GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

TÜRKİYE'DE MEYDANA GELEN BÜYÜK ENDÜSTRİYEL KAZALARIN ANALİZİ: VERİ TABANI GELİŞTİRİLMESİ

Anıl ERDOĞAN

DOKTORA TEZİ
KAZALARIN ÇEVRESEL VE TEKNİK ARAŞTIRMASI ANA BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EYLÜL 2023

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Anıl ERDOĞAN
08/09/2023

TÜRKİYE'DE MEYDANA GELEN BÜYÜK ENDÜSTRİYEL KAZALARIN ANALİZİ: VERİ TABANI GELİŞTİRİLMESİ

(Doktora Tezi)

Anıl ERDOĞAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2023

ÖZET

Bu çalışmada büyük endüstriyel kazaların tekrar yaşanmaması için, veri analizine olanak tanıyan ulusal bir kaza veri tabanı tasarlanması ve çeşitli kaza verileri kullanılarak istatistiki kaza analizi yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla öncelikli olarak detaylı literatür taraması yapılmıştır. Büyük endüstriyel kazalar ile ilgili dünyada ve ülkemizde kullanılan mevzuat ve veri tabanları araştırılmıştır. İkinci olarak, kök neden analizi yöntemleri incelenmiş olup bu yöntemlerden sebep-sonuç diyagramı, 5 neden metodu ve insan performans değerlendirme analiz yöntemleri uygulanarak büyük endüstriyel kazalara ilişkin kök neden listesi ve her bir kök neden için mevzuat ve/veya düzeltici/önleyici faaliyet önerileri oluşturulmuştur. Geliştirilecek veri tabanında kullanılmak üzere ayrıca derleme çalışması yapılarak kimyasal proseslerde sıklıkla kullanılan proses ekipmanları listesi meydana getirilmiştir. Ardından, sistematik olarak düzenlenen kök neden listesini, kök nedenlere ilişkin önerileri, kimyasal proses ekipmanları listesini ve çok çeşitli kaza özelliklerini barındıran ve veri analizine olanak sağlayan bir veri tabanı internet sitesi geliştirilmiştir. MVC mimarisi ile hazırlanan veri tabanı internet sitesinin adı MiadaT (Major Industrial Accident Database in Türkiye) olarak belirlenmiştir. Veri tabanı oluşturma ve yönetme işlerinde MS SQL Server Management ve Studio 2019, web tasarımı ve web sitesi yapımında Visual Studio Community 2022 kullanılmıştır. Son olarak, temin edilebilen veriler veri tabanı sistemine girilmiş, betimleyici ve tahmin analizi (regresyon analizi) istatistiki analiz yöntemleri ile analizler yapılarak sonuçları sunulmuştur. Yapılan analizlere göre; en çok meydana gelen kaza türünün %55,6 oranla yangın olduğu, kazaya en fazla dâhil olan kimyasal madde çeşidinin %30 oranla alevlenir sıvılar olduğu, kazaya en fazla dâhil olan proses ekipmanlarının %17 oranla tanklar olduğu ve bakım ile ilgili kök nedenlerin tüm kök nedenlerin %25'ini oluşturarak ilk sırada yer aldığı gibi bir çok sonuç elde edilmiştir. Bu sonuçlar çerçevesinde hem yetkili otoritelere yasal düzenlemelerde yapılması gerekli iyileştirmeler ile ilgili hem de kuruluşlara bakım planlaması, iş düzenleme, titizlikle uyulması gereken mevzuatlar gibi birçok öneride bulunulmuştur. Yapılan çalışmanın, mevcut durumda ülkemizde büyük endüstriyel kazalara özgü bir veri tabanı çalışmasının bulunmaması sebebiyle başta çalışanlara, kuruluş işletmecilerine, proses güvenlik uzmanlarına, araştırmacılara ve tüm paydaşlara yararlı olacağı, toprağa, suya, diğer canlılara ve gelecek nesillere sağlayacağı fayda ve amacı göz önüne alındığında çevresel sürdürülebilirliğe katkı sunacağı düşünülmektedir.

Bilim Kodu	:	91204
Anahtar Kelimeler	:	Çevresel ve sürdürülebilir süreçler, veri tabanları, istatistiksel analiz, Seveso, kök neden analizi, büyük endüstriyel kaza, MiadaT.
Sayfa Adedi	:	198
Danışman	:	Prof. Dr. Mehmet ÇAKMAK

ANALYSIS OF MAJOR INDUSTRIAL ACCIDENTS IN TÜRKİYE: DATABASE DEVELOPMENT

(Ph. D. Thesis)

Anıl ERDOĞAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

September 2023

ABSTRACT

In this study, it is aimed to design a national accident database that allows data analysis and performs statistical accident analysis using various accident data in order to prevent major industrial accidents from happening again. For this reason firstly, a detailed literature review is made and the matter evaluated thoroughly. In this manner, accident databases, regulations and legislations, which are being currently applied both in our country and in the World, are studied deeply. Secondly, by examining root cause analyzing methods, root cause list for major industrial accidents and legislation and/or corrective/preventive action recommendations for each root cause are created by applying to cause and effect diagram, 5 whys method and human performance evaluation analyzes techniques. To be used in the developed database, a frequently used chemical process equipments' list is generated by making a compilation. Followingly, a database website is effectuated that includes a systematically arranged root cause list, root causes suggestions, chemical process equipment list, and a wide range of accident characteristics and allows data analysis. The name of the database website that is constructed via MVC Structure is defined as 'MiadaT' (Major Industrial Accident Database in Türkiye). For the creation and management the database, MS SQL Server Management ve Studio 2019, and in design steps Visual Studio Community 2022, are used. Finally, the available data are entered into the database system, and the results are presented by performing analyzes with descriptive (statistical analysis) and predictive analysis (regression analysis) methods. According to the analyzes; many results have been obtained such as fire which is the most common type of accident with a rate of 55,6%, the most commonly involved chemical type in the accident is flammable liquids with a rate of 30%, the process equipment most involved in the accident is tanks with a rate of 17% and root causes related to maintenance are in the first place by forming 25% of all root causes. Within the framework of these results, many suggestions were made to both the competent authorities regarding the necessary improvements in the legal regulations, and the organizations such as maintenance planning, work arrangement, and legislation that should be followed meticulously. It is being hoped that currently in our country due to the fact that there is no specific database work to major industrial accidents, this study would be useful for the workers, businessmen, process security staff, researchers and sharers. Also, considering the benefit and purpose, it will provide to the soil, water, other living things and future generations. It is thought that it will contribute to environmental sustainability.

Science Code	:	91204
Key Words	:	Environmental and sustainable processes, databases, statistical analysis, Seveso, root cause analysis, major industrial accident, MiadaT.
Page Number	:	198
Supervisor	:	Prof. Dr. Mehmet ÇAKMAK

TEŞEKKÜR

Bu sürece adım atmamı sağlayan, beni cesaretlendiren ve manevi destekleriyle hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok kıymetlilerim anneme ve babama, bu uzun ve zorlu süreçte bana sabırla yaklaşıp anlayış gösteren canım ailemin her bir üyesine ayrı ayrı sonsuz teşekkürü bir borç bilir, şükranlarımı sunarım. Çok küçük yaşta eğitim ve öğretimin önemini aklıma kazıyan, bu yola girmemde manevi güç oluşturan rahmetli dedemi ve kaybettiklerimi tüm kalbimle ve saygıyla anarım.

Çalışmalarım boyunca değerli görüşleriyle ve katkılarıyla beni yönlendiren, bana her türlü desteği sağlayan ve her konuda yardımcı olan çok değerli danışmanım Prof. Dr. Mehmet ÇAKMAK'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme komitemde yer alan, tecrübeleriyle ve bilgileriyle tezime katkı sağlayan; çok değerli Dr. Öğr. Üyesi Sami ACAR'a ve lisans öğrenimimden bu yana akademik anlamda benden desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen çok kıymetli Prof. Dr. İzzettin TEMİZ'e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tez savunma jürimde yer alan, zamanlarını ayırarak kıymetli bilgi ve görüşleriyle tezime katkı sağlayan Prof. Dr. Bekir Sıtkı KANDEMİR'e ve Doç. Dr. Ceren TAYRAN'a da çok teşekkür ederim.

Akademik çalışmalarımın tüm aşamalarında değerli bilgilerine başvurduğum çok değerli dostum Doç. Dr. Gökhan ÖZÇELİK'e ve bu tez çalışmasının yazılım ayağında bana destek olan yazılım uzmanı arkadaşım Ahmet TOKLUCU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma sürecinde tez konumla ilgili olumlu tavır gösteren, destek veren ve kaza verileri ile ilgili her türlü bilgi paylaşımını yapan çeşitli Bakanlıklarımızın ilgili birimlerinde görevlerini sürdüren; başta Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Çevresel Etki Değerlendirmesi İzleme ve Çevre Denetimi Dairesi Başkanlığı, Büyük Endüstriyel Kazaların Kontrolü ve Denetimi Şube Müdürü Özlem YILDIRIM olmak üzere tüm kamu personellerine ve ilgili kurumlara teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET……... iv

ABSTRACT…… v

TEŞEKKÜR…… vi

İÇİNDEKİLER…… vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ……. ix

ŞEKİLLERİN LİSTESİ…….. xi

RESİMLERİN LİSTESİ……. xii

SİMGELER VE KISALTMALAR……. xiii

1. GİRİŞ……... 1

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI……. 13

2.1. Kavramsal Çerçeve……. 13

2.1.1. Kök neden analizi tanımı, yararları ve aşamaları……. 13

2.1.2. Kök neden analizi yöntemleri…….. 16

2.1.3. Veri, veri tabanları…… 30

2.1.4. Büyük endüstriyel kaza veri tabanları…….. 32

2.2. Literatür Araştırması…….. 40

2.2.1. Büyük endüstriyel kazalar ile ilgili ulusal mevzuat……. 47

2.2.2. Kök neden analizi ile ilgili yapılan çalışmalar……. 57

2.2.3. Veri tabanları ile ilgili yapılan çalışmalar…… 61

3. YÖNTEM…… 67

3.1. Araştırma Modeli…… 67

3.2. Veri Toplama Yöntem ve Süreci…… 67

3.3. Verilerin Analizi……. 68

Sayfa

3.4. Uygulama……... 69

3.4.1. Kök neden analizi uygulaması……. 69

3.4.2. Veri tabanı tasarımı ve geliştirilmesi……... 80

3.4.3. Veri analizi uygulaması……... 100

4. BULGULAR VE YORUMLAR……... 103

4.1. Betimleyici Analiz……. 103

4.2. Tahmin Analizi…….. 111

5. SONUÇ VE ÖNERİLER…… 117

KAYNAKLAR…….. 125

EKLER…….. 131

ÖZGEÇMİŞ…… 197

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 2.1.Örnek FMEA şablonu……. 23

Çizelge 2.2. Neden ve etki matrisi örnek şablonu……. 28

Çizelge 2.3. Bazı kimyasal kaza raporlama sistemleri ve veri tabanları……... 32

Çizelge 2.4.Dünyada meydana gelen büyük endüstriyel kazalar ve felaketler……. 41

Çizelge 2.5.Ülkemizde meydana gelen büyük endüstriyel kazalar ve felaketler…….. 43

Çizelge 2.6. Büyük endüstriyel kazalarla ilgili mevzuat tablosu…….. 48

Çizelge 3.1. Temel kimyasal dönüşümler……. 70

Çizelge 3.2. Elektrikli ekipman kategorileri…….. 73

Çizelge 3.3. Eğitim faktörüne ilişkin nedenler tablosu……. 78

Çizelge 3.4. Eğitim faktörüne ilişkin öneriler tablosu……... 79

Çizelge 3.5. Bilgi sistemini oluşturmak için yapılan işlemler…….. 85

Çizelge 4.1. Kuruluş çeşidi ve yıllara göre kaza sayıları…….. 104

Çizelge 4.2. Sektörlere göre kaza sayıları……. 104

Çizelge 4.3. İllere göre kaza dağılımı……... 105

Çizelge 4.4. Olay türüne göre kaza dağılımı……. 105

Çizelge 4.5. İşveren türüne göre kaza sayıları…….. 106

Çizelge 4.6. Kaza türüne göre dağılım……. 106

Çizelge 4.7. İşletme moduna göre dağılım……... 106

Çizelge 4.8. Kimyasal maddde çeşidine göre dağılım…….. 107

Çizelge 4.9. Kimyasalın bulunma şekline göre dağılım……... 107

Çizelge 4.10. Ateşleme kaynaklarına göre dağılım…….. 107

Çizelge 4.11. Kaza sonuçları…… 108

Çizelge 4.12. Proses ekipmanları dağılımı……... 108

Çizelge 4.13. Kök nedenlerin dağılımı……. 109

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 4.14. Çeşitli tarih ve saat bilgileri……. 110

Çizelge 4.15. Yıllara göre kaza sayılarını belirtir tablo……. 111

Çizelge 4.16. Aylara göre kaza sayılarını belirtir tablo……..... 111

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. Balık kılçığı diyagramı……... 19

Şekil 2.2. Pareto diyagramı örneği…….. 20

Şekil 2.3. 5 Neden analizi örneği…… 21

Şekil 2.4. Hata ağacı örneği…… 22

Şekil 2.5. Dağılım grafiği örneği……..... 27

Şekil 2.6. Genel bir papyon diyagramı şeması……... 30

Şekil 2.7. Veri dönüşüm süreci aşamaları…….. 30

Şekil 2.8. Altı hiyerarşi modeli çerçeve diyagramı…… 60

Şekil 3.1. Kimyasal proseslerin genel gösterimi…… 71

Şekil 3.2. Büyük endüstriyel kazalara ilişkin balık kılçığı diyagramı…… 76

Şekil 3.3. Birim ilişki diyagramı…… 87

Şekil 3.4. Kaba ilişki diyagramı……. 88

Şekil 4.1. Yıllık döneme ilişkin dağılım diyagramı……... 112

Şekil 4.2. Aylık döneme ilişkin dağılım diyagramı……... 112

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 2.1. eMars internet sitesi ekran görüntüsü……... 34

Resim 2.2. CCPS Process Safety Beacon internet sitesi ekran görüntüsü……. 35

Resim 2.3. CSB internet sitesi ekran görüntüsü……. 38

Resim 2.4. RISCAD internet sitesi ekran görüntüsü…….. 39

Resim 3.1. MiadaT logo tasarımı…… 80

Resim 3.2. MiadaT ana sayfa ekran görüntüsü…….. 89

Resim 3.3. MiadaT üye kayıt arayüzü…… 90

Resim 3.4. MiadaT oturum açma arayüz görüntüsü……... 91

Resim 3.5. MiadaT kullanıcı arayüzü……. 92

Resim 3.6. Kuruluş bilgilerini gösterir belge örneği…….. 93

Resim 3.7. MiadaT kuruluş ekleme arayüzü…….. 93

Resim 3.8. MiadaT kaza oluşturma arayüzü…….. 94

Resim 3.9. MiadaT yönetici arayüzü……. 95

Resim 3.10. MiadaT yönetici için kazalar menüsü ekran görüntüsü……. 96

Resim 3.11. MiadaT yönetici için kuruluşlar menüsü ekran görüntüsü…… 97

Resim 3.12. MiadaT yönetici için üyeler menüsü ekran görüntüsü……... 98

Resim 3.13. MiadaT kullanıcı menüsüne ait ekran görüntüsü……... 99

Resim 3.14. MiadaT analiz sayfası ekran görüntüsü……. 101

Resim 4.1. Regresyon analizi kullanıcı arayüzü…… 115

Resim 4.2. Regresyon analizi denklemi ve yıl seçimi……... 115

Resim 4.3. Regresyon analizi sonucu ekran görüntüsü……. 116

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklama**
Ŷ	Tahmini kaza sayısı, bağımlı değişken
x	Zaman, bağımsız değişken
α	Sabit olup X=0 olduğunda Y'nin aldığı değer
β	Regresyon katsayısı

Kısaltmalar	**Açıklama**
AB	Avrupa Birliği
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AIS	Accident ınvestigation system
APELL	Awareness and preparedness for emergencies at local level
ARIA	Analysis, research and ınformation on accidents
ARIP	Accidental release ınformation program
ATSDR	Agency for Toxic Substances Disease Registry
AYDES	Afet yönetim ve karar destek sistemi
BS	British Standards
CCPS	Center for Chemical Process Safety
CID	CBRN ıncident database
CLP	Classification labelling and packaging
CRED	Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
CSB	Chemical Safety Board
ÇSGB	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
ÇŞİDB	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
DOE	Department of Energy
DOT	Department of Transportation

Kısaltmalar	Açıklama
EC	European Commission
EEC	European Economic Community
e-MARS	Major accident reporting system
EMDAT	Emergency events database
EPA	Environmental Protection Agency
EU	European Union
FACTS	Failure and accidents technical information system
FMEA	Failure mode and effects analysis
FMECA	Failure mode, effects, and criticality analysis
FMEDA	Failure mode, effects and diagnostic analysis
FTA	Fault tree analysis
HAZOP	Hazard and operability (tehlike ve işletilebilirlik)
HFACS	Human factors analysis and classification system
HMIRS	Hazardous material ıncident reporting system
HSEES	Hazardous Substances Emergency Events Surveillance
IChemE	Institution of Chemical Engineers
IEC	Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
IPIS	Integrated pipeline ınformation system
IRIS	Incident reporting ınformation system
ISO	Uluslararası Standardizasyon Örgütü
JC	Joint Commission
KNA	Kök neden analizi
LPG	Liquefied petroleum gas
MAHB	Major Accident Hazards Bureau
MARS	Major accident reporting system
MHIDAS	Major hazard incident data service
MORT	Management oversight and risk tree analysis
NACE	Nomenclature générale des Activités économiques dans les Communautés Européennes
NRC	National Response Center
NTSIP	National toxic substance incidents program

Kısaltmalar	Açıklama
OLAP	Online analytical processing
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PAA	Past accident analysis
PII	Process Improvement Institute
PSID	Process safety incident database
RCA	Root cause analysis
RISCAD	Relational ınformation system for chemical accidents database
RMP	Risk management plan
SIPOC	Suppliers, ınputs, process, outputs, customer
SIPOCR	Suppliers, ınputs, process, outputs, customer, requirement
T.C.	Türkiye Cumhuriyeti
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
U.S.	United States
UK	United Kingdom
UNEP	United Nations environment programme
VARO	Vaurio- ja onnettomuusrekisteri
WOAD	The world offshore accident data
ZEMA	Zentrale melde- und auswertestelle für störfälle und störungen in verfahrenstechnischen anlagen

1. GİRİŞ

Dünya genelinde özellikle kimyasalların bilinçsiz kullanımı sonucu sayısız büyük endüstriyel kaza meydana gelmiştir. Bu kazalar yüzünden çok sayıda insan hayatını kaybetmiş ve yaralanmış, birçok insan yaşadığı bölgeden tahliye edilmiş, birçok canlı telef olmuş, toprak, hava, deniz kirliliği yaşanarak çevre ve gelecek nesiller etkilenmiş, maddi hasarlar meydana gelmiştir. Sonuçları ve etkileri dolayısı ile büyük kayıplara sebep olan büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması için çeşitli düzenlemelerin yapılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

Dünya'nın farklı ülkelerinde 1976 senesine kadar yaşanan kazalar ve özellikle 1976 yılında İtalya'nın Seveso kasabasında gerçekleşen kaza sonrasında, endüstriyel kazaların oluşmasının engellenmesi ve gerekli önlemlerin alınması adına 1982 yılında Seveso I Direktifi (82/501/EEC) kabul edilmiştir. Ardından farklı ülkelerde meydana gelmeye devam eden büyük endüstriyel kazalarla, bu direktifte farklı zamanlarda güncellemeler yapılmıştır. Son olarak 2012 senesinde yayımlanan Seveso III Direktifi, ülkemizde 02.03.2019 tarihli ve 30702 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan "Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik" ile yürürlüğe girmiştir.

Büyük endüstriyel kaza, Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik kapsamındaki herhangi bir kuruluşun işletilmesi esnasında, kontrolsüz gelişmelerden kaynaklanan ve kuruluş içinde veya dışında insan ve/veya çevre sağlığı için anında veya daha sonra ciddi tehlikeye yol açabilen bir veya birden fazla tehlikeli maddenin sebep olduğu büyük bir yayılım, yangın veya patlama olayını, ifade etmektedir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi, 2021). Büyük endüstriyel kazaların (tekrar) yaşanmaması için, hazırlanacak büyük kaza senaryo dokümanında, risk değerlendirmesinde, (dâhili ve harici) tehlikelerin belirlenmesi aşamasında kuruluş içinde veya dışında, başka kuruluşlarda geçmişte yaşanmış kazalardan, ramak kala olaylardan ve ulusal/uluslararası kaza veri bankalarındaki ulaşılabilir kayıtlardan faydalanılır.

Ülkemizde iş kazası verileri, Sosyal Güvenlik Kurumu tarafından tutulmaktadır. Kurum kaydını tuttuğu verileri NACE ekonomik faaliyet sınıflaması kodlarına göre iş kazası geçiren sayıları, iş kazası sonucunda ölen sigortalı sayıları, geçici iş göremezlik süresi vb. çeşitli

kriterler baz alınarak her yıl yayımlamaktadır. Bu istatistik yıllıklarında iş kazası ve meslek hastalığı istatistikleri çeşitli tablolarda sunularak yer almaktadır. Bu tablolardan birinde de faaliyet gruplarına göre iş kazası sayısı gösterilmektedir. Büyük endüstriyel kazalar yüksek oranda ve çoğunlukla asıl iş olarak kimya sektöründeki faaliyet gruplarındaki işlerde meydana gelse de asıl işi kimya sektöründen olmayan başka faaliyet gruplarında da meydana gelebilir. Ayrıca kimya sektöründeki faaliyet gruplarında meydana gelse bile ana kaza sebebi "kimyasal maddelerin kontrolsüz kullanımı" dışındaki kazalar da bu sayılara dâhil edilmiş durumdadır. Dolayısı ile yayımlanan verilerde veya yayımlanmış diğer tablodaki veriler ile direk olarak büyük endüstriyel kaza sayıları ile ilgili net bir bilgi sağlanması olanaklı değildir.

Bununla birlikte Türkiye'de yasal olarak, işletmeciler, kuruluş sınırları içerisinde meydana gelen bir kazanın ilgili yönetmelikte belirtilen kriterlerden en az birini sağlaması durumunda Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB)'nın bildirim sisteminde yer alan kaza raporlama bölümünü doldurur (Ek-1). Bu bildirim sistemi ile ilgili ÇŞİDB, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Çevresel Etki Değerlendirmesi İzleme ve Çevre Denetimi Dairesi Başkanlığı, Büyük Endüstriyel Kazaların Kontrolü ve Denetimi Şube Müdürlüğü uzmanı ile telefon aracılığı ile sözlü görüşme yapılmış, mevcut raporlama formatının ileriki tarihlerde güncelleneceği öğrenilmiş, güncelleme yapılması planlanan yeni rapor ekte sunulmuştur (Ek-2). Bununla birlikte kaza raporlama modülünün, AB'nin eMARS Sistemi ile uyumlu bir şekilde hazırlandığı, sistemde herhangi bir filtreleme yapılmadığını, sistemin kamuya açık olmadığını ve raporun ilgili yerlerine açıklama yapmak üzere veri girişi yapıldığı belirtilmiştir. Filtreleme ile ilgili, tarih aralığı seçimi yapıldıktan sonra sadece işletme adı girilerek verilere ulaşılabildiği belirtilmiştir. Örnek olarak bu zamana kadar kaç adet büyük endüstriyel kazanın bildirildiği verisine filtreleme yapılarak ulaşılamamıştır. Bu bildirim sistemine erişim, kamuya açık değildir. Aynı zamanda işletme sahipleri kuruluşlarında meydana gelen büyük endüstriyel kazayı ve kaza ile ilgili bölümleri, özetleme ve açıklama yapmak suretiyle raporda belirtmektedir. Ayrıca herhangi bir kuruluş sahibi veya iş güvenliği uzmanı, proses emniyeti uzmanı ya da bir araştırmacı herhangi bir kuruluşta yaşanmış kaza verilerine ulaşamamaktadır. Devlet kontrolünde olan bu sistemin yürütücü kurumlara hizmet eden bir sistem olması ve kamunun bilgilendirilmesine yönelik bir sistem olmamasından dolayı tüm paydaşların/kamunun bilgilendirilmesi amacına hizmet eden yeni sisteme de ihtiyaç olduğu açıktır.

ÇŞİDB bildirim sitemi dışında büyük endüstriyel kazaların içinde yer alabildiği bir diğer uygulama İçişleri Bakanlığı, AFAD projesi olan Afet Yönetim ve Karar Destek Sistemi (AYDES)'dir. AYDES, Coğrafi Bilgi Sistemleri üzerine kurulmuş, afet ve acil durumlarda bütün kaynakları etkin bir şekilde yönetebilen, karar destek mekanizmalarına sahip web tabanlı bir uygulamadır (AFAD, 2023). Uygulamada yer alan olaylardan endüstriyel kaza başlığı altında bulunan olay bilgileri, acil durum ekiplerinin müdahale iş ve işlemleri ile ilgili olup detaylı olay sebeplerini içermemektedir. Ayrıca AFAD mevzuatının ve büyük endüstriyel kazalar ile ilgili mevzuat kapsamlarının da farklı olduğu göz önüne alındığında, AYDES sisteminin direk büyük endüstriyel kazalar özelinde olmadığı açıktır. Örnek olarak herhangi bir kriz haline yol açmayan, insan faaliyetlerini durdurmayan büyük endüstriyel bir kaza afet kapsamında değerlendirilmezken, bu kazanın kuruluşta maddi olarak 5 milyon TL hasar yaratması durumunda işletmeciler bu kazayı bildirmekle yükümlü olacaktır. Benzer şekilde doğa kaynaklı afetlerden olan heyelan veya çığ "afet" kapsamında olup büyük endüstriyel kaza olarak düşünülmemektedir.

Problemin tanımı

Büyük endüstriyel kazaların (tekrar) yaşanmaması için, kuruluşta veya kuruluş dışında, başka kuruluşlarda geçmişte yaşanmış kazalardan, ramak kala olaylardan ve ulusal/uluslararası kaza veri bankalarındaki ulaşılabilir kayıtlardan faydalanmak çok büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple ülkeler, ülkelerinde veya farklı ülkelerde meydana gelen büyük endüstriyel kazalarla ilgili çeşitli yollarla arşiv veya veri tabanları oluşturmaktadır. Hâlihazırda dünyada farklı ülkelerde kullanılan bazı veri tabanları arasında eMARS, ZEMA, ARIA vb. bulunmaktadır. Dünya genelinde çeşitli ülkelerde kullanılan bu internet siteleri, bu çalışmanın 2.1.4'üncü bölümünde ele alınıp detaylı olarak açıklanmıştır.

Dünyada kullanılan veri tabanı internet sitelerinin incelenmesi sonucunda, hiç birisinde detaylı betimsel analiz ve tahmin analizi bulunmadığı tespit edilmiştir. Bir kısmında öneriler mevcuttur ancak bu önerilerde yasal mevzuat maddeleri yer almamaktadır. Bazılarında ise sistematik olarak kategorileştirilmiş veri girişleri yerine metinsel veri girişi veya raporlamalar bulunmaktadır.

Çeşitli sektörlerde yaşanan kazaları içeren veri tabanları ile ilgili literatürde araştırmacılar tarafından çeşitli çalışmalar yapılmış ve bunlarla ilgili özet bilgiler aşağıda sunulmuştur.

Konu ile ilgili Girgin ve Yetiş (2007a) tarafından ülkemizde meydana gelmiş endüstriyel kazaların nedeni, oluşumu ve sonuçları ile ilgili düzenli ve ulaşılabilir bir bilgi kaynağının veya envanterin bulunmadığı belirtilmiştir. Ayrıca Girgin ve Yetiş (2007b) başka çalışmalarında Türkiye'de meydana gelmiş teknolojik kazalar ile ilgili bilgilerin sistematik bir biçimde derlenmesi ve ulaşılabilir hale getirilmesi için Teknolojik Kazalar Bilgi Sistemi geliştirmiştir. Sistemin genel özellikleri, kazalar ve sonuçları ile ilgili temel bilgileri, bunların yanında gazete haberleri, raporlar gibi bilgi kaynaklarını, fotoğraf, video gibi görsel materyalleri düzenli bir biçimde arşivlemeye olanak tanımaktadır. Buna rağmen güncel olmaması, her tür kazanın dâhil edilmesi, kazanın kök nedenlerinin ve sonuçlarının sistematik olmaması, sistemdeki kaza özelliklerinin sınırlı olması, kaza analizi yapılmak üzere istenilen verilerin filtrelenememesi, istatistiki analize olanak tanımaması, herhangi bir öneri sunmaması bu bilgi sisteminin eksiklikleri olarak düşünülebilir.

Nivolianitou ve diğerleri (2006) çalışmalarında, MARS'a dâhil olan petrokimya sektöründeki büyük kazaların bazı özelliklerini analiz etmiştir. MARS kısa raporlarının ana sınıflandırma alanlarına odaklanan istatistiksel analiz ve ayrıca veri tabanının tam raporlarında verilen detaylar yoluyla organizasyonel faktörlere odaklanan büyük kazaların acil nedenlerinin düzeltilmesine çalışılmıştır.

Nivolianitou ve diğerleri (2006)'nin çalışmalarında, 1997-2003 dönemindeki Yunan petrokimya endüstrisindeki tüm olayları kapsayan bir veri tabanının geliştirilmesi açıklanmaktadır. Veri tabanına ramak kala olaylardan gelen verileri de dahil etmek için özel özen gösterilmiştir.

Renni ve diğerleri (2010) yaptıkları çalışmada, büyük endüstriyel kaza veri tabanlarından yıldırımla tetiklenen kazaları inceleyip korunmasız ekipman türleri, arıza dinamikleri ve hasar durumları hakkında bilgi elde etmek için analiz etmiş, olayın nihai sonuçları üzerinde durmuştur.

Cozzani ve diğerleri (2010) tarafından sel ile tetiklenen 272 NaTech olayına ilişkin veriler, büyük endüstriyel kaza veri tabanlarının bazılarından alınmıştır. Nihai senaryolara ilişkin veriler, su ile reaksiyona giren maddeler nedeniyle olduğu gibi belirli olayların varlığını ve çevre için sonuçları içeren senaryoların önemini vurgulamıştır.

Lindhout ve diğerleri (2011) tarafından yapılan çalışmada Hollanda'da sıkça kullanılan kaza inceleme yöntemi taksonomileri, dil sorunlarıyla ilgili içerik üzerinde araştırılmıştır. Dil sorunlarının ya gözlemlenen kaza oranları ile orantılı olarak daha az ya da sık sık uygulanan kaza inceleme sınıflandırma sistemlerinde mevcut olmadığı bulunmuştur. Kaza araştırma yöntemlerinde dil konularına daha fazla dikkat edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Tauseef ve diğerleri (2011), açık kaynaklı kimyasal proses-endüstri kazası veri tabanı geliştirmiştir. MHIDAS ve MARS gibi köklü veri tabanlarını tamamlamak için, yaklaşık 8000 kazaya ilişkin bilgiler, yeni bir veri tabanına girilmiştir. Çoklu ve çakışan kaza kayıtları dikkatli bir şekilde elenmiş ve kayıtlara uygun sınıflandırma bazında ulaşılabilmesi için bir arama motoru geliştirilmiştir.

Okoh ve Haugen (2013), makalelerinde ilk olarak bakımın büyük kaza oluşumunu nasıl etkilediğini araştırmayı ve ikinci olarak bakımla ilgili büyük kazaların nedenleri için sınıflandırma şeması geliştirmeyi amaçlamıştır. Buna dayanarak çalışmada "İş ve Kaza Süreci" sınıflandırma şeması önerilmiştir.

Okoh ve Haugen (2014)'in çalışmaları, hidrokarbonların ve tehlikeli kimyasalların taşınması, işlenmesi ve depolanmasıyla ilgili 2000 yılından 2011 yılına kadar geçen sürede meydana gelen 183 ayrıntılı, büyük kaza incelemesi ve analiz raporunun bir incelemesine dayanmaktadır. Raporlar teknik, insani ve organizasyonel faktörleri kapsamaktadır. İncelediklerı büyük kazaların %44'ünün bakımla ilgili olduğu bulunmuştur.

Bellamy (2015), sonuçlar ve nedenler aracılığıyla büyük tehlike, ölümlü ve ölümcül olmayan kazalar arasındaki ilişkiyi araştırmaya yönelik bir çalışma yapmıştır. 1998-2009 yılları arasında Hollanda'da meydana gelen ciddi rapor edilebilir kazadan oluşan bir veri tabanından yararlanılarak Storybuilder'da bir yönetim-görev-güvenlik bariyeri modelini kullanarak analiz yapılmıştır. Aynı tehlike türüyle sınırlı olması koşuluyla, daha küçük

şiddette daha sık gerçekleşen kazaların, daha büyük şiddette daha felaketli kazaların doğrudan ve altında yatan nedenleri hakkında bilgi sağladığı sonucuna varmıştır.

Moreno ve diğerleri (2019) tarafından biyodizel üretiminde yaşanan kazaları içeren bir veri tabanı geliştirilmiş, kök nedenlere ilişkin balık kılçığı diyagramından yararlanılmış ve kazalar analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, bakım ve işletme hatalarının, kazaların daha sık görülen nedenleri olduğu, olayların %35'inin üretimin başlangıcından itibaren 1 yıl içinde meydana geldiği, yetersiz güvenlik kültürünün, birçok kazanın altında yatan sebep olduğu sonuçları çıkarılmıştır.

Jung ve diğerleri (2020), çalışmalarında, Güney Kore'de meydana gelen kimyasal kaza verilerini incelemiş ve analiz etmiştir. Analiz sonucuna göre, Güney Kore'de kimyasal kazaların %76,1'i insan hatasından kaynaklanmıştır. Büyük ölçekli işletmeler, en fazla bakım çalışmaları sırasında endüstriyel kaza yaşamıştır. Yangın ve patlama, tüm kimyasal proses endüstrisi kazalarının %72'sini oluşturmuş ve bunların %32,4'ü statik elektrikle ateşlenmiştir. Kimyasal kazalar daha çok depolama tanklarında, kimyasal reaktörlerde ve karıştırma tanklarında meydana gelmiştir.

Zhou ve diğerleri (2021) tarafından yer altı treni inşaat kazaları ve ilgili analizler için bir veri tabanı geliştirilmiştir. Altı potansiyel veri kaynağı temelinde 548 kayıt toplanmış, doğrulanmış ve yer altı treni inşaatı kaza veri tabanına (SCAD) girilmiştir. Zaman, şehir, şiddet, sonuç, nedensel faktör ve benzeri birçok boyuttan kaza eğilimlerini ve modellerini belirlemek için kaza vakalarına ve SCAD'deki kodlama şemasına dayanan bir analiz yapılmıştır. Belirlenen kaza oluşum eğilimleri ve kalıplarının, gelecekte yer altı treni inşaat kazalarını önlemek için hükümet ve sivil toplum kuruluşlarının daha spesifik güvenlik programları ve müdahaleleri tasarlamasına yardımcı olabileceği belirtilmiştir.

Tamascelli ve diğerleri (2022) çalışmalarında geçmiş kaza verilerinden faydalanmak ve şiddet tahmini için, tahmine dayalı bir model oluşturmak amacıyla veri bilimi ve makine öğrenimindeki gelişmelerden yararlanmıştır. Önerilen yöntemde, bir kazanın özelliklerini ilgili şiddet kategorisine (yani, ölen ve yaralanan insan sayısı) eşleştirmek için sınıflandırma algoritmaları kullanılmıştır. Modeli eğitmek için mevcut veri tabanlarından çıkarılan veriler kullanılmıştır. Yöntem, geniş, derin sinir ağı, geniş ve derin olmak üzere üç sınıflandırma

modelinin MHIDAS veri tabanında eğitildiği ve değerlendirildiği bir vaka çalışmasına uygulanmış, geniş ve derin modelinin en iyi performansı sunduğu sonucu elde edilmiştir.

Tamascelli ve diğerleri (2023), genel kaza veri tabanlarından elde edilen bilgilerin, yaralanmalar ve ölümler açısından teknolojiye özgü kazaların sonuçlarını tahmin etmek için kullanılabileceğini önermiştir. Tehlikeli maddeler içeren geçmiş endüstriyel kazalardan bilgiyi çıkarmak, saklamak ve aktarmak için veriye dayalı bir yöntem geliştirilmiştir.

Araştırmacılar tarafından yapılan ve yukarıda özetlenen çalışmaların bazılarının Türkiye dışındaki ülkelerde yapıldığı, bazılarının biyodizel veya petrokimya gibi spesifik sektörlerde gerçekleştirildiği, bazılarının sadece büyük endüstriyel kazaların sebeplerinden olan; sel ve yıldırım gibi doğa olaylarını ve dil sorunlarını ele aldığı, bir tanesinin yer altı treni inşaat kazalarını içerdiği görülmüştür.

Büyük endüstriyel kazalar ile ilgili; dünyada kullanılan veri tabanlarının ve literatürde araştırmacılar tarafından yapılan çalışmaların incelenmesi sonucunda, ülkemizde büyük endüstriyel kaza analizi ile ilgili herhangi bir analiz/veri tabanı çalışmasının yapılmadığı ve ulusal bir veri tabanına ihtiyaç duyulduğu görülmüştür. Ayrıca ülkemizde büyük endüstriyel kazalar özelinde ve bu kazalarla ilgili; kamu, araştırmacılar ve diğer kuruluşlar öncelikli olmak üzere herkesin erişimine açık, güncel, kazanın kök nedenlerinin ve sonuçlarının sistematik olarak düzlendiği, kök nedenlerle ilgili öneriler sunan, kaza analizi yapılmak üzere veri çekilebilen, istatistiki analize olanak tanıyan bir kaza veri tabanı bulunmamaktadır (Erdoğan ve Çakmak, 2023). Bu çerçevede bu araştırmanın problem cümlesi “Türkiye’de Meydana Gelen Büyük Endüstriyel Kazaların Analizi: Veri Tabanı Geliştirilmesi” olarak belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasında yukarıda belirtilen problem cümlesine dair çözülmesi gereken ana problem büyük endüstriyel kazaların analizinin yapılabilmesi ve bu amaçla veri tabanı geliştirilebilmesidir. Büyük endüstriyel kazaların kök nedenlerinin neler olabileceği ve yeniden gerçekleşmemesi için neler yapılabileceği, şimdiye kadar meydana gelen büyük endüstriyel kazaların, hangi kök nedenler sebebiyle, hangi proses ekipmanlarında, yıllara göre kaçar tane olduğu, hangi kaza türlerinin kaçar tane meydana geldiği, hangi işletme modlarında oluştuğu vb. ile ilgili sorular alt problemler olarak düşünülebilir.

Araştırmanın amacı

Bu tez çalışmasında literatür araştırmaları yapıldıktan sonra öncelikli olarak büyük endüstriyel kazaların kök nedenlerinin ve sonuçlarının araştırılarak sistematik bir liste oluşturulması, her bir kök nedene ilişkin mevzuat/düzeltici/önleyici faaliyet önerilmesi, ardından oluşturulan kök sebepler ve öneriler ile birlikte proses ekipmanları, işletme modu, ateşleme kaynakları gibi birçok kaza özelliğini içeren bir kaza veri tabanı (bilgi sistemi) hazırlanması, son olarak Türkiye'de bu zamana kadar meydana gelen büyük endüstriyel kazaların bilgilerinin ilgili bakanlıktan temin edilip, Türkiye'de meydana gelen büyük endüstriyel kazaların sisteme girilmesi ve örnek bir istatistiki analiz yapılması amaçlanmıştır.

Araştırmanın önemi

Yukarıda belirtilen amaçlara dayalı olarak bu çalışma; büyük endüstriyel kazalarla ilgili sınıflama yapılarak standartlaştırılmış olan kök nedenleri içeren sistematik bir arşiv oluşturmasından, benzer kazaların yaşanmasını önlemeye yönelik olmasından, mevzuat önerileri içermesinden, kaza analizine olanak sağlamasından ve ulaşılabilir ulusal bir kaza veri tabanı olup sektördeki işletmelere, araştırmacılara, kamuya, gelecek nesillere ve doğaya faydası olmasından dolayı önemli ve gereklidir.

Geliştirilen veri tabanını dünyada kullanılan diğer veri tabanlarından ayrılan özellikler:

- Yönetmelik kapsamında olmayan kuruluşlardan da veri alabilmesi
- Bildirim kriterini sağlamayan kazaları da içermesi
- Detaylı bir kök neden analizi yöntemi ile hazırlanmış olması
- İçerisinde kapsamlı proses ekipmanı listesi barındırması
- Kaza ile ilgili olarak tuttuğu özelliklerin çok ve kategorileştirilmiş olması
- Kaza kök nedenleri ile ilgili öneriler sunması ve önerinin yasal mevzuatı içermesi
- Betimleyici ve tahmin amaçlı veri analizine olanak sağlaması

şeklindedir. Aynı zamanda çalışma konusu ile ilgili hem ulusal düzeyde veri tabanı olmaması ve herhangi bir kaza analizinin yapılmamış olması hem de uluslararası düzeyde var olan veri tabanlarına göre üstünlüklerin olması, çalışma konusunun önemini ayrıca ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte yapılacak çalışmanın ilgili bakanlığın sistemi ile entegre olması durumunda kaza bildirimi yapılmasının yasal olarak zorunlu olmasından dolayı daha etkin bir şekilde kullanılacağı değerlendirilmektedir.

Varsayımlar

İlgili Bakanlıktan temin edilen 17 adet kaza raporlarından bir kısmında bazı bölümler boş geçilmiş, bazı raporlarda kaza tarihi ve kuruluş adı dışında hiçbir bölüm doldurulmamıştır. Bu tarz raporlar hazırlanan kaza veri tabanına girilirken, "Diğer/Yok/Veri girilmemiş/Bilinmiyor" şeklinde giriş yapılmış ve ham verinin bu şekilde olduğu varsayılmıştır. Bunun dışında MiadaT sisteminde yer alan bazı alanlar ilgili raporlarda hiç yer almamaktadır. Örnek olarak, çalışan sayısı bilgisi hiçbir raporda bulunmamakta ancak kazanın analizi yapılırken işletme ölçeğinin nasıl bir etkisi olduğu tespit edilmek istendiğinden MiadaT sisteminde yer almaktadır. Çalışan sayıları sisteme girilirken bu 17 adet veri için, 0 olarak kaydedilmiştir. Ayrıca sistemde yer alan başka bir özellik olan kazalı çalışanın alt işveren/asıl işveren çalışanı olması hususunda, ilgili raporlardaki yükleniciler seçili olması durumunda alt işveren işaretlenerek kayıt yapılmış, hiçbir işaretleme olmaması durumunda kazalının asıl işveren çalışanı olduğu kabul edilmiştir. Kök neden veya proses ekipmanı çeşidi seçilirken, raporlardaki açıklamalara ve seçimlere en çok uyan en yakın alternatifler seçilerek giriş yapılmıştır. Bazı raporlarda kazaya dâhil olan kimyasal adı verilmiş ancak çeşidi belirtilmemiştir. Bununla ilgili adı verilen kimyasalın, malzeme güvenlik bilgi formunda yer alan bilgilerine göre veri girişi yapılmıştır. Maddi hasar ile ilgili, maddi hasarın tutarına yer vermeyen ancak maddi hasardan bahseden raporlarda 1 TL hasar olduğu kabul edilerek veri girişi yapılmıştır. Mesai başlangıç saatleri ilgili raporlarda yer almamakta olup, genellikle kimya sektöründe yer alan kuruluşlar için 3 vardiya çalışıldığı varsayımı yapılarak kazanın gerçekleştiği saate göre 08:00, 16:00 ve 00:00 saatleri seçilmiştir. Örneğin, 01:22 saatinde gerçekleşen kaza için mesai başlama zamanı 00:00 olacak şekilde seçilirken 08:50 saatinde gerçekleşen kaza için mesai başlama zamanı 08:00 seçilerek sisteme giriş yapılmıştır. Ayrıca kuruluşların faaliyete geçiş tarihi/kanun kapsamına alınma tarihi bilgisi de raporlarda yer almamakta olup bu bilgiler ile ilgili de detaylı araştırma yapılarak bulunan tarihler sisteme girilmiştir. Bu veri tabanı internet sitesinin yayımlanarak kullanılmaya başlanması durumunda, kullanıcılar gerçek verileri

gireceği için ve girilmesi gereken bölümlerin boş geçilmesine yazılımsal olarak izin verilmediği için bu varsayımlar otomatik olarak ortadan kalkacaktır.

Sınırlılıklar

İlgili bakanlıktan temin edilen 17 adet veri çalışmanın sınırlılıklarındandır. Ayrıca bilgilerin ilgili bakanlıktan temin edildiği tarihten sonra meydana gelen kazaların kapsam dışında kalması, geliştirilen veri tabanının erişime açılabilmesi için sermaye yetersizliği/maddi olanaklar çalışmayı sınırlayan faktörlerdir. Ayrıca kaza verilerinin sayısının az olması, diğer veri kaynaklarındaki kaza verisi çeşitliliğinin oluşturulan veri tabanındaki özelliklerle uyuşmaması ve bazı analiz yöntemlerinin uygulanabilmesi için kaza sayılarının yetersiz oluşu çalışmayı sınırlandırmıştır. Ek olarak bu bilimsel çalışmanın 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu'nun İstisnalar başlıklı 28'inci maddesinin birinci fıkrasının (c) bendine göre kanun kapsamında olmadığı düşünülmekle beraber, Kişisel Verileri Koruma Kurumu'ndan bu konuda görüş talep edilmiş ancak görüş cevabında özetle nihai değerlendirmenin bahsedilen hükümlerin yanı sıra ilgili diğer mevzuat hükümlerinin de dikkate alınması suretiyle tarafımızca yapılmasının uygun olacağı belirtilmiştir. Hazırlanan kaza veri tabanı internet sitesinin yayımlanması için, kişisel verilerle ilgili herhangi bir ihlal olması durumunda Kişisel Verileri Koruma Kurumu mevzuatlarına göre idari yaptırımların bireysel olarak karşılanamayacak düzeyde olması da çalışmanın sınırlılıkları içinde yer almaktadır. Dolayısı ile bu çalışmanın nihai ürünü olan MiadaT veri tabanı internet sitesinin yayımlanma ve yürütülme konusunda veri sorumlusunun özel/kamu kurumları olmasının daha yerinde olacağı düşünülmektedir.

Tanımlar

Büyük endüstriyel kaza: Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik kapsamındaki herhangi bir kuruluşun işletilmesi esnasında, kontrolsüz gelişmelerden kaynaklanan ve kuruluş içinde veya dışında insan ve/veya çevre sağlığı için anında veya daha sonra ciddi tehlikeye yol açabilen bir veya birden fazla tehlikeli maddenin sebep olduğu büyük bir yayılım, yangın veya patlama olayını,

Kök neden: Doğrudan veya dolaylı olarak, istenmeyen bir sonucun ortaya çıkmasına sebep olan olaylar zincirinin başlangıç nedenini,

Kök neden analizi: Herhangi bir hatanın veya problemin kök nedenlerini ortaya koymaya yarayan çoğunlukla mühendislik ve fen bilimlerinde kullanılan bir analiz yöntemini,

Veri (data): Bir araştırmanın, bir tartışmanın, bir muhakemenin temeli olan ana ögeyi,

Veri tabanı (database): Bir bilgisayar sisteminde herhangi bir konuda birbiriyle ilişkisi bulunan verilerin sistematik olarak depolandığı alanı,

ifade etmektedir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde kök neden ve veri tabanları olmak üzere çalışmanın alt yapısını oluşturan iki ana konu ile ilgili kavramsal çerçeve belirtilmiş ardından bu konular ile ilgili mevzuat ve ilgili literatürdeki araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalar sunulmuştur.

2.1. Kavramsal Çerçeve

Çalışmanın bu kısmında sırasıyla kök neden analizinin tanımı, yararları ve aşamaları, kök neden analizi yöntem/araçları ile veri tanımı, verinin yararlı bilgiye dönüşüm aşamaları, veri tabanı tanımı ve yararları, büyük endüstriyel kaza veri tabanları ile ilgili kavramsal çerçeve ele alınmıştır.

2.1.1. Kök neden analizi tanımı, yararları ve aşamaları

Kök neden, 30.06.2020 tarihli ve 31171 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Büyük Endüstriyel Kazalarla ilgili Hazırlanacak Büyük Kaza Senaryo Dokümanı Tebliği'nde "Doğrudan veya dolaylı olarak, istenmeyen bir sonucun ortaya çıkmasına sebep olan olaylar zincirinin başlangıç nedeni" olarak tanımlanmıştır. Kök Neden Analizi (KNA-Root Cause Analysis-RCA), herhangi bir hatanın veya problemin kök nedenlerini ortaya koymaya yarayan çoğunlukla mühendislik ve fen bilimlerinde kullanılan bir analiz yöntemidir. Kazaların, istenmeyen olayların, hataların veya problemlerin kök nedenlerinin araştırılması ve raporlanmasının amacı; kazaların tekrar meydana gelmesini önlemek için yeterli düzeltici eylemlerin belirlenmesini sağlamak ve böylece kazaların olası sonuçlarını ortadan kaldırmaktır.

Kök neden analizi yapmanın öncelikli yararı, incelenen problemin veya olayın bir daha yaşanmamasını sağlamaktır. Aynı tarz olayların yaşanmamasını sağlamanın yanında, kök nedenler genellikle sistemde yer alan ve hatta alakasız görünen başka problemlerin de kaynağını oluşturabilen nedenler olduğundan, benzer/alakasız tarzda problemlerin veya olayların da olmasını engelleme özelliğine sahiptir. Olası kazaların meydana gelmesini engellemesi sayesinde, çalışanların, toplumun ölüm ve/veya yaralanma, çevreye zarar verme veya maddi hasar oluşma riskini azaltacaktır.

Bir problemle ilgili sistematik olarak belirlenen her bir kök neden için detaylı düzeltici/önleyici eylem belirlenebilir, böylelikle sadece görünür hatalar için yüzeysel olarak yapılan düzenlemelere göre sistem iyileştirmelerinde kat kat fayda sağlar. Kök neden analizi sonrası hem kök nedenler hem de öneriler ile ilgili veri havuzları oluşturulması, önceki çalışmalar ışığında başka problemler için hesaba katılmayan tehlikeleri öğrenmeye yarar. Kök neden analizi ile derinlemesine yapılan kaza araştırmaları deneyimlerden öğrenmenin en ucuz yolları arasındadır. Kök neden analizi, etkili düzeltici eylemleri seçip uygulayarak güvenilirliğin ve güvenliğin iyileştirilmesini sağlar.

İşverenler, benzer olayları önlemek için kök neden analizini kullanarak kazanın birincil etkilerinden ve sonuçlarından kurtulabilecekleri gibi iş kesintisinden, acil müdahaleden, temizlikten, sağlık hizmetlerinden, denetimlerden, teftişlerden, maddi/manevi tazminatlardan ve idari para cezalarından vb. kaynaklanabilecek gereksiz maliyetlerden de kaçınabilir.

Son olarak, bir işveren kök neden analizini kullanarak önlemeye odaklandığında, halkın güveni kazanılabilir. Kazasız sicile sahip işverenlerin, yüksek performanslı personeli çekme ve elde tutma olasılığı daha yüksek olabilir. Kök neden analizini içeren sağlam bir süreç güvenliği programı ayrıca tehlikelerin daha etkin kontrolü, süreç güvenilirliğinin artması, gelirlerin artması, üretim maliyetlerinin düşmesi, bakım maliyetlerinin düşmesi ve sigorta primlerinin düşmesiyle sonuçlanabilir (OSHA, 2016).

Kök neden analizi veya her kök neden araştırması ve raporlama süreci aşağıda belirtilen beş aşamayı içermelidir. Aşamalar arasında bir miktar örtüşme olsa da, onları ayrı ve farklı tutmak için her türlü çaba gösterilmelidir. Yönetimin katılımı ve kaynakların yeterli şekilde tahsisi, beş kök neden araştırma ve raporlama aşamasının başarılı bir şekilde yürütülmesi için esastır (DOE, 1992).

- 1. Aşama Veri toplama: Verilerin kaybolmamasını sağlamak için olay tanımlamasının hemen ardından kök neden analizinin veri toplama aşamasına başlamak önemlidir.
  Toplanması gereken bilgiler, olay öncesi, sırası ve sonrasındaki koşullardan oluşur (personel katılımı (görgü tanıkları, yöneticiler vb.), çevresel faktörler, kırılmış, dökülmüş, sıçramış malzeme/parça, mülakatlar, kâğıt (dokümantasyon)/elektronik

kayıtlar, fiziksel analizler, krokiler, konum gözlemleri, fotoğraflar, videolar ve olayla ilgili diğer veriler toplanır).

Veri toplamak için olay mahallinin yakınında olmak, görüşme teknikleri ve test planları gibi tutarlı ve etkili yöntemler kullanmak önem arz etmektedir.

- 2. Aşama Değerlendirme: Aşağıdaki adımları içeren herhangi bir kök neden analizi yöntemi kullanılabilir:

  1. Problemi tanımlayın

  2. Problemin önemini belirleyin

  3. Problemin hemen öncesindeki ve çevresindeki nedenleri (koşullar veya eylemler) tanımlayın

  4. Kök nedene geri dönerek önceki adımdaki nedenlerin var olmasının sebeplerini tanımlayın (düzeltildiği takdirde tesis genelinde bu ve benzeri olayların tekrarını önleyecek kök sebep). Bu kök neden, değerlendirme aşamasındaki durma noktasıdır.

- 3. Aşama Düzeltici Faaliyetler: Her neden için etkili düzeltici faaliyetlerin veya eylemlerin uygulanması, bir sorunun tekrarlanma olasılığını azaltır, güvenilirliği ve güvenliği artırır.

  Kök neden araştırma/soruşturma süreci, oluşumu, nedenlerini ve tekrarı önlemek için hangi düzeltici eylemlerin gerekli olduğunu anlamak için kullanılır.

  Araştırma sürecindeki mantık şudur:

  Ne olduğunu adım adım özetleyin.

  Meydana gelen olayla başlayın ve sorunu tanımlayın (istenmeyen ve planlanmayan koşul, durum veya eylem).

  Hangi program öğesinin bu oluşumu engellediğini belirleyin. (Eksik miydi yoksa başarısız mı oldu?)

  Bu duruma neden izin verildiğini araştırın.

  Bu akıl yürütme, olayın neden önlenemediğini ve hangi düzeltici eylemlerin en etkili olacağını açıklayacaktır. Bu akıl yürütme, tüm kök neden süreci boyunca akılda tutulmalıdır. Etkili düzeltici eylem programları aşağıdakileri içerir:

  - Yönetim tarafından, ekipman/insan performans sorunlarını etkin bir şekilde değerlendirmek için kalifiye personel atamak, düzeltici eylemleri uygulamak ve düzeltici eylemlerin etkili olduğunu doğrulamak için takip etmek de dahil olmak üzere, insan ve ekipman performansını etkileyebilecek sorunların tanımlanmasına ve düzeltilmesine önem verilmesi

- Süreci tanımlayan, kaynakları tanımlayan ve sorumluluk atayan idari prosedürlerin geliştirilmesi
- Hatasız görev performansı ve güvenilir ekipman performansı önündeki engellerin düzeltilmesi için hesap verebilirlik gerektiren bir çalışma ortamının geliştirilmesi
- Eksikliklerin, hataların veya noksanların gönüllü olarak raporlanmasını teşvik eden bir çalışma ortamının geliştirilmesi
- Kök neden analizi konusunda bireylere yönelik eğitim programları oluşturulması
- Önemli ve genel sorunların erken tespiti de dâhil olmak üzere, olayları tanımak ve raporlamak için personel ve yöneticilerin eğitimi
- Kök nedenleri ve düzeltici eylemleri belirlemek için performanstaki düşüş eğilimlerinin belirlenmesi veya bir olayın ardından hızlı bir şekilde araştırılmasını sağlamak için programların geliştirilmesi
- Genel sonuçlarla sorunlara neden olmaya devam eden faktörleri tanımlayan bir sınıflandırma ve eğilim mekanizmasının benimsenmesi.

- 4. Aşama Bilgilendirme: Raporun "Olay Raporlama ve İşleme Sistemine" girilmesi, bilgilendirme sürecinin bir parçasıdır. Ayrıca, düzeltici eylemler de dâhil olmak üzere analiz sonuçlarının, olaya dâhil olan yönetim ve personel ile tartışılması ve açıklanması da bu aşamanın içindedir. Ek olarak, diğer tesislere ilgi çekici bilgilerin sağlanmasına da dikkat edilmelidir.
- 5. Aşama Takip: Takip, sorunların çözümünde düzeltici faaliyetin etkili olup olmadığının belirlenmesini içerir. Düzeltici eylemlerin uygulandığından ve tekrarı önlediğinden emin olmak için bir etkinlik incelemesi gereklidir.

2.1.2. Kök neden analizi yöntemleri

Kök neden analiz yöntemleri belirlenirken, standartlar, konu ile ilgili rehberler, süreçleri kontrol etmemize yarayan istatistiksel süreç kontrol araçları ve risk değerlendirme yöntemleri incelenerek kök nedenleri belirleyen tekniklerden sıklıkla kullanılanlar derlenip aşağıda listelenmiş ve ardından her biri açıklanmıştır.

İstatistiksel süreç kontrol araçları; akış şeması, sebep-sonuç diyagramları, veri toplama formu veya kontrol kartları, pareto analizi, histogram, saçılım (dağılım) çizgesi, deney tasarımı ve kontrol şemaları olarak 8 gruba ayrılmıştır (Turner, Mize, Case, ve Nazemtz,

1993/2006:281). Bir başka çalışmada Özcan (2001), kalite kontrol elemanlarının proseste karşılaşabileceği problemlerin çözümü için 7 teknik kullanıldığı belirtilmiş, yukarıda sayılan 8 gruptan farklı olarak da kusur konsantrasyon diyagramının bu teknikler içinde yer aldığı görülmüştür.

Literatürde kullanılan sayısız risk değerlendirme yöntemi olup kök nedenlerin incelendiği en yaygın olanlar Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis-FTA), Hata Türleri ve Etkileri Analizi (Failure Mode and Effects Analysis-FMEA), Yönetim Bakışı ve Risk Ağacı Analizi (Management Oversight and Risk Tree Analysis-MORT), İnsan Performans Değerlendirmesi (Human Performance Evaluation), Papyon Diyagramı (Bow-tie Diagram) vb. şeklindedir.

ISO/IEC 31010, Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) ve Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) tarafından kodlanmış risk yönetimiyle ilgili bir standarttır. Standardın tam adı ISO. IEC 31010:2009-Risk yönetimi-Risk değerlendirme teknikleridir. Bu standartta kök neden analizinin de içinde yer aldığı 31 adet risk değerlendirme tekniği bulunmaktadır. Standarda göre kök neden analizi aşağıdaki yöntemleri içerir (Wikipedia, 2021).

- Sebep-Sonuç Diyagramı (Cause and Effect/Fishbone Diagram)
- Pareto Analizi (Pareto Chart)
- 5 Neden Metodu (The 5 Whys Method)
- Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis-FTA)
- Hata Türleri ve Etkileri Analizi (Failure Mode and Effects Analysis-FMEA)

Ayrıca U.S. Department of Energy rehberinde (DOE, 1992) yer alan kök neden analizi metotları aşağıda sıralanmıştır.

- Olaylar ve Nedensel Faktör Analizi (Events and Causal Factor Analysis)
- Değişim Analizi (Change Analysis)
- Bariyer Analizi (Barrier Analysis)
- Yönetim Bakışı ve Risk Ağacı Analizi (Management Oversight and Risk Tree Analysis-MORT)
- İnsan Performans Değerlendirmesi (Human Performance Evaluation)

- Kepner-Tregoe Problem Çözme ve Karar Verme Analizi (Kepner-Tregoe Problem Solving and Decision Making Analysis

Yukarıda sıralananlar dışında en yaygın kullanılan kök neden analizi teknikleri aşağıda belirtilmiştir.

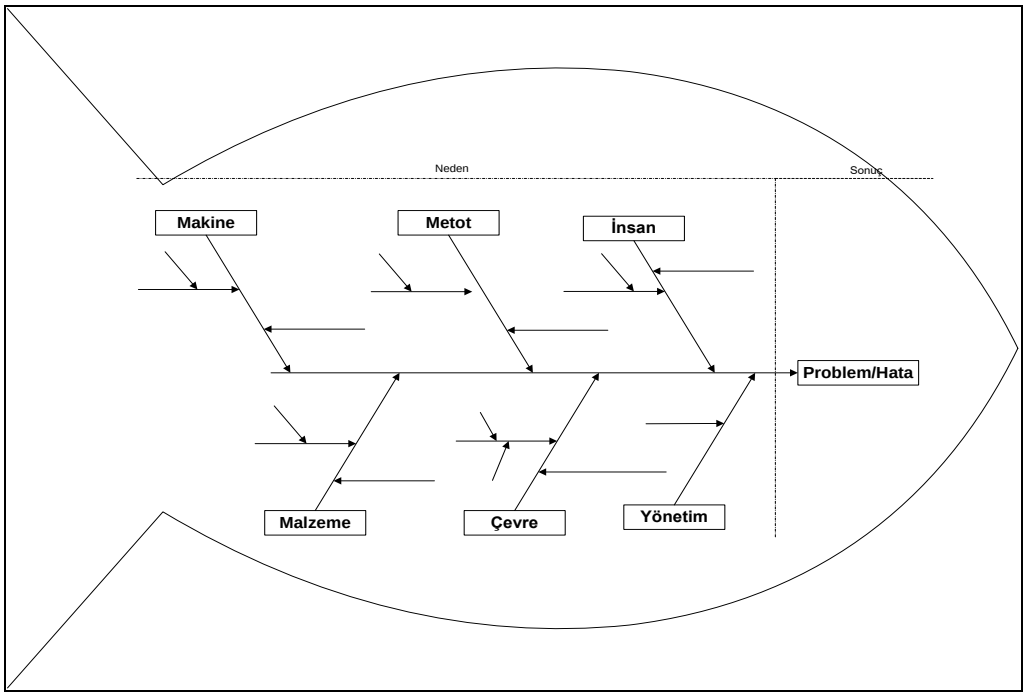
- Saçılım (Dağılım) Çizgesi (Scatter Diagram)
- Neden ve Etki Matrisi (Cause and Effect Matrix)
- SIPOC Diyagramı
- İş Süreci KNA (Business Process RCA)
- Papyon Diyagramı (Bow-tie diagram)

Kök nedenler belirlenirken, yukarıda sıralanan kök neden analizi metotlarının/araçlarının yalnız bir tanesinin kullanılması yerine bütünleşik olarak kullanılması yapılacak analizin etkinliğini arttıracaktır.

Sebep-sonuç diyagramı

Sebep-Sonuç Diyagramı (Cause and Effect/Fishbone Diagram) bir problemin olası hatalarını bulmaya yarayan bir istatistiksel süreç kontrol aracıdır. Balık kılçığı veya Ishikawa diyagramı olarak da bilinen sebep-sonuç diyagramları, uzman bir ekip/takım tarafından beyin fırtınası yapılarak bir problemin farklı olası nedenlerini detaylandırarak yapıldığından önemli bir analiz yöntemidir.

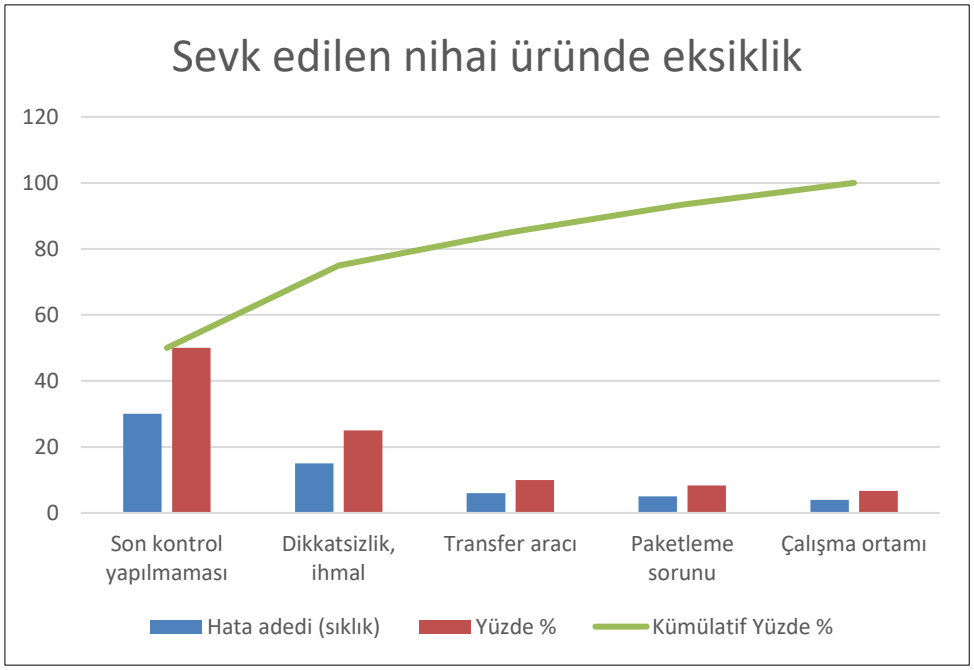
Bu yöntemde gözlenen sonuca/probleme sebep olabilecek ana nedenler belirlenir. Bu nedenlerin insan, makine, çevre, malzeme, yönetim, metot/yöntem olarak belirtildiği diyagram Şekil 2.1'de belirtilmiştir. Ardından her ana nedenin hataya sebep olabilecek alt nedenleri belirlenip, diyagrama işlenir. Daha sonra nedenler, ekip tarafından beyin fırtınası yapılarak veya istenildiğinde kontrol kartları, altı şapkalı düşünce tekniği gibi araçlar da kullanılarak önem sırasına konulur. En önemli görülen hatadan başlanarak düzeltici faaliyetler belirlenir ve uygulamaya konulur.



Şekil 2.1. Balık kılçığı diyagramı

Pareto analizi

Pareto analizi (diyagramı) (Pareto chart), öncelik belirlemedir. Bir pareto analizi, olay verilerini düzenler. Bunu yaparken tür, kategori veya diğer sınıflandırmalar kullanır. Önemli şeylere odaklanmamıza yardımcı olur. “Hayati birkaç” problemi veya hata türlerini “yararlı birçok” tan ayırır. Bu, üzerine eğilmemiz gereken doğru problemi ya da sonucu bulmamıza yardımcı olur. “80/20 kuralı” olarak da bilinen Pareto prensibi, midemizdeki ekşimenin %80’inin, uğraştığımız işlerin %20’sinden kaynaklandığını söyler (Turner ve diğerleri, 1993/2006: 288, 289). Yani Pareto prensibine göre, sebeplerin en önemli %20’lik bölümü, sonuçların %80’lik bölümünü oluşturmaktadır. Sevk edilen nihai üründe eksiklik çıkmasına dair örnek pareto diyagramı Şekil 2.2’de belirtilmiştir.

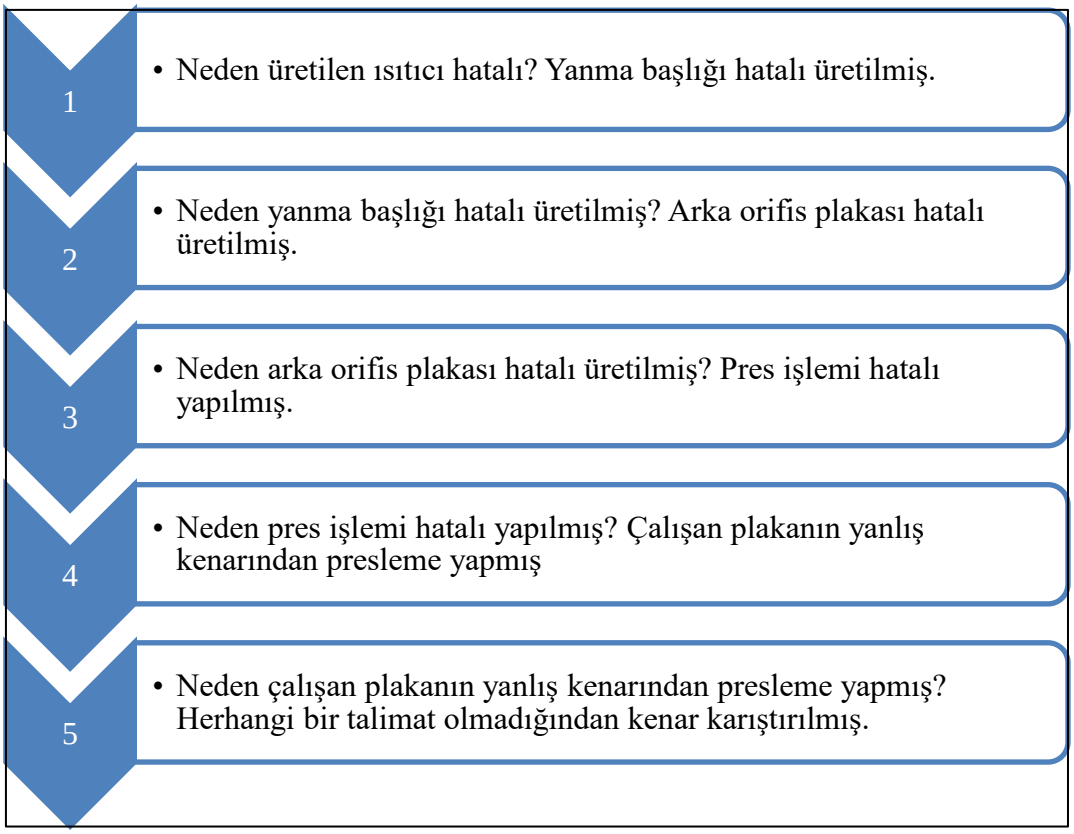


Şekil 2.2. Pareto diyagramı örneği

Pareto analizi değişik sayıdaki önemli sebepleri, daha az önemde olan sebeplerden ayırmak için kullanılan bir tekniktir. Bu teknik bir olayın grafik yardımıyla gösterilmesi ve karşılaşılan problemin veya konunun en önemli sebebi üzerinde dikkati yoğunlaştırdığından ve önceliklerin belirlenmesine yardımcı olduğundan ekonominin dışında da her alanda kullanılabilir niteliktedir (Özcan, 2001).

5 neden metodu

5 Neden Metodu (The 5 Whys Method), kök nedenlerin belirlenmesi için art arda beş kez neden sorusunun sorulması ile gerçekleştirilen sorgulamaya dayalı bir analiz yöntemidir. 5 Neden yöntemi, Japon mucit ve sanayici Sakichi Toyoda tarafından geliştirilmiştir. Uygulanması basittir ve çok iyi sonuçlar verir. Özellikle sistemi tanıyan uzman kişiler tarafından gerçekleştirilmesi, tutarlı ve doğru kök nedenlerin bulunmasını sağlayacaktır. Isıtıcı üretim hatası problemi için örnek bir 5 Neden Analizi Şekil 2.3'te belirtilmiştir.

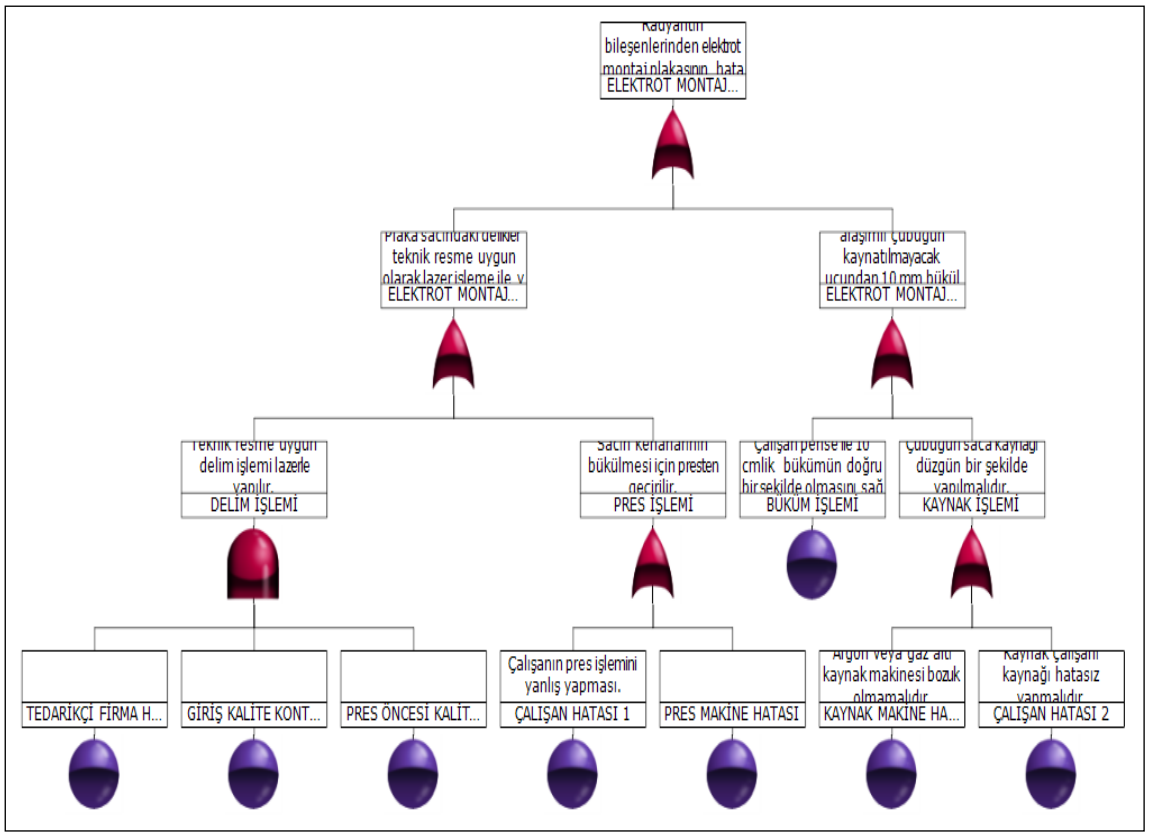


Şekil 2.3. 5 Neden analizi örneği

Tüm kök neden analizi yöntemlerinde olduğu gibi asıl amaç, sistemde yer alan öznelere herhangi bir suçlama yapılmadan, objektif olarak sorulara cevap verilmesi bu sayede sistemde yanlış, eksik, hatalı giden nedenlerin ortaya çıkarılmasıdır.

Hata ağacı analizi

Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis-FTA), ilk olarak 1960'lı yıllarda kullanılmaya başlanan yöntem adını ağaç şeklindeki grafik yapısından almaktadır. Hata ağacı analizi, risk değerlendirmesi ve güvenlik tasarımı için uygulanmasının yanında kök neden analizi için de kullanılmaktadır. Kök neden analizi içinde, istenmeyen olaya yol açan tüm ilgili olay ve durumlara bakılır, paralel ve seri olay kombinasyonları araştırılır ve birçok karışık iç olayı içeren model oluşturulur. Bu analizde en üstte yer alan istenmeyen olaya etkisi olan olaylar mantık zinciri ile çeşitli semboller kullanılarak (ve kapısı, veya kapısı, birincil hata, ikincil hata vb.) ağaç yapısında yerini alır. Boolean Matematiği yardımı ile ağacın en üstünde yer alan istenmeyen olayın olasılığı bulunur. Örnek olarak, elektrot montaj plakası için oluşturulmuş hata ağacı yapısı Şekil 2.4' te gösterilmiştir (Erdoğan, 2015).



Şekil 2.4. Hata ağacı örneği

Hata türleri ve etkileri analizi

Hata Türleri ve Etkileri Analizi (Failure Mode and Effects Analysis-FMEA), bir sistemde ortaya çıkması muhtemel hata türlerini analiz etmek için hataları olasılıkları, şiddetleri ve tespit edilebilirliklerine göre sınıflandıran bir analiz yöntemidir. Bir sistemdeki olası hata türlerini ve bunların nedenleri ile etkilerini belirlemek için mümkün olduğunca çok sayıda bölümü, bileşeni, parçayı, ekipmanı, işlevi, sistemi ve alt sistemi gözden geçirme sürecidir. Sistem FMEA, tasarım FMEA, proses FMEA, servis FMEA, yazılım FMEA ve donanım FMEA olmak üzere çeşitleri bulunmaktadır. Ayrıca temelleri FMEA olan ve içerisinde kritiklik analizinin de yapıldığı yöntem Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis (FMECA) ile içerisinde tanı analizinin de yer aldığı Failure Mode, Effects and Diagnostic Analysis (FMEDA) yöntemleri de bulunmaktadır. Örnek bir FMEA şablonu Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1.Örnek FMEA şablonu

FMEA ŞABLONU															
Sistem/ Parça/ Proses	Hata Türü	Hatanın Sonuçları	Hata Olasılığı (İ)	Hatanın Nedenleri	Hatanın Sonuçlarının Derecesi Şiddet (Ş)	Kontrol Önlemleri	İstenmeyen Sonuçlar Olmadan Tespit Edilebilirlik (T)	Risk Öncelik Değeri (RÖD=İ*Ş*T)	İyileştirme/ Önlemler	Sorumlu	Termin	Yeni İ	Yeni Ş	Yeni T	Yeni RÖD
			(1-10)		(1-10)		(1-10)								

Olaylar ve nedensel faktör analizi

Olaylar ve Nedensel Faktör Analizi (Events and Causal Factor Analysis), çok yönlü problemler veya uzun, karmaşık nedensel faktör zincirleri için kullanılır. Ortaya çıkan çizelge, bir dizi görev ve/veya eylemin zaman sırasını ve bir olaya yol açan çevreleyen koşulları açıklayan bir neden-sonuç şemasıdır (DOE, 1992).

Olay çizgisi, eylemlerin veya gerçekleşenlerin bir zaman dizisidir; koşullar ise sonucu şekillendiren ve fiziksel koşullardan (açık bir valf veya gürültü gibi) tutum veya güvenlik kültürüne kadar değişen herhangi bir şeydir. Şemada verilen olaylar ve koşullar nedensel bir faktör zincirini tanımlar. Tüm koşullar önceki eylemlerin bir sonucu olduğundan, diyagram, kaynağa veya kök nedene giden yolu izlemek için hangi soruların sorulacağını tanımlar (DOE, 1992).

Değişim analizi

Değişim Analizi (Change Analysis), problem belirsiz, anlaşılamayan yapıda olduğunda kullanılır. Genellikle tek bir olay için kullanılan ve değişen unsurlara odaklanan sistematik bir süreçtir. Farklılıkları belirlemek için önceki sorunsuz aktiviteyi meydana gelen olayla karşılaştırır. Bu farklılıklar daha sonra, oluşuma nasıl katkıda bulunduklarını belirlemek için değerlendirilir (DOE, 1992).

Bariyer analizi

Bariyer Analizi (Barrier Analysis), fiziksel, idari ve prosedürel bariyerleri (engelleri) veya olayın meydana gelmesini önlemesi gereken kontrolleri belirlemek için kullanılabilecek sistematik bir süreçtir. Bu teknik, bariyerlerin veya kontrollerin neden başarısız olduğunu ve istenmeyen olayın tekrarını önlemek için neyin gerekli olduğunu belirlemek amacıyla kullanılmalıdır (DOE, 1992).

Yönetim bakışı ve risk ağacı analizi

Yönetim Bakışı ve Risk Ağacı Analizi (Management Oversight and Risk Tree Analysis-MORT), nedensel faktörlerin tanımlanmasında yönetim eksikliğinin önüne geçmek için kullanılır. Ağacın sol tarafında, meydana gelen oluşumla ilgili belirli faktörler listelenirken ağacın sağ tarafında, belirli faktörlerin var olmasına izin veren yönetim eksiklikleri listelenir. Yönetim faktörlerinin tümü, belirli bariyer/kontrol faktörlerinin her birini destekler. Ağaç üzerindeki faktörlerin her biri için sorulacak bir dizi soru içermektedir. Bu nedenle, gözetimin önlenmesinde ve tüm potansiyel nedensel faktörlerin dikkate alınmasının sağlanmasında faydalıdır. Doğru soruları sormak için uzman sıkıntısı olduğunda özellikle yararlıdır. Ancak, yönetim faktörlerinin her biri belirli bariyer/kontrol faktörlerine uygulanabileceğinden, doğrudan bağlantı veya ilişki gösterilmez, ancak analiste bırakılır. Bu nedenle Olaylar ve Nedensel Faktör Analizi ve MORT, büyük olaylar için biri ilişkiyi göstermek, diğeri gözetimi önlemek için birlikte kullanılmalıdır. MORT'un Mini-MORT adı verilen bir dizi yoğunlaştırılmış versiyonu üretilmiştir. Kapsamlı bir soruşturmayı gerektiren önemli büyük bir olay için, tam bir MORT analizi gerçekleştirilebilirken Mini-MORT diğer birçok olay için kullanılabilir (DOE, 1992).

MORT çizelgesi, ne olduğuna (yeterli olmayan spesifik bariyer ve kontrol) ve neden olduğuna (yeterli olmayan yönetim) ilişkin bir kontrol listesidir.

MORT analizini gerçekleştirmek için;
"1. Oluşumla ilişkili sorunu tanımlayın ve tepe olay olarak listeleyin.
2. Ağacın "ne" tarafındaki, olayda ne olduğunu (hangi bariyer veya kontrol sorunlarının mevcut olduğunu) açıklayan öğeleri tanımlayın.

3. Her bir bariyer veya kontrol problemi için, ağacın "neden" kısmındaki bariyer kontrol problemine izin veren yönetim unsurlarını tanımlayın.
4. Belirlenen yetersiz unsurların (sorunların) her birini tanımlayın ve bulgularınızı özetleyin.” adımlarını uygulamak gerekmektedir (DOE, 1992).

İnsan performans değerlendirmesi

İnsan Performans Değerlendirmesi (Human Performance Evaluation), görev performansını etkileyen faktörleri tanımlamak için kullanılır. En sık insan-makine arayüz çalışmaları için kullanılır. Operatörleri kötü koşulları telafi edecek şekilde eğitmek yerine işletilebilirlik ve çalışma ortamına odaklanır. Ayrıca, bir olaya yol açan birçok koşul ve durum, nihayetinde planlama, çizelgeleme, görev atama analizi, bakım ve denetimler gibi bazı görev performans sorunlarından kaynaklandığından, çoğu olay için insan performans değerlendirmesi kullanılabilir. Özellikle insan-makine arayüzü durumlarında yeterli insan performans değerlendirmeleri yapmak için ergonomi ve insan faktörleri konusunda eğitime ihtiyaç vardır. Dikkate alınması gereken yaygın sorunlar şunlardır (DOE, 1992):

- Bilişsel aşırı yüklenme
- Bilişsel yetersiz yüklenme/can sıkıntısı
- Alışkanlık ihlali
- Hafıza kaybı/hatırlama
- Mekânsal yanlış yönlendirme
- Zihniyet/ön yargılı fikir
- Dar bakış açısı (tünel görüşü) veya genel görünüm eksikliği
- Farkında olmama
- Yapılan yanlış varsayımlar
- Yansıtma/içgüdüsel eylem
- Düşünme ve eylemler koordineli değil
- Yetersiz derecede dikkat
- İşi tamamlamak için yaratılmış kısa yollar
- Gevşeklik/algılanan endişe eksikliği
- Bilinç bulanıklığı, konfüzyon
- Yanlış teşhis

- Başarısızlık/sonuç korkusu
- Bitkinlik/yorgunluk.

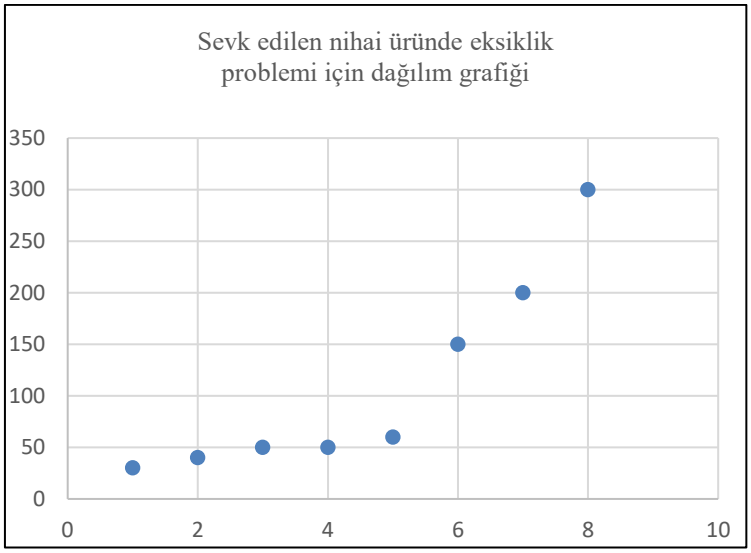
Kepner-Tregoe problem çözme ve karar verme analizi

Kepner-Tregoe Problem Çözme ve Karar Verme Analizi (Kepner-Tregoe Problem Solving and Decision Making Analysis), problemle ilgisi bulunan kriterlerin ve alternatiflerin uzman bir ekip tarafından değerlendirmesine göre puanlandığı tekniktir. Olay inceleme sürecinin tüm aşamaları için kapsamlı bir analiz gerektiğinde Kepner-Tregoe kullanılır. Gücü, bilgi toplamak, düzenlemek ve değerlendirmek için verimli, sistematik bir çerçeve sağlamada yatmaktadır. 4 temel adımdan oluşur (DOE, 1992):

- Endişeleri belirlemek, öncelikleri belirlemek ve sonraki adımları planlamak için durum değerlendirmesi.
- Sorunu tam olarak tanımlamak, nedenleri belirlemek ve değerlendirmek ile gerçek nedeni doğrulamak için problem analizi. (Bu adım, değişiklik analizine benzer.)
- Amacı netleştirmek, alternatifleri değerlendirmek, her seçeneğin risklerini değerlendirmek ve nihai bir karar vermek için karar analizi.
- Düzeltici faaliyetin neden olabileceği güvenlik bozulmasını belirlemek, bu problemlerin olası nedenlerini belirlemek, önleyici faaliyette bulunmak ve olası faaliyetleri planlamak için potansiyel problem analizi. Bu son adım, önerilen düzeltici faaliyetler tarafından getirilen değişiklikler tarafından başka hiçbir sistemin güvenliğinin bozulmadığına dair güvence sağlar.

Saçılım (dağılım) çizgesi

Saçılım (Dağılım) Çizgesi (Scatter Diagram), iki değişken arasındaki ilişkiyi çoğunlukla X-Y koordinatları üzerinde gösteren bir diyagramdır. Sevk edilen nihai üründe eksiklik çıkması problemi için örnek bir dağılım grafiği Şekil 2.5'te belirtilmiştir. Bu ilişki bir değişken artarken diğerinin de arttığını (pozitif korelasyon) veya aralarında kesin bir ilişkinin olmadığını ya da iki değişken arasında negatif bir ilişkiyi gösterebilir (Turner ve diğerleri, 1993/2006: 292).



Şekil 2.5. Dağılım grafiği örneği

Neden ve etki matrisi

Neden ve Etki Matrisi (Cause and Effect Matrix), süreçte yer alan farklı nedenlerin (girdilerin), farklı sonuçlar (çıktılar) üzerindeki etkilerini araştırmak ve süreçleri iyileştirmek için kullanılan bir matristir. Matrisin sütunlarında kritik kalite parametreleri, satırlarında ise sistemde yer alan tüm proses adımları yer alır. Karar verici her bir proses adımının çıktı üzerindeki etkisini korelasyon skorları ile tanımlar. 1 en az önemli ve 10 en önemli olmak üzere 1-10 arasında bir skor yazılır. Ardından her bir kriter için toplam skor hesaplanır. Neden ve etki matrisiyle belirlenen kalite parametreleri için hangi girdi faktörlerinin kritik olduğu belirlenir. Neden ve etki matrisi örnek şablonu Çizelge 2.2'de sunulmuştur.

Çizelge 2.2. Neden ve etki matrisi örnek şablonu

		Çıktı Kalite Kriterleri			
		Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	
	Kriter önem derecesi (1-5)	1	3	5	
Sıra	Proses Girdileri	Korelasyon Skorları			Toplam
1	Girdi 1	0	1	10	18
2	Girdi 2	8	4	5	45
3	Girdi 3				
4	Girdi 4				
5	Girdi 5				
.					
.					
.					

SIPOC diyagramı

SIPOC Diyagramı, sistemdeki problemin tanımlanması aşamasında kullanılan bir diyagramdır. Diyagram adını Supplier (tedarikçi), Input (Girdi), Process (Süreç), Output (Çıktı), Customer (Müşteri) kelimelerinin ilk harflerinin birleşiminden almıştır. Tüm sürecin genel çerçeve ile izlenmesine olanak tanır. Diyagram yardımıyla, belirlenen sürece ait tedarikçiler, sürece ait girdiler, iyileştirme yapılacak süreç adımları, süreç çıktıları ve sürecin çıktılarını alan müşteriler belirlenerek incelenecek olan tüm proseslerin hangi noktasına odaklanılması gerektiği ortaya konur. Bu analiz yöntemine müşterilerin gereksinimlerinin (Requirement) neler olduğunun da eklenmesi durumunda SIPOC, SIPOCR Diyagramı adını alır.

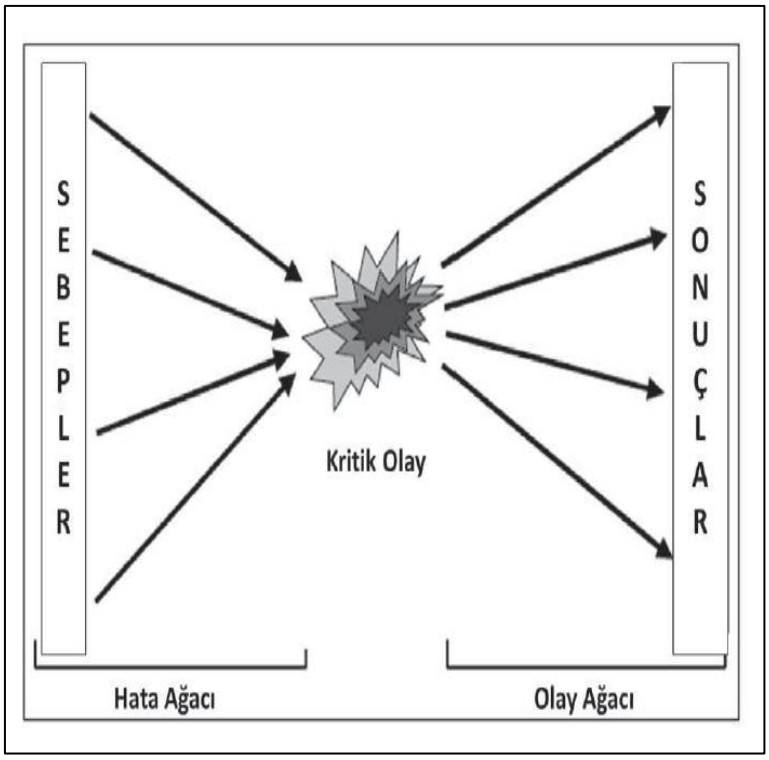
İş süreci KNA

İş Süreci KNA (Business Process RCA), işletmeler için maliyet, zaman, darboğazlar ve çözüm odaklı olarak kök neden analizi yapılan bir yöntemdir. Olayların sıklığını, her oluşumun maliyetini ve süresini azaltmaya odaklanır. Özellikle darboğaz yapılardaki sorunların çözümlerini aramayı amaçlar.

Papyon diyagramı

Papyon Diyagramı (Bow-tie diagram), potansiyel tehlikelerin belirlenmesi ve bu tehlikelerin kök nedenlerinden başlayarak olası sonuçlarını içerecek şekilde gelişim sürecinin görselleştirilmesi için kullanılan bir risk değerlendirme diyagramıdır. Solunda hata ağacı, merkezinde kritik olay ve sağında olay ağacı şeklinde yapılanmaktadır. Papyon diygramı proseste kulanılması planlanan güvenlik bariyerlerinin belirlenmesi için de kolaylık sağlamaktadır.

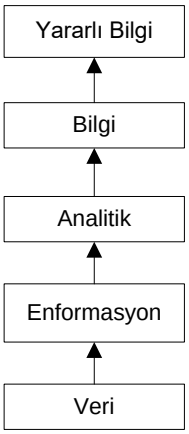
Her bir papyon diyagramı, seçilen ekipman için meydana gelebilecek büyük çaplı kazayı gösterir. Genel bir papyon diyagramı şeması Şekil 2.6'da görülmektedir. Kazaların gerçek sebepleri ve sonuçları üzerine yapılan araştırmalar geniş kapsamlı papyon diyagramları ile ve aynı zamanda diğer risk analizi araçlarının (HAZOP (süreç sapmalarını incelemek için bir dizi kılavuz sözcük kullanarak tehlikeleri ve sorunları belirlemeye yönelik bir teknik) veya bir kazanın olası sebeplerini ortaya koyan diğer sistematik risk analizi metotları) yardımıyla yapılabilir. HAZOP yöntemi, özellikle proses ekipmanları için bazı olası sebeplerin tanımlanması amacıyla oluşturulan kapsamlı hata ağaçlarının oluşturulmasında tamamlayıcı bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Burada aynı zamanda tesis içerisinde yapılan diğer risk analizlerinin kullanılması da mümkündür (ÇSGB, 2012:43).



Şekil 2.6. Genel bir papyon diyagramı şeması

2.1.3. Veri, veri tabanları

Veri (data), Türk Dil Kurumu güncel sözlüğünde bir araştırmanın, bir tartışmanın, bir muhakemenin temeli olan ana öge, muta, done olarak tanımlanmıştır. Veri, ayrıca ham gerçekler olarak düşünülebilir. Veri işlendikten ve yorumlandıktan sonra bilgi haline gelir. Bu dönüşüm süreci Şekil 2.7'de gösterildiği gibi birkaç aşamadan oluşur (Göral, 2007).



Şekil 2.7. Veri dönüşüm süreci aşamaları

Her bir veri elemanı, işlemin bir bileşeni olduğundan, tek başına bir anlam ifade etmez. Verinin anlamlı bir şekilde biriktirilmesi enformasyonu sağlar. Enformasyonu yaratma aşamasında veri ile anlamını birleştirmek çok faydalı olurken, enformasyonu ayrıştırmak veya yeniden gruplamak onun değerini arttırır. OLAP (online analytical processing) teknolojisi içeren uygulamalar sayesinde, ilişki, örüntü, eğilim ve istisnaların belirlenebilmesi için enformasyonun analiz edilmesi (analitik) mümkündür. Önceki aşamalardan elde edilebilirliği veya mevcut bilginin mantıksal çıkarımları sonucu oluşabilirliği nedeniyle "bilgi", veri ve enformasyondan farklıdır. Veri madenciliği teknolojisi içeren uygulamalar sayesinde, veri içerisindeki gizli eğilim ve örüntüler belirlenebilir. Yararlı bilgi ise, toplanan bilginin yarar sağlayacak şekilde kullanılmasıdır (Göral, 2007).

Artan rekabet koşullarında kurum, kuruluş veya işletmelerin ellerindeki veriden yararlı bilgi edinmesi zorunlu hale gelmiştir. Teknolojinin gelişmesi ile herhangi bir konudaki verinin, zamanında, sistematik olarak toplanması, saklanması, kullanılması, geliştirilmesi, paylaşılması ve analizi eskiye oranla kolaylaşmasına rağmen belirli konularda hala kullanılabilir verilere ulaşmak zordur ve çaba gerektirir. Örnek olarak sistematik bir şekilde oluşturulmuş veri tabanı bulunmaması sebebiyle bu çalışma konusuna özel olarak yararlı bilgi edinmek, mevcut durumda pek mümkün değildir.

Veri tabanı (database), bir bilgisayar sisteminde herhangi bir konuda birbiriyle ilişkisi bulunan verilerin sistematik olarak depolandığı alandır. Kaydetme, doğrulama, sınıflandırma, tasnif, özetleme, hesaplama, depolama, tekrar kazanım, kopyalama, yayma/iletme, veri tabanlarında bulunan verileri yararlı bilgiye dönüştürmek için gerekli temel veri işlemlerinden bazılarıdır.

Bir organizasyonun enformasyon sistemlerinde ve veri tabanlarında birikmiş verilerde muazzam fırsatlar gizlidir. Bu verileri bilgiye dönüştürebilen organizasyonlar; trendleri belirleyebilir, daha önce fark edilmemiş örüntü (pattern) ve ilişkileri keşfedebilirler. Böylelikle de yeni fırsatlar oluşturarak en önemli rekabet avantajını yaratmış olurlar. Operasyonel sistemdeki verileri biriktiren organizasyonlar, kendilerine değer katacak verideki potansiyeli anlama fırsatına sahip olurlar (Göral, 2007).

Benzer şekilde, iş kazaları verilerinden üretilen daha önceden fark edilmemiş yararlı bilgiler de alınması gereken önlemleri önceden belirlemeye fırsat yarattığı için başta çalışanlara, iş güvenliği uzmanlarına ve işletmelere, ardından araştırmacılara, konu ile ilgili karar vericilere ve tüm paydaşlara yararlı olacaktır. Kaza veri tabanları, istenildiği zaman yüksek kalitede çıktılar alınmasına da olanak sağlamaktadır.

2.1.4. Büyük endüstriyel kaza veri tabanları

Dünyada yaygın olarak kullanılan bazı kaza veri tabanları aşağıda sıralanmıştır (Çizelge 2.3). Bunlardan ilk sütunda yer alanlar, büyük endüstriyel kazalarla ilgili daha çok kullanılan, kimyasal kaza raporlama sistemleri veya kaza veri tabanlarıdır.

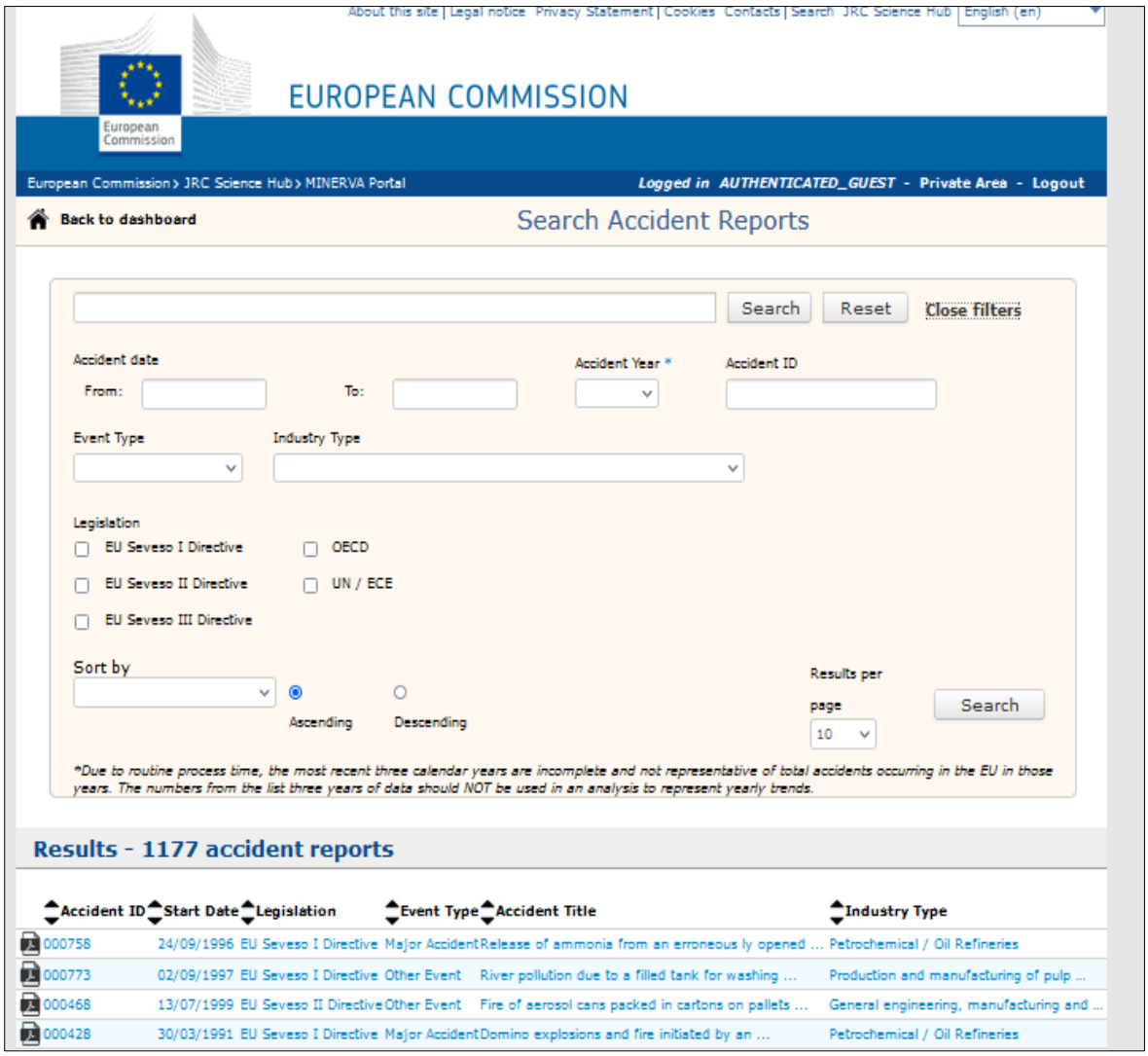
Çizelge 2.3. Bazı kimyasal kaza raporlama sistemleri ve veri tabanları

Major Accident Hazards Bureau (MAHB), Major Accident Reporting System (eMARS)	The Japanese Failure Knowledge Database	TNO FACTS database (in The Netherlands)
Center for Chemical Process Safety (CCPS) Process Safety Beacon	Tukes VARO registry of chemical accidents in Finland	The Loss Prevention bulletin of UK IChemE
Center for Chemical Process Safety (CCPS) Process Safety Incident Database (PSID)	National Response Center (NRC) Incident Reporting Information System (IRIS)	Failure and Accidents Technical Information Systems (FACTS)
The ARIA (Analysis, Research and Information on Accidents) database	EPA Risk Management Plan (RMP)-5 year accident history	National Toxic Substance Incidents Program (NTSIP)
The Central Reporting and Evaluation Office for Major Accidents and Incidents in Process Engineering Facilities (Zentrale Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen in verfahrenstechnischen Anlagen - ZEMA)	Agency for Toxic Substances Disease Registry (ATSDR)-Hazardous Substances Emergency Events Surveillance (HSEES)	US DOT Integrated Pipeline Information System (IPIS)
The U.S. Chemical Safety Board (CSB) (CSB, The U.S. Chemical Safety Board, 2021)	EPA Accidental Release Information Program (ARIP)	The World Offshore Accident Data (WOAD)
AEA technology MHIDAS database, Major Hazard Incident Data Service (UK)	Accident Investigation System (AIS)-Occupational Safety and Health Administration, US Department of Labor	Ionising Radiations Incident Database
Relational Information System for Chemical Accidents Database (Kimyasal Kazalar Veritabanı için İlişkisel Bilgi Sistemi, RISCAD)	US Department of Transportation (DOT)-Hazardous Material Incident Reporting System (HMIRS)	CBRN Incident Database (CID)

Yukarıda sıralanan veri tabanlarından en yaygın olanlar ile ilgili özet ve temel bilgiler sırasıyla aşağıda belirtilmektedir.

- Major Accident Hazards Bureau (MAHB), Major Accident Reporting System (eMARS)

Büyük Kaza Raporlama Sistemi (MARS) ilk olarak 1982 yılında AB'nin 82/501/EEC sayılı Seveso direktifi ile oluşturulmuştur. Daha sonra sistemin çevrimiçi olmasıyla adı eMARS olarak yeniden adlandırılmıştır. eMARS'ın amacı, tehlikeli maddeler içeren kazalardan ve ramak kala olaylardan öğrenilen dersler yardımıyla, kimyasal kazaların önlenmesini ve olası sonuçların hafifletilmesini kolaylaştırmak olarak belirtilmiştir. eMARS; Avrupa Komisyonu'na bağlı Ortak Araştırma Merkezi'nin Büyük Kaza Tehlikeleri Bürosu (MAHB)'na çeşitli ülkelerinden sağlanan kimyasal kaza ve ramak kala raporlarını içermektedir. Bir Seveso kuruluşu direktiflerde tanımlanan "büyük endüstriyel kaza kriterlerini" karşılıyorsa, AB Üye Devletleri için bir olayın eMARS'a bildirilmesi zorunlu iken AB üyesi olmayan ülkeler için, kazaları eMARS veri tabanına bildirmek isteğe bağlı olmaktadır. Rapor edilen olayın bilgileri, olayın meydana geldiği ülkenin resmî raporlama makamı tarafından doğrudan eMARS'a girilmektedir (eMARS, 2021). eMARS internet sitesinin ana sayfasında, site hakkındaki bilgiler, sitenin amacı, verilerin analizi ile ilgili açıklamalar ve diğer kaza raporlama sitelerinin bağlantıları ile kaza raporları ve istatistik kısayol ikonları yer almaktadır. eMARS kısayol ikonundan sistemde yer alan 1177 adet kaza raporu listesi görüntülenmektedir. Burada yer alan özet tabloda kaza sırası, başlangıç tarihi, mevzuat (hangi direktif kapsamında olduğu), kaza tipi, kaza başlığı ve sanayi tipi başlıkları yer almaktadır. Listeden herhangi bir kaza seçildiğinde; kaza profili, kaza tanımı, tesis ve kurulum, ilgili maddeler, nedenler, sonuçlar, acil müdahale, alınan/öğrenilen dersler başlıkları altında kaza bilgilerinin girildiği görülmektedir. Aynı zamanda kazalarla ilgili arama çubuğu yardımıyla da arama ve sisteme giriş yapıldıktan sonra gelişmiş filtreleme yapılabilmektedir. İstatistik kısayol ikonundan; kuruluş tipi, olay tipi ve yıllara göre kayıt sayıları, ismi açıklanmayan kayıtlı 34 ülkenin kayıt sayıları, endüstri tipine göre kayıt sayıları, raporlama sebepleri yüzdesi, dört tip özel duruma göre yüzdeler, yıllara ve kuruluşun durumuna göre kayıt sayıları bilgilerine ulaşılabilmektedir. Yine bu bölümde gelişmiş filtreleme ile yıl, kaza tipi, endüstri tipi veya direktif çeşidine göre filtreleme imkanı sunulmuştur. eMars internet sitesinin kaza raporları araştırma ana sayfa görüntüsü Resim 2.1'de gösterilmektedir.

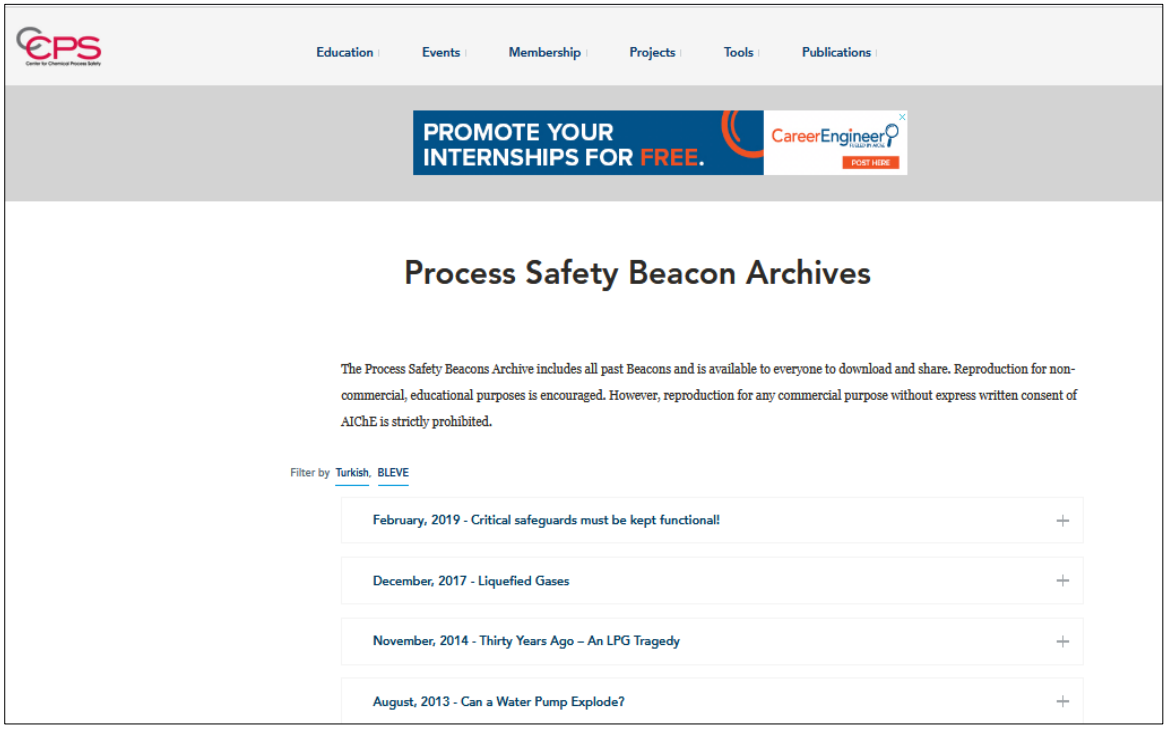


Resim 2.1. eMars internet sitesi ekran görüntüsü

MARS veri tabanında Türkiye'de meydana gelmiş herhangi bir kazanın yer almadığı tespit edilmiş ve Türkiye'de meydana gelmiş büyük endüstriyel kazaları kendi kriterleri dâhilinde bile tam olarak yansıtmadığı görülmüştür (Girgin ve Yetiş, 2007a). Tauseef ve diğerleri (2011), MARS veri tabanının, önemli bir ücret ödendikten sonra erişilebilir olması, nükleer santraller, inşaat endüstrisi ve doğal afetler gibi diğer alanlardan gelen kazaları da kapsaması ve bunun kullanım zorluğu doğurması, kütle kaybı ile ilgili olmayan yaralanmaların da sisteme girilmesi, olayların detaylandırılmasının tutarlı bir model veya sınıflandırma izlemiyor oluşu, ilgili bilgilerin büyük bir kısmının eksik ya da yanlış sınıflandırılmış olması gibi bazı sınırlamaları, hataları, eksiklikleri olduğunu belirtmiştir.

- Center for Chemical Process Safety (CCPS) Process Safety Beacon

Center for Chemical Process Safety (Kimyasal Proses Güvenliği Merkezi, CCPS) Process Safety Beacon, 2001 yılının Kasım ayından itibaren yayımlanan tüm mühendisler ve endüstriyel personel için güvenlik mesajları iletmeyi amaçlayan yaklaşık 40 dilde mevcut olan bir kaynaktır. Bu kaynak aylık 1 sayfalık makale şeklinde olup gerçek hayattaki bir kazayla sunulan bir süreç güvenliği sorununu araştırmakta ve benzer kazaların tekrar yaşanmasını önlemek için alınan dersleri ve yöntemleri açıklamaktadır. Arşivde yer alan anahtar kelimeler ve dil seçimi yapılarak filtreleme yapılabilmektedir (CCPS Process Safety Beacon, 2022). CCPS Process Safety Beacon internet sitesinin kaza raporları arşiv sayfasından ekran görüntüsü Resim 2.2'de gösterilmektedir.



Resim 2.2. CCPS Process Safety Beacon internet sitesi ekran görüntüsü

- Center for Chemical Process Safety (CCPS) Process Safety Incident Database (PSID)

Center for Chemical Process Safety (Kimyasal Proses Güvenliği Merkezi, CCPS) önemli proses güvenliği olaylarını ve deneyimlerini proje katılımcıları arasında toplamak, izlemek ve paylaşmak için Process Safety Incident Database (Proses Güvenliği Olay Veri Tabanı, PSID) veri tabanını geliştirmiştir. Bu veri tabanının (PSID) amacı, başarısızlıkların

sonuçlarına katlanmadan başkalarının deneyimlerinden öğrenilen dersler için CCPS'ye katılan şirketler arasında süreç güvenliği olay deneyimlerini bir havuzda toplamaktır. PSID, ön tehlike analizi, olay araştırmaları, öğrenilen dersler ve genel süreç güvenliği farkındalığı için değerli girdiler içermektedir. PSID, web üzerinden erişilebilen ve 830'dan fazla olayı içeren, tamamen aranabilir bir olay veri tabanıdır. Veri tabanındaki veri girişi yapılan yerlerden olayın kısa açıklaması, olayın tam açıklaması, öğrenilen dersler, yapılan değişiklikler, ülke, ilgili kimyasallar, dolar kaybı, işlem türü/birim işlemi, operasyon aşaması, başlatma olayı, olay türü, ilgili ekipman ve sorgulamalar, ölümler, saha dışı sonuçlar zorunlu alanlar iken siyasi alt bölüm (eyalet, il, ilçe vb.), olayın yılı, katkıda bulunan faktörler, yaralanmaların, ölümlerin, saha dışı sonuçların sayısı veri tabanı için isteğe bağlı alanlardır. Tüm katılımcı kuruluşların, veri tabanına yılda en az bir olay göndermesi beklenmekte olup CCPS, olayların sunulmasına ve bir olayın kök nedenine ulaşmaya yardımcı olmak için gönüllülerden oluşan bir destek ekibi oluşturmaktadır (CCPS PSID, 2022).

- The ARIA (Analysis, Research and Information on Accidents) database

The ARIA (Analysis, Research and Information on Accidents) database, insan sağlığına, kamu güvenliğine veya çevreye zararlı olan veya olabilecek olayları veya kazaları kataloglar. Bu olaylar; tesisler, atölyeler, depolar, şantiyeler, taş ocakları, yetiştirme çiftlikleri vb. yerlerde gerçekleştirilen faaliyetler, tehlikeli maddelerin demiryolu, karayolu, nehir/kanal veya deniz yoluyla taşınması, gaz dağıtımı ve kullanımı, basınçlı ekipman operasyonları, madenler ve yeraltı depolama tesisleri, bentler ve barajlardaki faaliyetlerden kaynaklanır. ARIA, Fransa'da veya yurtdışında meydana gelen 46 000'den fazla kaza ve olayın envanterini içermekte olup her yıl veri tabanına yaklaşık 1200 yeni etkinlik eklenmektedir (ARIA, 2022). Kaza bildirimi yapılırken, bilgi aktarımında yardımcı olması için MS word formatındaki kaza/olay bildirim formu şablonu kullanılması önerilmektedir. Sistemde tematik (natech ve iklim riskleri, basınç ekipmanları, yaşlanma ve bozunma mekanizmaları, kimyasal ürün riskleri vb.), sektörel ve coğrafi olmak üzere üç farklı öğreti grubu yer almaktadır. Bu gruplardan herhangi biri seçilerek incelenen bir kaza bildiriminde kaza, kronolojisi, etkileri ve sonuçları, bu kazanın kökeni, nedenleri ve durumlar, alınan eylemler ve öğrenilen dersler bölümleri yer almaktadır.

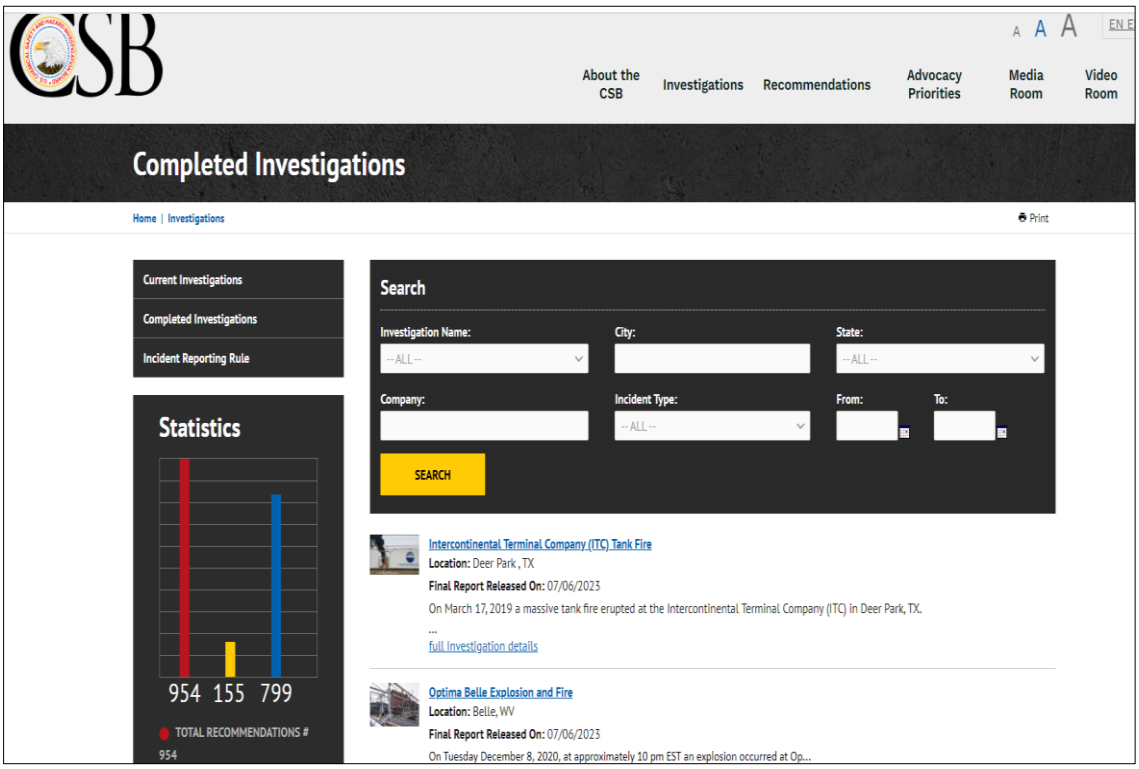
- The Central Reporting and Evaluation Office for Major Accidents and Incidents in Process Engineering Facilities (Zentrale Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen in verfahrenstechnischen Anlagen - ZEMA)

Proses Mühendisliği Tesislerinde Olaylar ve Büyük Kazalar için Merkezi Raporlama ve Değerlendirme Merkezi (The Central Reporting and Evaluation Office for Major Accidents and Incidents in Process Engineering Facilities, Zentrale Melde und Auswertestelle für Störfälle und Störungen in verfahrenstechnischen Anlagen-ZEMA)'nde ilgili yönetmelik kapsamında raporlanması gereken tüm olaylar kayıt altına alınmakta, değerlendirilmekte ve yıllık raporlarda yayımlanmaktadır. Raporlanabilir olaylar, risk potansiyellerine göre büyük kazalar ve normal çalışmadaki arızalar/kesintiler olarak ikiye ayrılır. Olayların sistematik olarak kaydedilmesi ve değerlendirilmesi; güvenlik teknolojisindeki en son teknolojinin daha da geliştirilmesi için önemli bir temel olarak hizmet eden bilgiler sağlamayı amaçlamaktadır (ZEMA, 2022). Büyük kazalar ve olaylar sekmesinde arama çubuğu ve çeşitli filtrelemeler (tarih, yer, sektör türü, olay türü, neden türü gibi) yapılarak arama yapılabilmektedir. Kaza raporlama dili Almanca'dır. Filtreleme yapılarak bir kaza raporuna ulaşıldığında "Zema sonuçların değerlendirilmesi" bölümüne ait kaza raporunda tesis verileri, olay bilgileri, sorun kaynağı çözümlemesi, sonuçlar ve önlemler, SFK'nin tespitleri ve tavsiyeleri ve tanımlayıcılar kısımları olduğu tespit edilmiştir. "Zema olay raporunda" ise olay, tesis verileri, olay verileri, ilgili maddeler, tesis içi etkiler, tesis dışı etkiler, olayın açıklaması, acil durum önlemleri, sonuçlar ile değerlendirilen belgeler başlıklı bölümler yer almaktadır.

- The U.S. Chemical Safety Board (CSB) (CSB, The U.S. Chemical Safety Board, 2021)

The U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (Amerika Kimyasal Güvenlik ve Tehlike Araştırma Kurulu, CSB) endüstriyel kimyasal kazaları araştırmakla görevli bağımsız bir federal kurumdur (CSB, 2022). CSB, sabit endüstriyel tesislerde meydana gelen kimyasal kazaların kök neden incelemelerini yürütmekte ve bunun sonucunda düzenleyici kurumlara, endüstri kuruluşlarına ve çalışan gruplarına tavsiyelerde bulunmaktadır. Kurum tarafından her bir kazaya ilişkin nihai rapor ve yıllık etki raporu yayımlanmaktadır. İnternet sitesinde yer alan tamamlanan soruşturmalar bölümü incelendiğinde, arama bölümünde soruşturma adı, şehir, şirket, olay türü ve tarih ile filtreleme yapılabildiği görülmektedir.

Soruşturma raporu incelendiğinde ise gerçek bilgi, olay analizi, sonuç, tavsiye, sektör için temel ders ve kaynakça bölümlerinin çok detaylı olarak sunulduğu görülmektedir. CSB internet sitesinin kaza raporları arşiv sayfasından ekran görüntüsü Resim 2.3'te gösterilmektedir.



Resim 2.3. CSB internet sitesi ekran görüntüsü

- AEA technology MHIDAS database, Major Hazard Incident Data Service (UK)

MHIDAS (Major Hazard Incident Data Service) veri tabanı, 1986'da büyük tehlike olayları hakkında güvenilir bir veri kaynağı sağlamak için HSE tarafından piyasaya sürülmüştür. AEA Technology tarafından bu veri tabanı geliştirilmiş ve veri tabanının devamlılığı sağlanmıştır.

Saha dışı etkilere neden olan veya bu etki yaratma potansiyeline sahip olan tehlikeli maddeleri içeren olaylar hakkında bilgiler içermektedir. Her olay için; tarih ve yer, tehlikeler (örn. toksik, yangın), malzeme adı, olay türü (örn. buhar yangını, ateş topu, toksik salınım), menşei (örn. proses tesisi, depo, demiryolu tankeri), genel ve özel nedenler, salınan veya tüketilen malzeme miktarı, ABD doları cinsinden hasar, ölen, yaralanan veya tahliye edilen

insan sayısı, ateşleme kaynağı, bütünlük kaybı ile tutuşma arasındaki süre ve olayın açıklaması bilgilerini içermektedir.

MHIDAS veri tabanı artık güncellenmemektedir ve artık Health and Safety Executive (HSE, Birleşik Krallık) tarafından barındırılmamaktadır (Infomimet, 2022). Buna rağmen güncel literatür taraması yapıldığında, araştırmacılar tarafından halen ve sıklıkla kullanıldığı tespit edilmiş olup bu yüzden tez içeriğinde yer almıştır.

- Relational Information System for Chemical Accidents Database (Kimyasal Kazalar Veritabanı için İlişkisel Bilgi Sistemi, RISCAD)

Relational Information System for Chemical Accidents Database (Kimyasal Kazalar Veritabanı için İlişkisel Bilgi Sistemi, RISCAD), National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) ve Japan Science and Technology Corporation (JST) tarafından geliştirilmiştir (AIST, 2022). Bakım aşamasında olduğu için detaylı inceleme yapılamamıştır (Resim 2.4).

Resim 2.4. RISCAD internet sitesi ekran görüntüsü

2.2. Literatür Araştırması

Dünya genelinde özellikle kimyasalların kontrolsüz kullanımı sonucu yaşanan büyük endüstriyel kazalarla çok sayıda insan hayatını kaybetmiş ve yaralanmış, birçok insan yaşadığı bölgeden tahliye edilmiş, birçok canlı telef olmuş, toprak, hava, deniz kirliliği yaşanarak çevre ve gelecek nesiller etkilenmiş, maddi hasarlar meydana gelmiştir. Dolayısı ile büyük kayıplara sebep olan bu endüstriyel kazalar çeşitli düzenlemelerin yapılmasını gerekli kılmıştır. Dünyada meydana gelen büyük endüstriyel kaza ve felaketlerden bazıları Çizelge 2.4'te yer almaktadır. Bu çizelgenin oluşturulmasında Özkılıç (2007: 36-37) kaynağından, Wikipedia ansiklopedisi endüstriyel afetlerin listesi başlıklı sayfadan (Wikipedia, 2021) ve The U.S. Chemical Safety Board (CSB) internet sayfasındaki verilerden (CSB, 2021) faydalanılmıştır.

Dünya'nın çeşitli ülkelerinde 1976 yılına kadar yaşanan kazalar ve özellikle 1976 yılında İtalya'nın Seveso kasabasında gerçekleşen kaza sonrasında, endüstriyel kazaların oluşmasının engellenmesi ve gerekli önlemlerin alınması adına hazırlanmış olan Seveso I Direktifi (82/501/EEC) 1982 yılında kabul edilmiştir. Bu direktiften sonra çeşitli ülkelerde meydana gelen endüstriyel kazalar direktifin yeniden gözden geçirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. 1984 yılında Meksika'da ve Hindistan'da, 1986 yılında İsviçre'de, 1988 yılında İngiltere'de yaşanan kazalardan sonra da 1996 yılında Seveso II Direktifi (96/82/EC) kabul edilmiş, ardından bu direktifte 2003 yılında Seveso II Amended Direktif (2003/105/EC) (madencilik tesisleri için başvuru kapsamının genişletilmesi, sivil patlayıcılar için sınıflandırmanın değiştirilmesi) güncellemeler yapılmıştır. Benzer şekilde özellikle 2005 yılından başlamak üzere devam eden kazalarla birlikte 2008 yılında maddelerin, karışımların sınıflandırılması, etiketlenmesi, ambalajlanması ile ilgili CLP tüzüğü (2008/1272/EC) ve son olarak 04/07/2012 tarihli Avrupa Birliği (AB) Resmi Gazetesi'nde Seveso III Direktifi (2012/18/EU) yayımlanmıştır.

Çizelge 2.4. Dünyada meydana gelen büyük endüstriyel kazalar ve felaketler

NO	YIL	ÜLKE	YER	OLAY	SONUÇ
1	1921	Almanya	Oppau	Amonyum sülfat ve amonyum nitrat patlaması	1500 ölü, 2000 yaralı
2	1959	Japonya	Minamata	Su yollarına cıva deşarj edilmesi	400 ölü, 2000 yaralı
3	1966	Fransa	Feyzin	LPG tankı patlaması	21 ölü,81 yaralı
4	1973	ABD	Fort Wayne	Demiryolu kazası ile vinil klorür dökülmesi	4500 tahliye
5	1974	İngiltere	Flixborough	Patlamada siklohekzan açığa çıkması	29 ölü, 104 yaralı, 3000 tahliye, evler tahrip, diğer bölgelere yayılım-hava kirliliği
6	1975	Hollanda	Beek	Buhar bulutu patlaması	14 ölü, 107 yaralı
7	1976	İtalya	Seveso	Dioksin sızıntısı	193 yaralı, 730 tahliye, diğer bölgelere yayılım, kanser ile mücadele-nesil etkilenmesi
8	1978	İspanya	Los Alfaquez	Ulaşım kazasında propilen dökülmesi	216 ölü, 200 yaralı
9	1978	İtalya	Manfredonia	Fabrikadan amonyak sızıntısı	10000 tahliye
10	1979	ABD	Threemile Adası	Nükleer reaktör kazası	200000 tahliye
11	1980	ABD	Summerville	Demiryolu kazası ile fosfortriklorür dökülmesi	300 yaralı, pek çok tahliye
12	1982	ABD	Taft	Patlamada kimyasallardan akrolein açığa çıkması	17000 tahliye
13	1984	Brezilya	Sao Poulo	Petrol boru hattında patlama	508 ölü
14	1984	Meksika	St. J.Ixhuatepec	Gaz tankı patlaması	452 ölü, 4248 yaralı, 300000 tahliye
15	1984	Hindistan	Bhopal	Metilisosiyanid reaktöründe meydana gelen patlama	72500 ölü, 500000 yaralı, 200000 tahliye, sakat/özürlü doğumlar-nesil etkilenmesi
16	1986	Rusya	Çernobil	Nükleer reaktör kazası	725 ölü, 300 yaralı, 90000 tahliye, Avrupa ülkelerine yayılma
17	1986	İsviçre	Basel	Pestisit fabrikasında yangın	Deniz kirliliği
18	1987	Finlandiya	Kotka	Limanda monoklorobenzen dökülmesi	Deniz kirliliği
19	1988	İngiltere	Piper Alfa	Gaz sızıntısı sebebiyle boru hatlarının kuzey denize çökmesi	167 ölü, deniz kirliliği
20	1991	Basra Körfezi	Körfez Savaşı	Petrol dökülmesi	Deniz kirliliği

Çizelge 2.4. (devam) Dünyada meydana gelen büyük endüstriyel kazalar ve felaketler

NO	YIL	ÜLKE	YER	OLAY	SONUÇ
21	1992	Alaska	Alaska	Petrol dökülmesi	Deniz kirliliği
22	2000	Hollanda	Enschede	Havai fişek deposunda patlamada	21 ölü, 800 yaralı, 1 km2 çaplı alanda 5300 kişi etkilendi,300 milyon dolar maddi kayıp
23	2000	Romanya	Baia Mare	Yüksek konsantrasyonda siyanür içeren atık havuzunun aşırı yağışlarla yıkılması sonucu arıtılmamış siyanürün nehre salınması	Deniz kirliliği
24	2001	Fransa	Toulouse	Gübre tesisi patlaması sonucu standart dışı amonyum nitrat yayılımı	20 ölü, 2400 yaralı, çevresel tahrip, 900-1200 milyon euro maddi kayıp
25	2005	İngiltere	Buncefield	Petrol depolama deposunda bir dizi patlama	750 milyon pound maddi zarar
26	2012	Suudi Arabistan		Kimyasal atık fabrikasında benzen tankı üzerinde kaynak yapılırken patlama	6 ölü
27	2016	ABD	Kansas	Kimyasal dağıtım kamyonunun, uyumsuz malzeme içeren bir tanka istemeden bağlanmasıyla kimyasal bir salınım	120 yaralı
28	2018	ABD	Wisconsin	Rafineride planlı bakım zamanında akışkan katalitik kırma ünitesinde patlama ve yangın	36 yaralı, çok sayıda tahliye
29	2019	ABD	Waukegan	AB specialty silicones patlama ve yangın	4 ölü
30	2019	Ukrayna	Odessa	Hidrojen sülfür salımı	2 ölü
31	2020	Hindistan	Gujarat	Kimya fabrikasında patlama	12 ölü, 9 yaralı
32	2020	ABD	Canton	Planlanmış bir bakım olayı sırasında, bir proses ünitesine yapılan onarım sırasında yangın	2 yaralı
33	2020	Lübnan	Beyrut	Depolanan çok miktarda amonyum nitratın patlaması	218 ölü, 7000 yaralı, 300000 evsiz, 15 milyar dolar maddi zarar
34	2021	ABD	Texas	Asetik asit salınımı	2 ölü, 30 yaralı
35	2021	ABD	Ohio	Patlama ve yangın	1 ölü, 8 yaralı
36	2021	ABD	Georgia	Hazır gıdalar bölümünde sıvı nitrojen salınımı	6 ölü, çok sayıda yaralı

Bu direktiflere pararlel olarak da ülkemizde meydana gelen büyük endüstriyel kazaları önlemeye yönelik mevzuat düzenlemeleri yapılmış olup bu düzenlemeler bir sonraki konu başlığı altında ele alınmıştır. Ülkemizde meydana gelen büyük endüstriyel kaza ve felaketlerden bazıları Çizelge 2.5'te yer almaktadır. Bu çizelgenin oluşturulmasında Özkılıç (2007: 36-37), Girgin ve Yetiş, (2007b), 1997-2007 arasında Türkiye'de gerçekleşmiş kazaların belirtildiği (ÇŞİDB, 2007) kaynaklar ile TMMOB Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi tarafından hazırlanan 2017 (TMMOB, 2018), 2018 (TMMOB, 2019), 2019 (TMMOB, 2020) ve 2020 (TMMOB, 2021) yılları endüstriyel yangınlar ve patlamalar raporlarından faydalanılmıştır.

Çizelge 2.5. Ülkemizde meydana gelen büyük endüstriyel kazalar ve felaketler

NO	YIL	ŞEHİR	OLAY	SONUÇ
1	1997	İstanbul	Tuzla Tersanelerinde bir gemide patlama ve yangın	21 yaralı
2	1997	Kırıkkale	Mühimmat deposunda trinitrotoluen patlaması ve yangın	Maddi hasar
3	1997	Denizli	Selüloz liflerinin filtre tarafından yeterli oranda emilmemesi ve fazla ısıya maruz kalması sonucu yangın	Maddi hasar
4	1998	Tekirdağ	Mamul deposunda sebebi belirlenemeyen yangın	Halk (1500 kişi) sığınma, hava kirliliği
5	1999	Kocaeli	Klor gazı yüklü aracın kaza yapması sonucu çevreye klor gazı yayılması	17 gazdan etkilenme
6	1999	Kocaeli	17.08.1999 tarihinde meydana gelen 7.4 büyüklüğündeki depremin etkisiyle Tüpraş'ta yangın	Toksik yayılım, hava ve deniz kirliliği, birçok tahliye, 200 milyon dolar maddi zarar
7	1999	Yalova	Akrilonitril tanklarında hasar	Akrilonitril sızıntısı
8	1999	Tekirdağ	Mekanik arıza, 70 ton HCl etrafa saçılması ve patlama meydana gelmesi	2 ölü, 3 yaralı hava ve toprak kirliliği
9	2000	Kocaeli	Tankere kimyevi madde boşaltımı sırasında, maddenin alevlenmesi ile patlama ve yangın	4 yaralı, maddi hasar
10	2000	Kocaeli	Elektrik kaynağında meydana gelen arıza ile elektrik panosu patlaması	1 yaralı, maddi hasar

Çizelge 2.5. (devam) Ülkemizde meydana gelen büyük endüstriyel kazalar ve felaketler

NO	YIL	ŞEHİR	OLAY	SONUÇ
11	2000	Kocaeli	Elektrik kaynağında meydana gelen arıza sonucu yangın	Maddi hasar ve lokal hava kirliliği
12	2001	Eskişehir	Melas tankında patlama	5000 ton melasın porsuk çayına deşarjı
13	2001	Kocaeli	Tutkal tankından sızan gazın patlaması sonucu yangın	Maddi hasar
14	2002	Kocaeli	LPG tankı patlaması	3 ölü, 5000 kişi tahliye, 3 trilyon zarar
15	2002	Kocaeli	Tankere LPG transferi sırasında gaz sıkışması sonucu 300 m3 hacimli birkaç LPG tankının patlaması	Maddi hasar
16	2003	İstanbul	8 katlı bir binanın girişinde bulunan büfede meydana gelen LPG patlaması	3 ölü, 7 yaralı
17	2003	Ankara	40 m3 lük LPG tankının patlaması	1 ölü, 1 yaralı
18	2003	Kayseri	LPG patlaması sonucu bina çökmesi	11ölü, 23 yaralı
19	2004	Mersin	Petrol rafinerisinde nafta tankında çıkan sebebi bilinmeyen yangın	Mal kaybı
20	2006	İstanbul	Kimyasal madde üreten bir iş yerinde gaz sıkışması sonucu patlama	3 yaralı
21	2006	İstanbul	Kimyasal madde deposunda sebebi belirsiz yangın	Maddi hasar
22	2006	Bursa	Tekstil kimyevi madde deposunda bulunan maddelerin birbiri ile reaksiyona girmesi, sızıntı ve oluşan dumanın çevreye yayılması	5 yaralı
23	2006	İstanbul	Çıkış nedeni belli olmayan yangın	1 yaralı, hava kirliliği
24	2006	Gaziantep	Tinerle benzin imalatı yapan ve yasal izinleri bulunmayan işletmenin üretim biriminde patlama	3 ölü, 34 yaralı, hava ve toprak kirliliği
25	2007	Ankara	Sebebi belli olmayan patlama	1 ölü,1 yaralı
26	2007	Ankara	Gaz dolum tesisinde sebebi belli olmayan patlama	1 ölü
27	2007	Denizli	İplik deposu bölümünde çıkan yangın	Maddi hasar, hava kirliliği
28	2008	İstanbul	Maytap atölyesinde meydanda gelen patlama	21 ölü, 115 yaralı
29	2012	İstanbul	Kauçuk fabrikasında yangın	Maddi hasar
30	2013	Şanlıurfa	LPG tankı değişim esnasında patlama	3 yaralı

Çizelge 2.5. (devam) Ülkemizde meydana gelen büyük endüstriyel kazalar ve felaketler

NO	YIL	ŞEHİR	OLAY	SONUÇ
31	2013	Giresun	Akaryakıt dolum tesisinde patlama	7 yaralı
32	2014	Ankara	Roket ve patlayıcı fabrikasında patlama	3 yaralı
33	2017	Çankırı	Fişek fabrikasında kapsül makinesinde patlama	9 yaralı
34	2017	İzmir	Demir çelik fabrikasında demir ergitme ocağı LPG borusunda patlama	6 yaralı
35	2017	Denizli	Parafin ısıtma bölümünde yangın	Maddi hasar
36	2017	Adana	Kolonya fabrikasın deposunda patlama ve yangın	6 yaralı
37	2017	Kocaeli	Gaz dolum tesisinde tüp patlaması	1 yaralı
38	2017	İzmir	Rafineride ürün tankında patlama ve yangın	4 ölü, 2 yaralı
39	2018	İzmir	Tarım ilaçları fabrikasında elektriksel kıvılcım kaynaklı yangın	Maddi hasar
40	2018	Niğde	Havai fişek fabrikasının kapsül üretim bölümünde patlama	2 ölü
41	2018	Ankara	Gaz dolum tesisinde asetilen tüpü patlaması	1 yaralı
42	2018	İstanbul	Rafineride yakma fırınında yangın	Maddi hasar
43	2018	Yalova	Kimyasal üretim fabrikası deposunda yangın	Maddi hasar
44	2018	Ankara	Roket ve patlayıcı fabrikasında werner atölyesinde patlama	1 ölü, 4 yaralı
45	2018	İzmir	Demir çelik fabrikasında patlama	1 ölü, 5 yaralı
46	2018	Kütahya	Bor işletmesinde sülfürik asit stok tankında patlama	Maddi hasar
47	2018	İzmir	Rafineride buhar kazanında patlama	3 yaralı
48	2018	Şanlıurfa	Akaryakıt istasyonunda patlama	Maddi hasar
49	2019	İstanbul	Yapı kimyasalları fabrikasında aşırı ısınma kaynaklı yangın	Maddi hasar
50	2019	Kocaeli	Yağ dolum tesisinde patlama	2 ölü

Çizelge 2.5. (devam) Ülkemizde meydana gelen büyük endüstriyel kazalar ve felaketler

NO	YIL	ŞEHİR	OLAY	SONUÇ
51	2019	Kocaeli	Azot hattındaki kimyasal tepkime sonucu patlama	Maddi hasar
52	2019	İzmir	Açık alev kaynaklı yangın	Maddi hasar
53	2019	Kocaeli	Yağ ayrıştırma fabrikasında aşırı ısınma kaynaklı yangın	Maddi hasar
54	2019	Muğla	Termik santral bant sisteminde yangın	Maddi hasar
55	2019	İzmir	Yağ fabrikasında yangın	Maddi hasar
56	2019	Karabük	Demir çelik fabrikası oksijen borusunda patlama	3 yaralı
57	2019	İzmir	Gaz türbini yatak kısmında kimyasal tepkime sonucu yangın	Maddi hasar
58	2019	İzmir	Rafineride trafo bölümünde elektrik arızası sonucu patlama	Maddi hasar
59	2019	Kütahya	Gaz üretim fabrikasında baca bölümünde kimyasal tepkime sonucu patlama	Maddi hasar
60	2019	İzmir	Boya fabrikasında paketleme bölümünde aşırı ısınma kaynaklı yangın	Maddi hasar
61	2019	Kırklareli	Ambalaj fabrikasında mekanik kıvılcım kaynaklı kimyasal madde patlama	4 yaralı, maddi hasar
62	2019	Kırıkkale	Mühimmat fabrikası atık bölümünde yangın	Maddi hasar
63	2019	Kocaeli	Atık su arıtma tesisinde atık su yakma ünitesinde yangın	Maddi hasar
64	2019	İstanbul	Polyester fabrikasında tankta patlama	2 Yaralı
65	2019	Kocaeli	Plastifay fabrikasında reaktörde patlama	3 Yaralı
66	2019	İzmir	Rafineride yangın	1 Yaralı
67	2020	Batman	Akaryakıt istasyonunda akaryakıt tankerinde elektriksel kıvılcım kaynaklı elektrik tesisatında arıza sonucu yangın	Maddi hasar
68	2020	Antalya	Gaz dolum tesisinde tahliye pompasında sızıntı/kaçak sebepli patlama	1 ölü, 1 yaralı
69	2020	Kocaeli	Kimya fabrikasında panty makinasında yangın	Maddi hasar
70	2020	Ankara	Roket ve füze fabrikasında mikser atölyesinde patlama	3 yaralı

Çizelge 2.5. (devam) Ülkemizde meydana gelen büyük endüstriyel kazalar ve felaketler

NO	YIL	ŞEHİR	OLAY	SONUÇ
71	2020	Sakarya	Havai fişek fabrikasında patlama	7 ölü, 127 yaralı
72	2020	Kocaeli	Kozmetik fabrikasında yangın	4 yaralı
73	2020	İzmir	Etilen oksit fabrikasında yangın	1 ölü, 2 yaralı
74	2020	Yalova	Tersanede patlama	7 yaralı
75	2020	Kocaeli	Vagon dolum sahası tanker bölgesinde yangın	Maddi hasar
76	2021	Mersin	Petrol tesisinde, bir droneun tesisin içinde bulunan petrol tankına çarpması sonucu patlama	Maddi hasar
77	2021	Niğde	Havai fişek fabrikasının kapsül üretim bölümünde patlama	2 yaralı
78	2021	Bursa	Tekstil ve deri yardımcı kimyasalları üretimi yapılan fabrikada patlama	1 ölü, 6 yaralı
79	2021	Giresun	Atık maden havuzunda patlama	Maddi hasar, çevre kirliliği
80	2022	İstanbul	Boya fabrikasında patlama	3 ölü, 9 yaralı

Yapılan detaylı literatür araştırması üç başlık altında incelenmiştir. İlk olarak büyük endüstriyel kazalar ile ilgili ulusal mevzuat, ikinci olarak kök neden analizi ile ilgili çalışmalar ve son olarak veri tabanları ile büyük endüstriyel kaza veri tabanları hakkındaki çalışmalar açıklanmıştır.

2.2.1. Büyük endüstriyel kazalar ile ilgili ulusal mevzuat

Büyük endüstriyel kazaları ile ilgili kendilerine sorumluluk yüklenen, uygulamayı yapan veya uygulamaya dâhil olan kurum ve kuruluşlardan; Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (ÇSGB), Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) ve İçişleri Bakanlığı yetkili merkezi otoriteler iken, valilikler, belediyeler, ÇSGB il müdürlükleri, ÇŞİDB il müdürlükleri ve Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) il müdürlükleri, organize sanayi bölgeleri, il sağlık müdürlükleri, itfaiye teşkilatları yetkili yerel otoritelerdir.

Büyük endüstriyel kazalarla direkt ilişkili olarak ülkemizde kullanılan mevzuat Çizelge 2.6'da sunulmuştur.

Çizelge 2.6. Büyük endüstriyel kazalarla ilgili mevzuat tablosu

Mevzuat Adı	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı	İçişleri Bakanlığı
2872 sayılı Çevre Kanunu		x	
6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu	x		
5902 sayılı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı ile ilgili Bazı Düzenlemeler Hakkında Kanun			x
Çevre Denetimi Yönetmeliği		x	
Afet ve Acil Durum Müdahale Hizmetleri Yönetmeliği			x
Maddelerin ve Karışımların Sınıflandırılması, Etiketlenmesi ve Ambalajlanması Hakkında Yönetmelik		x	
Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik	x	x	x
Büyük Endüstriyel Kazalarla ilgili Hazırlanacak Güvenlik Raporu Tebliği	x		
Büyük Endüstriyel Kazalarla ilgili Hazırlanacak Büyük Kaza Önleme Politika Belgesi Tebliği	x		
Büyük Endüstriyel Kazalarla ilgili Hazırlanacak Büyük Kaza Senaryo Dokümanı Tebliği	x		
Büyük Endüstriyel Kazalarda Uygulanacak Dâhili Acil Durum Planları Hakkında Tebliğ		x	
İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği	x		
Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik	x		
İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik	x		
Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik	x	x	x

Bu çizelgede dolaylı olarak kullanılan mevzuat tabloya işlenmemiş olup tabloda ilgili mevzuatı hazırlayan, uygulayan yetkili merkezi otoriteler de işaretlenmiştir. Örnek olarak, "Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik" gereği "Büyük Endüstriyel Kazalarla ilgili Hazırlanacak Güvenlik Raporu Tebliği" ÇSGB tarafından hazırlanmıştır.

AB uyum süreci ile birlikte, Seveso II direktifi ile ilgili ülkemizde yapılan ilk uyumlaştırma çalışması, ÇSGB ve ÇŞİDB ile müştereken hazırlanan, 18/08/2010 tarihli ve 27676 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan "Büyük Endüstriyel Kazaların Kontrolü Hakkında Yönetmelik" ile yapılmıştır. Bu yönetmelikte bildirim yükümlülüğü yayımı tarihinde yürürlüğe girerken, bu madde dışındaki maddeler yönetmeliğin yayımı tarihinden iki yıl sonra yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelikte, 31/07/2012 tarihli ve 28370 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan yönetmelik ile yürürlük tarihleri ile ilgili güncellemeler yapılmıştır.

Daha sonra, 9/12/1996 tarihli ve 96/82/EC sayılı Konsey Direktifine (Seveso II Direktifi) paralel olarak hazırlanan 30/12/2013 tarihli ve 28867 mükerrer sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik yürürlüğe girmiş ve 2010 yılında yayımlanan yönetmelik yürürlükten kaldırılmıştır.

Ülkemizde 4/7/2012 tarihli ve 2012/18/AB sayılı Konsey Direktifi dikkate alınarak Avrupa Birliği mevzuatına uyum çerçevesinde Seveso III Direktifi son olarak 02/03/2019 tarihli ve 30702 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan "Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik (Bundan sonraki bölümlerde yönetmelik olarak adlandırılacaktır.)" ile yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğin yürürlüğe girmesi ile 30/12/2013 tarihli ve 28867 mükerrer sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik yürürlükten kaldırılmıştır. Amacı, tehlikeli maddeler bulunduran kuruluşlarda büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve muhtemel kazaların insanlara ve çevreye olan zararlarının en aza indirilmesi amacıyla, yüksek seviyede, etkili ve sürekli korumayı sağlamak için alınması gerekli önlemler ile ilgili usul ve esasları belirlemek olan yönetmelik, 20/6/2012 tarihli ve 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'na ve 9/8/1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanunu'na dayanılarak hazırlanmıştır.

Yönetmelik ekinde belirtilen miktarda veya çeşitte tehlikeli madde(ler) bulunduran, bulundurması muhtemel olan veya içerisindeki endüstriyel bir kimyasal prosesin kontrol kaybı esnasında bu miktarlarda tehlikeli madde oluşması beklenen alt ve üst seviyeli kuruluşlar yönetmelik kapsamında yer almaktadır.

Yönetmeliğin 3'üncü maddesinde yönetmeliğin istisnaları belirtilmiş olup madde metni aynen "(1) Bu Yönetmelik;
a) Askeri kuruluş, tesis ve depolara,
b) İyonlaştırıcı radyasyon faaliyetlerine,
c) Ek-1 Bölüm 1 ve Bölüm 2'de belirtilen miktarda ve cinste tehlikeli madde bulundursalar dahi;
1) Tehlikeli maddelerin bu Yönetmelik kapsamındaki kuruluşların sınırlarının dışında karayolu, demiryolu, kıta içi suyolu, deniz veya hava yoluyla taşınmasına ve bu transfer zinciri üzerindeki geçici ara depolama faaliyetleri ile liman, iskele ve demiryolu yükleme boşaltma istasyonlarında yapılan tehlikeli maddenin bir taşıma aracından başka bir taşıma aracına aktarılması sırasındaki yükleme, boşaltma ve nakliye işlemlerine,
2) Tehlikeli maddelerin kuruluş sınırları dışında bir boru hattıyla taşınmasına,
ç) Madenlerde, taş ocaklarında ve sondaj kuyusu vasıtasıyla minerallerin ve hidrokarbon bazlı doğal maddelerin aranması, çıkarılması ve işlenmesi faaliyetlerine,
d) Denizde, minerallerin ve hidrokarbon bazlı doğal maddelerin aranması, çıkarılması, depolanması ve işlenmesi ile ilgili faaliyetlere,
e) Deniz tabanı altında;
1) Sadece depolamaya ait sahalarda gaz depolanmasına,
2) Hidrokarbonlar da dahil olmak üzere minerallerin arandığı ve çıkarıldığı sahalarda gaz depolanmasına,
f) Yer altında veya yer üstünde atıkların düzenli depolandığı sahalara,
uygulanmaz.
(2) Ancak bu Yönetmelik;
a) Birinci fıkranın (c) bendinin (2) numaralı alt bendinde belirtilen boru hatları üzerinde depolama faaliyetinin yapıldığı pompa istasyonlarına,
b) Birinci fıkranın (ç) bendine bakılmaksızın tehlikeli maddelerin kullanıldığı kimyasal ve ısıl işlemlere ve bu işlemlere ilişkin depolama faaliyetleri ile maden işleme faaliyetlerinde tehlikeli maddelerin bulunduğu atık havuz ve barajlarına,

c) Birinci fıkranın (e) bendine bakılmaksızın, doğal katmanlarda, akiferlerde, tuz yataklarında ve kullanılmayan madenlerde bulunan kıyı yer altı gaz depolarına, uygulanır.” şeklindedir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi, 2021).

Kapsama giren kuruluşların işletmecileri, yönetmelik gereği büyük kazaları önlemek ve büyük bir kazanın meydana gelmesi durumunda, bunların etkilerini insana ve çevreye en az zarar verecek şekilde sınırlamak için güvenlik yönetim sistemi ile ilgili asgari olarak yönetmelik ekinde belirtilen ve ilgili mevzuatta belirtilen yükümlülüklere ilişkin gerekli tüm tedbirleri almakla yükümlüdür. Yönetmelik kapsamına giren tüm kuruluşlar “güvenlik yönetim sistemi” oluşturmak zorundadır. Oluşturulacak ve uygulanacak güvenlik yönetim sisteminde:

- Organizasyon ve personel,
- Büyük kaza tehlikelerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi,
- İşletim kontrolü,
- Değişimin yönetimi,
- Acil durumlar için planlama,
- Performansın izlenmesi,
- Denetleme ve inceleme

unsurları ele alınmak zorundadır. Bunun dışında ayrıca kuruluş işletmecileri ana hatları ile:

- Büyük endüstriyel bir kaza olma ihtimaline karşı, kuruluşta bulunan, büyük kaza senaryo dokümanındaki senaryolara dâhil olan her bir tehlikeli madde için müdahale yöntemi ile koruyucu donanım bilgilerini içeren bir kart (tehlikeli madde müdahale kartı) hazırlar ve bu kartı ilgili yerel otoritelere göndermekle (Madde 6),
- Faaliyete geçmeden önce ÇŞİDB sistemini kullanarak ve beyan usulü ile doğru ve eksiksiz bir şekilde bildirimini yapmakla,
- Büyük endüstriyel kaza tehlikelerinin belirlenmesi ve bu tehlikelerden kaynaklanacak risklerin değerlendirilmesi amacıyla 30.06.2020 tarihli ve 31171 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Büyük Endüstriyel Kazalarla ilgili Hazırlanacak Büyük Kaza Senaryo Dokümanı Tebliği’ne uygun olarak “büyük kaza senaryo dokümanı” hazırla(t)makla,

- Büyük kazaya sebep olabilecek tehlikeli ekipmanlar için senaryo edilen her bir büyük endüstriyel kazanın meydana gelme frekans değerini (büyük endüstriyel kaza frekansının sınır değerini) $1x10^{-4}$/yıl veya bundan daha küçük bir değere düşürmekle,
- Alt seviyeli kuruluş olması durumunda 19.04.2019 tarihli ve 30750 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Büyük Endüstriyel Kazalarla ilgili Hazırlanacak Büyük Kaza Önleme Politika Belgesi Tebliği'ne uygun olarak "büyük kaza önleme politika belgesi" hazırla(t)makla, kuruluşta bulundurmakla, gerektiğinde güncellemekle,
- Üst seviyeli kuruluş olması durumunda 19.04.2019 tarihli ve 30750 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Büyük Endüstriyel Kazalarla ilgili Hazırlanacak Güvenlik Raporu Tebliği'ne uygun olarak "güvenlik raporu" hazırla(t)makla, kuruluşta bulundurmakla, gerektiğinde güncellemekle,
- Üst seviyeli kuruluş olması durumunda 15.08.2020 tarihli ve 31214 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Büyük Endüstriyel Kazalarda Uygulanacak Dâhili Acil Durum Planları Hakkında Tebliğ'e uygun olarak "dâhili acil durum planı" hazırla(t)makla, kuruluşta bulundurmakla, tatbik etmekle, gerektiğinde güncellemekle,
- Mevzuat çerçevesinde kamuyu bilgilendirmekle (Madde 16),
- Büyük endüstriyel kaza meydana gelmesi sonrasında mevzuat çerçevesinde bilgi sağlamakla (Madde 17) yükümlüdür.

Bu çalışmanın amacı ve konusu göz önünde bulundurulduğunda daha ayrıntılı olarak incelenmesi gereken yükümlülükler; işletmecinin genel yükümlülükleri arasında bulunan güvenlik yönetim sistemi oluşturmak ve uygulanmasını sağlamak, mevzuat çerçevesinde kamuyu bilgilendirmek ve büyük endüstriyel kaza meydana gelmesi sonrasında yapılacaklar ile ilgili yükümlülüktür. Aynı zamanda oluşturulması ve uygulanması zorunlu olan güvenlik yönetim sisteminde yer alan "Organizasyon ve personel", "Büyük kaza tehlikelerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi" ve "Performansın izlenmesi" unsurlarında, tesiste/kuruluşta veya diğer kuruluşlarda meydana gelen kazaların takibi, olay/kaza araştırması ve kaza analizi yapılması ile ilgili hususlar yer almaktadır.

Güvenlik yönetim sistemi kurulması ve uygulanması ile ilgili hususlar yönetmeliğin "İşletmecinin genel yükümlülüğü" başlıklı 6'ncı maddesinde düzenlenmiştir. Maddede, işletmeciler, büyük kazaları önlemek ve büyük bir kazanın meydana gelmesi durumunda, bunların etkilerini insana ve çevreye en az zarar verecek şekilde sınırlamak için güvenlik

yönetim sistemi oluşturmakla, uygulamakla ve asgari olarak yönetmelik Ek-3'te ve ilgili mevzuatta belirtilen yükümlülüklere ilişkin gerekli tüm tedbirleri almakla yükümlü kılınmıştır. Yönetmeliğin "Güvenlik Yönetim Sistemi ve Unsurları" başlıklı Ek-3'ünde yer alan unsurlardan özellikle bu tez konusu ile ilgili olanları; "Organizasyon ve personel", "Büyük kaza tehlikelerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi" ve "Performansın izlenmesi" dir. Organizasyon ve personel unsurunda, kuruluşta güvenlik farkındalığının arttırılması için, işletmecinin kuruluş içerisinde yaşanan deneyimler ile başka kuruluşlarda meydana gelen büyük kazalar gibi güvenlik ile ilgili her türlü gelişme ve değişmeyi takip etmesi yer almaktadır. Büyük kaza tehlikelerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi unsurunda, işletmeci tarafından kuruluşta normal ve normal olmayan işlemlerden kaynaklanan büyük tehlikelerin, sistematik bir şekilde belirlenmesi için yöntemler oluşturulmalıdır. Ayrıca, tehlikelerin belirlenmesi aşamasında kuruluş içinde veya dışında, başka kuruluşlarda geçmişte yaşanmış kazalardan, ramak kala olaylardan ve ulusal/uluslararası kaza veri bankalarındaki ulaşılabilir kayıtlardan da faydalanılır. Performansın izlenmesi unsurunda ise, meydana gelen büyük kazalar ile kazaya ramak kalma durumlarının raporlanması, kazadan çıkarılan dersler kapsamında bunların incelenmesi ve takibini kapsaması için işletmecinin; kuruluş dâhilinde meydana gelen büyük endüstriyel kazalar ile kazaya ramak kalma olaylarını; önceden belirlenmiş yöntemler ile sistemli olarak analiz ederek kayıt altına alıp ve raporlayacağı, analiz sonuçlarının bir özetinin kuruluşta bulunan çalışanlara uygun yollarla duyurulacağı belirtilmiştir.

Yönetmeliğin "Kamunun bilgilendirilmesi" başlıklı 16'ncı maddesinde "(1) Alt ve üst seviyeli kuruluşun işletmecisi, Ek-5 Bölüm 1'de yer alan bilgilerden az olmamak kaydıyla kamuyu internet sitesi, internet sitesi yoksa bağlı bulunduğu sanayi ve/veya ticaret odası internet sitesi üzerinden sürekli bilgilendirir ve gerektiğinde bu bilgileri günceller.
(2) Üst seviyeli kuruluşun işletmecisi, ayrıca;
a) Ek-5 Bölüm 2'de belirtilen bilgileri hazırlar ve internet sitesi üzerinden kamuya, güncel, net ve açıklayıcı bir şekilde talebe bağlı olmaksızın sağlar.
b) Beş yılı geçmeyen aralıklarla düzenli olarak bu bilgileri günceller.
c) Büyük endüstriyel kazalarla ilgili hazırlanacak güvenlik raporu, büyük kaza önleme politika belgesi, büyük kaza senaryo dokümanı ve dâhili acil durum planı ile ilgili tebliğlerde belirtilen gizli bölümler dışında kalan diğer bilgilerin kendisinden talep edilmesi halinde, kuruluşta meydana gelebilecek büyük kaza tehlikeleri ve bu tehlikelerin potansiyel etkileri

ve alınacak önlemler hakkında, genel bilgiyi içeren teknik olmayan bir özeti de içerecek şekilde düzenlenmiş bilgileri talep edenlere sağlar.
(3) Birinci ve ikinci fıkralarda verilen bilgilerin doğruluğundan işletmeci sorumludur." hükmü yer almaktadır.

Ayrıca "Madde 16 Uyarınca Kamuya Verilecek Bilginin İçeriği" başlıklı Ek-5 "BÖLÜM 1
Bu Yönetmelik kapsamındaki alt ve üst seviyeli kuruluşlar için;
1. İşletmecinin ismi ve kuruluşun tam adresi,
2. Kuruluşun bu Yönetmelik hükümlerine tâbi olduğunun ve Madde 7'de belirtilen bildirimin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bildirim sistemini kullanarak beyanının gerçekleştirildiğinin, üst seviye kuruluş olması durumunda da Madde 11 gereğince hazırlamakla yükümlü olduğu güvenlik raporunun hazırlandığının belirtilmesi,
3. Kuruluşta gerçekleştirilen faaliyetlerin basit bir dilde açıklanması,
4. Büyük bir kazaya sebep olabilecek Ek-1 Bölüm 1 ve 2'de belirtilen maddelerin; bilinen isimleri ile bu maddelerin temel zararlılık özelliklerine ait basit açıklamaları,
5. Büyük bir kaza olması durumunda yapılması gerekenlere dair bilgi,
BÖLÜM 2
Bu Yönetmelik kapsamındaki üst seviyeli kuruluşlar için Ek-5 Bölüm 1'de belirtilen bilgiye ilave olarak;
1. Kuruluşta meydana gelebilecek senaryo edilen büyük kazalar ile bunların kontrolüne ilişkin önlemler hakkındaki özet bilgi ile insan sağlığına ve çevreye olan potansiyel etkileri de dâhil olmak üzere büyük kaza tehlikelerine ilişkin genel bilgi,
2. İşletmecinin, büyük endüstriyel kazalarla başa çıkmak ve bunların etkilerini en aza indirmek için, özellikle acil hizmet birimleriyle irtibata geçmek de dâhil olmak üzere, tesisteki yeterli düzenlemeleri yaptığını belirtmesi,
3. Herhangi bir büyük kazaya müdahale için acil hizmet birimleriyle işbirliği yapıldığının belirtilmesi." şeklindedir.

Yukarıdaki hükümlerle birlikte, işletmeciler tarafından üçüncü kişilere açıklanmayacak olan gizli bilgiler ile ilgili, tebliğlerdeki durum aşağıda belirtilmiştir.

- Güvenlik raporu ile ilgili tebliğde:

MADDE 6 – (1) Hazırlanan güvenlik raporunda, büyük bir kazaya sebep olabilecek tehlikeli maddelerin bilinen isimleri ile bu maddelerin temel zararlılık özelliklerine ait basit açıklamalar hariç olmak üzere Ek-2'nin 1.1.7, 1.2, 1.4, 1.5.1, 1.5.2, 1.5.3 numaralı maddeleri ile ikinci bölümünün tamamında belirtilen bilgiler, Yönetmeliğin 16'ncı maddesi gereğince gizli olarak kabul edilir ve bu bölümler üçüncü kişilere açıklanmaz.

- Büyük kaza önleme politika belgesi ile ilgili tebliğde:
  MADDE 6 – (1) Hazırlanan BKÖP belgesinde, büyük bir kazaya sebep olabilecek tehlikeli maddelerin bilinen isimleri ile bu maddelerin temel zararlılık özelliklerine ait basit açıklamalar hariç olmak üzere Ek-2'nin 1.1.5, 1.2, 1.3, 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3 numaralı maddeleri ile ikinci bölümünün tamamında belirtilen bilgiler, Yönetmeliğin 16'ncı maddesi gereğince gizli olarak kabul edilir ve bu bölümler üçüncü kişilere açıklanmaz.
- Büyük kaza senaryo dokümanı ile ilgili tebliğde; gizli bilgi ile ilgili bir madde bulunmamaktadır.
- Dahili acil durumlar ile ilgili tebliğde:
  MADDE 25 – (1) Yönetmeliğin 16'ncı maddesi gereğince ilgili diğer tebliğlerde belirtilen gizli bölümler bu Tebliğde de gizli olarak kabul edilir ve bu bölümler üçüncü kişilere açıklanmaz.

Büyük endüstriyel kaza meydana gelmesi sonrasında işletmeci tarafından sağlanması gereken bilgiler ile ilgili yükümlülük, yönetmeliğin 17'nci maddesinde düzenlenmiştir. Bu madde "(1) İşletmeci, kuruluşta büyük endüstriyel kaza meydana geldiği takdirde, mümkün olan en kısa sürede, en uygun araçları kullanarak aşağıdakileri yerine getirir:
a) Valilik, çevre ve şehircilik il müdürlüğü, il afet ve acil durum müdürlüğü, bağlı bulunduğu belediye ve/veya büyükşehir itfaiye teşkilatına ve kuruluşun organize sanayi bölgesi veya endüstri bölgesi içinde yer alması durumunda bağlı bulunduğu bölge yönetimleri itfaiye teşkilatına, il sağlık müdürlüğünü ve kuruluş organize sanayi bölgesinde veya endüstri bölgesinde ise ilgili bölge yönetimlerini meydana gelen kazadan derhal haberdar eder ve bu kaza ile ilgili aşağıdaki bilgileri sağlar:
1) Kazanın oluşumu ve gelişim seyri.
2) İlgili tehlikeli maddeler ve miktarları.
3) Kazanın insan sağlığı, çevre ve mallar üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi için gerekli olan mevcut veriler.
4) Alınan acil durum önlemleri.

5) İrtibat için kuruluş içi acil durum yönetim merkezinde tüm operasyonu yönetmekle sorumlu olan baş kontrolörün isim ve iletişim bilgileri.

b) Kuruluş sınırları içerisinde meydana gelen büyük bir kaza, Ek-6'da verilen büyük endüstriyel kaza bildirim kriterlerinden en az birini sağlıyorsa işletmeci tarafından bu fıkranın (c) bendinde belirtilen bölüm doldurulur.

c) İşletmeci, kuruluşunda meydana gelen büyük bir kazayı müteakip altmış gün içerisinde, bildirim sisteminde yer alan kaza raporlama bölümünü doldurur ve çıktısını alarak çevre ve şehircilik il müdürlüğü ile il afet ve acil durum müdürlüğüne gönderir. Kazanın orta ve uzun dönem etkilerinin hafifletilmesi ve bu tip bir kazanın tekrarlanmasının önlenmesine ilişkin yeni bilgilerin elde edilmesi veya ileri bir araştırma sonucu, daha önce verilen bilgileri değiştiren ek bulguların elde edilmesi durumunda bilgiler işletmeci tarafından güncellenir." şeklinde hükme bağlanmıştır.

Yönetmeliğin "Büyük Endüstriyel Kaza Bildirim Kriterleri" başlıklı ekinde yer alan kriterler aynen "Bu Ek'in 1 inci maddesi kapsamında meydana gelen herhangi bir kazanın veya 2, 3 ve 4 üncü maddelerde belirtilen kaza sonuçlarından en az birinin meydana gelmesi durumunda büyük endüstriyel kaza bildirimi yapılır.

1. Tehlikeli maddelerden kaynaklanan;

Bu Yönetmeliğin Ek-1 Sütun 3'teki eşik değerinin en az % 5'i ve daha fazla tehlikeli maddenin dâhil olduğu herhangi bir yangın, patlama veya emisyonu (Sızıntı, kaza sonucu dökülme vb.).

2. İnsana ve mala zarar;

Aşağıdaki olaylardan herhangi birine sebep olan tehlikeli bir kimyasalın dâhil olduğu bir kaza;

a) Bir kişinin ölümü,

b) Kuruluş içerisinde altı kişinin yaralanması ve her birinin en az 24 saat hastanede tutulması,

c) Kuruluş sınırları dışında en az bir kişinin yaralanması ve her bir kişinin en az 24 saat hastanede tutulması,

ç) Kuruluş sınırları dışındaki konutların hasar görmesi ve kullanılamaz durumda olması,

d) Halkın iki saatten daha fazla süreliğine tahliye edilmesi veya evlerinden çıkma yasağı getirilmesi (Kişi x saat değeri en az 500 olmalıdır),

e) İki saatten fazla içme suyunun, elektriğin, gazın veya telefonun kesilmesi (Kişi x saat değeri en az 1000 olmalıdır).

3. Çevreye verilen hasar;

3.1. Karasal habitata uzun süreli veya kalıcı hasar;

a) 0,5 ha veya daha fazla bir habitatın veya yasayla koruma altına alınan bir alanı,

b) 10 ya da daha fazla hektarlık tarım alanlarını da içeren bir habitat alanı,

3.2. Tatlısu ve deniz habitatına olan uzun süreli veya önemli hasar;

a) Nehir veya kanal boyunca olan 10 km veya daha fazla hasar,

b) Göle veya gölete olan 1 hektar veya daha fazla hasar,

c) Deltaya olan 2 hektar veya daha fazla hasar,

ç) Açık denizlere veya kıyılara olan 2 hektar veya daha fazla hasar,

3.3. Akifer ya da yeraltı suyuna 1 hektar ya da daha fazla alana olan önemli hasar.

4. Mala olan hasar;

a) Kuruluştaki mala olan 5 milyon TL ve üzerindeki hasar,

b) Kuruluş sınırları dışındaki mala olan 2 milyon TL ve üzerindeki hasar.” şeklindedir.

2.2.2. Kök neden analizi ile ilgili yapılan çalışmalar

Kök neden analizi ile ilgili, araştırmacıların yaptığı çalışmalar kronolojik olarak aşağıda sıralanmıştır.

Özcan (2001), yaptığı çalışmada çimento fabrikasındaki problemlerin teşhis ve analizinde pareto analizini kullanmıştır. Fabrikada meydana gelen üretim duruşlarının sebeplerini araştırarak arıza sebeplerini önem sırasına koymuştur.

Jacobsson ve diğerleri (2009), bildirilen kazaların altında yatan nedenlere daha derine inmenin mümkün olup olmadığını belirlemek amacı ile MARS (Major Accident Reporting System) veri tabanına rapor edilen endüstriyel kazaların altında yatan nedenleri tanımlamak için sıralı bir yöntem geliştirmiştir.

Mülayım (2010), bir üniversite hastanesindeki düşmelerin sıklığının belirlenmesi ve altta yatan nedenlerin kök neden analizi ile incelenmesi amacıyla tanımlayıcı bir çalışma gerçekleştirmiştir.

Atagören (2012)'in çalışmasında yazılım projelerinin doğası ve içerikleri ile hata kavramına değinilmiş ve süreç boyunca hataların azaltılması ve ortadan kaldırılması için uygulanan teknikler anlatılmıştır. Ardından Türkiye'nin önde gelen orta ölçekli yazılım şirketlerinden birinde örnek bir vaka incelemesi yapılmıştır. Bu incelemede bu yöntemi destekleyen Pareto ve sebep-sonuç grafikleri yardımıyla kök neden analizi yöntemi kullanılmıştır.

Özçatalbaş (2014), çalışmasında kök sebep analizi metodu ile bir pompa istasyonunda meydana gelen proses kazasını incelemiş, uygulanma sonucu bulunan kök sebepleri irdeleyerek aynı veya benzer kazaların meydana gelmesini engellemek amacı ile şirket yönetimince alınması gereken aksiyonlara ışık tutmak amacıyla tavsiyeler vermiştir.

Keçeci (2015), deniz kazası incelemesinde önceden kullanılan kök sebep taksonomilerini de içerisinde barındıran ve kök sebeplerin ifade edilmesinde standartlaşmanın olacağı bir taksonomi geliştirmiş ve denizcilik endüstrisinde uygulama çalışması yapmıştır.

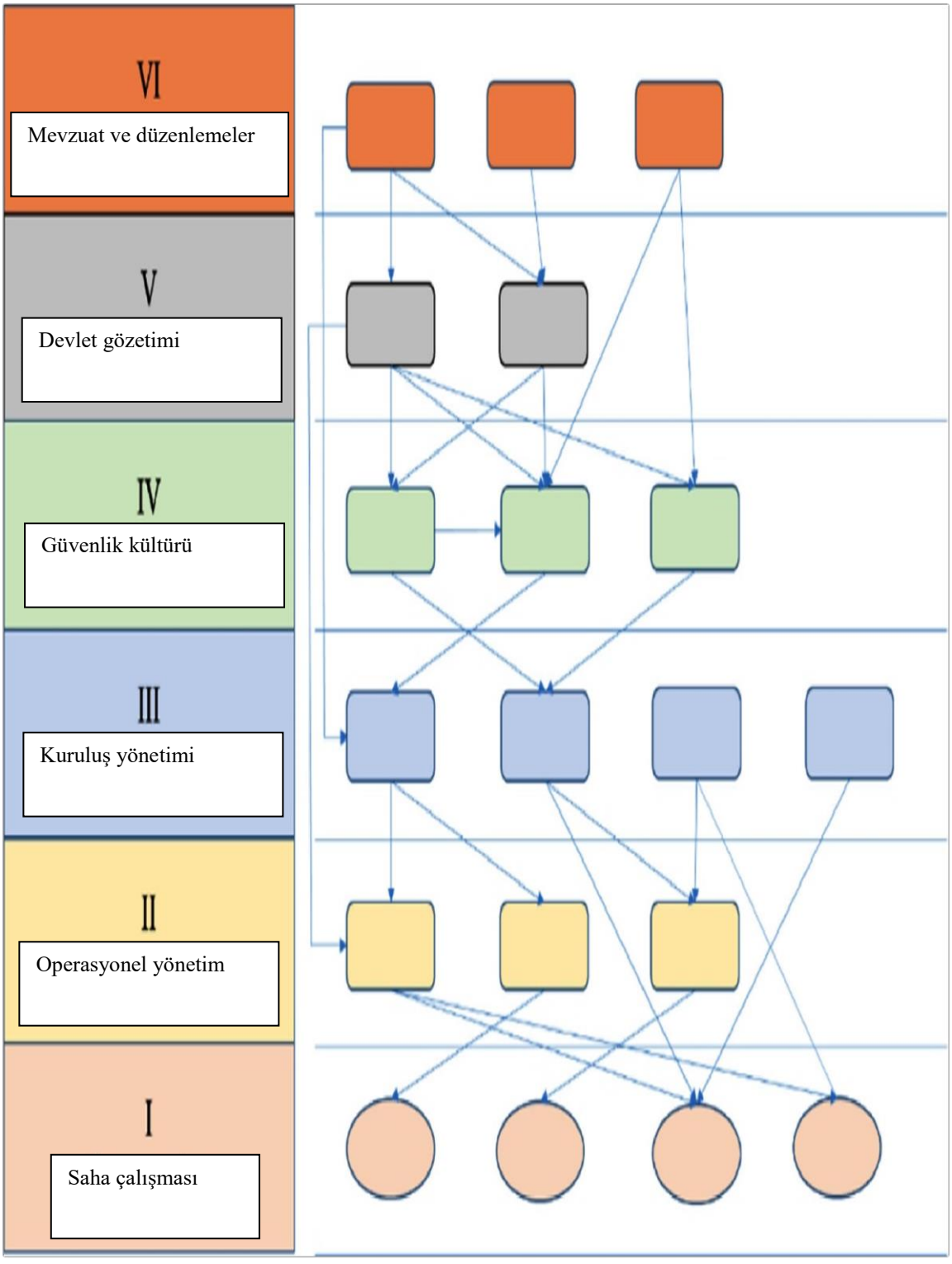
Tunca (2015), çalışmasında kök ve hayalet sorunun genel özelliklerine, görünen diğer sorunlar ile birbirinden bağımsız sorunlara değinmiş, kök-neden analizi kavramını açıklamış ve amaçlarını tanımlamıştır. Neden-sonuç ilişkisi kurularak temele inilmiş, iş güvenliği kültüründe kavramlar belirlenerek kök-neden-sonuç ilişkileri kurulmuş ve güvenlik bilinci oluşumundan söz edilmiştir. Var olan oluşum eksikliği belirtilerek bu eksikliğin giderilmesi için önerilerde bulunmuştur.

Arslan (2020), bir üniversite hastanesinin, biyokimya-mikrobiyoloji laboratuvarında reddedilen numunelerin nedenleri üzerinde bir araştırma gerçekleştirmiştir. Ortak Komisyon (Joint Commission-JC)'un kök neden analizi için geliştirdiği 21 adım yöntemi ile birlikte, gantt çizelgesi, beyin fırtınası, akış şeması, balık kılçığı diyagramı ve hata türleri ve etkileri analizi kalite iyileştirme teknik ve araçlarından faydalanmıştır. Ek olarak bir eylem hiyerarşisi aracı kullanılarak iyileştirme eylemlerinin gücünü derecelendirmiştir.

Kang ve diğerleri (2021), küçük ve orta ölçekli işletmelerde, kaza önlemede kök neden faktörlerine göre modern bir neden-sonuç modeli geliştirmiştir. Güney Kore'deki küçük ve orta ölçekli işletmelerde iş kazalarının sıklığını azaltmanın önemli bir yolunu; karar modelleri, epidemiyolojik modeller, sistem modelleri, insan faktörleri modelleri, "yaşam

değişikliği birimi" modelleri ve domino teorisi gibi neden ve sonuç modelinde kaza önleme için kök neden faktörlerinin yoğunluk analizini yapmak, olarak belirtmiştir. Yaygın olarak meydana gelen kazaları ve ölümlü kazaları en aza indirmek için istatistiksel testler yoluyla kök neden faktörlerini içeren modern neden-sonuç modelini ve kaza önleme için sistematik olarak önerilen eğitim politikaları geliştirmiştir. Güney Koreli küçük ve orta büyüklükteki işletmelerde kök neden faktörleri arasında olan bilinç faktörlerinin (bilinçsizlik, umursamazlık, cehalet, dikkatsizlik, yanlış muhakeme gibi) iş kazaları ile güçlü ilişkileri olduğu sonucuna varmıştır. Bu bilinç faktörlerini en aza indirmek için, gerekli eğitim politikalarının, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili algısal ve bilişsel eğitim konularını içeren uygulamalı ve teorik sürekli eğitim prosedürlerini içermesi gerektiğini önermiştir.

Ma ve diğerleri (2021) altı hiyerarşili kaza analizi modeli ile kömür madeni kazalarında uygulama yapmıştır. Kaza analiz modellerinin, kaza inceleme ve analizinde önemli bir rol oynadığını belirtmiş, İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi (HFACS) ve Çin'deki kaza inceleme ihtiyacına dayalı olarak, yeni bir sistemik kaza analiz yöntemi olan "Altı hiyerarşi modeli" kullanılmıştır. Kazaların nedenini basit bir kazalar zinciri veya aynı düzeyde bir kaza sebepleri ağı değil, çok hiyerarşili bir yapıya sahip bir kaza sebepleri ağı olarak düşünüp, altı hiyerarşi modeli tipik olarak aşağıdaki çerçeve diyagramdaki (Şekil 2.8) gibi altı düzeyde başarısızlığa odaklandığı belirtilmiştir. Ardından kömür madeni kazalarının her hiyerarşisindeki nedensel faktörlerin kaza veri tabanı indeksi oluşturmuş, altı hiyerarşideki nedensel faktörler ayrıca 16 kategoriye ve 150 göstergeye ayrılmış, Sunjiawan kömür madenindeki gaz patlaması kazası, HFACS ve altı hiyerarşi modeli kullanılarak analiz edilmiş ve güvenlik yönetimi önerileri ortaya konmuştur. Çalışma, altı hiyerarşi modelinin kazaların önlenmesi için net bir kılavuz sağladığını, kazalardan sonra hedeflenen düzeltmeye ve güvenlik yönetiminin sürekli iyileştirilmesine fayda sağladığını göstermiştir.



Şekil 2.8. Altı hiyerarşi modeli çerçeve diyagramı

2.2.3. Veri tabanları ile ilgili yapılan çalışmalar

Farklı sektörlerdeki kaza analizlerini de içeren (büyük endüstriyel) kaza veri tabanları ile ilgili, araştırmacıların yaptığı çalışmalar kronolojik olarak aşağıda sıralanmıştır.

Avrupa büyük kaza raporlama sistemi (MARS), Avrupa Birliği (AB) 82/501 yönergesi çerçevesinde Seveso direktifine ve üye devletlerden Avrupa Birliği makamlarına bildirilen tüm büyük endüstriyel kazaları kaydetmek için oluşturulmuştur. Bu kazaların istatistiksel analizi, endüstriyel kazaların anlaşılması ve önlenmesi için önemli veriler sunmaktadır (Nivolianitou ve diğerleri, 2006). Nivolianitou ve diğerleri (2006) çalışmalarında, MARS'a dâhil olan petrokimya sektöründeki büyük kazaların bazı özelliklerini analiz etmiştir. MARS kısa raporlarının ana sınıflandırma alanlarına odaklanan istatistiksel analiz ve ayrıca veri tabanının tam raporlarında verilen detaylar yoluyla organizasyonel faktörlere odaklanan büyük kazaların acil nedenlerinin düzeltilmesine çalışılmıştır.

Nivolianitou ve diğerleri (2006)'nin çalışmalarında, 1997-2003 dönemindeki Yunan petrokimya endüstrisindeki tüm olayları kapsayan bir veri tabanının geliştirilmesi açıklanmıştır. Bu veri tabanı, Yunanistan ile Kıbrıs'taki tüm petrokimya alanlarından endüstriyel olayları, kazaları, operasyonel kazaları ve ramak kala olayları içermiştir. Veri tabanının tasarımı, verilerin istatistiksel analizi, güvenlik göstergelerinin hesaplanması, kaza raporları ve insan faktörleri analizi gibi ek kullanım olanakları ile kullanıcı dostu bir şekilde tasarlanmıştır. Veri tabanı tüm Yunan petrokimya endüstrisinden verileri içerdiğinden çeşitli katılımcı endüstrilerin kendi tesislerindeki göstergelerin analizini, ulusal ortalama ile karşılaştırmasını sağlamıştır. Veri tabanına ramak kala olaylardan gelen verileri de dahil etmek için özel özen gösterilmiştir.

Girgin ve Yetiş (2007a), Türkiye'de meydana gelmiş büyük endüstriyel kazaların uluslararası veri tabanlarında hangi düzeyde yer aldığı konusunda inceleme yapmıştır. Bu doğrultuda sıklıkla kullanılan ve birçok çalışmada temel kaynak olarak başvurulan CRED Acil Durumlar Veri Tabanı (EMDAT) ve UNEP APELL Teknolojik Afetler Listesi ile Avrupa Birliği'nin Büyük Kaza Raporlama Sistemi (MARS) veri tabanlarını incelemiştir. EMDAT ve APELL veri tabanlarında ise oldukça kısıtlı sayıda kazaya ait bilgi bulunduğu görülürken MARS veri tabanında Türkiye'de meydana gelmiş herhangi bir kazanın yer

almadığı tespit edilmiştir. Var olan kazaların önemli bir bölümünün ise endüstriyel kaza tanımına uymadığı belirlenmiş bu sebepten incelenen uluslararası teknolojik kaza veri tabanlarının Türkiye'de meydana gelmiş büyük endüstriyel kazaları kendi kriterleri dahilinde bile tam olarak yansıtmadığı görülmüştür. Bu veri tabanlarındaki eksiklik ve hataların, kaynak olarak kullanıldıkları çalışmaları da negatif yönde etkilemekte olduğu belirtilmiştir. Karşılaşılan bu problemlerin, envanter çalışması sırasındaki olası hatalar kadar literatürde Türkiye'deki endüstriyel kazalar ile ilgili bilgi boşluğundan da kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu bağlamda, ülkemizde meydana gelmiş endüstriyel kazaların sebebi, oluşumu ve sonuçları ile ilgili düzenli ve ulaşılabilir bir bilgi kaynağının veya envanterin bulunmuyor oluşunun önemli bir eksiklik olarak göze çarpmakta olduğu sonucuna varılmıştır.

Girgin ve Yetiş (2007b) aynı yıl yaptıkları bir başka çalışmada, Türkiye'de meydana gelmiş teknolojik kazalar ile ilgili bilgilerin sistematik bir biçimde derlenmesi ve ulaşılabilir hale getirilmesi için Teknolojik Kazalar Bilgi Sistemi geliştirmiştir. Sistemde yer alan teknolojik kaza türleri olarak endüstriyel, askeri, boru hattı, deniz taşımacılığı ve kara taşımacılığı belirlenmiştir. Sistemin genel özellikleri, kazalar ve sonuçları ile ilgili temel bilgileri, bunların yanında gazete haberleri, raporlar gibi bilgi kaynaklarını, fotoğraf, video gibi görsel materyalleri düzenli bir biçimde arşivlemeye olanak tanımaktadır. Halihazırda www.teknolojikkazalar.info adresinden kullanıma sunulan büyük endüstriyel kazalar bilgi sistemine girildiğinde en son 2018 yılına ait verilerin yer aldığı görülmektedir. Bu sitede yer alan endüstriyel kazalar Yönetmelik kapsamında olmayan kazaları da kapsadığından büyük endüstriyel kazalar veri tabanı özelinde düşünülmemektedir. Ayrıca kaza ile ilgili olarak kısıtlı veri girişi bulunmaktadır. Kök nedenleri analizi yapılmadan sadece temel bilgilere ait veri girişine olanak sağlamaktadır.

Doğal afetler, kimyasal tesislerde tehlikeli maddelerin açığa çıkmasına yol açabilecek büyük kazalara neden olabilir ve bu da yangın, patlama veya toksik dağılmaya neden olabilir. Yıldırım çarpması, doğal olayların tetiklediği büyük kazaların en sık nedenidir. Endüstriyel tesislerde yıldırım riskini değerlendirmek için nicel bir yaklaşımın geliştirilmesine katkıda bulunmak amacıyla, büyük endüstriyel kaza veri tabanlarından yıldırımla tetiklenen kaza vaka geçmişleri alınmış ve korunmasız ekipman türleri, arıza dinamikleri ve hasar durumları hakkında bilgi elde etmek için analiz edilmiştir, hem de olayın nihai sonuçları üzerinde

durulmuştur. Yıldırıma karşı, en savunmasız ekipman kategorisi depolama tanklarıdır. Yıldırım hasarı derhal ateşleme, elektrik ve elektronik sistem arızası veya müteakip tahliye ile yapısal hasardan kaynaklanır. Zehirli salınımlar ve tank yangınları yıldırım çarpmalarıyla ilişkili en yaygın senaryolar olma eğilimindedir. Yağ, dizel ve benzin yıldırımla tetiklenen Natech kazalarında en sık salınan maddelerdir (Renni ve diğerleri, 2010).

Doğal olayların (NaTech kazaları) tetiklediği endüstriyel kazalar, önemli bir endüstriyel kaza kategorisidir. NaTech olaylarını karakterize eden bazı spesifik unsurların hala araştırılması gerekmektedir. Özellikle, ekipmanın hasar modu ve NaTech kazalarında meydana gelebilecek özel senaryolar, bu olaylardan kaynaklanan tehlike ve riskin değerlendirilmesinde kilit unsurlardır (Cozzani ve diğerleri, 2010). Cozzani ve diğerleri (2010) tarafından seller tarafından tetiklenen 272 NaTech olayına ilişkin veriler, büyük endüstriyel kaza veri tabanlarının bazılarından alınmıştır. Nihai senaryolara ilişkin veriler, su ile reaksiyona giren maddeler nedeniyle olduğu gibi belirli olayların varlığını ve çevre için sonuçları içeren senaryoların önemini vurgulamıştır. Başlıca nedenin sel suyunun açığa çıkan tehlikeli maddelerle kirlenmesi olduğu belirtilmiştir. Proses ekipmanı hasar modlarının analizi, seller sırasında farklı su darbe türleri nedeniyle beklenen salım miktarlarının tanımlanmasına izin vermiştir. Elde edilen sonuçlar, seller tarafından tetiklenen kazaların sonuçlarının nicel olarak değerlendirilmesi için maddeye özgü olay ağaçları oluşturmak amacıyla kullanılmıştır.

Kaza araştırması alanında çok çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Farklı paradigmalara, birçok şubeye özgü araştırma yöntemine, onlarca yıllık birikmiş ve belgelenmiş kaza araştırma deneyimine, nedensel faktörlerin taksonomisindeki çeşitliliğe ve genel sistematik analiz araçlarının derinliğinin artmasına rağmen, hala eksik olan nedensel faktörler vardır. Yakın zamanda yapılan bir çalışma, dil sorunlarını hafife alınan bir tehlike olarak tanımlamaktadır. Hollanda Çalışma Müfettişliği kayıtları, prosedürleri ve iletişimi büyük kazalar için önemli bir nedensel faktör alanı olarak tanımlar (Lindhout ve diğerleri, 2011). Lindhout ve diğerleri'nin (2011) çalışmasında Hollanda'da sıkça kullanılan kaza inceleme yöntemi taksonomileri, dil sorunlarıyla ilgili içerik üzerinde araştırılmıştır. Dil sorunlarının ya gözlemlenen kaza oranları ile orantılı olarak daha az ya da sık sık uygulanan kaza inceleme sınıflandırma sistemlerinde mevcut olmadığı bulunmuştur. Böylece Hollanda kaza

verilerinde yeni bir sınıflandırma sorunu bulunmuştur. Kaza araştırma yöntemlerinde dil konularına daha fazla dikkat edilmesi gerektiği sonucu ortaya çıkmıştır.

Tauseef ve diğerleri (2011), geçmiş kazaların analizine yardımcı olmak için açık kaynaklı kimyasal proses-endüstri kazası veri tabanı geliştirmiştir. Geçmiş kaza analizinin (PAA), kimyasal proses endüstrisinde kazaların neden meydana geldiğine ve neden oldukları hasara ilişkin bilgi edinmek için en güçlü ve en sık kullanılan yöntemlerden biri olduğunu, PAA'nın kazaları önlemek veya kaçınılmaz kazaların etkisini hafifletmek için stratejilerin geliştirilebileceği paha biçilmez bir "geri görüş bilgeliği" sağladığını belirtmiştir. MHIDAS, MARS ve FACTS gibi yaygın kullanılan kimyasal proses kaza veri tabanlarının, önemli bir ücret ödendikten sonra erişilebilir olması, nükleer santraller, inşaat endüstrisi ve doğal afetler gibi diğer alanlardan gelen kazaları da kapsaması ve bunun kullanım zorluğu doğurması, kütle kaybı ile ilgili olmayan yaralanmaların da sisteme girilmesi, olayların detaylandırılmasının tutarlı bir model veya sınıflandırma izlemiyor oluşu, ilgili bilgilerin büyük bir kısmının eksik ya da yanlış sınıflandırılmış olması gibi bazı sınırlamaları, hataları, eksiklikleri olduğunu belirtmiştir. Bu sınırlamaları gidermek MHIDAS ve MARS gibi köklü veri tabanlarını tamamlamak için, yaklaşık 8000 kazaya ilişkin bilgiler, yeni bir veri tabanına girilmiştir. Çoklu ve çakışan kaza kayıtları dikkatli bir şekilde elenmiş ve kayıtlara uygun sınıflandırma bazında ulaşılabilmesi için bir arama motoru geliştirilmiştir.

Okoh ve Haugen (2013), makalelerinde ilk olarak bakımın büyük kaza oluşumunu nasıl etkilediğini araştırmayı ve ikinci olarak bakımla ilgili büyük kazaların nedenleri için sınıflandırma şemaları geliştirmeyi amaçlamıştır. Bu makale öncelikle modele dayalı ve ampirik yaklaşımlar ve ikincisi kaza inceleme ve analiz raporları üzerine inşa edilmiştir. Buna dayanarak çalışmada "İş ve Kaza Süreci" sınıflandırma şeması önerilmiştir.

Okoh ve Haugen (2014)'in çalışmaları, hidrokarbonların ve tehlikeli kimyasalların taşınması, işlenmesi ve depolanmasıyla ilgili 2000 yılından 2011 yılına kadar geçen sürede meydana gelen 183 ayrıntılı, büyük kaza incelemesi ve analiz raporunun bir incelemesine dayanmaktadır. Raporların teknik, personel ve organizasyonel faktörleri kapsadığı belirtilmiştir. Çalışmada bakımın ne ölçüde büyük kazalara neden olduğunu ve bakımla ilgili nedenlerin en sık meydana geldiğini araştırmak amacıyla kaza raporlarına "İş ve Kaza Süreci" sınıflandırma şeması uygulanmıştır. Bu çalışmada aynı zamanda kaza inceleme

raporlarının kapsamlı bir incelemesi yapılmıştır. Büyük kazaların %44'ünün bakımla ilgili olduğu bulunmuştur.

Bellamy (2015), sonuçlar ve nedenler aracılığıyla büyük tehlike, ölümlü ve ölümcül olmayan kazalar arasındaki ilişkiyi araştırmaya yönelik bir çalışma yapmıştır. 1998-2009 yılları arasında Hollanda'da meydana gelen ciddi rapor edilebilir kazadan oluşan bir veri tabanından yararlanılarak Storybuilder'da bir yönetim-görev-güvenlik bariyeri modelini kullanarak analiz yapılmıştır. Aynı tehlike türüyle sınırlı olması koşuluyla, daha küçük şiddette daha sık gerçekleşen kazaların, daha büyük şiddette daha felaketli kazaların doğrudan ve altında yatan nedenleri hakkında bilgi sağladığı sonucuna varılmıştır.

Moreno ve diğerleri (2019) tarafından biyodizel üretiminde "yeşil" teknolojilerdeki yüksek kaza oranı sorununu daha iyi ele almak ve karakterize etmek için geçmiş kazalara ait verilerin derinlemesine istatistiksel analizi yapılmıştır. Biyodizel üretiminde 2003'ten 2017'ye kadar yaşanan 93 kazayı içeren bir veri tabanı geliştirilmiş, kök nedenlere ilişkin balık kılçığı diyagramından yararlanılmış ve kazalar analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, bakım ve işletme hatalarının, kazaların daha sık görülen nedenleri olduğu, olayların %35'inin üretimin başlangıcından itibaren 1 yıl içinde meydana geldiği, yetersiz güvenlik kültürünün, birçok kazanın altında yatan sebep olduğu sonuçları çıkarılmıştır.

Jung ve diğerleri (2020), çalışmalarında, Güney Kore'de Ocak 2008 ile Haziran 2018 arasında meydana gelen kimyasal kaza verilerini incelemiş ve bu kazaların ana nedenlerini analiz ederek benzer kazaların oluşmasını önlemenin yollarını önermiştir. Güney Kore'deki kimyasal kazaları karşılaştıran analizlerden dokuz temel kavram çıkarılmıştır: (1) İşçi tipine göre mevcut kayıplar, (2) işletmenin ölçeğinin felaketi nasıl etkilediği, (3) oluşum türüne göre kimyasal kazalar (4) tutuşturma/ateşleme kaynaklarının analizi, (5) kimyasal proses endüstrisi tesisleri tarafından meydana gelen kimyasal kazalar, (6) insan ve teknik hata, (7) iş durumuna göre kimyasal kazalar (8) proses güvenliği yönetimi standartlarına uyulmaması nedeniyle meydana gelen kimyasal kazalar ve (9) tehlikeli maddelerden kaynaklanan kimyasal kazalar. Analiz sonucuna göre, Güney Kore'de kimyasal kazaların %76,1'i insan hatasından kaynaklanmıştır. Büyük ölçekli işletmeler, en fazla bakım çalışmaları sırasında endüstriyel kaza yaşamıştır. Yangın ve patlama, tüm kimyasal proses endüstrisi kazalarının %72'sini oluşturmuş ve bunların %32,4'ü statik elektrikle ateşlenmiştir. Kimyasal kazalar

daha çok depolama tanklarında, kimyasal reaktörlerde ve karıştırma tanklarında meydana gelmiştir.

Zhou ve diğerleri (2021) tarafından güvenlik yönetimi için çıkarım ve kullanım açısından yeterli yararlı bilgi mevcut olmadığından, yer altı treni inşaat kazaları ve ilgili analizler için 18 tablo, 38 sorgu, 56 rapor ve 9 formdan oluşan bir veri tabanı geliştirilmiştir. Altı potansiyel veri kaynağı temelinde 548 kayıt toplanmış, doğrulanmış ve yer altı treni inşaatı kaza veri tabanına (SCAD) girilmiştir. Zaman, şehir, şiddet, sonuç, nedensel faktör ve benzeri birçok boyuttan kaza eğilimlerini ve modellerini belirlemek için kaza vakalarına ve SCAD'deki kodlama şemasına dayanan bir analiz yapılmıştır. Belirlenen kaza oluşum eğilimleri ve kalıplarının, gelecekte yer altı treni inşaat kazalarını önlemek için hükümet ve sivil toplum kuruluşlarının daha spesifik güvenlik programları ve müdahaleleri tasarlamasına yardımcı olabileceği belirtilmiştir.

Tamascelli ve diğerleri (2022) çalışmalarında geçmiş kaza verilerinden faydalanmak ve şiddet tahmini için, tahmine dayalı bir model oluşturmak amacıyla veri bilimi ve makine öğrenimindeki gelişmelerden yararlanmıştır. Önerilen yöntemde, bir kazanın özelliklerini ilgili şiddet kategorisine (yani, ölen ve yaralanan insan sayısı) eşleştirmek için sınıflandırma algoritmaları kullanılmıştır. Modeli eğitmek için mevcut veri tabanlarından çıkarılan veriler kullanmıştır. Yöntem; geniş, derin sinir ağı, geniş ve derin olmak üzere üç sınıflandırma modelinin MHIDAS veri tabanında eğitildiği ve değerlendirildiği bir vaka çalışmasına uygulanmış, geniş ve derin modelinin en iyi performansı sunduğu sonucu elde edilmiştir.

Tamascelli ve diğerleri (2023), genel kaza veri tabanlarından elde edilen bilgilerin, yaralanmalar ve ölümler açısından teknolojiye özgü kazaların sonuçlarını tahmin etmek için kullanılabileceğini önermiştir. Tehlikeli maddeler içeren geçmiş endüstriyel kazalardan bilgiyi çıkarmak, saklamak ve aktarmak için veriye dayalı bir yöntem geliştirmiştir. Yöntem MHIDAS ve Amonyak Fabrikası Kaza Veri Tabanı olmak üzere iki veri kümesi üzerinde test edilmiştir. İki farklı makine öğrenmesi sınıflandırma modeli (geniş ve derin) kullanılmıştır. Geniş model, Transfer Öğrenme sürecinde en iyi performansı sunmuştur. Sonuçlar, otomatik algoritmaların farklı kaza türleri hakkında tahminlerde bulunmak için edinilen bilgileri kullanabileceğini ve geçmiş kaza veri kaynaklarından öğrenebileceğini göstermiştir.

3. YÖNTEM

Bu bölümde araştırma modeli, veri toplama yöntem ve süreci, verilerin analiz edilme yöntemi ile uygulama çalışması sunulmuştur.

3.1. Araştırma Modeli

Bilimsel araştırma, sistematik veri toplama ve analiz etme sürecidir (Ataseven, 2012). Bilimsel araştırmalar amaçlarına ve yöntemlerine göre çeşitli dallarda sınıflandırılmaktadır. Bu araştırma, amacına göre, keşfe ve özel amaca yönelik uygulamalı araştırmalar sınıfından eylem araştırmasına girmektedir. Uygulamalı araştırmalar, bir kuramı uygulamak ve sınamak ya da uygulamada yaşanan sorunları çözmek üzere gerçekleştirilen araştırmalardır. Uygulamalı araştırmalar genellikle uygulamadaki bir sorunun çözümüne odaklanır ve elde edilen bulgular bu soruna ilişkin karar vermede yararlıdır. Eylem araştırmaları ise, uygulamalı araştırmaların bir parçası olup sorunları çözmek, uygulamaları geliştirmek ve belli bir konuda karar vermeye yardımcı olmak amacıyla yapılmaktadır (Beyhan, 2013). Aynı zamanda bu araştırma, yöntemine göre, hem nicel araştırma hem de nitel araştırma yöntemlerini barındırmasından dolayı karma araştırma yöntemi grubunda yer almaktadır.

Araştırmanın nitel boyutunda, belgesel tarama yöntemi (doküman analizi) kullanılarak var olan kayıt ve belgeler, literatürde yer alan çalışmalar, mevzuat, çeşitli kataloglar incelenerek veriler elde edilmiş ve sınıflandırma çalışmaları yapılmıştır. Araştırmanın nicel boyutunda ise, kaza bildirim formunda yer alan sayısal veriler de kullanılarak betimleyici ve tahmin edici analiz yöntemleri ile sonuçlar elde edilmiştir.

3.2. Veri Toplama Yöntem ve Süreci

Bu çalışmada veri tabanı alt yapısında kullanılan veriler doküman analizi yöntemiyle araştırılmış, listelenmiş, sınıflandırılarak kategorileştirilmiştir. Veri tabanı sistemine girilen büyük endüstriyel kaza verileri de ilgili bakanlıktan rapor şeklinde temin edilerek benzer şekilde düzenlenmiş ve işlenmiştir.

İlk olarak büyük endüstriyel kazaların olası kök nedenleri araştırılarak sistematik bir kök neden listesi oluşturulmuştur. Kök nedenler oluşturulurken bu çalışmanın 2.1.1'inci bölümünde anlatılan aşamalar yürütülmüştür. Aynı zamanda bir sistemi oluşturan ve sistemle etkileşimde olan bileşenler dikkate alınarak kök neden analizi yöntemlerinden sebep-sonuç diyagramı, 5 neden metodu ve insan performans değerlendirme analiz yöntemleri uygulanarak kök neden listesi meydana getirilmiştir.

Analiz yöntemlerinden sistem yaklaşımına olanak sağlamasından ve büyük endüstriyel kazaların sebepleri ilgili genel bir bakış açısı oluşturmasından dolayı ilk olarak sebep-sonuç diyagramı kullanılmıştır. Bu diyagram aynı zamanda bir genel problemin olası farklı tüm nedenlerini detaylandırarak yapıldığından tercih edilmiştir. Sistemde var olan bileşenlerden biri olan insan faktörü ile ilgili olmasından ötürü insan performans değerlendirme analizinde yer alan sebeplerden faydalanılmıştır. Bu analiz, insan performans değerlendirmeleri yapmak için ergonomi ve insan faktörleri konusunu içerdiğinden tercih edilmiştir. Son olarak ana sebeplerden her birinin alt nedenlerini ve kök nedenlerini bulmak için, art arda sorulan neden soruları kullanılarak gerçekleştirilmesi sebebiyle 5 neden metodundan faydalanılmıştır.

Kök neden listesi oluşturulduktan sonra her bir kök nedene en az bir çeşit öneri karşılık gelecek şekilde mevzuat önerileri ve düzeltici/önleyici faaliyet önerileri sunulmuştur. Bu öneriler hazırlanırken güncel mevzuattan, CCPS Process Safety Beacon arşivinden, Keçeci (2015) ve Babalık (2005: 55-467) kaynaklarından faydalanılmıştır.

Ayrıca Center for Chemical Process Safety (CCPS) tarafından yayımlanan kılavuz ve BS 1646 standardında yer alan proses ekipmanları baz alınarak veri tabanında bulunan sınıflandırılmış kimyasal proses ekipmanları oluşturulmuş, çeşitli kaza özellikleri derlenip, sistematik olarak sınıflandırılmıştır.

3.3. Verilerin Analizi

Oluşturulan sistematik kök neden sınıflamasını ve proses ekipmanı listesini temel alan, kategorileştirilmiş kaza özelliklerini içeren bir büyük endüstriyel kaza veri tabanı tasarlanıp geliştirildikten sonra, ilgili bakanlıktan temin edilen 17 adet verinin betimleyici analizi ve

TMMOB Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi tarafından 2017-2022 yıllarında yayımlanan raporlarda yer alan 2046 adet verinin tahmin analizi yöntemi ile (kaza) veri analizi yapılarak sonuçlar belirtilmiştir.

Betimleyici analizde kullanılan isimsel ve sıralı ölçekler elde edilmesi nitel veri analizi yöntemi olmakla beraber sınıflandırılmış verilere ait sayılar girildikten sonra elde edilen çıktılar nicel olmaktadır. Nicel veri analizi olarak, kazaya ait çeşitli özelliklerin aritmetik ortalaması, modu ve % frekans değerleri bulunarak analiz yapılmıştır.

Tahmin analizi için nicel bir yöntem olan regresyon analizi kullanılarak, geçmiş verilerden yararlanarak istenilen bir yılda meydana gelecek kaza sayısı tahmin edilmiştir.

3.4. Uygulama

Bu tez çalışması kapsamında yapılan araştırmanın uygulama aşamaları aşağıda sıralanmıştır.

1. Kök neden analizi uygulaması
   Kök nedenlerle birlikte veri tabanı alt yapısında yer alan verilerin tamamının oluşturulduğu bölümdür.
2. Veri tabanı tasarımı ve geliştirilmesi
   Birinci adımda yer alan verilerin yer aldığı, kaza analizini içeren veri tabanı geliştirildiği bölümdür.
3. Büyük endüstriyel kaza verilerinin elde edilmesi, sisteme girilmesi ile büyük endüstriyel kaza verilerinin analizi

3.4.1. Kök neden analizi uygulaması

Yönetmeliğe göre; ‘büyük endüstriyel kaza’ özetle, bir veya birden fazla tehlikeli maddenin sebep olduğu büyük bir yayılım, yangın veya patlama olayını, ‘tehlikeli ekipman’, “içerdiği tehlikeli maddenin niteliği, miktarı ve proses koşulları ile tesisteki yerleşimi nedeniyle büyük kazaya sebebiyet verme veya bu kazanın etkisini arttırma potansiyeline sahip olan ekipmanı” ifade etmektedir. Dolayısı ile büyük oranda tehlikeli maddelerin kullanıldığı, üretildiği, bulunduğu, işlendiği, depolandığı vb. çoğunlukla kimya endüstrisinde yaşanan bu

kazaların sebeplerinden önce, kimyasal proses endüstrileri ve bu endüstrilerde kullanılan tehlikeli maddeleri içeren ekipmanlar hakkında bilgi edinmek faydalı olacaktır.

Kimyasal proses endüstrileri,

- Organik veya anorganik maddelerin kendi aralarında (veya her ikisi arasındaki) kimyasal reaksiyonlar ile madde üretimini,
- Kimyasal reaksiyonlar yardımıyla veya doğrudan doğal ürünlerden, ekstraksiyon, ayırma ve saflaştırma yöntemleriyle madde üretimini,
- Sentetik veya doğal kaynaklardan özel formülasyondaki madde veya karışımların hazırlanmasını,

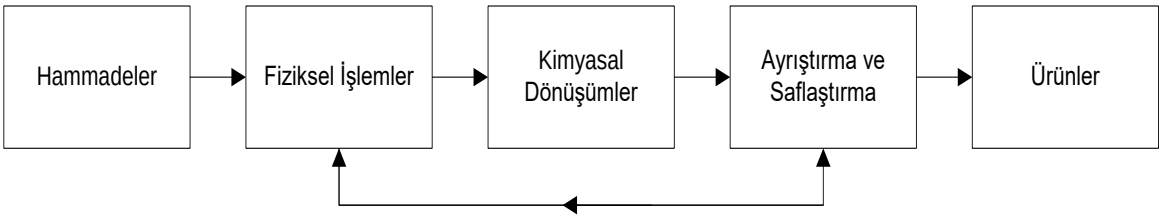
içerir (Polat, 2022).

Kimyasal proses endüstrilerindeki ürünlere örnek olarak, plastikler, reçineler, petrokimyasallar, parfümler, anorganikler, deterjanlar, boyalar, ilaçlar, sabunlar ve sentetik organik maddeler verilebilir. Bu proseslerde pek çok fiziksel ve kimyasal işlemler yer alır. Kırma, süzme, eleme, ısı-kütle transferi gibi fiziksel işlemlere unit operasyonlar adı verilirken nitrolama, elektroliz, hidroliz, nötralizasyon, yanma, indirgeme, yükseltgeme gibi kimyasal dönüşümlere de unit prosesler adı verilmektedir. Temel kimyasal dönüşümler Çizelge 3.1'de yer almaktadır (Polat, 2022).

Çizelge 3.1. Temel kimyasal dönüşümler

Açilasyon	Dehidrasyon	Hidroliz	Nitrolama
Alkilasyon	Elektroliz	İndirgeme	Nötralizasyon
Alkoliz	Fermentasyon	İzomerizasyon	Piroliz-kraking
Aminasyon	Friedel-Crafts reaksiyonu	Kalsinasyon	Sülfolama
Amonoliz	Halojenasyon	Kondensasyon	Yanma
Aromatikleştirme	Hidroformilasyon	Kostikizasyon	Yükseltgeme

Aşağıda yer alan Şekil 3.1'de kimyasal proses endüstrilerinde üretim aşamasına kadarki süreç basitçe gösterilmiştir (Polat, 2022).



Şekil 3.1. Kimyasal proseslerin genel gösterimi

Ayrıca literatürde çeşitli kaynaklarda yer alan kimyasal prosesler derlenerek aşağıda belirtilmiştir.

- Reaksiyon kinetiği ve reaktör tasarımı prosesleri
- Nötralizasyon
- Flotasyon (yüzdürme) işlemleri
- İyon değişimi prosesleri
- Adsorbsiyon (tutunma) prosesleri
- Membran prosesleri
- Koagülasyon (Pıhtılaştırma)-Flokülasyon (yumaklaştırma) prosesleri
- Elektrokoagülasyon prosesleri
- Dezenfeksiyon (klorlama)
- Kimyasal oksidasyon
- (Su) İyileştirme/sertlik giderme/yumuşatma prosesleri
- Kimyasal çöktürme prosesleri- berraklaştırma

Kimyasal proses endüstrileri ise su saflaştırma, enerji ve yakıtlar (nükleer enerji endüstrisi de dahil), kömür kimyasalları, yakıt gazları, endüstriyel gazlar, seramik endüstrileri, ‘portland çimentoları, kalsiyum ve magnezyum bileşikleri’, ‘tuz ve çeşitli sodyum bileşikleri (cam endüstrileri de dahil)’, klor alkali endüstrileri, elektrolitik endüstrileri, ‘koku, tat (aroma) veren maddeler, kozmetik ve gıda katkıları’, sabun ve deterjan endüstrisi, yüzey kaplama endüstrisi, şeker ve nişasta endüstrisi, fermantasyon endüstrisi, plastik endüstrisi, lastik ve kauçuk endüstrileri, siklik ara ürünler ve boyalar, ilaç (farmosötik) endüstrileri olarak derlenip sunulmuştur.

Uluslararası bir kodlama sistemi olan NACE (Nomenclature générale des Activités économiques dans les Communautés Européennes-Avrupa Topluluklarında Ekonomik Faaliyetlerin Genel Sınıflandırması) kodlamasına göre tüm ekonomik faaliyetler sınıflandırılmıştır. Kimyasal proses endüstrilerini de kapsayan bu sınıflandırma, veri tabanı çalışmasında kullanılarak sektörde yer alan faaliyet grupları arasında karşılaştırma yapılmasına olanak sağlanmıştır. NACE sınıflandırmasına göre faaliyet grupları Ek-3'te yer almaktadır.

Kimyasal proses endüstrilerinde kullanılan ekipmanlar ile ilgili Center for Chemical Process Safety (CCPS) tarafından yayımlanan 'Proses Ekipmanı Güvenilirlik Verileri (Veri Tabloları ile) için Kılavuz'da bir taksonomi yapılmıştır (CCPS, 1989: 289). Bu taksonomide yer alan proses ekipmanları ana hatları ile aşağıda listelenmiştir.

- Elektrikli ekipmanlar
- Enstrümantasyonlar
- Proses Ekipmanları
- Koruma Sistemleri
- Yardımcı Programlar

Her bir ana kategori kendi içerisinde sistematik bir şekilde alt kategorilere ayrılmıştır. Örnek olarak, elektrikli ekipman kategorisinde motorlar, güç şartlandırma ve koruma cihazları ve güç üretimi olmak üzere üç adet ikincil alt kategori bulunmaktadır. Benzer şekilde her bir ikincil kategori de üçüncül alt kategorilere ayrılmıştır. Elektrikli ekipman ve alt kategorileri ile ilgili örnek Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Elektrikli ekipman kategorileri

1	Elektrikli ekipman		
	1.1	Motorlar	
		1.1.1	Alternatif akım
		1.1.2	Doğru akım
	1.2	Güç şartlandırma ve koruma cihazları	
		1.2.1	Piller/pil bankaları
		1.2.2	Pil şarj cihazları
		1.2.3	Devre kesiciler
		1.2.4	Çeviriciler
		1.2.5	Elektrokimyasal işleme doğrultucu
		1.2.6	Sigortalar
		1.2.7	Röleler
		1.2.8	Transformatörler/ Trafolar
		1.2.9	Kesintisiz güç kaynağı
	1.3	Güç üretimi	
		1.3.1	Acil durum jeneratörü
		1.3.2	Ana güç jeneratörü

Yukarıdaki sınıflandırma temel alınmış, proses ölçüm kontrol fonksiyonları ve proses ekipmanlarının sembolik gösterimi ile ilgili BS 1646 standardında yer alan proses ekipmanları incelenmiş ve sanayide sıklıkla kullanılan ekipmanlar sınıflandırmaya eklenerek 7 ana grup içeren yeni bir proses ekipman listesi hazırlanmıştır. Hazırlanan proses ekipmanı derleme çalışması, tasarlanan büyük endüstriyel kaza veri tabanı alt yapısında kullanılmış olup Ek-4'te sunulmuştur. Bu liste sayesinde büyük endüstriyel kazaların en çok hangi proses ekipmanında meydana geldiği, hangi ekipman arızası kaynaklı olduğu gibi bilgilere ulaşılacaktır. Bu bilgiler neticesinde ise işletmelerin ekipmanlarla ilgili, satın alma, bakım, periyodik kontrol gibi süreçlerde düzenlemeler yapması kaçınılmaz olacaktır. Uzun vadede ise veri tabanındaki veriler kullanılarak her bir ekipman için arıza olasılık değerleri hesaplanması mümkündür.

Kimyasal prosesler, proses endüstrileri ve proses ekipmanları ile ilgili bilgilendirme yapıldıktan sonra bunlarla birlikte, kök nedenlerin oluşturulması için hangi bilgilerin gerekli olduğunu belirlerken dikkate alınabilecek diğer alanlar şunlardır (DOE, 1992):

- Olayla ilgili faaliyetler,
- İlk defa meydana gelen veya tekrarlayan olaylar/sorunlar,
- Rutin ve rutin olmayan iş faaliyetleri,
- İşletme modu,
- Olayla ilişkili donanım (ekipman/malzeme) veya yazılım sorunları,
- Koruma/güvenlik sistemleri,
- Son idari program veya ekipman değişiklikleri,
- Yönetim kararları, prosedürler veya talimatlar,
- Olay ile ilgili özneler,
- Fiziksel çevre veya koşullar,
- Dış olaylar.

Bu hususların tüm endüstrileri kapsamasının mümkün olmadığı düşünüldüğünde bunların dışında olay özelinde dikkate alınması gereken alan/konular ayrıca araştırılmalıdır.

Bir tesisin işletme modu, tesiste yaşam döngüsünün işletme ve bakım aşamaları sırasındaki herhangi bir işletme evresi olarak tanımlanmaktadır. İşletme modları; başlatmaya hazırlık, başlatma, ilk çalıştırma, normal çalıştırma, geçici çalıştırma, kapatma, geçici kapatma, yıllık bakım için kapatma, acil kapatma, acil durum kapatmasından kurtarma, ürün geçişleri, envanterden çıkarma ve temizleme, ekipman temizleme ve dekontaminasyon, bakım için hazırlama, bakım ve benzeri faaliyetleri içerir. Bunlarla birlikte bir elektrik kesintisinden kurtarma ve soğutma suyu veya cihaz havası gibi diğer hizmetlerin arızalanması gibi operatörler tarafından sıklıkla karşılaşılan diğer rutin olmayan koşullar da işletme modları arasında düşünülmelidir (CCPS, 2007).

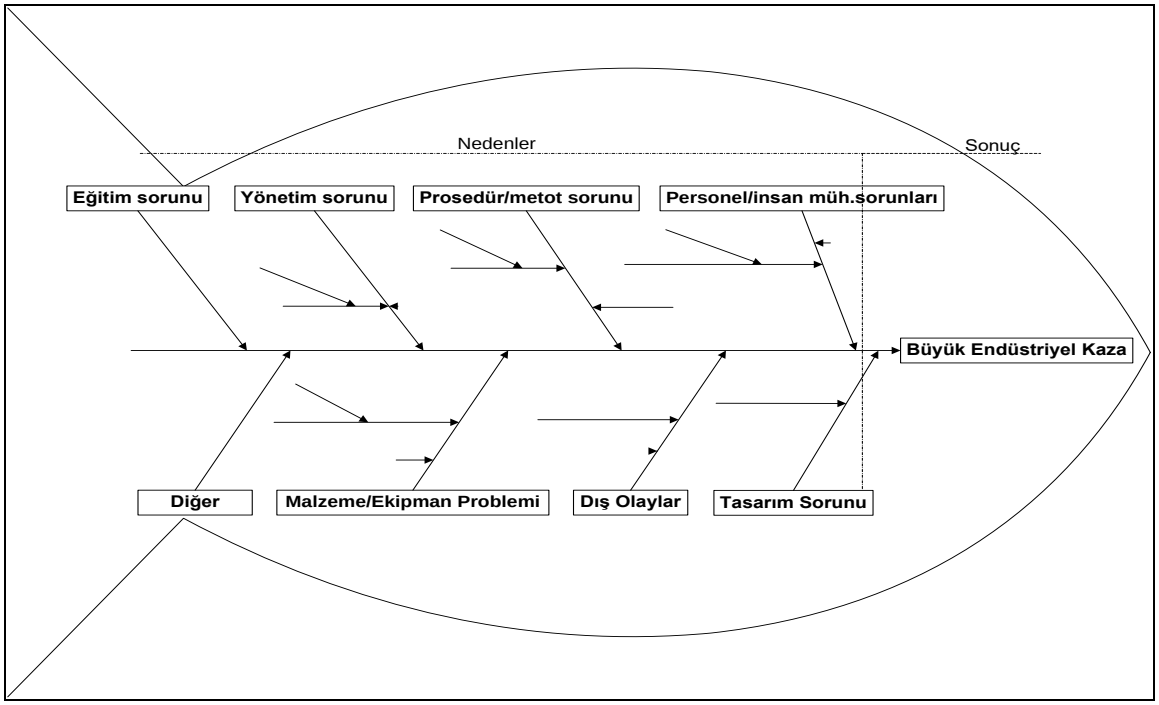
İşlem basamakları önceki bölümde anlatılan kök neden analizi çalışmalarında kazaya sebep olan faktörler direk neden, katkıda bulunan neden ve kök neden olarak üç bölümde düşünülebilmektedir. Direk neden, doğrudan olaya neden olan sebeptir. Örneğin, bir sızıntı olması durumunda, direk neden sızan bileşen veya ekipmandaki sorun olabilir. Katkıda

bulunan neden, bir olayın meydana gelmesine katkıda bulunan, ancak kendi başına bu olayın meydana gelmesine neden olmayan bir neden olarak tanımlanmaktadır. Örneğin, bir sızıntı olması durumunda, sızıntı tespiti ve müdahalesi konusunda yeterli operatör eğitiminin olmaması, aksi takdirde meydana gelebilecek olandan daha ciddi bir olayla sonuçlanmasına katkıda bulunan bir neden olabilir. Kök neden ise düzeltilmesi durumunda bu ve benzeri olayların tekrarını önleyecek olan sebeptir. Kök neden yalnızca bu olay için geçerli değildir, geniş bir olası olaylar grubu için genel çıkarımlara sahiptir ve nedenin mantıksal olarak tanımlanıp düzeltilebilen en temel yönüdür. Tanımlanabilecek, biri diğerine yol açan bir dizi neden olabilir. Bu seri, düzeltilebilir kök neden tespit edilene kadar takip edilmelidir. Örneğin, bir sızıntı olması durumunda, kök neden yönetimin bakımın etkin bir şekilde yönetilmesini ve kontrol edilmesini sağlamaması olabilir. Bu kök neden, bir bileşen üzerinde uygun olmayan conta malzemesinin kullanılmasına veya önleyici bakımın kaçırılmasına ve sonuçta sızıntıya yol açmış olabilir (DOE, 1992).

Kazaya sebep olan faktörler; nedensel faktör tipi, kök neden kategorisi, yakın kök neden ve kök neden olarak da kategorize edilmiştir. Nedensel faktör zincirinin herhangi bir yerinde direk, katkıda bulunan veya kök neden ortaya çıkabilir; yani bir kök neden, bir operatör hatası olabilirken, bir yönetim sorunu, oluşumun niteliğine bağlı olarak direk neden olabilir. Ayrıca olaya özgü olarak, bir faktörün tek bir alt nedeni de olabilir. Örnek olarak, dış olaylar faktörü için her hangi bir katkıda bulunan neden olmaksızın doğa olayları kök neden olarak düşünülebilir.

Literatürde çeşitli kaynaklarda farklı sektörlere ilişkin kök neden analizi çalışmaları yapılmış ve kök neden tabloları oluşturulmuştur. Amerika Enerji Departmanı tarafından yayımlanan rehberde (DOE, 1992), 7 ana neden kategorisi toplamda 32 alt kategoriye ayrılmıştır. Süreç İyileştirme Enstitüsü tarafından Amerika Enerji Departmanı'nca yayımlanan başka bir rehber baz alınarak oluşturulan kök neden tablosunda (PII, 2003), 5 nedensel faktör tipi, 9 kök neden kategorisi, 34 yakın kök neden kategorisi ve toplamda 138 kök neden yer almaktadır. Bunlarla birlikte bu çalışmanın 2.2.3 ve 2.3.3 numaralı literatür araştırması bölümlerinde yer alan makaleler ile konu ile ilgili mevzuat maddeleri incelenip, derleme çalışması yapılarak yeni bir kök neden listesi oluşturulmuştur. Büyük endüstriyel kazalar için oluşturulan bu kök neden listesi Ek-5'te yer almaktadır.

Büyük endüstriyel kazaların meydana gelmesine sebep olan nedensel faktör tipleri; personel/insan faktörleri mühendisliği sorunları, malzeme/ekipman problemi, yönetim sorunu, tasarım sorunu, prosedür/metot sorunu, dış olaylar, eğitim sorunu ve diğer nedenler olmak üzere düzenlenmiştir. Bu faktör tipleri Şekil 3.2'de balık kılçığı diyagramı ile gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Büyük endüstriyel kazalara ilişkin balık kılçığı diyagramı

Bu nedensel faktör tiplerinin her biri kök neden kategorisi olarak alt kategorilere, kök neden kategorileri de yakın kök neden olarak alt kategorilere ve son olarak bunlar da kök nedenlere ayrılmaktadır. Oluşturulan kök neden listesinde, 8 nedensel faktör tipi, 10 kök neden kategorisi, 35 yakın kök neden kategorisi ve toplamda 233 kök neden yer almaktadır. Ek olarak bu sınıflamada yer almayan olaya özgü özel nedenler de daha sonradan listeye eklenebilir ve çalışma geliştirilebilir. Örnek olarak, Çizelge 3.3'te eğitim faktörüne ilişkin nedenler tablosu yer almaktadır.

Kök neden analizi sonucunda bulunan nedenlerin ortadan kaldırılması ve benzer olayların yaşanmaması için düzeltici/önleyici faaliyetler/eylemler belirlenmeli, planlı bir şekilde uygulamaya konulmalı ve takibinin yapılması gereklidir. Veri tabanı çalışmasında kullanılmak için de ayrıca kök neden listesinde yer alan nedenler için düzeltici/önleyici

faaliyetler/eylemler öneri çalışması yapılmış ve önerilen bu alınması gereken tedbirlerin mevzuatta hüküm bulunması durumunda yasal dayanağı belirtilmiştir. Her bir kök nedene en az bir adet öneri olacak şekilde toplam 344 adet öneri sunulmuştur. Örnek olarak, nedensel faktör tiplerinden eğitim faktörüne ilişkin öneri tablosu aşağıdaki Çizelge 3.4'te yer almaktadır. Bu çizelgede tek bir sayfada sunmak açısından sadece "eğitim yetersiz" yakın kök nedenine ilişkin öneriler sunulmuştur. Aynı zamanda bütün kök nedenlere ilişkin öneri listesi Ek-6'da belirtilmiştir.

Veri tabanı çalışmasında, sisteme giriş yapan kullanıcılar kazaya ait bilgileri ve kök nedenleri girdiğinde, yönetici onayından sonra seçilen her bir kök nedene ilişkin öneriler otomatik olarak ekranlarına gelecek şekilde yazılım ve tasarım yapılmıştır.

Çizelge 3.3. Eğitim faktörüne ilişkin nedenler tablosu

Nedensel Faktör Tipi	Kök Neden Kategorisi	Yakın Kök Nedenler	Kök Nedenler
Eğitim sorunu			
	Eğitim ve bilgilendirme		
		Eğitim yok	
			İş başı eğitimi yok
			Yeni risklere ilişkin eğitim yok
			İş sağlığı ve güvenliği eğitimi yok
			Mesleki eğitim yok
			İşe dönüş eğitimi yok
			İlave eğitim veya bilgi yenileme eğitimi yok
			Özel politika gerektiren, özel görevi bulunan çalışanların eğitimi yok
			Acil durumlar hakkında eğitim yok
			Eğitim öncesinde bireysel seviye tespiti yapılmamış
			Eğitim sonrası ölçme ve değerlendirme yapılmamış
			Eğitim planı, programı, kayıtları yok
			Yeterlilik standardı yok
			İş/görev analizi yapılmamış
			Eğitim vermeme kararı
			Eğitim gereksinimleri tanımlanmadı
			Bilgisizlik
			İhmal
		Eğitim yetersiz	
			Pratik veya uygulamalı eğitim yetersiz (tatbikat vb.)
			Eğitim içeriği yetersiz
			Yenileme eğitimi yetersiz
			Sunum veya materyaller yetersiz
			Eğitim süresi yetersiz
			Eğitmen nitelikleri yetersiz
			Eğitim planı, programı, kayıtları yetersiz/güncel değil/yanlış
			Yetersiz yeterlilik standardı
			İş/Görev analizi yetersiz
		Bilgilendirme yok/yetersiz	
			Her türlü görev, sorumluluk, değişiklik, riskler, önlemler vb. iş yeri çalışanlarına bildirilmedi/eksik bildirildi
			Her türlü görev, sorumluluk, değişiklik, riskler, önlemler vb. alt işveren çalışanlarına veya geçici çalışanlara bildirilmedi/eksik bildirildi

Çizelge 3.4. Eğitim faktörüne ilişkin öneriler tablosu

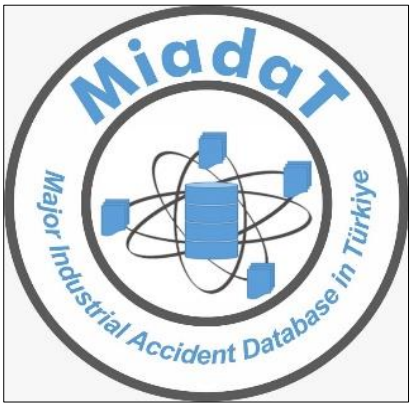
Kök Nedenler	Düzeltici/Önleyici Faaliyet Önerisi						
	Gözden Geçirilmesi Gereken GYS Unsuru	**Mevzuat Dayanağı**	**Dayanak Maddesi**	**Mevzuat Adı**	**Mevzuat Maddesi**	**Mevzuat Açıklaması**	**Diğer Öneriler**
Pratik veya uygulamalı eğitim yetersiz (tatbikat vb.)	Organizasyon ve personel	İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu	Madde 30	Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik	Madde 12.1	Eğitim, çalışanların kolayca anlayabileceği şekilde teorik ve uygulamalı olarak düzenlenir.	
Eğitim içeriği yetersiz	Organizasyon ve personel	İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu	Madde 30	Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik			Eğitim programının içeriği katılımcıların eğitim seviyelerine uygun, işe ve işyerine özgü, çalışanların bildikleri, tanıdıkları iş ve çalışma ortamı ögeleri kullanılarak hazırlanmalıdır.
Yenileme eğitimi yetersiz	Organizasyon ve personel	İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu			Madde 17.4	Herhangi bir sebeple altı aydan fazla süreyle işten uzak kalanlara, tekrar işe başlatılmadan önce bilgi yenileme eğitimi verilir.	Hangi durumlarda yenileme eğitimi verilmesi ile ilgili özel düzenlemeler yapılmalıdır. Verilen yenileme eğitiminin içeriği, katılımcıların eğitim seviyelerine uygun, işe ve işyerine özgü, çalışanların bildikleri, tanıdıkları iş ve çalışma ortamı ögeleri kullanılarak hazırlanmalıdır.
Sunum veya materyaller yetersiz	Organizasyon ve personel	İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu	Madde 30	Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik	Madde 5.1.b	İşveren, çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri ile ilgili; eğitimler için uygun yer, araç ve gereçlerin temin edilmesini sağlar.	
Eğitim süresi yetersiz	Organizasyon ve personel	İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu	Madde 30	Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik	Madde 11.1	Çalışanlara verilecek temel eğitimler, işin devamı süresince belirlenen düzenli aralıklar içinde; a) Az tehlikeli işyerleri için en az sekiz saat, b) Tehlikeli işyerleri için en az on iki saat, c) Çok tehlikeli işyerleri için en az on altı saat olarak her çalışan için düzenlenir.	Eğitim sürelerinin bütün olarak değerlendirilmesi esas olmakla birlikte bir saatten az olmamak kaydıyla işyerindeki vardiya ve benzeri iş programları da dikkate alınarak farklı zaman dilimlerinde de değerlendirilebilir.
Eğitmen nitelikleri yetersiz	Organizasyon ve personel	İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu	Madde 30	Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik	Madde 13	Eğiticilerin uzmanlık alanının eğitim konuları tablosunda yer alan konulara uygun olması şartı aranır.	Eğiticilerin uzmanlık alanının eğitim konuları tablosunda yer alan konulara uygun olması şartı arandığından eğiticilerin uzmanlık konularına dikkat edilmesi gerekmektedir.
Eğitim planı, programı, kayıtları yetersiz/güncel değil/yanlış	Organizasyon ve personel	İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu	Madde 30	Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik	Madde 10, 15	İşveren, düzenli aralıklar süresince eğitim faaliyetlerini gösteren yıllık, iki yıllık veya üç yıllık eğitim programlarının hazırlanmasını sağlar ve onaylar. (2) Eğitim programlarının hazırlanmasında çalışanların veya temsilcilerinin görüşleri alınır. (3) İşe yeni alımlarda veya değişen şartlara göre yeni risklerin ortaya çıkması durumunda yıllık eğitim programlarına ilave yapılır. (4) İlgili mevzuatın değişmesi veya çalışma şartlarına bağlı olarak yeni risklerin ortaya çıkması halinde yıllık eğitim programına bağlı kalmaksızın çalışanların uygun eğitim almaları sağlanır. (5) Yıllık eğitim programında, verilecek eğitimlerin konusu, hangi tarihlerde düzenleneceği, eğitimin süresi, eğitime kimlerin katılacağı, eğitimin hedefi ve amacı hususlarına yer verilir. Düzenlenen işe başlama eğitimi, temel eğitim, bilgi yenileme eğitimi, ilave eğitim ve benzeri tüm eğitimler belgelendirilerek çalışanın özlük dosyasında saklanır.	
Yetersiz yeterlilik standardı	Organizasyon ve personel	Meslekî Yeterlilik Kurumu ile ilgili Bazı Düzenlemeler Hakkında Kanun	Ek Madde 1			Tehlikeli ve çok tehlikeli işlerden olup, Kurumca standardı yayımlanan ve Bakanlıkça çıkarılacak tebliğlerde belirtilen mesleklerde, tebliğin yayım tarihinden itibaren on iki ay sonra bu Kanunda düzenlenen esaslara göre meslekî yeterlilik belgesine sahip olmayan kişiler çalıştırılamaz.	İlgili tebliğlerde yer alan mesleklerde mesleki yeterlilik belgesi alınması gerekmektedir. Herhangi bir mesleğe ait standart bulunmaması durumunda literatür araştırması yapılarak mesleğe ilişkin özelliklere göre eğitimler alınmalıdır.
İş/Görev analizi yetersiz	Organizasyon ve personel	İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu			Madde 4.1.ç	Çalışana görev verirken, çalışanın sağlık ve güvenlik yönünden işe uygunluğunu göz önüne alır.	İşyerinde yapılan veya ileride yapılacak olan tüm işler listelenmeli, her bir iş için detaylı iş analizi yapılmalıdır. İşin gereklilikleri, özellikleri, incelikleri belirlenir ve bundan sonra çalışanın görevleri, sorumlulukları, sahip olması gereken bilgi ve becerileri belirlenmeli ve eğitim dahil gereken eksiklikler tamamlanmalıdır.

3.4.2. Veri tabanı tasarımı ve geliştirilmesi

Bu çalışmada amaç, Türkiye'de meydana gelen büyük endüstriyel kazaların ve ramak kala olayların veri tabanı alt yapısında yer alan çeşitli verilerinin depolanmasını, depolanan veriler kullanılarak çeşitli kaza analizleri yapılmasını sağlayarak yararlı bilgiler elde etmek ve bununla birlikte büyük endüstriyel kazaların yaşanmasının önüne geçmektir. Aynı zamanda oluşturulan veri tabanının faydaları sonuç ve öneriler bölümünde ayrıca listelenmiştir. Veri tabanı alt yapısında bulunan verilerle, eğilimleri belirlemek, oran bulmak ve kaza ile ilgili temel soruların cevaplarını vermeye yönelik analizler yapılabilmektedir. Aynı zamanda sistem araştırmacılara filtreleme yapma imkânı da sağlamaktadır.

Sisteme veri girişi yapılması tüm kuruluşlar açısından önemlidir. Burada amaç kuruluşları suçlamak, deşifre etmek değil, yaşanmış kazalardan ve ramak kala olaylardan sistem ile alakalı geri bildirimler almak ve benzer/alakasız kazalar yaşanmasını önlemeye çalışmaktır. Sisteme veri girişi yapılırken kullanıcılar başka bir kuruluşa ait ticari sır niteliğindeki verilere ulaşamamaktadır. İlgili mevzuatta belirtilen bu tür veriler, sadece sistem arka planında işleyiş için gerekli olduğu kadar ve gerekli olduğu düzeyde tutulmaktadır.

Tasarlanan veri tabanı bilgi sistemi web sitesinin adı MiadaT olarak belirlenmiştir. MiadaT, Major Industrial Accident Database in Türkiye öbeğinin baş harflerinden oluşmaktadır. MiadaT için bir logo tasarlanmış olup Resim 3.1' de belirtilmiştir. Logo tasarımı için MS Word ve Corel Draw programları kullanılmıştır.



Resim 3.1. MiadaT logo tasarımı

Veri tabanı çalışmalarında “birim/entity” kaydı tutulması istenilen ve ayırt edici özellikleri olan herhangi bir şey olarak düşünülebilir. Örnek olarak, bu çalışmada sisteme kayıt edilecek herhangi bir büyük endüstriyel kaza veya kuruluş birim olarak tanımlanabilir. Bir biriminin niteliklerine “özellik/attribute” denilir ve ait olduğu birimin sistemde kayıt ettirilmesi veya saklanması istenilen özellikleridir. Bu çalışmada birimlere ait çeşitli özellikler yer almaktadır. Bunlar aşağıda belirtilmiştir.

A. Kuruluş Bilgileri

1. Kayıt ID/ Kullanıcı

Her bir kayda 1’den başlayarak verilen sıra sayısıdır. Kullanıcı bilgisi hangi kullanıcının kuruluş bilgisini girdiğini gösterir.

2. Kuruluş NACE Kodu (Bkz. Ek-3)

İki haneli NACE kodu girişi yapılacaktır. NACE kodu ile ilgili raporlamada istatistiki veri alınacaktır. (sektör/endüstri türü)

3. Kuruluş belgesi

Kuruluş yetkilisi tarafından gerçek bir firma olduğunu gösterir belge yüklenecektir.

4. Kuruluş adı/unvanı

Sistemde yer alacak ancak diğer kullanıcılara açıklanmayacaktır. Aynı kuruluş kendi verilerini görebilecektir.

5. Kuruluş adresi

Sadece il bilgisi sistemde yer alacaktır.

İl bazında kaza sayısı bilgisi ile ilgili istatistiki veri çekilebilir şekilde kayıt ve raporlama olacaktır.

6. Kuruluş tipi

Yönetmelik temel alınarak işaretleme yapılacaktır. (Alt seviyeli, üst seviyeli, kapsam dışı)

7. Kuruluşun faaliyete geçiş tarihi

Kaza tarihi ile kuruluşun faaliyete geçiş tarihi arasında geçen zaman hesaplanabilecek ve istatistiki veri alınabilecektir.

8. İşletme ölçeğinin etkisi (çalışan sayısı)

Çalışan sayısı ile ilgili 10’dan az, 10-49 kişi ve 50 ve daha fazla olarak kategorileştirilerek veri raporlanacaktır.

B. Kaza Bilgileri

1. Bildirim türü

Bildirim kriterini sağlayan kaza/bildirim kriterini sağlamayan kaza/ramak kala olay seçeneklerinden biri seçilir.

2. Kaza açıklaması
3. Kuruluş adı/unvanı

4. Kazanın meydana geldiği il
5. Kaza belgesi

Kullanıcı olayın gerçek bir kaza veya olay olduğunu kanıtlar nitelikte belge sunacaktır.

6. Kaza türü (Sonuç/Tehlikeli olay/senaryo tanımları)
    6.1. Yangın
        6.1.1. Yangın
        6.1.2. Havuz/Birikinti yangınları (Pool fire)
        6.1.3. Flaş yangınları (Flash fire)
        6.1.4. Ateş topu yangını (Fireball fire/bleve)
        6.1.5. Jet yangınları (Jet fire)
        6.1.6. Tank (taşma/köpürme) yangınları (Tank fire-Boil over)
    6.2.Patlama
        6.2.1. Patlama (aşırı basınç artışı)
        6.2.2. Kaynayan sıvının genleşen buharının patlaması (Bleve-Boiling liquid expand vapor explosion)
        6.2.3. Buhar bulutu patlaması (VCE/UVCE)
        6.2.4. Toz patlaması (Dust explosion)
    6.3.Yayılım
        6.3.1. Toksik bulut
        6.3.2. Yanıcı gaz veya sıvının tutuşmayan salınımı
    6.4.Şarapnel şeklinde fırlama (missiles)
    6.5.Asfiksi: Operatörün boğulmasına neden olan kapalı alana erişim
    6.6.Diğer/Ramak kala olay

Kaçar tane olduğu istatistiki bilgi için saydırılacaktır.

7. Kaza tarihi ve saati

Takvim olacak ve saat otomatik seçim olacak, kaydedilip yıl ve saat istatistiki veri alınabilecektir.

8. Mesai başlama saati ve dakikası

Kaydedilip, kazanın kaçıncı saat diliminde meydana geldiği hesaplanabilecektir.

9. İşveren türleri arasındaki kaza (kazalı alt işveren çalışanı/asıl işveren çalışanı)
10. İşletme modu/çalışma durumu/kaza sırasında yapılan iş
    10.1. Başlatmaya hazırlık
    10.2. Başlatma
    10.3. İlk çalıştırma (devreye alma)
    10.4. Normal çalıştırma
    10.5. Geçici çalıştırma
    10.6. Kapatma
    10.7. Geçici kapatma
    10.8. Yıllık bakım için kapatma
    10.9. Acil kapatma
    10.10. Acil durum kapatmasından kurtarma
    10.11. Ürün geçişleri
    10.12. Envanterden çıkarma

10.13. Temizleme
10.14. Dekontaminasyon
10.15. Bakım için hazırlama
10.16. Bakım
10.17. Nakliye
10.18. Elleçleme
10.19. Kalibrasyon
10.20. Yükleme/boşaltma faaliyetleri
10.21. Diğer
10.22. Bilinmiyor

11. Kaza kök nedenler seçimi (Bkz. Ek-5)

Kök nedenler listesinden kategoriler, alt kategoriler, alt alt kategoriler tanımlı halde gelmekte, seçile seçile kök nedene kadar gidilebilmekte, istatistiki olarak kaydedilip, veri alınabilmektedir. Birden fazla kök neden seçimine imkân tanınmaktadır.

12. Kazaya dâhil olan proses ekipmanları (Bkz. Ek-4)

Proses ekipmanı listesinden seçim(ler) yapılabilmektedir.

13. Kazaya dâhil olan tehlikeli madde tipleri

13.1. Toksik
13.2. Oksitleyici gazlar
13.3. Oksitleyici sıvılar ve katılar
13.4. Patlayıcı
13.5. Alevlenir katılar
13.6. Alevlenir gazlar
13.7. Alevlenir sıvılar
13.8. Alevlenir aerosoller
13.9. Piroforik sıvılar ve katılar
13.10. Kendinden reaktif maddeler ve karışımlar ile organik peroksitler
13.11. Suyla şiddetli reaksiyona giren
13.12. Başka bir maddeyle şiddetli reaksiyona giren
13.13. Çevre için zararlı
13.14. Metaller için aşındırıcı
13.15. Basınç altındaki gazlar
13.16. Diğer
13.17. Bilinmiyor

14. Kazaya karışan maddelerin bulunma şekli

14.1. Ham madde
14.2. Ürün
14.3. Yan ürün
14.4. Ara ürün
14.5. Atık ürün
14.6. Karışım
14.7. Reaktifler
14.8. Kimyasallar

14.9. Katalizör
14.10. Yakıtlar
14.11. Diğer
14.12. Bilinmiyor

15. Ateşleme Kaynakları
15.1. Kendiliğinden tutuşma
15.2. Yüksek yüzey sıcaklığı
15.3. Alev/Ateş
15.4. Sürtünme/Şok
15.5. Elektriksel kıvılcım
15.6. Mekanik kıvılcım
15.7. Statik elektrik
15.8. Yanıcı madde
15.9. Elektromanyetik alan
15.10. Yıldırım
15.11. Kaynak/kesme işlemleri
15.12. Sabotaj
15.13. Hatalı ısıtıcı kullanımı
15.14. Dışarıdan sirayet
15.15. Sigara kullanımı
15.16. Kimyasal reaksiyon sonucu kontrolsüz ısı artışı
15.17. Diğer
15.18. Bilinmiyor

16. Kaza sonucu
Ölüm sayısı, yaralanma sayısı, tahliye, maddi hasar, çevreye hasar.

C. Öneri listesi (alınması gerekli önlemler, tavsiyeler, yönetmelik maddeleri) (Bkz. Ek-6)

MiadaT büyük endüstriyel kaza veri tabanı bilgi sistemi için; veri tabanı oluşturma ve yönetme işlerinde MS SQL Server Management ve MS SQL Server Studio 2019, web tasarımı ve web sitesi yapımında Visual Studio Community 2022 kullanılmıştır.

MiadaT büyük endüstriyel kaza veri tabanı bilgi sistemi bir MVC (Model View Controller) mimari desenli proje olarak oluşturulmuştur. Bu bilgi sistemini oluşturmak için yapılan işlemler Çizelge 3.5'te sıralanmıştır.

Çizelge 3.5. Bilgi sistemini oluşturmak için yapılan işlemler

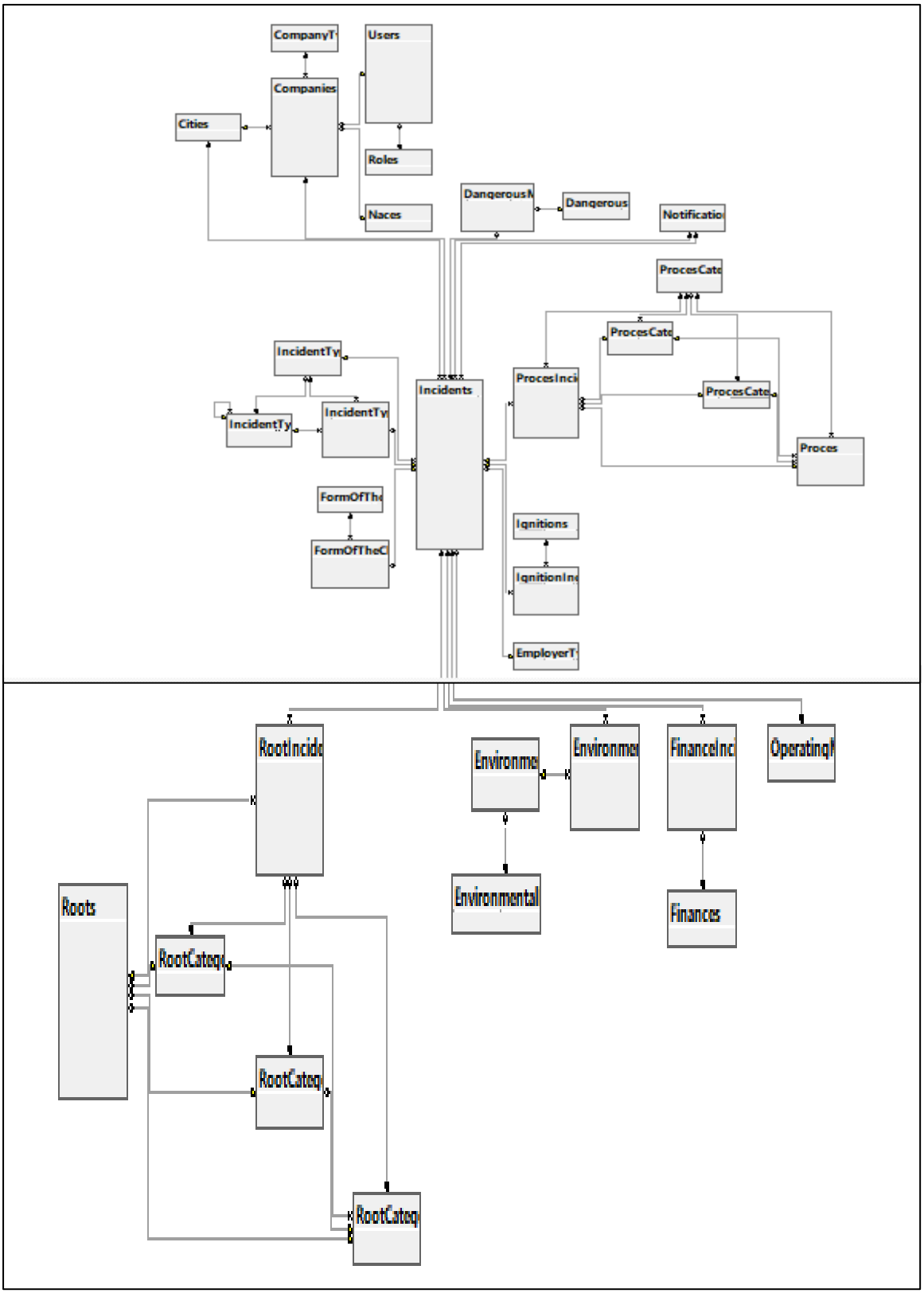
GÖREV	YAPILAN İŞLEMLER
MVC, entity framework yapısının oluşturulması	Visual Studio programında Asp.Net Web Applicaition ile .Net Framework projesi oluşturuldu.
Template araştırılması	BootstrapMade sayfasından uygun template bulundu. İnternet araştırması yapılarak bir admin panel template'i bulundu.
Template'in eklenmesi ve çalışır hale getirilmesi	Template'e ait dosyalar projeye aktarıldı ve tüm href, src linkleri kullanılacak adreslere göre güncellendi. Template'in çalışır hale gelmesi için öncelikle ana Index belirlenip Index sayfasından bazı elemeler yapıldı. Bu elemeler neticesinde tüm sayfaların içinde bulunacak olan Layout sayfası oluşturuldu. Layout sayfasında önce kullanılacak olan Navbar yapısı ve Footer kodları belirlenerek sayfaya enjekte edildi. Renderbody ile Layout sayfasına viewler yüklendi.
Model nesnelerinin sistematik şekilde adlandırılması	Kullanılacak Model'ler oluşturup ForeignKey bağlantıları yapıldı, içermesi gereken bilgiler aktarıldı.
Controller'ların oluşturulması	Kullanılan modeller neticesinde Controller'lar oluşturulup isimlendirilmesi yapıldı ve bu Controller'ların barındırdığı sayfalar tek tek oluşturuldu. Sayfalara modeller çağırılıp gerekli ilişkilendirilmeler yapıldı. Controller'ların yazım ve test işlemleri gerçekleştirildi.
Veri tabanı oluşturma ön işlemleri	Veri tabanı işlemleri için WebConfig sayfasında yapılması gereken birkaç adım mevcuttur. <connectionstring> html adıyla Database adı vs. tanımlandı. Tüm sayfalardaki veri işlemlerinde kullanılan DataContext yapısı burada tanımlandı. Authentication ile kullanıcı girişi işlemi tamamlandı. RolManeger ile rollere göre işlemler yapılması sağlandı.
Veri tabanının oluşturulması	Projede kullanılması gereken veri tabanı için modeller sayfasına bir Datacontext modeli oluşturuldu. Bu Datacontext modelinin içinde dbset kodu ile modeller database'e set edildi. DbModelBuilder metodu ile modeller arası bire-bir, çoka-çok ve bire-çok bağlantılar kuruldu.
Migration işlemleri	Package Manager Console'dan migration yapısı çağırıldı. 1-)enable-migrations 2-)add-migration … 3-)update-database yapılarak veri tabanı oluşturuldu.
Veri tabanındaki tablolar	Bazıları Cities, Companies, Incident, Naces, Roots, Roles olmak üzere toplam 34 adet tablo oluşturuldu.
Sayfaların ön tasarımı	Controller'daki action result'ta bulunan sayfalar oluşturuldu ve Layout tasarımları yapıldı.
CRUD işlemleri (create, read, update, delete)	Kayıt, giriş, çıkış, şifre değiştirme, profil görüntüleme ve düzenleme, veri tabanındaki kullanıcı ve yönetici için tabloların gerekli CRUD işlemleri (oluşturma/ekleme, okuma, güncelleme, silme) ayrı ayrı kodlandı. Silme işleminde, veri güvenliği açısından veriler silinmeyip tutuldu fakat ön tarafa yansıtılmadı.

Bilgi sisteminde yer alan birimler arasındaki mantıksal etkileşimleri veya ilişkileri gösteren diyagramlar birim ilişki diyagramı olarak tanımlanmaktadır. Birim ilişki diyagramının bileşenleri birim ve ilişki olarak düşünülebilir.

Bir birim, bir çevresel veri ya da kaynak olabilir. Örneğin, kişi, yer, müşteri, depo, parça, ürün, ekipman, sipariş vb. hepsi birer birimdir. Birimler, birim ilişki diyagramında dikdörtgen sembolüyle ifade edilirler. Özellik ise, herhangi bir birime ait durumlardır. Örneğin, müşteri no, müşteri adı, müşteri adresi vb. durumlar, müşteri biriminin özellikleri olarak ifade edilebilirler. Bir ilişki, iki ya da daha fazla veri birimi arasındaki mantıksal etkileşimdir. İlişkiler, birim ilişki diyagramlarında eşkenar dörtgen sembolü ile ifade edilirler. İki birim arasında genellikle 3 ilişkiden bahsedilmektedir (Gökçen, 2007: 148-153). Bunlar:

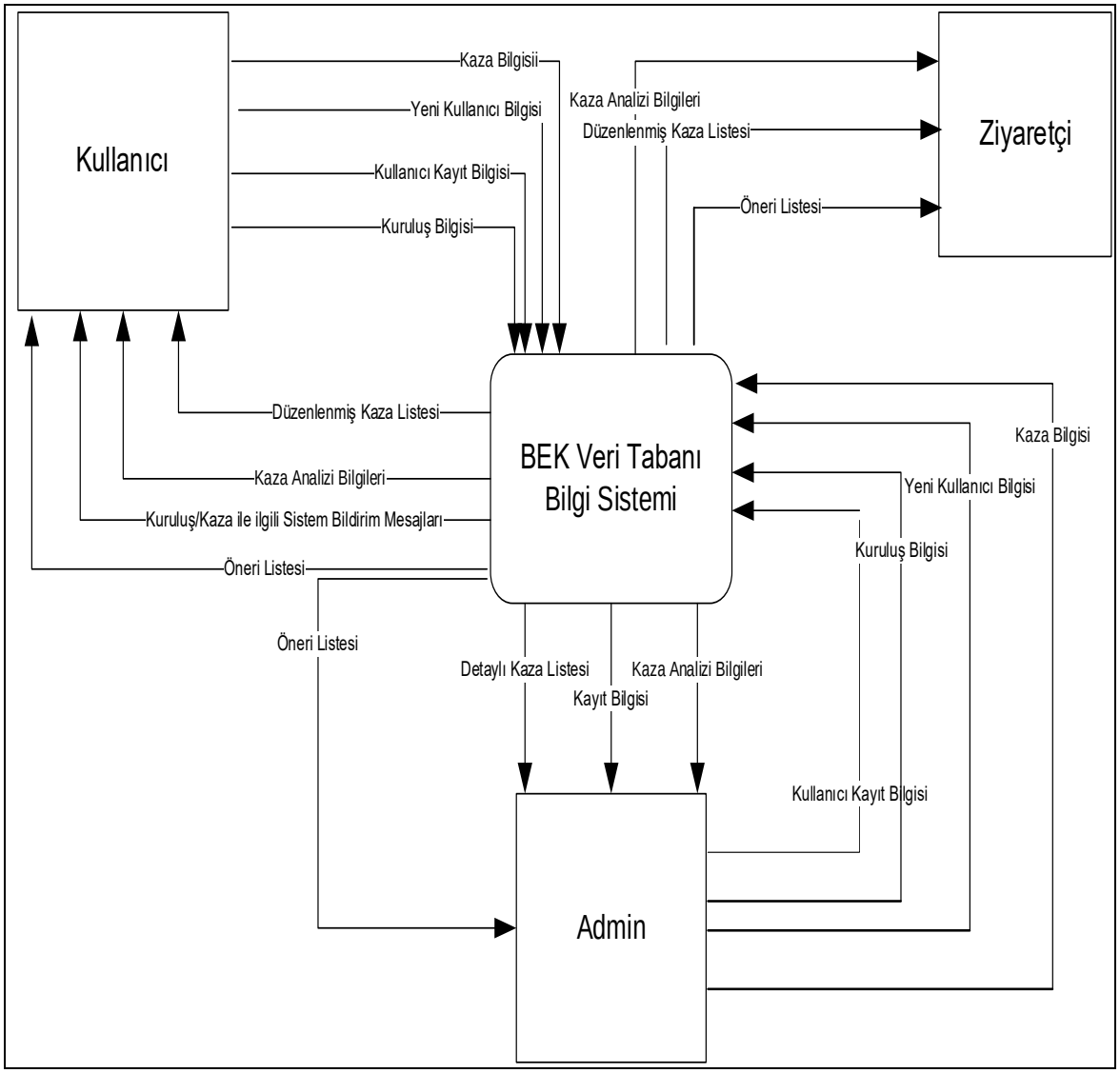
- Bire-bir ilişki (1:1)
- Bire-çok ilişki (1:M)
- Çoka-çok ilişki (M:M)

Geliştirilen büyük endüstriyel kazalar veri tabanı sistemine ait birim ilişki diyagramı MS SQL Server Studio 2019 programından çekilerek Şekil 3.3’te sunulmuştur.



Şekil 3.3. Birim ilişki diyagramı

MiadaT veri tabanı bilgi sistemine ilişkin veri akış diyagramının en üst düzeyi (0 seviye veri akış diyagramı) olan kaba ilişki diyagramı Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



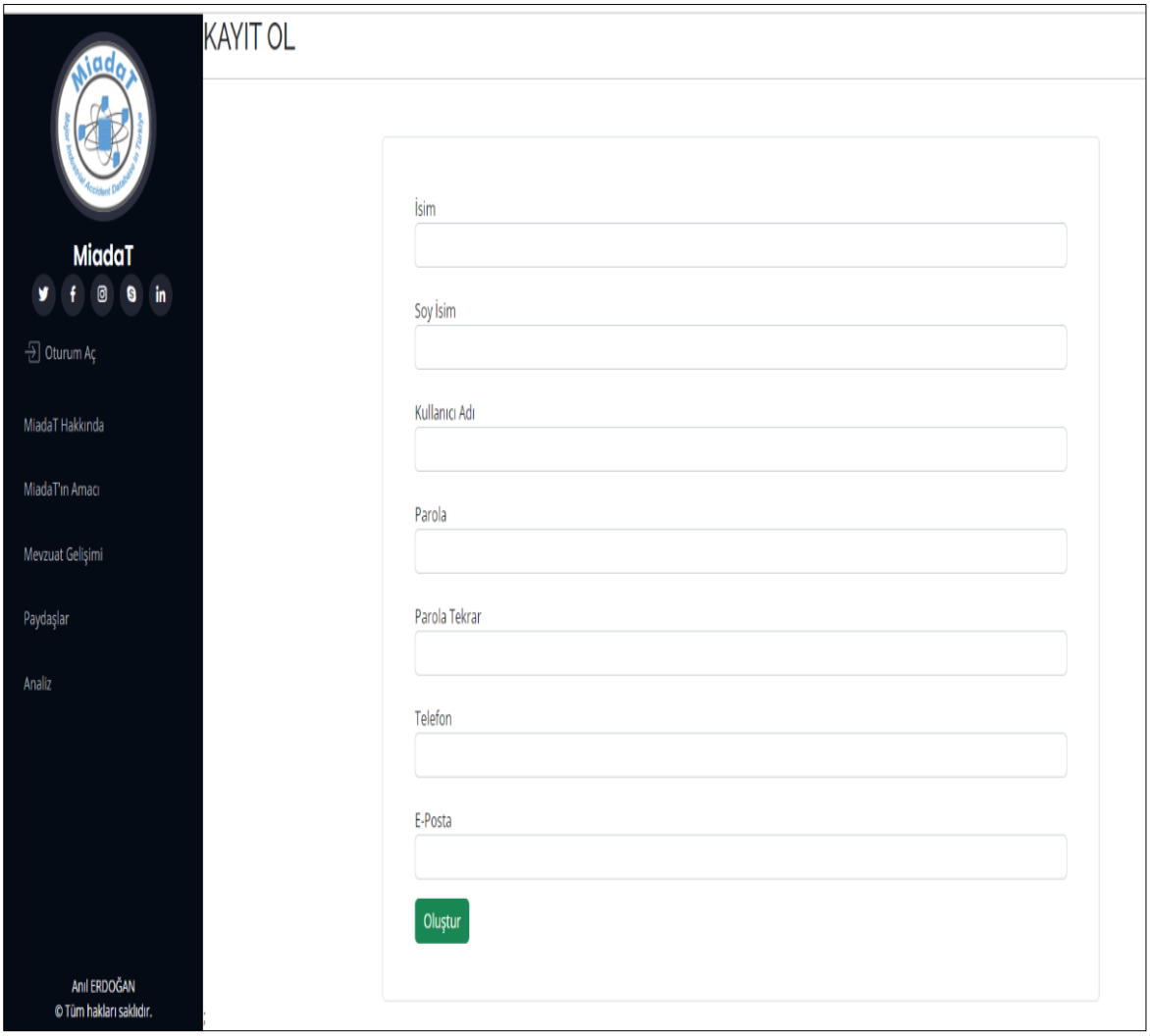
Şekil 3.4. Kaba ilişki diyagramı

Büyük endüstriyel kaza veri tabanı ana sayfa içeriğinde; MiadaT hakkında genel bilgi ve MiadaT'ın amacı, Türkiye'de büyük endüstriyel kazalarla ilgili mevzuatının gelişimi, analiz, paydaşlar ve login bölümleri yer almaktadır. MiadaT veri tabanının ana sayfası Resim 3.2'de gösterilmiştir.

Resim 3.2. MiadaT ana sayfa ekran görüntüsü

Kaba ilişki diyagramında (Şekil 3.4) da görüldüğü üzere, sistemin etkileşimli olduğu dışsal birimler; kullanıcılar/üyeler (kuruluş ve kaza bilgilerini girmek üzere üyelik oluşturanlar), ziyaretçiler/araştırmacılar (üyelik oluşturmadan sistemi kullananlar) ve yönetici (admin) şeklindedir. Sistem dışsal birimlerden veri/bilgi alır veya bu birimlere veri/bilgi verir.

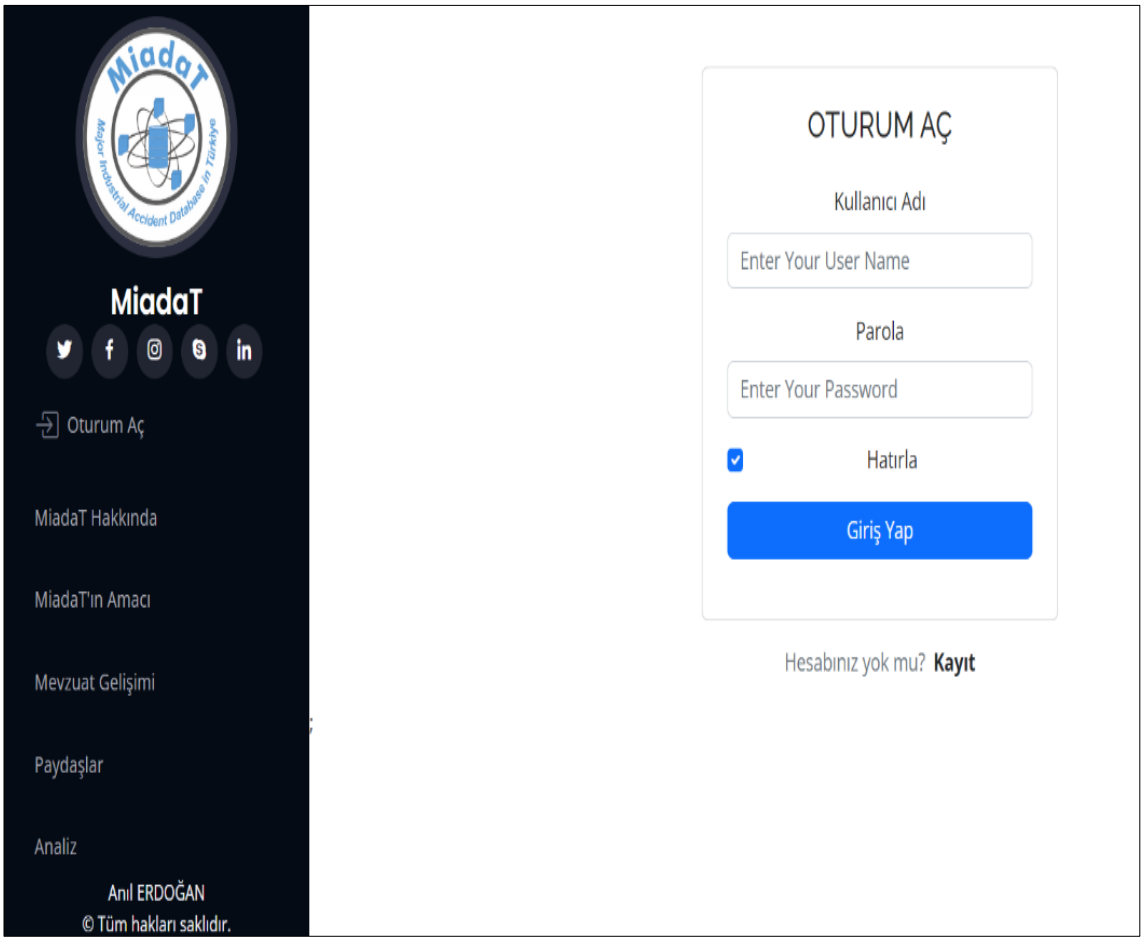
Herhangi bir ziyaretçi sisteme kuruluş bilgilerini girerek, kaza yüklemek istiyorsa üye olmak durumundadır. İnternet sitesinin üyelik oluşturma arayüzü Resim 3.3'te görülmektedir.



Resim 3.3. MiadaT üye kayıt arayüzü

MiadaT bilgi sistemi kullanıcı/üye dışsal biriminden (yeni) kullanıcı kayıt bilgilerini, kuruluş kayıt bilgilerini ve kaza bilgilerini almaktadır. Kullanıcıya öneri listesini, kaza analizi bilgilerini, düzenlenmiş kaza listelerini, kuruluş/kaza ile ilgili sistem bildirim mesajlarını göndermektedir. Sistem ziyaretçi/araştırmacı dışsal birimine öneri listesini, kaza analizi bilgilerini, düzenlenmiş kaza listelerini sunmaktadır. Yönetici ise kullanıcı/üye dışsal birimi ile aynı bilgileri sisteme girebilmekte ve bildirim mesajları dışında aynı bilgileri alabilmekte ve fazladan tüm kayıt bilgilerini alabilmektedir.

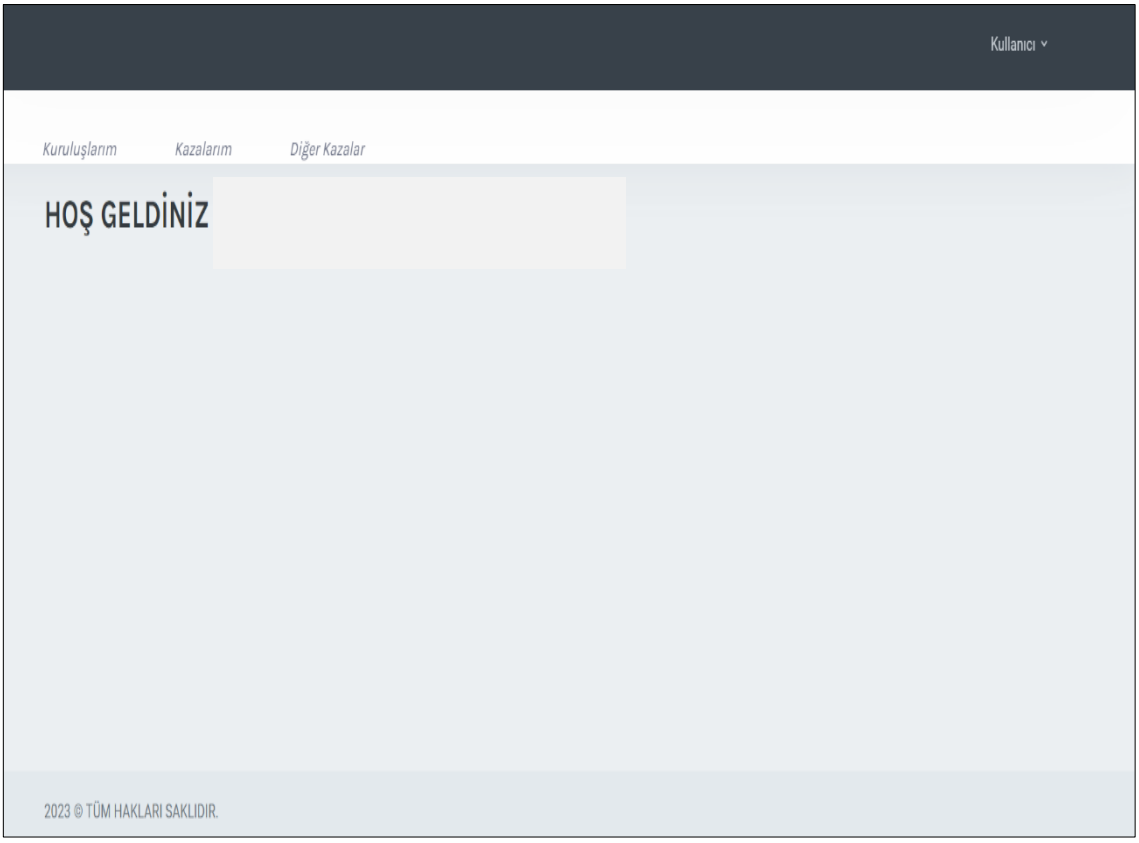
Sistem işleyişi genel olarak; üye kaydı yapan kullanıcı, sisteme girebilmek için oturum açar. Oturum açma arayüzü Resim 3.4'te gösterilmiştir.



Resim 3.4. MiadaT oturum açma arayüz görüntüsü

Yine bu sayfada oturum açma dışında hesabı olmayanlar için kayıt yaptırma linki de bulunmaktadır.

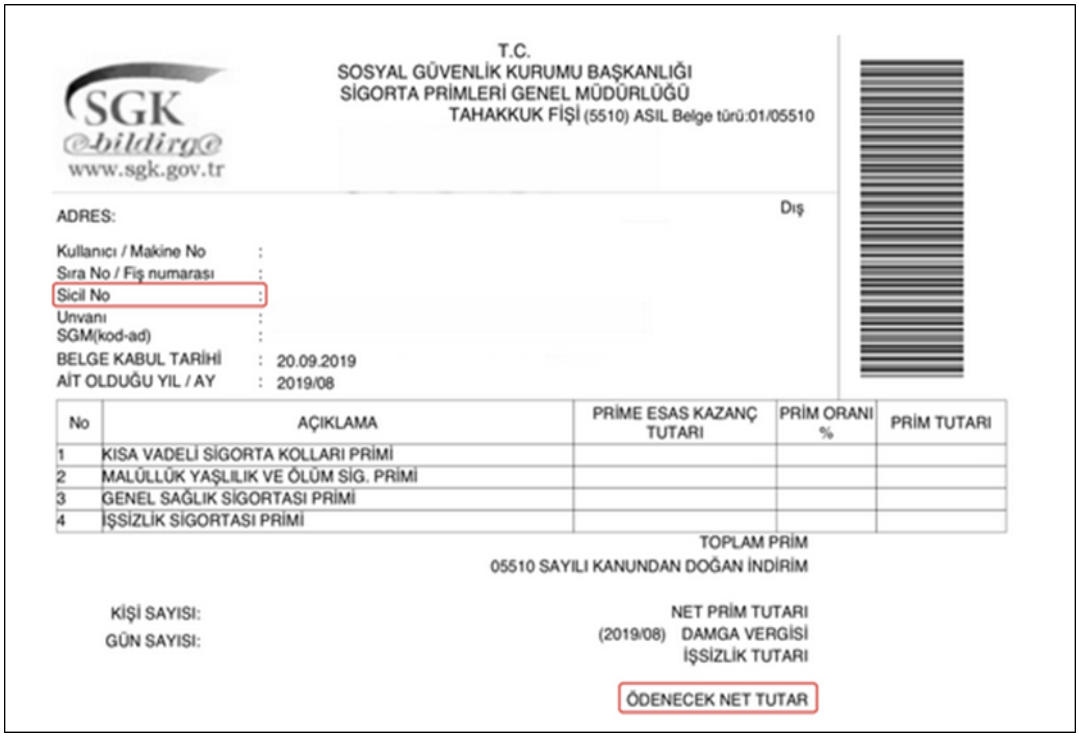
Oturum açma işleminden sonra kullanıcı arayüzünde yer alan menülerle işlem yapılabilir. Kullanıcıya ait arayüz Resim 3.5'te yer almaktadır.



Resim 3.5. MiadaT kullanıcı arayüzü

Üyeler “Kuruluşlarım” menüsünden kuruluş oluşturabilir, kuruluş bilgilerini yeniden düzenleyebilir, silebilir veya bu bilgilerin detaylarını görebilirler. Benzer şekilde “Kazalarım” menüsünden kaza oluşturabilir, kaza bilgilerini yeniden düzenleyebilir, silebilir veya bu bilgilerin detaylarını görebilirler. “Diğer Kazalar” menüsünden ise sistemde yer alan, yönetici tarafından onaylanmış ve kendi girdiği kazalar dışındaki kazalara ait listeye ulaşabilir, kaza detaylarını görebilir.

Kuruluş bilgilerini sisteme girerken, kötü niyetli kullanıma engel olmak için doğrulama yöntemi olarak üyeden gerçek bir kuruluş olduğunu gösterir tahakkuk fişi vb. herhangi bir belge (Resim 3.6) yüklemesi istenir.



T.C.
SOSYAL GÜVENLİK KURUMU BAŞKANLIĞI
SİGORTA PRİMLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
TAHAKKUK FİŞİ (5510) ASIL Belge türü:01/05510

SGK bildirge www.sgk.gov.tr

ADRES: Dış

Kullanıcı / Makine No :
Sıra No / Fiş numarası :
Sicil No :
Unvanı :
SGM(kod-ad) :
BELGE KABUL TARİHİ : 20.09.2019
AİT OLDUĞU YIL / AY : 2019/08

No	AÇIKLAMA	PRİME ESAS KAZANÇ TUTARI	PRİM ORANI %	PRİM TUTARI
1	KISA VADELİ SİGORTA KOLLARI PRİMİ			
2	MALÜLLÜK YAŞLILIK VE ÖLÜM SİG. PRİMİ			
3	GENEL SAĞLIK SİGORTASI PRİMİ			
4	İŞSİZLİK SİGORTASI PRİMİ			

TOPLAM PRİM
05510 SAYILI KANUNDAN DOĞAN İNDİRİM

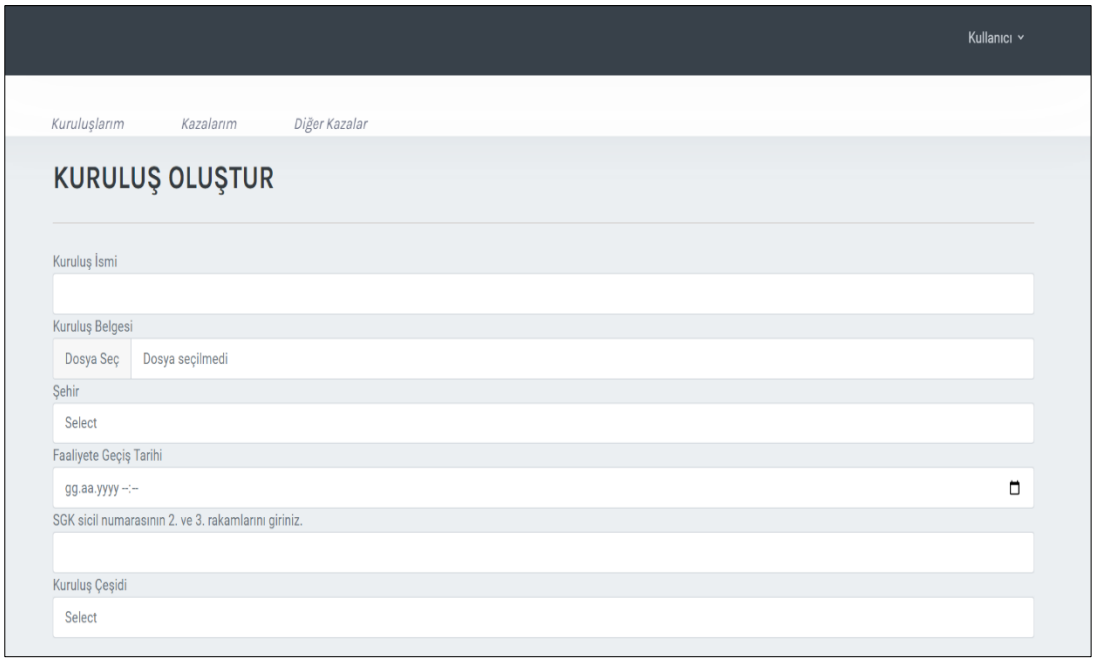
KİŞİ SAYISI:
GÜN SAYISI:

NET PRİM TUTARI
(2019/08) DAMGA VERGİSİ
İŞSİZLİK TUTARI

ÖDENECEK NET TUTAR

Resim 3.6. Kuruluş bilgilerini gösterir belge örneği

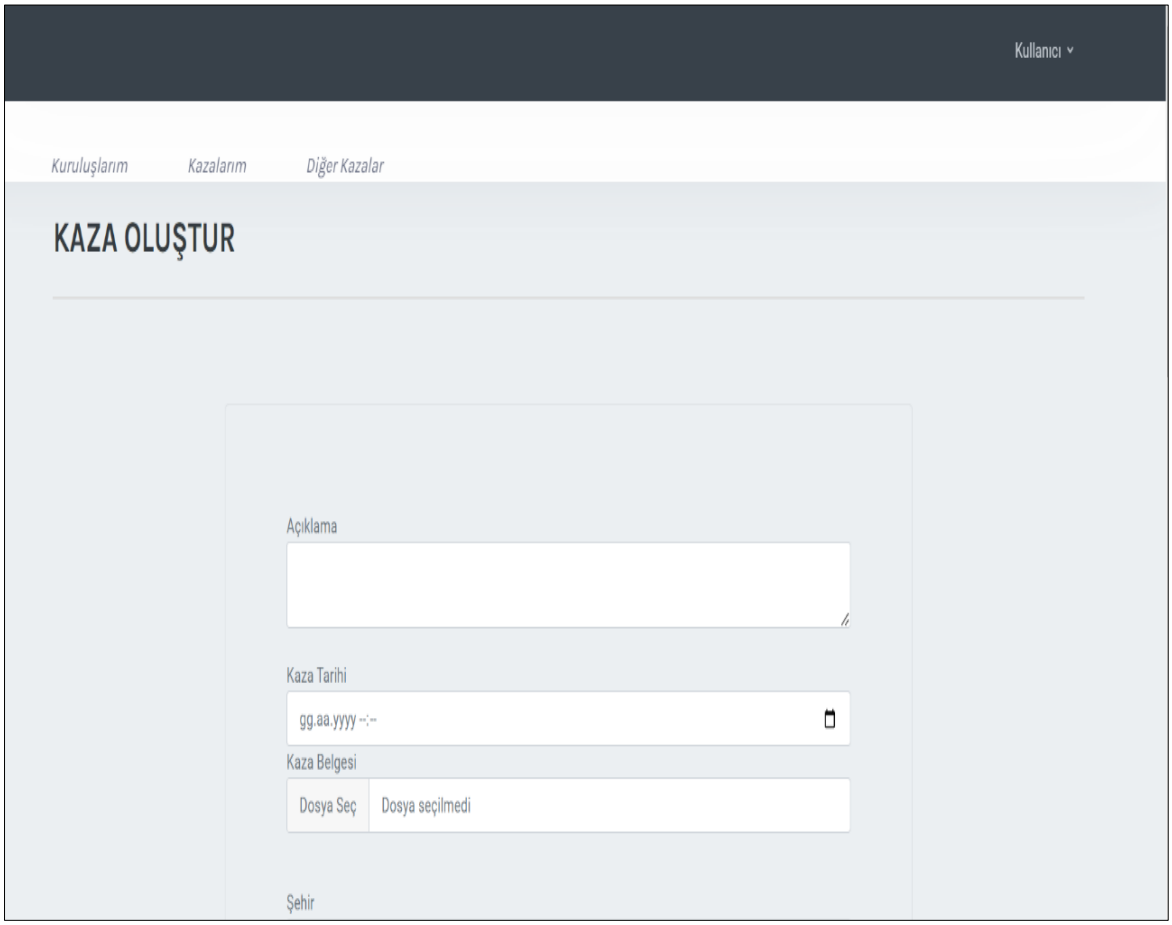
Kuruluş ekleme veya oluşturma işlemi ile ilgili sistem arayüzü Resim 3.7'de sunulmuştur.



Resim 3.7. MiadaT kuruluş ekleme arayüzü

Sisteme üye tarafından girilen bilgiler ile yüklenen belgedeki bilgilerin örtüşmesi durumunda veya yöneticide gerçek bir kuruluş veya temsilcisi tarafından veri girişi yapıldığına dair kanaat oluştuğu durumda yönetici kuruluşu onaylar. Onaylama işlemi üyenin sistemine bildirim mesajı olarak düşer. Bu onay sonrasında üye, kuruluşunda meydana gelen kaza/olayı sisteme girebilir. Yöneticinin kuruluşu onaylamadığı durumda da üyeye bilgi mesajı gönderilir.

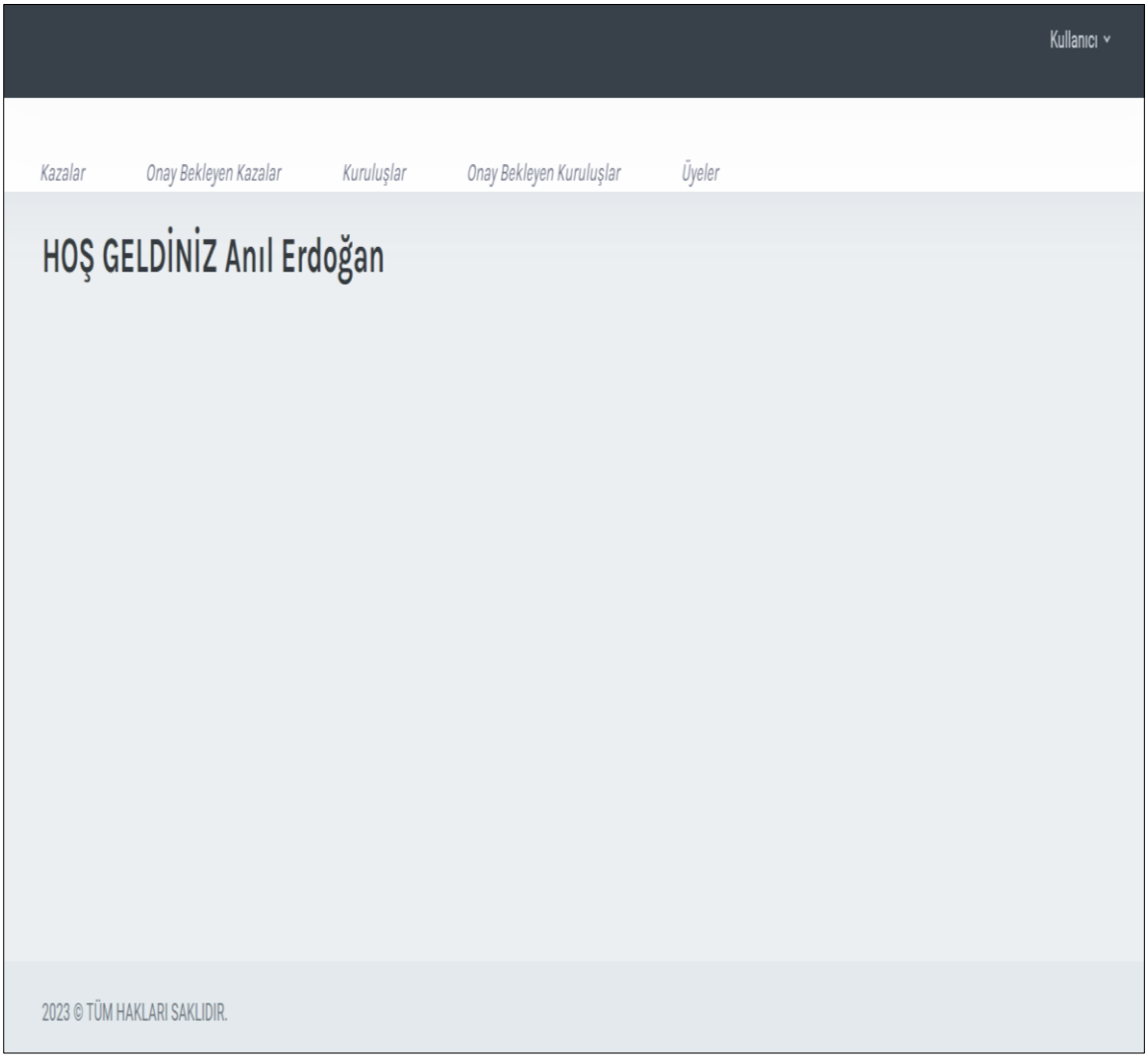
Üye kaza bilgilerini sisteme girerken, kötü niyetli kullanıma engel olmak için doğrulama yöntemi olarak üyeden gerçek bir kaza/olay girişi yaptığını gösterir iş kazası bildirim formu, olay araştırma formu vb. herhangi bir belge (Ek-7) yüklemesi istenir. Bununla ilgili sistem arayüzü Resim 3.8'de sunulmuştur.



Resim 3.8. MiadaT kaza oluşturma arayüzü

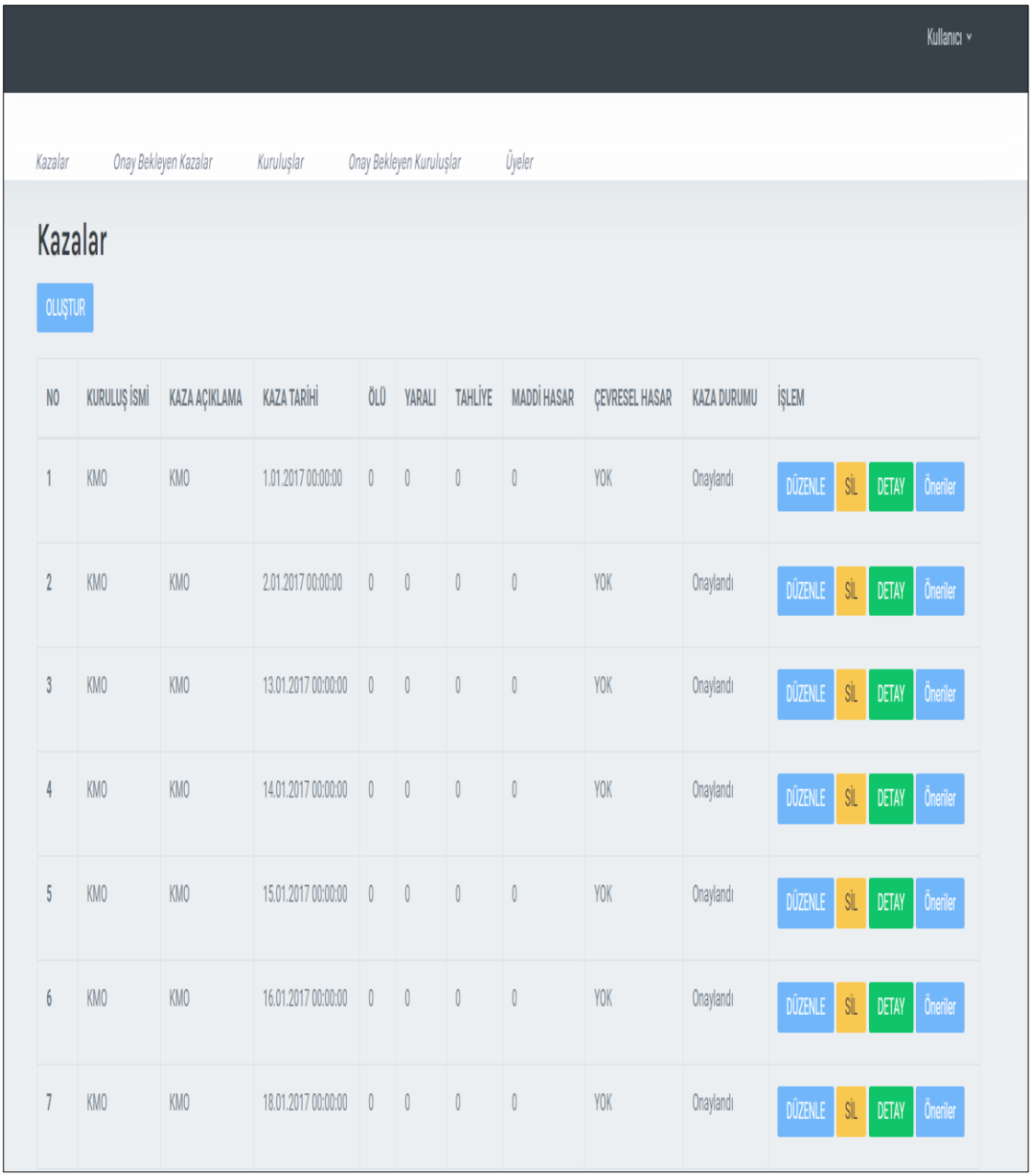
Sisteme üye tarafından girilen kaza bilgileri ile yüklenen belgedeki bilgilerin örtüşmesi durumunda veya yöneticide gerçek bir kaza veya olaya ilişkin veri girişi yapıldığına dair kanaat oluştuğu durumda yönetici kaza girişini onaylar. Onaylama işlemi üyenin sistemine bildirim mesajı olarak düşer. Bu onay sonrasında üye, kuruluşunda meydana gelen kaza/olay ile ilgili öneri listesine ulaşabilir. Yöneticinin kaza girişini onaylamadığı durumda da üyeye bilgi mesajı gönderilir.

Yönetici/Admin oturum açma işleminden sonra kendi arayüzünde yer alan menülerle işlem yapılabilir. Yöneticiye ait arayüz Resim 3.9'da yer almaktadır.



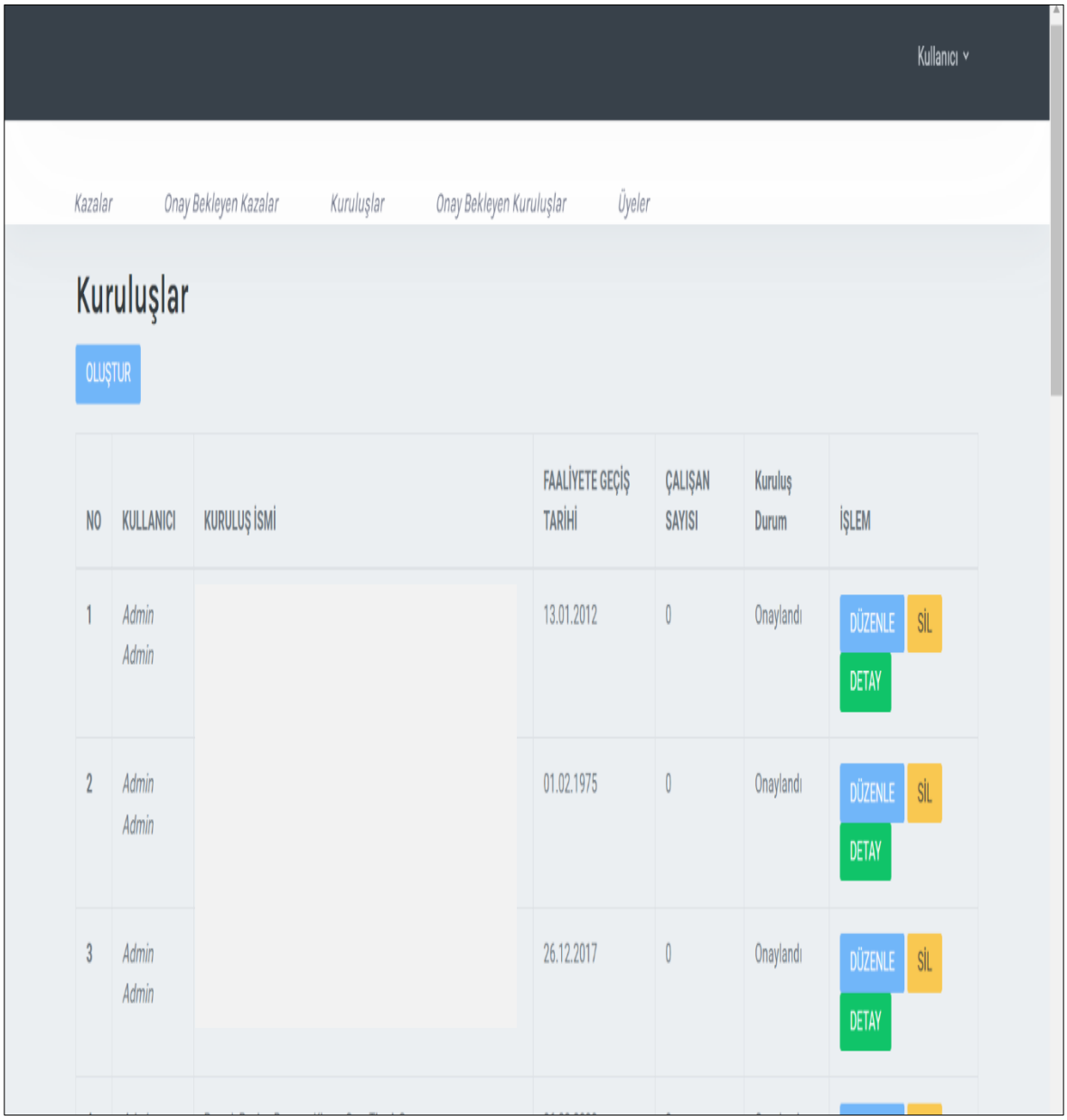
Resim 3.9. MiadaT yönetici arayüzü

Yönetici/Admin “Kazalar” menüsünden kaza oluşturabilir, kaza bilgilerini yeniden düzenleyebilir, silebilir veya bu bilgilerin detaylarını görebilir. “Onay Bekleyen Kazalar” menüsünden kaza oluşturabilir, kaza bilgilerini yeniden düzenleyebilir, silebilir, bu bilgilerin detaylarını görebilir ve kazaya belge incelemesinden sonra sistemde yayımlanması için onay verebilir. MiadaT yönetici için kazalar menüsü ekran görüntüsü Resim 3.10’da yer almaktadır.



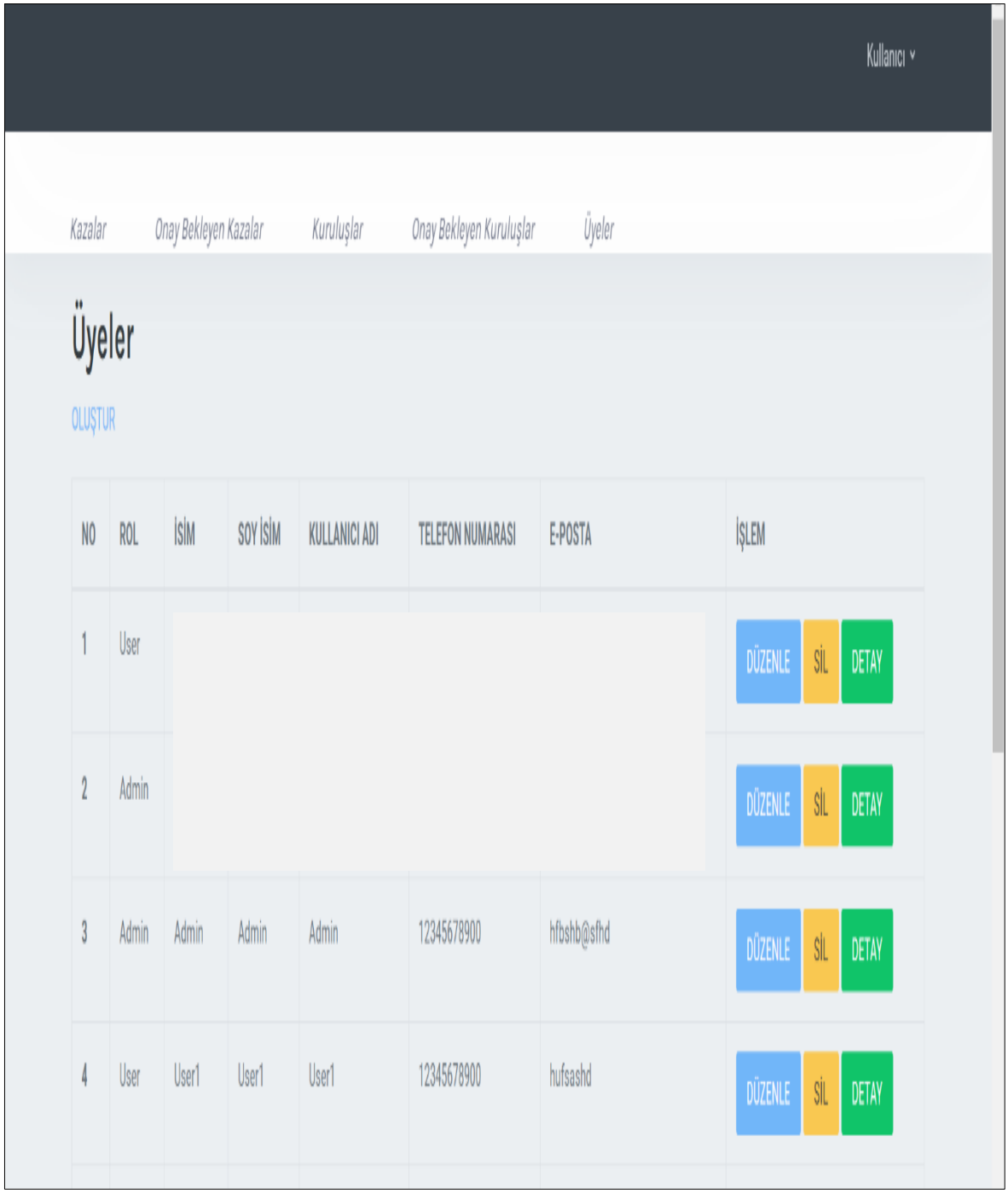
Resim 3.10. MiadaT yönetici için kazalar menüsü ekran görüntüsü

Yönetici/Admin “Kuruluşlar” menüsünden kuruluş oluşturabilir, kuruluş bilgilerini yeniden düzenleyebilir, silebilir veya bu bilgilerin detaylarını görebilir. “Onay Bekleyen Kuruluşlar” menüsünden kuruluş oluşturabilir, kuruluş bilgilerini yeniden düzenleyebilir, silebilir, bu bilgilerin detaylarını görebilir ve kuruluşa belge incelemesinden sonra sistemde yayımlanması ve sonraki adımda kaza yüklenebilmesi için onay verebilir. MiadaT yönetici için kuruluşlar menüsü ekran görüntüsü Resim 3.11’de yer almaktadır.



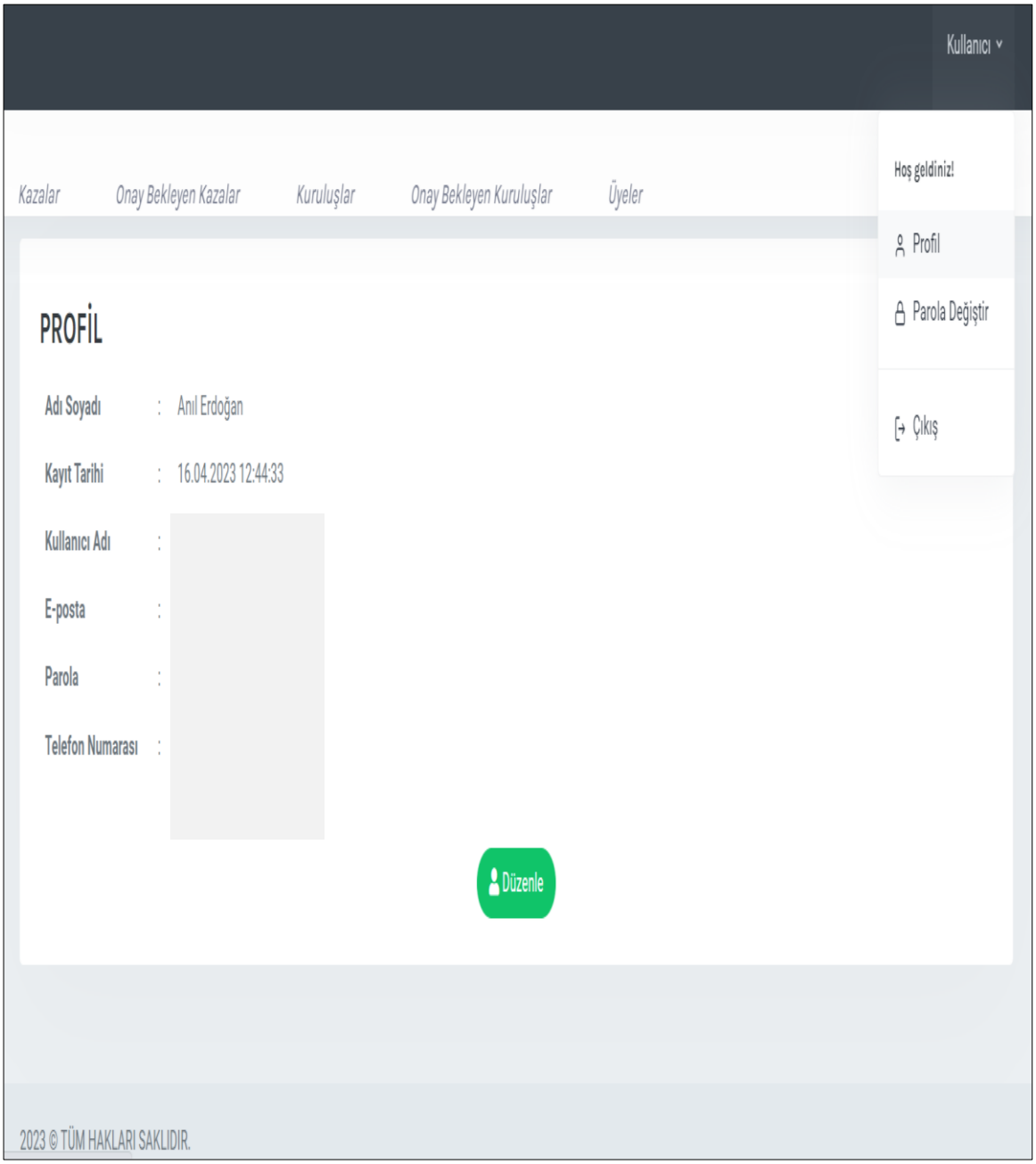
Resim 3.11. MiadaT yönetici için kuruluşlar menüsü ekran görüntüsü

Yönetici/Admin “Üyeler” menüsünden yeni üye oluşturabilir, üye bilgilerini yeniden düzenleyebilir, silebilir veya bu bilgilerin detaylarını görebilir. MiadaT yönetici için üyeler menüsü ekran görüntüsü Resim 3.12’de yer almaktadır.



Resim 3.12. MiadaT yönetici için üyeler menüsü ekran görüntüsü

Yönetici/Admin ve kullanıcılar/üyeler oturum açtıktan sonra ekranlarının sağ üstünde yer alan “Kullanıcı” menüsü ile profil bilgilerini görebilir, bu bilgileri düzenleyebilir, parolalarını değiştirebilir. Kullanıcı menüsüne ait ekran görüntüsü Resim 3.13’te yer almaktadır.



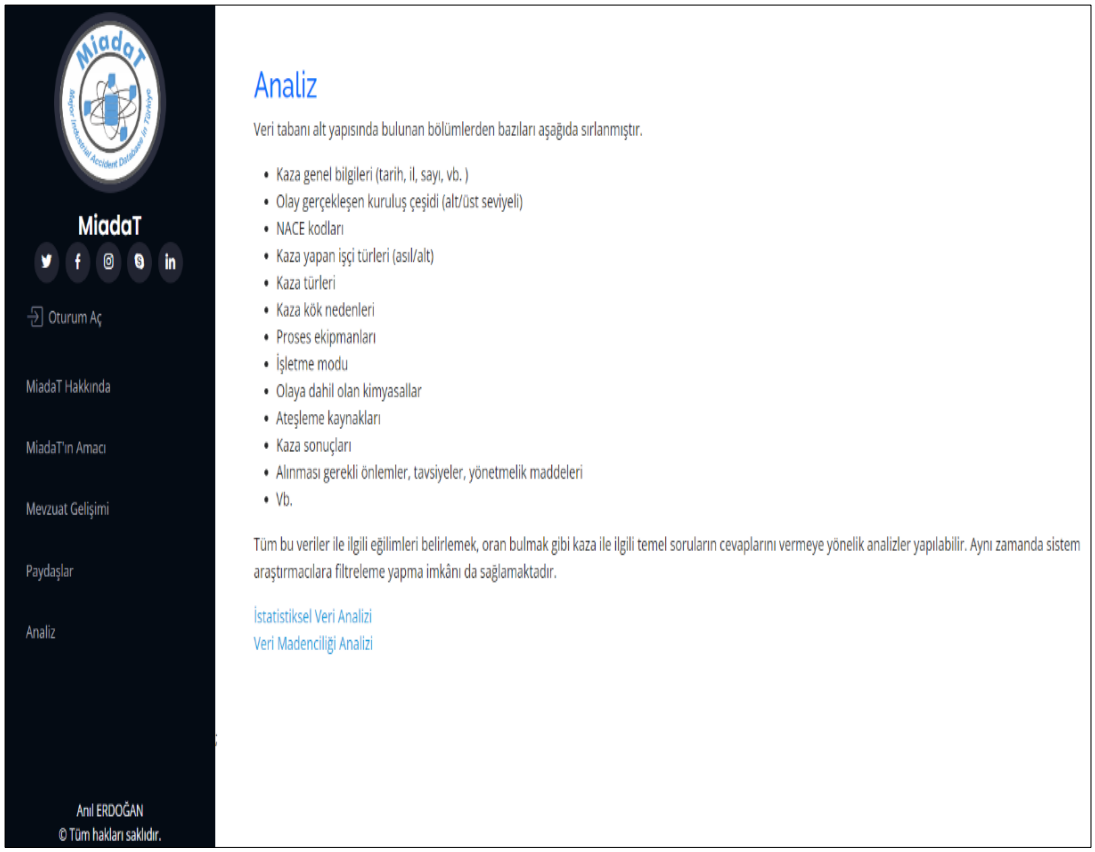
Resim 3.13. MiadaT kullanıcı menüsüne ait ekran görüntüsü

3.4.3. Veri analizi uygulaması

Bu çalışmanın amacı doğrultusunda, işletmeciler tarafından mevzuat gereği doldurulan kaza raporları ÇŞİDB bildirim sisteminde yer almaktadır. Bu raporların temini ile ilgili ÇŞİDB, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Çevresel Etki Değerlendirmesi İzleme ve Çevre Denetimi Dairesi Başkanlığı, Büyük Endüstriyel Kazaların Kontrolü ve Denetimi Şube Müdürlüğü ile yazışma yapılmış ve ilgili kurum tarafından mevzuatta yer alan gizli bilgilerin açıklanmaması vurgulanarak sistemde yer alan 17 adet kaza verisi paylaşılmıştır.

Bu 17 adet büyük endüstriyel kaza raporundaki veriler detaylıca incelenmiş, bazı raporlarda kaza tarihi ve unvan dışında hiçbir veri girişi yapılmadığı tespit edilmiştir. Veri girişi yapılmayan bölümler MiadaT sistemine aktarılırken çeşitli varsayımlar yapılmıştır. Bu varsayımlar ile ilgili detaylı bilgi bu çalışmanın birinci bölümünde açıklanmıştır. Bu veri tabanı internet sitesinin yayımlanarak kullanılmaya başlanması durumunda, kullanıcılar gerçek verileri gireceği ve veri alanlarının boş geçilmesine izin verilmediği için bu varsayımlar otomatik olarak ortadan kalkacaktır.

Veri analizi genel olarak verilerin toplandıktan sonra, düzenlenmesi, işlenmesi ve çözümlenmesi süreçlerini barındırır. Bu çalışmada veriler analiz edilirken, istatistiki analiz yöntemleri kullanılmıştır. Büyük endüstriyel kazalarla ilgili Bakanlıktan temin edilen gerçek veri sayısı 17 olduğu için, bu veriler kullanılarak nicel veri analizi metotlarından olan betimleyici analiz (frekans ve % dağılımları, ortalama (mean), mod fonksiyonları kullanılarak) yapılmıştır. Ayrıca TMMOB Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi tarafından hazırlanan raporlardaki veriler kullanılarak tahmine dayalı veri analizi teknikleri arasında da yer alan regresyon analizi yapılmıştır. Bu analizlere MiadaT ana sayfada yer alan "Analiz" kelimesine tıklanarak ulaşılmaktadır. Analiz sayfası ekran görüntüsü Resim 3.14'te gösterilmiştir.



Resim 3.14. MiadaT analiz sayfası ekran görüntüsü

4. BULGULAR VE YORUMLAR

Literatürde çok farklı şekillerde sınıflandırmalar olmakla birlikte veri analizi yöntemlerini genel olarak tanımlayıcı/betimleyici (istatistiksel analiz; mod, ortalama, frekans değerleri vb.), teşhis edici (veri madenciliği vb.), tahmine dayalı (regresyon, zaman serileri vb.) ve öngörüye dayalı (yapay zeka, makine öğrenmesi vb.) olmak üzere ana gruplara ayırmak mümkündür. İleri dönem kullanımlar için hazır olması adına, MiadaT arka planında bu yöntemlerden betimleyici amaç için istatistiksel analiz, tahmine dayalı yöntem için regresyon analizi ve teşhis edici amaç için ise veri madenciliği analizi yöntemlerinin bulunması düşünülmüştür.Ancak bu çalışmada hem veri ve zaman yetersizliğinden hem de yazılım konusunda üst düzey uzmanlık bilgisi gerektirdiğinden sadece betimleyici ve tahmin edici analiz yöntemleri ele alınmış, ekran görüntüsü olarak sadece tahmin edici analiz yönteminin ekran görüntüleri sunulmuştur.

4.1. Betimleyici Analiz

Büyük endüstriyel kazalarla ilgili Bakanlıktan temin edilen gerçek veri sayısı 17 olduğu için, bu veriler kullanılarak nicel veri analizi metotlarından olan betimleyici analiz (frekans ve % dağılımları, ortalama (mean), mod fonksiyonları kullanılarak) yapılmıştır. Bakanlıktan temin edilen 2017-2022 yılları arasında meydana gelen 17 adet veri, gizli tutulması gereken bilgiler hariç tutularak ve gerekli düzenlemeler yapılarak Ek-8'de sunulmuştur.

Kuruluş çeşidi ve yıllara göre kaza sayıları ile % frekans değerleri Çizelge 4.1'de yer almaktadır. Çizelge 4.1'e göre, alt seviyeli kuruluşlarda toplam 5 adet, üst seviyeli kuruluşlarda 6 adet ve kapsam dışındaki kuruluşlarda 6 adet kaza meydana gelmiştir. Meydana gelen kaza sayısının, kuruluş çeşidinden etkilenmediği görülmektedir.

Çizelge 4.1. Kuruluş çeşidi ve yıllara göre kaza sayıları

Yıllar	Alt Seviyeli	Üst Seviyeli	Kapsam Dışı	Toplam
2016	1	2		3
2017		1	2	3
2018	1			1
2019	1	2		3
2020			1	1
2021		1	2	3
2022	2		1	3
Toplam	5	6	6	17
% Frekans	29,4%	35,3%	35,3%	100%

Her yıl hangi sektörde kaçar tane kaza meydana geldiği ve % frekans değerleri Çizelge 4.2'de yer almaktadır.

Çizelge 4.2. Sektörlere göre kaza sayıları

Yıllar	Ana metal sanayii	Diğer madencilik ve taş ocakçılığı	Elektrik, gaz, buhar ve havalandırma sistemi üretim ve dağıtımı	Gıda ürünlerinin imalatı	Kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı	Kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı	Kok kömürü ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı	Tekstil ürünlerinin imalatı	Temel eczacılık ürünlerinin ve eczacılığa ilişkin malzemelerin imalatı	Toplam
2016	1					2				3
2017						1	1	1		3
2018		1								1
2019					1	2				3
2020						1				1
2021			1	1		1				3
2022	1					1			1	3
Toplam	2	1	1	1	1	8	1	1	1	17
% Frekans	11,8%	5,9%	5,9%	5,9%	5,9%	47,1%	5,9%	5,9%	5,9%	100%

Çizelge 4.2'ye göre, en fazla %47,1 oranla "kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı" sektöründe kaza meydana gelmiştir. NACE koduna göre ana kısımlara göre bakılacak olunursa, imalat sektöründe (C kısmı) 15 adet, madencilik ve taş ocakçılığı sektöründe (B kısmı) 1 adet ve elektrik, gaz, buhar ve iklimlendirme üretimi ve dağıtımı sektöründe (D kısmı) 1 adet olmak üzere kaza meydana gelmiştir.

Kazaların meydana geldiği illere göre kaza sayısı ve % frekans dağılımı Çizelge 4.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.3. İllere göre kaza dağılımı

İl	Sayı	% Frekans
Adana	2	11,8%
Bursa	2	11,8%
İstanbul	2	11,8%
İzmir	3	17,6%
Kocaeli	2	11,8%
Kütahya	2	11,8%
Muğla	1	5,8%
Niğde	1	5,8%
Tekirdağ	2	11,8%
Toplam	17	100%

Çizelge 4.3'e göre, toplam 17 tane kazadan 8 tanesi (%47,2) Marmara Bölgesi'nde, 6 tanesi (%35,2) Ege Bölgesi'nde, 2 tanesi (%11,8) Akdeniz Bölgesi'nde ve 1 tanesi (%5,8) İç Anadolu Bölgesi'nde meydana gelmiştir. Meydana gelen kazaların %82,4'ünün Marmara ve Ege Bölgesi'nde meydana geldiği görülmektedir.

Olay türüne göre kaza dağılımı Çizelge 4.4'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. Olay türüne göre kaza dağılımı

Olay Türü	Sayı	% Frekans
Bildirim kriterini sağlamayan BEK	4	23,5%
Bildirim kriterini sağlayan BEK	11	64,7%
Ramak kala	2	11,8%
Toplam	17	100%

Çizelge 4.4'e göre, kazaların %64,7'si bildirim kriterini sağlayan büyük endüstriyel kaza iken, geri kalan %35,3'ü bildirim kriterini sağlamayan büyük endüstriyel kaza ve ramak kala olaylardan meydana gelmektedir.

Kaza geçiren çalışana göre kaza sayıları veya hangi işveren türü çalışanının kazaya dâhil olduğuna göre kaza sayıları Çizelge 4.5'te sunulmuştur. Buna göre %88 oranla kazaya dâhil olan çalışanlar asıl işveren çalışanıdır.

Çizelge 4.5. İşveren türüne göre kaza sayıları

İşveren Türü	Sayı	% Frekans
Asıl işveren	15	88%
Alt işveren	2	12%
Toplam	17	100%

Kaza türüne göre dağılım Çizelge 4.6'da yer almaktadır. Burada toplam kaza sayısının fazla çıkmasının sebebi aynı kazada birden fazla kaza türünün yaşanmış olmasıdır. Meydana gelen 17 adet kazadan 1 tanesinde yangın ve patlama meydana gelerek çoklu senaryo gerçekleşmiştir. Bununla birlikte en çok meydana gelen kaza türü %55,6 oranla yangındır.

Çizelge 4.6. Kaza türüne göre dağılım

Kaza Türü	Sayı	% Frekans
Yangın	10	55,6%
Patlama	4	22,2%
Yayılım	1	5,6%
Missiles	0	0%
Asfiksi	0	0%
Ramak kala/Diğer	3	16,6%
Toplam	18	100%

Kazanın gerçekleştiği andaki işletme moduna göre dağılım Çizelge 4.7'de gösterilmektedir. Buna göre kaza anında tesis %47 oranla normal çalıştırma modundadır.

Çizelge 4.7. İşletme moduna göre dağılım

İşletme Modu	Sayı	% Frekans
Normal çalıştırma	8	47%
Yükleme, boşaltma faaliyetleri	1	6%
Diğer/Yok/Bilinmiyor/Veri girilmemiş	8	47%
Toplam	17	100%

Kazaya dâhil olan kimyasal maddelerin çeşidine göre dağılım Çizelge 4.8'de yer almaktadır. Aynı kazaya birden fazla kimyasal maddenin karışması toplam sayının kaza sayısından fazla olmasına sebep olmuştur. Bu çizelgeye göre kazaya en fazla dâhil olan kimyasal madde çeşidi %30 oranla alevlenir sıvılardır.

Çizelge 4.8. Kimyasal maddde çeşidine göre dağılım

Kimyasal Tipi	Sayı	% Frekans
Alevlenir sıvılar	6	30%
Oksitleyici gazlar	3	15%
Çevre için zararlı	2	10%
Metaller için aşındırıcı	1	5%
Diğer/Yok/Bilinmiyor/Veri girilmemiş	8	40%
Toplam	20	100%

Kazaya dâhil olan kimyasal maddelerin bulunma şekline ait dağılım Çizelge 4.9'da sunulmaktadır. Bu çizelgeye göre atık ürün ve ürünlerin kazaya dâhil olma oranı eşit olup %12'dir.

Çizelge 4.9. Kimyasalın bulunma şekline göre dağılım

Kimyasalın Bulunma Şekli	Sayı	% Frekans
Atık Ürün	2	12%
Ürün	2	12%
Diğer/Yok/Bilinmiyor/Veri girilmemiş	13	76%
Toplam	17	100%

Kazaya sebep olan ateşleme kaynaklarının dağılımı Çizelge 4.10'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.10. Ateşleme kaynaklarına göre dağılım

Ateşleme Kaynakları	Sayı	% Frekans
Dışarıdan sirayet	1	6%
Elektriksel kıvılcım	1	6%
Kaynak/kesme işlemleri	1	6%
Kimyasal reaksiyon sonucu kontrolsüz ısı artışı	2	12%
Mekanik kıvılcım	2	12%
Diğer/Yok/Bilinmiyor/Veri girilmemiş	10	58%
Toplam	17	100%

Bu çizelgeye göre %12'şer oranla kazaya sebep olan en fazla ateşleme kaynağı mekanik kıvılcım ve kimyasal reaksiyon sonucu kontrolsüz ısı artışıdır.
Kaza sonuçları Çizelge 4.11'de yer almaktadır.

Çizelge 4.11. Kaza sonuçları

Kaza Sonuçları	Sayı	Ortalama
Ölüm	11	65%
Yaralanma	5	29%
Tahliye	0	0%
Maddi hasar (128350302TL)	14	82%
Çevresel hasar	6	35%
Toplam Kaza sayısı	17	-

Çizelge 4.11'e göre, yaşanan kazaların %65'inde ölüm meydana gelmekte iken %29'unda yaralanma meydana gelmektedir. Maddi hasar içeren kaza sayısı ortalama %82 iken çevresel hasar meydana gelen kaza oranı %35'tir.

Kazaya dâhil olan proses ekipmanlarının dağılımı Çizelge 4.12'de yer almaktadır.

Çizelge 4.12. Proses ekipmanları dağılımı

Proses Ekipmanları	Sayı	% Frekans
Diğer/Yok/Bilinmiyor/Veri girilmemiş	7	36%
Karıştırmalı reaktör	2	11%
Silindirik depolama tankı	2	11%
Atmosferik tank	1	6%
Baca ventili	1	6%
Elektrik motoru tahrikli kompresör	1	6%
Motorla çalışan fanlar	1	6%
Plastik işleme makinaları	1	6%
Robotlar	1	6%
Termostat	1	6%
Toplam	18	100%

Çizelge 4.12'ye göre, tanklarla ilgili olan ekipmanlar bir maddede birleştirildiğinde frekans değerinin %17'ye çıktığı görülmektedir. Bununla birlikte, toplam 7 çeşit olan ekipman ana kategorilerine göre "proses ekipmanları" kategorisinde 9 adet, "diğer/dahil olan ekipman veya makina yok" kategorisinde 7 adet, "kimyasal olmayan proses ekipmanları" kategorisinde 2 adet kaza gerçekleşmiştir.

Kök nedenlerin dağılımı Çizelge 4.13'te sunulmaktadır.

Çizelge 4.13. Kök nedenlerin dağılımı

Kök Nedenler	Sayı	% Frekans
Önleyici Bakım Yetersiz	7	15,9%
Diğer/Yok/Bilinmiyor/Veri girilmemiş	6	13,4%
Kusurlu veya arızalı malzeme/ekipman	3	6,8%
Ekipman ihtiyaçlarını belirleme prosedürü yetersiz	2	4,5%
Görev için prosedür/talimat/çalışma izni yok	2	4,5%
Güvenilirlik sisteminde eksik ekipman	2	4,5%
Öngörücü bakım Yetersiz	2	4,5%
Tüm tehlikeler değerlendirilmemiş	2	4,5%
Çakışan düzenler	1	2,3%
Denetim yetersiz	1	2,3%
Eğitim eksikliği/Eğitim planı, programı, kayıtları yetersiz/güncel değil/yanlış	1	2,3%
Harici yangın veya patlama	1	2,3%
Her türlü görev, sorumluluk, değişiklik, riskler, önlemler vb. alt işveren çalışanlarına veya geçici çalışanlara bildirilmedi/eksik bildirildi	1	2,3%
İletişim eksikliği/Çalışma grupları arası iletişim yetersiz	1	2,3%
İş ortamındaki zararlı maddeler	1	2,3%
İşçiler için talimatların geliştirilmesi gerekli	1	2,3%
Kimyasal hasar	1	2,3%
Kirlenme	1	2,3%
Kontrol/ekran entegrasyonu yetersiz	1	2,3%
Kusurlu kaynak, sert lehim veya lehimli bağlantı	1	2,3%
Kusurlu veya arızalı parça/bileşen	1	2,3%
Proaktif Bakım Yetersiz	1	2,3%
Proses analizi eksikliği/Risk değerlendirmesi yetersiz	1	2,3%
Rutin Ekipman Turları Yetersiz	1	2,3%
Rutin olmayan faaliyet/işlemler için yok	1	2,3%
Temizlik yetersiz	1	2,3%
Toplam	44	100%

Çizelge 4.13'e göre, bakım ile ilgili olan tüm kök nedenler (önleyici bakım yetersiz, öngörücü bakım yetersiz, proaktif bakım yetersiz, rutin ekipman turları yetersiz) bir maddede birleştirildiğinde frekans değerinin %25'e çıktığı görülmektedir. Bununla birlikte, toplam 8 çeşit olan kök neden ana kategorilerine göre "malzeme/ekipman problemi" kategorisinde 22 adet, "diğer nedenler" kategorisinde 6 adet, "personel/insan faktörleri mühendisliği sorunları" ve "yönetim sorunları" kategorilerinde 5'er adet, "prosedür/metot sorunu" kategorisinde 3 adet, "eğitim" kategorisinde 2 adet ve "dış olaylar" kategorisinde 1 adet seçim olmak üzere 17 kazada toplam 44 adet kök neden seçilmiştir.

Kaza tarihi, kaza saati ile kuruluşların faaliyete geçiş tarihleri ve mesai başlama saatleri Çizelge 4.14'te yer almaktadır.

Çizelge 4.14. Çeşitli tarih ve saat bilgileri

Kaza No	Faaliyete geçiş tarihi/Kanun Kapsamına Alınma Tarihi	Kaza Başlangıç Tarihi	Kaza Başlangıç Saati	İş başı saati/ Mesai başlama saati
1	13.01.2012	30.03.2016	01:22:00	00:00:00
2	1.02.1975	20.06.2022	08:50:00	08:00
3	26.12.2017	1.08.2022	12:55:00	08:00
4	6.03.2000	12.04.2017	06:30:00	00:00:00
5	26.12.2002	12.10.2021	12:05:00	08:00
6	27.02.2012	27.10.2016	13:30:00	08:00
7	5.12.2003	7.09.2020	02:15:00	00:00:00
8	26.09.2005	28.04.2016	23:24:00	16:00
9	12.03.2001	12.08.2018	14:30:00	08:00:00
10	30.12.1999	6.07.2017	09:03:00	08:00
11	10.11.2004	7.07.2019	20:40:00	16:00
12	1.05.1972	11.10.2017	09:19:00	08:00
13	1.08.2014	5.03.2021	01:50:00	00:00:00
14	12.08.1991	2.06.2022	23:30:00	16:00
15	13.11.1974	1.07.2019	23:11:00	16:00
16	1.01.1990	30.03.2019	19:20:00	16:00
17	1.04.1986	4.08.2021	21:24:00	16:00

Çizelge 4.14'e göre, bir kuruluş ortalama 21,5 yıl yaşındayken kaza meydana gelmektedir. Bununla birlikte ilk 5 yıla kadar hiç kaza meydana gelmezken, 5'inci yılda %18 oranla, 5-10 yıl arasında %6 oranla, 10-20 yıl arasında %41 oranla, 20 ve daha fazla yaşında olan tesislerde ise %35 oranla kaza meydana gelmektedir.

Ayrıca mesai başladıktan ortalama 4 saat 12 dakika sonra kaza meydana gelmektedir. Bununla birlikte kaza gerçekleşme oranı; ilk 2 saatte %29,41, mesainin 2. ve 4. saatleri arasında %11,77, mesainin 4. ve 6. saatleri arasında %29,41 ve son iki saatte %29,41'dir. Son 4 saatte meydana gelme olasılığı ise %58,82 olarak bulunmaktadır.

4.2. Tahmin Analizi

Tahmin analizi yapmak için TMMOB Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi tarafından hazırlanan raporlardaki veriler kullanılarak regresyon analizi yapılmıştır. Raporlardan elde edilen veriler Çizelge 4.15'te ve Çizelge 4.16'da yer almaktadır (TMMOB, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022).

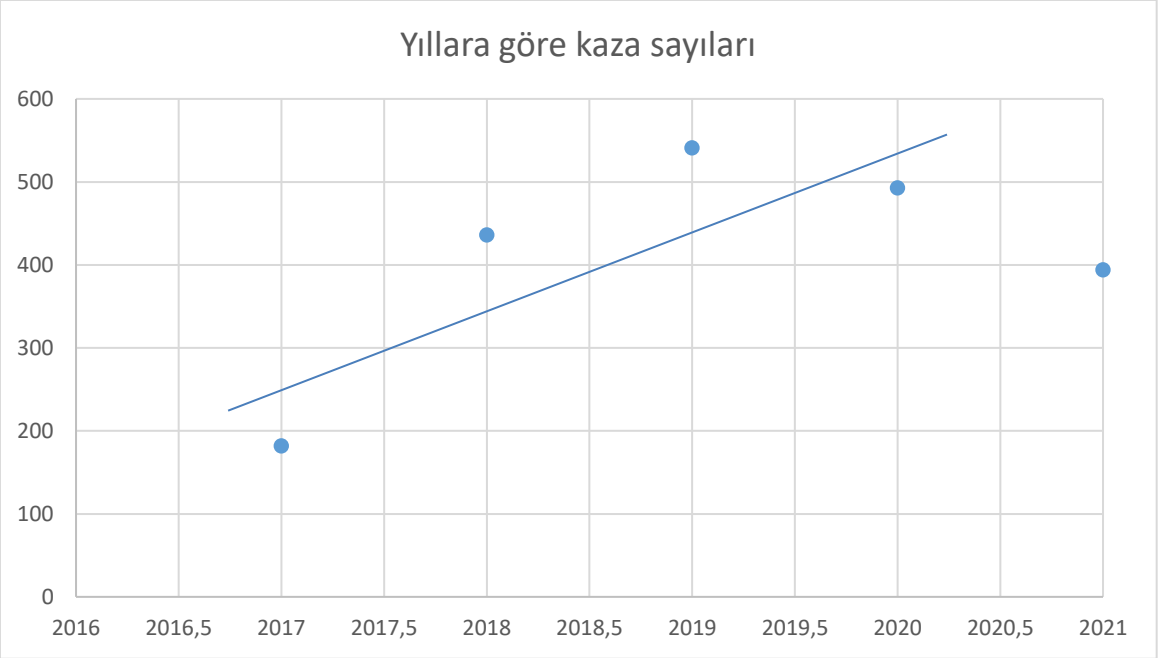
Çizelge 4.15. Yıllara göre kaza sayılarını belirtir tablo

Yıl (X)	2017	2018	2019	2020	2021
Kaza Sayısı (Y)	182	436	541	493	394

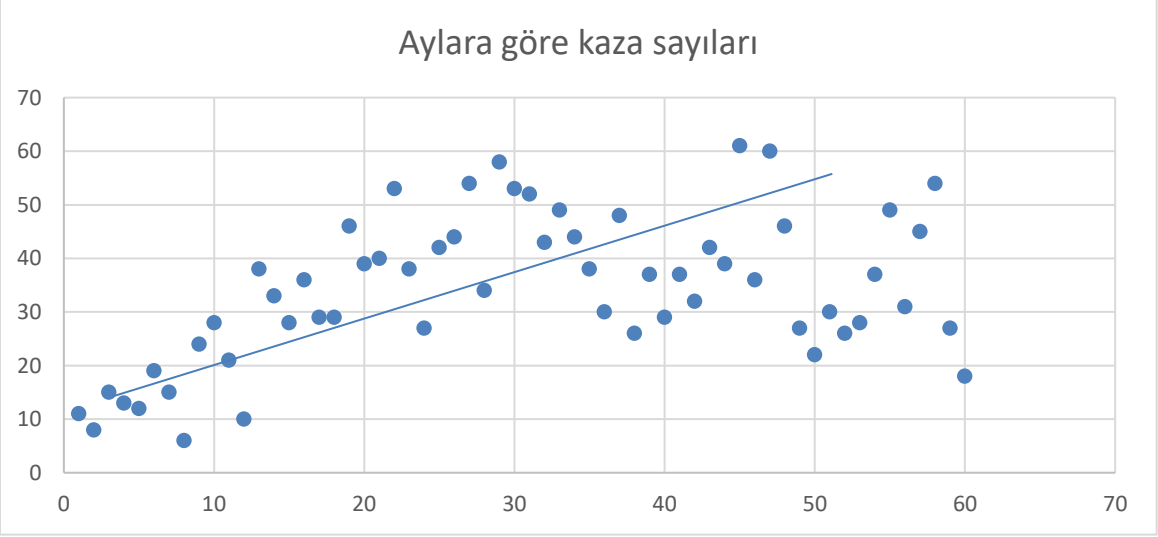
Çizelge 4.16. Aylara göre kaza sayılarını belirtir tablo

DÖNEM (X)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
KAZA SAYISI (Y)	11	8	15	13	12	19	15	6	24	28	21	10	38	33	28
DÖNEM (X)	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
KAZA SAYISI (Y)	36	29	29	46	39	40	53	38	27	42	44	54	34	58	53
DÖNEM (X)	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
KAZA SAYISI (Y)	52	43	49	44	38	30	48	26	37	29	37	32	42	39	61
DÖNEM (X)	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
KAZA SAYISI (Y)	36	60	46	27	22	30	26	28	37	49	31	45	54	27	18

Bu verilere ilişkin olarak yıllık (Şekil 4.1) ve aylık (Şekil 4.2) dönemlere göre serpilme diyagramları (saçılım (dağılım) çizgesi) incelenirse; bu verilere yaklaşık nasıl bir eğrinin uyduğu belirlenebilir. Belirtilen serpilme diyagramları için değişkenler arasında doğrusal bir ilişki olduğu kabul edilebilmektedir.



Şekil 4.1. Yıllık döneme ilişkin dağılım diyagramı



Şekil 4.2. Aylık döneme ilişkin dağılım diyagramı

Regresyon analizi en genel tabir ile değişkenler arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak belirleyerek tahminler yapmaya yarayan bir analiz yöntemidir. Aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki değişken arasındaki ilişki belirlenmek istendiğinde basit regresyon analizi yapılır. Bu analizde ilişkinin doğrusal olduğu varsayılmaktadır. Bu çalışmada da iki değişken olarak; kaza sayısı, bağımlı (sonuç) değişken iken zaman, bağımsız (sebep) değişken olarak ele alınmıştır. Basit regresyon modeli (Eş. 4.1) ve parametreleri aşağıda gösterilmektedir (Korum, 1985: 319-350).

$$\hat{Y} = \hat{\alpha} + \hat{\beta}.X \tag{4.1}$$

Burada,

$\hat{Y} = kaza\ sayısı,\ bağımlı\ (sonuç)\ değişken$

$X : zaman,\ bağımsız\ (sebep)\ değişken$

$\hat{\alpha} : sabit\ olup\ X = 0\ olduğunda\ Y'nin\ aldığı\ değerdir.$

$\hat{\beta} : regresyon\ katsayısı\ olup,\ X'in\ kendi\ birimi\ cinsinden\ 1\ birim\ değişmesine\ karşılık\ Y'de\ kendi\ birimi\ cinsinden\ meydana\ gelecek\ değişme\ miktarını\ ifade\ eder.$

Tahmin denklemini bulabilmek için Eş. 4.3 hesaplanır, ardından Eş. 4.2'de yerine konularak sabit değer bulunur.

$n : gözlem\ sayısı$

$Örnek\ gözlemleri : X_1, ..., X_n, Y_1, ..., Y_n iken$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_i}{n}$$

$$\hat{\alpha} = \bar{Y} - \beta.\bar{X} \tag{4.2}$$

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i . \sum_{i=1}^{n} Y_i}{n}}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)^2}{n}} \tag{4.3}$$

Regresyon katsayısı ve sabit değer bulunduktan sonra herhangi bir X değeri için tahmin değeri Eş. 4.1 kullanılarak bulunur.

Çizelge 4.15'teki (yıllık) veriler kullanılarak hesaplama yapıldığında;

$\sum_{i=1}^{n} X_i = 10095$

$\sum_{i=1}^{n} Y_i = 2046$

$\sum_{i=1}^{n} X_i^2 = 20381815$

$\sum_{i=1}^{n} Y_i^2 = 914186$

$\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i = 4131355$

$\overline{X} = 2019$

$\overline{Y} = 409,2$

olarak hesaplanır. Bu veriler Eş. 4.3'te yerine konulduğunda;

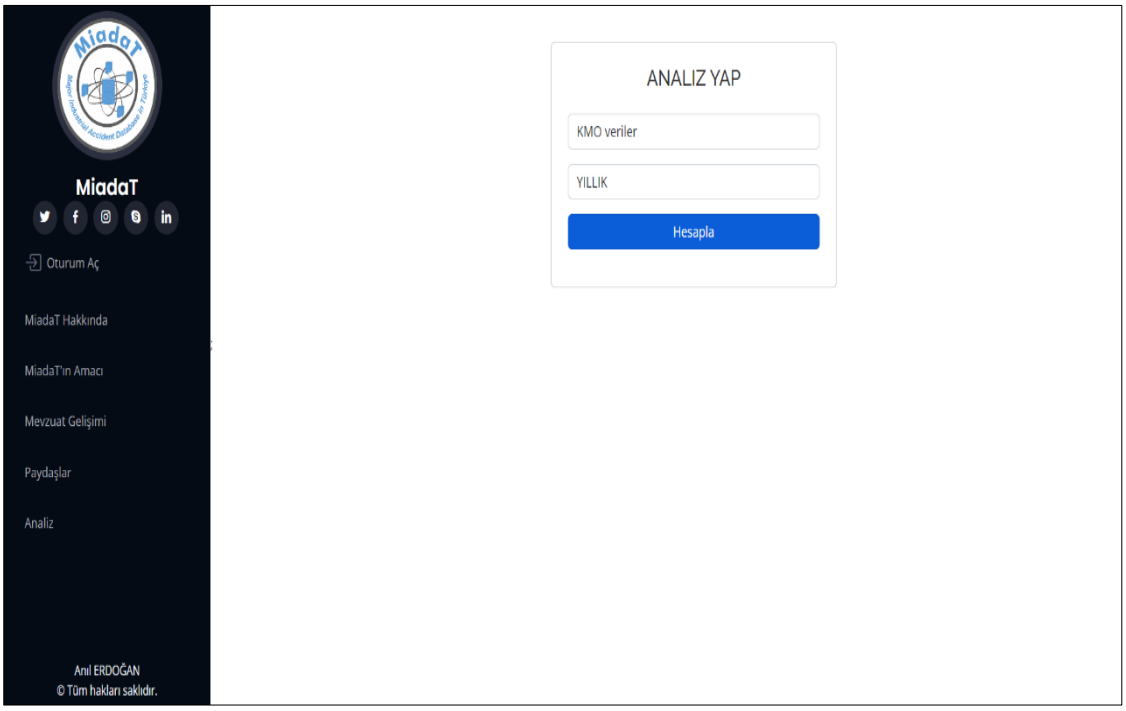
$\hat{\beta} = 48,1$ olarak bulunur. Bu veriler ve β değeri Eş. 4.2'de yerine konulduğunda;

$\hat{\alpha} = -96704,7$ olarak bulunur. Bu değerler Eş. 4.1'de yerine konulursa tahmin denklemimiz;

$\hat{Y} = (-96704,7) + (48,1).X$ olur. Örnek olarak, X yerine 2022 yazıldığında, 2022 yılında meydana gelen kaza sayısının tahmini değeri 553,5 olarak bulunur.

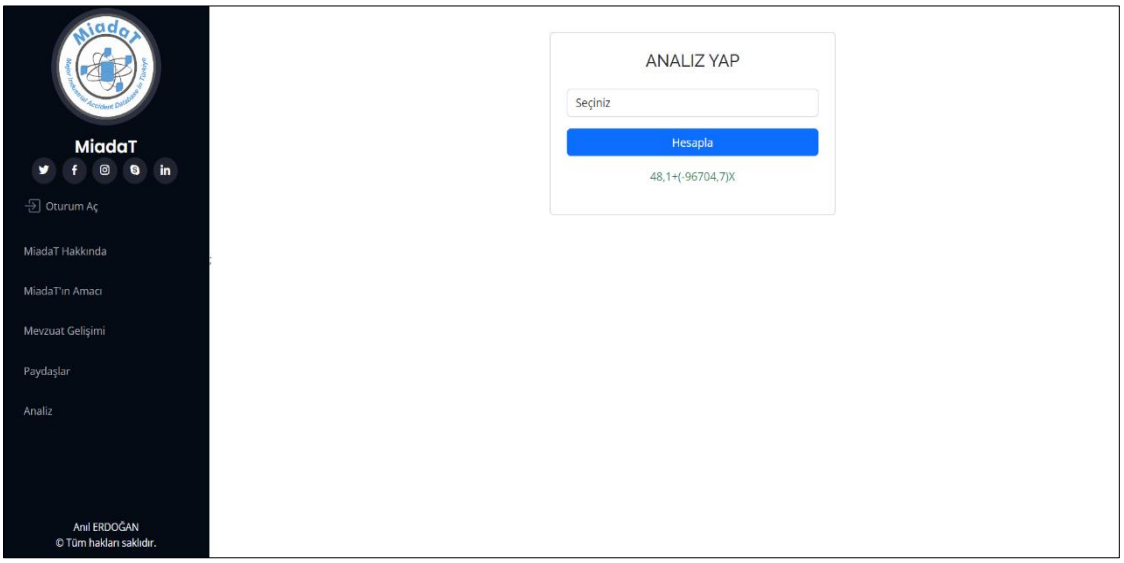
Tahmin değerimiz 554 kaza iken, TMMOB Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi tarafından 2023 yılının mayıs ayında yayımlanan rapora (TMMOB, 2023) göre 2022 yılında meydana gelen yangın ve patlama sayısı 587'dir. Benzer şekilde 2017-2021 yılları arasındaki verilere ve bulunan regresyon denklemine göre 2025 yılında meydana gelecek kaza sayısı tahminen 698 adet olacaktır.

Regresyon analizi ile ilgili verilen denklemler MiadaT veri tabanına yazılımsal olarak derç edilip hesaplama için kullanıcı arayüzü oluşturulmuştur. Oluşturulan arayüz Resim 4.1'de sunulmuştur.



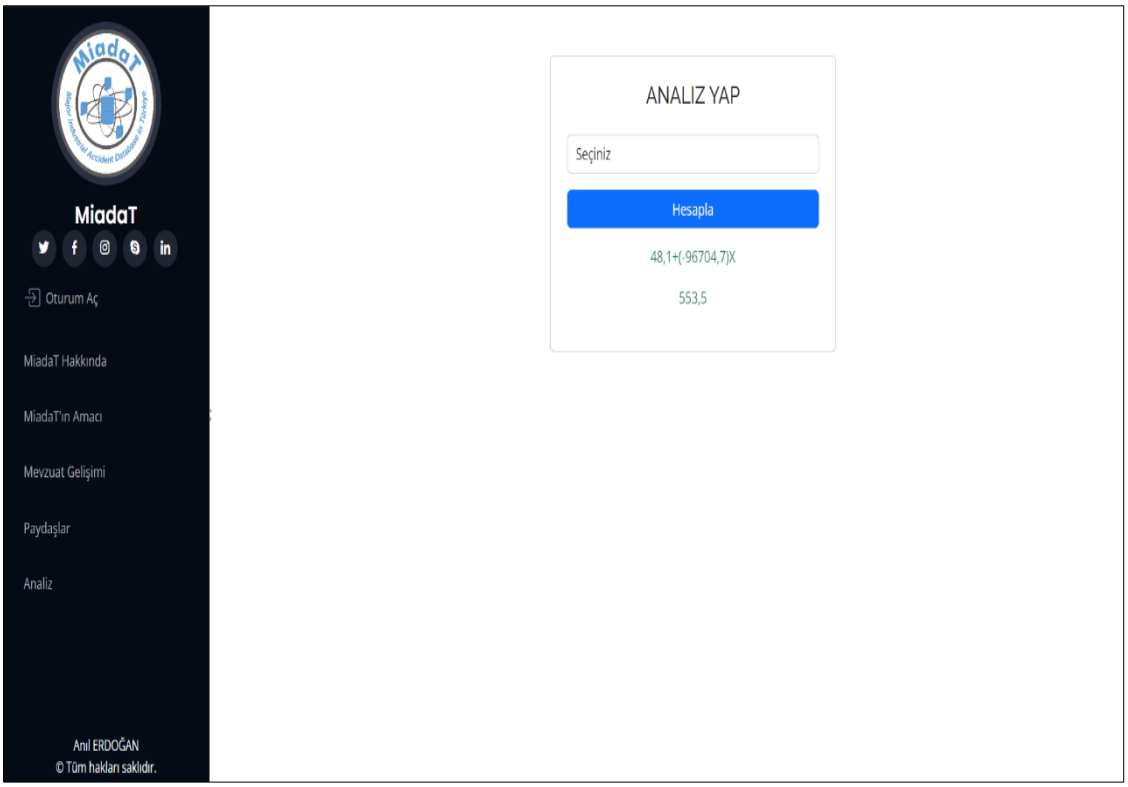
Resim 4.1. Regresyon analizi kullanıcı arayüzü

Bu aşamada kullanıcı, analiz yapılacak verileri ve regresyon analizinin yıllık/aylık olarak hesaplanma türünü seçip ardından "Hesapla" butonuna bastığında regresyon denklemini elde eder. Buna ait görüntü Resim 4.2'de yer almaktadır.



Resim 4.2. Regresyon analizi denklemi ve yıl seçimi

Ardından kullanıcı hangi yıla ait tahmin yapmak istiyorsa o yılı seçerek (2022) hesapla butonu ile tahmin sonucuna ulaşır. Sonucun yer aldığı görüntü Resim 4.3'te bulunmaktadır.



Resim 4.3. Regresyon analizi sonucu ekran görüntüsü

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, mevcut durumda ülkemizde büyük endüstriyel kazalara özgü bir veri tabanı bulunmaması sebebiyle Türkiye'de meydana gelen büyük endüstriyel kazalarla ilgili kök neden analizi yapılarak alt yapısı kurulan veri tabanı çalışması ve bu veri tabanındaki veriler kullanılarak kaza analizi yapılmıştır.

Bu çalışmanın 3.4 numaralı bölümde tasarlanan veri tabanı internet sitesinin, bu çalışmanın 2.1.4 numaralı bölümünde yer alan ve diğer ülkelerde kullanılan büyük endüstriyel kaza veri tabanlarından üstünlükleri aşağıda sıralanmıştır.

- MiadaT'ın; yönetmelik kapsamında olmayan kuruluşlardan da veri alabilmesi, detaylı bir kök neden analizi yöntemi ile hazırlanmış olması, içerisinde kapsamlı proses ekipmanı barındırması, kaza ile ilgili olarak tuttuğu özelliklerin çok olması, kaza ile ilgili öneriler sunması ve önerinin yasal mevzuatı içermesi ve veri analizine olanak sağlaması özellikleri ile eMARS'tan farklı olduğu belirtilebilir.
- MiadaT'ın; detaylı bir kök neden analizi yöntemi ile hazırlanmış olması, içerisinde kapsamlı proses ekipmanı barındırması, kaza ile ilgili olarak tuttuğu özelliklerin çok ve filtrelenebilir olması, ve veri analizine olanak sağlaması özellikleri ile Process Safety Beacon'dan farklı olduğu belirtilebilir.
- MiadaT'ın; detaylı bir kök neden analizi yöntemi ile hazırlanmış olması, içerisinde kapsamlı proses ekipmanı barındırması ve veri analizine olanak sağlaması özellikleri ile PSID'den farklı olduğu belirtilebilir.
- MiadaT'ın; detaylı bir kök neden analizi yöntemi ile hazırlanmış olması, içerisinde kapsamlı proses ekipmanı barındırması, kaza ile ilgili olarak tuttuğu özelliklerin çok ve filtrelenebilir olması, kaza ile ilgili öneriler sunması ve önerinin yasal mevzuatı içermesi, veri analizine olanak sağlaması özellikleri ile ARIA'dan farklı olduğu belirtilebilir.
- MiadaT'ın; yönetmelik kapsamında olmayan kuruluşlardan da veri alabilmesi, bildirim kriterini sağlamayan kazaları da içermesi, detaylı bir kök neden analizi yöntemi ile hazırlanmış olması, içerisinde kapsamlı proses ekipmanı barındırması, kaza ile ilgili olarak tuttuğu özelliklerin çok ve filtrelenebilir olması, veri analizine olanak sağlaması özellikleri ile ZEMA'dan farklı olduğu belirtilebilir.

- MiadaT'ın; detaylı bir kök neden analizi yöntemi ile hazırlanmış olması, içerisinde kapsamlı proses ekipmanı barındırması, kaza ile ilgili olarak tuttuğu özelliklerin çok ve filtrelenebilir olması, veri analizine olanak sağlaması özellikleri ile CSB raporlarından farklı olduğu belirtilebilir.

Detayları bu çalışmanın 2.2.3 numaralı bölümünde ele alınan literatürde bulunan çalışmalarda yer alan (karşılaştırılması mümkün olan) değerler ile bu çalışmanın 4 numaralı bölümündeki analiz değerleri karşılaştırılarak aşağıda sunulmuştur.

- Nivolianitou ve diğerleri (2006) tarafından petrokimya endüstrisi alanına özel çalışma yapılmışken, bu tez çalışması tüm sektörleri kapsayan bir çalışma olmuştur. Nivolianitou ve diğerleri (2006) tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarına göre petrokimya endüstrisinde gerçekleşen kazalar tüm kazaların %17'si iken bu tez çalışmasındaki 17 adet gerçek veri için petrokimya endüstrisinde gerçekleşen kazalar tüm kazaların %5,9'udur.
- Okoh ve Haugen (2014), bakımın ne ölçüde büyük kazalara sebep olduğunu araştırdıkları çalışmalarında inceledikleri büyük kazaların %44'ünün bakımla ilgili olduğunu bulmuştur. Bu tez çalışmasında 17 adet gerçek veri için 44 adet kök nedenden sadece bakım ile ilgili olanlarının oranı %25'tir. Aynı zamanda 8 ana kategoriden en fazla orana sahip olan, bakımı içeren ekipman güvenilirlik programının dahil olduğu "ekipman/malzeme sorunu" kategorisi olup %50 (22/44) işaretlenmiştir.
- Moreno ve diğerleri (2019) tarafından biyodizel tesislerinde çalışma yapılmışken, bu tez çalışması tüm sektörleri kapsayan bir çalışma olmuştur. Moreno ve diğerleri (2019) tarafından yapılan analiz sonucuna göre biyodizel tesislerinde meydana gelen en yaygın seneryo yangın ve hemen arkasından patlamadır. Tüm sektörleri içeren bu tez çalışmasındaki 17 adet gerçek veri için oranlar %55,6 yangın, %22,2 patlamadır. Moreno ve diğerleri (2019) tarafından yapılan çalışmada veri tabanında kaydedilen olayların direk sebepleri, en fazla % 26 ile bakım hatalarıdır (Tüm sektörleri içeren bu çalışmadaki 17 adet gerçek veri için bakım hataları oranı %25'tir.). Olaya en fazla dahil olan proses ekipmanı %46 oranla depolama tanklarıdır (Tüm sektörleri içeren bu tez çalışmasındaki 17 adet gerçek veri için %11'dir.). Kaza meydana geldiğinde tesis en fazla ve %30 oranla normal işletme koşullarındadır (Tüm sektörleri içeren bu tez çalışmasındaki 17 adet gerçek veri için %47'dir.). Kaza meydana geldiğinde tesis yaşı %35 lik oranlarla 1 yıldan

küçük ve 2-4 yıl arasındadır (Tüm sektörleri içeren bu tez çalışmasındaki 17 adet gerçek veri için iki oran da %0 olup 10-20 yıl arası %41'dir.).

- Jung ve diğerleri (2020), çalışmalarındaki analiz sonucuna göre, Güney Kore'de kimyasal kazaların %42,3'ü patlamalardan, %29,6'sı yangınlardan ve %28,1'i toksik sızıntılardan kaynaklanmıştır (Bu çalışmadaki 17 adet gerçek veri için %55,6 yangın, %22,2 patlama, %5,6 yayılımdır.). Büyük ölçekli işletmeler, en fazla bakım çalışmaları sırasında endüstriyel kaza yaşamıştır. Yangın ve patlama, tüm kimyasal proses endüstrisi kazalarının %72'sini (Bu çalışmada %77,8'dir.) oluşturmuş ve bunların %32,4'ü statik elektrikle (Bu çalışmadaki 17 adet gerçek veri için %12'şer oranlarla kimyasal reaksiyon sonucu kontrolsüz ısı artışı ve mekanik kıvılcımdır.) ateşlenmiştir. Kimyasal kazalar daha çok depolama tanklarında(%25,4), kimyasal reaktörlerde ve karıştırma tanklarında (%22,5) meydana gelmiştir (Bu çalışmadaki 17 adet gerçek veri için %11 depolama tanklarında, %11 karıştırmalı reaktörlerdedir.). Kimyasal kazalar, en fazla normal operasyonlar (%45,9) sırasında meydana gelmiştir (Bu çalışmadaki 17 adet gerçek veri için %47'dir.). Kimyasal kazaların en yaygın nedeninin, yanıcı sıvıların yanlış kullanımı (%52,1) olduğu bulunmuştur (Bu çalışmadaki 17 adet gerçek veri için %30 oranla alevlenir sıvılardır.).

Literatürde yer alan çalışmalar ile mevcut çalışmanın birebir olarak karşılaştırılabilmesi veya sektörel karşılaştırmalar yapılabilmesi, ilerleyen zamanlarda verilerin veri tabanına girilmesi sonrasında artan veri miktarı sayesinde daha kolay, daha anlamlı ve daha mümkün olacaktır.

Bu çalışmanın 4 numaralı bölümündeki bulgular ve yorumlar dikkate alınarak oluşturulan öneriler aşağıda belirtilmiştir.

- Kuruluş tipi ve kaza sayıları dikkate alındığında, meydana gelen kaza sayısının, kuruluş çeşidinden etkilenmediği görülmektedir. Bu doğrultuda yetkili otoriteler tarafından ulusal mevzuatta kuruluş çeşidine göre düzenlenen hususların gözden geçilmesi ve kuruluşların yükümlülüklerinin kuruluş çeşidinden bağımsız olarak yeniden düzenlenmesi daha uygun olabilir.
- Sektörlere göre kaza sayıları dikkate alındığında, en fazla "kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı" sektöründe %47,1 oranla kaza meydana gelmiştir. Bu doğrultuda "kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı" sektöründe faaliyet gösteren kuruluşlara

öncelik verilerek sektöre özgü yol gösterici düzenlemeler yapılabilir ve farkındalıklar arttırılabilir.

- Kazaların meydana geldiği iller dikkate alındığında, meydana gelen kazaların %82,4'ünün Marmara ve Ege Bölgesi'nde meydana geldiği görülmektedir. Hem kuruluşlar tarafından hem de yetkili otoriteler tarafından bölgesel bazda yapılacak olan çalışmalarda veya hazırlıklarda, bu iki bölgeye öncelik verilerek iyileştirmeler yapılabilir ve olası senaryolara karşı acil durum ekipleri/ekipmanları/araçları dâhil hazırlıklı olunması sağlanabilir.
- Olay çeşitleri dikkate alındığında, kazaların %64,7'si bildirim kriterini sağlayan büyük endüstriyel kaza iken, geri kalan %35,3'ü bildirim kriterini sağlamayan büyük endüstriyel kaza ve ramak kala olaylardan meydana gelmektedir. İlgili yönetmelik ekindeki bildirim kriterleri, gözden geçirilerek ülkemize has olarak yeniden düzenlenip, kriterler aşağıya çekilebilir ve böylelikle yasal olarak daha çok kazanın bildirimi sağlanabilir.
- Kaza geçiren çalışana göre kaza sayıları veya hangi işveren türü çalışanının kazaya dâhil olduğuna göre kaza sayıları dikkate alındığında, %88 oranla kazaya dâhil olan çalışanlar asıl işveren çalışanıdır. Buna göre çalışan çeşidi ayrımı yapılmadan tüm çalışanlara proses emniyeti ile ilgili gerekli mesleki/iş sağlığı ve güvenliği eğitimi, bilgilendirme yapılabilir, gerekli denetim ve gözetim titizlikle sağlanabilir. Ayrıca kazaların kök nedenlerini giderecek şekilde iyileştirme çalışmaları yapılabilir.
- Kaza türüne göre kaza sayıları dikkate alındığında, en çok meydana gelen kaza türü %55,6 oranla yangındır. Buna göre kuruluşların yangın oluşmaması veya olası bir yangına hazırlıklı olması için ulusal mevzuatta yer alan hükümlere uyması yerinde olacaktır. Özellikle Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik ile Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik hükümlerini titizlikle uygulamaları tehlikelerden korunmak adına çok önem arz etmektedir.
- Kazanın gerçekleştiği andaki işletme modu dikkate alındığında, kaza anında tesis %47 oranla normal çalıştırma modundadır. Buna göre kuruluşlar tarafından normal çalışma modu faaliyetleri gözden geçirilerek eksiklikler giderilebilir. (Uygun eylemleri ve bu eylemlerin sıralamasını belgelemek için prosedürler gereklidir. Tüm işletme modları için işletme prosedürleri, geçici güç kaynakları da dahil olmak üzere prosesi etkileyebilecek tüm değişiklikler için değişiklik yönetimi prosedürleri ve sıcak/ateşli çalışma, yüksekte

çalışma, EKED (Etiketle-Kilitle-Emniyete Al-Dene), hat kesme/ekipman açma, vinçlerin taşınması ve ayarlanması gibi rutin olmayan veya sıklıkla yapılmayan faaliyetler için izin prosedürleri, acil durum prosedürleri, sözleşmeli firma ve ziyaretçi güvenlik prosedürleri vb. oluşturulabilir, geliştirilebilir, duyurulabilir ve uygulanabilir. Tüm yazılı doküman veya belgeler güncel olması ve tam olarak takip edilmesi, belgelerdeki uygunsuzlukların giderilmesi sağlanabilir. Belgelerin iyi yazıldığına, süreç adımlarını güvenli bir şekilde tanımladığına, birbirleriyle çelişmediğine dikkat edilebilir, değişen şartlara göre ve belirlenen uygun zaman aralıklarında belgeler gözden geçirilebilir, pratikleştirilebilir, yenilenebilir ve geliştirilebilir. Tamamlanmamışlarsa veya mevcut uygulamalarla uyuşmuyorlarsa, sorumluların bunları gözden geçirmesi ve düzeltmesi sağlanabilir. İşlemlerdeki küçük değişikliklere dikkat edilerek bunlar değişim yönetimi prosedüründen geçirilebilir. İş ne olursa olsun (işletme, bakım, gözetmen, mühendislik, yönetim) ayrıntılara dikkat edilmesi önem arz etmektedir. Tüm "belgelenmemiş uygulamalar" denetçiye gösterilebilir. Çalışmaların prosedürlere uygun olarak yolunda gittiğini doğrulamak için çalışma sahası sıklıkla ziyaret edilebilir. Saha turları veya operasyonlar sırasında yolunda gitmeyen bir durum fark edilirse ve hata olasılığı gözlemlenirse, hemen amir/sorumlulara bildirilebilir ve bir güvenlik raporu ibraz edilebilir. Bu hata olasılığı hemen düzeltilemezse, güvenlik işaretleri kullanılarak hatanın fark edilmesi sağlanabilir.)

- Kazaya dâhil olan kimyasal maddelerin çeşidi ve bulunma şekli dikkate alındığında, kazaya en fazla dâhil olan kimyasal madde çeşidinin %30 oranla alevlenir sıvı olduğu, atık ürünlerin ve ürünlerin kazaya dâhil olma oranlarının en fazla ve %12'şer olduğu bulunmuştur. İşyerinde bulunan, kullanılan veya herhangi bir şekilde işlem gören kimyasal maddelerin etkilerinden kaynaklanan mevcut veya ortaya çıkması muhtemel risklerden çalışanların sağlığını korumak ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamak için Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik hükümlerini titizlikle uygulamaları tehlikelerden korunmak adına çok önem arz etmektedir.
- Kazaya sebebiyet veren ateşleme kaynakları dikkate alındığında en fazla kazaya sebep olan ateşleme kaynakları %12'şer oranla mekanik kıvılcım ve kimyasal reaksiyon sonucu kontrolsüz ısı artışıdır. Özellikle yanıcı ve alevlenebilir tehlikeli maddelerin bulunduğu yerlerdeki olası tüm tutuşturma kaynaklarına karşı maksimum düzeyde tedbirler alınabilir.

- Kazaya dâhil olan proses ekipmanları dikkate alındığında, tanklarla ilgili olan ekipmanlar bir maddede birleştirildiğinde frekans değerinin %17'ye çıktığı görülmektedir. Buna göre tanklar ve diğer proses ekipmanları için; İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği hükümlerine uyum sağlanabilir. Ekipmanların bakım, test ve periyodik kontrollerinin zamanında yapılması ve her birine ait prosedür, talimat vb. oluşturulması önerilebilir. Çalışanlar alanlarında bulunan ekipmanların tutumları ve özellikleri ile ilgili bilgilendirilebilir ve kullanımı hakkında eğitilebilir. Kalite kontrol prosedürleri oluşturulabilir, detaylı malzeme testleri analiz edilebilir. Sertifikalı ürünler tercih edilebilir. Onay prosedürlerinde kullanıcı ve amir onayları bulunması sağlanabilir. Ekipmanlara ait standartlar geliştirilebilir.
- Kök nedenler dikkate alındığında, bakım ile ilgili olan tüm kök nedenler tüm kök nedenlerin %25'ini oluşturmaktadır. Bununla birlikte, toplam 8 çeşit olan kök neden ana kategorisinden "malzeme/ekipman problemi" kategorisi %50 oranla en fazla kaza sebebi olan kategoridir. Buna göre, proseslerde kullanılan ekipmanlara ait güvenlik programı oluşturulabilir. İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği hükümlerine uyum sağlanabilir. Bakım prosedürleri, hat açma prosedürleri vb. prosedürler oluşturulabilir ve bunlara uyulması sağlanabilir. Bir sistem diğerini etkilerse ne olacağı, sistemi geçici dahi olsa değiştirirken veya bakım yaparken dikkate alınması sağlanabilir. İş ekipmanlarının yeri, gerekli muayene ve bakım için zor ulaşılabilir veya ulaşılması mümkün değil ise, bu sorun düzeltilebilir ve bakım planlamasında bu konu dikkate alınabilir. Ayrıca, ilgili yönetmelik hükümleri dikkate alınarak kuruluş sorumluları, sistem arıza riskinin azaltılması amacıyla izleme ve kontrolle ilgili en iyi uygulama örnekleri hakkındaki bilgileri de dikkate alarak; tesisin bakımı için yöntem ve talimatlar oluşturabilir; tesiste kurulu bulunan yaşlanan ekipman ile korozyona yönelik risklerin yönetimi ve kontrolü amacıyla; kuruluştaki ekipmanların durumunu izlemek ve kontrol etmek için strateji, metodoloji, uygun takip eylemleri ve gerekli önleyici tedbirleri belirleyebilir.
- Kuruluşun faaliyete geçiş tarihi ile kaza tarihi arasında geçen süre dikkate alındığında, bir kuruluş ortalama 21,5 yıl yaşındayken kaza meydana gelmektedir. Bununla birlikte ilk 5 yıla kadar hiç kaza meydana gelmezken, 5'inci yılda %18 oranla, 5-10 yıl arasında %6 oranla, 10-20 yıl arasında %41 oranla, 20 ve daha fazla yaşında olan tesislerde ise %35 oranla kaza meydana gelmektedir. Buna göre tesisler 10 yaşından sonra belirli ve

daha sık aralıklarla bakım programlarına alınabilir, daha yaşlı tesisler ise aynı/bağlantılı/farklı amaçlar için yeniden tasarlanarak değerlendirilebilir.

- İşyerinde mesaiye başlama saati ile kaza saati arasında geçen süre dikkate alındığında, mesai başladıktan ortalama 4 saat 12 dakika sonra kaza meydana gelmektedir. Bununla birlikte kaza gerçekleşme oranı; ilk 2 saatte %29,41, mesainin 2. ve 4. saatleri arasında %11,77, mesainin 4. ve 6. saatleri arasında %29,41 ve son iki saatte %29,41'dir. Son 4 saatte meydana gelme olasılığı ise %58,82 olarak bulunmaktadır. Çalışma süresinin ikişer saatlik zamanlara ayrılması ile bulunan oranlara göre, mesainin 2. ve 4. saatleri arasında kaza gerçekleşme oranı diğer zaman dilimlerine göre daha az olup diğer zaman dilimlerinde eşit oranda kaza gerçekleşmiştir. Buna göre, iş analizi yapılabilir, mola düzenlemesi gözden geçirilebilir, içerik yönünden iş düzenlemeleri (iş değişimi/rotasyon, iş genişletme, iş zenginleştirme) ve zaman yönünden iş düzenlemeleri (kısmi süreli/yarı zamanlı, esnek zamanlı, iş paylaşma, vardiyalı) incelenerek uygun olanlar uygulanabilir, gerekirse otomasyon sistemleri kullanılabilir veya çalışan sayısı arttırılabilir. Ayrıca yorgunluk ölçümleri yapılabilir. İşin ve çalışanın durumuna uygun olarak yapılacak planlamalara göre çok kısa molalar (yarım dakikadan daha kısa), kısa molalar (yarım dakika ile 5 dakika arası süren) ve mola (5 dakikadan fazla) uygulaması yapılabilir. Molanın ilk bölümünün dinlenme değeri en büyük olduğu için kısa molalar tercih edilebilir. Vardiya süresi uzadıkça kısa molaların sıklığı ve süresi artırılabilir. Molaların sıklığı bedensel ve zihinsel çalışmanın ağırlığına bağlıdır, çok ağır işlerde birkaç dakikalık çalışmadan sonra da mola vermek gerekebilir. Dinlenme molaları aşırı sıcak ve gürültülü ortamın dışında yapılması sağlanabilir. Molada başka bir yan iş yapılıyorsa molanın değeri kaybolacağından bu duruma dikkat edilebilir.
- Tüm kaza raporları dikkate alındığında, veri girişi yapılmayan çok fazla bölüm tespit edilmiştir. Yetkili otoriteler tarafından bildirim sistemlerinde gerekli yazılımsal düzenlemeler yapılarak veri girişi yapılmadan bir sonraki bölüme geçişe veya raporun tamamlanmasına izin verilmeyebilir.

Yapılan çalışmanın literatüre büyük endüstriyel kazalara ilişkin ulusal bir kaza veri tabanı oluşturma, aynı veya benzer kazaların yaşanmamasını sağlama, olası kaza sonuçlarını ortadan kaldırma, aynı olaylar için hesaba katılmayan tehlikeleri öğrenme, kolay, anlaşılır, ulaşılabilir arayüz tasarımı olan bir sistem yaratma, büyük endüstriyel kazalar özelinde olma, büyük endüstriyel kaza çeşitlerinin tamamının nedenlerini kapsayacak şekilde kök

nedenlerin standart bir taksonomi yapılarak sistematik bir şekilde sınıflandırma, her kazanın faktörlerini ortak dile sahip olarak sisteme kaydetme, araştırmacılar için bilgiye erişmede zaman tasarrufu sağlama, proaktif olarak kaza tahmini yapabilme, herkesin erişimine açık bir veri tabanı yaratma, paydaşların konu ile ilgili farkındalığını arttırma, istatistiki yöntemler sayesinde derinlemesine analiz yapılarak bilinmeyen yararlı bilgiler oluşturma, gelecekte yapılabilecek çalışmalarda, veri madenciliği yöntemleri sayesinde derinlemesine analiz yapılarak bilinmeyen yararlı bilgiler oluşturma, uzun yıllarca birikecek verilerden ulusal olasılık/frekans değerleri oluşturma gibi katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada oluşturulan veri tabanı bilgi sisteminde yer alacak veri girişlerinin yönetmelik kapsamındaki alt ve üst seviyeli kuruluşlar tarafından yapılması, sistemde yer alacak veri girişlerinin yönetmelik kapsamında olmayan kuruluşlar tarafından yapılması, sadece bildirim kriterini sağlayan kazaların değil, kriteri sağlamayan kazaların da sisteme girişlerini yapılması, sadece kazaların değil ramak kala olayların da sisteme girişlerinin yapılması sistemin işleyişi açısından çok önemlidir. İleride bu veri tabanı bilgi sisteminin ilgili Bakanlıkların kaza veri girişi yapılan sistemlerine entegre olması veya oluşturulan veri tabanı bilgi sisteminin yürütücüsünün kamu kuruluşu nezdinde olması daha faydalı olacaktır.

Bu çalışmanın ilerleyen versiyonlarında daha detaylı analizler için, tasarlanan mevcut veri tabanı alt yapısındaki özelliklere ait kategoriler zenginleştirilebilir. Ayrıca farklı veri analizi yöntemleri veri tabanı bilgi sistemine derç edilip analiz çeşitliliği sağlanabilir. Farklı dillere göre uyumluluk geliştirilebilir. İleride yapılacak çalışmalarda, makine/ekipman listesinde en yüksek riski oluşturan ekipman belirlenerek bu hataların sebepleri ile ilgili daha detaylı araştırmalar yapılabilir. Büyük endüstriyel kazalar özelinde hazırlanan bu çalışma maden, inşaat vb. diğer sektörlerdeki kaza tipleri için de geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

Arslan, B. (2020). *Sağlık Hizmetlerinde Kök Neden Analizi: 21 Adım Uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Düzce, 1-18.

Atagören, Ç. (2012). *Yazılım Mühendisliği Projelerinde Hata Ölçümü, Kök Neden Analizleri ve Örnek Bir Vaka İncelemesi*. Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-15.

Ataseven, B. (2012). Nitel bilimsel araştırmalarda veri kalitesinin önemi. *Marmara Üniversitesi İİBF Dergisi*, 33(2), 543-564.

Babalık, F. C. (2005). *Mühendisler İçin Ergonomi -İşbilim-* (1 b.). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, 55-467.

Bellamy, L. J. (2015). Exploring the relationship between major hazard, fatal and non-fatal accidents through outcomes and causes, *Safety Science*(71), 93–103.

Beyhan, A. (2013). Eğitim örgütlerinde eylem araştırması. *Bilgisayar ve Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 1(2),65-89.

Center for Chemical Process Safety [CCPS]. (1989). *Guidelines for Process Equipment Reliability*. CCPS of the Amerıcan Instıtute of Chemıcal Engıneers, 289.

CCPS. (2007). *Guidelines for Risk Based Process Safety*. American Institute of Chemical Engineers, 250-270.

Cozzani, V., Campedel, M., Renni, E. and Krausmann, E. (2010). Industrial accidents triggered by flood events: Analysis of past accidents. *Journal of Hazardous Materials*(175), 501–509.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı [ÇSGB]. (2012). *Seveso II Direktifi Kapsamındaki Endüstrilerde Kaza Riski Değerlendirme Metodolojisi: Aramis.* Ankara: ÇSGB İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, 43.

Department of Energy [DOE]. (1992). *Root Case Analysis Guidance Document*. DOE GUIDELINE. Washington: U.S. Department of Energy, 1-69.

Erdoğan, A. (2015). Hata ağacı analizi, literatür araştırması ve orta ölçekli bir işletmede uygulama. *ÇSGB Çalışma Dünyası Dergisi,* 3(1), 106-122.

Erdoğan, A. ve Çakmak, M. (2023). Büyük endüstriyel kazalara ilişkin ulusal kaza veri tabanı eksikliği. ÇSGB *Çalışma İlişkileri Dergisi*, 14(1) , 20-35.

Gökçen, H. (2007). *Yönetim Bilgi Sistemleri.* Ankara: Palme Yayıncılık, 148-153.

Göral, M. A. (2007). *Kredi Kartı Başvuru Aşamasında Sahtecilik Tespiti İçin Bir Veri Madenciliği Modeli*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 4-20.

İnternet: AFAD. (2023). AYDES. Web: https://www.afad.gov.tr/afet-yonetim-ve-karar-destek-sistemi-projesi-aydes21#:~:text=Afet%20Y%C3%B6netim%20ve%20Karar%20Destek%20Sistem

i%20(AYDES),sahip%20web%20tabanl%C4%B1%20bir%20uygulamad%C4%B1r., Son Erişim Tarihi: 06.02.2023.

İnternet: AIST. (2022). RISCAD. Web: https://riss.aist.go.jp/sanpo/riscad/, Son Erişim Tarihi: 22.11.2022.

İnternet: ARIA. (2022). ARIA Database. Web: https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/the-barpi/the-aria-database/?lang=en, Son Erişim Tarihi: 24.11.2022.

İnternet: CCPS. (2022). Process Safety Beacon. Web: https://www-dev.aiche.org/ccps/process-safety-beacon, Son Erişim Tarihi: 20.11.2022.

İnternet: CCPS. (2022). PSID. Web: https://www--dev-aiche-org.translate.goog/ccps/resources/psid-process-safety-incident-database?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=tr&_x_tr_hl=tr&_x_tr_pto=wapp, Son Erişim Tarihi: 20.11.2022.

İnternet: Chemical Safety Board [CSB]. (2021). The U.S. Chemical Safety Board. Web: https://www.csb.gov/, Son Erişim Tarihi: 22.11.2022.

İnternet: CSB. (2022). Web: https://www.csb.gov/investigations/completed-investigations/?Type=2, Son Erişim Tarihi: 22.11.2022.

İnternet: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı [ÇŞİDB]. (2007). Ülkemizde meydana gelen endüstriyel kazaların il bazında dağılımı. Web: https://teknolojikkazalar.org/show/reference/4c3727cb1e424, Son Erişim Tarihi: 20.11.2022.

İnternet: *eMARS*. (2021). European Commission eMARS. Web: https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/content, Son Erişim Tarihi: 24.11.2022.

İnternet: Girgin, S. ve Yetiş, Ü. (2007a). Seçilmiş uluslararası veri tabanlarında türkiye'de yaşanmış endüstriyel kazalar. Ankara. Web: https://www.researchgate.net/publication/264583382_Secilmis_Uluslararasi_Veri_Tabanlarinda_Turkiye'de_Yasanmis_Endustriyel_Kazalar, Son Erişim Tarihi: 20.11.2021.

İnternet: Girgin, S. ve Yetiş, Ü. (2007b). Türkiye teknolojik kazalar bilgi sistemi: genel özellikler. Ankara. Web: https://www.researchgate.net/publication/264583632_Turkiye_Teknolojik_Kazalar_Bilgi_Sistemi_Genel_Ozellikler, Son Erişim Tarihi: 20.11.2021.

İnternet: Infomimet. (2022). Web: http://w3.cetem.gov.br/infomimet/vercadastro1_en.asp?count=131, Son Erişim Tarihi: 24.11.2022.

İnternet: Occupational Safety and Health Administration [OSHA]. (2016). The Importance of Root Cause Analysis During Incident Investigation. Web: https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA3895.pdf, Son Erişim Tarihi: 20.01.2023.

İnternet: Process Improvement Institute [PII]. (2003). Root Cause Chart. Web: https://www.process-improvement-institute.com/_downloads/Root_Cause_Chart_PII_R6_Complimentary.pdf, Son Erişim Tarihi: 20.11.2021.

İnternet: Polat, K. (2022). Endüstriyel Kimya I-II. Ankara Üniversitesi, Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı, Açık Ders Malzemeleri. Web: https://acikders.ankara.edu.tr/course/index.php?categoryid=285, Son Erişim Tarihi: 15.01.2022.

İnternet: T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi. (2021). Web: https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=31298&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5, Son Erişim Tarihi: 3.11.2021.

İnternet: T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi. (2021). Web: https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=31298&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5, Son Erişim Tarihi: 23.11.2021.

İnternet: Wikipedia. (2021). List of industrial disasters. Web: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_industrial_disasters, Son Erişim Tarihi: 15.11.2021.

İnternet: Wikipedia. (2021). Web: https://en.wikipedia.org/wiki/ISO/IEC_31010, Son Erişim Tarihi: 15.11.2021.

İnternet: *ZEMA. (2022). ZEMA Infosis.* Web: https://www.infosis.uba.de/index.php/de/zema/index.html, Son Erişim Tarihi: 22.11.2022.

Jacobsson, A., Sales, J. and Mushtaq, F. (2009). A sequential method to identify underlying causes from industrial accidents reported to the MARS database. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries,* (22), 197–203.

Jung, S., Woo, J. and Kang, C. (2020). Analysis of severe industrial accidents caused by hazardous chemicals in South Korea from January 2008 to June 2018. *Safety Science, 124,* 104580.

Kang, Y., Yang, S. and Patterson, P. (2021). Modern cause and effect model by factors of root cause for accident prevention in small to medium sized enterprises. *Safety and Health at Work,* 12(4), 505-510.

Keçeci, T. (2015). *Gemi Kazası Kompleks Probleminin İncelenmesi için Kök Sebep Analizi Yaklaşımı Önerisi*. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 103-123.

Korum, U. (1985). *Matematiksel İstatistiğe Giriş.* Ankara: Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi, 319-350.

Lindhout, P., Gulijk, C. V. and Ale, B. (2011). Underestimation of language issues in frequently used accident investigation A new taxonomy problem found in Dutch accident data. *Journal of Hazardous Materials,* (191), 158–162.

Ma, Q., Wan, M. and Shao, J. (2021). Six-hierarchy model of accident analysis and its application in coal mine accidents. *Journal of Safety Science and Resilience,* 3(1), 61-71.

Moreno, V. C., Danzi, E., Marmo, L., Salzano, E. and Cozzani, V. (2019). Major accident hazard in biodiesel production processes. *Safety Science,* 113, 490-503.

Mülayım, Y. (2010). *Bir Üniversite Hastanesinde Düşmelerin Sıklığı ve Kök Neden Analizi*. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 1-30.

Nivolianitou, Z., Konstandinidou, M. and Michalis, C. (2006). Statistical analysis of major accidents in petrochemical industry notified to the major accident reporting system (MARS). *Journal of Hazardous Materials,* (A 137), 1-7.

Nivolianitou, Z., Konstandinidou, M., Kiranoudis, C. and Markatos, N. (2006). Development of a database for accidents and incidents in the Greek petrochemical industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries,* (19), 630–638.

Okoh, P. and Haugen, S. (2013). Maintenance-related major accidents: classification of causes and case study. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries,* (26), 1060-1070.

Okoh, P. and Haugen, S. (2014). A study of maintenance-related major accidentcases in the 21st century. *Process Safety and Environmental Protection,* (92), 346–356.

Özcan, S. (2001). İstatistiksel Proses kontrol tekniklerinden pareto analizi ve çimento sanayiinde bir uygulama. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 2(2), 151-174.

Özçatalbaş, Ö. (2014). *İş Kazası Nedenlerinin Kök Sebep Analizi ile İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 13-15.

Özkılıç, Ö. (2007). *İş Sağlığı, Güvenliği ve Çevresel Etki Risk Değerlendirmesi.* MESS, 36-37 .

Renni, E., Krausmann, E. and Cozzani, V. (2010). Industrial accidents triggered by lightning. *Journal of Hazardous Materials,* 42–48.

Tauseef, S.M., Abbasi, T. and Abbasi, S. (2011). Development of a new chemical process-industry accident database to assist in past accident analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries,* 24(4), 426-431.

Tamascelli, N., Paltrinieri, N. and Cozzani, V. (2023). Learning from major accidents: a meta-learning perspective. *Safety Science,* (158), 105984.

Tamascelli, N., Solini, R., Paltrinieri, N. and Cozzani, V. (2022). Learning from major accidents: A machine learning approach. *Computers and Chemical Engineering,* (162), 107786.

Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği [TMMOB]. (2018). *Endüstriyel Yangınlar ve Patlamalar 2017 Yılı Raporu.* İstanbul.

TMMOB. (2019). *Endüstriyel Yangınlar ve Patlamalar 2018 Yılı Raporu.* İstanbul.

TMMOB. (2020). *Endüstriyel Yangınlar ve Patlamalar 2019 Yılı Raporu.* İstanbul.

TMMOB. (2021). *Endüstriyel Yangınlar ve Patlamalar 2020 Yılı Raporu.* İstanbul.

TMMOB. (2022). *Endüstriyel Yangınlar ve Patlamalar 2021 Yılı Raporu.* İstanbul.

TMMOB. (2023). *Endüstriyel Yangınlar ve Patlamalar 2022 Yılı Raporu.* İstanbul.

Tunca, F. (2015). *İş Güvenliği Kültürü'nün Kök, Neden, Sonuç Kavramlarıyla İlişkilendirilmesi.* Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-25.

Turner, W., Mize, J., Case, K. and Nazemtz, J. (2006). *Endüstri ve Sistem Mühendisliğine Giriş.* (çev. U. Kula, O. Torkul ve H. Taşkın) İstanbul: Değişim Yayınları, 281-380.

Zhou, Z., Irizarry, J. and Zhou, J. (2021). Development of a database exclusively for subway construction accidents and corresponding analyses. *Tunnelling and Underground Space Technology,* 111(103852).

EKLER

(Ekler Tezin arka kapağında CD ortamında verilmiştir.)

Gazili olmak ayrıcalıktır