
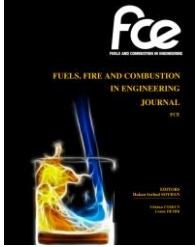


|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
|  | <b>MÜHENDİSLİKTE YAKITLAR, YANGIN VE YANMA DERGİSİ</b><br><b>FUELS, FIRE AND COMBUSTION IN ENGINEERING JOURNAL</b> |  |  |
|   | eISSN:2564-6435<br>Dergi sayfası: <a href="http://dergipark.gov.tr/fce">http://dergipark.gov.tr/fce</a>            |  |   |
|   | <u>Gelis/Received</u><br>28.05.2024<br><u>Kabul/Accepted</u><br>11.11.2024   | Doi: <a href="https://10.52702/fce.1489947">https://10.52702/fce.1489947</a> |   |


## FINE KINNEY RİSK ANALİZ METODU İLE PVC GERİ DÖNÜŞÜM TESİSİ YANGIN RİSKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ


Ali ZEYNELGİL<sup>1</sup>, Mustafa Şahin DÜNDAR<sup>2\*</sup>, Celal CANER<sup>3</sup>


### ÖZ

PVC malzeme günümüzde çoğu alanda kullanılmaktadır. Üretilen malzemeler hayatımızda önemli bir yere sahip olup tüketiminde artmaktadır. Kullanım alanlarından bazıları; kablolar, elektrik kanalları, borular, pencere çerçevesi, kapıları, oluk, yer döşemeleri, inşaat, otomotiv vb. Bu malzemelerin yaygın olarak kullanılması, yangın güvenliği açısından önemlidir. PVC malzemelerin biyolojik olarak ayrışmaması ve doğada uzun süre varlığını sürdürebilmesi, küresel çapta ciddi bir plastik atık problemine neden olmaktadır. Bu nedenle, PVC'nin geri dönüşüm süreci ve geri dönüşümü son derece önemlidir. Geri dönüşüm tesislerinin sayısının artması ve depoladığı malzeme çeşitliliği, günümüzde yangın güvenliği açısından önemli bir risk oluşturmaktadır. Bu husus, geri dönüşüm tesislerinde yangın güvenliğinin sağlanması açısından son derece kritiktir. Bu çalışma çerçevesinde, Ankara'da bulunan özel bir PVC geri dönüşüm tesisinde yangına sebep olabilecek potansiyel tehlikeler belirlenmiştir. Fine-Kinney yöntemi kullanılarak tanımlanan bu tehlikelerin değerlendirilmesi yapılmış ve bu tehlikelerin neden olabileceği risk değerleri hesaplanmıştır. Ardından, hesaplanan risk değerleri Fine-Kinney yöntemine göre kategorize edilmiştir. Bu kategorilere göre, riskler önceliklendirilmiş ve kabul edilebilir seviyeye düşürülmesi için iyileştirici ve engelleyici işlemler belirlenerek uygulanmıştır. Fine-Kinney risk analizi yöntemi kullanılarak hazırlanan risk değerlendirme raporunda, tehlike kaynakları detaylı bir şekilde incelenmiş ve toplamda 32 risk tanımlanmış ve değerlendirilmiştir. Mevcut durumda tesbit edilen risk değerlerinin %44 oranına sahip kısmı yüksek risk, %37'si çok yüksek risk, %16'sı önemli risk ve %3'ü kesin risk değerlendirmesinde olduğu tespit edilmiştir. Kabul edilebilir risk grubunda tespit yapılmamıştır. Düzeltici ve önleyici faaliyetlerin uygulanmasından sonra risk değerlerinin yüzdesel dağılımı şöyledir; %41 kesin risk, %28 kabul edilebilir risk, %19 önemli risk ve %12 yüksek risk kategorisindedir. Yapılan çalışmalar sonucunda, çok yüksek risk kategorisi tamamen ortadan kaldırılmıştır. Kabul edilebilir risk değerleri ve kesin risk değerleri düzeltici ve önleyici faaliyetler sonrasında mevcut durumun üstüne çıkarak risk odağını ortadan kaldırmıştır. Düzeltici ve önleyici faaliyetlerden sonra çok yüksek risk değerleri ortadan kaldırılmıştır. Çalışmada tesisdeki yangın açısından riskli bölgeler atıkların toplandığı ve depolandığı yerler olarak göze çarpmaktadır. Elektrik tesisatı ve elektrikli aletlerde yangın açısından risk teşkil etmektedir. İnsan ve makine odaklı çalışılan tesisde yangın algılama ve söndürme sistemlerinin kurulması gerekmektedir. Tesisin konumunun yerleşim yerinden uzakta bulundurulması, atıkların tesisi içinde kategorilere ayrılarak

\*Sorumlu yazar/Corresponding author

<sup>1</sup> Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yangın ve Yangın Güvenliği Ana Bilim Dalı, Serdivan, SAKARYA, ali.zeynelgil1@ogr.sakarya.edu.tr  0000-0002-1252-2586

<sup>2</sup> Prof. Dr., Sakarya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Serdivan, Sakarya, [dundar@sakarya.edu.tr](mailto:dundar@sakarya.edu.tr) Te:0264-295 60 44  0000-0002-5117-7864

<sup>3</sup> Arş. Gör. Dr., Sakarya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Serdivan, Sakarya, [ccaner@sakarya.edu.tr](mailto:ccaner@sakarya.edu.tr)  0000-0002-1252-4093

depolanması, tesisde çalışan insanların yangın farkındalığının artırılması amacıyla sürekli bir eğitim modelinin olması ve tesis içinde yangın ekiplerinin planlanılarak tatbikatlar yapılması yangın riskinin büyük ölçüde azalmasını sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Yangın Güvenliği, PVC (Polivinil Klorür), Geri Dönüşüm, Risk Analizi, Fine Kinney

## ASSESSMENT OF PVC RECYCLING FACILITY FIRE RISK WITH FINE KINNEY RISK ANALYSIS METHOD

### ABSTRACT

PVC material is used in most areas today. Produced materials are important in our lives, and their consumption is increasing. Some of the usage areas are cables, electrical conduits, pipes, window frames, doors, gutters, flooring, construction, automotive, etc. The widespread use of these materials is important for fire safety. The fact that PVC materials cannot biodegrade and can survive in nature for a long time causes a serious global plastic waste problem. Therefore, the recycling process and recycling of PVC is essential. The increase in recycling facilities and the variety of materials they store pose a significant risk regarding fire safety today. This issue is extremely critical to ensure fire safety in recycling facilities. Within the framework of this study, potential hazards that could cause a fire in a private PVC recycling facility in Ankara were identified. These hazards, identified using the Fine-Kinney method, were evaluated, and the risk values described these hazards may cause, were calculated. Then, the calculated risk values were categorized according to the Fine-Kinney method. According to these categories, risks were prioritized and remedial and preventive actions were determined and implemented to reduce them to acceptable levels. In the risk assessment report prepared using the Fine-Kinney risk analysis method, the sources of danger were examined in detail, and a total of 32 risks were identified and evaluated. Currently, %44 of the risk values determined are high risk, %37 are very high risk, %16 are significant risk and %3 are determined to be definite risk. No detection was made in the acceptable risk group. The percentage distribution of risk values after implementing corrective and preventive actions is as follows: %41 are in the definite risk, %28 are in the acceptable risk, %19 are in the significant risk and %12 are in the high-risk category. As a result of the studies carried out, the exceptionally high-risk category has been eliminated. Acceptable and absolute risk values have risen above the current situation after corrective and preventive actions and eliminated the risk focus. After corrective and preventive actions, very high-risk values were eliminated. In the study, fire-risk areas in the facility stand out as places where waste is collected and stored. It poses a risk of fire in electrical installations and electrical devices. Fire detection and extinguishing systems must be installed in the facility where people and machines are focused. Keeping the location of the facility away from the residential area, storing the wastes by separating them into categories within the facility, having a continuous training model to increase the fire awareness of people working in the facility, and planning fire teams and conducting drills within the facility ensure that the risk of fire is significantly reduced.

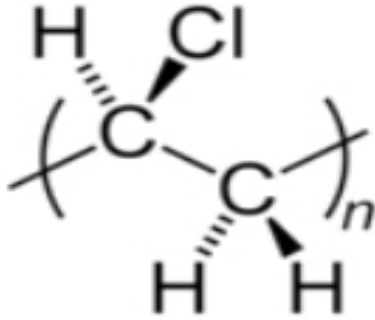
**Keywords:** Fire Safety, PVC (Polyvinyl Chloride), Recycle, Risk Analysis, Fine Kinney

### 1. GİRİŞ

Polivinil klorür (PVC), dünya çapında en yaygın olarak kullanılan plastik malzemedir. Vinil klorürden türetilen PVC, sert ve esnek olmak üzere iki ana kullanım alanına sahiptir. Sert PVC

genellikle borular, pencere profilleri, kapılar gibi uygulamalarda kullanılır. Bu ürünler, sert, dayanıklı, iklim koşullarına dayanıklı ve kendiliğinden yanmaz özelliklere sahiptir. Esnek PVC türleri ise kablo endüstrisi, zemin kaplamaları, oyuncaklar ve eldivenler gibi alanlarda kullanılır. Polivinil klorür, amorf

plastikler arasında öncüdür ve beyaz veya açık sarı renkte bir toz polimerdir. Standart PVC, %53-55 klor bulundurur veya klasik 80 derecede yumuşar. İleri düzeyde plastikleştirici katkı maddeleriyle karıştırılmış polivinilklorür, lastiğimsi bir kıvama sahiptir. Isıtıldığında, klorlanmış hidrokarbonlar tarafından çözünür. Polivinilklorür, içerdiği hidrojen nedeniyle yanmaya karşı dirençlidir ve açık alevle temas ettiğinde yanmaz. Kablo izolasyonunda kullanılmak için plastikleştiriciler eklenerek kauçuğa benzer bir şekilde kullanılır. Vinil monomerlerine trikresilfosfat, dioktilftalat, dibütillsebasat, polipropilenglikol gibi katkı maddeleri eklenir ve kauçuk benzeri özellikler kazandırır. Ancak, 140 °C' de yavaşça, 170 °C' de ise daha hızlı bir şekilde HCl ayrılması neticesinde bölünür ve polimerde ikili zincir oluşur. Bu nedenle, polimer stabilizatörler eklenir [1].



Şekil 1. PVC molekül yapısı [3]

PVC'nin sert formunu alabilmesi için yüksek sıcaklığa ihtiyaç vardır. Ancak, PVC'nin ısıya dayanma sınırı 100°C'nin üzerindedir; bu nedenle, 100°C'nin üzerindeki sıcaklıklara maruz kaldığında PVC bozulabilir. Bu sebeple, sert PVC üretimi sırasında ısı stabilizatörleri yardımcı malzemeler olarak eklenir. Kurşun, baryum, kadmiyum, kalsiyum, çinko gibi stabilizatörler, PVC'nin ısı dayanımını artırarak ürünün kullanım ömrünü uzatmaya yardımcı olan katkı maddeleridir. PVC'nin bozulmasıyla birlikte, HCl gazı ortaya çıkar. Sıcaklık arttıkça, PVC'nin yapısındaki bozulma hızı önemli ölçüde artar. Eğer ortamda oksijen bulunuyorsa, bozulma reaksiyonunun hızının arttığı gözlenmiştir. Bozulma derecesine bağlı olarak, PVC'nin renginde sararma, kızarma, kahverengileşme ve siyahlaşma gibi değişiklikler görülür [2].

PVC geri dönüşüm işlemlerinden bilhassa fiziksel geri dönüşüm, PVC moleküllerinin zincir uzunluğunu belirgin bir şekilde azaltmadığından, geri dönüştürülen PVC'nin, orijinal PVC ile

benzer dayanıklılık ve niteliklere sahip yapıtlar meydana getirilebileceği düşünülmektedir. PVC polimeri, tatbik ve tam ürünün pozisyonuna ilişkili olarak en az sekiz kez geri dönüştürülebilir, bu da polimer atık birikiminin düşürülmesi ve tabii kökenlerin korunma altına alınması bakımından değerli katkı sağlar. PVC polimeri imalat ve işlenmesi öteki polimer çeşitlerine göre daha çok enerjinin korunmasını sağlar, bu da PVC'nin elverişli biçimde geri dönüştürüldüğünde kıymetli bir polimer haline gelmesini sağlar. Bazı PVC geri dönüşüm şekillerinin uygulanabilirliği ve ticari şekilde değerlendirilebilirliği zordur. Devletler, imalatçılar ve müşteriler PVC sanayisi için devam ettirilebilir bir gelecek temin etmenin yöntemleri araştırılmaktadır. PVC polimeri için etkili geri dönüşüm süreçleri nihai aşamada değerlidir. Bu sebeple, bu faaliyet atık PVC ürünlerinin yakılması yerine, polimer zincirlerini kırmadan fiziksel olarak parçalara ayırarak formüle edilip ekstrüzyon işlemine tabi tutarak farklı ikincil ürünler elde etmeyi amaçlamaktadır. Bu yöntem sayesinde atık PVC ürünlerin geri kazanımı sağlanırken, su, toprak ve hava kirliliğinin önüne geçilir. PVC'nin diğer plastiklere kıyasla daha yüksek enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonuna sahip olması, küresel ısınmanın artmasına neden olacaktır [4].

Literatürde yapılan araştırmalara bakıldığında; elektrik panolarında yangınlara karşı fine kinney yöntemi ile risk analizi yapılması, plastik sektöründe fine kinney yöntemi ile risk değerlendirilmesi, yangın ekipmanları üretiminde fine-kinney yöntemi kullanılarak risklerin değerlendirilmesi, bir tekstil fabrikasında fine-kinney risk analiz metodu ile risk değerlendirmesinin yapılması ve yüksek katlı bir yapıda fine kinney metodu ile risk analiz değerlendirilmesi şeklinde her sektörde fine kinney metodu ile risk analiz çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışma çerçevesinde, özel bir PVC geri dönüşüm tesisinde yangına sebep olabilecek potansiyel tehlikeler belirlenmiştir. Fine-Kinney yöntemi kullanılarak tanımlanan bu tehlikelerin değerlendirilmesi yapılmış ve bu tehlikelerin neden olabileceği risk değerleri hesaplanmıştır. Ardından, hesaplanan risk değerleri Fine-Kinney yöntemine göre kategorize edilmiştir. Bu metod, risklerin ağırlık oranlarını hesaplayarak derecelendirme yapar ve önlemlerin ne zaman alınması gerektiğine karar verilmesine yardımcı olur. İşyeri istatistiklerinin kullanımına olanak

sağladığı için Fine-Kinney metodu daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesine katkı sağlar.

## 2. PVC GERİ DÖNÜŞÜM TESİSİ YANGINLARI

Yanma, bir maddenin oksijenle reaksiyona girerek ısınması ve ışık ve ısı yayması sürecidir. Bu süreç genellikle ateşin belirgin göstergeleriyle birlikte gerçekleşir ve yangına yol açabilir. Yanma, birçok çeşitli maddenin yanması sonucu oluşan doğal bir olaydır, ancak kontrolsüz ve istenmeyen yangınlar ciddi zararlara ve tehlikelere yol açabilir. Temel olarak, yanma süreci yakıt, oksijen ve ısı (ateş) arasındaki kimyasal reaksiyonlarla gerçekleşir.

Yanma sürecinde, yakıt molekülleri oksijen molekülleriyle reaksiyona girer. Bu reaksiyon sırasında, yakıt moleküllerinin karbon (C) ve hidrojen (H) atomları oksijen (O<sub>2</sub>) molekülleriyle birleşerek karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve su (H<sub>2</sub>O) gibi yeni bileşikler oluşturur. Bu süreçte, eski moleküllerin parçalanması ve yeni moleküllerin oluşturulması sırasında enerji açığa çıkar.

Günümüz şartlarında geri dönüşüm tesislerin artması ve depoladığı malzeme çeşitliliğinden dolayı yangın güvenliği açısından büyük risk teşkil etmektedir. Tesislerin açık veya kapalı alanlarda bulunması, yangın güvenliği açısından farklı stratejilere ihtiyaç duyar. Özellikle açık alandaki tesisler, çevredeki yangın risklerini kontrol altında tutmak ve düzenlemek için çeşitli değişkenlerle ilişkilendirilmelidir. Bu durum, geri dönüşüm tesislerinde yangın güvenliğinin sağlanması açısından son derece önemlidir.

Bu çalışmada Fine-Kinney tehlike değerlendirme metodu ile PVC geri dönüşüm tesisindeki tehlikeli durumlar, tehlike içeren hareketler tespit edilerek yangın riskleri ve önlemlerle ilgili düzenlemeleri içermektedir. Geri dönüşüm tesisinde yangın meydana gelmesini engellemek, yangının başka bölgelere yayılmasını önlemek, çıkan yangını en hızlı şekilde kontrol altına almak ve hızlı bir biçimde bölgenin boşaltılmasını temin etmek maksadıyla düzenlenmiştir.

İstatistiklere göre, bir geri dönüşüm tesisinde ortalama olarak her iki yılda bir yangın olayı yaşanmaktadır. Geri dönüşüm tesislerinde meydana gelen yangınların başlıca nedenleri, atıkların bileşenlerine uygun şekilde ayrılmaması, dikkatsiz depolanması ve açık alanlarda bırakılarak ısınan atık yığınlarının yangıncı hale

gelmesidir. Geri dönüştürülmek amacıyla toplanan atıklar çeşitli kimyasal bileşenler barındırmakta ve çoğunun yangıncı olduğu bilinmektedir. Bu atıkların kontrolsüz yanışı, hem can ve mal güvenliği açısından riskler doğurmakta hem de çevresel sorunlara yol açmaktadır. Yangınlar sonucunda salınan karbondioksit, sera gazı etkisini olumsuz yönde etkilemektedir. Toplanan atıklar, düzensiz ve kontrolsüz bir şekilde tesislerde biriktirilmektedir. Bu yığınlar içindeki kimyasal reaksiyonlar veya güneş ışığının etkisiyle aşırı ısınma, yangınlara yol açacak tutuşma veya patlama riskini artırmaktadır. Geri dönüşüm tesislerinde yangınların önlenmesi için; ayrıştırmanın kurallarına uygun bir şekilde gerçekleştirilmesi, bilinmeyen veya tanımsız katı ve sıvı maddelerin tesislere kabul edilmemesi, katı ve sıvı atıkların koşullara uygun bir şekilde depolanması, atık işlemlerinin kamu tarafından titizlikle denetlenmesi ve toplumun bilinçlendirilmesi önem arz etmektedir [5]. Bu nedenle, yangından korunma tesisin işletilmesinde hayati bir öneme sahiptir. Yangından korunma planı, personelin kapsamlı bir şekilde eğitilmesini ve yangın alarmı durumunda profesyonelce hareket etmesini içerir. Yanlış alarmlar, personelin yangın alarm sistemine olan güvenini azaltabilir ve gerçek bir yangın durumunda yanlış tepkilere yol açabilir. Bu nedenle, yanlış alarmlar özellikle yangından korunma tasarımında ele alınması gereken bir risktir [6].

Tesislerin açık veya kapalı alanlarda olması, yangın güvenliği açısından farklı stratejilere ihtiyaç duyar. Özellikle tesisin açık alanları, çevredeki yangın risklerini kontrol altında tutmak ve düzenlemek için çeşitli değişkenlerle ilişkilendirilmelidir. Bu durum, geri dönüşüm tesislerinde yangın emniyetinin temini gayesiyle kritik değer taşır.

Bir yangın veya patlama durumunda koordinasyonu sağlamak için acil durum planları bulunmalı ve operasyonlarda herhangi bir değişiklik olduğunda sürekli olarak güncellenmelidir. Yangın kayıplarını en aza indirmek için, tüm yangın söndürme ekipmanları, yangından korunma malzemeleri, yangıncı sıvı depoları, depolama düzenleri ve genel işletme riskleri periyodik olarak en geç on beş gün de bir denetlenmeli ve kontrol edilmelidir. Tespit edilen herhangi bir aksaklık bir rapor haline getirilmeli

ve daha sonra yetkili bir görevli tarafından izlenmelidir [7].

Yangına müdahale edecek personel, işletme tarafından ilk müdahalede aktif rol alabilecek nitelikli bireyler arasından seçilmelidir. Personelin teorik eğitimi, çeşitli yangın türleri, yangınların nedenleri, kullanılan söndürme malzemeleri ve yöntemleri (su, köpük, kuru toz, gaz vb.), sabit söndürme sistemleri (hortum boru sistemleri, yağmur ormanları, gaz sistemleri vb.), yangın yerindeki potansiyel tehlikeler (zehirli gazlar, çökme riski, elektrik, patlama tehlikesi vb.) üzerine odaklanmalıdır. Pratik eğitimlerde, personel söndürme tüpü kullanımı, hortum kullanımı ve yönetimi, su temini, köpük kullanımı, solunum cihazı kullanımı ve yangına müdahale tekniklerini öğrenmeli ve uygulamalı olarak çalıştırılmalıdır. Tatbikatlarda personel arasında görev dağılımı, müdahaleye hazırlık, malzeme kullanımı gibi konularda pratik çalışmalar gerçekleştirilmelidir.

PVC yangın durumunda hızla yanar, erir ve yanıcı sıvılar gibi davranarak yoğun duman ve zehirli gaz üretirken yüksek sıcaklık oluşturur. Söndürme için bol miktarda su ve yoğun püskürtme yeteneğine sahip yağmurlama başlıkları gerekebilir. Depolanan plastiklerin söndürme sistemi, kimyasal bileşimlerine, fiziksel özelliklerine ve depolama düzenine bağlı olarak belirlenir. Depolama yüksekliği genellikle 6 metreyi aşmamalıdır ve plastiklerin depolanması için bodrum katı olmayan tek katlı depolar tercih edilmelidir. Belirli koşullar altında, yanabilen ve tutuşabilen plastik yangınlarını kontrol etmek için su kullanılabilir, ancak genellikle köpük daha etkilidir ve Sulu Film Yapıcı Köpük (AFFF) tercih edilir. Plastik yangınlarını söndürmek için köpüklü su püskürtmek için püskürtme başlıkları kullanılır. Yağmurlama sistemleri, ıslak borulu, kuru borulu veya ön tepkimeli/soğutmalı alan sistemleri şeklinde olabilir [8].

### 3. MATERYAL VE METOT

PVC geri dönüşümü PVC atıkların toplanması, ayrıştırılması ve işlenerek yeni ürünlere dönüştürülmesi sürecini ifade ediyor. PVC sektöründe ürün çeşitliliği ve PVC malzemelerin doğada uzun süre kalması sebebiyle, PVC geri dönüşüm tesisin yangın risk değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmanın yapıldığı tesis 5000 m<sup>2</sup>

alan içinde açık depolama alanı, kapalı depolama alanı, ofisler, makinelerin bulunduğu atölye alanı ve geri dönüşüm maddelerinin paketleme alanının bulunduğu bir tesistir. Tesis sanayi bölgesinde olup, çevresinde başka işletmeler bulunmaktadır. Tesisde pvc atıklar toplama, ayrıştırma, yıkama, öğütme ve paketleme işlemleri uygulanarak geri dönüşümü sağlanmaktadır. Tesis içerisinde malzeme çeşidinin fazla olması, açık ve kapalı depolama alanlarında malzemelerin gelişi güzel bir şekilde istiflenmesi her zaman yangın riskini arttırmaktadır.

#### 3.1. Fine-Kinney Risk Analiz Metodu

Fine Kinney Tekniği, risklerin önceliklendirilmesi ve kaynakların etkin bir şekilde yönlendirilmesi konularında kullanılan bir tekniktir. Bu metod, risklerin ağırlık oranlarını hesaplayarak derecelendirme yapar ve önlemlerin ne zaman alınması gerektiğine karar verilmesine yardımcı olur. İşyeri istatistiklerinin kullanımına olanak sağladığı için Fine-Kinney metodu daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesine katkı sağlar. Bu metod, Etki (E), İhtimal (İ) ve Frekans (F) skalalarını kullanarak risk derecesini (R) belirler. Buradaki değerler Tablo 2, Tablo 3, Tablo 4'de gösterilmiştir. Bu analizde, risklerin önceliklendirilmesi ve kaynakların öncelikli olarak yönlendirilmesi konularında kullanılan bir tekniktir. Risklerin ağırlıklı oranları hesaplanarak derecelendirme yapılır ve tedbir alınmasının ne zaman gerektiğine karar verilir. Fine-Kinney yöntemi, işletmede veri analizlerinin yapılmasına olanak sağlaması sebebiyle daha mantıklı değerler sağlamaktadır [9].

Tablo 1. Etki değeri tablosu [10]

| Değer | Açıklama       |
|-------|----------------|
| 1     | Dikkate alınma |
| 3     | Önemli         |
| 7     | Ciddi          |
| 15    | Çok ciddi      |
| 40    | Çok kötü       |
| 100   | Felaket        |

Etki, bir risikin birey ya da ortam tarafına olası tahmini zararını ifade eder. Etki değerlendirmesinde, zarar kısmında ölüm durumu varsa, derecelendirme buna elverişli şekilde 40 puan (tekil ölüm) veya 100 puan (çoklu ölüm) şeklinde yapılmalıdır [11].

Tablo 2. Frekans değeri tablosu [12]

| Değer | Anlatım        | Grup                              |
|-------|----------------|-----------------------------------|
| 0,5   | Çok seyrek     | Yılda bir ya da daha az           |
| 1     | Oldukça seyrek | Yılda bir ya da birkaç kez        |
| 2     | Seyrek         | Ayda bir ya da birkaç kez         |
| 3     | Bazen          | Haftada bir ya da birkaç kez      |
| 6     | Genellikle     | Günde bir ya da daha fazla        |
| 10    | Devamlı        | Devamlı ya da saatte birden fazla |

Frekans, bir tehlikeye zaman içinde maruz kalma sıklığını ifade eder. Bu, işin yapılma sıklığı değil, iş sırasında tehlikeye maruz kalma sıklığıdır. Özellikle rutin olmayan faaliyetler analiz edilirken, eylem anında tehlikeden etkilenme devamlılığı göz önünde bulundurulur [23].

Tablo 3. İhtimal değeri tablosu [12]

| Değer | Açıklama                |
|-------|-------------------------|
| 0,2   | Basit biçimde olanaksız |
| 0,5   | Cılız olasılık          |
| 1     | Gayet küçük olasılık    |
| 3     | Seyrek ancak ihtimal    |
| 6     | Büyük ihtimalle         |
| 10    | Hayli kuvvetli ihtimal  |

İhtimal, bir zararın gerçekleşme ihtimalini ifade eder. İlk risk değerlendirmesi sırasında herhangi bir kontrol önlemi göz önüne alınmaz, bu nedenle olasılıklar her zaman en kötü senaryo olarak ele alınır. Yapılan iyileştirici çalışmalar frekans veya etkiyi etkilemez, yalnız varyant ihtimaldir [11]. Oluşan risk değerleri Tablo 5'e göre değerlendirilerek sonuca varılır.

Tablo 4. Risk düzeyine göre karar ve eylemler [10]

| Tehlike Önemi      | Sonuç                    | Faaliyet   |
|--------------------|--------------------------|--|
| $R < 20$           | Kabul Edilebilir Tehlike | Acil önlem gerekemeyebilir                         |
| $20 \leq R < 70$   | Belirgin Tehlike         | Faaliyet programına alınmalı                       |
| $70 \leq R < 200$  | Mühim Tehlike            | Yıllık faaliyet programına alınarak düzeltilmeli   |
| $200 \leq R < 400$ | Yüksek Tehlike           | Kısa vadede faaliyet planına alınarak düzeltilmeli |

| $R \geq 400$ | Hayli Yüksek Tehlike | Faaliyete ara verilerek hemen önlem alınmalı |
|--------------|----------------------|--|
|--------------|----------------------|--|

Çalışmamızda, sistematik bir yaklaşımla tesisin yangın risklerini belirlendi ve olası yangının binada bulunan insanlar üzerindeki etkilerini göz önünde bulundurularak kapsamlı bir inceleme yapıldı. Hedefimiz, tespit ettiğimiz risk değerlerini azaltmaktır. Tesisin yangın riskini azaltmak için gerekli önlemleri belirlendi ve uygulanması gereken adımları ortaya koyulmuştur. Ayrıca, olası bir yangının tesis dışına yayılma olasılığını da değerlendirilerek ve gerektiğinde komşu işletmelere yangın riskleri konusunda bilgi verilmesi gerektiğini vurgulanılmıştır.

#### 4. BULGULAR

Fine-Kinney metoduyla yapılan risk analizi sonucunda elde edilen risk değerleri ve ilgili düzeltici ve önleyici faaliyetlerin gerekliliği ile alınan aksiyonların etkileri Tablo 5.1, Tablo 5.2, Tablo 5.3, Tablo 5.4, Tablo 5.5, Tablo 5.6, Tablo 5.7, Tablo 5.8'de sunulmuştur. Tablolar literatür araştırmalarından elde edilen verilere dayanılarak oluşturulmuştur [22, 23, 24].

Fine-Kinney risk analizi yöntemi kullanılarak hazırlanan risk değerlendirme raporunda, tehlike kaynakları detaylı bir şekilde incelenmiş ve toplamda 32 risk tanımlanmış ve değerlendirilmiştir. Mevcut durumda tesbit edilen risk değerlerinin %44 oranına sahip kısmı yüksek risk, %37'si çok yüksek risk, %16'sı önemli risk ve %3'ü kesin risk değerlendirmesinde olduğu tespit edilmiştir. Kabul edilebilir risk grubunda tespit yapılmamıştır.

Güncellenen risk analizi çalışması, düzeltici ve önleyici faaliyetlerin ardından belirlenen risk değer kategorilerinin dağılımını Şekil 5.2'de sunmaktadır. Grafikten de görülebileceği gibi, düzeltici ve önleyici faaliyetlerin uygulanmasından sonra risk değerlerinin yüzdesel dağılımı şöyledir; %41 kesin risk, %28 kabul edilebilir risk, %19 önemli risk ve %12 yüksek risk kategorisindedir. Yapılan çalışmalar sonucunda, çok yüksek risk kategorisi tamamen ortadan kaldırılmıştır. Kabul edilebilir risk değerleri ve kesin risk değerleri düzeltici ve önleyici faaliyetler sonrasında mevcut durumun üstüne çıkarak risk odağını ortadan kaldırmıştır.



Düzeltilici ve önleyici faaliyetlerden sonra çok yüksek risk değerleri ortadan kaldırılmıştır.

Depolama alanları ve atık toplama alanlarındaki çalışmalarda (madde 1-5) tesisdeki maddelerin gelişi güzel istiflenmesi, malzemelerin içeriğine göre ayrıştırılmaması ve depoların açık şekilde olması her zaman yangın için yüksek risk teşkil etmektedir.

Makine, teçhizatların (madde 6-9) parçalarının yıpranması, yanlış kullanımı, aşırı ısınma ve statik elektrik yangın riski açısından yüksek risk-çok yüksek risk teşkil etmektedir.

Çalışanların (madde 10) yangın konusunda bilinç olmaması ve eğitimlerinin eksik olması yangın riski açısından önemli risk teşkil etmektedir.

Elektrik panoları-kabloları-klimalar-ısıtma sistemleri-jeneratörler (madde 11-23) kaçak akım, statik elektrik, elektrik panolarına yetkisiz kişilerin müdahalesi, elektrik teçhizatına aşırı yüklenme, sistemlerin periyodik bakımlarının yapılmaması, sistemlerin kontrolsüz kullanımı ve uygun malzemenin kullanılmaması yangın riski açısından çok yüksek-yüksek risk oluşturmaktadır.

Paratoner-sigara (madde 24-25) sistemin bakım ve ölçümlerinin yapılmaması, depo gibi tehlike arz eden yerlerde sigara içilmesi yangın riski açısından kesin risk-önemli risk teşkil etmektedir.

Yangın öneleme ve söndürme faaliyetlerinde kullanılan sistemlerin (madde 26-32) bulunmaması, faaliyetlerinin periyodik olarak kontrol edilmemesi, söndürme cihazlarının boş olması, uygun yerlerde söndürme cihazlarının olmaması, söndürme cihazlarının yerlerinin uygun görsellerle gösterilmemesi, yangın algılama sistemlerinin faaliyetlerin kontrol edilmemesi, yangın söndürme dolaplarının kontrollerinin yapılmaması, yangın vanalarının arızalı olması ev yangın söndürme sistemlerinin bulunmaması yangın riski açısından yüksek risk teşkil etmektedir.

Tablo 5.1. PVC geri dönüşüm tesisi yangın risk değerlendirme tablosu

| No | Alan               | Tehlike  | Risk   | Mevcut Durum Değerleri |                |             |            |                  | Düzenleyici Önleyici Faaliyetler  | Döf Sonrası Değerler |                |             |            |                       |                       |
|----|--------------------|--|--|------------------------|----------------|-------------|------------|------------------|---|----------------------|----------------|-------------|------------|-----------------------|-----------------------|
|    |                    |  |  | İhtimal<br>(G)         | Frekans<br>(F) | Etki<br>(E) | Risk Puanı | Risk Dėđ. Sonucu |   | İhtimal<br>(G)       | Frekans<br>(F) | Etki<br>(E) | Risk Puanı | Risk Dėđ. Sonucu      |                       |
| 1  | Depolama alanı     | Depolama alanlarının açıkta bulunması                          | evresel etmen ve sabotajdan dolayı yangın çıkması       | 1                      | 1              | 100         | 100        | Önemli risk      | a) Depolama alanlarının güvenlik önlemleri alınmalıdır.<br>b) Depolama alanlarının kamera ile izlenmelidir.<br>c) Depolama alanlarının kapalı alanlara alınarak yangın güvenlik önlemleri alınmalıdır.<br>d) Açık alanda bulunan depolama alanlarında malzemelemin ayuştuularak düzgün istiflenmelidir.<br>a) Depolama alanında bulunan malzemelemin ayuştuulması gerekir.<br>b.) Depolama alanlarına getirilen malzemelemin içindeki yanıcı maddelerin boşaltılması gerekir.<br>c) Depolama alanlarında malzemelemin farklı noktalarda istiflenmesi gerekmektedir.<br>d) Yangının sırayeti engelleyecek bölmeler yapılmalıdır. | 0,2                  | 1              | 100         | 20         | Kabul edilebilir risk |                       |
| 2  | Depolama alanı     | Malzemelemin ve içindeki maddelerin yapısı                     | Depolama alanındaki yanıcı maddeler sonucu yangın uması | 6                      | 1              | 100         | 600        | ok yüksek risk  | a) Personelin yangın güvenliği konusunda standartları bilmesi gerekir.<br>b) Personel iş güvenliği talimatlarına uymalıdır.   | 0,5                  | 1              | 100         | 50         | Kesin risk            |                       |
| 3  | Depolama alanı     | Depolama alanlarını çevresinde sigara içilmesi, ateş yakılması | Malzemelemin tutuşması sonucu yangın                     | 6                      | 2              | 40          | 480        | ok yüksek risk  | a) Atık toplama sahasının tesisden uzak bir şekilde konumlandırılması gerekir.<br>b) Atık toplama alanının izole bir şekilde yapılması gerekmektedir.   | 0,5                  | 2              | 40          | 40         | Kesin risk            |                       |
| 4  | Atık toplama alanı | Atık toplama alanının tesisle içiçe olması                     | Atık malzemelemin tutuşması sonucu hızla sırayet etmesi  | 3                      | 2              | 40          | 240        | Yüksek risk      |   |                      |                |             |            |                       | Kabul edilebilir risk |



Tablo 5.2. PVC geri dönüşüm tesisi yangın risk değerlendirme tablosu

| No | Alan                  | Tehlike   | Risk  | Mevcut Durum Değerleri |                |             |            |                     | Düzenleyici Önleyici Faaliyetler   | Döf Sonrası Değerler |                |             |            |                       |
|----|-----------------------|---|---|------------------------|----------------|-------------|------------|---------------------|--|----------------------|----------------|-------------|------------|-----------------------|
|    |                       |   |   | İhtimal<br>(G)         | Frekans<br>(F) | Etki<br>(E) | Risk Puanı | Risk Değ.<br>Sonucu |  | İhtimal<br>(G)       | Frekans<br>(F) | Etki<br>(E) | Risk Puanı | Risk Değ.<br>Sonucu   |
| 5  | Atık toplama alanı    | Atık toplama sahasının yangına müdahale edilemeyecek şekilde düzenlenmesi | Yangının hızlı şekilde sırayet etmesi                         | 3                      | 2              | 40          | 240        | Yüksek risk         | a) Atık depolama ve toplama planları oluşturulmalıdır.<br>b) Atıklar yangına müdahale edilecek yetenli alanlar bırakılarak depolanmalıdır.                               | 0,2                  | 2              | 40          | 16         | Kabul edilebilir risk |
| 6  | Makina ve teçhizatlar | Makine ve teçhizatların bakımının yapılması                               | Makine ve teçhizatların parçalarının yıpranması sonucu yangın | 3                      | 1              | 100         | 300        | Yüksek risk         | a) Makine ve teçhizatların periyodik bakımlarının zamanında yapılmalıdır.<br>b) Makina ve teçhizatların kullanım ömürleri takip edilmelidir.                             | 0,2                  | 1              | 100         | 20         | Kabul edilebilir risk |
| 7  | Makina ve teçhizatlar | Makine ve teçhizatların uzman personel tarafından kullanılması            | Makin eve teçhizatın yanlış kullanılması sonucu yangın        | 3                      | 2              | 100         | 600        | Çok yüksek risk     | a) Makin eve teçhizatlar uzman personel tarafından kullanılmalıdır.<br>b) Çalıştırma ve kullanma talimatlarına harfiyen uyulmalıdır.                                     | 1                    | 2              | 100         | 200        | Yüksek risk           |
| 8  | Makina ve teçhizatlar | Makine ve teçhizatların topraklama bağlantılarının olmaması               | Statik elektrik sonucu yangın                                 | 6                      | 3              | 40          | 720        | Çok yüksek risk     | a) Makin eve teçhizatların topraklama bağlantıları yapılmalıdır.<br>b) Statik elektriği engelleyici izolasyon yöntemleri kullanılmalıdır.                                | 3                    | 3              | 40          | 360        | Yüksek risk           |
| 9  | Makina ve teçhizatlar | Makina ve teçhizatların aşırı ısınması                                    | Aşırı ısınma sonucu yangın                                    | 3                      | 2              | 15          | 90         | Önemli risk         | a) Makine ve teçhizatların aşırı ısınmasını engelleyici soğutma ve yağlama sistemlerinin kurulması gerekir.<br>b) Periyodik olarak bakımlarının yapılması gerekmektedir. | 0,5                  | 2              | 15          | 15         | Kabul edilebilir risk |

Tablo 5.3. PVC geri dönüşüm tesisi yangın risk değerlendirme tablosu

| No | Alan              | Tehlike   | Risk   | Mevcut Durum Değerleri |                |             |            | Düzenleyici Önleyici Faaliyetler   | Döf Sonrası Değerler |                |                |             |             |
|----|-------------------|---|--|------------------------|----------------|-------------|------------|--|----------------------|----------------|----------------|-------------|-------------|
|    |                   |   |  | İhtimal<br>(D)         | Frekans<br>(E) | Etki<br>(F) | Risk Puanı |  | Risk Değ.<br>Sonucu  | İhtimal<br>(D) | Frekans<br>(E) | Etki<br>(F) | Risk Puanı  |
| 10 | Çalışanlar        | Çalışanların bilinçli olmaması                          | Yangına müdahalenin gecikmesi                | 1                      | 1              | 100         | 100        | a) Tüm çalışanlara yangın eğitimi düzenli olarak verilmelidir.<br>b) Tesis içinde yangın ekipleri terip edilmelidir.<br>c) Yangın ekiplerinde görev alan personele teorik eğitim ve tatbikatlar düzenlenmelidir. | 0,5                  | 1              | 100            | 50          | Kesin risk  |
| 11 | Elektrik panoları | Elektrik panolarında kaçak akım rölelerinin bulunmaması | Kaçak akım sonucu yangın                     | 3                      | 3              | 40          | 360        | a) Elektrik panoların Elektrik İç Tesisat Yönetmeliğine uygun olarak düzenlenmeli ve tüm sigortalar korunaklı yerlerde olmalıdır.<br>b) Panolara yetkili ve uzman kişiler tarafından müdahale edilmelidir.       | 0,5                  | 3              | 40             | 60          | Kesin risk  |
| 12 | Elektrik Panoları | Elektrik uyarı işaretlerinin bulunmaması                | Yetkisiz ve bilinçsiz müdahale sonucu yangın | 3                      | 6              | 100         | 1800       | a) Uygun işaretler ve uyarıcı levhalar konulmalıdır.   | 0,2                  | 6              | 100            | 120         | Önemli risk |
| 13 | Elektrik panoları | Pano önlerinde yalıtkan paspas bulunmaması              | Statik elektrik sonucu yangın                | 6                      | 3              | 40          | 720        | a) Pano önlerine yalıtkan malzeme komularak izolasyon sağlanmalıdır.   | 1                    | 3              | 40             | 120         | Önemli risk |
| 14 | Elektrik panoları | Panoya erişimde engellenmesi                            | Hızlı müdahale edilmemesi sonucu yangın      | 6                      | 1              | 100         | 600        | a) Pano etrafında ve yakınında panoya ulaşımı engelleyecek malzemeler bulunmamalıdır.  | 0,5                  | 1              | 100            | 50          | Kesin risk  |

Tablo 5.4. PVC geri dönüşüm tesisi yangın risk değerlendirme tablosu

| No | Alan               | Tehlike   | Risk   | Mevcut Durum Değerleri |                |                 |            | Düzenleyici Önleyici Faaliyetler | Döf Sonrası Değerler   |                |                |                 |            |                       |
|----|--------------------|---|--|------------------------|----------------|-----------------|------------|----------------------------------|--|----------------|----------------|-----------------|------------|-----------------------|
|    |                    |   |  | İhtimal<br>(P)         | Frekans<br>(F) | Faaliyet<br>(E) | Risk Puanı |                                  | Risk Değ.<br>Sonucu  | İhtimal<br>(P) | Frekans<br>(F) | Faaliyet<br>(E) | Risk Puanı | Risk Değ.<br>Sonucu   |
| 15 | Elektrik panoları  | Elektrik panolarının kilitlenmemesi                   | Yetkisi olmayan kişilerin müdahale etmesi sonucu yangın              | 3                      | 3              | 40              | 360        | Yüksek risk                      | a) Pano üzerine sorumlu kişilerin listesi asılmalıdır.<br>b) Panoların emniyetleri alınmalı ve kilitli tutulmalıdır.<br>c) Pano anahtar listesinde sorumlu olan personel tarafindan her an müdahale edilecek şekilde muhafaza edilmelidir.   | 0,5            | 3              | 40              | 60         | Kasin risk            |
| 16 | Elektrik panoları  | Dış etkenlere karşı uygunsuzluk                       | Otamat ve çevre koşullarından dolayı yangın                          | 3                      | 3              | 40              | 360        | Yüksek risk                      | a) Pano sıvı, toz ve dış etkenlerden izoleli olarak yapılmalıdır.  | 0,2            | 3              | 40              | 24         | Kasin risk            |
| 17 | Elektrik panoları  | Faz sinyali lamba ve göstergelerin düzgün çalışmaması | Mevcut durumun ve aşırı yüklenmelerin takip edilmemesi sonucu yangın | 1                      | 6              | 15              | 90         | Önemli risk                      | a) Çalışmayan lamba göstergeler değiştirilmelidir.<br>b) Periyodik olarak bakımları yapılmalıdır.  | 0,2            | 6              | 15              | 18         | Kabul edilebilir risk |
| 18 | Elektrik kabloları | Elektrik kablolarının uygunsuz kullanımı              | Yanlış kullanım ve izolasyon yetersizliği sonucu yangın              | 3                      | 6              | 100             | 1800       | Çok yüksek risk                  | a) Elektrik kabloları akım şiddetine göre uygun olmalıdır.<br>b) Kablolar kanal içisinden uygun yerlerden geçirmelidir.<br>c) Kablolar yangına dayanıklı ex-proof şeklinde olmalıdır.<br>d) Kablo izolasyonu ex-proof olacak şekilde düzenlenmelidir.<br>e) Kablolarıda uygunsuz şekilde ek yapılmamalıdır.<br>f) Kablo uçları açıkta bırakılmadan uygun izolasyon malzemesi ile kapatılmalıdır. | 0,2            | 6              | 100             | 120        | Önemli risk           |

Tablo 5.5. PVC geri dönüşüm tesisi yangın risk değerlendirme tablosu

| No | Alan              | Tehlike   | Risk                                    | Mevcut Durum Değerleri |                |                 |            | Düzenleyici Önleyici Faaliyetler | Döf Sonrası Değerler |                |                |                 |             |
|----|-------------------|---|---|------------------------|----------------|-----------------|------------|----------------------------------|----------------------|----------------|----------------|-----------------|-------------|
|    |                   |   |   | İhtimal<br>(P)         | Frekans<br>(F) | Faaliyet<br>(E) | Risk Puanı |                                  | Risk Değ.<br>Sonucu  | İhtimal<br>(P) | Frekans<br>(F) | Faaliyet<br>(E) | Risk Puanı  |
| 19 | Klimalar          | Klima periyodik bakımlarının yapılmaması          | Düzensiz çalışma ve arıza sonucu yangın | 1                      | 6              | 100             | 600        | Çok yüksek risk                  | 0,2                  | 6              | 100            | 120             | Önemli risk |
| 20 | Jenaratör         | Jenaratör elektrik bağlantılarının uygunuz olması | Kaçak sonucu yangın                     | 3                      | 6              | 100             | 1800       | Çok yüksek risk                  | 0,5                  | 6              | 100            | 300             | Yüksek risk |
| 21 | Jenaratör         | Düzenli bakımının yapılmaması                     | Arıza sonucu yangın                     | 3                      | 3              | 100             | 900        | Çok yüksek risk                  | 1                    | 3              | 100            | 300             | Yüksek risk |
| 22 | İsticiler         | İsticinin kontrolsüz kullanımı                    | Yangın                                  | 3                      | 2              | 100             | 600        | Yüksek risk                      | 0,5                  | 2              | 100            | 100             | Önemli risk |
| 23 | İstima sistemleri | İstima sistemlerinin kontrollerinin yapılmaması   | Aşırı ısınma sonucu yangın              | 3                      | 3              | 40              | 360        | Yüksek risk                      | 0,5                  | 3              | 40             | 60              | Kesin risk  |

Tablo 5.6. PVC geri dönüşüm tesisi yangın risk değerlendirme tablosu

| No | Alan                      | Tehlike  | Risk   | Mevcut Durum Değerleri |                |             |            | Düzenleyici Önleyici Faaliyetler | Döf Sonrası Değerler |                |                |             |                       |
|----|---------------------------|--|--|------------------------|----------------|-------------|------------|----------------------------------|----------------------|----------------|----------------|-------------|-----------------------|
|    |                           |  |  | İhtimal<br>(D)         | Frekans<br>(F) | Etki<br>(E) | Risk Puanı |                                  | Risk Değ.<br>Sonucu  | İhtimal<br>(D) | Frekans<br>(F) | Etki<br>(E) | Risk Puanı            |
| 24 | Yıldırım                  | Paratoner bakımlarının ve ölçümlerinin yapılmamış olması | Yıldırım düşmesi sonucu yangın   | 1                      | 1              | 40          | 40         | Kesin risk                       | 0,2                  | 1              | 40             | 8           | Kabul edilebilir risk |
| 25 | Sigara                    | Kapalı alan ve depolarda sigara içilmesi                 | Malzemenin tutuşması sonucu yangın                                       | 1                      | 1              | 100         | 100        | Önemli risk                      | 0,2                  | 1              | 100            | 20          | Kabul edilebilir risk |
| 26 | Yangın söndürme cihazları | Söndürme cihazlarının bakımlarının yapılmaması           | Söndürücülerin boş olması sonucu müdahale edilemeyerek yangının büyümesi | 3                      | 1              | 100         | 300        | Yüksek risk                      | 0,5                  | 1              | 100            | 50          | Kesin risk            |
| 27 | Yangın söndürme cihazları | Yangın söndürme cihazlarının yetersiz olması             | Geç müdahale sonucu yangının büyümesi ve söndürülemediği                 | 3                      | 1              | 100         | 300        | Yüksek risk                      | 0,5                  | 1              | 100            | 50          | Kesin risk            |



Tablo 5.7. PVC geri dönüşüm tesisi yangın risk değerlendirme tablosu

| No | Alan                       | Tehlike  | Risk  | Mevcut Durum Değerleri |                |            |            | Düzenleyici Önleyici Faaliyetler | Döf Sonrası Değerler |                |                |            |                       |
|----|----------------------------|--|---|------------------------|----------------|------------|------------|----------------------------------|----------------------|----------------|----------------|------------|-----------------------|
|    |                            |  |   | İhtimal<br>(D)         | Frekans<br>(E) | Etd<br>(F) | Risk Puanı |                                  | Risk Değ.<br>Sonucu  | İhtimal<br>(D) | Frekans<br>(E) | Etd<br>(F) | Risk Puanı            |
| 28 | Yangın söndürme cihazları  | Yangın söndürme cihazları doğru konumlandırılmamış     | Geç müdahale sonucu yangının büyümesi ve söndürülebilmesi | 3                      | 1              | 100        | 300        | Yüksek risk                      | 0,5                  | 1              | 100            | 50         | Kesin risk            |
| 29 | Yangın söndürme sistemleri | Çalışanların yeterli bilince sahip olmaması            | Geç müdahale sonucu yangının büyümesi                     | 3                      | 1              | 100        | 300        | Yüksek risk                      | 1                    | 1              | 100            | 100        | Önemli risk           |
| 30 | Yangın alarm sistemleri    | Yangın alarm sisteminin olmaması yada arızalı olması   | Geç haberdar olma sonucu yangının büyümesi                | 3                      | 1              | 100        | 300        | Yüksek risk                      | 0,5                  | 1              | 100            | 50         | Kesin risk            |
| 31 | Yangın dolapları           | Yangın dolabının uygunsuz yerleşimi ve yetersiz olması | Geç müdahale sonucu yangının büyümesi ve söndürülebilmesi | 3                      | 1              | 100        | 300        | Yüksek risk                      | 0,2                  | 1              | 100            | 20         | Kabul edilebilir risk |



Tablo 5.8. PVC geri dönüşüm tesisi yangın risk değerlendirme tablosu

| No | Alan                                   | Tehlike   | Risk   | Mevcut Durum Değerleri |             |          |            |                  | Düzenleyici Önleyici Faaliyetler  | Döf Sonrası Değerler |             |          |            |                  |
|----|--|---|--|------------------------|-------------|----------|------------|------------------|---|----------------------|-------------|----------|------------|------------------|
|    |  |   |  | İhtimal (E)            | Frekans (F) | (E) Etki | Risk Puanı | Risk Değ. Sonucu |   | İhtimal (E)          | Frekans (F) | (E) Etki | Risk Puanı | Risk Değ. Sonucu |
| 32 | Yangın algılama ve söndürme sistemleri | Yangın algılama ve söndürme sisteminin olmaması | Yangının geç algılanması ve söndürülebilmesi sonucu yangın | 6                      | 1           | 100      | 600        | Çok yüksek risk  | a) Yangın algılama ve söndürme sistemlerinin kurulması gerekmektedir.<br>b) Yangın algılama ve söndürme sistemlerinin düzenli olarak kontrolünün yapılması gerekir.<br>c) Yetkili kişiler tarafından algılama ve söndürme sistemleri kullanımı ve müdahalesi yangın ekipmanına gösterilmelidir.<br>d) Yangın algılama ve söndürme sistemi kontrolleri tutanak altına alınmalıdır.<br>e) Arızalı dedektörler yenisi ile değiştirilmelidir. | 0,5                  | 1           | 100      | 100        | Kesin risk       |

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Literatür incelendiğinde PVC geri dönüşüm tesislerinde oluşabilecek yangın riskleri ile ilgili çalışmaların eksikliği gözlemlenmiştir. Olası tehlikeler belirlenmiş, risk seviyeleri hesaplanmış ve olumsuz senaryoların önlenmesi için çözümler üzerinde çalışılmıştır. Araştırma, geri dönüşüm tesislerinde yangın güvenliğinin sağlanması ve yangının maddi ve manevi zararlarının azaltılması amacıyla risk analizinin nasıl gerçekleştirileceğini göstermektedir.

Tesisin yangın risk analizi 32 değerlendirme sonucunda 12 çok yüksek risk, 14 yüksek risk, 5 önemli risk ve 1 kesin risk olarak değerlendirme yapılmıştır. Kabul edilebilir risk değerlendirme yapılmamıştır. Yapılan çalışma sonucunda yangın riskinin önlenmesi için alınan tedbirlerin bazıları;

- Etkin yangın güvenliği sistemleri, erken uyarı ve uyarı düzenekleri ile kendiliğinden çalışan yangın söndürme sistemlerini içermelidir. Yangın söndürücüler, doğru tipte ve yeterli sayıda mevcut olmalı ve çalışanların kolayca fark edilebilecek şekilde işaretlenmelidir. Ayrıca, düzenli periyodik bakım ve kontrolleri yapılmalıdır.
- Tesis de acil durum planları oluşturularak yangın güvenliği riskleri en aza indirilmelidir.
- Hassas alanlarda erken uyarı ve alarm sistemlerinin kurulması, aynı zamanda etkin yangın söndürme sistemlerinin kurulmasını gerektirir.
- Geri dönüşüm tesislerinin kurulum alanlarına bakıldığında sanayi tesislerinin içinde bulunduğu için büyük risk teşkil etmektedir. Bu nedenle geri dönüşüm tesisleri şehirlerden uzak, araç ulaşımının rahat olduğu ve herhangi bir yangın anında etrafında başka tesislerin olmadığı güvenli alanlara taşınması gerektiği sonucuna varılmıştır.
- Geri dönüşüm tesislerinin açık depolama yerleri risk oluşturmaktadır. Bu sebeple geri dönüşüm tesislerinin açık depolama alanlarında gereken güvenlik önlemleri alınması gerekmektedir.

- Her sektörde olduğu gibi geri dönüşüm sektöründe de personelin yangın eğitimi üzerine gerekli tedbirler almak gerekmektedir. Eğitimler teorik ve uygulamalı olarak verilmelidir. Tesisdeki personelin tazeleme eğitimleri düzenli olarak yapılmalı ve yangın söndürme cihazı kullanılmalıdır.
- Geri dönüşüm tesislerindeki maddelerin kimyasal yapısı ve toplanan malzemelerin içinde kalan kimyasal maddeler her zaman yangın riski oluşturmaktadır. Bu nedenle tesisdeki geri dönüştürülecek maddelerin yangın sırasında nasıl bir tepkimeye gireceği iyi bir şekilde bilinmeli ve malzemelerin içinde kalan atık maddeler tesise girmeden boşaltılmalıdır.
- Ülkemizde atık yönetimi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bu nedenle geri dönüşüm tesisleri önem arz etmektedir. Yeni kurulacak geri dönüşüm tesislerinde tesisin kurulacağı alandan başlayarak bütün güvenlik önlemlerinin alınması gerekmektedir.
- Belirli iyileştirmeler yapılmış olmasına rağmen, risk değeri hala kabul edilemez bir seviyede olduğu ve tehlikeli durumların devam ettiği belirlenmiştir.

Risk değerlendirme yöntemleri, belirlenen tehlikeleri tümüyle ortadan kaldırmaz. Bunun yerine, risklerin azaltılması ya da makul düzeylere düşürülebilmesi amacıyla belirlenen düzeltici ve önleyici faaliyetlerin termin tarihine kadar tamamlanması gerekmektedir. Risk unsurları düzenli olarak kontrol edilecek ve olası değişikliklerin tetiklediği risklere zamanında müdahale edilerek kaza riski azaltılacaktır.

Bu çalışma kapsamında, PVC geri dönüşüm tesisinde olası yangın senaryoları oluşturulmuştur. Bu bağlamda, öngörülen tehlikeler titizlikle değerlendirilmiş ve yangın risklerinin azaltılması için Fine Kinney analiz yöntemiyle çalışılmıştır. Risk analizi yöntemi seçerken en uygun olanın tercih edilmesi önemlidir, ancak ülkemizde genellikle daha basit yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerde, benzer önceki olayların sıklığı

önemsenmemektedir. Tehlike puanı değerlendirilmesinde, ihtimal ve etkinin yanı sıra frekans değerinin de dikkate alınması, analize önemli bir katkı sağlar. Ancak, geçmiş verilere dayalı olarak belirlenen sıklık değeri, analize subjektiflik katabilir. Bu sebepten dolayı, Fine Kinney risk değerlendirme yöntemi uygulanmıştır.

Deprem, sel, su taşkını, fırtına, hortum ve toprak kayması gibi doğal afetler tamamen veya büyük oranda insan kontrolü dışında gerçekleştiği için Fine Kinney yangın risk değerlendirmesine alınmamıştır.

Tüm tesislerde yangın tehlikesi daima vardır. Temel ilke, yapıların tasarımı, kullanımı ve bakımı sırasında olası yangınların sonuçlarını en aza indirmektir. Bunun içinde tesis yapım aşamasından itibaren yangın güvenlik önlemlerini sürekli dikkate almakla birlikte bütün önlemlerin alınması gerekmektedir. Yangın güvenliği açısından birincil hedef, yangının oluşmasını engellemektir. Bu mümkün olmadığında, yangını başlangıç noktasında kontrol altına alarak yayılmasını önlemektir. Kontrol edilemeyen yangınlar afete dönüşebilir. Yangın güvenliği sürecinde başarı, yangın riskini minimuma indirmekle sağlanır.

Bu çalışmanın sonucunda, tesisin yangın risklerini azaltmak için yapısal önlemler alınması, yangın söndürme cihazlarının periyodik olarak kontrolleri sağlanmalı ve bireylerin yangın eğitimi alması gerektiği sonucuna vardık. Ayrıca, yangın söndürme ve kurtarma tasarımlarının sistemli şekilde değerlendirilmesi, güncellenmesi gerektiğini belirledik. Bu tedbirlerin alınması, olası bir yangının etkilerini minimize ederek tesisin güvenliğini artıracaktır.

Tesislerin yangın risklerini belirlemek ve azaltmak için sistematik bir yaklaşımın benimsenmesi önemlidir. Bu çalışmayla, tesisin yangın güvenliği açısından alması gereken önlemleri belirledik ve uygulanması gereken adımları ortaya koyulmuştur. Yangın güvenliği konusunda yapılan her türlü yatırım, hem çalışanların hem de tesisin yangın güvenliği açısından son derece önemlidir.

Ülkemizde atık yönetimi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bu nedenle geri dönüşüm tesisleri her geçen gün daha fazla önem arz etmektedir. Yeni kurulacak geri dönüşüm tesislerinde tesisin kurulacağı alandan başlayarak, kuruluş aşamasından itibaren nasıl bir yangın güvenlik

önlemlerinin alınması ilgili çalışmalar yapılarak gelecekte geri dönüşüm tesislerinin yangın riskini azaltmaya yönelik çalışmalar yapılabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Aydın, H. *PVC Üretimi ve Katkı Maddeleri*, [Yüksek Lisans Tezi], Eskişehir Osmangazi Üniversitesi. 2004.
- [2] Özüyağlı, A., Mehmetlioğlu, C., Akıncı, A. "PVC esaslı CTP kesme dolgu malzemelerinin termal özelliklerinin incelenmesi" SAÜ Fen Bilimleri Der 20 Cilt, Sayı 2, ss. 100-102, 2016.
- [3] Plasttek <http://www.plasttek.com/polivinilklorur> adresinden 01 Nisan 2024 tarihinde kopyalanmıştır.
- [4] Sürmelioglu S. (2023). *Geri dönüşümlü PVC'den elde edilmiş kompozit malzemelerin mekanik ve termal özelliklerinin incelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Marmara Üniversitesi.
- [5] TMMOB <https://www.mmo.org.tr/kocaeli/basin-aciklamasi/orta-olcekli-geri-donusum-tesislerinde-yanigin-olaylarinin-dusundurdukleri> adresinden 03 Mayıs 2024 tarihinde kopyalanmıştır.
- [6] Aveka <https://aveka.com.tr/geri-donusum-tesisleri> adresinden 06 Mayıs 2024 tarihinde kopyalanmıştır.
- [7] Fire Safety Planning Guide. (2006). *Environment and Plastics Industry Council (EPIC)*, s. 5-11.
- [8] Kılıç, A. (2017). Plastiklerin yangın güvenliği. *TÜYAK Yangın Mühendisliği Dergisi*, sayı 3, s 38-43.
- [9] Acuner, Ö. (2019). *İki Farklı İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirme Metodolojisinin Bir İşletmede Uygulamalı Karşılaştırılması* [Yüksek Lisans Tezi]. Dumlupınar Üniversitesi.
- [10] Kinney, G.F., Wiruth, A.D. (1976). *Practical Risk Analysis For Safety Management*, NWC Technical Publication 5865, Naval Weapons Center, China Lake CA, USA, 25 S.

- [11] Kılıç, H.H. (2018). *Geri Dönüşüm İşletmelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği* [Yüksek Lisans Tezi]. Cumhuriyet Üniversitesi.
- [12] Fine, W.T. & Kinney (1971). *Mathematical Evaluation For Controlling Hazards*, Journal Of Safety Research, 3(4) W.D., 157-166.