

T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



PLASTİK GERİ DÖNÜŞÜM SEKTÖRÜNDE KULLANILAN  
MAKİNELERDE KARŞILAŞILAN RİSKLERİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Necati YALMAN

İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı  
İş Sağlığı ve Güvenliği Programı

Mayıs, 2019



T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



PLASTİK GERİ DÖNÜŞÜM SEKTÖRÜNDE KULLANILAN  
MAKİNELERDE KARŞILAŞILAN RİSKLERİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Necati YALMAN  
(Y1813.220002)

İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı  
İş Sağlığı ve Güvenliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin Erol AKATA

Mayıs, 2019





T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

**Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi**

Enstitümüz İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı İş Sağlığı ve Güvenliği Tezli Yüksek Lisans Programı Y1813.220002 numaralı öğrencisi Necati YALMAN 'ın "PLASTİK GERİ DÖNÜŞÜM SEKTÖRÜNDE KULLANILAN MAKİNELERDE KARŞILAŞILAN RİSKLERİN İNCELENMESİ" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 17.04.2019 tarih ve 2019/09 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından oybirliği ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 23/05/2019

1) Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin Erol AKATA

HAKI

2) Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Necla DALBAY

Necla Dalbay

3) Jüri Üyesi : Doç. Dr. Ahmet Emin KUZUCUOĞLU

Ahmet Emin Kuzucuoğlu

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.



## YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi Olarak Sunduğum “**Plastik Geri Dönüşüm Sektöründe Kullanılan Makinelerde Karşılaşılan Risklerin İncelenmesi**” adlı çalışmamda, tezimin proje kısmından sonuçlandığı zamana kadar tüm süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterildiği gibi olduğunu, bunlara atıf yaparak yararlanmış olduğunu belirtir ve beyan ederim. (23.05.2019)

**Necati YALMAN**





## ÖNSÖZ

Ülkemizde otuz yıllık gelişim süreci olan Plastik Geri Dönüşüm sektörünün içinde makine üreticisi olan bir kişi olarak böyle bir çalışma yapılmasında kendimi sorumlu hissetmem böyle bir çalışmaya itmiştir. Sektörde kullanılan makinelerde tasarım, kullanım ve bakımdan kaynaklı tehlikelerin tespiti ve çözüm önerileri getirilme hedeflenmiştir.

İstanbul Aydın Üniversitesinin kurulmasını ve bu günlere taşınmasını sağlayan ayrıca binlerce öğrencinin yetişmesine sebep olan başta İstanbul Aydın Üniversitesi Mütevelli Heyeti Başkanı Dr. Mustafa Aydın hocamız olmak üzere bütün çalışanlarına sonsuz teşekkürleri mi sunmayı borç bilirim.

Lisans ve Yüksek Lisans öğretimini gördüğüm, İstanbul Aydın Üniversitemizin Rektörü Prof. Dr. Yadiğar İZMİRLİ hocamıza, Mühendislik Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Hasan HEPERKAN hocalarıma çok teşekkür ediyorum.

Yüksek Lisans öğrenimim sırasında tez ve makale çalışmalarına yapmış olduğu desteklerinden dolayı çok değerli hocamız Prof. Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Erol AKATA hocamıza, Bilimsel Araştırma Yöntemleri dersinde çok faydalı bilgiler paylaşarak beni aydınlatan ve ufukumuzu açan değerli hocamız Prof. Dr. Hasan SAYGIN hocamıza ve Ergonomi ve İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim sistemleri derslerinde faydalı bilgiler kazandığım değerli hocamız Dr. Öğr. Üyesi Necla DALBAY hocamıza en içten dileklerle teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenim sırasında ders aldığım hocalarım; Prof. Dr. Zafer UTLU, Doç. Dr. Banu Yeşim BÜYÜKAKINCI, Dr. Öğr. Üyesi Bülent DEMİR, Dr. Öğr. Üyesi Reşit ERÇETİN hocalarıma en içten dileklerle teşekkürlerimi sunarım.

Çok Değerli Arkadaşım Teknik Öğretmen İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı Turgay DURUEL' e ve Sınıf Arkadaşlarım çok teşekkür ediyorum.

Bu çalışmayı yaparken manevi desteklerde bulunan Değerli Eşim Türkan YALMAN 'a ve Çocuklarım Cansu YALMAN, Can YALMAN ve Cem YALMAN 'a çok teşekkür ediyorum.

**Mayıs, 2019**

**Necati YALMAN**  
(Makine Mühendisi)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER .....	ix
KISALTMALAR .....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
ABSTRACT .....	xix
1. GİRİŞ .....	1
2. ATIK PLASTİKLERİN GERİ KAZANILMASINDA KULLANILAN MAKİNELER VE OLUŞTURDUĞU TEHLİKELER .....	3
2.1 Plastik Kırma makinesi .....	5
Plastik kırma makinesini kısımları.....	6
Plastik kırma makinesi tehlikeler.....	8
2.2 Plastik Yıkama havuzu .....	13
Plastik yıkama havuzunun kısımları .....	13
Plastik yıkama havuzundaki tehlikeler .....	14
2.3 Silindir Yatay Sıkma Makinesi .....	17
Yatay plastik sıkma makinesi kısımları .....	18
Plastik sıkma makinesindeki tehlikeler.....	20
2.4 Agromel Makinesi.....	20
Agromel makinesinin kısımları.....	21
Agromel makinelerde tehlikeler.....	22
2.5 Ekstrüder Makinesi .....	24
Ekstruder makinesinin kısımları .....	25
Ekstrüksiyon makinelerde tehlikeler.....	26
2.6 Süzgeç Mekanizması.....	30
Süzgeç mekanizmasının kısımları.....	30
Süzgeç mekanizmasında tehlikeler .....	31
2.7 Kafadan Kesme Makinesi .....	32
Kafadan kesme makinesinin kısımları .....	32
Kafadan Kesme Makinesindeki Tehlikeler.....	33
2.8 Santrifüj Makinesi .....	33
Santrifüj makinesinin kısımları .....	33
Santrifüj makinesindeki tehlike .....	34
2.9 Tesbih biçimli kesim makinesi.....	35
Tesbih biçimli makinesinin kısımları.....	35
Tesbih biçiminde makinesindeki tehlikeler .....	36
2.10 Şerit Testere Kesim Makinesi .....	38
Şerit testere kesim makinesi kısımları .....	39
Şerit testere makinesindeki tehlikeler .....	39

2.11 Taşıyıcı Salyangoz Fan Makinesi.....	41
Taşıyıcı salyangoz fanın kısımları.....	41
Taşıyıcı salyangoz fan makinesindeki tehlikeleri .....	42
2.12 Paketleme Silosu .....	43
Paketleme silosu kısımları.....	44
Paketleme silosu makinesindeki tehlikeleri .....	44
<b>3. RİSK DEĞERLENDİRİLMESİ.....</b>	<b>47</b>
3.1 Risk Değerlendirmesinin Önemi .....	48
3.2 Risk Değerlendirmesinin Mevzuattaki Yeri.....	50
3.3 Risk Değerlendirmesinde Standardlardaki Yeri .....	53
3.4 Risk Yönetimi.....	56
3.5 Risk Değerlendirme Yöntemleri.....	59
FMEA (Hata Modu ve Etkileri Analizi) .....	61
3.5.2 Tehlike derecelendirme numarası sistemi (hazard rating number system).....	65
PHA ön tehlike analizi (Preliminary Hazard Analysis) .....	67
<b>4. UYGULAMALAR.....</b>	<b>71</b>
4.1 Atık Plastikleri Geri Dönüşümünde Kullanılan Plastik Kırma Makinesinde Risk Değerlendirmesi .....	71
Plastik kırma makinesinde tasarım, kullanım ve bakımdan kaynaklı tehlikeler .....	73
4.2 Plastik Kırma Makinesinde Belirlenen Tehlikeler ve Çözüm Önerileri .....	75
Plastik kırma makinesinde ön tehlike analizi (PHA) .....	82
Plastik kırma makinesinde tehlike derecelendirme numarası sistemi tehlikenin analizi (HRNS).....	83
Plastik kırma makinesinde hata modu ve etkileri analizi (FMEA) .....	85
4.3 Geri Dönüşüm Prosesindeki Makinelerde Tehlikeler ve Çözüm Önerileri.....	87
Geri dönüşüm prosesindeki makinelerde tasarım, kullanım ve bakımdan kaynaklı tehlikeler .....	88
4.3.1.1 Proseteki balta, yıldız ve blok tipi plastik kırma makineleri.....	90
4.3.1.2 Atık plastik yıkama havuzu.....	91
4.3.1.3 Silindir tipi plastik sıkma makinesi .....	92
4.3.1.4 Ekstruder (Granül) makinesinin .....	93
4.3.1.5 Düz granül kesme makinesi .....	94
4.4 Geri Dönüşüm Prosesi Risk Değerlendirmesi.....	96
Geri dönüşüm prosesi ön tehlike analizi (PHA).....	97
Geri dönüşüm prosesi tehlike derecelendirme numarası sistemi (HRNS).....	98
Geri dönüşüm prosesi hata modu ve etkileri analizi(FMEA) .....	98
4.5 Plastik Geri Dönüşüm Prosesinin En Tehlikeli Makinesi .....	100
Atık Plastik Geri dönüşüm işletmelerinde gövde genişliği (200-1500mm) olan değişik kapasitelerde makineler mevcuttur. ....	100
Blok tipi plastik kırma makinesi .....	100
Blok tipi plastik kırma makinelerinde kısımları.....	101
Blok tipi plastik kırma makinesinin çalışma şekli .....	101
Blok tipi plastik kırma makinesinde elle beslemeden kaynaklı tehlikenin risk değerlendirmesi .....	103
Plastik kırma makinelerinde [EBÇT1] elle besleme çalışmasının oluşturduğu tehlikesinin özel olarak çözümü .....	105
<b>5. SONUÇ.....</b>	<b>109</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>111</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>115</b>

## KISALTMALAR

<b>BTPKM</b>	: Blok Tipi Plastik Kırma Makinesi
<b>HRNS</b>	: Tehlike Derecelendirme Numarası Sistemi
<b>EBÇT</b>	: Elle Beslemeden Kaynaklı Tehlike
<b>FMEA</b>	: Hata Modu ve Etkileri Analizi
<b>PHA</b>	: Ön Tehlike Analizi
<b>GDPMT</b>	: Geri Dönüşüm Prosesindeki Makinenin Tehlikesi
<b>PKMT</b>	: Plastik Kırma Makinesindeki Tehlike
<b>DSÖ</b>	: Dünya Sağlık Örgütü
<b>ILO</b>	: Uluslararası Çalışma Örgütü
<b>AT</b>	: Avrupa Topluluğu
<b>EN</b>	: European Norm
<b>T.C.</b>	: Türkiye Cumhuriyeti
<b>MEB</b>	: Milli Eğitim Bakanlığı
<b>CE</b>	: Conformité Européenne
<b>DIN</b>	: Deutsches Institut Für Normung
<b>TS</b>	: Türk Standardı
<b>ISO</b>	: International Organization For Standardization
<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>TMMOB</b>	: Türk Mühendis Ve Mimar Odaları Birliği
<b>TSE</b>	: Türk Standartları Enstitüsü
<b>İSG</b>	: İş Sağlığı Ve Güvenliği
<b>ÇSGB</b>	: Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 3.1: İş Sağlığı ve Güvenliği Kanuna Bağlı Yönetmelikler .....	50
Çizelge 3.2: Uygulanan para cezaları .....	52
Çizelge 3.3: Risk Değerlendirme Metotları .....	60
Çizelge 3.4: FMEA metodunda şiddet etkisinin değerleri (Özkılıç,2005) .....	62
Çizelge 3.5: FMEA metodunda olasılık etkisinin değerleri(Özkılıç, 2007) .....	64
Çizelge 3.6: FMEA metodunda fark edilebilirliğin etkisinin değerleri .....	64
Çizelge 3.7: FMEA Metodunda RÖS Değerlendirme Tablosu .....	65
Çizelge 3.8: Tehlike Derecelendirme Numarası Sistemi .....	66
Çizelge 3.9: Tehlike Derecelendirme Numarası Sistemi .....	67
Çizelge 3.10: Ön Tehlike Analizi(PHA) Şiddet faktörünün derecesi .....	68
Çizelge 3.11: Ön Tehlike Analizi(PHA) Olasılık faktörünün derecesi .....	68
Çizelge 3.12: Ön Tehlike Analizi(PHA) Metodunda Risk Değerlendirmesi .....	69
Çizelge 4.1: Plastik Kırma makinesinde Tasarım, Kullanım ve Bakımdan kaynaklı Tehlikeler .....	74
Çizelge 4.2: Ön Tehlike Analizi (Preliminary Hazard Analysis) .....	82
Çizelge 4.3: Tehlike Derecelendirme Numarası Sistemi Değerlendirme (Hazard Rating Number System) .....	84
Çizelge 4.4: Hata Modu ve Etkileri Analizi (FMEA) .....	85
Çizelge 4.5: Proaktif yaklaşımla yapılan HRN, FMEA ve PHA karşılaştırmalı risk değerlendirmesi sonuçları .....	86
Çizelge 4.6: Geri Dönüşüm Prosesinde Tasarım, Kullanım ve Bakımdan kaynaklı Tehlikeler .....	89
Çizelge 4.7: Ön Tehlike Analizi (Preliminary Hazard Analysis) .....	97
Çizelge 4.8: Tehlike Derecelendirme Numarası Sistemi (Hazard Rating Number System) .....	98
Çizelge 4.9: Hata Modu ve Etkileri Analizi (Failure Mode and Effects Analysis) ...	99
Çizelge 4.10: Proaktif yaklaşımla yapılan HRN, FMEA ve PHA karşılaştırmalı risk değerlendirmesi sonuçları .....	99
Çizelge 4.11: Tehlike Derecelendirme Numarası .....	103
Çizelge 4.12: Tehlike Derecelendirme Numarası Sonuç Değerlendirme .....	104
Çizelge 4.13: Tehlike Derecelendirme Numarası Sistemi (Hazard Rating Number System) .....	107





## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1: Sokak toplayıcıları ve küçük işletmeler (Yalman, Erdim, Akata, 2018) ....	1
Şekil 2.1: Atık plastik dönüşüm akış prosesi.....	3
Şekil 2.2: Atık Plastik Geri Dönüşümü yapan küçük boy işletmeler bulunan makineler.....	5
Şekil 2.3: Balta Tipi Plastik kırma Makinesi.....	7
Şekil 2.4: Elle çalışma ve taşıma bandı kullanılması .....	9
Şekil 2.5: Korumasız volan ve kapak ile korumaya alınması.....	9
Şekil 2.6: Makine gürültüsü ve Manşon tipi 32-35 db kulaklık örneği.....	10
Şekil 2.7: Tozlu ortam, Toz maskesi ve aspire ekipman kullanımı.....	11
Şekil 2.8: Kapak Açılması ve Siviç ekipman ile koruma .....	12
Şekil 2.9: Kırılmış bıçak, Davlumbaz dışından besleme .....	12
Şekil 2.10: Plastik yıkama havuzu.....	14
Şekil 2.11: Yıkama havuzunun seperatörü ve zincir, redüktör, V kayışı .....	15
Şekil 2.12: Yıkama havuzlarının aktarma organı korumasız, korumalı ve redektörlü .....	16
Şekil 2.13: Tasarımı uygun olmayan ve tasarımı uygun olan yıkama havuzlar.....	17
Şekil 2.14: Torkun oluşumu gösterimi (www.bilgiustam.com, 2019).....	18
Şekil 2.15: Yatay Plastik sıkma makinesinin kısımları (Yalman, Akata,2019) .....	19
Şekil 2.16: Yatay Plastik sıkma makinesinin korumasız ve korumalı.....	20
Şekil 2.17: Agromel makinesinde elle besleme çalışması.....	22
Şekil 2.18: Elle besleme çalışması, bant ve helezon taşıyıcı.....	23
Şekil 2.19: Agromel Makinesinde elle, bantla besleme çalışması ve toz maskesi ....	24
Şekil 2.20: Ekstrüder makinesini kısımları.....	26
Şekil 2.21: Eksturuder makinesi ve Koruyucu eldiven (Mapa Eldiven,2019) .....	27
Şekil 2.22: Lokal egzoz sistemi (Erği, İmancı, Akpolat, İSGÜM 2011).....	28
Şekil 2.23: Havalandırma tertibatı olmayan işyeri ve Havalandırma cihazlar .....	29
Şekil 2.24: Süzgeç mekanizması (Tek makine sanayi,2019) .....	30
Şekil 2.25: Tıkanmış süzgeç mekanizması ve temizlenmesi.....	31
Şekil 2.26: Kafadan (Granül) kesme makinesini.....	32
Şekil 2.27: Kafadan Kesme Makinesi rezistans kısmı .....	33
Şekil 2.28: Farklı model Santrifüj makineleri .....	34
Şekil 2.29: Tesbih Biçimli kesme makinesi ve silindirik bıçak .....	36
Şekil 2.30: Silindir Kesme Makinesi .....	37
Şekil 2.31: Granül Soğutma Havuzu .....	37
Şekil 2.32: Lejyonella bakterisinin yaşama ve üreme sıcaklık göstergesi.....	38
Şekil 2.33: Şerit Testere Kesim Makinesi .....	39
Şekil 2.34: Şerit Testere Kesim Makinesi .....	40
Şekil 2.35 Toz maskesi .....	40
Şekil 2.36: Taşıyıcı fan kısımları(ERF Grup Makine,2019 ) .....	42
Şekil 2.37: Taşıyıcı fan kısımları.....	43

Şekil 2.38: Paketleme silosu makinesinin.....	44
Şekil 2.39: Depolama çuvalları.....	45
Şekil 2.40: Eksturuder ve Plastik kırma malzeme deposu.....	45
Şekil 3.1: Yıllara Göre İş Kazası ve Meslek Hastalıkları Dağılımı(Özkılıç,2003) ...	49
Şekil 3.2: Risk Azaltımında kullanılan bazı standartlar.....	53
Şekil 3.3: Üst Gövde Siviç Uygulaması .....	54
Şekil 3.4:TS EN 12100 Risk Azaltma Adımları.....	55
Şekil 3.5: Makine kaza sonrası sorumluluk paylaşımı .....	55
Şekil 3.6: Kanun ve Direktifler.....	56
Şekil 3.7: Risk Algılama Düzeyi .....	58
Şekil 3.8: Risk Yönetim Prosesi(Özkılıç,2018 1-20) .....	59
Şekil 3.9: Risk Değerlendirme Metodolojilerinin Sınıflandırılması(Özkılıç,2018 1-20).....	61
Şekil 3.10: Volanları Korumasız çalıştırılan Plastik Kırma Makinesi.....	63
Şekil 4.1: Sokak toplayıcıları ve küçük boy işletmeler .....	72
Şekil 4.2: Atık Plastik Geri Dönüşümü yapan küçük boy işletmeler bulunan makineler .....	73
Şekil 4.3: Taşıma bantsız ve banlı aksam makineler .....	75
Şekil 4.4: Korunmalı ve korumasız makineler .....	77
Şekil 4.5: Gürültülü ortam, ses yalıtımlı makine ve kulaklık .....	78
Şekil 4. 6: a) Tozlu ortam. b) Toz maskesi ve ekip man. c) Toz maskesi .....	79
Şekil 4.7: Üst kapağın açılması.....	80
Şekil 4.8: Makine bıçaklarının kırılması.....	81
Şekil 4.9: Davlumbazdan çalışana plastik çapması .....	81
Şekil 4.10: Atık Plastiğin Dönüşüm Süreci .....	88
Şekil 4.11: Plastik Kırma Makinelerinin Rotor Yapıları .....	90
Şekil 4.12: Kırılmış Atık Plastiklerin Yıkınmasında kullanılan Havuzlar.....	91
Şekil 4.13: Silindirik Sıkma Makinesinde Tork oluşumu (www.bilgiustam.com) ...	92
Şekil 4.14: Plastik Eksturuder Makinesi ve Havlandırma (Yalman,Akata :2018) ....	93
Şekil 4.15: Silindirik Tesbih Şeklinde Kesme Makinesinin Kısımları.....	94
Şekil 4.16: Kafadan kesme ve Santrifüj makinesi .....	96
Şekil 4.17: Depolama Silosu ve Hammadde (Granül).....	96
Şekil 4.18: Blok tip plastik kırma makinesinin parçaları.....	101
Şekil 4.19: Blok tipi plastik kırma makinesinde kırılmış atık malzeme .....	102
Şekil 4.20: Blok tipi plasti kırma makinesinde elle çalışma.....	105
Şekil 4.21: Makineye taşıyıcı bant ile besleme.....	106

## PLASTİK GERİ DÖNÜŞÜM SEKTÖRÜNDE KULLANILAN MAKİNELERDE KARŞILAŞILAN RİSKLERİN İNCELENMESİ

### ÖZET

Dünyamızda Endüstrinin gelişmesiyle birlikte var olan hammaddelerin, her çeşit metal ile kömür madeni ve ham petrol türevleri ve Polimerlerin (termoplastik, termoset, elastomer) kullanım alanları çoğalmıştır. Ayrıca bu hammaddelerin birbirlerinin muadili olması, makine sektöründe üretilen endüstriyel makineler sayesinde mümkün hale gelmiştir.

Ülkemizde plastiklerin kullanım alanlarına bakıldığında, Otomotiv, İnşaat, Tarım, Temizlik ve kozmetik, Sağlık gibi geniş bir yelpaze görülmektedir. Bu tür malzemelerin çevreye genel olarak “olumsuz” olarak kabul edilen etkilerini kontrol altında tutulabilmesi amacıyla, yasa koyucu tarafından bazı yasal zorunluklar (4/3/1991 20814 sayılı “Katı Atık Kontrolü Yönetmeliği”; 14/3/2005 25755 sayılı “Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği” ve 5/7/2008 26927 sayılı “Atık Yönetimi Genel Esasları İlgili Yönetmelik” ) getirilmiştir. Ayrıca 2/4/2015 29314 sayılı “Atık Yönetim Yönetmeliği” bu yönetmeliklerin yerini almıştır. Son olarak 27/12/2017 “Ambalaj Atıkları Yönetmeliği” getirilmiştir. Ayrıca 9/8/1983 tarihli 2872 sayılı çevre kanununun bazı maddeleri de 9/11/2018 tarihli 7153 sayılı kanunla değiştirilmiştir. Bu gelişmeler çerçevesinde “Geri Dönüşüm sektörü” olumlu etkilenmiş ve bu konuda yeni sorumluluklar üstlenmiş olmaktadır.

Bu maddelerin içeriğinde bakıldığında, Ambalaj ve diğer ürünlerde depozito sisteminin 2021’e kadar kurulması zorunluluğu getirilmiştir. Ayrıca Avrupa parlamentosu 2021 yılına kadar tek kullanımlık plastik olan çatal, kaşık ve vb gibi ürünlere yasaklama getireceğini duyurmuştur.

Bu yasal zorunluluklar beraberinde Plastik Geri Dönüşüm sektörünün gelişmesinde, lokomotif işlevi görmüştür. Plastik geri dönüşüm işi yapan işyerinde değişik kapasitelerde makine sistemleri mevcuttur. Makinenin olduğu yerde her zaman tehlike mevcuttur ama bunu yok etmek ya da minimize etmek elimizdedir.

Bu çalışmadaki amaç küçük ve orta boy Plastik Geri Dönüşüm işi yapan işyerlerinde kullanılan (Plastik kırma, Extruder, Yıkama Havuzu, Agromel, Plastik kablo soyucuları, Plastik sıkma makinesi, Malzeme Taşıyıcı Bantlar vb.) makinelerde kullanım sırasında tehlikelerin araştırılmasıdır. Ayrıca makinelerde tespit edilen tehlikelerin hem makineyi imalatı yapan firma, hem de makinayı kullanan firmaya çözüm ve öneri sunulmasıdır. Bu çalışmada tehlike tespitini; Makine risk değerlendirmesi, PHA ve FMEA, risk analizi metotlarıyla birbiriyle karşılaştırmalı olarak yapılmıştır. Tespit edilen riskler; Tasarım ve güvenlikte ilgili Makine emniyeti Yönetmeliği 2006/42/ AT ve Kullanımla ilgili İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları yönetmeliği, 2006 /42 /EC Direktifi (2009 Aralık ), Emniyet standardı TS EN 12100:2010, Elektriksel tedbirlerle ilgili TS EN 13849, kapsamında risk analizleri yapılmıştır.

Plastik kırma makinelerinin plastik geri dönüşüm işi yapan işletmelerde en tehlikeli makine olduğu gözlenmiştir. Var olan kazalarda uzuv kayıpları ve ölümlü kaza

sonuçlarının doğabileceği ve nasıl önlemler alınması noktasında, örneklerle zm nerileri sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** *Blok Tipi Plastik Kırma Makinası, Makine Bazlı Risk Değerlendirmesi, FMEA, Polimerler, Termoplastik, PHA*



## **INVESTIGATION OF RISKS FOR THE MACHINERY USED IN PLASTIC RECYCLING SECTOR**

### **ABSTRACT**

With the development of the industry in our world, the use of existing raw materials, all kinds of metal and coal and crude oil derivatives and Polymers (thermoplastic, thermoset, elastomer) have increased. Moreover, the interchangeability of these raw materials has become by the industrial machines produced in the machinery sector.

When we look at the usage areas of plastics in our country, we see a wide sector focus such as Automotive, Construction, Agriculture, Cleaning and Cosmetics and health. In order to check whether the environment is affected, the legislators' legal requirements have been met.

When we look at the usage areas of plastics in our country, we see a wide range of sectors such as Automotive, Construction, Agriculture, Cleaning and Cosmetics and Health. Some legislative requirements have been introduced by the legislator in order to control the effects of such materials, which are generally considered negative to the environment. 4/3/1991 Solid Waste Control Regulation No 20814, 14/3/2005 Regulation on Control of Hazardous Wastes No. 25755 and General Principles of Waste Management No. 5/7/2008 26927 are introduced.

Furthermore, the Waste Management Regulation No. 2/4/2015 No. 29314 replaces these regulations. Finally, 27/12/2017 Packaging Waste Regulation was introduced. In addition, some articles of the environmental law numbered 2872 dated 9/8/1983 have been amended by Law No. 7153 dated 9/11/2018. Within the framework of these developments, the yeni Recycling sector etkilen has been positively affected and undertakes new responsibilities in this regard.

When the contents of these substances are considered, it is obligatory to establish the deposit system up to 2021 in packaging and other products. In addition, the European Parliament has announced that it will impose a ban on products such as cutlery, spoons and etc. which are disposable plastic until 2021.

These legal obligations have served as locomotives in the development of the Plastic Recycling sector. There are machine systems with different capacities at the workplace that makes plastic recycling business. There is always danger in the machine, but we can eliminate or minimize them.

The aim of this study is to investigate the hazards used in machines that are used in small and medium size Plastic Recycling businesses (Plastic Breaking, Extruder, Washing Pool, Agromel, Plastic Cable Strippers, Plastic Squeezing Machine, Material Carrier Tapes, etc.). In addition, the hazards identified in the machines are both the manufacturer of the machine manufacturing machine and the solution to the company using the machine. In this study; The machine risk assessment was compared with each other using PHA, FMEA and risk analysis methods. Risks identified; Directive 2006/42 / EC and the Health and Safety Requirements in the Use of Work Equipment for Use in Design and Safety, Directive 2006/42 / EC (2009

December), Safety standard TS EN 12100: 2010, TS EN 13849 on electrical measures risk analyzes were carried out.

It has been observed that plastic crushing machines are the most dangerous machinery in enterprises that perform plastic recycling business. In case of existing accidents, limb losses and mortal accident consequences may arise, and how to take precautions.

**Keywords:** *Block Type Plastic Crushing Machine, Machine Based Risk Assessment, FMEA, Polymers, Thermoplastic, PHA*



## 1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında polimer malzemelerin kullanımının artmasıyla birlikte, plastik malzemeler günlük yaşantımızda giderek artan bir yere sahip olmuştur. Buna karşılık plastiklerin tabiattaki yok olma sürelerinin uzunluğu nedeniyle, geri kazanılmaları üzerine yapılan bilimsel araştırmalar ve teknolojik gelişmeler her geçen yıl artarak devam etmektedir. Ülkemizde Plastik Geri Dönüşüm sektörü geçen 30 yıllık süreçte büyük gelişim göstermiştir. Bu gelişim geri dönüşüm sektörüne makine ve mekanizma yapan makine sektörünün de gelişmesine sebep olmuştur. Makine teknolojileri atık plastiğin geri dönüştürülmesi yoluyla ekonomik değer haline dönüşmesi sağlanabilmektedir.

Geri dönüşüm birbirini takip eden bir dizi faaliyet, başka bir deyişle de bir proses uygulanmaktadır. Kullanım ömrünü tamamlamış ekonomik değeri olan atık plastikleri kimlerin topladığına bakıldığında; sokak toplayıcıları (bütün atıkları toplayan 500 bin kişi), küçük ve orta boy işletmeler( bütün atıkları toplayan bir milyon işletme), vakıflar ve belediyelerdir. (Yetim,2014: 12-15) Şekil 1.1’de Sokak toplayıcıları ve küçük boy işletmeler gösterilmiştir.



**Şekil 1.1:** Sokak toplayıcıları ve küçük işletmeler (Yalman, Erdim, Akata, 2018)

**Kaynak:**file:///C:/Users/TOSHIBA/Desktop/Kanun&Yönetmelik/ENAR\_Proceeding\_E-Book\_24.12.2018\_Final\_Version.pdf

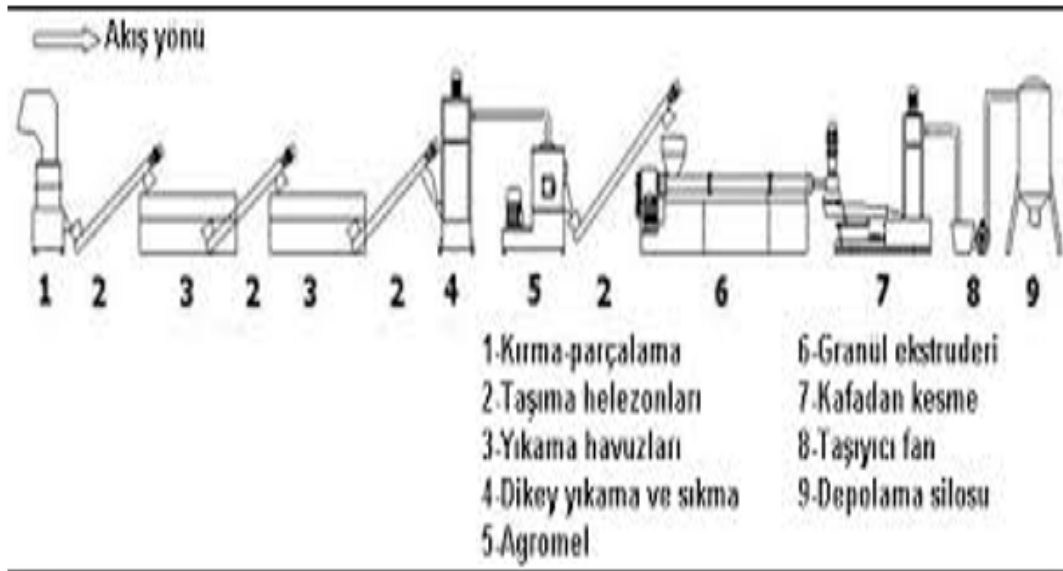
Bu çalışmada tehlike tespitini ve risk değerlendirmesi; Makine bazlı risk değerlendirmesi, PHA, FMEA, risk analizi metotlarıyla birbiriyle karşılaştırmalı olarak yapılmıştır. Tespit edilen riskler; Tasarım ve güvenlikte ilgili Makine emniyeti Yönetmeliği 2006/42/AT ve Kullanımla ilgili İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları yönetmeliği, 2006 /42 /EC Direktifi (2009 Aralık ), Emniyet standardı TS EN 12100:2010, Elektriksel tedbirlerle ilgili TS EN 13849, kapsamında risk analizleri yapılmıştır. Plastik Geri Dönüşüm işi yapan işyerlerinde kullanılan (Plastik kırma makinesi, Ekstruder makinesi, Plastik Yıkama Havuzu, Agromel makinesi, Plastik sıkma makinesi, Malzeme Taşıyıcı Bantlar vb.) makinelerde kullanım sırasında oluşan tehlikeler incelenmiştir. Plastik kırma makinelerinin plastik geri dönüşüm işi yapan işletmelerde en tehlikeli makine olduğu gözlenmiştir.(Özkılıç,2019 20-24)

Ayrıca makinelerde tespit edilen tehlikelerin hem makineyi imalatı yapan firmaya, hem de makinayı kullanan firmaya çözüm ve öneri sunulmuştur. Var olan kazalarda uzuv kopmaları ve ölümlü kaza sonuçlarının doğabileceği ve önlemler alınması gerekliliği tespit edilmiştir.



## 2. ATIK PLASTİKLERİN GERİ KAZANILMASINDA KULLANILAN MAKİNELER VE OLUŞTURDUĞU TEHLİKELER

Bu bölümde; “Plastik Geri dönüşüm” işi yapan iş yerlerinde kullanılan makinelerin tanıtımı amaçlanmıştır. Plastik ger kazanılması, farklı tür makinelerin bir proses içinde kullanılmasıyla mümkün olmaktadır. Doğru risk değerlendirmesi yapılabilmesi; kullanılan makinelerinin teknik bilgilerinin, çalıştırılma koşullarının, bakım ve kullanım şartlarının bilinmesi ile mümkün olmaktadır. Bu nedenle risk değerlendirmesi yapılan geri dönüşüm sektöründe kullanılan makinelerin teknik özelliklerinin bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Bu makineler hem tekli hem bir proses halinde kullanılmaktadırlar. Şekil 2.1 ' de “Geri Dönüşümü Prosesinin” on üç adet makine ve mekanizma ile 15 elektrik tahrik motoru, 9 adet redüktör, 5 aktarma organından meydana gelmektedir.



Şekil 2.1: Atık plastik dönüşüm akış süreci

**Kaynak:**<http://www.daka.org.tr/panel/files/files/yayinlar/Plastik%20Geri%20D%C3%B6n%C3%BCm%C5%9F%C3%BCm%20Tesisinin%20Fizibilite%20Raporu.pdf>

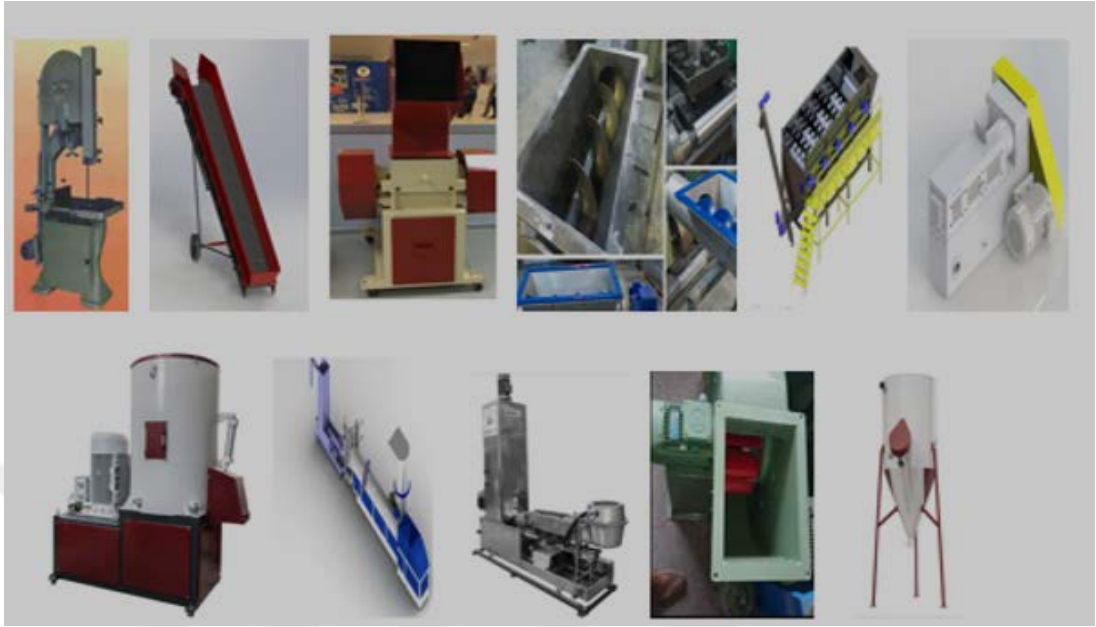
Plastik Geri Dönüşüm sektöründe kullanılan makine prosesinde kullanılan makinelerin listesi aşağıda verilmiştir.

- 1- Plastik kırma makinesi
- 2- Yıkama havuzu
- 3- Silindirik sıkma Makinesi
- 4- Agromel makinesi
- 5- Granül çekme makinesi
- 6- Kafadan kesme mekanizması
- 7- Santrifüj makinesi
- 8- Emme fan ve Depolama haznesi

Plastik Geri Dönüşüm sektöründe kullanılan proste kullanılan makinelerin atık plastiği geri kazanılma sürecini kısaca inceleysek şu aşamalardan geçerek döngü tamamlanır:

- Toplanan atık plastiğin cinsine göre ayrıştırma yapılır(1),
- Ayrıştırılan plastik kırma makinesinde kırılarak çapak haline getirilir(2),
- Plastik kırmada kirli olarak kırılan plastik çapak yıkama havuzunda yıkanarak temizlenir(3),
- Yıkama havuzundan taşıyıcı helezonla sıkma makinesine aktarılan plastik çapak sıkıştırma yolu ile susuzlaştırma işlemi yapılır(4),
- Sıkma makinesinden taşıyıcı helezon marifeti ile agromele aktarılan plastik çapak bu makinede kurutulur(5),
- Kurutulmuş çapak taşıyıcı helezon ile ekstrüderin huni olarak adlandırılan kısmına aktarılır, huniden kovana gönderilen kurutulmuş çapak kovanda ısıtılır eriyen çapak kovan içindeki vida elemanı vasıtasıyla eriyik hale iken kafadan kesme mekanizması ile tehbih tanesi büyüklüğünde kesimi yapılır(6),
- Kafadan kesmenin yapıldığı anda su ile soğutma yapılır. Soğutmanın su ile yapılmasından dolayı santrifüjde susuzlaştırma yapılarak fan marifeti ile depolama silosuna gönderilir(7),
- Depolama alanından enjeksiyon, şişirme ve bunlara benzer makinelerde tekrar ürün imalatı yapılmak üzere dağıtım yapılır(8),

Yukarıda çalışma sıralaması anlatılan prosesin Şekil 2.2’de görselleri sırayla verilmiştir.



**Şekil 2.2:** Atık Plastik Geri Dönüşümü yapan küçük boy işletmeler bulunan makineler

**Kaynak:**<http://iohscepo.org/wp-content/uploads/2019/03/iohs-bildiri-kitabi.pdf>

## 2.1 Plastik Kırma makinesi

Plastik kırma makinesi geri dönüşüm işi yapan işyerlerinde plastiğin çapak haline getirilmesini sağlayan makinelerdir. Plastik işleme makinelerinde üretim sırasında meydana gelen hatalı ürünleri, yollukları ve hurda plastikleri kırarak tekrar kullanılır. Ham madde (çapak) durumuna getiren makinelere plastik kırma makinesi denir. (MEB,2011) Kırma makinesi kullanma eğitimi almış kişiye de “Kırmacı” denir.

Plastik kırma makineleri hakkında kısaca şunları söyleyebilir; Plastiğin geri dönüştürülmesinde kullanılan makine prosesinin ilk halkasıdır. Değişik ölçülerde plastik kırma makineleri mevcuttur. Bunun sebebi ise geri dönüştürülecek plastiğin farklı hacim ve yoğunlukta olmasıdır.

Plastik kırma makinesinde plastik malzemenin nasıl küçültülmesi şöyle meydana gelir. Kırma makinesinde üzerinde bulunan elektrik motorunun dairesel dönme hareketini kayış kasnak vasıtasıyla rotor miline iletir. Rotor

üzerinde bağlı kesici bıçaklarla birlikte (600 devir/ dakika) döner. Gövdedeki bıçaklar sabittir, rotordakiler ise dairesel hareket halindedir ve birbirlerine paralel bağlıdır. Davlumbazdan içeri atılan plastik, rotor ile sabit bıçaklar arasında kalarak kesilerek küçülür. İstenilen çapa gelen plastik daha sonra gövdede sabit olan numaralı elekten dışarı çıkar. Plastiğin kırılma anı ise; davlumbazdan içeri atılan plastiğin depolama alanına düştüğü ana kadar geçen süredir.

Verimli bir kırma işlemi için sabit bıçaklar ile dairesel hareket eden bıçaklar arasında kesme aralığı malzeme cinsi göz önünde bulundurularak ayarlamalıdır. Bu mesafe 0,15 -0,20mm aşmalıdır. Rotora bağlı bıçak ucu ile elek arası mesafe kılacak malzemenin hacmine ve yoğunluğuna göre değişmektedir. Normal şartlarda rotor üzerinde bağlı bıçağın, eleği tarama mesafesi o an kullanılan eleğin delik çapının yarısıdır. Bıçak körelmelerinde yaprak ve balta tiplerinde sabit ile dönen bıçak açıklığının 1 mm olduğu bilinmelidir. Blok tipinde ise malzeme cinsine bağlı kalmak şartı ile 0,75-1mm olduğunda bileme yapılmalıdır. Sebebi ise malzemenin blok havuzunda durması sağa, sola ve aşağıya kaçamamasıdır.

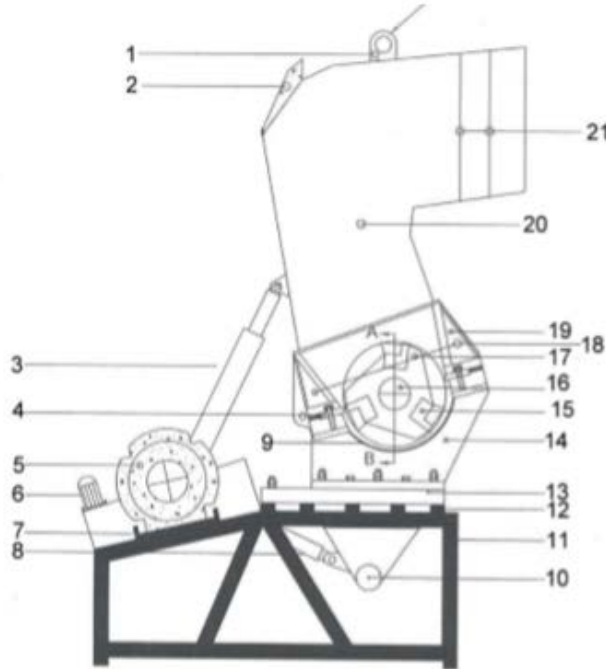
Kırma makinesinin kullanım alanları ise plastik mamül üreten iş yerleriyle, ayrıca kullanım ömrünü tamamlamış, ekonomik değeri olan her türlü plastik atıkların geri dönüştürülmesinde kullanılır.

### **Plastik kırma makinesini kısımları**

Plastik kırma makineleri aşağıdaki kısımlardan oluşmaktadır. Plastik kırma makinesinin kısımları şekil 2.3' de gösterilmiştir.

1. Davlumbaz kancası
2. Havalandıma
3. Hidrolik silindir
4. Sabit bıçaklar
5. Ana motor
6. Hidrolik ünite
7. Motor kızıağı

8. Hidrolik silindir
9. Elek (delik çapı 3 - 50 mm arası)
10. Salyangoz (emici)
11. Ana şase
12. Titreşim emici kauçuk
13. Ana gövde bağlantı şasesi
14. Ana gövde
15. Hareketli bıçak(balta modeli)
16. Rotor mili
17. Bıçak bağlantı gövdesi
18. Arka blok soğutma haznesi
19. Ön blok soğutma haznesi
20. Dablumbaz
21. Koruyucu lastik



Şekil 2.3: Balta Tipi Plastik kırma Makinesi

**Kaynak:**[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Yard%C4%B1mc%C4%B1%20Ekipmanlarla%20C3%9Cretim%201.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Yard%C4%B1mc%C4%B1%20Ekipmanlarla%20C3%9Cretim%201.pdf)

Balta Tipi Plastik kırma makinesi genel olarak, Ana gövde, rotor, yataklar, volanlar, taşıyıcı şase, elektrik motoru ve hidrolik üniteden oluşmaktadır. Ana gövde içinde rotor mili dairesel hareketle çalışmaktadır. Rotor üzerinde bağlı olan kesici bıçaklar vasıtasıyla plastiği parçalamaktadır. Yataklar içinde takılı oynak rulmanlar ise rotorun radyal ve eksenel yüklerini taşımaktadır. Volanlar da hem güç aktarımı yapar, hem dairesel dönmeden kaynaklı atalet momenti yaratarak makinenin çalışma süresinde elektrik sarfiyatını azaltır. Taşıyıcı şase üzerinde takılı olan kauçuk takozlar titreşimi absorbe eder ve üst gövde ve elektrik motorunun uyumlu çalışmasını sağlar. Hidrolik ünite ise büyük tonajlı makinelerde kullanılır, gövde üst kapağının ve elek sisteminin açılıp kapanması sağlar. Plastik kırma makinenin bütün kısımları çok özenli şekilde analiz etmeliyiz. Makinenin sabit ve hareketli (rotor) kısımlarından meydana gelecek tehlikeleri öngörüp tedbirleri ona göre almamız gerekmektedir.

### **Plastik kırma makinesi tehlikeler**

Plastik geri dönüşüm sektöründe “Plastik kırma makinesi” plastik geri dönüşüm işi yapan işletmelerde en tehlikeli makine olduğu gözlenmiştir. Var olan kazalarda uzuv kopmaları ve ölümlü kaza sonuçlarının doğabileceği ve önlemler alınması gerekliliği tespit edilmiştir. Bu çalışmada plastik kırma makinelerinde elle besleme yapılarak yapılan çalışmalarda ölümle sonuçlanabilecek tehlike tespiti yapılmış çözüm önerileri sunulmuştur. Marmara bölgesinde beş farklı küçük boy işletme incelenmiş ve sonuçlar paylaşılmıştır. Plastik kırma makinelerinde karşılaşılan tehlikeler ve çözüm önerileri, birden yediye kadar numaralandırılarak kısaca açıklanmıştır.

Birinci tehlikeli durum, makine içine elle malzeme atıp kırma yaparken elin dönen rotora kaptırılma sonucu oluşan (sebebi elin veya ayağın, kırılan malzemeye sarılması ile içeri çekilmesi) tehlikedir. Uzuv kopmaları ve ölümlü iş kazaları olabilmektedir. Plastik kırma makinelerinin en büyük tehlike yaratan kısmı dairesel (600devir/dakika) halindeki rotor kısmında meydana gelebilmektedir. Gövde genişliği 800mm ve üzeri makinelerde kırma işlemi kesinlikle taşıyıcı bant sistemi kullanılmadan yapılmamalıdır. Bu taşıma sistemi olmadan çalışma yani elle çalışma ölümlü kazaların önünü açacaktır. Şekil 2.4’de elle çalışma ve çözüm olarak taşıma bandı gösterilmektedir.



a) Elle besleme çalışması

b) Taşıyıcı bant ile besleme

**Şekil 2.4:** Elle çalışma ve taşıma bandı kullanılması

İkinci tehlikeli durumlar, makinenin volan kısımlarının korumasız çalıştırılması sonucu çalışanın sarılma el ve uzuv kopma tehlikeleridir. Şekil 2.5’de muhafazasız olarak çalıştırılan bir volan örneği vardır. Plastik kırma makinesinde kesici bıçakların bağlı olduğu rotora dairesel hareket sağlayan, kasnak ile volan kısımlarının korumasız çalıştırılması sonucu çalışanın sarılma sonucunda el ve uzuv kopmaları meydana gelmektedir. Koruma aksamının düzgün çalışacak şekilde tasarlanması sağlanmalıdır. Aynı şekilde sabit menteşeli koruma gösterilmiştir.



a) Korumasız aksam

b) Korumalı aksam

**Şekil 2.5:** Korumasız volan ve kapak ile korumaya alınması.

Üçüncü tehlikeli durum, plastik kırma makinelerinde çalışma anında gürültünün oluşmasıdır. Bu durum duyu kayıplarına yol açmaktadır. Şekil 2.6a’de gürültülü ortamda çalışanın, korumasız(kulaklıksız) olduğu görülmektedir. Plastik kırma makinesinde genelde küçük işlemlerde ürün basan işletmelerde elle besleme çalışması yapılarak çıkan yolluk ve sakat ürünler tekrar geri kazanılmak üzere kırılmaktadır. Plastik kırılması sırasında makineden işyeri ortamına 95- 110 db gürültü çıkmaktadır. İşitme duyusunun korunması için manşon tipi 32-35 db kulaklık kullanılmalıdır. EN 352-1,EN 352-2,EN 352-3 Standart manşon kulaklık örneği Şekil 2.6b’de verilmektedir.



a) Gürültülü ortamda elle besleme



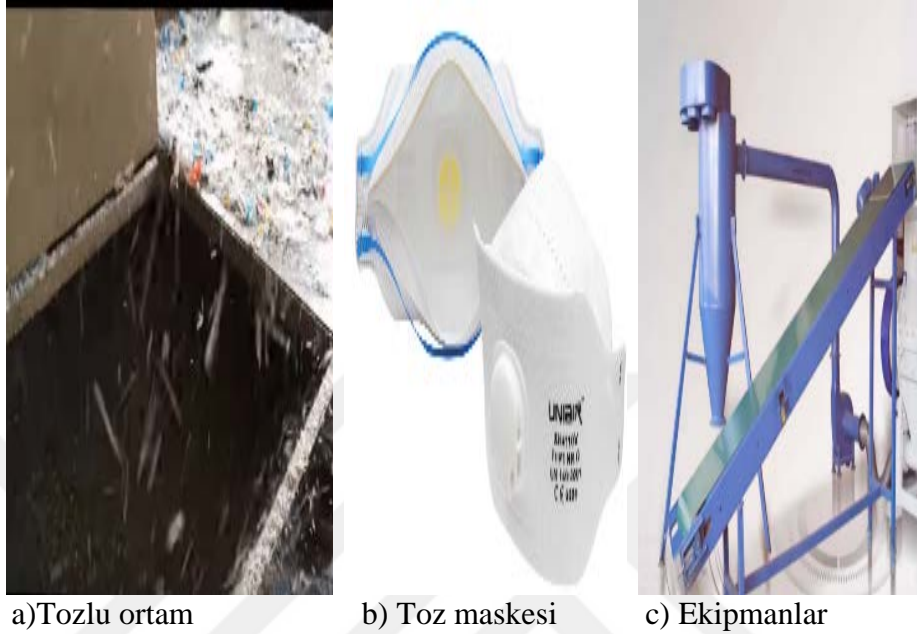
b)Manşon Kulaklık

**Şekil 2.6:** Makine gürültüsü ve Manşon tipi 32-35 db kulaklık örneği

Dördüncü tehlike olarak, makinede elle malzeme kırılması sırasında ortamda oluşan tozun çalışanın sağlığını etkilemesidir. Şekil 2.7a’da tozlu ortam görülmektedir. Plastik kırma makinelerinde çapak üretimi sırasında kırılan malzemesinin cinsine bağlı olmak şartı ile değişik büyüklükte toz partükülleri meydana gelmektedir. Çalışan tarafından bulunduğu Pnömoz olarak adlandırılan meslek hastalığına sebep olabilmektedir. Çözüm olarak makinenin kendi üzerindeki emici fan plastik ve plastikten oluşan tozu çeker. Bu çekilen



plastik depoda tozlu plastik (hava ve toz plastik karışımı) ise depolama çuvalında süzülür. Ayrıca çalışanlar işyerinde FFP1,FFP2 Toz maskesi kullanılır. EN 149 standartı toz maskesi kullanılır. Şekil 2.7(b-c) 'da Toz maskesi toz toplama(aspirasyon) ekipmanı görülmektedir.



**Şekil 2.7:** Tozlu ortam, Toz maskesi ve aspire ekipman kullanımı

**Kaynak:**[http://ibaness.org/conferences/tekirdag\\_2019/ibaness\\_tekirdag\\_proceedings\\_draft\\_4.pdf](http://ibaness.org/conferences/tekirdag_2019/ibaness_tekirdag_proceedings_draft_4.pdf)

**Kaynak:**<https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSMAyc9xQLCaDLyTmphRzML0GxfPx0z8wVBPzVwKCylWpBK-u4hzg>

Beşinci durum, üst kapağın makinenin kendiliğinden açılabilmesidir. Şekil 2.8a'de makine üst kapağı görülmektedir. Üst kapağın (2-7) milimetre açılması durumunda ana motorun elektrik akımını kesmesini sağlayan alt ve üst gövde arasında siviç kullanılmalıdır. Makinenin çalışırken fazla malzeme beslemesinden dolayı makine durmakta ve üst kapak açılarak temizlik yapılmak zorunda kalınmaktadır. Bu durumda da üst kapak açıldığı anda ana motorun çalışmaması için siviç devreye geçerek emniyet sağlayacaktır. Diğer bir durumda bıçak değiştirme sırasında üst kapağın açılması ile siviç ana motorun çalışması önleyecek bıçak değiştirme işlemi emniyetle yapılabilecektir. Şekil 2.8b'de siviç ekipmanı da görülmektedir.



a) Siviç olmayan gövde

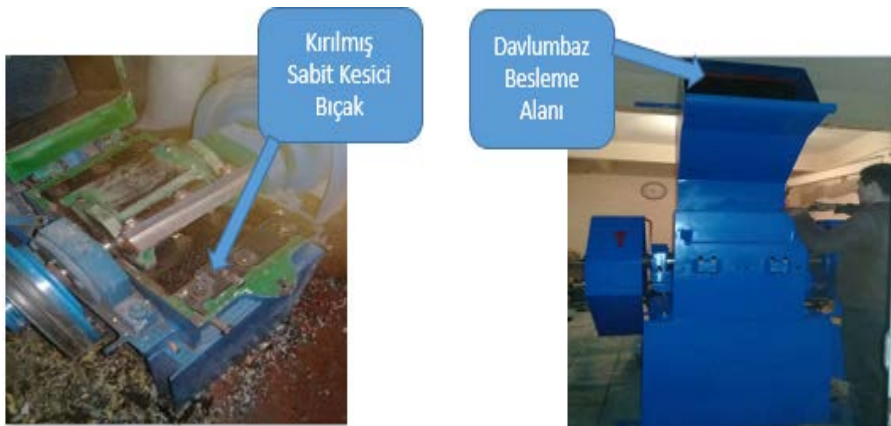
b) Siviç

c) Siviç olan gövde

**Şekil 2.8:** Kapak Açılması ve Siviç ekipman ile koruma

**Kaynak:**[http://ibaness.org/conferences/tekirdag\\_2019/ibaness\\_tekirdag\\_proceedings\\_draft\\_4.pdf](http://ibaness.org/conferences/tekirdag_2019/ibaness_tekirdag_proceedings_draft_4.pdf)

Altıncı tehlikeli durum, plastik malzemenin kırılması sırasında kırılmakta olan plastiğin içine karışan metal parçaların, rotor üzerinde bağlı kesici bıçaklarda kırılmalara yol açılması sonucu meydana gelen ve personele metal çapması tehlikesidir. Şekil 2.9a'de kırılmış bir bıçak gösterilmiştir. Bu tür tehlikelere karşı bilhassa elle beslemek zorunda kalınan hallerde, besleme yapılan davlumbazın açık olan alanının dışında çıkarak besleme yapılmalıdır. Şekil 2.9b'de Davlumbaz alanı dışından besleme gösterilmiştir.



a) Sabit bıçakların kırılması

b) Davlumbaz besleme alanı

**Şekil 2.9:** Kırılmış bıçak, Davlumbaz dışından besleme.

Yedinci durum, kırma işlemi yapılırken davlumbazın tam karşısında çalışılması sonucu çalışanın yüzüne ve gözüne gelen parçaların (plastik çapak) çarpması tehlikesidir. Plastik malzeme küçülme işlemi yapılırken meydana gelen (çalışana plastik çapması) tehlikedir. Bu tür tehlikelere karşı bilhassa elle beslemek zorunda kanıldığı hallerde makineye beslemesinin yapıldığı davlumbazın açık olan alanının dışında çıkarak besleme yapılmalıdır.

## **2.2 Plastik Yıkama havuzu**

Plastik kırma makinesinde kırılmış plastik çapak taşıyıcı helezon vasıtası ile yıkama havuzuna aktarılır. Yıkama havuzu geri dönüşüm prosesini ikinci safhasıdır. Atık plastikler toplandıklarında genelde topraklı ve kontamine olmuş durumdadırlar.

Kırma makinesinde kırılan plastik çapak taşıyıcı helezon vasıtası ile havuzun taşıyıcı helezona aktarılır. Havuz üzerinde bağlı taşıyıcı helezonlar da kırılmış plastik çapağı havuz içine alınır. Havuz içinde temizleyici olarak kullanılan su ve temizlik maddeleri homojen haldedir. Plastik çapak havuz içine düştüğü andan itibaren seperatörlerin dairesel hareketi çapağı yüzdürür ve yıkanmasını sağlar. Temizlenen çapak havuz üzerinde bağlı taşıyıcı helezonla havuz dışına alınır. Çapak üzerindeki kirler yoğunluktan dolayı havuzun dibine çöker. Havuzun dibine çöken çamur temizleme suyunu kirlilik oranını arttırdığında belirli aralıklarla taşıyıcı helezon vasıtasıyla dışarı alınır. Proseste kullanılan plastik havuz sayısı plastiğin kirliliğine, malzeme cinsine iş yerinin kapasitesine göre değişmektedir. Havuzların ölçüleri yıkanacak malzemenin cinsine ve temizlik bağlı olmakla beraber genelde boyu 4- 5 m, genişlik 1,5- 2,2m ve yükseklik 1,5- 2 m şeklindedir. Şekil 2.10' de yıkama havuzun kısımları görülmektedir.

### **Plastik yıkama havuzunun kısımları**

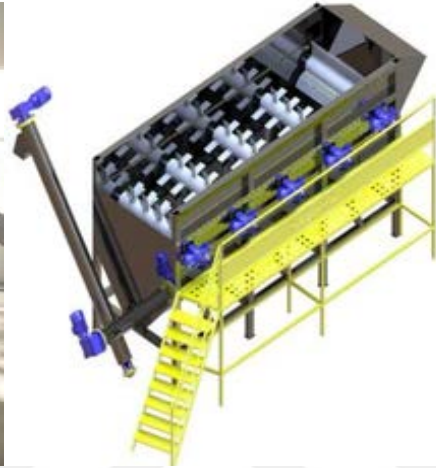
Plastik yıkama havuzu şu kısımlardan oluşmaktadır.

- 1- Havuz konstrüksiyonu
- 2- Taşıyıcı dairesel helezon
- 3- Redüktör
- 4- Seperatör

- 5- Çamur atıcı dairesel helezon
- 6- Aktarma zinciri
- 7- Kontrol bantı
- 8- Helezon borusu
- 9- Çamur depolama alanı
- 10- Havuz ayakları



a) Çift havuz sistemi



b) Tek havuz sistemi

**Şekil 2.10:** Plastik yıkama havuzu

**Kaynak:**(a)[https://s.makinatorkiye.com/Product/113749/thumbs/plastik\\_yikama\\_kazani-1-200x150.jpg](https://s.makinatorkiye.com/Product/113749/thumbs/plastik_yikama_kazani-1-200x150.jpg)

**Kaynak:**(b)<https://www.basaranmak.com/thumb/300x200/uploads/yikama-havuzu.jpg>

Plastik yıkama havuzları yapılan işin büyüklüğüne göre ön, orta ve yüksek şeklinde yıkama kademelerinden oluşmaktadır. Ön kademede kırılmış plastik çapağın kaba kiri alınır. Orta kademede % 40 ile % 80 arası plastik çapak kirlilik den arındırılır. Plastik çapak, yüksek kademede temizleyi maddelerle yıkılarak havuz üzerindeki taşıyıcı helezonlar vasıtasıyla silindirik sıkma makinesine aktarılır.(<https://www.basaranmak.com/> 2019)

### **Plastik yıkama havuzundaki tehlikeler**

Birinci tehlikeli durum, Plastik Yıkama havuzunun tehlike yaratan kısmı havuz içindeki plastik çapağın taşıma ve hareketlendirme yaparak temizlenmesini sağlayan ve dairesel (60 devir/dakika) hareket eden seperatörlerdir. Çalışan personelin havuz içinde yıkanan plastik çapağı daha çabuk ilerlemesi için elle karıştırma yapılması sonucunda personelin havuza içine çekilmesi tehlikesidir.

Yıkama havuzuna yan koruma tablalarının personelin havuz içine müdahale edemeyeceği şekil de yükseltilmelidir. Ayrıca aktarma organında kullanılan iletimi sağlayan zincir veya (V) kayışı kullanımında kayış tercih edilmelidir. Direk redüktörden seperatöre aktarmalı tasarımlarda olanda ise bu tehlike göz önüne alınarak minimum (kw) güçte redüktör tasarımı yapılmalıdır. Şekil 2.11 ' de ilk sıradaki resimde havuzdaki kırılmış plastik çapağı taşıma ve temizleme sıvısı hareketlendiren seperatörü, ikinci sırada yıkama havuzu üzerindeki personeli ve son sırada üst tarafta zincir ve en alt tarafta V kayışı aktarma iletimini sağlarlar, ortada kalan redüktör ise seperatöre dairesel hareket sağlamaktadır.



a) Seperatör

b) Yıkama Havuzu

c) Redüktör, zincir ve kayış

**Şekil 2.11:** Yıkama havuzunun seperatörü ve zincir, redüktör, V kayışı

**Kaynak:** [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSrchjnA05U\\_yk6a5nEHwoJn44iODDp0NQcnpzIuvBhv2ZSk6KS](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSrchjnA05U_yk6a5nEHwoJn44iODDp0NQcnpzIuvBhv2ZSk6KS)

İkinci tehlikeli durum, yıkama havuzunda seperatörlere dairesel hareket veren redüktörleri aktarma organlarının korumasız çalıştırılması. Personelin yıkama havuzunun çalışma alanlarının kontrolünde seperatörleri çeviren zincir dişli aksamına sarılınması uzuv kayıplarına sebep olmaktadır. Tehlikenin bertaraf edilmesinde zincir aksamına koruma takılarak çalışma yapılmalıdır. Şekil 2.12a 'de gösterilen sırasıyla aktarma organı korumasız, ikincisinde Şekil 2.12b korumalı olduğu görülmekte üçüncü sırada olan ise seperatörün hareketi redüktör den hareket almaktadır.

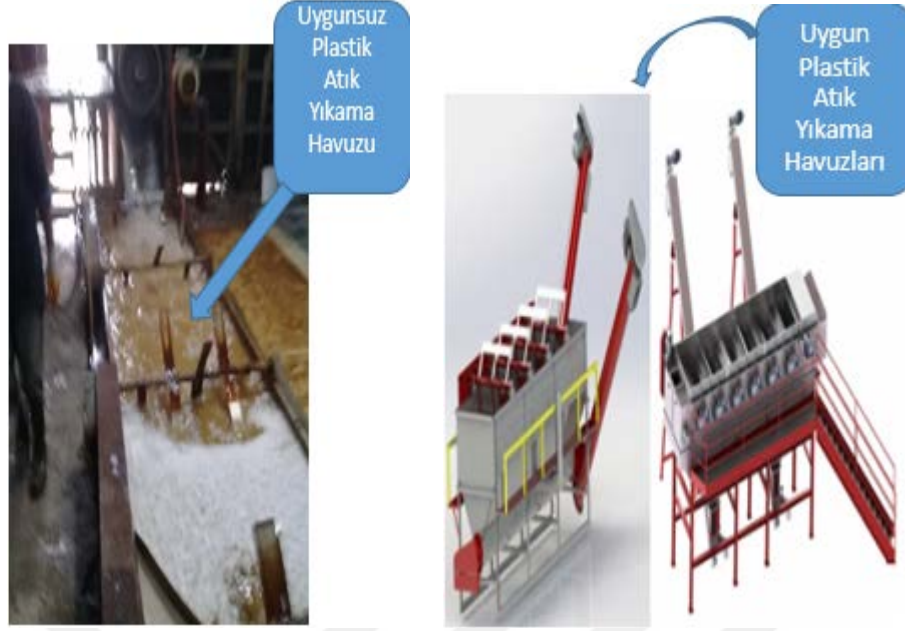


a)Aktarma organı korumasız

b-c)Aktarma organı korumalı

**Şekil 2.12:** Yıkama havuzlarının aktarma organı korumasız, korumalı ve redektörlü

Üçüncü tehlikeli durum, Kullanım ömrünü tamamlamış atık plastikler kirli ve kontamine durumdadırlar. Geri dönüşüme düşmüş atık plastikler temizleme işleminden geçirilmeleri gerekmektedir. Bu temizleme işlemi yıkama havuzundan geçirilmesi ile mümkündür. Yıkama havuzu temizlenecek atık plastiğin kirlilik oranına ve plastiğin cinsine göre tasarlanmalıdır. Yıkama havuzundaki temizleme suyu yıkanan malzemenin kirliliğine bağlı olarak belirli periyotlarda değiştirilmesi gerekir. Kirlemiş suyun çalışan personelin teması sonucunda sağlık sorunlarına neden olabilir. Şekil 2.13’de ilk sırada çalışma ortamında personelin uygun olmayan yıkama havuzunun yanında dolaştığı kirlenmiş suyun yıkama havuzunun dışarıya sıçradığı uygun olmayan yıkama havuzu görülmektedir. İkinci sırada ise uygun tasarlanmış yıkama havuzu görülmektedir.



a) Uygun olamayan havuz sistemi

b-c )Uygun olan havuz sistemi

**Şekil 2.13:** Tasarımı uygun olmayan ve tasarımı uygun olan yıkama havuzlar

**Kaynak:** (b) <http://www.feydasmakina.com/upload/2016/03/slide3.jpg>

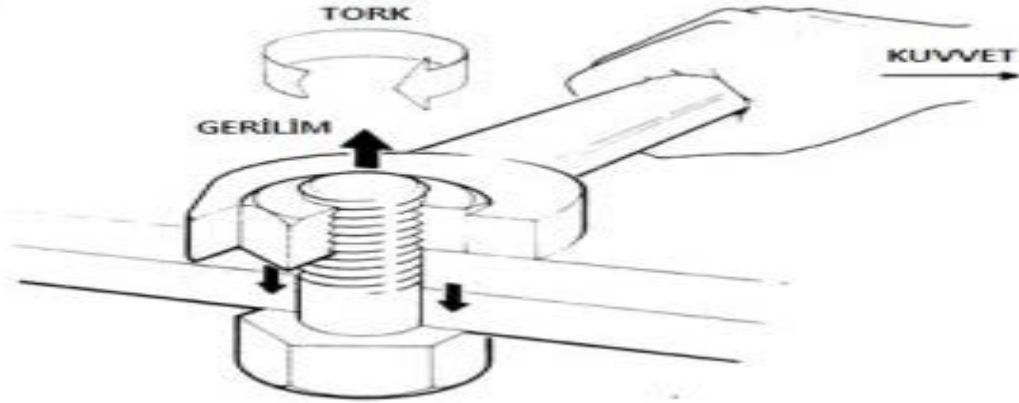
**Kaynak:** (c) <http://ustunismakina.com.tr/plastik-yuzdurme-batirma-kazanlari/>

Dördüncü tehlikeli durum, Havuz suyunun zamanında değiştirilmemesinin solunum yolu bulaşan “Lejyonel hastalığına” sebep olur. Legionella pneumophila bakterileri ılık durgun sularda çok sayıda ürerler. (Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Lejyoner hastalıkları rehberi, 2019). Bu hastalığın bulaşması, plastik çapak yıkama havuzunun suyun belirli periyotlarda değiştirilmemesi sonucunda bakteri oluşabilir. Bakteri oluşmaması için çözüm olarak Şekil 2.13’de görülen plastik çapak yıkama havuzunun suyunun kısa periyotlarla değiştirilmelidir. Şekil 2.32’ de Lejyonella bakterisinin yaşama ve üreme sıcaklık göstergesi aşağıda gösterilmiştir.

### 2.3 Silindir Yatay Sıkma Makinesi

Plastik geri dönüşüm sisteminin enerji tasarrufu sağlayan makine durumundadır. Yıkama havuzunda yıkanarak çıkan plastik çapağın granül olarak çekilebilmesi için kurutulması gerekmektedir. Plastik sıkma makinesi ıslak vaziyette olan plastik çapağın belirli oranda kurutulmasına yarayan dairesel hareketle çalışan makinedir. Yatay sıkma makinesi çalışması; kurutma kısmı kovan, kovanın içindeki helezon ve helezon ucunda bulunan ayarlanabilen somundan oluşur.

Makine üzerinde sabit olan elektrik motorundan kayış kasnak vasıtasıyla redüktöre hareket verilir.



**Şekil 2.14:** Torkun oluşumu gösterimi (www.bilgiustam.com, 2019)

**Kaynak:** <https://www.bilgiustam.com/resimler/2009/05/torquea.jpg>

Tork, rediktörden volan içindeki helezona iletilen itme (dönme momenti) kuvvetidir. (www.bilgiustam.com,2019) Kurutma işlemi şu şekilde gerçekleşir. Helezon içine aldığı ıslak plastiği hem taşır hem oluşan torku ( $T=F.L$ )N mm iletir. Tork oluşumu Şekil 2.14 'de oluşması gösterilmiştir. Kovan çevresinde uygun ölçüde delikler mevcuttur. Kovan içindeki helezona aktarma organından uygulanan tork ıslak plastik çapağın kovan ile helezon arasında kalarak sıkışır. Kovan içindeki dairesel hareket halindeki helezon plastik çapağı ileri doğru gönderir. Plastik çapak kovan çıkışında bulunan kapı görevi yapan konik sayesinde plastik çapağa tepki kuvveti uygulayarak plastik çapağın susuzlaştırmasına ortam yaratır. Şekil 2.15' de kovan, helezon ve konik görülmektedir. Etki(Kovan içindeki helezonun ilettiği plastik çapak) ve tepki(Kapı görevi yapan konik) kuvvetleri kovan ile konik mesafenin ayarlaması ile değiştirilebilir. Bu kovan(Plastik çapağın sıkıştırıldığı hacim) ile konik(kapı görevi görmektedir) mesafe ayarı makinenin saate susuzlaştıracağı ürün kalitesini ve üretim kapasitesini belirlemektedir.

### **Yatay plastik sıkma makinesi kısımları**

- 1- Şanzıman
- 2- Ana motor
- 3- Kovan



- 4- Helezon
- 5- Somun
- 6- Şase
- 7- Huni
- 8- Korumalar
- 9- V- kayış
- 10- Terazı ayarı cıvata yeri
- 11- Kasnak
- 12- Kama
- 13- Plastik çıkış ayar koniği

Plastik sıkma makineleri yapılan işin büyüklüğüne işletmenin kapasitesine göre farklı çeşitleri mevcuttur. Sıkma makinesi geri dönüşüm sisteminde enerji sarfiyatını azaltılması açısından önemli bir yere sahiptir. Plastik çapak sıkma işlemi helezon yanaklarının itme kuvveti meydana getirmesiyle gerçekleşmektedir. Bu itme benzetecek olursak adeta rezonans etkisi yapmaktadır. Rezonansı sıfırlayan ise helezon ile kovan arasında kapı görevi koniğe yapılan aralık ayarıdır. Bu aralık plastiğin cinsine göre ayarlanmaktadır. Ayrıca bu aralık makinenin verimini belirler. Şekil 2.15 ' de sıkma makinesinin gövde, helezon, somun, şanzıman ve elektrik motoru görülmektedir.



**Şekil 2.15:** Yatay Plastik sıkma makinesinin kısımları (Yalman, Akata,2019)

**Kaynak:**<http://iohsceexpo.org/wp-content/uploads/2019/03/iohs-bildiri-kitabi.pdf>

### **Plastik sıkma makinesindeki tehlikeler**

Birinci tehlikeli durum, plastik sıkma makinelerinde motor ve şanzıman arasında kayış kasnak vasıtasıyla aktarım yapan organlarının korumasız çalıştırılmaları uzuv kayıplarının neden olabilmektedir. Koruma aksamının düzgün çalışacak şekilde tasarlanması sağlanmalıdır. Aynı şekilde sabit menteşeli koruma gösterilmiştir. Şekil 2.16 'da korumasız(c) ve korumalı(a-b) iki farklı imal edilmiş sıkma makinesi görülmektedir.



a-b) Aktarma organı korumalı

c) Aktarma organı korumasız

**Şekil 2.16:** Yatay Plastik sıkma makinesinin korumasız ve korumalı

**Kaynak:** (a) <http://ustunismakina.com.tr/film-sikma-makinasi/>

**Kaynak:**(b)<https://www.basaranmak.com/thumb/300x200/uploads/yatay-sikma-makinasi.jpg>

### **2.4 Agromel Makinesi**

Agromeller silindir gövde içinde kazan kenarlarında 4-8 sabit bıçağı olan dairesel hareket halinde ise 2-3-5 kesme sistemi olan makinelerdir. Plastik sektörü harici işletmelerde de kullanılmaktadır. Genelde yıkanmış plastik çapak, naylon ve un çuvalı türünde geri dönüşüm atıklarını nemini alıp kurutması ve soklaması işlevini yerine görür. Agromel kullanım şartlarına göre 500-1300mm silindir şeklinde imal edilmektedir.

Sıkma işlemi tamamlanan plastik çapak taşıyıcı helezonlar vasıtasıyla agromel makinesine aktarılır. Agromel makinesinde ürün elde etme; kazanın içine düşen

apık yüksek devirde dönen bıçaklar ile kazana sabitlenmiş bıçaklar arasında kalarak küçülür. Kesilirken ısınan plastiğe şoklama yapılır. Bu durum şoklama plastiğin kurumasına ve tok taneler haline gelmesine sebep olmaktadır. Tesbih tanesi büyüklüğün de granül elde etme ise bu sistemin son halkasıdır.

Uzun süreli çalışma koşullarında kullanılan bu makinada, enerji sarfiyatını azalmak üzere kullanılan volan gücünden (Volanın yaratmış olduğu dönme atalet momenti) yararlanıldığı görülmektedir. Volanın hareketi ve motorla bağlantısı 6 adet V-Kayış üzerinden sağlanmıştır. şekil 2.17a'de Elle alışma yapılarak besleme yapıldığı görülmektedir. (Yalman, Akata,2019)

Agromel makineleri yapılan işin büyüklüğüne işletmenin kapasitesine göre farklı eşitleri mevcuttur. Agromel makinesi geri dönüşüm prosesi içinde enerji sarfiyatını azaltma açısından önemli bir yere sahiptir. Agromel makinalarının silindir çapları 500-1300 mm standarttır. Agromel makinası silindir gövdesi içindeki atılan plastik malzemenin yüksek devirde hareket eden döner bıçakların malzemeyi parçalamasıyla apık(Isıdan dolayı birbirine yapışmış plastik ) halini alır. apık halindeki malzemeye eklenen bir miktar su ile şoklama(Plastiğin parçalanması sırasında ısınan plastik birbirine yapışır, yapışan plastiği ayrıştırmak için şoklama yapılır.) yapılarak kırılmış plastiğin tok taneler haline gelmesi sağlanır. (<http://www.sahcan.com/web/anasayfa.html>,2019)

#### **Agromel makinesinin kısımları**

- 1- Ana motor
- 2- Kesici bıçaklar
- 3- Volan
- 4- Korumalar
- 5- Piston
- 6- Yataklar
- 7- Kasnak
- 8- Kama
- 9- Havalı piston

10- Hava ünitesi

11- Kazan kapağı

12- Boşaltma kapısı pnömatik



a) Elle çalışma tehlikesi

b-c) Bantlı sisteme uygun

**Şekil 2.17:** Agromel makinesinde elle besleme çalışması

**Kaynak:** (b) <http://www.sahcan.com/web/images/upload/images/agromer04.jpg>

**Kaynak(c):** <https://www.basaranmak.com/thumb/500/uploads/agromelmakinesi.jpg>

### **Agromel makinelerde tehlikeler**

Birinci tehlikeli durum, Kazan içindeki dairesel hareket yapan rotor (1000 devir/dakika) dönmektedir. Makinenin elle kullanımından dolayı karşılaşılabilecek uzuv kayıpları olabilmektedir.

Çalışma ortamında oluşan toz ve gürültüden kaynaklanan tehlikeler.

Kazan içindeki dairesel hareket yapan rotorun sıkışması durumunda makineye doğru müdahale edilememesinden dolayı yangın tehlikelerine sebep olabilir.

Makinede kullanım sırasında volan ile elektrik motoru arasında aktarma işlevini yerine getiren kayışlarının kopmasından dolayı oluşan tehlikeler.

Gövde genişliği (500-1300mm) makinelerde kurutma işlemi yapan agromel makinelerinde kesinlikle taşıyıcı bant sistemi kullanılmadan yapılmamalıdır. Bu taşıma sistemi olmadan elle beslemeli çalışma uzuv kayıplı kazaların önünü açmaya devam edecektir. Şekil 2.18 'da elle çalışma ve çözüm olarak taşıma bandı gösterilmektedir.



a)Elle besleme b)Taşıyıcı helezonla besleme c)Taşıyıcı bant ile besleme

**Şekil 2.18:** Elle besleme çalışması, bant ve helezon taşıyıcı

İkinci tehlike durum, Agromel makinelerinde elle besleme yapılarak yapılan çalışmalarda ortamda oluşan tozun çalışanın sağlığını etkilemesi gelmektedir. Şekil 2.19’da tozlu ve dumanlı ortam görülmektedir. Agromel makinelerinde çapak üretimi sırasında kırılan malzemesinin cinsine bağlı olmak şartı ile değişik büyüklükte toz partükülleri meydana gelmektedir. Çalışan tarafından solunduğunda, Pnömkonyoz olarak adlandırılan meslek hastalığına sebep olabilmektedir. Çözüm olarak makinenin kendi üzerinde plastik emici fanın plastik ile birlikte tozu da çeken depolama silosu kullanarak uygulama yapılmalıdır. Ayrıca FFP1,FFP2 Toz maskesi kullanılır. EN 149 standartı toz maskesi kullanılır. Şekil 2.19’da Toz maskesi toz toplama (aspirasyon) ekipmanı görülmektedir.



Şekil 2.19: Agromel Makinesinde elle, bantla besleme çalışması ve toz maskesi

## 2.5 Ekstrüder Makinesi

Geri dönüşüm sisteminde; kırılmış ve kurutulmuş atık plastik çapağın vida-kovan içinde eritilerek granül haline getiren makinedir. Granül makinesine gelen çapak plastik temizlenmiş ve kurutulmuş şekilde gelir. Plastik eriyik haline geldiği kısım kovan bölümüdür. Kovanın ısıtılması elektrik direnç' inden yararlanır. Seramik rezistanslara içinde yerleştirilmiş elektrik dirençi yüksek malzemeden yapılmış teller mevcuttur. Rezistansların içindeki teller elektrik akımı verilir direnç oluşturur tel ısınır, ısınan telden rezistansa iletim yolu ile ısı transferi olur. Daha sonra seramikten kovana ve plastik çapağa iletim yolu ile ısı transferi olur. Isınan plastik eriyik hale gelir. Kovan içindeki vida dairesel hareket etmektedir. Plastik çapağın granül haline gelmesi, kovan içindeki vidanın yanaklarının itme kuvveti meydana getirmesiyle gerçekleşmektedir. Eriyik plastik iki farklı şekilde kesme işlemi yapılarak granül haline getirilmektedir. Birincisi eski teknoloji olan ve halen kullanılan ekstruderin çıkış ağzında bulunan süzgeç mekanizmanın eriyiği süzmesi ve belirli çapta akıtmasıdır. Akan eriyiğin soğuk su dolu yavuz içinden geçerken katılaşması ve düz silindirik kesmede tespih hacminde kesilmesidir.

Çalışma şekline bakıldığında kovan ve mil mekanizmasıyla plastik eritilmektedir. Bu itme rezonans etkisi yapmaktadır. Rezonansı sıfırlayan ise

vida ile kovan arasında kapı görevi yapan süzgecin delik çapıdır. Bu delik çapı plastiğin cinsine göre ayarlanmaktadır.

#### **Ekstruder makinesinin kısımları**

- Kovan
- Vida
- Ana motor
- Şanzıman
- Süzgeç
- Huni
- Seramik Rezistans
- Fanlar
- İnvörtör (Yan besleme)
- Basınç sensörleri
- Ana şase
- Süzgeç şasesi
- Şanzıman koruma
- Kovan koruması
- Şase ayar pabuçları

Ekstruder makinesi (yüksek yoğunluklu polietilen(HDPE), düşük yoğunluklu polietilen (LDPE), Polipropilen (PP), polistiren (PS), polietilen tereftalat (PET veya PETE ve PE), vb) geri dönüşümü mümkün ve ekonomik değeri olan, polimerlerin termoplastik kısmının geri kazanılmasını sağlayan makinedir. Ekstruder makinesi işlenecek malzemenin cinsine ve işletmenin kapasitesine göre tasarlanmaktadır. Kırkambar ayrıştırılmış atık plastik kırmalarda (Blok tipi, Baltalı, Yıldız) kırılarak çapak haline getirilir ve yıkama havuzuna taşıyıcı helezonla aktarılır. Yıkama havuzunda yıkanan kirli ve kontamine olmuş plastik taşıyıcı helezonlar ile sıkma makinesine aktarılır. Plastik çapak sıkma işlemi

kovan içindeki taşıyıcı helezonun yanaklarının itme kuvveti meydana getirmesiyle gerçekleşmektedir.

Plastik çapağın granül haline gelmesi, kovan içindeki vidanın yanaklarının itme kuvveti meydana getirmesiyle gerçekleşmektedir. Bu itme rezonans etkisi yapmaktadır. Rezonansı sıfırlayan ise vida ile kovan arasında kapı görevi yapan süzgecin delik çapıdır. Bu süzgeç delik çapı kullanılan mekanizmaya göre ayarlanmaktadır.

Kırmada kırılan atık plastik, sıkma ve agromel de kurutulur ve ekstrüderde ikinci el granül hammadde haline gelir. Şekil 2.20' de Ekstrüder makinesinin kısımları görülmektedir.



**Şekil 2.20:** Ekstrüder makinesini kısımları

### **Ekstrüksiyon makinelerde tehlikeler**

Ekstrüksiyon makinesinin ana kısımları elektrik motoru, şanzıman, kovan, vida, rezinstaslar, fanlar, kayış, kasnak ve süzgeç mekanizmasından meydana gelmiştir. Plastik eriyik haline geldiği kısım kovan bölümüdür. Kovanın ısıtılması seramik rezintanslara yerleştirilen elektrik direnci yüksek teller vasıtası ile olur. Rezistansların içindeki teller elektrik akımı verildiğinde direnç oluşturur ve tel ısınır, ısınan telden seramik rezistansa iletim yolu ile ısı transferi olur. Isınan kovan içindeki plastik eriyik hale gelir. Kovan içindeki



dairesel hareket eden, vidanın kanallarını vasıtası kafadan kesmeye mekanizmasına gönderilir.

Birinci tehlikeli durum, Makine başlangıç zamanlarında yaşanan sıvı halde olan plastik eriyiğin personelin üzerine sıçraması, yapışması sonucun ciddi yanıklar meydana gelmektedir. Ayrıca makine çalışma alanının düzensiz olduğu durumlarda çalışanın kovan üzerine el temasları sonucu yanık meydana gelebilmektedir. Şekil 2.21’de Extruder makinesinin genel ve standarda uygun koruyucu eldiven görüntüsü görülmektedir. İşverenlerin çalışanların korunması için 89/656/EEC direktifinde (koruyucu) belirtilen standartta kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılarak çözüm getirilmelidir. Kullanılması gereken koruyucu eldiven ise; EN 407:2004 standartına uygun koruyucu eldiven kullanılarak el yanıklarında korunabilir.



a) Ekstruder makinesi

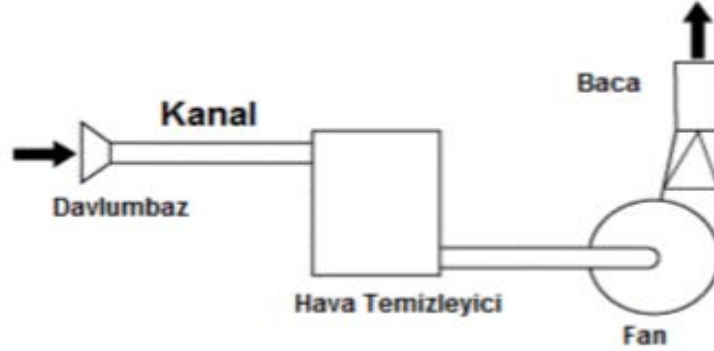
b)Koruyucu eldiven

**Şekil 2.21:** Ekstruder makinesi ve Koruyucu eldiven (Mapa Eldiven,2019)

**Kaynak:**(b)[https://www.uysisguvenligi.com.tr/images/products/00/64/69/6469\\_kucuk.jpg](https://www.uysisguvenligi.com.tr/images/products/00/64/69/6469_kucuk.jpg)

İkinci tehlikeli durum, Ekstruder kullanım alanlarında işlenen atık plastik çapağına bağlı olarak gaz, buhar, sis ve duman ortama yayılmaktadır. Bu

maddeler çalışma ortamını kirletip, çalışan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Personeli çalışma ortamına yayılan gazlardan etkilenmemesi için önce ortamın lokal egzoz havalandırma mekanizması kurulmalıdır. Lokal egzoz havalandırma mekanizmasının çalışma sisteminin kısımları, Davlumbaz veya açıklık, Kanallar, hava temizleme cihazı, fanlar ve egzoz bacası bulunmaktadır. Şekil 2.22’ de lokal egzoz sistem prosesi görülmektedir.



**Şekil 2.22:** Lokal egzoz sistemi (Ergi, İmancı, Akpolat, İSGÜM 2011)

**Kaynak:**<http://calismabarisi.com/wp-content/uploads/2018/02/3.jpg>

**Kaynak:**[https://isgtecrubeleri.com/dokumanlar/012-Havalandirma\\_rehberi.pdf](https://isgtecrubeleri.com/dokumanlar/012-Havalandirma_rehberi.pdf)

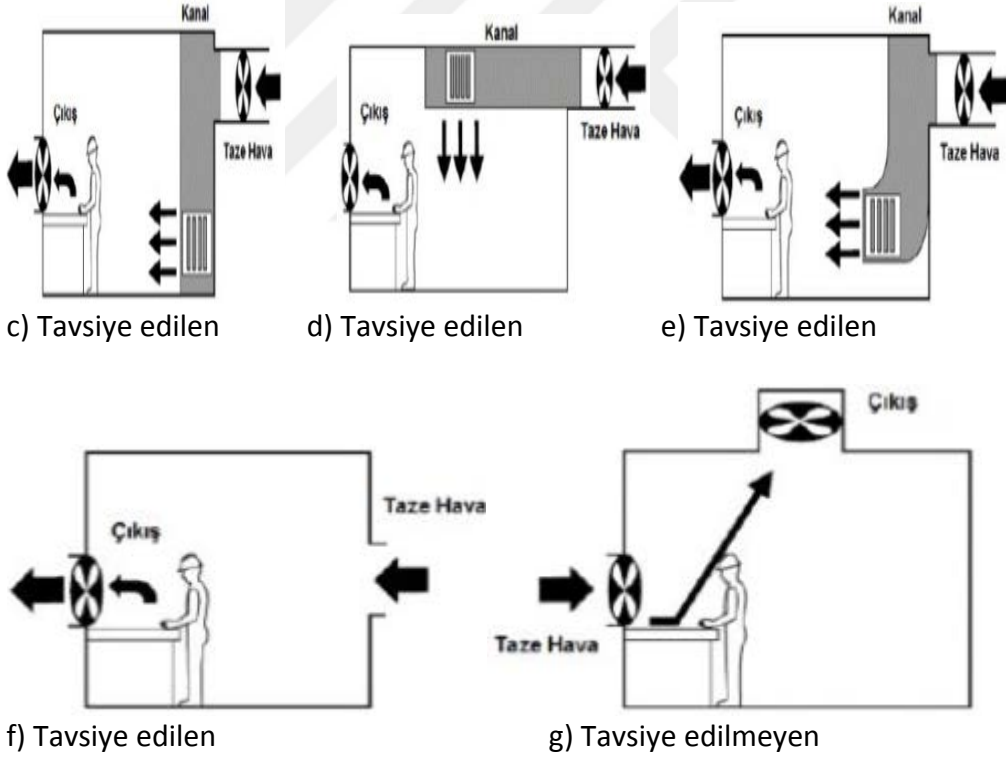
Çalışma sistemine bakıldığında kirli havanın içerden emilmesinde kirli havaya yol verilir. Bu yol verme hava ile ortamdaki gazın yoğunluk farkından yararlanılır. Havadan hafif olan gazın yukarı çıktığında toparlanma kanalına davlumbaza ulaşır. Ortamdan çekilen kirli hava kanallar vasıtası ile taşınarak, hava temizleme cihazından geçen kirli hava, taşıma kanallarında ilerleyen hava fanlar vasıtasıyla emilerek ortamdan egzoz bacaları vasıtasıyla uzaklaştırılır. Şekil 2.23’de Havalandırma tertibatının nasıl uygun olarak işyerinde uygulanması gerekeceği ile ilgili havalandırma cihazları ve genel havalandırma örnekleri görülmektedir.



a) İşyeri ortamı



b) Havalandırma tertibatları



Şekil 2.23: Havalandırma tertibatı olmayan işyeri ve Havalandırma cihazlar.

Kaynak: [https://isgtecrubeleri.com/dokumanlar/012-Havalandirma\\_rehberi.pdf](https://isgtecrubeleri.com/dokumanlar/012-Havalandirma_rehberi.pdf)

Üçüncü tehlikeli durum, Kovan üzerinde seramik rezistanları bozulması sonucunda meydana gelen elektrik kaçağı sonucu elektrik çarpmasıdır. Şanzıman ve ana tahrik motorunun korumasız çalıştırılması sonucu oluşan sıkışma ve uzuv kopmalarıdır.

## 2.6 Süzgeç Mekanizması

Eksturuder makinesinden çıkan eriyiğin içine karışmış plastik dışı cisimleri süzen filtre ayrıca ekstruder pompasına ve kafasına zarar gelmesini önler ve çift hidrolik sistemle çalışan mekanizmadır. Eksturuder kapasitesine göre filtre sistemleri yüksek basınç ve sıcaklık altında çalışabilen malzemedir üretilmektedir. Çapları (50-300)mm olan manuel ve hidrolik pistonla çalışan sistemler mevcuttur. Şekil 2.24' de Süzgeç mekanizmasından manuel ve hidrolik sistemler görülmektedir.



Şekil 2.24: Süzgeç mekanizması (Tek makine sanayi,2019)

Kaynak:<http://tek-makine.com/data/uploads/suzgec/plastik-makinesi-suzgec.jpg>

### Süzgeç mekanizmasının kısımları

- Kızak
- Hidrolik piston
- Hidrolik ünite
- Süzgeç
- Şase
- Elektrik motoru
- Yağ hortumu
- Monometre

Süzgeç mekanizması eriğin süzüldüğü ve belirli çapta çıkış yaptığı bir mekanizmadır. Çıkış kısmı dairesel kesitten oluşan dilikli yüzey mevcuttur.

### **Süzgeç mekanizmasında tehlikeler**

Birinci tehlikeli durum, Süzgeç mekanizması zamanla plastik dışı malzemelerle dolmaktadır. Bu durum çıkış yapan eriyiğin kalitesine ve makinenin kapasitesini etkilemektedir. Ancak bu durum eriyiğin çıkış yaptığı dairesel alana değiştirilebilir süzgeç konarak çözülmüştür. Süzgeç tıkanmalarında temizleme işlemi yapılmaya müsait sistemlerdir. Süzgeç mekanizmasının filtresi dolduğunda elektronik sistem personele görsel ve sesli uyarı yapmaktadır. Süzgeç mekanizması manuel ve hidrolik kızak sistemi ile çalışabilmektedir. Süzgeç tıkanmalarında temizleme işlemi yapılırken el kol yanıkları olabilmektedir. Şekil 2.25’de Tıkanmış ve temizleme işlemi yapılan süzgeç mekanizmaları görülmektedir. Şekil 2.21’de Genel ve standarda uygun koruyucu eldiven görüntüsü görülmektedir. İşverenlerin çalışanların korunması için 89/656/EEC direktifinde (koruyucu) belirtilen standarta kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılarak çözüm getirilmelidir. Kullanılması gereken koruyucu eldiven ise; EN 407:2004 standartına uygun koruyucu eldiven kullanılarak el yanıklarında korunabilir.



**Şekil 2.25:** Tıkanmış süzgeç mekanizması ve temizlenmesi

## 2.7 Kafadan Kesme Makinesi

Eksturuder; Ana motor, Şanzıman, Kovan ve Vida, Süzgeç, Kafadan Kesme Kısmı, Santrifüj (çırpma) gibi bileşik mekanizmalardan meydana gelmektedir. İki çeşit granül kesme makinesi mevcuttur. Kafadan kesme mekanizmasında yatay düzlemde dairesel hareket halindeki bıçaklar eriyik plastiği keser. Kesme işlemi; eriyik plastik düzenekten çıktığı anda var olan bıçaklar düzeneğin yüzeyini taramasıyla pirinç hacminde çok taneli olarak kesilerek taşıma suyuna düşerek santrifüje geçer. Santrifüj korozyona karşı krom 304 kalite saçtan imalatı yapılıyor.

### Kafadan kesme makinesinin kısımları

Kafadan kesme makinesi (yüksek yoğunluklu polietilen(HDPE), düşük yoğunluklu polietilen (LDPE), Polipropilen (PP), polistiren (PS), polietilen tereftalat (PET veya PETE ve PE), vb) geri dönüşümü mümkün ve ekonomik değeri olan, polimerlerin termoplastik kısmının geri kazanılmasını sağlayan makinedir. Kafadan kesme makinesi işlenecek malzemenin cinsine ve işletmenin kapasitesine göre tasarlanmaktadır. Kesme işlemi; eriyik plastik düzenekten çıktığı anda var olan bıçaklar düzeneğin yüzeyini taramasıyla pirinç hacminde çok taneli olarak kesilerek taşıma suyuna düşerek santrifüje geçer. Şekil 2.26' da Kafadan kesme mekanizması kısımları görülmektedir.



Şekil 2.26: Kafadan (Granül) kesme makinesini

## **Kafadan Kesme Makinesindeki Tehlikeler**

Birinci tehlikeli durum, Eksturuder sisteminde plastik eriğın çıkış bölümünde bulunan ekstrudere kombin olan makine aksamıdır. Ekstüridere 90 derece açıyla dikey dairesel hareketle çalışmaktadır. Eriğın kesilme işlemi dairesel hareket eden ve üzerinde iki adet bıçak olan şaft tarafından yapılır. Şaft hareketini direkt elektrik motorundan alır. Safta sıkışma tehlike yaratmaktadır. Seramik rezistanslar kırılmalarında meydana gelen tehlikeler. Şekil 2.27’de Kafadan kesme makinesinin rezistansların yeri görülmektedir.



**Şekil 2.27:** Kafadan Kesme Makinesi rezistans kısmı

## **2.8 Santrifüj Makinesi**

Dikey Santrifüj (Çırpma) kafadan kesmeden kesilmiş pirinç hacminde plastiğın santrifüj su havuzuna düşer su plastiğı taşıyarak susuzlaştırmanın başlangıç alanına taşır. Çalışma şekline bakıldığında uzunluğı 2 metre çapı 0,3 metre olan saftla aşağıdan yukarıya doğru taşıma yapılırken sulu olan çapak suyundan arındırılmış olur. Saft yüksek devirde dairesel hareket etmektedir. Bu durum suyun plastikten ayrılmasına sebep olmaktadır.

### **Santrifüj makinesinin kısımları**

- Süzgeçli saft
- Paslanmaz Gövde
- Ana motor

Santrifüj kafadan kesme makinesinden çıkan kesilmiş plastiği kendi havuzunda deşar yoluyla sıçrama haznesine taşır. Dikeyde çalışan saft sulu granülü suyunda yüzde beşlere kadar ayrıştırır. Santrifüj aktarma organı saft yüksek devirde dönmektedir. Dönme hareketini sağlayan direkt aktarımla ana elektrik motorudur. Saft kasa görevi yapan kapalı kapakları olan paslanmaz saçtan yapılmıştır. Şekil 2.28’ da santrifüj makinesi görülmektedir.



**Şekil 2.28:** Farklı model Santrifüj makineleri

**Kaynak:** <http://ustunismakina.com.tr/yatay-ve-dinamik-santrifujleri/>

### **Santrifüj makinesindeki tehlike**

Santrifüj makinesi kafadan kesim ünitesinde sıcak olarak kesilen plastik granüller, kapalı devre şeklinde döndürülen su ile soğutulur. Suyu düşen granüller, soğuduktan sonra santrifüj makinesinin seperatör aksamının yüksek hızlı dönmesi ile suyundan arındırılır. Suyundan ayrıştırılan granül, bir transfer fanı ile çuvallama ünitesine taşınır. (<http://www.basaranmak.com/urun/dikey-santrifuj-sistemi.html> ,2019)

- Separatörün içinde bulunduğu dolap kapağının açık çalıştırılması su sıçramasına sebep olmaktadır.
- Ana motorun arızanması
- Deşar motorunda elektrik arızaları



## 2.9 Tesbih biçimli kesim makinesi

Hacimce tesbih biçiminde kesim yapan makinelere düz kesme makinesi denir. Eksturuderin ucundaki süzgeçten çıkan eriyik şekillendirme kalıbından genelde çapı 5mm olarak çıkar. Süzgeç kalıbından adeta iplik şekilde çıkar. Sıcak eriyik makara sistemi marifeti ile 2m uzunluğundaki su havuzundan geçerek sıcaklığı düşer. Eriyiğin sıcaklığının düşmesine sebep olan suyun eriyiğin sıcaklığından düşük olmasıdır. Bu durumu söyle açıklamak mümkündür. Eriyik plastik ile su arasında sıcaklık farkından dolayı iletim yolu ile eriyik plastiğin sıcaklığı suya geçmektedir. Havuzdaki su makine çalıştığı andan itibaren ısınır, ısınan su deşar motoru ile değişimi yapılır. Havuzda rijitleşen plastik makara sistemi ile düz kesme ağızına girer.

Hacimce tesbih makinesinde kesim nasıl kesim meydana gelir. İki adet kesme bıçağı mevcuttur. İplik şeklindeki plastiği kesme ağızına bası uygulaması vermek için kauçuk kaplamalı silindir kullanılır. Silindir şeklindeki bıçak yekpare çok ağızlı sisteme mevcuttur. Havuzdan rijit şekilde çıkan plastik makarna sistemi ile kauçuk kaplama silindirin altına geçer. Kauçuk silindirik merdane bası kuvveti ile iplik şeklindeki rijit plastiği kesim ağızına verir. Sabit ile çok ağızlı bıçaklar arasında kalan plastik kesilerek depolama alanına toplanır.

### Tesbih biçimli makinesinin kısımları

- Ana motor
- Şase gövde
- Silindirik çok ağızlı bıçak
- Sabit bıçak
- Silindir kauçuklu merdane
- Korumalar

Ana motorun kayış kasnak vasıtasıyla silindirik bıçağı dairesel hareket verilir. Kesim ağızına giren iplik şeklinde plastik silindir ve sabit bıçaklar arasında kalarak teşbih şeklinde kesilir. Plastik teşbih makinelerimizin tek gövde üzerinde 20 ağız döner 1 ağız sabit bıçağı bulunmaktadır. Depolama alanında toplanan plastik granül fan sistemi ile çuvallanır ve enjeksiyon alanına sevk

edilir. Şekil 2.29' da Düz teşbih biçimli kesim yapan makine ve 20 ağızlı silindirik kesme bıçağı görülmektedir.



**Şekil 2.29:** Tesbih Biçimli kesme makinesi ve silindirik bıçak

**Kaynak:**<http://www.ehg70.com/Document/Urunler/bicaklar/granur-kesme-bicaklari/granur-onkesme-topbicagi-2.jpg>

### **Tesbih biçiminde makinesindeki tehlikeler**

Birinci tehlikeli durum, Tesbih kesim makinelerinde en tehlike arz eden durum, makinenin kesime hazırlama sırasında meydana gelen el uzuv kayıplarıdır. Soğutma havuzundan çıkan iplik şeklindeki çoklu plastik granülün kesme hanesine verilir. Kesme hanesine verilen 4mm çapında granül plastik kesme hanesine doğru sürülmemesi ile makine kesim ağzının koruma olmadan çalıştırılmasından dolayı elin ve parmakların kaptırılması sonucunda oluşan uzuv kayıplarıdır. Bu kazalar teşbih biçimli düz kesim yapan makinenin ilk kesim ayarı yapılması sırasında olan tehlikeli durumdur. Şekil 2.30' de teşbih şekilde kesim yapan makineye 4mm çapındaki granülün makineye girdiği ağız görülmektedir.



**Şekil 2.30:** Silindir Kesme Makinesi

İkinci tehlikeli durum, Havuz suyunun zamanında değiştirilmemesinin solunum yolu bulaşan “Lejyonel hastalığına” sebep olur. Legionella pneumophophila bakterileri ılık durgun sularda çok sayıda ürerler. (Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Lejyoner hastalıkları rehberi, 2019). Bu hastalığın bulaşması, granül soğutma havuz suyunun belirli periyotlarda değiştirilmemesi sonucunda bakteri oluşabilir. Bakteri oluşmaması için çözüm olarak Şekil 2.31’de görülen Granül soğutma havuzunun suyunun kısa periyotlarla değiştirilmelidir. Şekil 2.32’ de Legionella bakterisinin yaşama ve üreme sıcaklık göstergesi aşağıda gösterilmiştir.



**Şekil 2.31:** Granül Soğutma Havuzu

Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Lejyoner hastalıkları rehberine göre Şekil 2.32’de sıcaklık aralığında lejyonella bakterisinin oluşumu gösterilmiştir.



Şekil 2.32: Lejyonella bakterisinin yaşama ve üreme sıcaklık göstergesi

**Kaynak:**<https://dosyaism.saglik.gov.tr/Eklenti/21766,lejyonerhastaligikontrolprogramirehberipdf.pdf?0>

## 2.10 Şerit Testere Kesim Makinesi

Atık plastikler hacimce birbirlerinden farklıdır. Geri dönüştürme işi yapan bazı küçük işletmelerde kırma makinelerinin farklı nedenlerden dolayı yetersiz kaldığı durumlarda atık plastiğin hacminin küçültülmesinde şerit testere makinesi kullanılmaktadır.



a) Uygun korumalı Testere



b) Kulaklıkla Çalışma

**Şekil 2.33:** Şerit Testere Kesim Makinesi

**Kaynak:** [https://docplayer.biz.tr/docs-images/46/8754428/images/page\\_14.jpg](https://docplayer.biz.tr/docs-images/46/8754428/images/page_14.jpg)

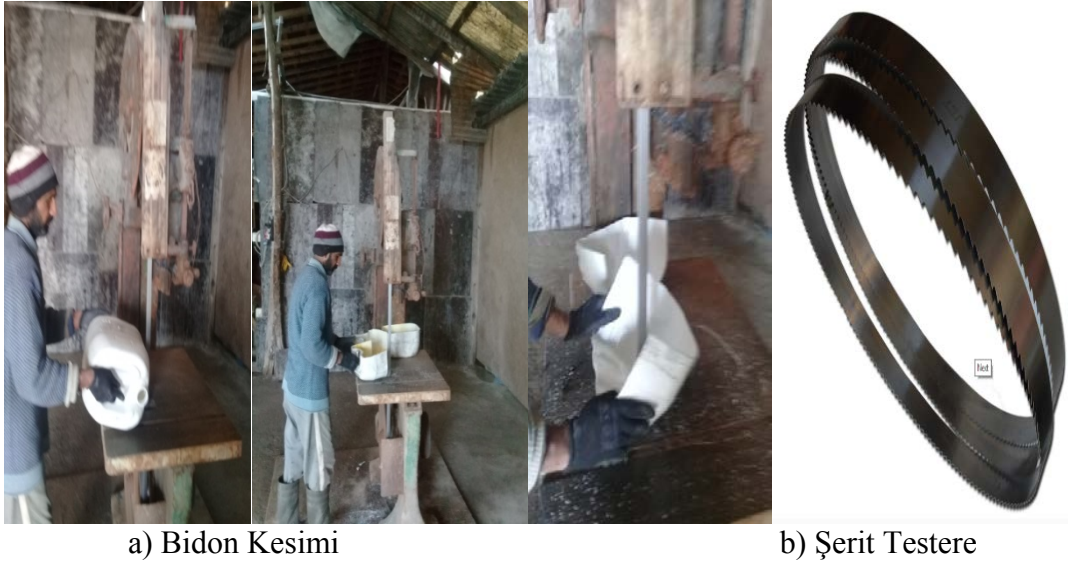
#### **Şerit testere kesim makinesi kısımları**

- Ana Gövde
- Silindir Çark
- Elektrik Motoru
- Şerit Testere
- Kaplin
- Koruma
- Kayış (V)

Ana motorun kayış kasnak vasıtasıyla silindirik çarka hareket verilir. Silindirik çark üzerindeki sarılı şerit testere vasıtası ile plastik kesim işlemi yapılır.

#### **Şerit testere makinesindeki tehlikeler**

Birinci tehlike olarak elle plastik kesimi yapılırken dikkatsizlik sonucu el veya parmakların testereye kaptırılmasıdır.



**Şekil 2.34: Şerit Testere Kesim Makinesi**

İkinci tehlike olarak, makinede elle malzeme kesilmesi sırasında ortamda oluşan tozun çalışanın sağlığını etkilemesi gelmektedir. Şekil 2.34’de tozlu ortam görülmektedir. Plastik kırma makinelerinde çapak üretimi sırasında kırılan malzemesinin cinsine bağlı olmak şartı ile değişik büyüklükte toz partükülleri meydana gelmektedir. Çalışan tarafından bulunduğu Pnömkonyoz olarak adlandırılan meslek hastalığına sebep olabilmektedir. Çözüm olarak makinenin kendi üzerinde plastik emici fanın plastik ile birlikte tozuda çeken depolama silosu kullanarak uygulama yapılmalıdır.



**Şekil 2.35 Toz maskesi**

**Kaynak:**<https://www.uysisguvenligi.com.tr/>

Ayrıca FFP1, FFP2 Toz maskesi kullanılır. EN 149 standartı toz maskesi kullanılır. Şekil 2.35’de Toz maskesi toz toplama (aspirasyon) ekipmanı görülmektedir.

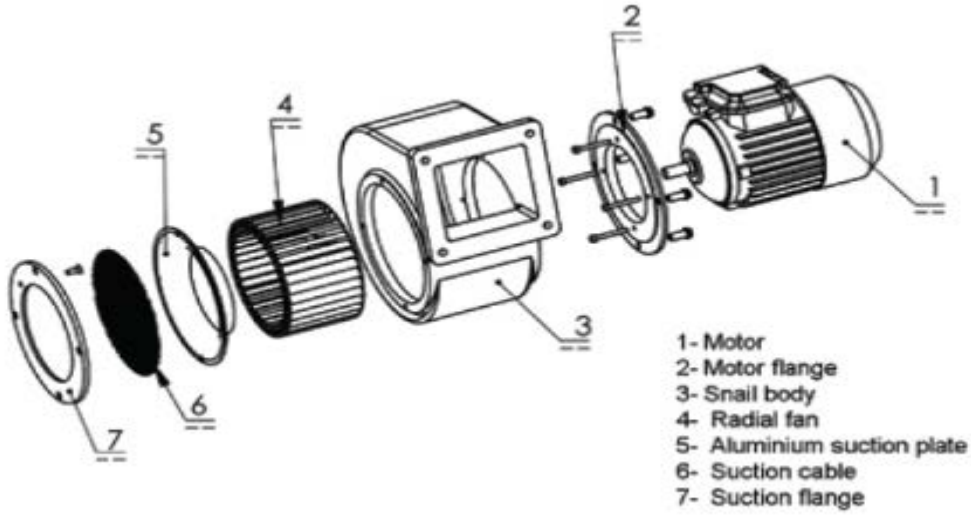
Üçüncü tehlikeli durum, Şerit testere makinelerinde çalışma anında gürültünün oluşmasıdır. Bu durum duyu kayıplarına yol açmaktadır. Şekil 2.34’de gürültülü ortamda çalışanın, korumasız(kulaklıksız) olduğu görülmektedir. Şerit testere makinesinde genelde küçük işlemlerde ürün basan işletmelerde elle besleme yapılarak çıkan yolluk ve sakat ürünler tekrar kırılmaktadır. Plastik kesilirken malzemeye göre değişmekle birlikte 95- 110 db gürültü çıkmaktadır. İşitme duyusunun korunması için manşon tipi 32-35 db kulaklık kullanılmalıdır. EN 352-1,EN 352-2,EN 352-3 Standart manşon kulaklık örneği Şekil 2.33 (b) Manşon Kulaklık verilmektedir.

### **2.11 Taşıyıcı Salyangoz Fan Makinesi**

Kesme makinesinden teşbih hacmindeki kesilmiş granülü içindeki salyangoz marifeti ile çeken ve depolama alanına gönderen makineye fan denir. Fan makinesinin salyangozu 2800 devir/dakika da dairesel hareket etmektedir. Şekil 2.36’ de Taşıyıcı fanın kısımları görülmektedir.

#### **Taşıyıcı salyangoz fanın kısımları**

- Motor
- Motor flanşı
- Salyangoz gövde
- Radyal fan
- Alüminyum emiş saçı
- Emiş teli
- Emiş flanşı



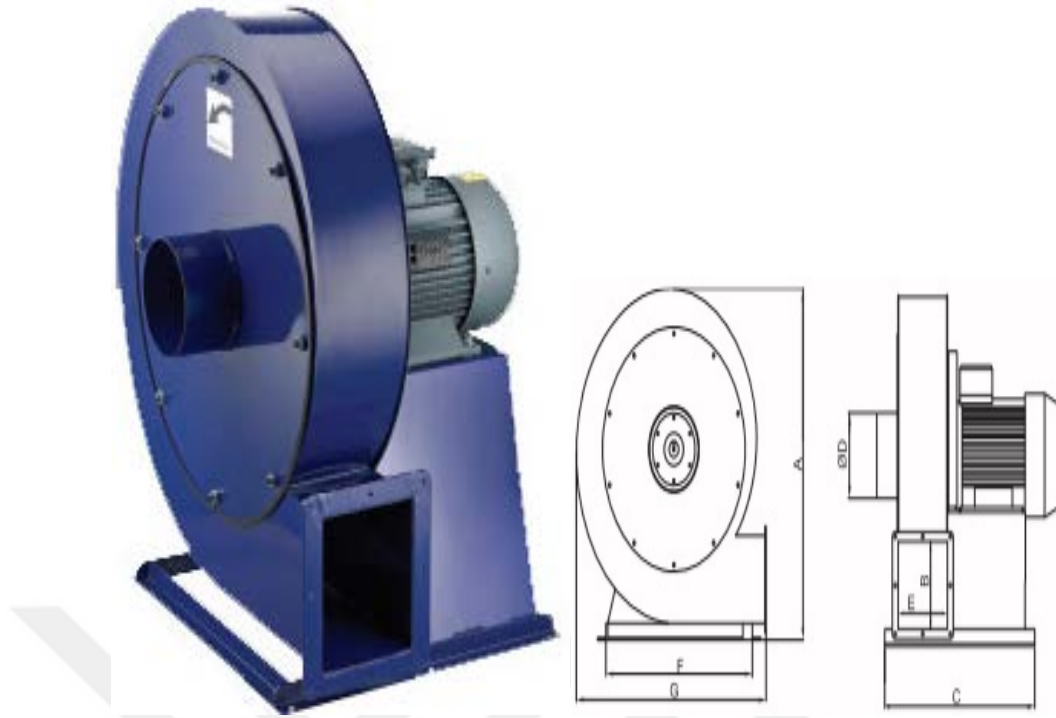
**Şekil 2.36:** Taşıyıcı fan kısımları(ERF Grup Makine,2019 )

**Kaynak:**<http://www.erfgroup.com/urun/aluminyum-dokum-govdeli-fanlar.html>

### **Taşıyıcı salyangoz fan makinesindeki tehlikeleri**

Fanlar havanın pervane üzerinden akış doğrultusuna bağlı olarak, aksiyel fan (eksenel fan) ve radyal fan (santrifüj) olarak gruplandırılır. Radyal fanlar basınç farkı oluşturur. Bunun sonucunda meydana gelen hava etkisi aksiyel yönde olmaz santrifüj yani ( merkezkaç) dediğimiz kuvvet doğrultusunda işlev görür. Düz teşbih kesme makinesinin depolama alanına düşen plastik, aksiyel fan marifiyeti ile emilir. Bir basınç farkı oluşturarak havanın akışını sağlayan mekanizmalara fan denir. Fanın emdiği plastik borular kanalı ile depolama silosuna depolanır. Şekil 2.36’de Taşıyıcı fanın kısımları görülmektedir.





**Şekil 2.37:** Taşıyıcı fan kısımları

**Kaynak:** <http://www.erfgroup.com/urun/metal-govdeli-orta-basincli-radyal-salyangozlar-fanlar.html>

Tesbih hacimli Plastik granül yoğunluğu havanınkinden çok fazladır ve hava kanalı olarak kullanılan boru cidarlarına çarpmaları sürtünme kayıplarının arttırmaktadır. Bu durum taşınan malzemenin(tesbih hacimli granül) hızının azalmasına sebep olmaktadır. EN 294 Makinelerde Güvenlik-El ve Kolların Tehlikeli Bölgelere Erişmesine Karşı Güvenlik Mesafeleri

- Salyangozun balanslı çalıştırılmasının yarattığı tehlike
- Ana motorun elektrik arızası
- Motorun rulmanın bozulması

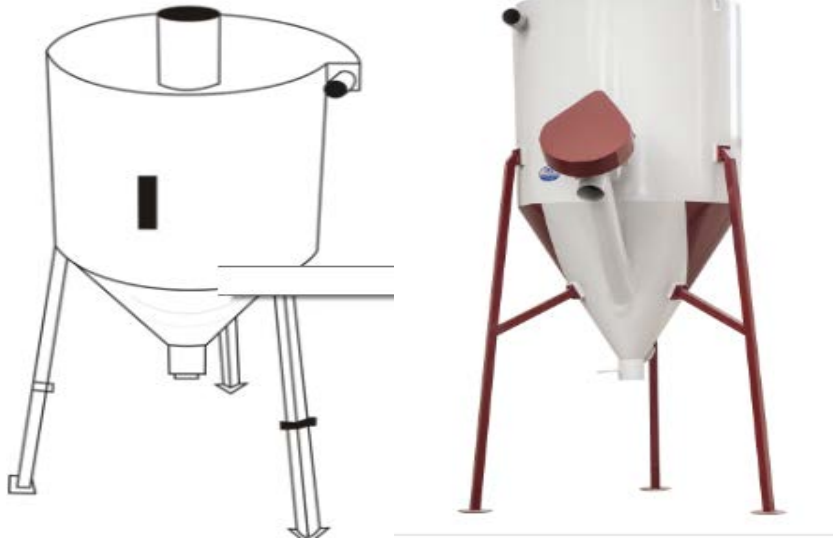
## 2.12 Paketleme Silosu

Granül kesme makinesinde granül formuna getirilen plastik, pnömatik olarak depolama silosuna taşınmaktadır. Granül depolama silosunda granüller aralıklarla tahliye edilerek çuvallara ya da talep edilen farklı noktalara aktarılmaktadır. (<http://www.safakmak.com/>).Fan kesme makinesinin deposuna depolanan plastiği çeker. Çektiği granül plastiği depolama silosuna gönderir. Siloda depolanan plastik açılıp kapanabilen vana vasıtası ile çuvallara depolanır. Bu

tesisatın ucunda duruma göre filtre ünitesi veya siklonlar yer alır. Düz silindirik granül kesmelerde genelde daha fazla plastik tozu daha fazla çıktığı için siloya entekre filtre ünitesi veya siklonlar yer alır. Santrifüj fanı kesilen granülü ve kesim sırasında oluşan plastik tozunu da emer ve depolama silosuna entegre olan filtre ve siklon ünitesine gönderir. Siklon ünitesi ve filtre mekanizmaları çalışma ortamını da toz oluşumunu önler. Şekil 2.38’de Toplama filosu görülmektedir.

### **Paketleme silosu kısımları**

- Şase ayakları
- Kapak ayar yeri
- Plastik giriş ağzı
- Çıkış yeri



**Şekil 2.38:** Paketleme silosu makinesinin

**Kaynak:** <http://www.safakmak.com/23/Kasim2018>

### **Paketleme silosu makinesindeki tehlikeleri**

Granül veya çapak malzeme depolamakta kullanılan bir makinedir. Burada depolanan plastik silonun alt bölgede bulunan kapı görevi yapan mekanizma ile torbalama işlemi yapılır. Torbalanan plastik granül ürün basan işletmelere sevk edilir.

- Silonun toz oluşturması



**Şekil 2.39:** Depolama çuvalları

Çalışma ortamında bulunan makinenin kendi üzerindeki emici fan plastik ve plastikten oluşan tozu çeker. Bu çekilen plastik depoda tozlu plastik (hava ve toz plastik karışımı) ise depolama çuvalında süzülür.

- Çalışanın ergonomik şartlarının ayarlanması



a) Eksturuderden çıkmış granül

b) Plastik kırmadan çıkmış çapak

**Şekil 2.40:** Eksturuder ve Plastik kırma malzeme deposu

Depolama alanından enjeksiyon, şişirme ve bunlara benzer makinelerde tekrar ürün imalatı yapılmak üzere çeşitli makine ve istasyonlara dağıtımı yapılır.



### 3. RİSK DEĞERLENDİRİLMESİ

Endüstrinin gelişmesine paralel olarak çalışma alanlarında makine kullanımı artmıştır. İş kazaların genelde insanla makinenin temaslı olduğu çalışma alanlarında olduğu bilinmektedir. Bu tespitten yola çıkarak çok sayıda makinenin kullanıldığı “Atık Plastik Geri Dönüşüm” sektöründe kullanılan makinelerde var olan tehlikelerin ortaya konup değerlendirilmesi gerekmektedir.

Atık Plastik Geri Dönüşüm Sektöründe kullanılan makine sayısının artması ve teknolojik gelişmeler bu sektörde çalışanların maruz kaldıkları riskleri arttırmıştır.

Sektörün çalışma alanlarından, kullanılan makinelerin kullanımından ve tasarımından kaynaklı tehlikeler meydana çıkabilmektedir. Var olan veya olabilecek tehlikeleri değerlendirmek için çok sayıda risk değerlendirmesi yöntemi mevcuttur. Doğru risk değerlendirmesi uygun yöntemin uygun iş alanında uygulanması ile mümkün olabilmektedir. Bu bölümde makine risk değerlendirmesi önemi ve uygulamadaki mevzuat geniş olarak incelenecektir.

Ülkemizde Atık Plastik Geri Dönüşüm sektörü geçen 30 yıllık süreçte büyük gelişim göstermiştir. Bu gelişim geri dönüşüm sektörüne makine ve ekipman yapan makine sektöründe gelişmesine sebep olmuş, deyim yerindeyse birbirini beslemişlerdir. Makine teknolojileri plastiğin geri dönüştürülmesi yoluyla ekonomik değer haline dönüşmesi sağlanabilmektedir. Bu durum, plastik geri dönüşüm sektörünü ve bu sektörde kullanılan makine aksamalarının çeşitlenmesine kapasitelerinin artmasına neden olmuştur. Sektördeki bu gelişim makine risk değerlendirmesinin önemini ortaya çıkarmıştır. İş kazalarıyla uygun risk değerlendirme yöntemlerinin kullanılması ile mücadele edilebileceği gerektiği ortadadır. Çünkü çalışan sağlığı her şeyin üzerinde olmalıdır.

### 3.1 Risk Değerlendirmesinin Önemi

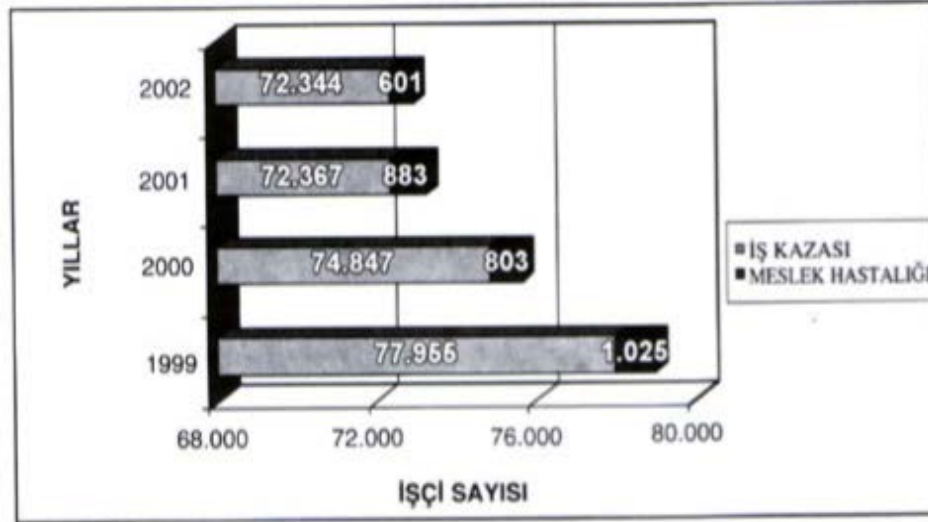
İş sağlığı ve güvenliği çalışmalarının önemle üzerinde durulması gereken dört amacı mevcuttur. Bu çalışmaların ilk ikisi iş kazaları ve meslek hastalıkları çalışan sağlığını ilgilendirmektedir. Diğer ikisi ise verimliliğe odaklı güvenliği üretim ve işletme güvenliğidir. Ülkemiz olarak ölümlü iş kazalarında Avrupa'da birinci sırada, dünyada ise üçüncü sırada yer almaktadır.

Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) istatistikleri göre; Ülkemizde altmış bine yakın iş kazası ve tam istenilen sonuç olmamasına rağmen beş yüze yakın meslek hastalığı kayıtlara geçmiştir. Bu iş kazalarında binin üzerinde çalışan hayatını kaybetmiştir. İş hayatından çekilen çalışan sayısı ise iki bine yakındır. Ülkemizde 2009 yılında ILO'nun belirlemiş olduğu kriterlere göre bu kazaların maliyeti 40 milyar TL' dir. İş güvenliğinin uygulanmaya başlandığı andan itibaren iş kazalarında düşüş görüldüğü bilinmektedir. Ülkemizde iş güvenliği noktası 6331 sayılı kanun yürürlüğe girdiği tarihten bugün itibariyle gelişme göstermiştir. (Ceylan,2011)

İş Kazaları verilerini incelediğimizde iş güvenliği noktasında çok daha fazla çalışmamız gerektiği ortadadır. Bu çalışmalarda proaktif yaklaşımlarla çözüm üretilmelidir. Bütün risk değerlendirme çalışmalarında proaktif yaklaşım hem iş kazalarını hemde meslek hastalıklarının azaltılmasında yarar getireceği açıktır. Şekil. 3.1'de Yıllara göre İş Kazaları ve Ölüm Sayıları tablosu verilmiştir.

Özkılıç, bu konuyla ilgili olarak; "Neden işyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi uygulayacağız?" ya da "neden risk değerlendirmesi yapmamız gerekli?" gibi soruların yanıtını en iyi şekilde ülkemizdeki iş kazaları istatistiklerine bakarak verebiliriz. (Özkılıç 2003)

Ülkemizde İş kazaları ve meslek hastalıkları ile ilgili en önemli kaynak SSK istatistikleridir. SSK istatistiklerinin ülkenin genel durumunu yansıtacak düzeyde olmadığı düşünülse bile istatistikler incelenirse bir çok şey söylenebilir. SSK istatistik yıllığına göre yıllar itibariyle iş kazası ve meslek hastalıklarının dağılımı Şekil 3.1'de verilmiştir. (Özkılıç 2003)



**Şekil 3.1:** Yıllara Göre İş Kazası ve Meslek Hastalıkları Dağılımı(Özkılıç,2003)

Şekil 3.1’de iş kazaları sayıları görülmektedir. SGK’ nın kayıtlarına girmiş olan bu olan iş kazalarının dışında kayıt dışı olanları da eklendiğinde bu sayının daha da fazla olduğu ortaya çıkacaktır. Böyle bir tabloyu söyle okumak doğru olacaktır. Bir iş kazası olduğunda kazananın olmadığı ama kaybedenin çok olduğu olaydır. İş kazasında kaybeden sıralaması bakıldığında kazaya uğrayan, kazaya uğrayanın yakınları ve kazanın meydana geldiği ülkenin halkı olarak karşımızda durmaktadır. Bu durum gösteriyor ki ülkemizde yaşayan her bireyin iş sağlığı ve güvenliği konusunda bilinçlendirilip katkı sağlaması üzerinde çalışma yapılmalıdır. 6331 sayılı kanun ile 4857 sayılı kanun arasındaki farklılardan önemli noktalardan biri 6331’de işverene yeni yükümlülükler getirilmiştir. Bunlardan bir tanesi işletme sahiplerinin yapmak veya yaptırmakla yükümlü olduğu risk değerlendirmesidir. Risk değerlendirmesi uygulamaya başlandığında bu yana yaklaşık 7 yıllık süreçte pozitif etkileri görülmüştür.

Risk değerlendirme konusunu önemini özetleyecek olursak, çalışanlarımızın, işverenlerin ve kamunun kayıplar yaşamaması için işyerlerinde proaktif yaklaşımlarla risk değerlendirmesi uygulamaları doğru yöntem, doğru uzman ekip ve doğru zamanda yapılması gerekliliği ilgili herkes tarafından biliniyor. Risk değerlendirme yapma sorumluluğu işverenlerde olduğu ve büyük sorumluluklar getirdiği görülüyor.

Çalışmanın olduğu alanlarda yapılan faaliyet ile bağlantılı olarak değişik tehlike ve buna bağlı olarak riskler bulunmaktadır. Üzerinde çalışma yaptığım Atık Plastikleri Geri Dönüşüme Kazandırma İşlevi Gören sektörde kullanılan

makinelere karşılaşılan tehlikelerden kaynaklı çeşitli derecelerde riskler mevcuttur. Tehlikenin nereden kaynaklı bakıldığında birinci sırada kullanımdaki makinenin tasarımdan kaynaklı, ikicisi makinenin bakım ve onarımının zamanında doğru yapılmamasından kaynaklı ve üçüncüsü makinenin operatör tarafından doğru kullanılmamasından kaynaklanmaktadır.

Ülkemizde yeterli iş gücü mevcuttur. Burada her kesimin üzerine düşen görevi layığı ile yerine getirmesi büyük önem arz etmektedir. Bu durumun gerçekleşmesi için çalışmak ilgili taraflarla beraber, ülkemizde yaşayan her bir vatandaşın görevi olmalıdır. Çalışma hayatından iş kazası sonucu kaybedilen her çalışan ülkemizin için bir kayıp olarak görmemiz gerekmektedir. Bu gerçekten yola çıkarak çalışma alanlarında risk değerlendirme yapılırken doğru uzman ekip doğru risk yöntemi ve doğru uygulama yapılmalıdır.

### 3.2 Risk Değerlendirmesinin Mevzuattaki Yeri

Ülkemizde İş Sağlığı ve Güvenliği kanunu Haziran 2012 yılında çıkarılmıştır. 6331 sayılı kanun çıkışı yedi sene olmasına rağmen pozitif etkileri her geçen sene ortaya çıkarak devam etmektedir. Kanunun çıktığından tarihten günümüze geçen zaman sürecinde birçok yönetmelikler çıkarılmıştır. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığının (ÇSGB) internet sayfasında elliden fazla yönetmelik görülmektedir. Bu yönetmeliklerde oluşturulanlar Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

#### Çizelge 3.1: İş Sağlığı ve Güvenliği Kanuna Bağlı Yönetmelikler.

S.No	İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununa Bağlı Yönetmelikler
1	Tozla Mücadele Yönetmeliği
2	Yapı İşlerinde İş Sağlığı Güvenliği Yönetmeliği
3	Maden İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik
4	İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu Bağlı Yönetmeliği
5	Geçici veya Belirli Süreli İşlerde İş sağlığı Güvenliği Hakkında Yönetmelik
6	Ekranlı Araçlarla Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik
7	Çalışanların Patlayıcı Ortamları Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik
8	İş Sağlığı Güvenliği Hizmetlerinin Desteklenmesi Hakkında Yönetmelik
9	Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği
10	İş Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmeliği
11	Maden İşlerinde İş Sağlığı Güvenliği Yönetmeliği
12	Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği



**Çizelge 3.1:** (Devam) İş Sağlığı ve Güvenliği Kanuna Bağlı Yönetmelikler.

S.No	İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununa Bağlı Yönetmelikler
13	İş Sağlığı ve Güvenliği İle İlgili Çalışan Temsilcisinin Nitelikleri ve Seçilme Usul ve Esaslarına İlişkin Tebliğ
14	İş Sağlığı Güvenliği İlişkin İşyeri Tehlike Sınıflarının Tebliği
15	Biyolojik Etkenlere Maruziyet Risklerinin Önlenmesi Hakkında Yönetmelik
16	Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği Eki
17	Elle Taşıma İşleri Yönetmeliği
18	Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmasına Dair Yönetmelik
19	Balıkçı Gemilerinde Yapılan Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmeliği
20	İş Hijyeni Ölçüm, Test ve Analizi Yapan Laboratuvarlar Hakkında Yönetmelik
21	İş Hijyeni Ölçüm, Test ve Analizi Yapan Laboratuvarlar Hakkında Yönetmelik Eki
22	Askeri İşyerleri ile Yurt Güvenliği İçin Gerekli Maddeler Üretilen İşyerlerinin Denetimi, Teftişi ve Bu İşyerlerinde İşin Durdurulması Hakkında Yönetmelik
23	Gebe ve Emziren Kadınların Çalıştırma Şartlarıyla Emziren Odaları ve Çocuk Bakım Yurtlarına Dair Yönetmelik
24	Kimyasal Maddelerle Kadınların Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik
25	Geçici veya Belirli ve Süreli İş Sağlığı Güvenliği Hakkında Yönetmelik
26	Kanserojen veya Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik
27	Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korumalarına Dair Yönetmelik
28	İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik
29	Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler ile İlgili Yönetmelik(2014/34/AB)
30	İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik Taslağı
31	Elektrik Kuvveti Akım Tesisleri Yönetmeliği
32	Çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmeliği
33	Hijyen Eğitimi Yönetmeliği
34	Asbestle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik
35	Çalışma Gücü ve Meslek Kazanma Gücü Kaybı Oranı Tespit İşlemleri Yönetmeliği
36	Basınç Ekipmanları Yönetmeliği(2014-68-AB)
37	Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik
38	Elektrik iç Tesisleri Yönetmeliği
39	Kişisel Koruyucu Donanımları Yönetmeliği
40	Makine Emniyeti Yönetmeliği(26/42/AT)

6331 sayılı kanuna bağlı şekil'40 görüldüğü üzere birçok yönetmelik çıkarılmıştır. Çıkarılan bu yönetmeliklerde yeni ihtiyaçlar çerçevesinde değişiklikler yapılmaktadır. 6331 sayılı kanunda işletmelerin yapması gereken en önemli yükümlülüklerden birisi Risk Değerlendirmesi yapma veya yaptıрма yükümlülüğüdür. Bu durum iş sağlığı güvenliği risk değerlendirmesi

yönetmeliğinde yer almıştır. Yapılan kanunlar ve çıkarılan yönetmeliklerin tek amacı çalışma hayatında bulunanların çalışma şartlarının güvenliğini sağlamak. Ayrıca ülkemizde çalışma hayatına girmiş insanları ülke ekonomisine kazandırmak bir maliyettir. Bir sonraki süreçte ise çalışanların korunup kollanması memleketimize yapılacak en büyük iyiliktir.

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği kanununda risk değerlendirmesi işverenlere aittir. Risk değerlendirmesi yapmayanlar işverenler hakkında çok ağır para cezası yaptırımını mevcuttur. Ülkemizde işyerlerinde yapılan risk değerlendirmeleri ne kadar doğru yapılmış olduğunu kabul etsek de doğru çözüm üretimi mevcut konjektür ve ülke ekonomisi ile doğru ilerleyeceği ortadadır. 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununu incelendiğinde İşverenin Genel Yükümlülüklerinde bize 4'cü maddede ve Riskin değerlendirilmesi, kontrol, ölçüm ve araştırılması ile ilgili 10'uncu maddesinde işverene risk değerlendirilmesi yapma yükümlülüğünü getirmiştir. Ayrıca idari para cezası ve işi durdurma gibi yaptırımlar getirmiştir. Çizelge 3.2'de uygulanan para cezaları görülmektedir.

**Çizelge 3.2:** Uygulanan para cezaları

10'dan Az Çalışanı Olan İşyerleri				
	AZ TEHLİKELİ (Aynı miktarı)	TEHLİKELİ (% 25 artırılarak)	ÇOK TEHLİKELİ (% 50 artırılarak)	
Risk Değerlendirmesi Yapmamak	3.700	4.625	5.500	TL
Risk Değerlendirmesi Yapmamaya Devam Etmek	5.500	6.937	8.325	TL/aykırılığın devamı halinde her ay
10 - 49 Çalışanı Olan İşyerleri				
	AZ TEHLİKELİ (Aynı miktarı)	TEHLİKELİ (% 50 artırılarak)	ÇOK TEHLİKELİ (% 100 artırılarak)	
Risk Değerlendirmesi Yapmamak	3.700	5.500	7.400	TL
Risk Değerlendirmesi Yapmamaya Devam Etmek	5.500	8.325	11.100	TL/aykırılığın devamı halinde her ay
50 - + Çalışanı Olan İşyerleri				

### Çizelge 3.2: (devam) Uygulanan para cezaları

	AZ TEHLİKELİ (% 50 artırılarak)	TEHLİKELİ (% 100 artırılarak)	ÇOK TEHLİKELİ (% 200 artırılarak)	
Risk Değerlendirmesi Yapmamak	5.500	7.400	11.100	TL
Risk Değerlendirmesi Yapmamaya Devam Etmek	8,325	11.100	16.650	TL/aykırılığın devamı halinde her ay

**Kaynak:** [http://www.lebibyalkin.com.tr/mevzuat/makaleler/lebib-yalkin-mevzuat-dergisi\\_mdergi\\_/2015-eylul-sayi-141\\_mdergi\\_8788a-00\\_/isverenin-risk-degerlendirmesi-yapma-yukumtulugu.html#](http://www.lebibyalkin.com.tr/mevzuat/makaleler/lebib-yalkin-mevzuat-dergisi_mdergi_/2015-eylul-sayi-141_mdergi_8788a-00_/isverenin-risk-degerlendirmesi-yapma-yukumtulugu.html#)

Çizelge 3.2'deki tabloyu incelediğimizde 10-49 arası çalışanı bulunan tehlikeli sınıfta bulunan bir işyerinde risk değerlendirmesini yaptırmamanın cezası 5.550 TL dir. Bu durum bir yıl boyunca devam etmesi durumunda yaklaşık 100.000 TL tutarında para cezası ödemek zorunda kalacaklar. Bütün bunlar bize ekonomiyi ile iş sağlığı ve güvenliğini birbirine bağımlı olduğunu gösteriyor.

### 3.3 Risk Değerlendirmesinde Standartlardaki Yeri

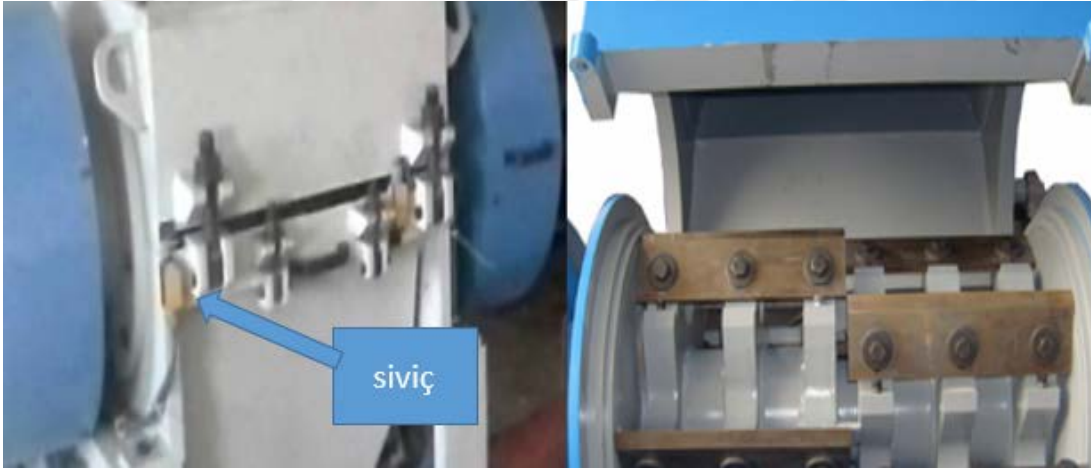
Makine ve makine proseslerinde tehlikelerin ortaya çıkarılmasında, risk azaltımında standartlar yol gösterici durumdadır. Makine direktiflerini incelediğimizde bazı standartlara atıf yaptığı görülmektedir. Bu standartların emniyetle ilgili olan TS EN 12100' dür. Ayrıca elektriksel tedbirler açısından TS EN 13849' dur. Diğer standard işlevsel güvenlik içerikli TS EN 61508' dir. Şekil 3.2' de tehlikelerin bertarafında kullanılmış standartlara yer verilmiştir.



Şekil 3.2: Risk Azaltımında kullanılan bazı standartlar

**Kaynak:** Türk Standartları Enstitüsü

Bu standartları basit cümlelerle bir örnek üzerinden anlatacak olursak; Örnek tehlike TS EN 12100'e Plastik Kırma makinesinin çalışır durumda iken üst gövdenin açılma tehlikesidir. Çözüm TS EN 13849'a göre risk azaltımı için siviç kullanılma uygulamasıdır. TS EN 13849'a göre riskin azaltımı siviç kullanılarak yapılmıştır. Şekil 3.3' de siviç uygulaması görülmektedir. Çalışanın güvenlik fonksiyonu siviç uygulaması ile Elektriksel tedbirler kapsamında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca "Risk graf" yöntemi ile risk performansı belirlenmiştir. Bu tehlikenin (Kapak açılmasının) bertarafı TS EN 61508'e göre de siviç uygulamasını elektrik/elektronik veya programlanabilir elektronik sistem kullanılarak kontrol altına alınabilir.



**Şekil 3.3:** Üst Gövde Siviç Uygulaması

Makine bazlı risk değerlendirmesi TS EN 12100'e göre risk azaltımı sırası ile aşağıda belirlenen adımlar uygulanır.

Makinenin limitleri belirlenir,

Tehlikeler tanımlanır,

Risk tahmini,

Risk değerlendirmesi,

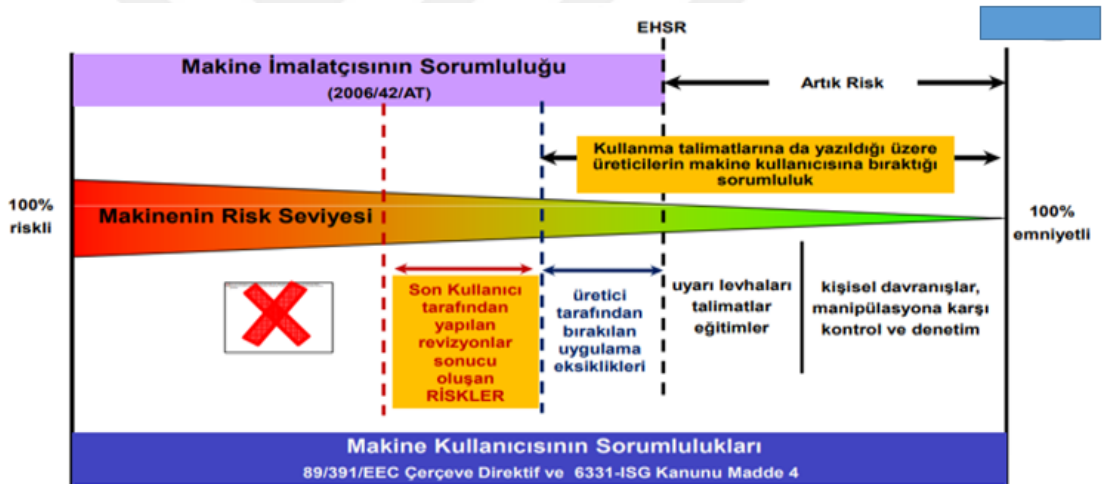
Risk yeterli miktarda azaltıldığı sorusuna cevap verilerek döngü devam edilir.

Şekil 3.4'de Risk azaltma adımları gösterilmiştir.



Şekil 3.4: TS EN 12100 Risk Azaltma Adımları

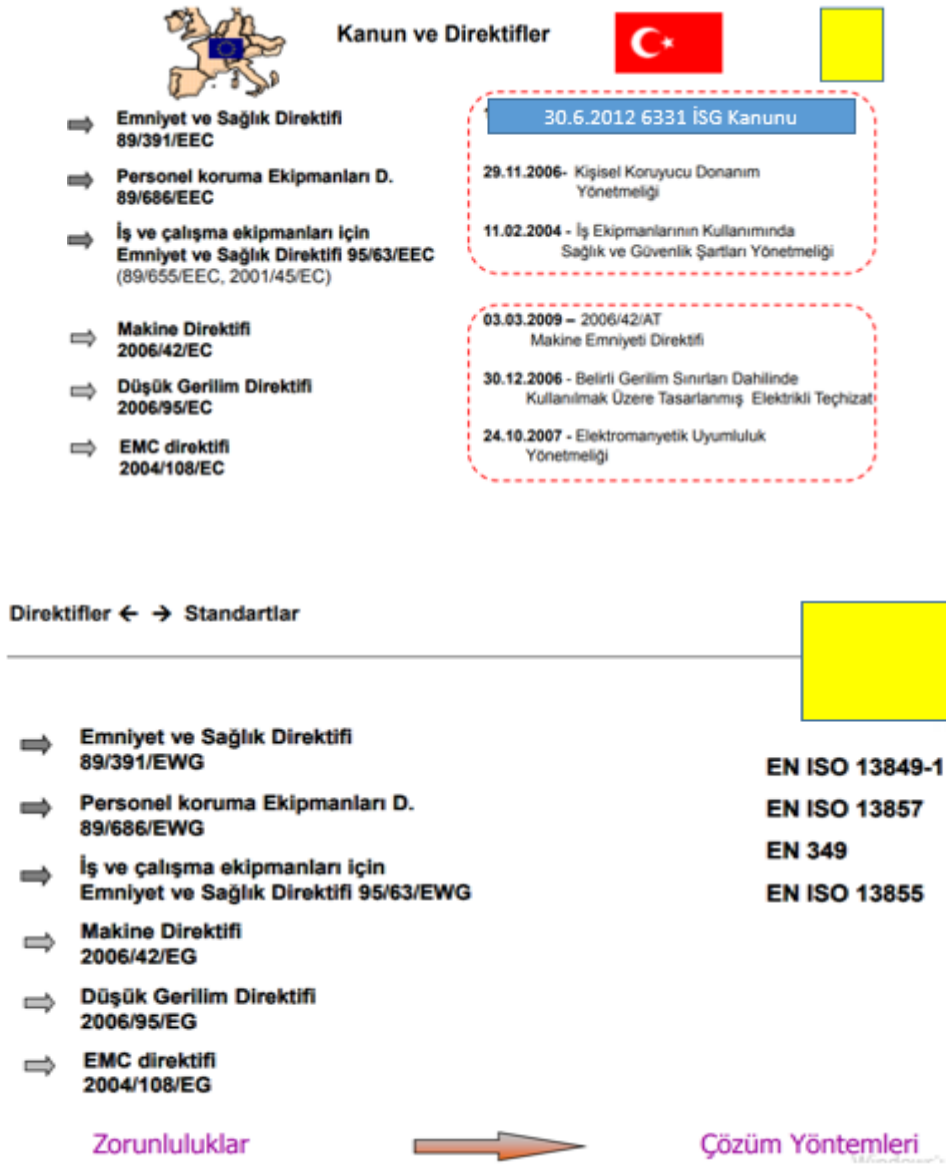
Makinelerde kaza olduktan sonra sorumluluğun paylaşılması (0-100 %) aralığında sorumluluk Şekil 3.5’de paylaşılmaktadır.



Şekil 3.5: Makine kaza sonrası sorumluluk paylaşımı

**Kasnak:** file:///C:/Users/TOSHIBA/Desktop/bsh\_necmi\_turer-sunum\_20130506.pdf

Makinelerde ve proseste risk fonksiyonlarının azaltımında kanun ve direktifler kılavuz görevi görmektedir.



**Şekil 3.6:** Kanun ve Direktifler

**Kaynak:**file:///C:/Users/TOSHIBA/Desktop/bsh\_necmi\_turer-sunum\_20130506.pdf

Şekil 3.6’da Avrupa’da ve Türkiye’de birbirinin karşılığı olan kanun ve direktifler verilmiştir. Örnek; olarak Türkiye’de Makine Emniyet Yönetmeliği Avrupa Birliğini 2006/42/EC sayılı Direktifine paralel olarak hazırlanmıştır.

### 3.4 Risk Yönetimi

İş güvenliğinde risk yönetimi önemli bir yere sahiptir. Risk yönetiminin temel amacı işletmelerin çalışma alanlarında meydana gelebilecek riskleri tanımlayıp, kaza olmadan çözümler üreterek proaktif yaklaşımlar üretmelidir. Günümüzün dünyası maliyetler çerçevesinde şekillendiği gerçeğinden yola çıkacak olursak;

risk yönetimi proaktif yaklaşımla yürütülmesinin, akılcı bir yaklaşım olduğunu söylemeye gerek yoktur.

Risk Yönetim Prosesi çalışma ortamdaki tehlikeleri belirleyen, onların kritik değişkenler ve fonksiyonlar üzerindeki etkilerini araştıran ve koruma amaçlı mekanizma veya stratejiler geliştiren bir tekniktir. Risk yönetim Prosesinin ihtiyaç duyulmasının sebebi işletmelerin amaçlarına ve hedeflerine erişmelerinde en etkin, en hızlı ve en güvenilir yolları araştırmaktır. Risk yönetim prosesi kendi içinde iki aşamaya ayırarak değerlendirmek gerekmektedir. Bunlar problemi tanımlama ve problemi çözme olarak değerlendirilir. Bu çalışmalar esnasında tehlikenin meydana gelme olasılığı ile meydana gelmesi durumunda şiddetinin derecesinin tayin edilmesi gerekmektedir. İşyerinde yapılan risk değerlendirme çalışmaları sonucunda, tespit edilen tehlikelerin olasılığı ve şiddeti göz önüne alınarak bir öncelik belirlenmesi yapılır ve değerlendirmeyi yapan teknik ekip tarafından önerilen önlemlerle riskin kabul edilebilir bir seviyeye indirilmesi sağlanır. Kişinin çalışmış olduğu ortamda ve çevresinde mevcut olan riskleri öncelikle belirleyip çalışana zarar vermeyecek şekilde dizayn eden sisteme Risk Yönetimi denir. (Özkılıç,2018 1-20)

Risk yönetim sürecinin her adımı birbirini tamamlayıcı durumundadır. Ayrıca bu sürecin sonunda var olan ve olabilecek tehlikelerin tespiti oluşan risk değerlendirmesinin doğru ortaya konması daha da önem arz etmektedir. Risk yönetimi üç noktaya odaklayacaktır. Bunlar birinci insan, ikincisi çevre ve üçüncüsü çalışılan işyeridir. Risk yönetim uygulamasının birincisinde var olan tehlikelerin bertaraf edilmesinde insan odaklı çözümlerin geliştirmelidir. İkincisinde yapılan işin çevre ile etkileşimi değerlendirilecek. Üçüncü ise çalışma ortamının öncelikle çalışanlar açısından sağlık ve güvenlik açısından şartların iyileştirilmesi için çözümler geliştirilmelidir.



**Şekil 3.7:** Risk Algılama Düzeyi

**Kaynak:** <https://slideplayer.biz.tr/slide/10369511/33/images/80/Risk+Alg%C4%B1lama+%28%C3%96nem%29+D%C3%BCzeyi+Tehlikenin+Kan%C4%B1ksanmas%C4%B1na.jpg>

Şekil 3.7’de çalışma alanlarında var olan tehlikeli durumlar zaman içerisinde alınıyor. Çalışma alanların tehlike ile çalışırken bu tehlikeler riske dönüşüncüye kadar adeta görmezden geliniyor. Risk oluştuğunda çalışan risk algısı aniden yükselmektedir. Oluşan kazadan sonra risk algısı belirli bir süreç içerisinde başlangıç noktasına geri dönmektedir. Risk yönetim sürecinin risk algılama algısının daima yüksek tutulmasının gereken bir çalışma olmalıdır.

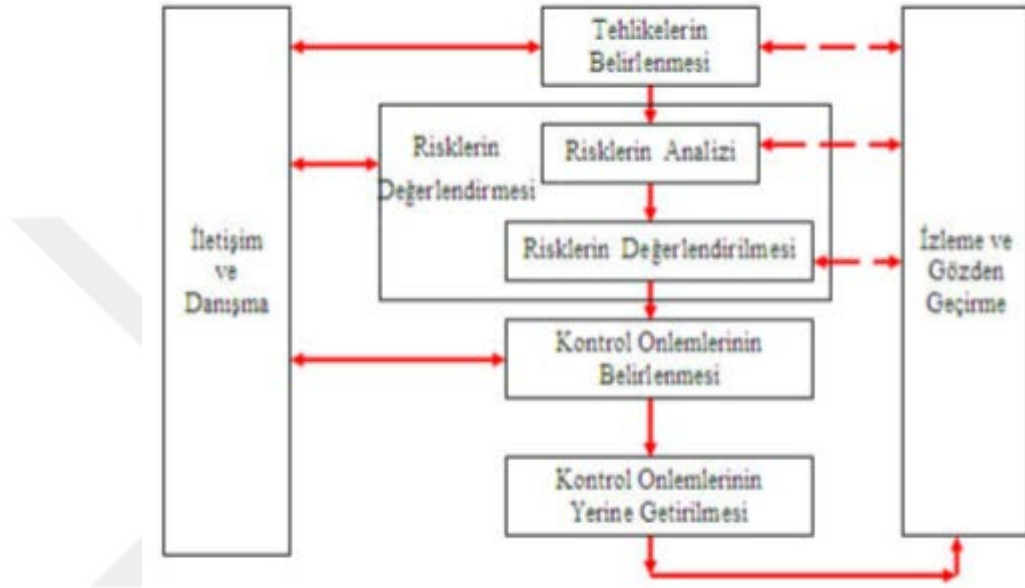
Şekil 3.8’de Risk yönetim prosesi adımları görülmektedir. İlk aşamada tehlikeler belirlenir ardında oluşan risk belirlenir. Ülkemizde yürürlükte olan 28512 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği tehlike tanımını “İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek, çalışanı veya işyerini etkileyebilecek zarar veya hasar verme potansiyeli” şeklinde ifade etmektedir. Aynı yönetmelik risk tanımını, “Tehlikelerden kaynaklanacak kayıp, yaralama ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimali” şeklinde ifade etmektedir. Yine aynı yönetmelikte risk değerlendirmesinin tanımı İşyerlerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gerekli çalışmalar” şeklinde ifade edilmiştir.(Şura Toptancı,2017)

Şekil 3.8’de görüldüğü gibi risk yönetim sürecinde başlangıcı olan tehlikenin tespitidir. Çalışma ortamında tespiti yapılan tehlikenin derecelendirilmesi de



tehlikenin belirlenmesi daha da önemlidir. Çalışma ortamında tehlikenin doğru tespit edilememesi kaza olasılığını artırır ve bunun sonucunda riskler oluşur.

Risk yönetim süreci risk değerlendirmesi yapılan iş kolunun uygun alan yeterliliği olan iş güvenliği uzmanı, işyeri hekimi, iş kolunda çalışan uzman yetkili ve işkolunda işveren ve risk değerlendirmesine katkı verecek tüm işyeri çalışanlarının katılımı ile yapıldığında doğru sonuç vereceği açıktır.



Şekil 3.8: Risk Yönetim Prosesi(Özkılıç,2018 1-20)

Kaynak:<http://egitim.druz.com.tr/indir/risk-analizi-ozlem-ozkilig>

### 3.5 Risk Değerlendirme Yöntemleri

Dünyada ve Ülkemizde çok farklı çalışma alanları mevcuttur. Bu alanda kabaca Gıda, Tarım, Endüstriyel üretim, Petrol ve Kimya, yurt içi ve dışı hava, kara ve deniz ulaşımı ve Savunma sanayi üretimi bulunmaktadır. İşletmelerde alanlarına göre az tehlikeli, tehlikeli çok tehlikeli olarak üç farklı tehlike gruplarına ayrılmıştır. İş yerlerinde yapılan işlerin durumuna göre, birçok tehlikeler bulunmaktadır. Bu tehlikeler, iş yerinin faaliyet durumu göz önüne alınarak en uygun risk değerlendirme yöntemi seçilir. Buradaki ana amaç, tehlikeleri net bir şekilde belirletip kaza ve yaralanmaları, iş ekipmanına gelecek zararları asgari seviyeye indirmektir.

İSG risk değerlendirmelerinde iki temel yaklaşım vardır. Bunlar proaktif yaklaşım ve reaktif yaklaşımdır. Proaktif yaklaşımda temel hedef, kaza olmadan

önce tedbirlerin ve faaliyetlerin yapılması ve uygulanmasıdır. Reaktif yaklaşım ise, kaza olduktan yapılan çalışma ve düzenlemelerdir. Artık günümüzde reaktif yaklaşım yerine proaktif yaklaşım ön plandadır.

Ceylan, risk değerlendirme yöntemleri ile ilgili şunları yazmıştır; Risk değerlendirme kavramı çalışılan ortamda var olan tehlikelerden kaynaklı riskleri belirlemek ve bu risklerin hangi seviyede olduğunu tespit edip ne yapılması gerektiğine kararlar verme sürecidir. Şu anda riskleri değerlendirmek için birçok teknikler mevcuttur. Bunlar sonuçları değerlendirme işlemi olarak kantitatif ve kalitatif iki gruba ayrılır. (Hüseyin Ceylan, 2011)

Risk yöntemleri ile ilgili literatür taraması yaptığımızda birçok yöntemler karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada kantitatif risk değerlendirmesi yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Risk değerlendirme yöntemlerini bir çizelgede gösterecek olursak;

### **Çizelge 3.3: Risk Değerlendirme Metotları**

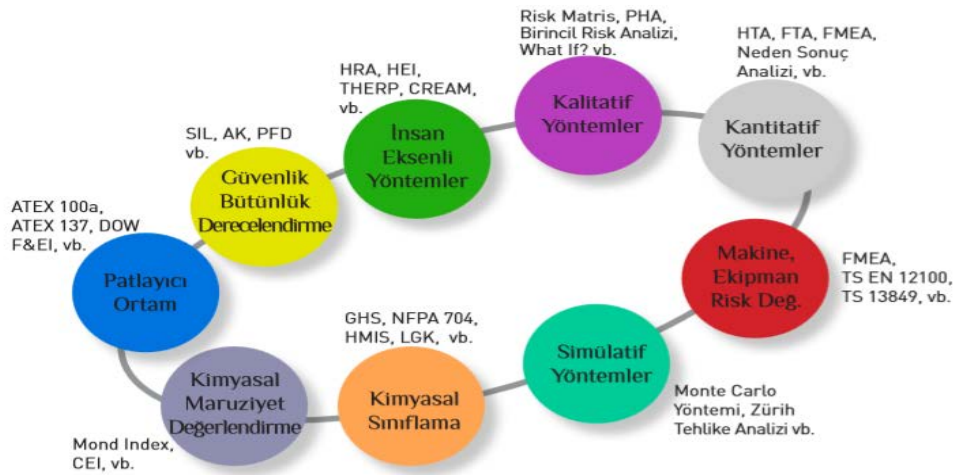
Numara	Risk Değerlendirme Analizi
1	Ön Tehlike Analizi
2	İş Güvenliği Analizi
3	Risk Analizi
4	İşlemleri İnceleme Tekniği
5	Birincil Risk Analizi
6	Risk Haritası
7	Hata Ağacı Analizi
8	Makine Risk Değerlendirmesi
9	Göreceli Sıralama- Dow ve Mond İndisleri Analizi
10	Tehlike ve İşletebilirlik Analizi
11	Hata Türleri, Etkileri ve Kritiklik Analizi
12	Olay Ağacı Analizi
13	İnsan Güvenliği Değerlendirmesi
14	İnsan Hata Oranı Tahmin Tekniği
15	Güvenlik Bariyer Diyagramları
16	Kinney Modeli
17	Yönetim Bakışı ve Risk Ağacı Analizi
18	Zürih Tehlike Analizi
19	Tehlike Erken Uyarı Modeli
20	Ortalama Sapma Tekniği
21	Risk Değerlendirme Tablo a) L Tipi Matris b) X Tipi Matris
22	Güvenlik Fonksiyon Analizi
23	İşlemleri İnceleme Tekniği
24	Enerji Analizi

**Çizelge 3.3:** (devam) Risk Değerlendirme Metotları

Numara	Risk Değerlendirme Analizi
25	Süreç/Sistem Kontrol Sistemi
26	Neden - Sonuç Analizi
27	Olursa Ne Olur? Analizi
28	Hiyerarşik Görev Analizi
29	İnsan Hatası Analizi

Çizelge 3.3’de yaklaşık yüz elli (150) tane risk değerlendirme yönteminden yirmi dokuz (29) tanesine yer verilmiştir. Bu yöntemlerin hepsinin kullanım alanları birbirinden farklıdır. Her risk değerlendirmesinin kendine özgü risk algılama ve değerlendirme şekli mevcuttur. Risk değerlendirme geçmiş yıllarda reaktif yaklaşımlarla değerlendirme yapılırken son yıllarda bu yaklaşımdan vaz geçilmiş onun yerine proaktif yaklaşıma geçilmiştir.

Bu çalışmada kalitatif risk değerlendirme yöntemlerinden olan Ön Tehlike Analizi, kantitatif risk değerlendirme yöntemlerinden FMEA ve TS EN 12100 ve 13849 standartları Makine Risk Değerlendirmede kullanılmıştır. Bu üç metodun uygulamasında proaktif yaklaşım ile değerlendirme yapılarak çözüm önerileri getirilmiştir. Şekil 3.9’de Risk Değerlendirme Metodolojilerinin Sınıflandırılması görülmektedir.



**Şekil 3.9:** Risk Değerlendirme Metodolojilerinin Sınıflandırılması(Özkılıç,2018 1-20)

### **FMEA (Hata Modu ve Etkileri Analizi)**

FMEA ilk kez Amerikan ordusu tarafından geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır (9/11/1949 MIL-P- 1629 nolu prosedür). İlk yıllarda yapılara bakıldığında;1960-1965 NASA, 1970-1975 ABD uçak sanayi, 1972 Ford Motor,

1975 Japon NEC, 1988 Chrysler, Ford ve General Motors tarafından kabul edilerek genel standart olarak benimsenmiştir. FMEA genelde kalite çalışmalarında ve yeni parça tasarımlarının oluşturulmasında uygulanmakla beraber süreç tasarımlarında da kullanılan kantitatif (Nicel) bir yaklaşımdır. (Kahraman ve Demirer, 2019: 53-68).

FMEA kedi içinde dört sistemi mevcuttur. Bunlar; Tasarım, Proses, Sistem ve Hizmet Fmea olarak uygulama alanı bulmaktadır. FMEA uygulamasını üretimi ve satışı yapılacak örnek üzerinden basite indirgeyerek anlatalım. Tasarım Fmea; Örnek üzerinden yapacak olursak ürünün (A-ürünü için) imalat aşamasına gelmeden önceki süreçte düzeltmelerin yapıldığı zaman aralığıdır. Proses Fmea; örneğe devam edilecek olursak üretimi yapılacak ürünün tasarımının imalat uygulamasında uyumsuzluklarından kaynaklanan hatalarının giderildiği zaman aralığıdır. Hizmet Fmea; örnekteki üretimi yapılan (A-Ürününün) piyasada kullanılmasındaki zaman aralığında artı ve eksilerinin değerlendirilmesi ve çözüm getirilmesi aşamasıdır. Sistem Fmea; Örnekteki (A- Ürününün) kullanım alanında sağladığı etkilerin irdelenip her yönü ile değerlendirilip çözüm üretilmesidir.

**Çizelge 3.4: FMEA metodunda şiddet etkisinin değerleri (Özkılıç,2005)**

Etki	FMEA Şiddetin Etkisi	Derece
Uyarısız Gelen Tehlike	Felakete yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	10
Uyarısız Gelen Tehlike Çok Yüksek	Yüksek hasara ve toplu ölümlere yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	9
Yüksek	Yüksek hasara ve toplu ölümlere yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	8
Orta	Ekipmanın tamamen hasar görmesine sebep olan ve ölüme, zehirlenme. 3. Derece yanık, akut ölümcül hastalık vb. etkiye sahip hata.	7
Düşük	Sistemin performansı etkileyen, uzuv ve organ kaybı, ağır yaralanma, kanser vb. yol açan hata	6
Çok Düşük	Kırık, kalıcı küçük iş görmezlik, 2. Derece yanık, beyin sarsıntısı vb. etkiye sahip hata	5
Küçük	İncinme, küçük kesik ve sıyrıklar, ezilmeler vb. hafif yaralanmalar ile kısa süreli rahatsızlıklara sebep olan hata	4
Çok Küçük	Sistemin çalışmasında yavaşlatan hata	3
Yok	Sistemin çalışmasında karmaşaya yol açan hata	2
	Yetki Yok	1

Çizelge 3.4: FMEA metodunda şiddet etkisinin derecelendirmeyi daha iyi anlayabilmemiz için şöyle bir örnek verebiliriz; Plastik Geri Dönüşüm sektöründe kullanılan proseste kullanılan makinelerin atık plastiği geri kazanılma sürecinde oluşan tehlikelerin şiddeti çoğunlukla yüksek derecededir.

Şekil 3.10’de Bir Atık Plastik Geri Dönüşüm işi yapan işletmelerde plastik kırma makinesinin rotor miline takılı olan volonların koruması olmadan çalıştırılmaları sonucu oluşan riskli değerlendirilim. Plastik kırma makinesinde ana motor rotorun dairesel hareketi kayış kasnak vasıtası ile sağlanır. Bu aktarma organının korumasız çalıştırılması çalışanın bu aktarma organına kapılma olasılığı yüksektir.



**Şekil 3.10:** Volanları Korumasız çalıştırılan Plastik Kırma Makinesi

Bu örnekte görüldüğü üzere tehlikede şiddeti değişmez olasılık değişir. Tehlikenin oluşturduğu şiddetin etkisi değiştirilemez ama olasılık derecesi sıfırlanarak şiddet faktörü etkisizleştirilir. Kısaca söyle söyleyebiliriz; Kazanın olma olasılığı varsa şiddet ortaya çıkar. Şiddet etkisi arttıkça derecesi artar (1-10) arasında derecelendirilir. Şiddet etkisi azaldıkça derecesi azalır (10-1) arasında derecelendirilir.

Ülkemizde iş sağlığı ve güvenliği kültürünün her geçen yıl ülke ekonomisi ile doğru orantıda gelişme göstermektedir. Atık Plastikleri dönüştürülmesinde kullanılan makinelerde olan kazalarda uzuv kopmaları ve ölümlü kaza iş kazaları olabilmektedir. Bu kazalarda şiddet derecesinin yüksek olmasına karşın, söz konusu olayın meydana gelme sıklığı çok düşük olduğu için ikisinin çarpımı olan “risk büyüklüğü” düşük çıkabilmektedir. Bu durumda, “risk büyüklüğü” değerinin gerçek riski ifade edememe tehlikesi ortaya çıkabilir.

Risk değerlendirmesi yaparken önemli olan bir nokta da alacağımız önlemlerden sonra, Şiddetin derecesinin aynı kalmasıdır. Yani alacağımız önlem veya önlemler Şiddetin etkisini değil kazaya meydan verecek olan ihtimali düŐüdüęü için Şiddetin derecesi değişmediği halde Şiddet faktörünün etkisi ortadan kalkmıŐ olacaktır.

**Çizelge 3.5:** FMEA metodunda olasılık etkisinin değerleri(Özkılıç, 2007)

FMEA			
Hata Olasılığı	Hatanın İhtimali		Derece
Çok Yüksek: Kaçınılmaz Hata	1/2' den fazla	%50,000	10
Çok Yüksek: Kaçınılmaz Hata	1/3	%33,333	9
Yüksek: Tekrar Tekrar Hata	1/8	%12,500	8
Yüksek: Tekrar Tekrar Hata	1/20	%5,000	7
Orta: Ara Sıra Olan Hata	1/80	%1,250	6
Orta: Ara Sıra Olan Hata	1/2.00	%5,000	5
Düşük: Nispeten Az Olan Hata	1/12.000	%0,0500	4
Düşük: Nispeten Az Olan Hata	1/15.000	%0,0060	3
Pek Az: Olası Olamayan Hata	1/150.000	%0,0006	2
Pek Az: Olası Olamayan Hata	1/1.500.000'de düşük		1

Çizelde 3.5'de olasılık derecelendirilmesi 10'dan 1' e doğru azaldığı görülmektedir. Örnek olayda tehlikenin meydana gelme olasılığı yüksek deęerlendirmiŐtik.

**Çizelge 3.6:** FMEA metodunda fark edilebilirliğin etkisinin değerleri

FMEA		
Fark edilebilirlik	Fark edilebilirlik olasılığı	Derece
Fark Edilemez	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hata keŐfedebiliŐi mümkün değ.	10
Çok Az	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hata keŐfedebiliŐi çok uzak	9
Az	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hata keŐfedebiliŐi uzak	8
Çok Düşük	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hata keŐfedebiliŐi düşük	7
Düşük	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hata keŐfedebiliŐi çok düşük	6
Orta	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hata keŐfedebiliŐi orta	5
Yüksek Ortalama	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hata keŐfedebiliŐi yüksek ortalama	4
Yüksek	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hata keŐfedebiliŐi yüksek	3
Çok Yüksek	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hata keŐfedebiliŐi çok yüksek	2
Hemen hemen kesin	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hata keŐfedebiliŐi hemen hemen kesin	1

Çizelge 3.6 incelediğimizde FMEA risk değerlendirmesinde var olan veya var olabilecek tehlikeyi önceden fark etmenin riskin oluşmasını önlemede önemli olduğu bir gerçektir. Değerlendirme ekibinin teknik bilgi ve tecrübesi ile Fark edilebilirlik skalasının doğru kullanılması tehlikenin kolayca ortadan kaldırılmasına olanak sağlayacaktır.

**Çizelge 3.7: FMEA Metodunda RÖS Değerlendirme Tablosu**

RÖS Değeri	FMEA- Önlem
Rös<20	İlgili durumu bildir
20<Rös<40	Kontrolleri ve işbaşı eğitimleri artır
40<Rös<100	Kontrol sistemini gözden geçir ve eğimi ver
100<Rös<250	Öncelik olanlardan başlayarak önlemleri planla ve al
250<Rös	İşi durdur hemen önlem al sonra çalışılmasına müsaade et

Çizelge 3.7’ de Yapılan risk değerlendirmesinden sonra çıkan skorlar ışığında ilgili aralığa göre çözüm değerlendirmesinin yapıldığı tablodur. En küçük aralık RÖS <20 ile en büyük aralık 250<RÖS aralığındadır.

### **3.5.2 Tehlike derecelendirme numarasi sistemi (hazard rating number system)**

Plastik Geri dönüşüm sektöründe kullanılan en tehlikeli makine “Plastik Kırma Makine” dir. Plastik kırma makinesinde elle besleme yapılırken elin dönen rotora kaptırılması, uzuv kopmaları ve ölümlü iş kazalarına neden olmaktadır. Bu tehlike makine bazlı risk değerlendirmesi ile değerlendirilmiş ve çözüm önerilmiştir.

HRNS Makine bazlı risk değerlendirme skalalarını incelediğimizde; OMGO:LO (Olayın meydana gelme olasılığı(0,003-15)), TBBS:FE(Tehlikeli bölgede bulunma sıklığı(1-5)), OYŞ:DPH(Olası yaralanmanın şiddeti(0,1-15)), RAKKS:NP (Risk altında kalan kişi sayısı(1-12))ve Sonuç değerlendirme(0,11-501) şeklinde görülmektedir. Çizelge 3.8 ve 3.9’da tehlikenin değerlendirmesinde kullanılan skalalar verilmiştir.

**Çizelge 3.8:** Tehlike Derecelendirme Numarası Sistemi

HRNS=OMOO x TBBS x OYŞ x RAKKS						
Olayın meydana gelme olasılığı		Tehlikeli bölgede bulunma sıklığı		Olası şiddeti	yaralanmanın	Risk altında kalan kişi sayısı
<b>0,003-</b> Neredeyse imkansız		<b>0,5-</b> 1	Yılda	<b>0,1-</b> sıyrılması	Çizilme,	<b>1</b> kişi
<b>1-</b> Çok zor olasılık		<b>1-</b> 1	Ayda	<b>0,5-</b> yırtılma	Kesilme,	<b>2</b> kişi
<b>1,5-</b> Zor olasılık		<b>1,5-</b> Haftada 1		<b>1-</b> kırılması (parmak)	Küçük kemik	<b>4</b> kişi
<b>2-</b> Olası		<b>2,5-</b> Günde 1		<b>2-</b> kırılması (el, kol, bacak)	Büyük kemik	<b>8</b> kişi
<b>5-</b> Muhtemelen		<b>4-</b> 1	Saatte	<b>4-</b> kaybı	1 veya parmak	<b>12</b> kişi
<b>8-</b> Mümkün		<b>5-</b> Sürekli		<b>8-</b> El kol, bacak kaybı, tamamen işleme veya görme kaybı		
<b>10-</b> Yüksek ihtimalle				<b>10-</b> 2 el, kol, bacak kaybı, tamamen işitme veya görme kaybı		
<b>15-</b> Kesin				<b>12-</b> Ciddi kalıcı hastalık		
				<b>15-</b> Ölümcül		

**Kaynak:** Tehlike Derecelendirme Numaraları (Türer.2013: 1-94)

Çizelge 3.8 Görüldüğü üzere HRNS Metodu ile RAKKS=NP işaret ettiği TBBS = FE değiştirilmesi gereken skalalardır. Makinenin içine elle besleme yaparken en önemli tehlike, çalışanın elini dönen rotora kaptırması sonucu makine içine çekilmesi tehlikesidir. Bu tehlike bize şunu söylüyor, çalışanı tehlikeli bölgeden aldığın anda risk etkisiz hale gelir diyor. Kırma makinesinin bir bıçağında oluşan kesme kuvveti 2250N olarak hesaplanmıştır. Bir insanın bu kadar büyük bir kuvvete karşı koyması mümkün olmayacağı açıktır.



**Çizelge 3.9:** Tehlike Derecelendirme Numarası Sistemi

HRNS	Risk	Açıklama
0-1	İhmal Edilebilir Risk	Mevcut durumda sağlık ve güvenliği tehlikeye alacak risk yok, ilave emniyet tedbirlerine ihtiyaç yok
2-5	Çok Düşük Risk	Mevcut durumda sağlığı ve güvenliği tehlikeye atan çok az risk var, ilave olarak kayda değer bir emniyet tedbirine gerek olmayabilir. Personel koruma ekipmanları ekipmanları kullanılabilir ve eğitimlerle risk azaltılabilir.
6-15	Düşük Risk	Az da olsa risk vardır. Emniyet tedbirleri için gerekli kontrol ekipmanlarının kullanılması önerilmektedir.
16-50	Dikkate Değer Risk	Emniyet tedbirlerinin alınmasını gerektirecek seviyede risk vardır. İlk fırsatta bu tedbirler uygulanmalıdır.
51-100	Yüksek Risk	Acil olarak emniyet tedbirlerinin alınmasını gerekecek kadar potansiyel tehlike vardır. Bu tedbirler acil olarak uygulanmalıdır.
101-500	Çok Yüksek Risk	Çok acil olarak emniyet tedbirleri alınmalı. İlgili yönetim birimleri haberdar edilmelidir.
501-	Aşırı Yüksak Risk	Çok acil olarak emniyet tedbirleri alınmalı, yeterli kontrol tedbirleri alınmaya kadar ekipmanlar kullanılmalı, insanlar uzak tutulmalı ve ilgili yönetim birimleri haberdar edilmelidir.

**Kaynak:** Tehlike Derecelendirme Numarası Sonuç Değerlendirme (Türer.2013: 1-94)

**Kaynak:**file:///C:/Users/TOSHIBA/Desktop/bsh\_necmi\_turer-sunum\_20130506.pdf

Çizelge 3.9'de Makine bazlı risk değerlendirilmelerinin yapıldığı metodolojisinin Tehlike Derecelendirme Numarası Sisteminin (HRNS) değerlendirme tablosu görülmektedir. Bu tabloda skalaların en düşüğü (0-1) ve en yükseği ise (501-) olarak karşımıza çıkmaktadır.

### **PHA ön tehlike analizi (Preliminary Hazard Analysis)**

Araştırmada risk seviyelerinin belirlenmesinde ön tehlike analizi ve risk matrislerinin temellerini oluşturan ABD askeri standartlarından MIL-STD-882'den faydalanılmıştır. Ön Tehlike Analizi, tasarım aşamaları ya da diğer metotlara taban oluştur. Bu metot hızlı uygulaması olan kalitatif risk değerlendirmesidir.

**Çizelge 3.10: Ön Tehlike Analizi(PHA) Şiddet faktörünün derecesi**

ŞİDDET KATEGORİLERİ		
Açıklama	Siddet Kategorisi	Kaza Sonuç Kriteri
Katastrofik	1	Şunlardan bir veya bir kaç ile sonuçlanabilir: ölüm, kalıcı sakatlık, geri alınamaz önemli çevresel etki ya da 10 Milyon dolar ve üzeri parasal kayıp.
Kritik	2	Şunlardan bir veya bir kaç ile sonuçlanabilir: ölüm, kalıcı sakatlık, en az üç çalışanın hastaneye yatması ile sonuçlanacak meslek hastalığı, geri alınabilir önemli çevresel etki ya da 10 Milyon dolardan az olmak üzere 1 Milyon dolar ve üzeri parasal kayıp.
Sınırdadır	3	Şunlardan bir veya bir kaç ile sonuçlanabilir: bir veya daha fazla kayıp iş günü ile sonuçlanabilecek yaralanma ya da meslek hastalığı, geri alınabilir orta düzey çevresel etki ya da 1 Milyon dolardan az olmak üzere 100 bin dolar ve üzeri parasal kayıp.
Önemsiz	4	Şunlardan bir veya bir kaç ile sonuçlanabilir: kayıp iş günü ile sonuçlanmayan yaralanma ya da meslek hastalığı, asgari çevresel etki ya da 100 bin dolardan daha az parasal kayıp.

Çizelge 3.10'da gösterilen şiddet faktörünün 1-4 arasında derecelendirilir. Plastik Kıрма Makinesinde üçüncü tehlikeli durum; makinelerinde çalışma alanında gürültünün oluşmasıdır. Bu örnek olayda olasılık ve şiddet faktörlerinde şiddet faktörü bağımlı değişkenken olasılık faktörü bağımsız değişkendir.

**Çizelge 3.11: Ön Tehlike Analizi(PHA) Olasılık faktörünün derecesi**

OLASILIK SEVİYELERİ			
Açıklama	Seviye	Belli tekil öğeler	Durum
Sık sık	A	Bir öğenin ömrü boyunca sık sık olması	Sürekli yaşanan muhtemel
Olası	B	Bir öğenin ömrü boyunca birkaç kez meydana gelir.	Sıklıkla yaşanabilecek meydana gelir.
Ara sıra	C	Bir öğenin ömrü boyunca bazen meydana gelir.	Bir defa yaşanabilecek meydana gelir.
Uzak Olasılık	D	Beklenmeyen ancak bir öğenin ömrü boyunca meydana gelmesi mümkün olan	Muhtemel olmayan ancak makul surette meydana gelmesi beklenebilir olan
Beklenmedik	E	Hiç beklenmeyen, bir öğenin ömrü boyunca meydana gelmeyeceği kabul edilebilir.	Meydana gelmesi muhtemel olmayan ancak mümkün olan
Kaldırılmış	F	Ortaya çıkması mümkün olmayan Bu seviye potansiyel tehlikeler tanımlanıp sonra ortadan kaldırıldığında kullanılır.	Ortaya çıkması mümkün olmayan Bu seviye potansiyel tehlikeler tanımlanıp sonra ortadan kaldırıldığında kullanılır.

Çizelge 3.11’de gösterilen olasılık faktörünün (A-B-C-D-E-F) arasında derecelendirilir. Tehlikenin varlığı olasılığın meydana çıkmasına sebep olur. Bu durumda tehlike bağımsız olasılık ise bağımlı değişken konumundadır.

**Çizelge 3.12:** Ön Tehlike Analizi(PHA) Metodunda Risk Değerlendirmesi

RİSK DEĞERLENDİRMESİ MATRİSİ				
	Katastrofik (1)	Kritik (2)	Sınırdan (3)	Önemsiz (4)
Sık sık (A)	Yüksek	Yüksek	Ciddi	Orta
Olası (B)	Yüksek	Yüksek	Ciddi	Orta
Ara sıra (C)	Yüksek	Ciddi	Orta	Düşük
Uzak olasılık (D)	Ciddi	Orta	Orta	Düşük
Beklenmedik (E)	Orta	Orta	Orta	Düşük
Kaldırılmış (F)	Kaldırılmış			

Çizelge 3.12’de görülen Ön Tehlike Analiz Metodunda yapılan risk değerlendirmesinin sonuçlarına göre tablodan düşük, orta, ciddi ve yüksek olarak değerlendirilir. Burada olasılık ve şiddet faktörleri bileşkesinde risk faktörü oluşmaktadır.



#### **4. UYGULAMAMALAR**

Türkiye’de Atık Plastik Geri Dönüşüm Sektöründe değişik kapasitelerde dönüşüm işletmeleri mevcuttur. Bu çalışmada atık plastiklerin geri kazanılmasına yönelik çalışma yapan beş işletmede makine bazlı risk değerlendirmesi üç farklı metolla yapılmıştır.

##### **4.1 Atık Plastikleri Geri Dönüşümünde Kullanılan Plastik Kırma Makinesinde Risk Değerlendirmesi**

Günümüz dünyasında polimer malzemelerin kullanımının artmasıyla birlikte, plastik malzemeler günlük yaşantımızda giderek artan bir yere sahip olmuştur. Buna karşılık plastiklerin tabiattaki yok olma sürelerinin uzunluğu nedeniyle, geri kazanılmaları üzerine yapılan bilimsel araştırmalar ve teknolojik gelişmeler her geçen yıl artarak devam etmektedir. Ülkemizde Plastik Geri Dönüşüm sektörü geçen 30 yıllık süreçte büyük gelişim göstermiştir. Bu gelişim geri dönüşüm sektörüne makine ve ekipman yapan makine sektörünün de gelişmesine sebep olmuştur. (Özkılıç, 2016: 20-24)

Makine teknolojileri atık plastiğin geri dönüştürülmesi yoluyla ekonomik değer haline dönüşmesi sağlanabilmektedir. Bu durum, plastik geri dönüşüm sektörünü ve bu sektörde kullanılan makine aksamalarının çeşitlenmesine kapasitelerinin artmasına neden olmuştur.

Geri dönüşüm birbirini takip eden bir dizi faaliyet, başka bir deyişle de bir proses uygulanmaktadır. En basit anlatımla atığın tekrar kazanılması şu aşamalardan geçmesi ile mümkündür; Kullanım ömrünü tamamlamış ekonomik değeri olan atık plastikleri kimlerin topladığına bakıldığında; sokak toplayıcıları (bütün atıkları toplayan 500 bin kişi), küçük ve orta boy işletmeler( bütün atıkları toplayan bir milyon işletme), vakıflar ve belediyelerdir. (Yetim,2014: 12-15) Şekil 4.1’de Sokak toplayıcıları ve küçük boy işletmeler gösterilmiştir.

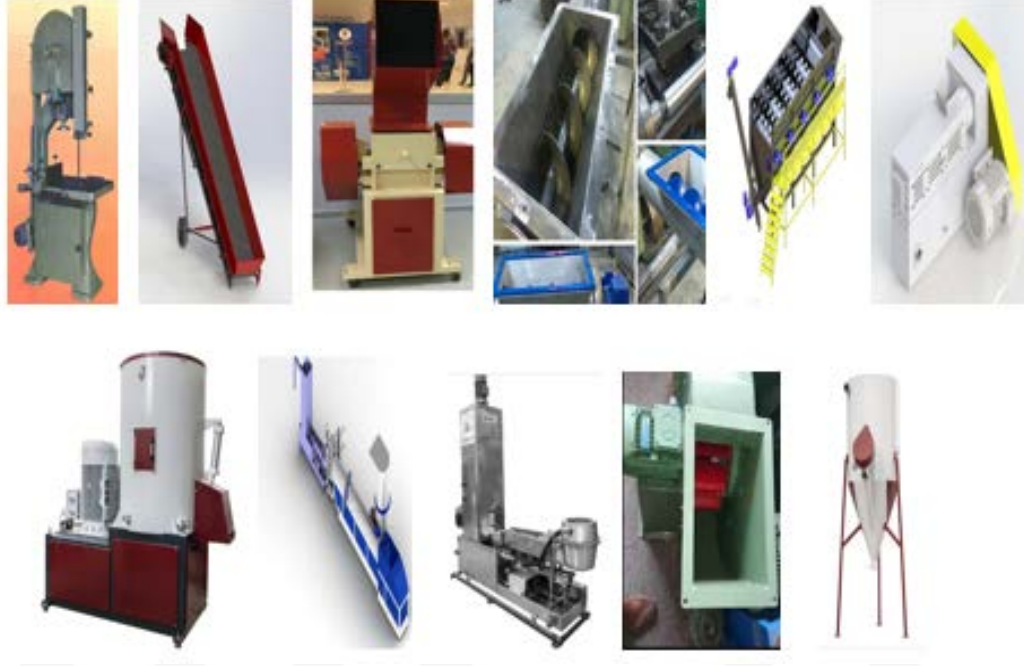


**Şekil 4.1:** Sokak toplayıcıları ve küçük boy işletmeler

**Kaynak:** Proceedings Book International Congress on Engineering and Architecture (2018) 237-243

Atık plastiğin geri kazanılma sürecini kısaca inceleyerek şu aşamalardan geçerek döngü tamamlanır. Toplanan atık plastiğin cinsine göre ayrıştırma yapılır. Ayrıştırılan plastik kırma makinesinde kırılarak çapak haline getirilir. Plastik kırmada kirli olarak kırılan plastik çapak yıkama havuzunda yıkanarak temizlenir. Yıkama havuzundan taşıyıcı helezonla sıkma makinesine aktarılan plastik çapak sıkıştırma yolu ile susuzlaştırma işlemi yapılır. Sıkma makinesinden taşıyıcı helezon marifeti ile agromele aktarılan plastik çapak bu makinede kurutulur. Kurutulmuş çapak taşıyıcı helezon ile ekstrüderin huni olarak adlandırılan kısmına aktarılır. Huniden kovana gönderilen kurutulmuş çapak, kovanda ısıtılır eriyen çapak kovan içindeki vida elemanı vasıtasıyla eriyik hale iken kafadan kesme mekanizması ile tespah tanesi büyüklüğünde kesimi yapılır. Kafadan kesmenin yapıldığı anda su ile soğutma yapılır. Soğutmanın su ile yapılmasından dolayı santrafünde susuzlaştırma yapılarak fan marifeti ile depolama silosuna gönderilir. Depolama alanından enjeksiyon, şişirme ve bunlara benzer makinelerde tekrar ürün imalatı yapılmak üzere dağıtımı yapılır.(Yalman vd. ,2018:237-243)

Yukarıda çalışma sıralaması anlatılan prosesin Şekil 4.2’de görselleri sırayla verilmiştir. Şerit testere, Taşıyıcı bant, Plastik kırma makinesi, Taşıyıcı helezon, Yıkama havuzu, Sıkma makinesi, Agromel makinesi, Extruder makinesi, Kafadan kesme ekipmanı, Salyangoz fan ve Depolama haznesi şeklinde çalışma prosesi kullanılmaktadır.



**Şekil 4.2:** Atık Plastik Geri Dönüşümü yapan küçük boy işletmeler bulunan makineler

**Kaynak:** Proceedings Book International Congress on Engineering and Architecture (2018) 237-243

#### **Plastik kırma makinesinde tasarım, kullanım ve bakımdan kaynaklı tehlikeler**

Plastik geri dönüşüm sektöründe “Plastik kırma makinesi” plastik geri dönüşüm işi yapan işletmelerde en tehlikeli makine olduğu gözlenmiştir. Var olan kazalarda uzuv kopmaları ve ölümlü kaza sonuçlarının doğabileceği ve önlemler alınması gerekliliği tespit edilmiştir. Bu çalışmada plastik kırma makinelerinde elle besleme yapılarak yapılan çalışmalarda ölümlü sonuçlanabilecek tehlike tespiti yapılmış çözüm önerileri sunulmuştur. Atık Plastiklerin sanayiye kazandırmasında dönüşümün yapıldığı prosesinde Şerit testere, Taşıyıcı bant, Plastik kırma makinesi, Taşıyıcı helezon, Yıkama havuzu, Sıkma makinesi, Agromel makinesi, Extruder makinesi, Kafadan kesme ekipmanı, İletici fanı ve

Depolama haznesi gibi makineler kullanılmaktadır. Bu proseste en tehlikeli makine olarak yaptığı işlev itibari ile plastik kırma makinesi gelmektedir.

Sistemde yer alan makine ve makine gruplarından kaynaklanan tehlikeler aşağıda, yanlarında “tehlike numaraları (PKMT<sub>i</sub> )” gösterilmiş olarak verilmektedir.

**Çizelge 4.1:** Plastik Kırma makinesinde Tasarım, Kullanım ve Bakımdan kaynaklı Tehlikeler

Eylemin Adı	Tehlike
[PKMT1]Plastik Kırma makinesinde elle besleme çalışması.	<b>Makine içine elle malzeme atıp kırma yaparken elin dönen rotora kaptırılma sonucu oluşan (sebebi elin veya ayağın, kırılan malzemeye sarılması ile içeri çekilmesi) tehlikedir.</b>
[PKMT2]Plastik Kırma makinesinde korumasız çalışma.	<b>Makinenin volan kısımlarının korumasız çalıştırılması sonucu çalışanın sarılma el ve uzuv kopma tehlikeleridir.</b>
[PKMT3]Plastik Kırma makinesinin gürültülü çalışması.	<b>Plastik kırma makinelerinde çalışma anında gürültülü oluşmaktadır. Bu durum duyu kayıplarına yol açmaktadır.</b>
[PKMT4]Plastik Kırma makinesinin tozlu ortam yaratması.	<b>Makinede elle malzeme kırılması sırasında ortamda oluşan tozun çalışanın sağlığını etkilemektedir.</b>
[PKMT5]Plastik Kırma makinesinin çalışması sırasında kapak açılması.	<b>Makine çalışırken üst kapağın açılmasından dolayı istenmeyen iş kazaları olabilir.</b>
[PKMT6]Plastik Kırma makinesinin dairesel hareket eden rotora bağlı kesici bıçakların kırılması.	<b>Plastik malzeme kırarken, kırılan plastiğin içine karışan metal parçaların, rotor üzerinde bağlı kesici bıçaklarının kırılmasının sonucu meydana gelen(çalışana metal çapması) tehlikedir.</b>
[PKMT7]Plastik Kırma makinesinde yanlış pozisyonda çalışma.	<b>Kırma işlemi yapılırken davlumbazın tam karşısında çalışılması sonucu çalışanın yüzüne ve gözüne gelen parçaların (plastik çapak) çarpması tehlikesidir.</b>



Çizelge 4.1’de Plastik Kırma Makineleri için, yedi adet tasarım, kullanım ve bakımdan kaynaklı tehlikenin belirlendiği görülmektedir. Söz konusu tehlikeler ve bunların giderilmesine yönelik çözüm önerileri takip eden kısımda açıklanmaktadır.

#### 4.2 Plastik Kırma Makinesinde Belirlenen Tehlikeler ve Çözüm Önerileri

**Belirlenen birinci tehlike(PKMT1)**, Plastik Kırma Makinede davlumbaz kısmından elle malzeme beslemesi yaparken elin (600 devir/ dakika) dönen rotora kapılma (sebebi elin veya ayağın, kırılan malzemeye sarılması ile çalışanın rotor içeri çekilmesi) tehlikesidir. Bu polimer malzemesin kesilmesi üç kademeli rotorun tek bir kademesinin uyguladığı kesme kuvveti malzemenin cinsine (Poliyeten düşük yoğunluk kayma gerilmesi 4,5 Mpa) ve ebatlarına (500x1) göre hesaplanır. Örnek 1000mm’lik gövde genişliği olan bir plastik kırma makinesinde poliyetenin verilerine göre, oluşan kesme kuvveti 2250N’ dir. Kesme kuvveti ile oluşan 562500Nmm tork oluşmaktadır. Bu veriler ışığında minimum 35 kw motor gücü ve dairesel hareketi 1450 devir/dakika olan bir mekanizmanın içine düşen çalışanın hayatını kaybetmesi kaçınılmazdır. Şekil 4.3’de verilen fotoğraflarda, korumasız olarak çalışan bir işçi, kırma makinesinin rotor hareketi ile yüklemenin taşıyıcı bant kullanılarak yapılması durumları gösterilmektedir.



a) Elle çalışma

b) Rotorun çalışma durumu

c) Taşıma bantı

**Şekil 4.3:** Taşıma bantsız ve banlı aksam makineler

Plastik kırma makinelerinin en büyük tehlike yaratan kısmı dairesel (600devir/dakika) halindeki rotor kısmında meydana gelebilmektedir. Gövde genişliği (500-1500)mm ve üzeri plastik kırma makinelerde plastik kırma işlemi kesinlikle taşıyıcı bant sistemi kullanılmadan yapılmamalıdır. Taşıyıcı bant sistemi olmadan, elle çalışma yapılması ölümlü kazaların önünü açacaktır. Makine Bazlı Risk Değerlendirmesi olan (HRNS) metodu ile değerlendirme yapıldığında; Tehlikenin ortadan kaldırılmasında Şekil 4.3c'de görülen taşıyıcı bant kullanılması çalışanları tehlike alanından uzaklaşmasına yani (RAKKS) ortadan kalkmasına neden olacaktır. RAKKS sıfırlanması TBBS' ninde sıfırlanmasına sebep olmuştur. RAKKS ve TBBS ortadan kalkması OMGO' nı ortadan kaldırmıştır. Bu üç değer etkisizleşmesi OYŞ' nin sayısal değerinde değişme olmadığı halde OYŞ' nin varlığının bir etkisi kalmamıştır.

TDNSD = (3)OMGO(OMGO'nun varlığı değişmediği halde sayısal değeri en düşük seviyeye düşer.) X(2)TBBS(RAKKS'nin ortadan kalkması kişi sayısının TBBS'ninde ortadan kalkmasını sağlar.)X(1)RAKKS(Taşıyıcı bant kullanılması(RAKKS)ortadan kaldırır) X(4) OYŞ(OYŞ'nin varlığı ve sayısal değişmez.) .

**İkinci önemli tehlike(PKMT2)**, makinenin volan kısımlarının korumasız çalıştırılması sonucu çalışanın sarılma el ve uzuv kopma tehlikeleridir. Plastik kırma makinesinde kesici bıçakların bağlı olduğu rotora dairesel hareket sağlayan, kasnak ile volan kısımlarının korumasız çalıştırılması halinde el ve diğer uzuv kopmaları meydana gelmektedir. Bazı durumlarda korumalar yetersiz kalabilmektedir. Şekil 4.4'de verilen şekillerde, korumasız aksam, yetersiz koruma ve sabit korumalı menteşe sistemi verilmiştir. Güvenli makine ortamının oluşturulması için korumaların tam güvenlik sağlayacak şekilde tasarlanması ve üretimi yapılmalıdır. (Yalman, vd. , 2018:237-243)



a) Korumasız dönen aksam b) Yetersiz koruma c) Sabit menteşeli koruma

**Şekil 4.4:** Korumalı ve korumasız makineler

**Üçüncü önemli tehlike(PKMT3)**, plastik kırma makinelerinde çalışma anında gürültülü oluşmaktadır. Bu durum duyu kayıplarına yol açmaktadır. Plastik kırma makinesinde genelde küçük işlemlerde ürün basan işletmelerde elle besleme yapılarak çıkan yolluk ve sakat ürünler tekrar kırılmaktadır. Plastik kırılırken makine kırılan malzemeye göre değişmekle birlikte 95- 110 db gürültü çıkmaktadır. İşitme duyusunun korunması için “Ses yalıtımlı makine” ve “Manşon tipi” 32-35 db’ lik EN 352-1,EN 352-2,EN 352-3 Standardına göre kulaklık kullanılmalıdır. Şekil 4.5’de Gürültülü ortam çalışan, ses yalıtımlı Makine ve manşon tipi kulaklık görülmektedir.



a) Makine gürültü      b) Ses yalıtımlı Makine      c) Manşon tipi 32-35 db

**Şekil 4.5:** Gürültülü ortam, ses yalıtımlı makine ve kulaklık

**Kaynak:**<https://www.hastek.com.tr/dosyalar/2018/8/plastik-kirma-makineleri-50758.jpg>

**Dördüncü önemli tehlike(PKMT4),** Makinede elle malzeme kırılması sırasında ortamda oluşan tozun çalışanın sağlığını etkilemektedir. Plastik kırma makinelerinde çapak üretimi sırasında kırılan malzemesinin cinsine bağlı olmak şartı ile değişik büyüklükte toz partikülleri meydana gelmektedir. Çalışan tarafından solunduğunda Pnömonyoz olarak adlandırılan meslek hastalığına sebep olabilmektedir. Çözüm olarak makinenin kendi üzerinde plastik emici fanın plastik ile birlikte tozu da çeken depolama silosu kullanarak uygulama yapılmalıdır. Ayrıca FFP1,FFP2 TOZ MASKESİ kullanır. EN 149 standardı toz maskesi kullanılır. Şekil 4.6' da Tozlu ortam ve toz maskesi ve ekipman görülmektedir.



Şekil 4. 6: a) Tozlu ortam. b) Toz maskesi ve ekip man. c) Toz maskesi

**Beşinci önemli tehlike(PKMT5)**, makine çalışırken üst kapağın açılmasından dolayı istenmeyen iş kazaları olabilir. Makine çalışırken üst kapağın açılmasından dolayı istenmeyen iş kazaları olabilir. Üst kapağın (2-3) milimetre açılması durumunda ana motorun elektrik akımını kesmesini sağlayan alt ve üst gövde arasında siviç kullanılmalıdır. Makinenin çalışırken fazla malzeme beslemesinden dolayı makine durmakta ve üst kapak açılarak temizlik yapılmak zorunda kalınmaktadır. Bu durumda da üst kapak açıldığı anda ana motorun çalışmaması için siviç devreye geçerek emniyet sağlayacaktır. Tehlikeli durumun bertarafında elektriksel tedbirler kapsamında TS EN 13849 standardına göre değerlendirme yapıp siviç kullanılmıştır. Diğer bir durum da bıçak değiştirmede üst kapağın açılması ile siviç ana motorun çalışması önleyerek bıçak değiştirme işlemi emniyetle yapılacaktır. Şekil 4.7’de Üst kapak ve alt ve üst kapak arasındaki siviç görülmektedir.



a) Kapak Açılması



b) Alt ve üst kapaktaki Siviç ekipmanı

Şekil 4.7: Üst kapağın açılması

**Altıncı önemli tehlike(PKMT6)**, plastik malzeme kırarken, kırılan plastiğin içine karışan metal parçaların, rotor üzerinde bağlı kesici bıçaklarının kırılmasının sonucu meydana gelen(çalışana metal çapması) tehlikedir. Plastik malzeme kırarken, kırılan plastiğin içine karışan metal parçaların, rotorun üzerinde bağlı kesici bıçaklarının kırılmasının sonucu meydana gelen (çalışana metal çapması) tehlikedir. Bu tür tehlikelere karşı bilhassa elle beslemek zorunda kanıldığı hallerde makineye beslemesinin yapıldığı davlumbazın açık olan alanının dışında çıkarak besleme yapılmalıdır. Şekil 4.8' de Kırılmış bıçak ve davlumbaz dışından besleme şekilleri gösterilmiştir.



a) Kırılmış bıçak

b) Davlumbaz dışından besleme

**Şekil 4.8:** Makine bıçaklarının kırılması

**Yedinci önemli tehlike(PKMT7)**, kırma işlemi yapılırken davlumbazın tam karşısında çalışılması sonucu çalışanın yüzüne ve gözüne gelen parçaların (plastik çapak) çarpması tehlikesidir. Plastik malzeme küçülme işlemi yapılırken meydana gelen (çalışana plastik çapması) tehlikedir. Bu tür tehlikelere karşı bilhassa elle beslemek zorunda kaldığı hallerde makineye beslemesinin yapıldığı davlumbazın açık olan alanının dışında çıkarak besleme yapılmalıdır.



a) Davlumbaz besleme hatalı çalışma

b) Davlumbaz dışından besleme

**Şekil 4.9:** Davlumbazdan çalışana plastik çapması

Şekil 4.9’da Davlumbaz alanının dışına çıkmadan hatalı besleme çalışma ve davlumbaz alanının dışına çıkarak yapılan doğru besleme gösterilmiştir. Plastik Geri dönüşüm sektöründe kullanılan en tehlikeli makine “Plastik Kırma Makine” dir.

### Plastik kırma makinesinde ön tehlike analizi (PHA)

Bir işletmede tehlikelerin tespitinde yapılması gereken ilk risk değerlendirme Ön Tehlike Analizidir. Bu metot sayesinde hem tehlikeler tespit edilir. Ayrıca bu metot sayesinde risk değerlendirmesine kaynak verisi oluşturulması sağlanır. Ön Tehlike Analizi diğer risk değerlendirme metotları ile bağlantılı çalışıldığında yapılan risk değerlendirmesinin sonucunun daha iyi sonuç vereceği açıktır. Plastik kırma makinelerindeki yedi tehlikenin iki tanesinde risk yüksek, beş tanesinde ise ciddi risk sonucu ortaya çıkmıştır.

**Çizelge 4.2: Ön Tehlike Analizi (Preliminary Hazard Analysis)**

Tehlike	Sebepleri	Etkileri	Şiddeti	İhtimal	Sonuç	Önlem
<b>[PKMT1]Makine içine elle malzeme atıp kırma yaparken elin dönen rotora kaptrılma sonucu oluşan (sebebi elin veya ayağın, kırılan malzemeye sarılması ile içeri çekilmesi) tehlikedir.</b>	Plastik kırma makinesinde elle besleme	Uzuv kaybı ve ölümlü kazası	1	D	Ciddi	Plastik kırma makinesinde elle besleme yaparak polimer malzemelerin kırılma (ebatının küçültülmesi) işlemi yapılmamalıdır.Gövde genişliği( 500-1500) mm olanlarda kesinlikle taşıyıcı bant sistemi olmadan çalışma yapılmalıdır.
[PKMT2]Makinenin volon kısımlarının korumasız çalıştırılması sonucu çalışanın sarılma el ve uzuv kopma tehlikeleridir	Makinenin dönen kısımlarının korumasız çalışma yapılması	Uzuv kaybı	2	D	Ciddi	Makine üreticilerin koruma tertibatlarını aldatmasız tasarımı yapmalıdır. Korumanın sökülmesi halinde makinenin başlama yapamayacak şekilde tasarım yapılmalıdır.
<b>[PKMT3]Plastik kırma makinelerinde çalışmadan kaynaklı gürültü ortamı oluşması</b>	Ses yalıtımı olmayan makinelerde duyu koruyucusu olmadan çalışma	Duyu kaybı	2	B	Yüksek	Ses yalıtımı olan makineler kullanılmalıdır. İşitme duyusunun korunması için manşon tipi 32-35 db kulaklık kullanılmalıdır. EN 352-1,EN 352-2,EN 352-3 Standart
<b>[PKMT4]Makinede elle malzeme kırılması sırasında oluşan tozun çalışanın sağlığını etkilemektedir.</b>	Toz ve polimer malzemenin emilerek depolan maması	Pnömokonyoz meslek hastalığına sebep olabilmektedir.	2	B	Yüksek	Plastik ve tozu çeken fan sistemi ile depolama silosu uygulama yapılmalıdır. Ayrıca FFP1,FFP2 TOZ MASKESİ kullanır. EN 149 standartı toz maskesi kullanılır.



**Çizelge 4.2: Ön Tehlike Analizi (Preliminary Hazard Analysis)**

Tehlike	Sebepleri	Etkileri	Şiddeti	İhtimal	Sonuç	Önlem
[PKMT5]Makine çalışırken üst kapağın açılmasından dolayı istenmeyen iş kazaları olabilir.	Alt ve üst gövde kapağında siviç kullanılmaması	Uzuv kaybı ve ölümlü kazası	1	D	Ciddi	Kırma makinesinin alt ve üst gövdelere sabitlenen( 2-4 ) mm açılma aralığı verilen siviç kullanılmalıdır Bu durumda da üst kapak açıldığı anda ana motorun çalışmaması için siviç devreye geçerek emniyet sağlayacaktır.
[PKMT6] Plastik malzeme kırılırken kırılan malzemenin içinde metal karışması ve rotora bağlı kesici bıçakları kayarak kırılması.	Rotor üzerinde bağlı olan bıçakların gevşemesi veya kesim bölgesine metal malzemenin atılması	Uzuv kaybı ve ölümlü kazası	1	D	Ciddi	Bu tür tehlikelere karşı bilhassa elle beslemek zorunda kanıldığı hallerde makineye beslemesinin yapıldığı davlumbazın açık olan alanının dışında çıkarak besleme yapılmalıdır.
[PKMT7]Kırma makinesinde malzeme kırılırken davlumbaz karşısında durularak çalışma yapılması. Çalışanın yüzüne çapak sıçraması.	Davlumbaza koruma düzgün tasarımda olmaması	Uzuv ve görme kayıpları	1	D	Ciddi	Bu tür tehlikelere karşı bilhassa elle beslemek zorunda kanıldığı hallerde makineye beslemesinin yapıldığı davlumbazın açık olan alanının koruma lastikli çalışma yapılmalıdır.

Çizelge 4.2’ de Ön Tehlike Analizi (Preliminary Hazard Analysis) yedi tehlike değerlendirilmiştir. Ön tehlike Analizi Kalitatif(Nitel) bir uygulamadır. Risk ifade edilirken; sayısal değerler yerine, tanımlayıcı olan çok yüksek, yüksek ve düşük gibi değerler kullanılır.

### **Plastik kırma makinesinde tehlike derecelendirme numarası sistemi tehlikenin analizi (HRNS)**

Makine bazlı risk değerlendirmesi HRNS metodu ile değerlendirilmiş ve çözüm önerilmiştir. Değerlendirmenin daha kolay olması açısından “Tehlike Derecelendirme Numarası” skala başlıkları ifade edildiği gibi baş harfleri ile formüle edilmiştir.

Çizelge 3.8’da Makine bazlı risk değerlendirme skalalarını incelediğimizde; OMGO (Olayın meydana gelme olasılığı(0,003-15)), TBBS(Tehlikeli bölgede bulunma sıklığı(1-5)), OYŞ(Olası yaralanmanın şiddeti(0,1-15)),RAKKS(Risk altında kalan kişi sayısı(1-12)) şeklinde görülmektedir.

**Çizelge 4.3:** Tehlike Derecelendirme Numarası Sistemi Değerlendirme (Hazard Rating Number System)

Eylemin Adı	Tehlike	RAKKS	TBBS	OMGO	OYŞ	TDNSD	Durumu
[PKMT1] Plastik Kırma makinesinde elle besleme çalışması.	Makine içine elle malzeme atıp kırma yaparken elin dönen rotora kaptırılma sonucu oluşan (sebebi elin veya ayağın, kırılan malzemeye sarılması ile içeri çekilmesi) tehlikedir.	1	5	15	15	1225	Aşırı yüksek
[PKMT2] Plastik Kırma makinesinde korumasız çalışma.	Makinenin volan kısımlarının korumasız çalıştırılması sonucu çalışanın sarılma el ve uzuv kopma tehlikeleridir.	2	5	15	10	1500	Aşırı yüksek
[PKMT3] Plastik Kırma makinesinin gürültülü çalışması.	<b>Plastik kırma makinelerinde çalışma anında gürültülü oluşmaktadır. Bu durum duyu kayıplarına yol açmaktadır.</b>	2	5	15	10	1500	Aşırı yüksek
[PKMT4] Plastik Kırma makinesinin tozlu ortam yaratması.	Makinede elle malzeme kırılması sırasında ortamda oluşan tozun çalışanın sağlığını etkilemektedir.	1	5	10	12	600	Aşırı yüksek
[PKMT5] Plastik Kırma makinesinin çalışması sırasında kapak açılması.	Makine çalışırken üst kapağın açılmasından dolayı istenmeyen iş kazaları olabilir.	2	5	10	15	1500	Aşırı yüksek
[PKMT6] Plastik Kırma makinesinin dairesel hareket eden rotora bağlı kesici bıçakların kırılması.	<b>Plastik malzeme kırarken, kırılan plastiğin içine karışan metal parçaların, rotor üzerinde bağlı kesici bıçaklarının kırılmasının sonucu meydana gelen(çalışana metal çarpması) tehlikedir.</b>	2	5	8	10	800	Aşırı yüksek
[PKMT7] Plastik Kırma makinesinde yanlış pozisyonda çalışma.	<b>Kırma işlemi yapılırken davlumbazın tam karşısında çalışılması sonucu çalışanın yüzüne ve gözüne gelen parçaların (plastik çapak) çarpması tehlikesidir.</b>	1	5	8	12	480	Çok yüksek

Çizelge 4.3’ de HRNS metodu ile kırma makinelerinde yedi adet tehlikenin risk değerlendirmesi yapılmıştır.

## Plastik kırma makinesinde hata modü ve etkileri analizi (FMEA)

### Tehlikenin Analizi

FMEA ilk kez Amerikan ordusu tarafından geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır (9/11/1949 MIL-P- 1629 nolu prösedür). İlk yıllarda yapılar bakıldığında;1960-1965 NASA, 1970-1975 ABD uçak sanayi, 1972 Ford Motor, 1975 Japon NEC, 1988 Chrysler, Ford ve General Motors tarafından kabul edilerek genel standart olarak benimsenmiştir. FMEA genelde kalite çalışmalarında ve yeni parça tasarımlarının oluşturulmasında uygulanmakla beraber süreç tasarımlarında da kullanılan kantitatif (Nicel) bir yaklaşımdır. (Kahraman ve Demirer, 2019: 53-68). Analiz [(İhtimal) x (Farkedilme) x (Şiddet)] çarpanlarının sonucu olarak risk sonucu belirlenir. [(İ) x (F) x (Ş) = RS] sonuçlarına ulaşmada fark edileme skalası bu metodun tehlikenin tespitinde önemli çarpanlarından birisidir. Aslında bu çarpan proaktif yaklaşımla yapılan risk değerlendirmelerinin ruhu ile örtüştüğü göstermektedir.

**Çizelge 4.4:** Hata Modu ve Etkileri Analizi (FMEA)

Tehlike	İhtimal	Farkedilme	Şiddet	Risk Skoru	Önlem
<b>[PKMT1]</b> Makine içine elle malzeme atıp kırma yaparken elin dönen rotora kaptırılma sonucu oluşan (sebebi elin veya ayağın, kırılan malzemeye sarılması ile içeri çekilmesi) tehlikedir.	10	4	9	360	Plastik kırma makinesinde elle besleme yaparak polimer malzemelerin kırılma (ebatının küçültülmesi) işlemleri yapılmalıdır. Gövde genişliği (500-1500) mm olanlarda kesinlikle taşıyıcı bant sistemi olmadan çalıştırılmamalıdır.
<b>[PKMT2]</b> Makinenin volon kısımlarının korumasız çalıştırılması sonucu çalışanın sarılma el ve uzuv kopma tehlikeleridir.	10	5	6	300	Makine üreticilerin koruma tertibatlarını aldatmasız tasarımıyla yapılmalıdır. Korumanın sökülmesi halinde makinenin başlama yapamayacak şekilde tasarımı yapılmalıdır.
<b>[PKMT3]</b> Plastik kırma makinelerinde çalışma anında gürültülü oluşmaktadır. Bu durum duyu kayıplarına yol açmaktadır.	10	5	5	250	Ses yalıtımı olan makineler kullanılmalıdır. İşitme duyusunun korunması için manşon tipi 32-35 db kulaklık kullanılmalıdır. EN 352-1, EN 352-2, EN 352-3 Standart
<b>[PKMT4]</b> Makinede elle malzeme kırılması sırasında ortamda oluşan tozun çalışanın sağlığını etkilemektedir.	10	5	5	250	Plastik ve tozu çeken fan sistemi ile depolama silosu uygulama yapılmalıdır. Ayrıca FFP1, FFP2 TOZ MASKESİ kullanılır. EN 149 standardı toz maskesi kullanılır.

#### Çizelge 4.4: (devam) Hata Modu ve Etkileri Analizi (FMEA)

Tehlike	İhtimal	Farketme	Şiddet	Risk Skoru	Önlem
<b>[PKMT5]</b> Makine çalışırken üst kapağın açılmasından dolayı istenmeyen iş kazaları olabilir.	10	5	9	450	Kırma makinesinin alt ve üst gövdelere sabitlenen( 2-4 ) mm açılma aralığı verilen siviç kullanılmalıdır Bu durumda da üst kapak açıldığı anda ana motorun çalışmaması için siviç devreye geçerek emniyet sağlayacaktır.
<b>[PKMT6]</b> Plastik malzeme kırarken, kırılan plastiğin içine karışan metal parçaların, rotor üzerinde bağlı kesici bıçaklarının kırılmasının sonucu meydana gelen(çalışana metal çarpması) tehliktir.	10	5	9	450	Bu tür tehlikelere karşı bilhassa elle beslemek zorunda kanıldığı hallerde makineye beslemesinin yapıldığı davlumbazın açık olan alanının dışında çıkarak besleme yapılmalıdır.
<b>[PKMT7]</b> Kırma işlemi yapılırken davlumbazın tam karşısında çalışılması sonucu çalışanın yüzüne ve gözüne gelen parçaların (plastik çapak) çarpması tehlikesidir.	10	4	5	200	Bu tür tehlikelere karşı bilhassa elle beslemek zorunda kanıldığı hallerde makineye beslemesinin yapıldığı davlumbazın açık olan alanının koruma lastikli çalışma yapılmalıdır.

Çizelge 4.4' de FMEA metodu ile kırma makinelerinde yedi adet tehlikenin risk değerlendirmesi yapılmıştır.

#### Çizelge 4.5: Proaktif yaklaşımla yapılan HRN, FMEA ve PHA karşılaştırmalı risk değerlendirmesi sonuçları

Risk Yöntemleri	HRNS	1	FMEA	2	PHA	3
Eylem	Aşırı Yüksek	Çok Yüksek	250<RÖS İşi durdur	100<RÖS<250 Önlem al	Yüksek	Ciddi
[PKMT1] Plastik Kırma makinesinde elle besleme çalışması.	1	-	1			1
[PKMT2] Plastik Kırma makinesinde korumasız çalışma.	1	-	1			1
[PKMT3] Plastik Kırma makinesinin gürültülü çalışması.	1	-		1	1	
[PKMT4] Plastik Kırma makinesinin tozlu ortam yaratması	1	-		1	1	
[PKMT5] Plastik Kırma makinesinin çalışması sırasında kapak açılması.	1	-	1			1
[PKMT6] Plastik Kırma makinesinin dairesel hareket eden rotora bağlı kesici bıçakların kırılması.	1	-	1			1
[PKMT7] Plastik Kırma makinesinde yanlış pozisyonda çalışma.		1		1		1
Eylem Toplamı	6	1	4	3	2	5
%	85,72	14,28	57,14	42,86	18,55	71,45

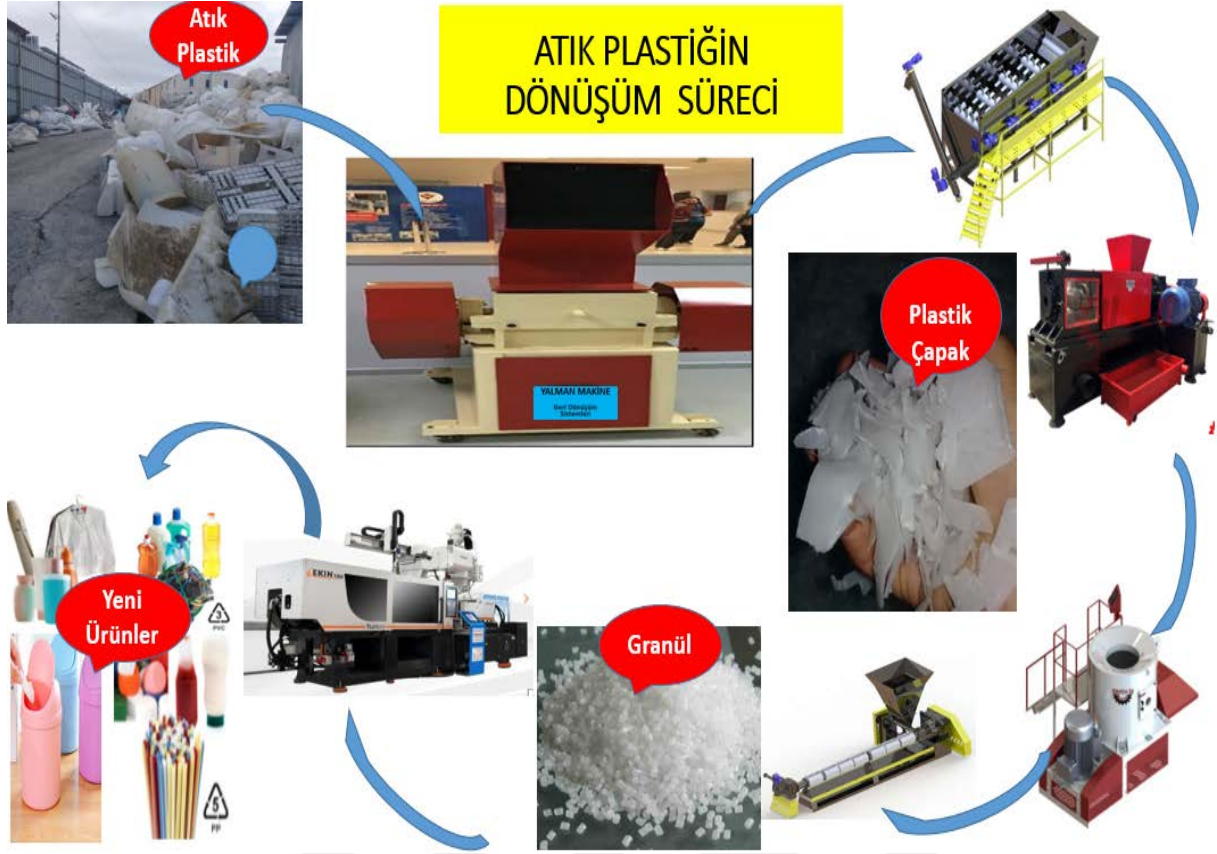
Çizelge 4.5' de üç farklı risk değerlendirmesinin sonucu şu şekilde sonuçlanmıştır. Çizelge 4.3' değerlendirmesi yapılan Tehlike Derecelendirme

Numarası Sisteminin, (HRNS)sonuçlarının % 85,72'nin aşırı yüksek ve %14,28'nin yüksek, Çizelge' 4.4 da risk değerlendirmesi yapılmış olan Hata Modu ve Etkileri Analizinin (FMEA) sonuçlarının ise % 57,14'nün işi durdur ve %42,86'nün önlem al ve Çizelge 4.2' de risk değerlendirmesi yapılmış Ön Tehlike Analizi (PHA) metodunun sonucunun ise %18,55'nin yüksek ve %71,45'nin de ciddi olduğu çıkan sonuçların bize tehlikenin bertaraf edilmesinde uygulanan risk değerlendirme metodunun doğru seçilmesinin önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer taraftan tehlike algılamasında risk değerlendirmesini yapan İSG uzmanının da tecrübesi ve uzmanlık alanı yapılan değerlendirmenin sonunun etkilemektedir.

### **4.3 Geri Dönüşüm Prosesindeki Makinelerde Tehlikeler ve Çözüm Önerileri**

Kullanım ömrünü tamamlamış geri dönüştürüldüğünde ekonomik değer ifade eden plastik atıkların ya da plastik ürün üretimi sırasında yolluk ve defolu ürünlerin tekrar ikincil hammadde olarak kazanılmasında Şekil 2.1'de görülen Plastik kırma makinesi-Yıkama havuzu-Silindirik sıkma Makinesi-Agromel makinesi-Granül çekme makinesi-Kafadan kesme mekanizması-Santrifüj makinesi-Emme fan ve Depolama haznesi gibi makine teçhizatı kullanılmaktadır.

Bu bölümde; "Plastik Geri dönüşüm" işi yapan iş yerlerinde kullanılan makinelerin tanıtımı amaçlanmıştır. Plastiğin geri kazanılması, farklı tür makinelerin bir proses içinde kullanılmasıyla mümkün olmaktadır. Doğru risk değerlendirmesi yapılabilmesi; kullanılan makinelerinin teknik bilgilerinin, çalıştırılma koşullarının, bakım ve kullanım şartlarının bilinmesi ile mümkün olmaktadır. Bu nedenle risk değerlendirmesi yapılan geri dönüşüm sektöründe kullanılan makinelerin teknik özelliklerinin bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Bu makineler hem tekli hem bir proses halinde kullanılmaktadırlar. Şekil 2.1' de "Geri Dönüşümü Prosesinin" on üç adet makine ve mekanizma ile 15 elektrik tahrik motoru, 9 adet redüktör, 5 aktarma organından meydana gelmektedir. Sistemde yer alan makine ve makine gruplarından kaynaklanan tehlikeler aşağıda, yanlarında "tehlike numaraları (GDPMT<sub>i</sub> )" gösterilmiş olarak verilmektedir. Atık Plastiğin Dönüşüm Süreci Şekil 4.10 da verilmiştir.



**Şekil 4.10:** Atık Plastik Dönüşüm Süreci

### **Geri dönüşüm prosesindeki makinelerde tasarım, kullanım ve bakımdan kaynaklı tehlikeler**

Küçük ve orta boy işletmelerde Atık Plastiklerin sanayiye kazandırmasında geri dönüşümün yapıldığı proseslerde; Şerit testere, Taşıyıcı bant, Plastik kırma makinesi, Taşıyıcı helezon, Yıkama havuzu, Sıkma makinesi, Agromel makinesi, Extruder makinesi, Kafadan kesme ekipmanı, İletici fanı ve Depolama haznesi gibi makineler kullanılmaktadır. Bu proste en tehlikeli makine olarak yaptığı işlev itibari ile plastik kırma makinesi gelmektedir.

Günümüzde bu prosesin çevreye katkısı yanında kullanıcılarının karşılaştıkları riskleri incelenmesi kısaca beş makinedeki her makinenin bir tehlikesi üzerinde risk değerlendirmesi üç farklı metod ile karşılaştırmalı olarak yapılmıştır. Ayrıca taraflara çözüm önerileri sunulmuştur.

**Çizelge 4.6:** Geri Dönüşüm Prosesinde Tasarım, Kullanım ve Bakımdan kaynaklı Tehlikeler

Eylemin Adı	Tehlike
[GDPMT1] Plastik Kırma makinesinde elle besleme çalışması.	<b>Makine içine elle malzeme atıp kırma yaparken elin dönen rotora kaptırılma sonucu oluşan (sebebi elin veya ayağın, kırılan malzemeye sarılması ile içeri çekilmesi) tehlikedir.</b>
[GDPMT2] Yıkama havuzunun yan koruma tablalarının personelin havuz içine müdahale edemeyeceği şekilde tasarlanmamış olması.	Çalışan personelin havuz içinde yıkanan plastik çapağı daha çabuk ilerlemesi için elle karıştırma yapılması sonucunda personelin havuza içine çekilmesi tehlikesidir.
[GDPMT3] Plastik sıkma makinelerinde motor ve şanzıman arasında kayış kasnak vasıtasıyla aktarım yapan organlarının korumasız çalıştırılmaları.	<b>Aktarım yapan organlarının korumasız çalıştırılmaları uzuv kayıplarının neden olabilmektedir.</b>
[GDPMT4] Ekstruder Makinesinde işlenen plastik çapağından çalışma alanına gaz, buhar ve duman yayılması.	<b>Bu gazlar çalışma ortamının havasını kirletip, çalışan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir.</b>
[GDPMT5] Düz kesmelerde granül kesicilerinin ön kısmı korumasız çalıştırılmamalıdır.	<b>Kesme hanesine verilen 4mm çapında iplik şeklindeki granül kesme hanesine doğru sürülmemesi ayrıca makine kesim ağzının koruma olmamasından dolayı elin ve parmakların kaptırılması sonucunda uzuv kayıpları yaşanmaktadır.</b>

Çizelge 4.6'da Geri dönüşüm prosete kullanılan makinelerden; Kırma makinesi, Yıkama havuzu, Silindirik sıkma, Eksturuder ve Silindirik düz kesme makinelerinde var olan birer tehlike ifade edilmiştir.

#### 4.3.1.1 Proseteki balta, yıldız ve blok tipi plastik kırma makineleri

Atık plastiğin geri dönüştürülmesinde kullanılan makine prosesini kabaca inceleyerek şu aşamalardan geçerek döngü tamamlanır. Kullanım ömrünü tamamlamış polimerlerin(Termoplastik, Elastomer, Termoset) içindeki termoplastikler (PP, PVS, PC, PS, HDPE, LDPE vb.) ayrıştırılarak depolanır. Ayrıştırılan atık plastikler (kirlilik açısından kontamine olan ve olmayan, renk açısından(beyaz mavi sarı vb ) ve cinsine göre ayrıştırma yapma) Şekil 2'de görülen dışarıdan yataklı balta, yıldız ve blok tipi plastik kırma makinesinde kırılarak işlenecek ebatta çapak haline getirilir.



a) Balta Tipi      b) Yıldız Tipi      c) Blok Tipi      d) Taşıyıcı Bant

**Şekil 4.11:** Plastik Kırma Makinelerinin Rotor Yapıları

**Tehlike sebebi (GDPMT1);** Plastik kırma makinesinde birinci en önemli tehlike içine elle malzeme atıp kırma yaparken elin dönen rotora kaptırılma sonucu oluşan (sebebi elin veya ayağın, kırılan malzemeye sarılması ile içeri çekilmesi) tehlikedir. Tehlikenin ortadan kaldırılmasında Şekil 4.11d'de görülen taşıyıcı bant kullanılması çalışanları tehlike alanından uzaklaşmasına yani (RAKKS) ortadan kalkmasına neden olacaktır. RAKKS sıfırlanması TBBS' nin de sıfırlanmasına sebep olacaktır. RAKKS ve TBBS ortadan kalkması



OMGO'nı da ortadan kaldırmış olacaktır. Bu üç değerin etkisizleşmesi OYŞ'nin sayısal değerinde değişme olmadığı halde OYŞ'nin varlığının bir etkisi kalmamıştır.

#### 4.3.1.2 Atık plastik yıkama havuzu

Kırma makinesinde kırılan plastik çapak taşıyıcı helezon vasıtası ile havuzun taşıyıcı helezona aktarılır. Havuz içinde temizleyici olarak kullanılan su ve temizlik maddeleri homojen haldedir. Plastik çapak havuz içine düştüğü andan itibaren seperatörlerin dairesel hareketi çapağı yüzdürür ve yıkanmasını sağlar. Temizlenen çapak havuz üzerinde bağlı taşıyıcı helezonla havuz dışına alınır. Havuzların ölçüleri yıkanacak malzemenin cinsine ve temizlik bağlı olmakla beraber genelde boyu 4- 5 m, genişlik 1,5- 2,2m ve yükseklik 1,5-2 m şeklindedir. Şekil 4.12b' de yıkama havuzun kısımları görülmektedir.



a) Uygun Olmayan Yıkama Havuzu

b) Uygun Olan Yıkama Havuzu

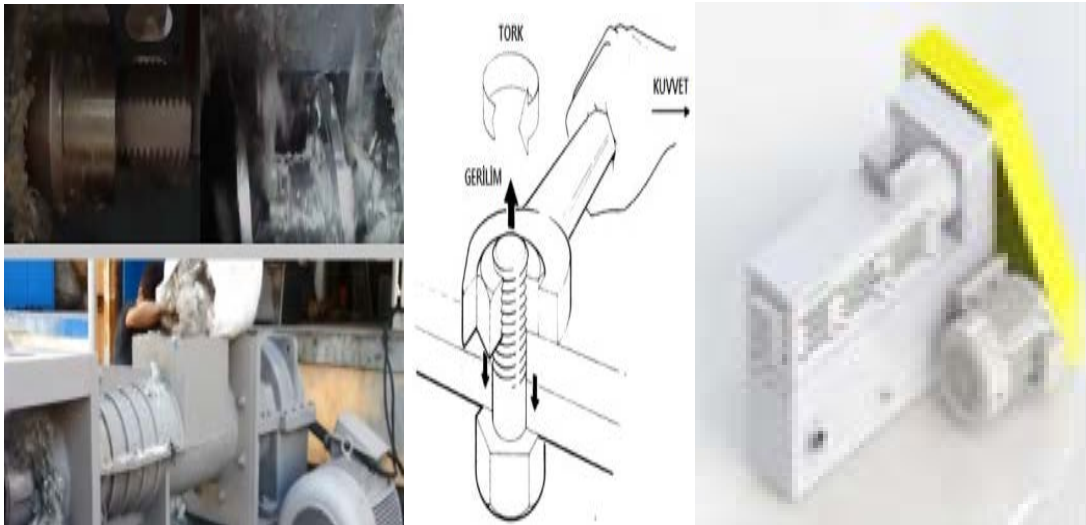
#### Şekil 4.12: Kırılmış Atık Plastiklerin Yıkanmasında kullanılan Havuzlar

**Tehlike sebebi (GDPMT2);** Atık Plastik Yıkama havuzunun en tehlike yaratan kısmı havuz içindeki plastik çapağın taşıma ve hareketlendirme yaparak temizlenmesini sağlayan ve dairesel (60 devir/dakika) hareket eden seperatörlerdir. Çalışan personelin havuz içinde yıkanan plastik çapağı daha çabuk ilerlemesi için elle karıştırma yapılması sonucunda personelin havuza içine çekilmesi tehlikesidir. Şekil 3b' de görüldüğü üzere Yıkama havuzuna yan

koruma tablalarının personelin havuz içine müdahale edemeyeceği şekilde yükseltilmiştir. Ayrıca aktarma organında kullanılan iletimi sağlayan zincir veya (V) kayışı kullanımında kayış tercih edilmelidir. Redüktörden seperatöre direk aktarma hareketi oluşturan ayrıca minimum (kw) güçte redüktör kullanılmış havuzlar kullanılmalıdır.

#### 4.3.1.3 Silindir tipi plastik sıkma makinesi

Makine üzerinde sabit olan elektrik motorundan kayış kasnak vasıtasıyla redüktöre hareket verilir. Tork, redüktörden volan içindeki helezona iletilen itme (dönme momenti) kuvvetidir. Kurutma işlemi şu şekilde gerçekleşir. Helezon içine aldığı ıslak plastiği hem taşır hem oluşan torku iletir. Tork oluşumu Şekil 4b 'de oluşması gösterilmiştir. Kovan çevresinde uygun ölçüde delikler mevcuttur. Kovan içindeki helezona aktarma organından uygulanan tork ıslak plastik çapağın kovan ile helezon arasında kalarak sıkışır. Kovan içindeki dairesel hareket halindeki helezon plastik çapağı ileri doğru gönderir. Plastik çapak kovan çıkışında bulunan kapı görevi konik plastik çapağa tepki kuvveti uygulayarak susuzlaştırma yapmış olur. Şekil 4.13a' de kovan, helezon ve konik görülmektedir. Etki(kovan içindeki helezonun ilettiği plastik çapak) ve tepki(Kapı görevi yapan konik vida) kuvvetleri kovan ile konik mesafenin ayarlaması ile değiştirilebilir. Bu kovan(plastik çapağın sıkıştırıldığı hacim) ile konik(kapı görevi görmektedir) mesafe ayarı makinenin saatte susuzlaştıracağı ürün kalitesini ve üretim kapasitesini belirlemektedir.



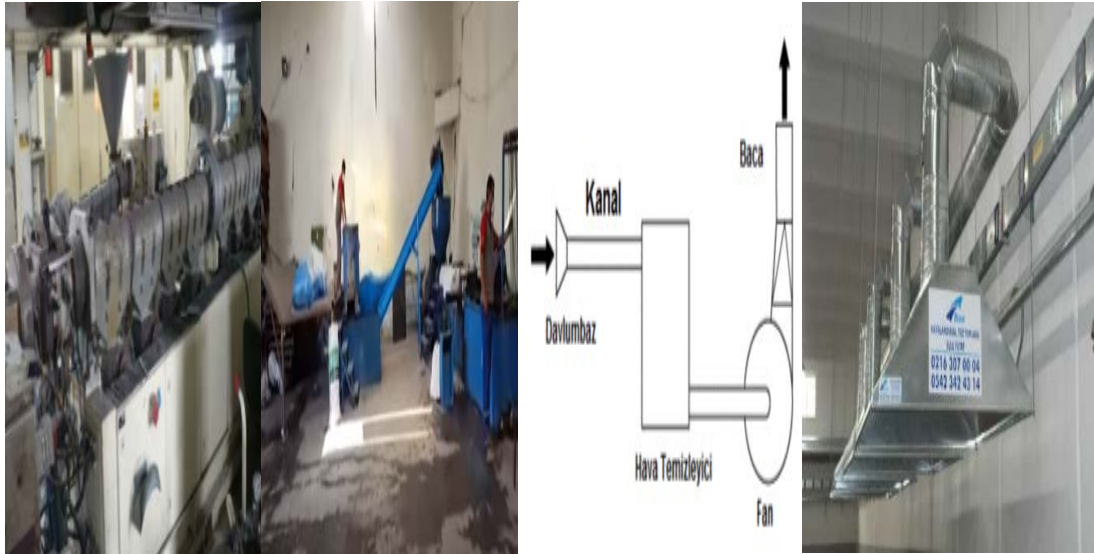
a) Silindirik Sıkma Makinesi b)Tork Oluşumu c) Korumalı sıkma

Şekil 4.13: Silindirik Sıkma Makinesinde Tork oluşumu (www.bilgiustam.com)

**Tehlike sebebi (GDPMT3);** Şekil 4.13b’de görülen Plastik sıkma makinelerinde motor ve şanzıman arasında kayış kasnak vasıtasıyla aktarım yapan organlarının korumasız çalıştırılmaları uzuv kayıplarının neden olabilmektedir. Kırdırmalı olmayan, yerinden sökülmeyen söküldüğünde siviç marifiyeti ile ana motorun çalışmasını engelleyen tasarımlı makineler kullanılmadır.

#### 4.3.1.4 Ekstruder (Granül) makinesinin

Granür makinesine gelen çapak plastik temizlenmiş ve kurutulmuş şekilde gelir. Plastik eriyik haline geldiği kısım kovan bölümüdür. Kovanın ısıtılmasında seramik rezistans kullanılır. Kovandan ısı transferi plastiğe iletim yolu ile gerçekleşir. Kovan içinde ısınan plastik eriyik hale gelir. Makinenin motor ve şanzımanından aktarılan güçlü tork ili kovan içindeki eriyik plastik vida marifeti ile süzgeç mekanizmasına taşınır. Şekil 4.14a’de Plastik Eksturuder(Granül) Makinesi görülmektedir.



a)Eksturuder b) Hava kanalsız ortam c)Havalandırma şeması d) Hava kanallı ortam

**Şekil 4.14:** Plastik Eksturuder Makinesi ve Havlandırma (Yalman,Akata :2018)

**Tehlike sebebi (GDPMT4);** Ekstruder Makinesinin kullanım alanlarında işlenen atık plastik çapağına bağlı olarak gaz, buhar, sis ve duman ortama yayılmaktadır. Bu maddeler çalışma ortamını kirletip, çalışan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Personeli çalışma ortamına yayılan gazlardan etkilenmemesi için önce ortamın lokal egzoz havalandırma mekanizması

kurulmalıdır. Lokal egzoz havalandırma mekanizmasının çalışma sisteminin kısımları, Davlumbaz veya açıklık, Kanallar, hava temizleme cihazı, fanlar ve egzoz bacası bulunmaktadır. Şekil 4.14c' de lokal egzoz sistem prosesi görülmektedir. Çalışma sistemine bakıldığında kirli havanın içerden emilmesinde kirli havaya yol verilir. Bu yol verme hava ile ortamdaki gazın yoğunluk farkından yararlanır. Havadan hafif olan gazın yukarı çıktığında toparlanma kanalına (davlumbazda) ulaşır. Hava temizleme cihazından geçen kirli hava, taşıma kanallarında ilerleyen hava fanlar vasıtasıyla emilerek ortamdaki egzoz bacaları vasıtasıyla uzaklaştırılır. Şekil 5b'de Havalandırma tertibatı olmayan işyeri ortamı, Şekil 4.14d' de ise havalandırma cihazları olan işyeri ortamı görülmektedir.

#### 4.3.1.5 Düz granül kesme makinesi

Eriyik plastik iki farklı şekilde kesme işlemi yapılarak granül haline getirilmektedir. Birincisi eski teknoloji olan ve halen kullanılan ekstruderin çıkış ağzında bulunan süzgeç mekanizmanın eriyiği süzmesi ve belirli çapta akıtmasıdır. Akan eriyiğin soğuk su dolu yavuz içinden geçerken katılaşması ve düz silindirik kesmede tespih hacminde kesilmesidir. Şekil 4.15' de Silindirik tesbih şeklinde kesme makinesinin kısımları görülmektedir.



**Şekil 4.15:** Silindirik Tesbih Şeklinde Kesme Makinesinin Kısımları

Kafadan kesme makinesi işlenecek malzemenin cinsine ve işletmenin kapasitesine göre tasarlanmaktadır. Kesme işlemi; eriyik plastik düzenekten çıktığı anda var olan bıçaklar düzeneğin yüzeyini taramasıyla tesbih hacminde çok taneli olarak kesilerek taşıma ve soğutma işlevi gören suya düşerek santrifüje geçer. Şekil 4.16a' da Kafadan kesme mekanizması kısımları görülmektedir. Santrifüj kafadan kesme makinesinden çıkan kesilmiş granül kendi havuzunda deşar yoluyla sıçrama haznesine taşır. Santrifüj aktarma organı delikli saft yüksek devirde dönmektedir. Dikeyde dairesel hareketle çalışan delikli saft içindeki granül yukarı taşınırken sulu granülün suyu aşağıya düşerken (yer çekim kuvvetinden dolayı) granül yukarı taşınır. Bu sayede sulu granül suyundan % 5 kadar ayrıştırır. Dönme hareketini sağlayan direkt aktarımla ana elektrik motorudur. Dönen delikli saft hem kasa görevi yapan hem de kapalı kapakları olan paslanmaz saçtan yapılmış, Şekil 4.16b' de görülen dikdörtgen biçimli kısımdır. (Yalman, Akata, 2018:487-492).

**Tehlike sebebi (GDPMT5);** Şekil 4.15b' de görülen Soğutma havuzundan çıkan katılaşmış iplik şeklindeki çoklu granülün, dönerek kesme işlemi yapan Şekil 4.15c'de görülen haznesine elle verilerek kesme işlemi başlatılır. Kesme hanesine verilen 4mm çapında iplik şeklindeki granül kesme hanesine doğru sürülmemesi ayrıca makine kesim ağzının koruma olmamasından dolayı elin ve parmakların kaptırılması sonucunda uzuv kayıpları yaşanmaktadır. Bu kazalar teşbih biçimli düz kesim yapan makinenin ilk kesim ayarı yapılması sırasında olan tehlikeli durumdur. Düz kesmelerde granül kesicilerinin ön kısmı korumasız çalıştırılmamalıdır. Şekil 4.16c'de korumalı düz kesim makinesi görülmektedir.



a) Kafadan kesme mekanizması b) Santrifüj makinesi c) Düz kesim makinesi

**Şekil 4.16:** Kafadan kesme ve Santrifüj makinesi

Soğutmanın su ile yapılması nedeniyle granüller, santrifüjde susuzlaştırma yapılarak fan marifeti ile Şekil 4.17’de görülen depolama silosuna gönderilir. Depolama alanından enjeksiyon, şişirme ve bunlara benzer makinelerde tekrar ürün imalatı yapılmak üzere çeşitli makine ve istasyonlara dağıtımı yapılır.



a) Granül Deposu

b) Kesilmiş Granül

**Şekil 4.17:** Depolama Silosu ve Hammadde (Granül)

#### 4.4 Geri Dönüşüm Prosesi Risk Değerlendirmesi

Küçük ve orta boy işletmelerde Atık Plastiklerin sanayiye kazandırmasında geri dönüşümün yapıldığı proseslerde; Şerit testere, Taşıyıcı bant, Plastik kırma

makinesi, Taşıyıcı helezon, Yıkama havuzu, Sıkma makinesi, Agromel makinesi, Extruder makinesi, Kafadan kesme ekipmanı, İletici fanı ve Depolama haznesi gibi makineler kullanılmaktadır. Bu proseste en tehlikeli makine olarak yaptığı işlev itibari ile plastik kırma makinesi gelmektedir. Günümüzde bu prosesin çevreye katkısı yanında kullanıcılarının karşılaştıkları riskleri incelenmesi taraflara çözüm önerileri sunulmasını içermektedir.

Risk değerlendirmeleri; PHA, FMEA ve HRNS risk analizi metotlarıyla birbiriyle karşılaştırmalı olarak yapılmıştır. Tespit edilen riskler; “Tasarım ve Güvenlikte İlgili Makine Emniyeti Yönetmeliği” 2006/42/ AT ve kullanımla ilgili “İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları yönetmeliği”, 2006 /42 /EC Direktifi (2009 Aralık ), Emniyet Standardı TS EN ISO 12100:2010, Elektriksel tedbirlerle ilgili TS EN 13849, kapsamında analiz edilmiştir. (Özkılıç,2005: 117-136 )

#### **Geri dönüşüm prosesi ön tehlike analizi (PHA)**

Üç farklı risk değerlendirme metodu ile plastik geri dönüşüm prosesinde kullanılan; Plastik Kırma, Yıkama Havuzu, Silindir Sıkma, Ekstruder ve Düz kesme makinelerinde birer tehlikenin risk değerlendirmesi yapılmıştır. Ön tehlike Analizi Kalitatif(Nitel) PHA bir uygulamadır. Risk ifade edilirken; sayısal değerler yerine, tanımlayıcı olan çok yüksek, yüksek ve düşük gibi değerler kullanılır. Çizelge 1’de PHA ile var olan tehlikelerin tespitinde ve diğer metotlara veri oluşturmada kullanılmaktadır.

**Çizelge 4.7: Ön Tehlike Analizi (Preliminary Hazard Analysis)**

Tehlike	Sebepleri	Etkileri	Şiddet	İhtimal	Sonuç	Önem
Dönen rotorun çalışanı içeri çekmesi GDPMT1	Elle besleme	Ölüm ve uzuv kaybı	1	A	Yüksek	Şekil 2d’deki Taşıyıcı bant kullanılmalıdır.
Yıkama havuzuna düşme GDPMT2	Elle plastiğe müdahale	Yaralanma uzuv kaybı	2	A	Yüksek	Şekil 3b’da Uygun Olan Yıkama Havuzu
Dönen aksama Sarılma	Dikkatsiz çalışma	Yaralanma uzuv kaybı	1	B	Yüksek	Şekil 5d’de Hava kanallı ortam

GDPMT3	Çalışma ortamında ki zararlı gazlar	Havalandırmasız ortam	Meslek hastalıkları	1	A	Yüksek	Şekil 5d'de Hava kanallı ortam
GDPMT4	Dönen kesici bıçağa Eli kaptırma	Korumasız bıçak alanı	Yaralanma uzuv kaybı	2	B	Yüksek	Şekil 7c'de Düz silindirik kesme
GDPMT5							

Tehlike Derecelendirme Numarası Sistemi (Hazard Rating Number System) ile Plastik geri dönüşüm makinesinde proaktif yaklaşımla tespit edilen tehlikelerin beş tanesinin risk değerlendirmesi yapılmıştır. GDPMT1, GDPMT2, GDPMT3, GDPMT4 ve GDPMT5T1'deki tehlikelerin risk değerlendirmesinde çıkan sonuçlara göre hem sözel hem görsel sekiz şekil (1,2,3,4,5,6,7,8) yardımı ile ifade edilerek çözüm önerileri getirilmiştir.

#### Geri dönüşüm prosesi tehlike derecelendirme numarası sistemi (HRNS)

**Çizelge 4.8:** Tehlike Derecelendirme Numarası Sistemi (Hazard Rating Number System)

HRNS	RAK KS	TBB S	OMG O	OY Ş	İLK TD NS	RAK KS	TBB S	OMG O	OY Ş	SON TD NS
GDPMT1	1	5	15	15	1225	1	0,5	1	0,5	0,25
GDPMT2	1	5	15	12	900	1	5	1	0,5	2,5
GDPMT3	2	5	10	12	600	2	5	1	0,5	5
GDPMT4	2	5	10	12	600	2	5	1	0,5	5
GDPMT5	1	5	10	8	400	1	5	1	0,5	2,5

Hata Modu ve Etkileri Analizi (FMEA) risk değerlendirmesinde en önemli skala fakedilmemdir.

#### Geri dönüşüm prosesi hata modu ve etkileri analizi(FMEA)



**Çizelge 4.9:** Hata Modu ve Etkileri Analizi (Failure Mode and Effects Analysis)

Tehlike	İhtimal	Farketme	Şiddet	Risk	Önlem
GDPMT1	10	4	9	360	Taşıyıcı bant kullanılmalıdır. Şekil 2d' de görülmektedir.
GDPMT2	8	4	6	192	Uygun Olan Yıkama Havuzu Şekil 3b' görülmektedir.
GDPMT3	8	5	5	200	Uygun Korumalı Sıkma Şekil 4c'de görülmektedir.
GDPMT4	8	6	5	240	Hava kanallı ortam Şekil 5'de gösterilmektedir.
GDPMT5	10	5	6	300	Düz silindirik kesme Şekil 7c'de görülmektedir.

Geri Dönüşüm makinelerinde tasarım, kullanım ve bakımdan kaynaklı tehlikenin ortadan kaldırılmasında FMEA kantitatif (Nicel) metot ile çözüm getirilmiştir.

**Çizelge 4.10:** Proaktif yaklaşımla yapılan HRN, FMEA ve PHA karşılaştırmalı risk değerlendirmesi sonuçları

Risk Yöntemleri	HRNS	1	FMEA	2	PHA	3
Eylem	Aşırı Yüksek	Çok Yüksek	250<RÖS İş durdur	100<RÖS<250 Önlem al	Yüksek	Ciddi
GDPMT1	1		1		1	
GDPMT2	1			1	1	
GDPMT3	1			1	1	
GDPMT4	1			1	1	
GDPMT5		1	1		1	
Eylem	4	1			5	
Toplamı						
%	80	20	40	60	100	0

Çizelge 4.10' de üç farklı risk değerlendirmesinin sonucu şu şekilde sonuçlanmıştır. Çizelge 4.8' değerlendirmesi yapılan Tehlike Derecelendirme Numarası Sisteminin, (HRNS)sonuçlarının % 80' nin aşırı yüksek ve % 20' nin çok yüksek, Çizelge 9' da risk değerlendirmesi yapılmış olan Hata Modu ve Etkileri Analizinin (FMEA) sonuçlarının ise % 40' nın işi durdur ve % 60' nın önlem al ve Çizelge 4.7' de risk değerlendirmesi yapılmış Ön Tehlike Analizi (PHA) metodunun sonucunun ise % 100'nin yüksek ve % 0'nin de ciddi olduğu çıkan sonuçların bize tehlikenin bertaraf edilmesinde uygulanan risk değerlendirme metodunun doğru seçilmesinin önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer taraftan tehlike algılamasında risk değerlendirmesini yapan İSG

uzmanının da tecrübesi ve uzmanlık alanı yapılan değerlendirmenin sonunun etkilemektedir.

#### **4.5 Plastik Geri Dönüşüm Prosesinin En Tehlikeli Makinesi**

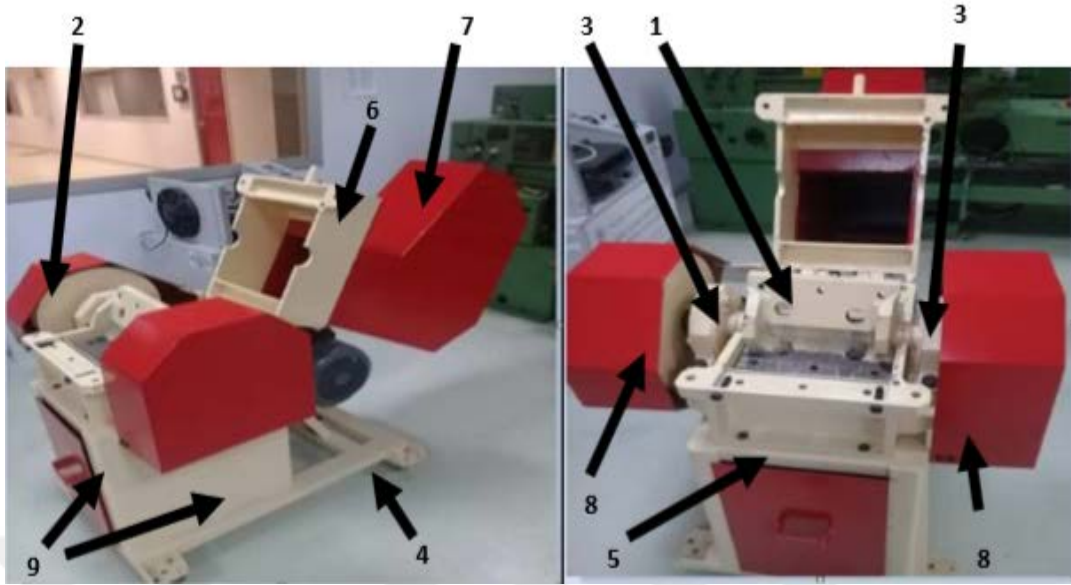
Atık Plastik Geri dönüşüm işletmelerinde gövde genişliği (200-1500mm) olan değişik kapasitelerde makineler mevcuttur.

##### **Blok tipi plastik kırma makinesi**

Geri dönüşüm süreci içinde yer alan “Blok Tipi Plastik Kırma Makineleri”, geri dönüşüme uygun plastik atığın talep edilen büyüklüklerde olacak şekilde parçalanması görevini yerine getirmektedir. Kırma makineleri baltalı, yıldız ve blok tiplerinde imal edilebilmektedir. Çalışmasını yaptığımız BTPKM makinelerinde verimli çalışmaları için kırılacak malzemenin cinsine, hacmine ve temizliğine göre tasarlanmalıdır. Şekil 4.18’ de görülen; Dışardan yataklı sistemine sahip BTPKM makinesi sulu ve susuz prosesler de çalışmaya uygundur.

Kırma makinelerinde plastiğin parçalanmasını sağlayan rotordur. Rotorun hangi bileşenlerden meydana geldiğine bakıldığında; silindir üzerine kaynakla birleştirilmiş dikdörtgen blok ve destekten oluşan kısma rotor mili olarak adlandırılır. Bloklar üzerine ise kesici bıçakların yerleri mevcuttur. Milin her iki tarafına volanların yerleştirilmesi ile birlikte oluşan Şekil 4.18’ de (1) numarası görülen kısım rotor olarak adlandırılır. Rotor; blok 3-5-7 bıçaklar ve volan gibi 3 ana parametreden oluşur. Rotorun çapı ve açısal hızı, kırılacak ürünün cinsine ve hacmine bağlı olarak hesaplanır. Rotor gövde içinde çalışır. Rotorun dairesel hareketini Şekil 4.18’de (3) numara ile gösterilen gövde dışında yataklarda takılı oynak rulmanlar sayesinde gerçekleştirir. Bu rulmanlar aynı zamanda radyal ve eksenel yükleri taşır ve absorbe eder.

## Blok tipi plastik kırma makinelerinde kısımları



**Şekil 4.18:** Blok tip plastik kırma makinasının parçaları

**Kaynak:**file:///C:/Users/TOSHIBA/Desktop/Kanun&Yönetmelik/ENAR\_Proceeding\_E-Book\_24.12.2018\_Final\_Version.pdf

- Rotor
- Volan
- Yataklar
- Alt Şasi
- Alt Gövde
- Üst gövde
- Davlumbaz
- Korumalar
- Depolama Haznesi

## Blok tipi plastik kırma makinesinin çalışma şekli

Elektrik motoruna verilen çalıştırma komutuyla rotor dönmeye başlar. Sabit “Alt gövde” şekil 4.18’ de (5) numaralı ile açılıp kapanabilen “Üst gövde” şekil 4.18’ de (6) içinde dönen rotorun paralelinde sabit gövdede (5) bağlı kesici bıçakların (0,15-0,20mm) kesme aralığında ayarlanması ile kesme yolunu oluşturulur. Şekil 4.18’ de (7) numara ile görülen “Davlumbaz” kısmından

içeriye verilen plastik malzeme kesme yoluna ulaştığında, dönen rotora(1) bağlı kesici bıçaklar ile sabit alt gövdeye(5) bağlı bıçaklar arasında kalarak küçülür. Uygun büyüklüğe gelen plastik gövdeye takılı elekten aşağıya düşer. Bu düşme işlemi rotor tarafından elek yüzeyinin taraması ile olur. Düşen plastikler Şekil 4.18’ de (9) numaralı depolama haznesinde depolanır. Yapılan bu çalışmada başarılı bir pet atığı şişesi Şekil 4.19 (a) görülen atık pet şişe kırılarak çapak Şekil 4.19’ de (b) görülen çapak elde edilmiştir.

Blok Tipi Plastik Kırma makinesinin dışarıdan yataklı olması, içerden yataklı muadillerine göre kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Dışardan yataklı konstrüksiyon seçilmesi, kirli malzemelerin sulu kırılması sırasında yatakların korozyondan korunmasına yardımcı olmaktadır. BTPKM’ de makinelerde elek ve bıçak değiştirilme kolaylığı mevcuttur. Bıçak ile elek arası mesafe kırılacak malzemeye göre değişmektedir. Normal şartlarda rotorun eleği tarama mesafesi elek deliğinin  $(D/2)$  mesafesinde olmalıdır. Bıçağın uç kısmı da eleği dairesel olarak bu ölçüde taramalıdır. Bıçak körelmelerinde dikkat edilmesi gerekenleri şöyle ifade edebiliriz; yıldız ve balta tiplerinde sabit ile dönen bıçak açıklığının 1 mm olduğunda bıçaklar bilenmelidir. Blok tiplerinde ise malzeme cinsine bağlı olmak şartı ile 0,5-0,75 veya 1 mm aralık oluştuğunda bileme yapılmalıdır. Blok tipinde bilemenin daha az mesafede olmasının sebebi ise malzemenin blok havuzunda durması sağa sol aşağı yukarı kaçamamasından dolayıdır. BTPKM’ de makinelerde malzemenin blok havuzundan dışarı kaçamamasından dolayı Kg/saat’ deki verimini artmaktadır.



a) Atık pet şişe

b) Kırılmış pet şişe

**Şekil 4.19:** Blok tipi plastik kırma makinesinde kırılmış atık malzeme

## Blok tipi plastik kırma makinesinde elle beslemeden kaynaklı tehlikenin risk değerlendirmesi

Plastik kırma makinesinde elle besleme yapılırken elin veya ayağın dönen rotora kaptırılması, uzuv kopmaları ve ölümlü iş kazalarına neden olmaktadır. Bu büyük tehlike makine bazlı risk değerlendirmesi HRNS metodu ile değerlendirilmiş ve çözüm önerilmiştir. Değerlendirmenin daha kolay olması açısından “Tehlike Derecelendirme Numarası” skala başlıkları ifade edildiği gibi baş harfleri ile formüle edilmiştir.

Çizelge 4.11 'da Makine bazlı risk değerlendirme skalalarını incelediğimizde; OMGO (Olayın meydana gelme olasılığı(0,003-15)), TBBS(Tehlikeli bölgede bulunma sıklığı(1-5)), OYŞ(Olası yaralanmanın şiddeti(0,1-15)),RAKKS(Risk altında kalan kişi sayısı(1-12)) şeklinde görülmektedir.

**Çizelge 4.11:** Tehlike Derecelendirme Numarası

HRNS=OMOO x TBBS x OYŞ x RAKKS						
Olayın meydana gelme olasılığı	Tehlikeli bölgede bulunma sıklığı	Olası yaralanmanın şiddeti	Risk altında kalan kişi sayısı			
0,003-Neredeyse imkansız	0,5-1	Yılda	0,1-sıyrılması	Çizilme,	1 kişi	1-2
1- Çok zor olasılık	1-1	Ayda	0,5-yırılma	Kesilme,	2 kişi	3-7
1,5- Zor olasılık	1,5-1	Haftada 1	1-kırılması	Küçük kemik (parmak)	4 kişi	8-
2- Olası	2,5-1	Günde 1	2-kırılması	Büyük kemik (el, kol, bacak)	8 kişi	16-
5- Muhtemelen	4-1	Saatte 1	4- parmak kaybı	1 veya	12 kişi	>50
8- Mümkün	5-Sürekli		8- El kol, bacak kaybı, tamamen işleme veya görme kaybı			
10- Yüksek ihtimalle			10- 2 el, kol, bacak kaybı, tamamen işitme veya görme kaybı			
15- Kesin			12- Ciddi kalıcı hastalık			
			15- Ölümcül			

**Kaynak:** Necmi TÜRER, (2013) MESS Metal Sanayicileri Sendikası 1-94

Makine Risk Değerlendirmesi göre (0- 13500) derecelendirme aralığı bulunmaktadır. Risk sonuçlarının değerlendirilmesi Çizelge 4.12' ye göre yapılmaktadır. Bu tabloda sorumluluklarının paylaşımının yapılabildiği aralıklar mevcuttur. Makine imalatçıların sorumluluğu 2006/42/EC göre her türlü eksikliğinden ( 0-100 )% risk ve emniyet açısından sorumludur. Diğer taraftan makine kullanıma alındıktan sonra ki süreçte kullanım ve bakımdan kaynaklı hatalardan kullanıcı sorumludur.

**Çizelge 4.12:** Tehlike Derecelendirme Numarası Sonuç Değerlendirme

HRNS	Risk	Açıklama
0-1	İhmal Edilebilir Risk	Mevcut durumda sağlık ve güvenliği tehlikeye alacak risk yok, ilave emniyet tedbirlerine ihtiyaç yok
2-5	Çok Düşük Risk	Mevcut durumda sağlığı ve güvenliği tehlikeye atan çok az risk var, ilave olarak kayda değer bir emniyet tedbirine gerek olmayabilir. Personel koruma ekipmanları ekipmanları kullanılabilir ve eğitimlerle risk azaltılabilir.
6-15	Düşük Risk	Az da olsa risk vardır. Emniyet tedbirleri için gerekli kontrol ekipmanlarının kullanılması önerilmektedir.
16-50	Dikkate Değer Risk	Emniyet tedbirlerinin alınmasını gerektirecek seviyede risk vardır. İlk fırsatta bu tedbirler uygulanmalıdır.
51-100	Yüksek Risk	Acil olarak emniyet tedbirlerinin alınmasını gerekecek kadar potansiyel tehlike vardır. Bu tedbirler acil olarak uygulanmalıdır.
101-500	Çok Yüksek Risk	Çok acil olarak emniyet tedbirleri alınmalı. İlgili yönetim birimleri haberdar edilmelidir.
501-	Aşırı Yüksak Risk	Çok acil olarak emniyet tedbirleri alınmalı, yeterli kontrol tedbirleri alınmaya kadar ekipmanlar kullanılmalı, insanlar uzak tutulmalı ve ilgili yönetim birimleri haberdar edilmelidir.

**Kaynak:**[http://www.mess.org.tr/media/filer\\_public/bf/a1/bfa1a88e-5854-42e6-bce9-47ea0f371bf2/bsh\\_necmi\\_turer-sunum\\_20130506.pdf](http://www.mess.org.tr/media/filer_public/bf/a1/bfa1a88e-5854-42e6-bce9-47ea0f371bf2/bsh_necmi_turer-sunum_20130506.pdf)

## **Plastik kırma makinelerinde [EBÇT1] elle besleme çalışmasının oluşturduğu tehlikesinin özel olarak çözümü**

Makine içine davlumbaz kısmından elle malzeme atıp kırma yaparken elin (600 devir/ dakika) dönen rotora kapılma sonucu oluşan(sebebi elin veya ayağın, kırılan malzemeye sarılması ile içeri çekilmesi) tehlikesidir. Bu polimer malzemesin kesilmesi üç kademeli rotorun tek bir kademesinin uyguladığı kesme (Polietilen düşük yoğunluk kayma gerilmesi 4,5 Mpa) ve ebatlarına(500x1) göre hesaplanır.

Örnek 1000mm'lik gövde genişliği olan bir plastik kırma makinesinde polietilenin verilerine göre, oluşan kesme kuvveti 2250N' dir. Kesme kuvveti ile oluşan 562500Nmm tork oluşmaktadır. Bu veriler ışığında makinede aktarma minimum 35 kw gücü ve dairesel hareketi 1450 devir/dakika elektrik motor olan bir mekanizmanın içine düşen çalışanın hayatını kaybetmemesi mümkün görünmüyor. Bunun açıklaması ise 2250N 'luk kesme kuvvetine insan vücudunun mukavemet gösteremeyeceği ortadadır. Şekil 4.20'de 1000mm' lik plastik kırma makinesini 600 devir/dakika rotor kısmının dairesel hareket halindeki durumu, makinede elle besleme çalışması (a),(b) ve elektrik motoru (c) şekilleri görülmektedir.



a) Rotrun dairesel hareketi b) Makineye elle besleme c) Elektrik motor 35kw

**Şekil 4.20:** Blok tipi plasti kırma makinesinde elle çalışma

**Kaynak:**file:///C:/Users/TOSHIBA/Desktop/Kanun&Yönetmelik/ENAR\_Proceeding\_E-Book\_24.12.2018\_Final\_Version.pdf 237-243

Plastik kırma makinelerinin en büyük tehlike yaratan kısmı dairesel (600devir/dakika) halindeki rotor kısmında meydana gelebilmektedir. Gövde genişliği (500-1500)mm ve üzeri plastik kırma makinelerde plastik kırma işlemi kesinlikle taşıyıcı bant sistemi kullanılmadan yapılmamalıdır. Bu taşıma sistemi olmadan çalışma yani elle çalışma ölümlü kazaların önünü açacaktır.

Makine Bazlı Risk Değerlendirmesi olan (HRNS) metodu ile değerlendirme yapıldığında; Tehlikenin ortadan kaldırılmasında Şekil 4.11’de görülen taşıma bantı kullanılması (RAKKS) ortadan kaldıracaktır. RAKKS sıfırlanması TBBS’ninde sıfırlanmasına sebep olmuştur. RAKKS ve TBBS ortadan kalkması OMGO’nu ortadan kaldırmıştır. Bu üç değer etkisizleşmesi OYŞ’nin sayısal değerinde değişme olmadığı halde OYŞ’nin varlığının bir etkisi kalmamıştır.



**Şekil 4.21:** Makineye taşıyıcı bant ile besleme

Sistemde yer alan “Plastik Kırma Makinesinden” Elle Besleme Çalışmasından kaynaklanan tehlikeler aşağıda, yanlarında “**tehlike numaraları (EBÇT<sub>i</sub>)**” gösterilmiş olarak verilmektedir.

Makine bazlı risk Değerlendirmesi metodu olan; Tehlike Derecelendirme Numarası Sistemi (Hazard Rating Number System) ile Çizelge 4.13’ de plastik kırma makinesinde tespit edilen tehlikelerden biri olan EBÇT1’de risk değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirme makinelerde emniyetle ilgili TS EN 12100 standardına göre yapılmıştır. Şekil 3.2’de sırasıyla emniyetle ilgili TS EN 12100 ve Elektriksel tedbirlerle ilgili TS EN 13849 standartları



gösterilmiştir.(<http://www.underakademi.com/blog/isg-dergi-makaleler/makine-risk-degerlendirmesi.pdf>)

Plastik Kırma Makinesinde Proaktif Yaklaşımla Tespit Edilen EBÇT1 tehlikesine taşıma banttı kullanılarak çözüm önerileri getirilmiştir. Ayrıca bu başlıkta yapılan risk değerlendirmesinde çıkan sonuca göre hem sözel hem görsel ifadelerle çözüm önerisi getirilmiştir.

**Çizelge 4.13:** Tehlike Derecelendirme Numarası Sistemi (Hazard Rating Number System)

HRNS	RAK	TB	OM	OY	TDN	RAK	TB	OM	OY	TDN
METO	KS	BS	GO	Ş	SD	KS	BS	GO	Ş	SD
DU										
EBÇT1	1	5	15	15	1225	1	0,5	1	0,5	0,25

Tehlike Derecelendirme Numarası sisteminde (Hazard Rating Number System) kullanılarak yapılan risk değerlendirmesinde çözüm önerisi olarak şu değerlendirme yapılmıştır. Plastik kırma makinelerinde elle besleme ile plastik kırma çalışmalarında oluşan tehlikenin ortadan kaldırılmasında çözüm olarak bant taşıma uygulamasının yüzde yüze çıkarılması gerekmektedir. Makine Bazlı Risk Değerlendirmesi olan (HRNS) metodu ile değerlendirme yapıldığında; Tehlikenin ortadan kaldırılmasında Şekil 4.20' de görülen taşıyıcı bant kullanılması çalışanları tehlike alanından uzaklaşmasına yani (TBBS) ortadan kalkmasına neden olacaktır. TBBS' nin ortadan kalkması RAKKS' nin de sıfırlanmasına sebep olacaktır. RAKKS(1) ve TBBS(0,5) ortadan kalkması OMGO'nı da (1) ortadan kaldırmış olacaktır. Bu üç değer etkisizleşmesi OYŞ'nin etkisi(0,5) en düşük hale gelir. HRNS' e göre yapılan risk değerlendirmesinin sonucu TDNSD' i 0,25' e düşmüştür.



## 5. SONUÇ

Türkiye her geçen gün geri dönüşümün önemi hem çevreye hem ekonomiye pozitif katkı sağlamasından dolayı her kesim tarafından kabul edilmiş durumdadır. Dönüştürüldüğünde ekonomik değer ifade eden plastik atığı kimlerin topladığına baktığımızda; sokak toplayıcıları (bütün atıkları toplayan 500 bin kişi), küçük ve orta boy işletmeler( bütün atıkları toplayan bir milyon işletme), vakıflar ve belediyelerden meydana geldiği görülmektedir. (Yetim,2014: 12-15). Atık plastiklerin toplanması ile ilgili ülke genelinde sorumlu paydaşları üzerine düşen sorumluluklar, kurallar ve şartlar netleştirildiğinde geri dönüşüm işletmelerinin kapasitelerini artacak daha verimli çalışır hale geleceklerdir. Bu durum sektör paydaşlarının önünün açılmasında en önemli sorun olarak durmaktadır.

Her geçen yıl geri dönüşüm tesislerinin sayıları artmasına rağmen atık plastiklerin kimin toplaması ortada olmasına rağmen toplanamamasından dolayı büyük kayıplar devam etmektedir. Çevre kirliliğini önemli oranda azaltmak, istihdamı arttırmak ve kayıt dışılığı azalmak üzere; sokakta atık plastik toplayıcılarının bir kısmı eğitimden geçirildikten sonra, uygun sanayi sitelerinde bedelsiz işyerleri verilmelidir. Bu işyerlerinde “Taşıyıcı Bant Sistemli Plastik Kırma Makinesi ve Yıkama Havuz Sistemi” kurularak öncelikle çevre temizliğinde etkin bir çözüm yolu olacaktır.

Atık Plastiklerin sanayiye kazandırmasında dönüşümün yapıldığı proseste; Şerit testere, Taşıyıcı bant, Plastik kırma makinesi, Taşıyıcı helezon, Yıkama havuzu, Sıkma makinesi, Agromel makinesi, Extruder makinesi, Kafadan kesme ekipmanı, İletici fanı ve Depolama haznesi gibi makineler kullanılmaktadır. Gövde genişliği (200-500)mm(taşıyıcı bant sistemi olmayanlar) plastik kırma makineleri plastik ürün üreten işletmelerde üretim zayıyatı ve basılan ürünün kalıptaki yolluk kısımlarının tekrar geri dönüştürülmesinde kullanılır. Plastik kırma işlemi gövde genişliği(600-1500)mm olan makinelerde kesinlikle taşıyıcı bant sistemi olmadan çalışma yapılmamalıdır. Taşıyıcı bant sistemi olmadan,

elle çalışma yapılması uzuv kayıplarının ve ölümlü kazaların önünü açmaya devam edecektir. Yapılan üç farklı risk değerlendirmesinde, olayın meydana gelme sıklığının düşük olması nedeniyle “olasılık faktörünün” düşük tutulmasının objektif bir yaklaşım olmayacağı gibi, risk sonuçlarının da doğru çıkmayacağı açıktır.

Bu çalışmada üç farklı PHA, FMEA ve HRNS metotları ile karşılaştırmalı olarak risk değerlendirmesi yapılmıştır. Geri Dönüşüm Sektöründe kullanılan makine prosesinde;(Plastik kırma makinesi-Yıkama havuzu-Silindirik sıkma Makinesi-Granül çekme makinesi-Düz mekanizması) tasarım, kullanım ve bakımdan kaynaklı tespit edilen beş tehlike ayrıca en tehlikeli makine olarak görülen plastik kırma makinesinde ise yedi tehlikenin risk değerlendirmesi yapılmıştır. Bu çalışmada işlediğimiz yedi tehlikenin en önemlisi “Kırma Makinelerinde” elle besleme tehlikesidir. Bu tehlikenin olasılık skalasının düşük olması, tehlikenin önemsenmemesine neden olmaktadır. İşte böyle bir olayın meydana geldiği andan itibaren şiddetinin ortaya koyduğu katlanılmaz durum bize şunu söylemektedir. Bir olayda ortaya çıkacak sonuç katlanılmaz acılara neden olacak ise olasılık skalasının en yüksekte algılanması akılcı bir yaklaşım olacaktır. Makine Bazlı Risk Değerlendirmesinde kullanılan; Tehlike Derecelendirme Numarası Sistemi (Hazard Rating Number System) metodu makinelerde olan tehlikeleri proaktif yaklaşımla değerlendirmesine en uygun ve pratik metot olduğu yapılan çalışmamızda görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- Çakır, A.K.**(2018), “Makine Bazlı Risk Değerlendirmesi” Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknoloji Gelişmeler Dergisi, c.1 s.1, 1-10
- Ceylan, H.** (2011). Türkiye’deki İş Kazalarının Genel Görünümü. International Journal of Engineering Research and Development.
- Kahraman Ö, Demirer A** (2019) “OHSAS 18001 Kapsamında FMEA Uygulaması” Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 7, No: 1, 2010 (53-68)
- Machinery Directive.** 2006/42/EC. Guide to Application of The Machinery Directive 2006/42/ EC, 2nd Edition, June 2010.
- Özkılıç, Ö.** (2003). İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ,
- Özkılıç, Ö** (2005)“İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi ve Risk Değerlendirme Metodolojileri”, Tisk Yayınları, İstanbul 21-24, 48-58, 6176, 117-136
- Özkılıç, Ö.**(2016) “Makine Risk Değerlendirmesi”, Önder Akademi, <http://www.onderakademi.com/blog/isg-dergi-makaleler/makine-risk-degerlendirmesi>; s,20-24
- Özkılıç, Ö.**(2007) İş Sağlığı, Güvenliği ve Etki Risk Değerlendirmesi; MESS, İstanbul,
- Türer, N.**(2013) “CE, Makine Emniyeti ve Risk Değerlendirmesi” İSG Haftası Seminerleri, MESS Metal Sanayicileri Sendikası 1-94
- Yetim, A.** (2014) “Geri Dönüşüm Sektöründe Dünyadaki Genel Görünümü ve Türkiye’deki Durumu”, İzto Ar-Ge Bülteni, 11-15
- Hacıbebekoğlu, A Hacıbebekoğlu, M., Yiğit O G., Çetinel, S.,** (2011-2012) Plastik Geri Dönüşüm Ürünleri Tesisi Yatırım Fizibilitesi. Progem Danışmanlık Ltd. Şti. tarafından Muş Ticaret ve Sanayi Odası adına “Öncelik Yatırım Alanlarının Tespiti ve Fizibilite Projesi” Kitabı, s,28-29
- Toptancı, Ş N. E.** (2017). Hata türü ve etkileri analizi ve kalite fonksiyon yayılımı ile bir inşaat firması için risk değerlendirme.
- Yalman N, Erdim K, Akata, H.E;** (2018), “Polimer Malzemelerin Geri Dönüşüme Kazandırılması İçin Plastik Kırma Makinesi Tasarımı ve İmalatı” ENAR 2018 Proceedings Book International Congress on Engineering and Architecture Alanya / Turkey 237-243
- Yalman N, Akata, H.E;** (2018) ”Plastik Geri Dönüşüm Sektöründe Kullanılan Makinelerde Karşılaşılan Risklerin İncelenmesi” IOHS EXPO Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Kongresi ve Fuarı, İstanbul / Türkiye **ISBN: 978-975-18-0269-9** s,492-499
- Yalman N, Akata, H.E;** (2019) Atık Plastiklerin Geri Dönüşümle Sanayiye Kazandırılmasında Kullanılan Plastik Kırma Makinelerinde Karşılaşılan Riskler ve Çözüm Öneriler. (9-10 Mart 2019) XI. International Balkan and Near Eastern Social Sciences Congress Series - Tekirdağ / Turkey, **ISBN: 978-605-67815-2-0** s,586-596
- Yalman N, Akata H.E.,** (2019) Çevre ve Ekonomiye Pozitif Etki Sağlayan Atık Plastiklerin Geri Dönüşüm Proseslerinde Yaşanan Tehlikelerin azaltılması

üzerine öneriler. (12-13 Nisan 2019) 4. Uluslararası İş Güvenliği ve Çalışan Sağlığı Kongresi. Ankara/ Türkiye

**Prof. Dr. Mustafa AKKURT**, “Makina Elemanları Cilt:1-2”, Birsen Yayınevi, İstanbul 2005

**Milli Eğitim Bakanlığı** Plastik Teknolojileri Yardımcı Ekipmanlarla Üretim-1 (543M00001), 2011 Ankara/Türkiye 1-42

### İnternet Kaynak

<http://www.daka.org.tr/panel/files/files/yayinlar/Plastik%20Geri%20D%C3%B6n%C3%BCm%C5%9F%C3%BCm%20Tesisi%20Fizibilite%20Raporu.pdf> (20.2.2019)

[file:///C:/Users/TOSHIBA/Desktop/Kanun&Yönetmelik/ENAR\\_Proceeding\\_E-Book\\_24.12.2018\\_Final\\_Version.pdf](file:///C:/Users/TOSHIBA/Desktop/Kanun&Yönetmelik/ENAR_Proceeding_E-Book_24.12.2018_Final_Version.pdf) (20.3.2019)

<http://www.izto.org.tr/portals/0/argebulten/gerid%C3%B6n%C3%BCm%C5%9F%C3%BCm%20sekt%C3%B6r%C3%BCm%20ahmetyetim.pdf> (21.3.2019)

<http://www.onderakademi.com/blog/isg-dergi-makaleler/makine-risk-degerlendirmesi.pdf> (04.03.2019)

<http://iohsceexpo.org/wp-content/uploads/2019/03/iohs-bildiri-kitabi.pdf> (01.04.2019)

[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Yard%C4%B1mc%C4%B1Ekipmanlarla%20%20C3%9Cretim%201.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Yard%C4%B1mc%C4%B1Ekipmanlarla%20%20C3%9Cretim%201.pdf) (01.01.2019)

[http://ibaness.org/conferences/tekirdag\\_2019/ibaness\\_tekirdag\\_proceedings\\_draft\\_4.pdf](http://ibaness.org/conferences/tekirdag_2019/ibaness_tekirdag_proceedings_draft_4.pdf) (12.04.2019)

[https://s.makinaturkiye.com/Product/113749/thumbs/plastik\\_yikama\\_kazani-1-200x150.jpg](https://s.makinaturkiye.com/Product/113749/thumbs/plastik_yikama_kazani-1-200x150.jpg) (04.04.2019)

<https://www.basaranmak.com/thumb/300x200/uploads/yikama-havuzu.jpg> (04.04.2019)

<http://www.feydasmakina.com/upload/2016/03/slide3.jpg> (05.05.2019 )

<http://ustunismakina.com.tr/plastik-yuzdurme-batirma-kazanlari/> (05.05.2019)

<https://www.basaranmak.com/> (02.03.2019)

<https://www.bilgiustam.com/resimler/2009/05/torquea.jpg> (28.12.2018)

<http://ustunismakina.com.tr/film-sikma-makinasi/> (11.02.2019)

<https://www.basaranmak.com/thumb/300x200/uploads/yatay-sikma-makinesi.jpg> (11.02.2019)

<http://www.sahcan.com/web/images/upload/images/agromer04.jpg> (12.02.2019)

<https://www.basaranmak.com/thumb/500/uploads/agromelmakinesi.jpg> (12.02.2019)

[https://www.uyisguvenligi.com.tr/images/products/00/64/69/6469\\_kucuk.jpg](https://www.uyisguvenligi.com.tr/images/products/00/64/69/6469_kucuk.jpg) (13.02.2019)

<http://www.sahcan.com/web/anasayfa.html> (25.3.2019)

<http://calismabarisleri.com/wp-content/uploads/2018/02/3.jpg> (24.03.2019)

[https://isgtecrubeleri.com/dokumanlar/012-Havalandirma\\_rehberi.pdf](https://isgtecrubeleri.com/dokumanlar/012-Havalandirma_rehberi.pdf) (23.03.2019)

<http://tek-makine.com/data/uploads/suzgec/plastik-makinesi-suzgec.jpg> (20.03.2019)

<http://ustunismakina.com.tr/yatay-ve-dinamik-santrifujleri/> (19.03.2019)

<http://www.basaranmak.com/urun/dikey-santrifuj-sistemi.html> (18.03.2019)

<https://dosyaism.saglik.gov.tr/Eklenti/21766,lejyonerhastaligikontrolprogramirehberi.pdf?0> (19.03.2019)

[https://docplayer.biz.tr/docs-images/46/8754428/images/page\\_14.jpg](https://docplayer.biz.tr/docs-images/46/8754428/images/page_14.jpg) (20.05.2019)

<https://www.uyisguvenligi.com.tr/> (19.04.2019)

<http://www.erfgroup.com/urun/aluminyum-dokum-govdeli-fanlar.html> (18.04.2019)

<http://www.erfgroup.com/urun/metal-govdeli-orta-basincli-radyal-salyangozlar-fanlar.html> (18.04.2019)

<http://www.safakmak.com/> (23.11.2018)  
<https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSMAYc9xQLCaDLyTmphRzML0GxfPx0z8wVBPzVwKCyLWPbK-u4hzg> (12.03.2019)  
[https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSrchjnA05U\\_yk6a5nEHwoJn44iODDp0NQcnpzIuvBhv2ZSk6KS](https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSrchjnA05U_yk6a5nEHwoJn44iODDp0NQcnpzIuvBhv2ZSk6KS) (11.03.2019)  
[file:///C:/Users/TOSHIBA/Desktop/bsh\\_necmi\\_turer-sunum\\_20130506.pdf](file:///C:/Users/TOSHIBA/Desktop/bsh_necmi_turer-sunum_20130506.pdf)  
(11.03.2019)  
<http://egitim.druz.com.tr/indir/risk-analizi-ozlem-ozkilic> (12.12.2018)  
<https://slideplayer.biz.tr/slide/10369511/33/images/80/Risk+Alg%C4%B1lama+%28%C3%96nem%29+D%C3%BCzeyi+Tehlikenin+Kan%C4%B1ksanmas%C4%B1na.jpg> (05.05.2019)  
<http://www.ehg70.com/Document/Urunler/bicaklar/granur-kesme-bicaklari/granur-onkesme-topbicagi-2.jpg> (12.03.2019)







## ÖZGEÇMİŞ



### KİŞİSEL BİLGİLER

1	<b>Adı Soyadı</b>	Necati YALMAN
2	<b>Doğum Yeri /Tarihi</b>	23/07/1965 İSTANBUL
3	<b>Medeni Hali</b>	Evli
4	<b>Cinsiyeti</b>	Erkek
5	<b>Uyruğu</b>	T.C
6	<b>Adres</b>	Mustafa Kemal paşa mah. Fatih cad. No: 91 Arnavutköy /İSTANBUL
7	<b>Tel</b>	0212 597 2787 - 0542 829 35 81
8	<b>E- mail</b>	necati.yalman.@hotmail.com

### EĞİTİM BİLGİLERİ

1	<b>İlkokul</b>	Mustafa İtri İ.Ö.O
2	<b>Ortaokul</b>	Oğuzhan O.O
3	<b>Lise</b>	A.Ö.L Sosyal bilimler lisesi
4	<b>Lise</b>	A.Ö.L Gültepe Endüstri Meslek (Makine Ressamlığı Bölümü)
5	<b>Ön Lisans</b>	Kocaeli Üniversitesi/Asım kocabıyık Meslek Yüksek Okulu (Makine Bölümü)
6	<b>Lisans</b>	Anadolu Üniversitesi/İktisat Fakültesi/Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkiler
7	<b>Lisans</b>	İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ/Mühendislik Fakültesi/Makine Mühendisliği
8	<b>Yüksek Lisans</b>	İstanbul Aydın Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği Tezli Yüksek lisans (Halen)

### Mesleki Tecrübe Bilgisi

Yurdakul Makine Sanayi ve Dış Ticaret Ltd.Şti  
Şahinler D. Gaz Sist/Uğur Ünal ve Ort  
Yalman Makine Sanayi - Makine Mühendisi (Halen -2019)

