin kullanımı:** Rulolar halinde sarılmış olan metal şeritler silindir düzeneklerinin yardımı ile hızlı bir şekilde kesilmek üzere makine içerisine doğru hareket etmektedir (Şekil 68).



**Şekil 68. Şerit kesme makinesi**

**Mevcut güvenlik önlemleri ve elektronik koruyucu ekipmanlar:** Makine Tablo 44’te verilen koruyucu donanıma sahiptir.

**Tablo 44. F03.M02 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar**

| Ekipman Kodu | Koruyucu Ekipman Tipi | Fonksiyonu/Görevi                                                  |
|--------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------|
| EKP.01       | Elektronik anahtar    | Sabit muhafazanın açılması halinde tehlikeli hareketi sonlandırmak |

Açıktan hızla giden keskin metal şerit ve silindirik aksamaları sabit muhafaza ile koruma altına alınmış, elektronik anahtar ile sabit muhafazanın açılması halinde makinenin durması sağlanmıştır. Makine çevresinde güvenlik uyarı işaretleri yer almaktadır.

**Makine ve makinenin kullanımı ile ilgili elde edilen bulgular:** Operatöre uygun KKD temin edilmiştir. Operatörler için güvenlik eğitimleri sık sık tekrarlanmaktadır. Hata kartları ile operatörlerin de önerileri ile iş güvenliği sistemi içerisinde yer alması sağlanmıştır. Makine güvenliği el kitabı yayımlanmıştır. Meydana gelen kazaların sonrasında öncesi-sonrası uygulaması yapılmakta ve kaza araştırması sonrasında eğitimleri düzenlenmektedir.

**Risk değerlendirmesi sonuçları:** F03.M02 numaralı makine için uç aşamalı risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Makinenin sahip olduğu elektronik koruyucu ekipmanlar devre dışı bırakılarak yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 45’te; mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar devredeyken yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 46’da; artık risklerin değerlendirilmesi ve artık riskler için oneriler ise Tablo 47’de gösterilmektedir.

**Tablo 45. F03.M02 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı  | Olası Sonuçları            | Açıklama                                                      | O | ř | RS | Risk Seviyesi  |
|---------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------|---|---|----|----------------|
| Kesici kısımlar     | Kesme veya ciddi yaralanma | Hızla geçen metal şeritlerin kesmesi                          | 4 | 2 | 8  | Kabul edilemez |
| Hareketli elemanlar | iğneme                    | şerite müdahale edilirken elin merdanelerin arasına sıkışması | 4 | 3 | 12 | Kabul edilemez |

**Tablo 46. F03.M02 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı  | Olası Sonuçlar             | Mevcut Koruyucu nlemler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | O | ř | RS | Risk Seviyesi |
|---------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|---------------|
| Kesici kısımlar     | Kesme veya ciddi yaralanma | EKP.01 devreye alındığında alana erişim etkin bir şekilde kısıtlanmaktadır. Ancak kullanılan elektronik koruyucunun optik elektronik anahtar olması sebebi ile anahtarın önüne konulabilecek herhangi bir malzeme ile kandırılması mümkündür. Bu sebeple risk seviyesi istenilen seviyede azalmamaktadır.                                                                                                                                                                                                      | 3 | 2 | 6  | Yüksek        |
| Hareketli elemanlar | iğneme                    | EKP.01 devreye alındığında alana erişim etkin bir şekilde kısıtlanmaktadır. Ancak kullanılan elektronik koruyucunun optik elektronik anahtar olması sebebi ile anahtarın önüne konulabilecek herhangi bir malzeme ile kandırılması mümkündür. Bu sebeple risk seviyesi istenilen seviyede azalmamaktadır. Gözlem: Makinenin tasarımında yapılan iyileştirmeler sebebi ile şeritlere müdahale edilme ihtiyacının azaldığı, bu sebeple bu alana bakım haricinde erişim gerekliliğinin çok az olduğu grlmştir. | 2 | 3 | 6  | Yüksek        |

**Tablo 47. F03.M02 için artık risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı  | Olası Sonuçlar             | Önerilen Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|---------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Kesici kısımlar     | Kesme veya ciddi yaralanma | <p><b>Öneri:</b> EKP.01 yerine emniyet kemerine benzer yapıda elektronik anahtarlardan kullanılmalıdır.</p> <p><b>Öneri 2:</b> Bazı elektronik anahtarlar makinenin tehlikeli hareketi sonlanmadan sabit muhafazaların açılmasına imkan vermemekte, yalnızca tehlikeli hareket sonlandığında açılabilir. Bu anahtarlar makinenin tehlikeli hareketini sonlandırma süresinin uzun olduğu göz önüne alındığında daha uygundur.</p> <p><b>Öneri 3:</b> Merdanelerin daha kapalı bir alanda dönecek şekilde tasarımsal değişikliğe gidilmelidir.</p> | 1 | 1 | 1  | Kabul edilebilir |
| Hareketli elemanlar | Çiğneme                    | <p><b>Öneri:</b> EKP.01 yerine emniyet kemerine benzer yapıda elektronik anahtarlardan kullanılmalıdır.</p> <p><b>Öneri 2:</b> Bazı elektronik anahtarlar makinenin tehlikeli hareketi sonlanmadan sabit muhafazaların açılmasına imkan vermemekte, yalnızca tehlikeli hareket sonlandığında açılabilir. Bu anahtarlar makinenin tehlikeli hareketini sonlandırma süresinin uzun olduğu göz önüne alındığında daha uygundur.</p>                                                                                                                 | 1 | 1 | 1  | Kabul edilebilir |

## 10. F03.M03 – Plaka Taşıma Kolu

**Bulunduğu Bölüm:** Plaka Bölümü – Exmet Sıvama

**Makinenin kullanımı:** İşlemden çıkan plakalar 10-15’li desteler halinde hareketli kola yerleştirilerek, plakaların istifleme alanına taşınması sağlanmaktadır. Plaka taşıma kolu yüklenen plakaları istifleme alanındaki paletlerin üzerine yerleştirmektedir (Şekil 69).



**Şekil 69. Plaka taşıma kolu**

**Mevcut güvenlik önlemleri ve elektronik koruyucu ekipmanlar:** Makine Tablo 48’de verilen koruyucu donanıma sahiptir.

**Tablo 48. F03.M03 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar**

| Ekipman Kodu | Koruyucu Ekipman Tipi | Fonksiyonu/Görevi                                   |
|--------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|
| EKP.01       | Lazer perde (bariyer) | Tehlikeli alana girişi engellemek, varlık algılamak |

Lazer perde uygulaması ile taşıma kolu hareket doğrultusunda bulunan boş alana girmeye çalışan varlığın algılanarak makinenin tehlikeli hareketinin durdurulması sağlanmıştır (Şekil 70).

Lazer perdenin uygun güvenlik mesafesinde ve uygun büyüklükte kullanılmadığı ancak işlevini yerine getirdiği görülmektedir. Bu boş alanın arka kısmının girişe açık olduğu, bu alandan erişim sağlamak isteyen çalışanlar için koruma sağlanmadığı görülmüştür (Şekil 71).



Şekil 70. Lazer perde uygulaması



Şekil 71. Tehlikeli bölge

**Makine ve makinenin kullanımı ile ilgili elde edilen bulgular:** Plakaların düzgün yerleştirilmemesi sebebi ile taşıma esnasında taşıma kolu bazen deste içerisinden plaka düşürebilmektedir. Plaka istifleme alanı ile plakaların işleminden çıktığı alan arasında hareket eden taşıma kolunun hareket doğrultusunda insanların girebileceği boş bir alan mevcuttur. Bu alana taşıma kolu plaka düşürebilmekte veya sıvama yapılan malzemenin tozu biriktirdiğinden süpürme ihtiyacı doğmaktadır. Bu gibi sebeplerle insanlar bu alana girme ihtiyacı duymaktadır. Ayrıca bu alan çalışanlar tarafından makinenin arka kısmına erişebilmek için kısa geçiş yolu olarak görülmektedir.

**Risk değerlendirmesi sonuçları:** F03.M03 numaralı makine için üç aşamalı risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Makinenin sahip olduğu elektronik koruyucu ekipmanlar devre dışı bırakılarak yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 49’da; mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar devredeyken yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 50’de; artık risklerin değerlendirilmesi ve artık riskler için öneriler ise Tablo 51’de gösterilmektedir.

**Tablo 49. F03.M03 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçları    | Açıklama                                       | O | Ş | RS | Risk Seviyesi  |
|----------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------|---|---|----|----------------|
| Sabit kısımlara yaklaşan hareketli elemanlar | Çarpma sonucu ezme | Hareketli kol ile sabit mekan arasına sıkışma  | 3 | 3 | 9  | Kabul edilemez |
| Sabit kısımlara yaklaşan hareketli elemanlar | Darbe              | Hareketli kolun başa çarpması sonucu yaralanma | 2 | 3 | 6  | Yüksek         |

**Tablo 50. F03.M03 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçlar     | Mevcut Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | O | Ş | RS | Risk Seviyesi |
|----------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|---------------|
| Sabit kısımlara yaklaşan hareketli elemanlar | Çarpma sonucu ezme | EKP.01 devreye alındığında kolun hareket bölgesine erişim kısıtlanmakta ve bu bölgeye erişim olduğunda kolun tehlikeli hareketi sonlanmaktadır. Bu sebeple risk seviyesi azalmaktadır ancak bu tehlikeli bölgeye cihazın arka kısmından da erişim mevcuttur ve burada bir koruma önlemi bulunmamaktadır. Bu sebeple aynı olasılıkta olmasa da erişim olasılığı bulunmaktadır. | 2 | 3 | 6  | Yüksek        |
| Sabit kısımlara yaklaşan hareketli elemanlar | Darbe              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1 | 3 | 3  | Dikkate değer |

**Tablo 51. F03.M03 için artık risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçlar     | Önerilen Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                          | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|----------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Sabit kısımlara yaklaşan hareketli elemanlar | Çarpma sonucu ezme | <b>Öneri 1:</b> Tehlikeli bölgeye cihazın arka kısmında yer alan açıklıktan erişimin engellenmesi için bu alan lazer perde ile korumaya alınmalıdır.                                                | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |
| Sabit kısımlara yaklaşan hareketli elemanlar | Darbe              | <b>Öneri 2:</b> Erişim gereksinimlerinden en önemlisi taşıma kolunun bu tehlikeli bölgeye plaka düşürmesidir. Cihazın tasarımı ile ilgili alınabilecek bir önlem erişim gereksinimini azaltacaktır. | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |

## 11. F03.M04 – Plaka İstifleme

**Bulunduğu Bölüm:** Plaka istifleme alanı

**Makinenin kullanımı:** Makine sağ ve sol blok olmak üzere iki bloktan oluşmaktadır. Sağ blokta boş paletler üst üste istiflenirken, sol blokta üzerine plakaların yerleştirildiği paletler istiflenmektedir. Boş paletler forklift ile sağ bloğa yerleştirilir. En alttaki palet sol tarafa doğru kaydıkça üzerine plaka taşıma kolu ile plakalar otomatik olarak yerleştirilir. Sensörler yardımı ile yüklenen plakalar belirlenir ve tüm alana plaka yüklendiğinde palet sağ bloğa geçer. Sağ bloktaki yüklü paletler asansör sistemi ile her yeni palet geldiğinde yukarı doğru yükselir. Yüklü olan bu paletler forklift ile blok içerisinden alınarak sıradaki üretim işlemine götürülür (Şekil 72).



**Şekil 72. Plaka istifleme alanı**

**Mevcut güvenlik önlemleri ve elektronik koruyucu ekipmanlar:** Makine Tablo 52’de verilen koruyucu donanıma sahiptir (Şekil 73-74).

**Tablo 52. F03.M04 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar**

| Ekipman Kodu | Koruyucu Ekipman Tipi | Fonksiyonu/Görevi                                                            |
|--------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| EKP.01       | Lazer tarayıcı        | Yükleme boşaltma esnasında tehlikeli hareketi sonlandırmak, varlık algılamak |

Lazer tarayıcılar ile iki bloğa da koruma yapılmıştır. Bu lazer tarayıcılar forkliftin yükleme boşaltma işlemi esnasında makinenin çalışmasını durdurmaktadır. Ayrıca bu koruma önlemi ile ağır metal paletlerin asansör sistemi ile alçalıp yükseldiği bu tehlikeli yükleme

alanına çalışanların girişı engellenmektedir. Bu lazer tarayıcılar tek koruma seviyesine sahiptir. Şekil 75 ile gösterilmiş olan bölge istifleme alanının arka kısmında bulunan ve plaka taşıma kolunun plakaları paletlere yerleştirmek için kullandığı açıklıktan çalışanın erişimini kısıtlayıcı bir güvenlik önlemi olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 73. Lazer tarayıcı



Şekil 74. Lazer tarayıcı algılama alanı



Şekil 75. İstifleme alanı – korumasız bölge

**Makine ve makinenin kullanımı ile ilgili elde edilen bulgular:** Operatöre uygun KKD temin edilmiştir. Operatörler için güvenlik eğitimleri sık sık tekrarlanmaktadır. Hata kartları ile operatörlerin de önerileri ile iş güvenliği sistemi içerisinde yer alması sağlanmıştır. Makine güvenliği el kitabı yayımlanmıştır. Meydana gelen kazaların sonrasında öncesi-sonrası uygulaması yapılmakta ve kaza araştırması sonrasında eğitimleri düzenlenmektedir.

**Risk değerlendirmesi sonuçları:** F03.M04 numaralı makine için uç aşamalı risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Makinenin sahip olduğu elektronik koruyucu ekipmanlar devre dışı bırakılarak yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 53'te; mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar devredeyken yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 54'te; artık risklerin değerlendirilmesi ve artık riskler için oneriler ise Tablo 55'te gösterilmektedir.

**Tablo 53. F03.M04 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçları       | Açıklama                                                                     | O | ř | RS | Risk Seviyesi  |
|----------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|----------------|
| Sabit kısımlara yaklaşan hareketli elemanlar | ığneme               | Hareketli paletin altında kalma                                              | 2 | 3 | 6  | Yüksek         |
|                                              | Kapma, sıkışma, ekme | Asansörün hareketli aksamaları ile sabit metal aksam arasına uzvun sıkışması | 3 | 2 | 6  | Yüksek         |
| Düşen nesneler                               | ığneme               | Yükleme/boşaltma esnasında paletlerin devrilmesi                             | 2 | 4 | 8  | Kabul edilemez |

**Tablo 54. F03.M04 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçlar        | Mevcut Koruyucu nlemler                                                                                                                                                                                                                                                   | O | ř | RS | Risk Seviyesi    |
|----------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Sabit kısımlara yaklaşan hareketli elemanlar | ığneme               | EKP.01 kullanılmıştır.                                                                                                                                                                                                                                                     | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |
|                                              | Kapma, sıkışma, ekme | EKP.01 kullanılmıştır.                                                                                                                                                                                                                                                     | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |
| Düşen nesneler                               | ığneme               | EKP.01'in olmaması durumunda yükleme/boşaltma esnasında meydana gelebilecek herhangi bir hareket demir paletlerin devrilmesine sebep olabilir. Ancak EKP.01 devreye alındığında yükleme ve boşaltma esnasında forklift o bölgede olduğu sürece asansörler çalışmamaktadır. | 1 | 4 | 4  | Dikkate değer    |

**Tablo 55. F03.M04 için artık risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçlar        | Önerilen Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|----------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Sabit kısımlara yaklaşan hareketli elemanlar | Çiğneme               | İstifleme alanının arka kısmında plaka taşıma kolunun plakaları paletlere yüklemek için girip çıktığı bir boşluk bulunmaktadır. Çalışan bu boşluktan müdahale etmek isteyebilir. Bu esnada paletlerin hareketlenmesi mümkündür. <b>Öneri:</b> Arka alandan girişin insan giremeyecek şekilde tasarlanması gerekmektedir.                                               | 1 | 1 | 1  | Kabul edilebilir |
|                                              | Kapma, sıkışma, çekme |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1 | 1 | 1  | Kabul edilebilir |
| Düşen nesneler                               | Çiğneme               | Paletlerin yerleştirildiği alanın dar olması ve mekan limitlerinin yetersiz olması sebebi ile devrilme riski dikkate değer seviyededir. <b>Öneri:</b> Besleme ve boşaltmanın daha alçak seviyede yapılacak şekilde (örneğin konveyör ile içeri alınacak şekilde vb.) makine tasarımının değiştirilmesi veya daha uygun bir istifleme alanı tasarlanması gerekmektedir. | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |

## 12. F03.M05 – Plaka Besleme Robotu (Motoman)

**Bulunduğu Bölüm:** Plaka Bölümü – Exmet Sıvama

**Makinenin kullanımı:** Robot alanı iki bloktan oluşmaktadır. Sol bloktan yüklü paletler forklift ile beslenirken, sağ bloktan boş paletler yine forklift yardımı ile alınmaktadır. Robot kolu paletler üzerinde bloklar halinde bulunan plakaları alarak makineye yerleştirmektedir. Palet üzerindeki plakalar tamamen bittiğinde, robot boşalan paleti sağ bloğa aktarmaktadır. Üst üste dizilen paletler sensörler vasıtası ile algılanarak yeterli yüksekliğe ulaştığında forklift tarafından alınmak üzere ileri kaydırılır. Tüm proses lazer ışınları ve lazer bariyerler ile kontrol edilerek otomatik olarak gerçekleştirilmektedir (Şekil 76).



**Şekil 76. Robot kolu çalışma alanı**

**Mevcut güvenlik önlemleri ve elektronik koruyucu ekipmanlar:** Makine Tablo 56’da verilen koruyucu donanıma sahiptir.

**Tablo 56. F03.M05 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar**

| Ekipman Kodu | Koruyucu Ekipman Tipi | Fonksiyonu/Görevi                                   |
|--------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|
| EKP.01       | Lazer ışını           | Besleme esnasında hareketi durdurmak                |
| EKP.02       | Elektronik anahtar    | Alana kontrolsüz giriş anında hareketi sonlandırmak |
| EKP.03       | Lazer perdeler        | Prosesin otomasyonu sağlamak                        |

Robot kolu alanında kullanılan lazer perde ve lazer ışınlarının bir çoğu prosesin yürütümünde kullanılmakta olup besleme ve boşaltma işlemi yapılan blokların giriş kısmı tekli

lazer ışını ile koruma altına alınmıştır. Bu sayede forklift ile besleme-boşaltma işlemi yapılırken makinenin tehlikeli hareketinin sonlanması sağlanmıştır.

Robot kolunun hareket alanına erişim ise kapılara yerleştirilen elektronik anahtarlar ile kısıtlanmıştır. Kapıların kontrolsüz açılması esnasında robot kolu hareketini sonlandırmaktadır.



**Şekil 77. Mevcut koruyucu ekipmanlar**

**Makine ve makinenin kullanımı ile ilgili elde edilen bulgular:** Operatöre uygun KKD temin edilmiştir. Operatörler için güvenlik eğitimleri sık sık tekrarlanmaktadır. Hata kartları ile operatörlerin de önerileri ile iş güvenliği sistemi içerisinde yer alması sağlanmıştır. Makine güvenliği el kitabı yayımlanmıştır. Meydana gelen kazaların sonrasında öncesi-sonrası uygulaması yapılmakta ve kaza araştırması sonrasında eğitimleri düzenlenmektedir.

**Risk değerlendirmesi sonuçları:** F03.M05 numaralı makine için üç aşamalı risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Makinenin sahip olduğu elektronik koruyucu ekipmanlar devre dışı bırakılarak yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 57’de; mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar devredeyken yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 58’de; artık risklerin değerlendirilmesi ve artık riskler için öneriler ise Tablo 59’da gösterilmektedir.

**Tablo 57. F03.M05 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçları       | Açıklama                                                  | O | Ş | RS | Risk Seviyesi  |
|----------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------|---|---|----|----------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çarpma sonucu ezme    | Robot kolu ile sabit mekan arasına sıkışma                | 2 | 3 | 6  | Yüksek         |
|                                              | Darbe                 | Robot kolunun ve taşıdığı demir paletin çarpması ile kaza | 3 | 3 | 9  | Kabul edilemez |
| Hareketli elemanlar                          | Kapma, sıkışma, çekme | Elin hareketli dişlilere sıkışması                        | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer  |
| Dönen elemanlar                              | Kapma, sıkışma, çekme | Zemindeki silindirlere ve zincirlere uzun sıkışması       | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer  |

**Tablo 58. F03.M05 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçlar        | Mevcut Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|----------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çarpma sonucu ezme    | EKP.02 robotun bulunduğu alana açılan kapıda bulunan elektronik anahtardır. Bu anahtar kapı açıldığında robotun tehlikeli hareketini sonlandırmaktadır. Bu alana besleme/boşaltma alanından da erişim mümkündür. Bu alandan erişim yeteri kadar koruma sağlamaması nedeni ile dikkate değer seviyede bir risk seviyesi mevcuttur. (EKP.01 yetersiz kalmaktadır)                                                                       | 1 | 3 | 3  | Dikkate değer    |
|                                              | Darbe                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2 | 3 | 6  | Yüksek           |
| Hareketli elemanlar                          | Kapma, sıkışma, çekme | EKP.01,EKP.02,EKP.03 kullanılmaktadır                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |
| Dönen elemanlar                              | Kapma, sıkışma, çekme | Paletlerin yer değiştirmesi için zeminde yer alan zincir sistemi ve silindirlerin bulunduğu alana düşen paletlerin alınması veya bakım gibi sebeplerle girilebilmektedir. EKP.01 bu alanın korunmasında yetersiz kalmaktadır. Üzerinden atlanarak bu bölgeye erişimi mümkün kılmaktadır. İçeride bulunan zaman zarfında paletlerin yer değiştirmesi ve hareketlenmesi ile elin veya başka uzuvların sıkışması riski devam etmektedir. | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer    |

**Tablo 59. F03.M05 için artık risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçlar        | Önerilen Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|----------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çarpma sonucu ezme    | Besleme/boşaltma alanında daha etkin koruma sağlanmalıdır. Girişe yerleştirilen lazer ışını yalnızca forkliftin yüklemesi ve boşaltması esnasında makinenin tehlikeli hareketini sonlandırmak amacı ile konulmuştur. Halbuki bu alandan içeri yapılabilecek bir girişimi engelleyecek önlemler alınmalıdır. İç kısımda yer alan EKP.03 lazer perdeler ise yalnızca paletlerin konumunu denetlemek ve prosesin otomasyonunu sağlamak amaçlıdır. | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |
|                                              | Darbe                 | <b>Öneri:</b> Girişi algılama alanı lazer ışınına göre daha geniş olan lazer perde uygulaması yapılması gerekmektedir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |
| Hareketli elemanlar                          | Kapma, sıkışma, çekme | Alana açılan tüm kapılar elektronik anahtarlar ile koruma altına alınmıştır. Dişlilerin hareketi kapılardan bir tanesi açıldığında sonlandığından dolayı burada elin sıkıştırılması pek olası değildir. Alana yalnızca beslenme alanından erişim mümkündür ancak makineye buradan müdahale zor olduğundan pek olası değildir. <b>Öneri:</b> Lazer ışını yerine lazer perde uygulaması önerisi ile bu ihtimal daha aza indirilebilir.           | 1 | 1 | 1  | Kabul edilebilir |
| Dönen elemanlar                              | Kapma, sıkışma, çekme | <b>Öneri:</b> Alana açılan kısmın lazer ışınına göre daha geniş algılama alanına sahip lazer perde kullanılması. Bu sayede üzerinden, altından erişimin engellenerek tam koruma sağlanması gerekmektedir.                                                                                                                                                                                                                                      | 1 | 1 | 1  | Kabul edilebilir |

### 13. F03.M06 – Akü İndirme Kolu

#### Bulunduğu Bölüm: Montaj Hattı

**Makinenin kullanımı:** Montaj hattı konveyörünün son kısmı ile aküleri palete aktarmada kullanılan akü indirme kolu bir bütün olarak düşünülmüştür. Burada montaj hattından çıkan akülerin sulu şarj bölümüne gönderilmek üzere paletler aktarılması işlemi yapılmaktadır. Operatör montaj hattından gelen aküleri kulplarından akü indirme robotuna sabitleyerek paletin üzerine almaktadır (Şekil 78).



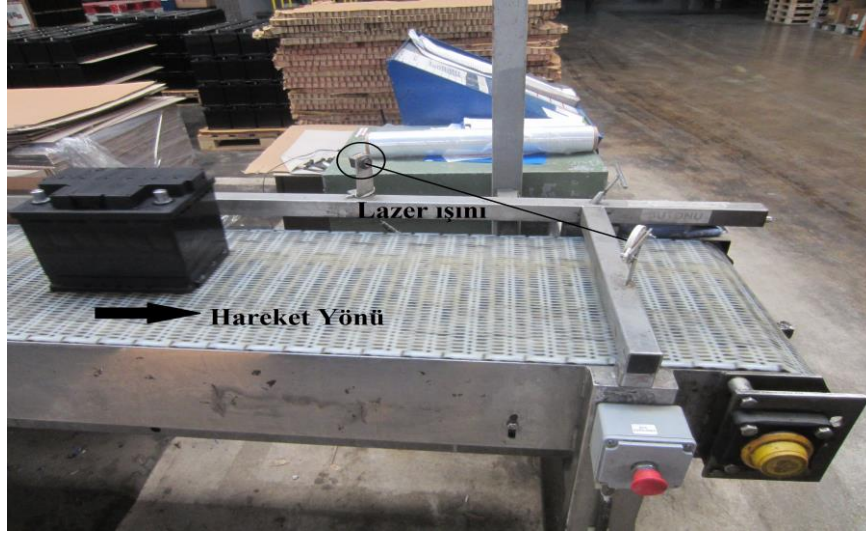
Şekil 78. Akü indirme kolu

**Mevcut güvenlik önlemleri ve elektronik koruyucu ekipmanlar:** Makine Tablo 60’da verilen koruyucu donanıma sahiptir.

**Tablo 60. F03.M06 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar**

| Ekipman Kodu | Koruyucu Ekipman Tipi | Fonksiyonu/Görevi                                    |
|--------------|-----------------------|------------------------------------------------------|
| EKP.01       | Tekli lazer ışını     | Aktarım işlemi esnasında hattın hareketini durdurmak |

Akü indirme kolunun kendisi aslında güvenlik önlemi olarak operatörün ergonomik şartlarını iyileştirmesi için buraya konulmuştur. Sürekli olarak ağır akülerin el ile indirilmesini engellemektedir. Bununla birlikte montaj hattının sonuna yerleştirilen lazer ışını uygulaması ile akü hattın sonunda lazer ışınının algılama alanına girdiğinde hattın hareketi sonlanmakta ve akü kol yardımı ile aktarılmaktadır. Bu sayede akünün daha güvenli aktarımı sağlanmıştır (Şekil 79).



**Şekil 79. Mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar**

**Makine ve makinenin kullanımı ile ilgili elde edilen bulgular:** Operatöre uygun KKD temin edilmiştir. Operatörler için güvenlik eğitimleri sık sık tekrarlanmaktadır. Hata kartları ile operatörlerin de önerileri ile iş güvenliği sistemi içerisinde yer alması sağlanmıştır. Makine güvenliği el kitabı yayımlanmıştır. Meydana gelen kazaların sonrasında öncesi-sonrası uygulaması yapılmakta ve kaza araştırması sonrasında eğitimleri düzenlenmektedir.

**Risk değerlendirmesi sonuçları:** F03.M06 numaralı makine için üç aşamalı risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Makinenin sahip olduğu elektronik koruyucu ekipmanlar devre dışı bırakılarak yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 61’de; mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar devredeyken yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 62’de; artık risklerin değerlendirilmesi ve artık riskler için öneriler ise Tablo 63’te gösterilmektedir.

**Tablo 61. F03.M06 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı | Olası Sonuçları | Açıklama                                                                    | O | Ş | RS | Risk Seviyesi |
|--------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------|---|---|----|---------------|
| Yer çekimi         | Çıgneme         | Konveyörden akünün alınarak palete aktarılması esnasında akünün düşürülmesi | 2 | 3 | 6  | Yüksek        |

**Tablo 62. F03.M06 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı | Olası Sonuçlar | Mevcut Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                                   | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|--------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Yer çekimi         | Çiğneme        | EKP.01 ile akünün aktarım işlemi esnasında konveyörün hareketinin durdurulması sağlanmıştır. Bu sayede çalışan aküyü hareketli bir zeminden değil sabit bir zeminden almaktadır. Buda olası düşürmeleri engellemektedir. Çalışan için ergonomik riskleri de azaltmaktadır. | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |

**Tablo 63. F03.M06 için artık risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı | Olası Sonuçlar | Önerilen Koruyucu Önlemler                                                                   | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|--------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Yer çekimi         | Çiğneme        | Mevcut elektronik koruyucu donanım ile risk minimize edilmiştir. Artık risk bulunmamaktadır. | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |

#### 14. F03.M07 – Boş Kutu Besleme Robotu

**Bulunduğu Bölüm:** Montaj Hattı

**Makinenin kullanımı:** Robot kolu alanına iki ana erişim mevcuttur. Sol taraftan boş akü kutusu yüklü palet, zincirli bant üzerine forklift yardımı ile konulurken; boş paletler sağ taraftan yine forklift yardımı ile alınmaktadır (Şekil 80).



**Şekil 80. Robot kolu çalışma alanı**

**Mevcut güvenlik önlemleri ve elektronik koruyucu ekipmanlar:** Makine Tablo 64’te verilen koruyucu donanıma sahiptir.

**Tablo 64. F03.M07 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar**

| Ekipman Kodu | Koruyucu Ekipman Tipi | Fonksiyonu/Görevi                                   |
|--------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|
| EKP.01       | Lazer perde           | Varlık algılamak ve tehlikeli hareketi sonlandırmak |
| EKP.02       | Elektronik anahtar    | Alana girişi denetlemek                             |

Forklift ile besleme ve boşaltma işlemi yaparken lazer bariyerler sistemin tehlikeli hareketini sonlandırmaktadır. Yine lazer perdeler sayesinde alana erişim denetlenmektedir. Robotun hareket alanına açılan kapı ise elektronik anahtar ile koruma altına alınmıştır. Güvenlik yazıları, uyarı işaretleri alanın etrafına asılmıştır (Şekil 81).



**Şekil 81. Mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar**

**Makine ve makinenin kullanımı ile ilgili elde edilen bulgular:** Operatöre uygun KKD temin edilmiştir. Operatörler için güvenlik eğitimleri sık sık tekrarlanmaktadır. Hata kartları ile operatörlerin de, önerileri vasıtasıyla iş güvenliği sistemi içerisinde yer alması sağlanmıştır. Makine güvenliği el kitabı yayımlanmıştır. Meydana gelen kazaların sonrasında öncesi-sonrası uygulaması yapılmakta ve kaza araştırması sonrasında eğitimleri düzenlenmektedir.

**Risk değerlendirmesi sonuçları:** F03.M07 numaralı makine için üç aşamalı risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Makinenin sahip olduğu elektronik koruyucu ekipmanlar devre dışı bırakılarak yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 65'te; mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar devredeyken yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 66'da; artık risklerin değerlendirilmesi ve artık riskler için öneriler ise Tablo 67'de gösterilmektedir.

**Tablo 65. F03.M07 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçları       | Açıklama                                                             | O | Ş | RS | Risk Seviyesi  |
|----------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------|---|---|----|----------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çarpma sonucu ezme    | Robot kolunun çarpması                                               | 3 | 4 | 12 | Kabul edilemez |
| Hareketli elemanlar                          | Çiğneme               | Paletleri taşıyan asansör sistemi ile zemin arasında uzvun sıkışması | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer  |
|                                              | Kapma, sıkışma, çekme | Paletleri taşıyan zincirli aksama uzvun sıkışması                    | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer  |

**Tablo 66. F03.M07 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçlar        | Mevcut Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                                             | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|----------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çarpma sonucu ezme    | EKP.01 ve EKP.02 ile alana girişler tamamen kontrol altına alınmış durumdadır. Alana herhangi bir erişim olduğunda hareket sonlanmaktadır. Ancak alan koruması olmaması sebebi ile alanda bir kişi varken ikinci bir operatörün dışarıdan işlemi başlatması olasılığı bulunmaktadır. | 2 | 3 | 6  | Yüksek           |
| Hareketli elemanlar                          | Çiğneme               | EKP.01 ile tehlikeli bölgeye girişim olduğunda tehlikeli hareket sonlandırılmaktadır.                                                                                                                                                                                                | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |
|                                              | Kapma, sıkışma, çekme |                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |

**Tablo 67. F03.M07 için artık risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı                           | Olası Sonuçlar        | Önerilen Koruyucu Önlemler                                                                                                                 | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|----------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Sabit bir kısma yaklaşan hareketli elemanlar | Çarpma sonucu ezme    | Öneri: Robot kolunun bulunduğu hareket alanının lazer tarayıcı ile koruma altına alınarak 2. güvenlik katmanı oluşturulması gerekmektedir. | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |
| Hareketli elemanlar                          | Çiğneme               | -                                                                                                                                          | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |
|                                              | Kapma, sıkışma, çekme | -                                                                                                                                          | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |

## 15. F03.M08 – Kuka Robotu

### Bulunduğu Bölüm: Montaj hattı

**Makinenin kullanımı:** Makine bir robot kolu ve iki adet döner tezgahtan oluşmaktadır. Döner tezgahlar boş paletlerin yerleştirildiği, dolu paletlerin alındığı tezgahlardır. Dışa bakan kısımlarından yüklü paletler forklift yardımı ile alındıktan sonra boş palet ile beslenirler. Robot kolu montaj hattından gelen aküleri paletler üzerine istiflemektedir. Palet dolduğunda döner tezgah dönerek yüklü paleti alınmak üzere dış kısma, boş paleti yüklenmek üzere iç kısma çevirmektedir. Ayrıca üst üste istiflenen akülerin aralarına yerleştirilmek üzere kartonlar robot kolu alanına yüklenmektedir. Robot kolu bir sıra akü istifledikten sonra bu kartonları kendisi yerleştirmektedir (Şekil 82).



Şekil 82. Robot çalışma alanı

**Mevcut güvenlik önlemleri ve elektronik koruyucu ekipmanlar:** Makine Tablo 68’de verilen koruyucu donanımına sahiptir.

**Tablo 68. F03.M08 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar**

| Ekipman Kodu | Koruyucu Ekipman Tipi | Fonksiyonu/Görevi                                   |
|--------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|
| EKP.01       | Lazer perde x4        | Varlık algılamak ve tehlikeli hareketi sonlandırmak |
| EKP.02       | Elektronik anahtar    | Alana girişi denetlemek                             |

Forkliftin tezgahtan yükleri alırken tezgahın hareketini engellemek amacı ile açılı olarak yerleştirilmiş lazer perdeler bulunmaktadır. Bu perdeler aynı zamanda döner tezgah alanına kişilerin girmesini engellemektedir. Yine karton besleme alanları da lazer perdeler ile korunmaktadır. Alanda toplamda 4 adet lazer perde, ve robot hareket alanına açılan kapıda elektronik anahtar bulunmaktadır (Şekil 83).



**Şekil 83. Mevcut elektronik koruyucu donanımlar**

**Makine ve makinenin kullanımı ile ilgili elde edilen bulgular:** Operatöre uygun KKD temin edilmiştir. Operatörler için güvenlik eğitimleri sık sık tekrarlanmaktadır. Hata kartları ile operatörlerin de önerileri ile iş güvenliği sistemi içerisinde yer alması sağlanmıştır. Makine güvenliği el kitabı yayımlanmıştır. Meydana gelen kazaların sonrasında öncesi-sonrası uygulaması yapılmakta ve kaza araştırması sonrasında eğitimleri düzenlenmektedir.

**Risk değerlendirmesi sonuçları:** F03.M08 numaralı makine için üç aşamalı risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Makinenin sahip olduğu elektronik koruyucu ekipmanlar devre dışı bırakılarak yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 69’da; mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar devredeyken yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 70’de; artık risklerin değerlendirilmesi ve artık riskler için öneriler ise Tablo 71’de gösterilmektedir.

**Tablo 69. F03.M08 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı   | Olası Sonuçları       | Açıklama                                               | O | Ş | RS | Risk Seviyesi |
|----------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------|---|---|----|---------------|
| Düşen nesneler       | Çiğneme               | Robotun taşıdığı aküyü düşürmesi                       | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer |
| Makine hareketliliği | Çarpma sonucu ezme    | Robot kolu ile diğer aksamalar arasına sıkışma         | 2 | 3 | 6  | Yüksek        |
|                      | Kapma, sıkışma, çekme | Palet beslemesi sırasında döner masaya uzvun sıkışması | 2 | 2 | 4  | Dikkate değer |

**Tablo 70. F03.M08 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı   | Olası Sonuçlar        | Mevcut Koruyucu Önlemler                                                                                       | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|----------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Düşen nesneler       | Çiğneme               | EKP.01 ve EKP.02 ile girişler kontrol edilmektedir. Alana giriş olduğunda tehlikeli hareketler sonlanmaktadır. | 1 | 1 | 1  | Kabul edilebilir |
| Makine hareketliliği | Çarpma sonucu ezme    |                                                                                                                | 1 | 1 | 1  | Kabul edilebilir |
|                      | Kapma, sıkışma, çekme |                                                                                                                | 1 | 1 | 1  | Kabul edilebilir |

**Tablo 71. F03.M08 için artık risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı   | Olası Sonuçlar        | Önerilen Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|----------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Düşen nesneler       | Çiğneme               | <b>Optimum elektronik koruyucu önerisi:</b> Alana girişler algılama alanı oldukça düşük (lazer ışınları arasındaki mesafe dar) lazer perdeler ile koruma altına alınmışlardır. Ancak bu bölümde küçük uzuvların sıkışma ihtimalinden çok tam vücut algılaması yapılması gerekmektedir. Algılama kapasitesi daha yüksek lazer perde uygulaması yapılabilir. Bu sayede maliyet azaltılabilir. | 1 | 1 | 1  | Kabul edilebilir |
| Makine hareketliliği | Çarpma sonucu ezme    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1 | 1 | 1  | Kabul edilebilir |
|                      | Kapma, sıkışma, çekme |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1 | 1 | 1  | Kabul edilebilir |

## 16. F03.M09 – Zarflama Makinesi

### Bulunduğu Bölüm: Montaj hattı

**Makinenin kullanımı:** Operatör, arkasındaki paletlerde istifli olan plakaları el ile makineye beslemektedir. Makine zarflama işlemi yaptığı plakaları yan taraftan zincirli bant ile bir sonraki üniteye aktarmaktadır. Makineye beslenen plakalar içerisinde hatalı olanlar olduğunda makine takılma yapmaktadır. Bu durumda plakanın buradan alınması gerekmektedir. Yine hızla zarflama işlemi yaparken düşen veya sıkışan plakalar olmaktadır. Plakaların üretimi ile ilgili bazı hatalar ve makinenin eski teknoloji olması sebebi ile operatörün makineye sürekli müdahalesi gerekmektedir (Şekil 84).



Şekil 84. Zarflama makinesi

**Mevcut güvenlik önlemleri ve elektronik koruyucu ekipmanlar:** Makine Tablo 72’de verilen koruyucu donanıma sahiptir.

**Tablo 72. F03.M09 için mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar**

| Ekipman Kodu | Koruyucu Ekipman Tipi | Fonksiyonu/Görevi                                                  |
|--------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------|
| EKP.01       | Elektronik anahtar    | Sabit muhafaza açıkken makinenin tehlikeli hareketini sonlandırmak |

Plakaların beslendiği bandın giriş kısmı haricinde tüm hareketli kısımlardan operatörü korumak amacı ile yukarı doğru açılabilen sürgülü şeffaf sabit muhafaza konulmuştur. Bu muhafaza açıldığında makinenin hareketinin durmasını sağlayan elektronik anahtar uygulaması

yapılmıştır. Ancak makineye sürekli müdahale gerekmesinden dolayı muhafazayı her açıta makinenin durması nedeni ile sensörü iptal etme eğilimi bulunmaktadır.

**Makine ve makinenin kullanımı ile ilgili elde edilen bulgular:** Operatöre uygun KKD temin edilmiştir. Operatörler için güvenlik eğitimleri sık sık tekrarlanmaktadır. Hata kartları ile operatörlerin de önerileri ile iş güvenliği sistemi içerisinde yer alması sağlanmıştır. Makine güvenliği el kitabı yayımlanmıştır. Meydana gelen kazaların sonrasında öncesi-sonrası uygulaması yapılmakta ve kaza araştırması sonrasında eğitimleri düzenlenmektedir.

**Risk değerlendirmesi sonuçları:** F03.M09 numaralı makine için üç aşamalı risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Makinenin sahip olduğu elektronik koruyucu ekipmanlar devre dışı bırakılarak yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 73'te; mevcut elektronik koruyucu ekipmanlar devredeyken yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 74'te; artık risklerin değerlendirilmesi ve artık riskler için öneriler ise Tablo 75'te gösterilmektedir.

**Tablo 73. F03.M09 için koruyucu ekipman devre dışı bırakıldığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı  | Olası Sonuçları            | Açıklama                                               | O | Ş | RS | Risk Seviyesi  |
|---------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------|---|---|----|----------------|
| Hareketli elemanlar | Kesme veya ciddi yaralanma | Elin hareketli aksamalar arasında sıkışması, kesilmesi | 4 | 3 | 12 | Kabul edilemez |

**Tablo 74. F03.M09 için koruyucu ekipman devreye alındığında risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı  | Olası Sonuçlar             | Mevcut Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | O | Ş | RS | Risk Seviyesi |
|---------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|---------------|
| Hareketli elemanlar | Kesme veya ciddi yaralanma | Sabit muhafaza tehlikeli hareketlerin yer aldığı tüm alanı kapatacak şekilde tasarlanmıştır. Elektronik anahtar bu muhafaza kaldırıldığında tehlikeli hareketi sonlandırmak üzere konumlandırılmıştır. Ancak elektronik koruyucu anahtar olarak optik özellikli anahtar kullanılması sebebi ile önüne bir engel konularak kolayca devre dışı bırakılabilecek özelliktedir. Artık risk yüksektir. | 2 | 3 | 6  | Yüksek        |

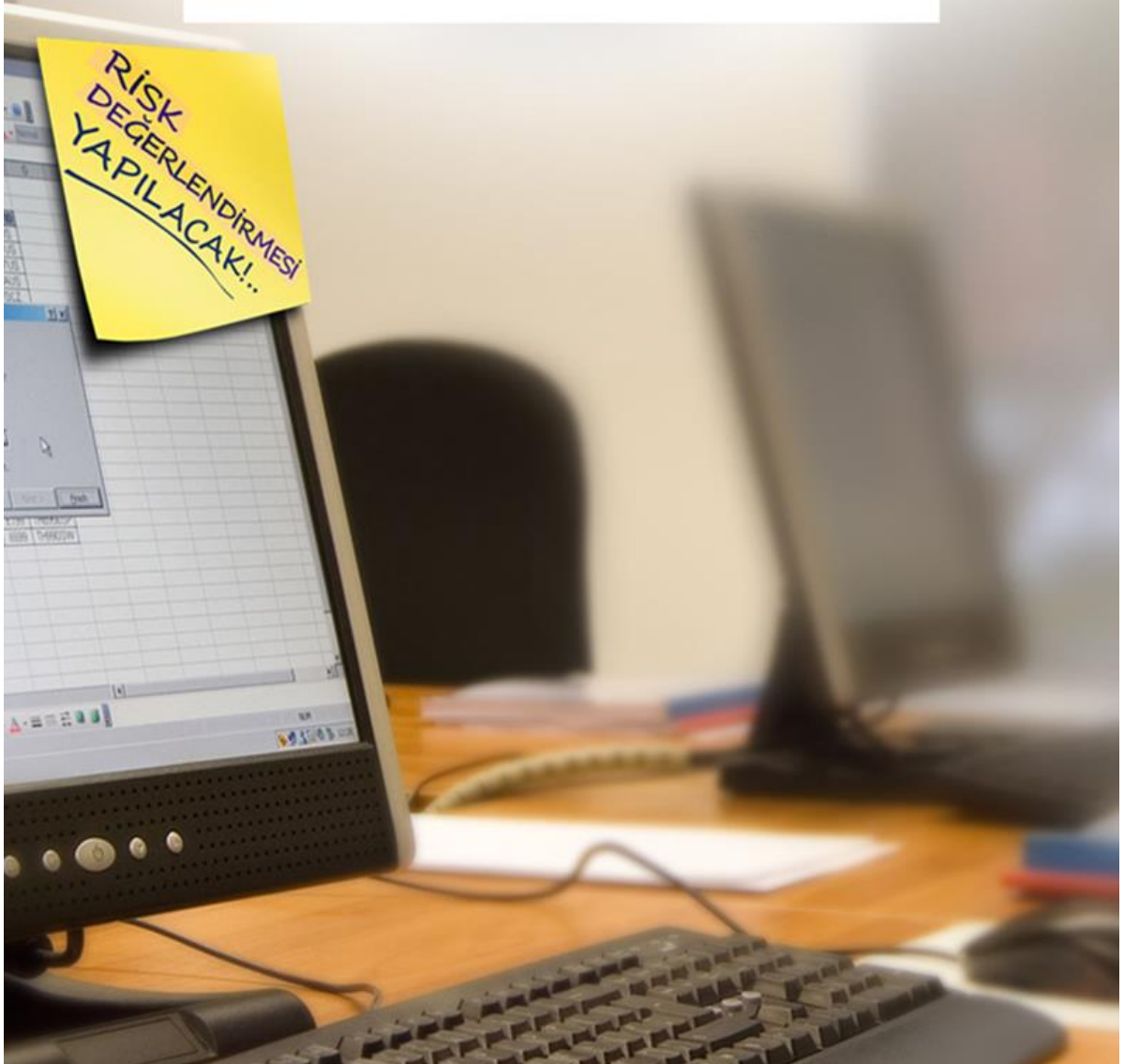
**Tablo 75. F03.M09 için artık risk seviyesi**

| Tehlikenin Kaynağı  | Olası Sonuçlar             | Önerilen Koruyucu Önlemler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | O | Ş | RS | Risk Seviyesi    |
|---------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|------------------|
| Hareketli elemanlar | Kesme veya ciddi yaralanma | <b>Öneri:</b> Emniyet kemerinin tasarımına benzer olan temaslı elektronik anahtar kullanımı ile devre dışı bırakılmasının önüne geçilebilir. Bu sayede risk seviyesi oldukça azalacaktır. Sabit muhafazanın kaldırılması ile tehlikeli bölgeye erişim arasında geçen süre boyunca tehlikeli hareket sonlanacağından riskin şiddeti azalacaktır. | 1 | 2 | 2  | Kabul edilebilir |

## EK 5 - MAKİNE KORUYUCULARIN UYGUNLUĞU VE RİSK DEĞERLENDİRMESİ REHBERİ



### MAKİNE KORUYUCULARIN UYGUNLUĞU VE RİSK DEĞERLENDİRMESİ REHBERİ



## AMAÇ

- ◆ Bu rehber, makinelere yönelik risk değerlendirmesi çalışmalarına yardımcı olmak ve makinelerin tehlikeli hareketlerinden çalışanları korumak için kullanılan makine koruyucuların uygunluğunun değerlendirilmesi için yol göstermek amacıyla hazırlanmıştır.

## İZLENECEK YOL

1. Bu rehber iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde Makinelerde Risk Değerlendirmesi Anketi, ikinci bölümde Makine Koruyucu Donanım Kontrol Listesi bulunmaktadır.
2. Risk Değerlendirmesi Anketi makinelerde yapacağınız risk değerlendirmesi çalışmalarınıza yön vermek üzere hazırlanmış olup, ihtiyaca göre detaylandırılabilir.
3. İkinci bölümde yer alan Makine Koruyucu Donanımları için Kontrol Listesi ile makinenin sahip olduğu koruyucu donanımın uygunluğunun değerlendirilmesi amacıyla hazırlanmış olup, ihtiyaca göre sorular detaylandırılabilir. Bu anket ile makinenin sahip olduğu tehlikeler ve bu tehlikelerin risk seviyeleri belirlenir. Elde edilen risk seviyelerine göre tehlikeler önceliklendirilir. Öncelik sırasına göre, risk seviyelerini azaltmak ya da riskleri yok etmek için koruyucu donanım önerilir.
4. Makine Koruyucu Donanım Kontrol Listesinde koruyucu donanımlar ile ilişkili sorular içermektedir. Anket kullanılarak bir makinenin sahip olduğu tüm tehlikeler ve bu tehlikeler için risk seviyeleri belirlenir. Belirlenen risk seviyelerini düşürmek veya riskleri ortadan kaldırmak için koruyucu donanımlar belirlenir.



### Makinelere Risk Değerlendirmesi Anketi

| İşyeri Adı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Makinenin Bulunduğu Bölüm ve Makinenin Adı                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Değerlendirme Tarihi                                                                                                                                               | Geçerlik Tarihi                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Çalışanın vücudunun herhangi bir kısmı ile etkileşime giren her bir tehlikeli makine hareketini veya zararlı durumu tanımlayınız.</b><br/>(Ör: Dönen şaftlar, sıkışma noktaları, kesici kısımlar, delme aksiyonu, darbe tehlikeleri, uçan nesneler, aşındırıcı yüzeyler, elektriksel tehlikeler, sıcak/toksik sıvılar, radyasyon, buharlar, vb.)</p> | <p><b>Her bir tehlike için olabilecek en kötü yaralanmayı tanımlayınız.</b></p> | <p><b>Tahmini Kaza şiddeti:</b><br/><b>Az</b> (İlk yardımdan fazlasını gerektirmeyen yaralanma, morarma, kesik, sıyrık, vb.): <b>1</b><br/><b>Normal</b> (Normal şartlar altında geri döndürülemez; kalıcı omurilik hasarı, görme kaybı, solunum hasarı, vb.): <b>2</b><br/><b>Ciddi</b> (Normal şartlar altında geri döndürülemez; kalıcı omurilik hasarı, görme kaybı, solunum hasarı, vb.): <b>3</b><br/><b>Ölümcül</b> (Uzuv kaybı, ölüm): <b>4</b></p> | <p><b>Tahmini Kaza Olasılığı:</b><br/><b>Düşük İhtimal: 1</b><br/><b>Olası Değil: 2</b><br/><b>Olası: 3</b><br/><b>Büyük İhtimal: 4</b><br/>(Not 1'e bakınız.)</p> | <p><b>Tahmini Risk Seviyesi:</b><br/>(Tahmini kaza şiddeti x Tahmini kaza olasılığı)<br/>(Not 2 ve Not 3'e bakınız)</p> |
| 1.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                         |
| 2.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                         |
| 3.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                         |
| 4.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                         |
| 5.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                         |

Not: Özellikle, normal üretim akışı kesildiğinde çalışanın ne yaptığını gözlemlemek için, bu bilgilerin elde edilmesi tekrar tekrar gözlem gerektirebilir.

**Risk Seviyesini Kabul Edilebilir Seviyeye Düşürmek veya Riski Ortadan Kaldırmak için Önerilen Koruyucu Donanım**

|    |    |
|----|----|
| 1. | 3. |
| 2. | 4. |

**Not 1:** Kazanın olasılığını tahmin ederken aşağıdaki verilen faktörler göz önünde bulundurunuz.

- Makinenin döngü hızı
- Ayak kontrollü elle besleme
- Operatörün eğitim ve tecrübe düzeyi
- Can sıkıntısı faktörü (tekrarlı işler)
- Makinedeki tehlikeli bölgeye/noktaya sık sık erişime sebep olan, sıkışma ve yanlış besleme olaylarının tarihçesi
- Daha önce bu makinede veya buna benzer diğer makinelerde meydana gelen kazalar

**Not 2:** Koruyucu donanımın kullanımının önceliğini belirlemek için tahmini risk seviyesini kullanınız. Tahmini risk seviyesi ne kadar yüksek ise, koruyucu donanımın o kadar acil bir şekilde uygulanması gerekmektedir.

**Not 3:** Risk Matrisi

|                            | Tahmini Kaza şiddeti (\$) |              |               |           |
|----------------------------|---------------------------|--------------|---------------|-----------|
| Tahmini Kaza Olasılığı (O) | 4<br>(Ölümcül)            | 3<br>(Ciddi) | 2<br>(Normal) | 1<br>(Az) |
| 4<br>(Büyük ihtimal)       | 16                        | 12           | 8             | 4         |
| 3<br>(Olası)               | 12                        | 9            | 6             | 3         |
| 2<br>(Olası değil)         | 8                         | 6            | 4             | 2         |
| 1<br>(Düşük ihtimal)       | 4                         | 3            | 2             | 1         |

### Makine Koruyucu Donanımları için Kontrol Listesi

| Konu Başlığı                                       | Kontrol Listesi                                                                                                                             | Evet | Hayır | Alınması Gereken Önlem | Sorumlu Kişi | Termin Tarihi |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|------------------------|--------------|---------------|
| <b>Koruyucu Donanım Gereksinimleri</b>             | Koruyucu donanım, çalışanın ellerinin, ayaklarının ve vücudunun diğer kısımlarının tehlikeli hareketli parçalara temas etmesini engelliyor. |      |       |                        |              |               |
|                                                    | Koruyucu donanım tamamen güvenli ve kolayca kaldırılamaz.                                                                                   |      |       |                        |              |               |
|                                                    | Koruyucu donanım hareketli parçalara herhangi bir nesnenin düşmesini ya da bir nesnenin fırlamasını engelliyor.                             |      |       |                        |              |               |
|                                                    | Koruyucu donanım, makinenin nispeten daha kolay, konforlu ve güvenilir kullanılmasını sağlıyor.                                             |      |       |                        |              |               |
|                                                    | Makine, koruyucu donanım kaldırılmadan yağlanamıyor.                                                                                        |      |       |                        |              |               |
|                                                    | Koruyucu donanım kaldırıldığında, makine otomatik olarak kapanıyor.                                                                         |      |       |                        |              |               |
|                                                    | Mevcut koruyucu donanım yeterli ve geliştirilmesine gerek yok.                                                                              |      |       |                        |              |               |
| <b>Mekanik Tehlikeler (Operasyon Bölgesi)</b>      | Makinenin kendisinde operasyon bölgesi muhafazası mevcuttur.                                                                                |      |       |                        |              |               |
|                                                    | Bu muhafaza çalışanın ellerini, parmaklarını tehlikeli bölgenin dışında tutuyor.                                                            |      |       |                        |              |               |
|                                                    | Koruyucu donanımın kurcalanmamış veya devre dışı bırakılmaya çalışılmamış.                                                                  |      |       |                        |              |               |
|                                                    | Daha etkili ve pratik koruyucu donanım önerilemez.                                                                                          |      |       |                        |              |               |
|                                                    | Operasyon bölgesindeki tehlike makinede yapılacak tasarım değişikliği ile engellenemez.                                                     |      |       |                        |              |               |
| <b>Mekanik Tehlikeler (Güç aktarım aksamaları)</b> | Tüm dişliler, çarklar korumaya alınmıştır.                                                                                                  |      |       |                        |              |               |
|                                                    | Tüm kayışlar, zincirler korumaya alınmıştır.                                                                                                |      |       |                        |              |               |

| Konu Başlığı                                         | Kontrol Listesi                                                                                                                               | Evet | Hayır | Alınması Gereken Önlem | Sorumlu Kişi | Termin Tarihi |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|------------------------|--------------|---------------|
|                                                      | Tüm ayar vidaları, manşonlar korumaya alınmıştır.                                                                                             |      |       |                        |              |               |
|                                                      | Başlatma ve durdurma kontrol ünitesi operatörün kolay ulaşacağı bir yerde.                                                                    |      |       |                        |              |               |
|                                                      | Makinenin birden fazla operatörü varsa, ayrı bir kontrol ünitesi sağlanmıştır.                                                                |      |       |                        |              |               |
| <b>Mekanik Tehlikeler (Diğer hareketli kısımlar)</b> | Koruyucular makinenin yardımcı aparatları dahil tüm hareketli aksamalarını kapsıyor.                                                          |      |       |                        |              |               |
| <b>Eğitim ve Çalışma</b>                             | Operatörler ve kalifiye çalışanlar, koruyucu donanımları nasıl kullanacağına dair gerekli eğitimleri almıştır.                                |      |       |                        |              |               |
|                                                      | Eğitimde, makine koruyucu donanımın yetersizliğinden dolayı uzvunu veya hayatını kaybeden çalışanlar ve benzeri kötü örnekler gösteriliyor.   |      |       |                        |              |               |
|                                                      | Çalışanlar koruyucu donanımın nasıl ve hangi şartlar altında devre dışı bırakılabileceği konusunda eğitilmiştir.                              |      |       |                        |              |               |
|                                                      | Çalışanlar koruyucu donanımın yetersiz, eksik veya hasarlı olması halinde hangi prosedürleri izleyeceği konusunda bilgi sahibidir.            |      |       |                        |              |               |
| <b>Kişisel Koruyucu Donanım ve Kıyafetler</b>        | Kişisel koruyucu donanım gerekiyor.                                                                                                           |      |       |                        |              |               |
|                                                      | Kişisel koruyucu donanım gerekiyorsa, kullanılan donanımlar, işe uygun ve kullanılmadığında iyi koşullarda, temiz ve sıhhi olarak saklanıyor. |      |       |                        |              |               |
|                                                      | Operatör işin güvenliğine uygun giyiniyor.                                                                                                    |      |       |                        |              |               |
| <b>Makine Bakımı ve Tamiri</b>                       | Bakım personeli, makine ile ilgili güncel talimatlara sahiptir.                                                                               |      |       |                        |              |               |
|                                                      | Bakım personeli, bakıma başlamadan önce makinenin tüm enerji bağlantısını kesiyor.                                                            |      |       |                        |              |               |
|                                                      | Bakım ekipmanlarının kendisi de uygun koruyucu donanıma sahiptir.                                                                             |      |       |                        |              |               |

**İŞVEREN/VEKİLİ**

**Adı:**

**Soyadı:**

**İmza:**

**İŞ GÜVENLİĞİ UZMANI (varsa)**

**Adı:**

**Soyadı:**

**Belge bilgileri:**

**İmza:**

**İŞYERİ HEKİMİ (varsa)**

**Adı:**

**Soyadı:**

**Belge bilgileri:**

**İmza:**

**DESTEK ELEMANI (varsa)**

**Adı:**

**Soyadı:**

**Görevi:**

**İmza:**

**ÇALIŞANLAR VE TEMSİLCİLERİ** (Ad, Soyad, Görev, İmza)