



**YÜKSEK HIZLI TREN İŞLETMECİLİĞİ
ESNASINDA YAPILAN BİLDİRİMLERİN
EMNİYET AÇISINDAN İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Sultan GÜNDÜZ

Eskişehir 2024

**YÜKSEK HIZLI TREN İŞLETMECİLİĞİ ESNASINDA YAPILAN
BİLDİRİMLERİN EMNİYET AÇISINDAN İNCELENMESİ**

Sultan GÜNDÜZ

Yüksek Lisans Tezi

Raylı Sistemler Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ömür AKBAYIR

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Temmuz 2024

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Sultan GÜNDÜZ'ün YÜKSEK HIZLI TREN İŞLETMECİLİĞİ ESNASINDA YAPILAN BİLDİRİMLERİN EMNİYET AÇISINDAN İNCELENMESİ başlıklı çalışması 25/07/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek “Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği”nin ilgili maddeleri uyarınca, Raylı Sistemler Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvan Adı Soyadı

İmza

Üye

: Doç. Dr. Ömür AKBAYIR

Üye

: Doç. Dr. Yasin SARIKAVAK

Üye

: Dr. Öğr. Üyesi Emine AKYOL ÖZER

Prof. Dr. Semra KURAMA

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

25/07/2024

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans ęrencisi Sultan GÜNDÜZ, YÜKSEK HIZLI TREN İşLETMECİLİğİ ESNASINDA YAPILAN BİLDİRİMLERİN EMNİYET AÇISINDAN İNCELENMESİ başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımca incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun görülmüştür.

Tez Daniřmanı

Doç. Dr. Ömür AKBAYIR

ÖZET
YÜKSEK HIZLI TREN İŞLETMECİLİĞİ ESNASINDA YAPILAN
BİLDİRİMLERİN EMNİYET AÇISINDAN İNCELENMESİ

Sultan GÜNDÜZ

Raylı Sistemler Mühendisliği Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Temmuz 2024

Danışman: Doç. Dr. Ömür AKBAYIR

Demiryollarında meydana gelen kaza öncüsü niteliği taşıyan hatalar, arızalar, ramak kala olaylar, kaza incelemeleri, kaza raporları büyük maddi hasarlı ve ölümlü kazaların verilerinin tutulması ve gelecekte bu tarz olayların yaşanmasını önlemek için emniyet yönetim sistemine girdi sağlaması ve çalışanların emniyet kültürü bilinci içerisinde hareket etmeleri oldukça önemlidir.

Emniyetin sürekliliğinin sağlanması ve kazaların önlenmesi için seneler içerisinde kaza nedensellik modelleri ve metotları oluşturularak, kaza verilerinin tutulması ile kazaların önüne geçilmesi için kaza piramidi, domino teorisi, İsviçre peyniri modeli, papyon modeli gibi yaklaşımlar geliştirilmiştir.

Çalışmada 2009-2020 yılları arasında yüksek hızlı tren işletmeciliği esnasında yapılan bildirimlerin veri analizi yapılarak, bildirimler sistemler bazında sınıflandırılmıştır. Bildirimlerin sistemler bazında yıllara göre dağılımı kapsamında milyon.tren km başına frekans analizleri yapılmıştır. Sonrasında bildirimler kaza inceleme ve raporlama yönergeleri kapsamında kaza ve kaza öncüleri olarak hasar durumunu da içerecek şekilde sınıflandırılmıştır. Kaza ve kaza öncülerinin hasar bilgileri ile yıllara dağılımlarının frekans analizi yapılmıştır. Son olarak veriler kullanılarak Heinrich kaza piramidine göre bir uyarılma ve karşılaştırma yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Emniyet, Kazalar ve kaza öncüleri, Yüksek hızlı tren işletmeciliği, Heinrich kaza piramidi, Veri analizi.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF NOTIFICATIONS MADE DURING HIGH-SPEED TRAIN OPERATION IN TERMS OF SAFETY

Sultan GÜNDÜZ

Department of Rail Systems Engineering

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, July 2024

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ömür AKBAYIR

Errors, malfunctions, near-miss incidents, accident investigations, and accident reports that serve as precursors to accidents in railways, as well as the data on major accidents causing significant material damage and fatalities, are essential for providing input to the safety management system to prevent such events in the future and for ensuring that employees act with a consciousness of safety culture.

Accident causality models and methods have been developed over the years to ensure the continuity of safety and prevent accidents. By maintaining accident data, approaches such as the accident pyramid, domino theory, Swiss cheese model, and bow-tie model have been established to prevent accidents.

In the study, a data analysis of reports made during high-speed train operations between 2009 and 2020 was conducted, and the reports were classified based on systems. Frequency analyses were performed on the annual distribution of the reports by system according to million.train kilometer. Subsequently, the reports were classified according to accident investigation and reporting guidelines, including the damage status, as accidents and accident precursors. Frequency analyses of the damage information of accidents and accident precursors were performed with their annual distributions. Finally, using the data, an adaptation and comparing were made according to Heinrich's accident pyramid.

Keywords: Safety, Accidents and accident precursors, High-speed train operation, Heinrich's accident pyramid, Data analysis.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesi sırasında her aşamada beni destekleyen danışmanım Doç. Dr. Ömür Akbayır'a, çalışmanın başlatılabilmesi için bana güvenen ve desteğini esirgemeyen Özgür Şahin'e teşekkürlerimi sunarım.

Kendisinden hem mesleğe hem de hayata dair çok şey öğrendiğim, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, gelişimim için attığım adımlarda her daim yanımda olan ve beni cesaretlendiren değerli hocam Nurettin İnce'ye teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim sürecinde beni cesaretlendiren, çalışmalarımı destekleyen öncesinde birlikte çalıştığım iş arkadaşlarıma ve ASELSAN'da şu an beraber çalışmakta olduğum tüm iş arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca benim yanımda olan, beni her zaman destekleyen ve moral veren sevgili aileme sonsuz şükranlarımı sunar ve teşekkür ederim.

Sultan GÜNDÜZ

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Sultan GÜNDÜZ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	I
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	II
DANIŞMAN ONAYI	III
ÖZET	IV
ABSTRACT.....	V
TEŞEKKÜR	VI
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIII
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	4
3. RAYLI SİSTEMLERDE EMNİYET YÖNETİMİ VE RİSK ANALİZİ.....	7
3.1. Avrupa’da ve Türkiye’de Emniyet Yönetim Sistemleri	7
3.2. Emniyet Yönetim Sistemi	8
3.2.1. Organizasyonel temeller	9
3.2.2. Süreçsel temeller	10
3.2.3. Risk değerlendirme temelleri	10
3.3. Emniyet	11
3.4. Risk Analizi.....	13
3.4.1. Arıza bildirimi, analizi ve düzeltici eylem sistemi (FRACAS)	15
4. KAZALAR VE KAZA ÖNCÜLERİ.....	17
4.1. Kaza.....	17
4.2. Kaza Öncüleri.....	18
4.3. Kaza Nedensellik Modelleri	19

4.3.1. İsviçre peyniri modeli (Swiss cheese model-SCM)	20
4.3.2. Papyon modeli.....	21
4.3.3. Domino teorisi.....	22
4.3.3.1. <i>Heinrich domino teorisi</i>	22
4.3.3.2. <i>Bird domino teorisi</i>	23
4.3.4. Kaza piramidi teorisi.....	24
4.3.4.1. <i>Heinrich kaza piramidi teorisi</i>	24
4.3.4.2. <i>Bird kaza piramidi teorisi</i>	26
5. METOT.....	27
6. BULGULAR.....	30
6.1. Tekrar Eden Verilerin Silinmesi	30
6.2. Tarih, Saat, Konum ve Bildirimlerin Ayırıştırılması.....	30
6.3. Konumların Kategorize Edilerek Sadeleştirilmesi	30
6.4. Bildirimlerin Etkilediği Üst Sistem Başlıklarının Belirlenmesi.....	32
6.5. Üst Sistem Başlıkları Altında Bildirimlerin Sınıflandırılması.....	33
6.6. Kaza İnceleme Yönergeleri Baz Alınarak Kazaların Sınıflandırılması.....	33
6.7. Ramak Kala Olaylar ile İş Kazalarının Sınıflandırılması.....	34
6.8. Kaza İnceleme Yönergeleri Baz Alınarak Kaza Öncülerinin Sınıflandırılması	35
6.9. Bildirimlerin Yıllara Göre Frekans Analizlerinin Yapılması.....	41
6.10. Kazaların Hasarsız, Maddi Hasarlı, Yaralı ve Ölümlü Olarak Detaylandırılması.....	47
6.11. Kaza Öncülerinin, Ramak Kala Olayların ve Kazaların Frekans Analizlerinin Yapılması.....	49
6.11.1. Kazaların, ramak kala olayların ve kaza öncülerinin yıllara göre dağılımı	49
6.11.1.1. <i>Kazalar</i>	50
6.11.1.2. <i>Kaza öncüsü</i>	50
6.11.1.3. <i>Ramak kala</i>	51
6.11.2. Kazaların yıllara göre hasar ve kayıp dağılımı	51
6.11.2.1. <i>Kazalar</i>	52
6.12. 10 Yıllık Verilerin Heinrich Kaza Piramidi ile Karşılaştırılması.....	53

7. SONUÇ 55

KAYNAKÇA..... 57

EKLER

ÖZGEÇMİŞ



TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1. Emniyet yönetim sistemi programlarının dört temel özelliği	8
Tablo 4.1. Kaza tanımları.....	17
Tablo 6.1. Bildirilen olayların hat kesimleri ve sayıları.....	30
Tablo 6.2. Bildirilen olayların üst sistem, üst olay ve çevre sınıflandırılması.....	32
Tablo 6.3. Kaza olarak sınıflandırılan bildirimler.....	33
Tablo 6.4. Ramak kala olaylar	34
Tablo 6.5. İş kazaları.....	35
Tablo 6.6. Araç kategorisindeki kaza öncüleri.....	35
Tablo 6.7. Doğa olayları kategorisindeki kaza öncüleri	36
Tablo 6.8. Enerji sistemi kategorisindeki kaza öncüleri	37
Tablo 6.9. İhbar kategorisindeki kaza öncüleri.....	37
Tablo 6.10. Sinyalizasyon sistemi-anklaşman kategorisindeki kaza öncüleri	38
Tablo 6.11. Sinyalizasyon sistemi-ATS kategorisindeki kaza öncüleri.....	39
Tablo 6.12. Sinyalizasyon sistemi-ERTMS kategorisindeki kaza öncüleri.....	39
Tablo 6.13. Sinyalizasyon sistemi-saha ekipmanları kategorisindeki kaza öncüleri	40
Tablo 6.14. Yangın kategorisindeki kaza öncüleri.....	40
Tablo 6.15. Yol kategorisindeki kaza öncüleri	40
Tablo 6.16. Yüksek hızlı tren hatları ve açılış tarihleri.....	41
Tablo 6.17. Kazalar ve hasar-kayıp tablosu	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Emniyet yönetiminin dayandırıldığı temeller (Railtrack, 2007)	9
Şekil 3.2. Üst düzey demiryolu sistemi bileşenleri perspektifi (Hessami, 2015)	12
Şekil 3.3. Sistem sınırına göre tehlikelerin tanımı (EN 50129, 2018).....	14
Şekil 4.1. Kaza araştırma ve inceleme akış şeması (TCDD, 2016).....	18
Şekil 4.2. Kaza nedensellik modelleri sınıflandırması (Fu G., 2020)	19
Şekil 4.3. İsviçre peyniri modeli (Wikiwand, 2024)	20
Şekil 4.4. Papyon emniyet fonksiyonları (Dianous & Fievez, 2006)	21
Şekil 4.5. Heinrich domino modeli (Hosseinian & Torghabeh, 2012).....	23
Şekil 4.6. Domino dizisi (Bird 1974) (Hosseinian & Torghabeh, 2012).....	24
Şekil 4.7. Henrich kaza piramidi (Wright, 2002).	25
Şekil 4.8. Bird kaza piramidi (Wright, 2002).	26
Şekil 5.1. Verilerin işleme adımları.....	28
Şekil 6.1. Bildirimlerin 10 yıllık frekans analizi	41
Şekil 6.2. Üst sistemler bazında yapılan bildirimlerin yıllara göre sıklıkları	42
Şekil 6.3. Milyon tren.km cinsinden YHT taşıma miktarı	43
Şekil 6.4 Milyon tren.km başına bildirimlerin değişimi.....	44
Şekil 6.5. Kazaların hasar ve kayıp bazında sınıflandırılması.....	48
Şekil 6.6. Kazaların, ramak kala olayların ve kaza öncülerinin dağılımı	49
Şekil 6.7. Kaza öncülerinin, ramak kala olayların ve kazaların değişimi	50
Şekil 6.8. Kazaların hasar ve kayıp bazında yıllara göre dağılımı	51
Şekil 6.9. Milyon tren.km başına hasar ve kayıp bazında kazaların değişimi.....	52
Şekil 6.10. Bildirimlerin Heinrich kaza piramidine uyarlanması	53

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
ATMS	: Gelişmiş Tren Yönetim Sistemi
ATP	: Otomatik Tren Koruma
ATS	: Otomatik Tren Durdurma
BCU	: Fren Kontrol Ünitesi
BN	: Bayes Ağı
BTM	: Baliz İletim Modülü
CENELEC	: Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi
CER	: Avrupa Demiryolu ve Altyapı Şirketleri Topluluğu
DJ	: Fren Diski
DMI	: Sürücü Makine Arayüzü
DTİ	: Demiryolu Tren İşletmecisi
EB	: Acil Fren
EC	: Avrupa Komisyonu
EC	: Ray Devresi Kontrolörü
EMI	: Elektromanyetik Girişim
EMU	: Elektrikli Çoklu Ünite
EN	: Avrupa Normu
ERA	: Avrupa Demiryolu Ajansı
ERTMS	: Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi
EYS	: Emniyet Yönetim Sistemi
FDIS	: Son Taslak Uluslararası Standart
FMEA	: Hata Türleri ve Ttkileri Analizi
FMECA	: Hata Modu ve Etki Analizi
FRACAS	: Arıza Bildirimi, Analizi ve Düzeltici Eylem Sistemi
HAZOP	: Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi
HSE	: Sağlık Emniyet Çevre
IEC	: Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
IM	: Makas Motoru Kontrolörü
KAİK	: Kaza Araştırma ve İnceleme Kurulu

LED	: Işıık Yayan Diyot
LEU	: Hatboyu Elektronik Ünitesi (Baliz Kontrolörü)
MIL STD	: ABD Ordu Standartları
OM	: Kontrolör
OS	: Makas Bölgesi
RBC	: Radyo Blok Merkezi
SCM	: İsviçre Peyniri Modeli
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
UHDGM	: Ulaştırma Hizmetleri Düzenleme Genel Müdürlüğü
UIC	: Uluslararası Demiryolu Birliğı



1. GİRİŞ

Türkiye’de ilk demiryolu hattı 23 Eylül 1856 yılında 130 km’lik İzmir-Aydın demiryolu hattıdır. 1856’dan günümüze kadar olan süreçte ise yük ve yolcu taşımacılığının öneminin artması ile demiryolu ağlarımız gelişmeye, büyümeye devam etmektedir. Buharlı lokomotifler yerini dizel elektrikli lokomotiflere ve elektrikli lokomotiflere bırakmıştır. Nüfusun artmasına bağlı olarak konforlu ve hızlı ulaşım ihtiyacının artmasıyla birlikte yolcu taşımacılığı ise EMU (Electrical Multiple Unit) setleri ve yüksek hızlı tren setleri ile yapılmaktadır. 110 km/s olan ortalama tren hızlarının yüksek hızlı tren işletmeciliği ile 200-250 km/s hızlara kadar arttığı görülmektedir.

Yüksek hızlı tren işletmeciliği kapsamında tren hızlarının artması ve seferler arası sürenin azalması sebebiyle risklerin artışı sonucunda emniyet stratejilerine ve emniyet metotlarına olan ihtiyacı ortaya çıkarmıştır (Karabacak, 2014).

Emniyet; operatörler, işçiler, tedarikçiler ve hükümet de dahil olmak üzere demiryolu endüstrisinde yer alan tüm tarafları ilgilendiren bir konudur. Büyük Britanya ve diğer Avrupa ülkeleri demiryolu taşımacılığı için emniyet standartları geliştiren ilk ülkeler olmuştur. 1885 yılında başlangıçta Avrupa’da olmak üzere Uluslararası Toplu Taşımacılık Birliği (Union Internationale des Transports Publics, merkezi Brüksel’de), özellikle yolcu trenleri, tramvaylar ve metrolar olmak üzere toplu taşımacılık sistemleri hakkında bilgi alışverişi ve standardizasyon amacıyla kurulmuştur. Uluslararası Demiryolları Birliği [Union Internationale des Chemins de Fer (UIC), merkezi Paris’te] 1922’den bu yana dünya çapında demiryolu endüstrisinin çoğu için standartlar geliştiren kuruluş olmuştur. Asya ve Afrika ülkelerinin büyük bir çoğunluğu emniyet standartlarını tanımlamak ve belgelemek için UIC sürecini takip etmektedir. (Rao, 1995)

Benzer bir şekilde, Avrupa Demiryolu ve Altyapı Şirketleri Topluluğu Avrupa’da demiryolu standartlarının korunmasında lider olmuştur [Communauté Européenne du Rail et des Companies d'Infrastructure (CER), 1988 yılında kurulmuştur]. CER, Avrupa Parlamentosu ve Avrupa Komisyonu (EC) nezdinde 36 demiryolu ve altyapı şirketini temsil etmektedir. Avrupa demiryolu tedarik endüstrisi, Avrupa’daki üç birliği birleştirerek Avrupa Demiryolu Endüstrileri Birliği’ni (Union des Industries Ferroviaires Européennes, 1991 yılında kurulmuştur) oluşturmuştur. (Rao, 1995)

AB ülkelerinde emniyetli bir demiryolu işletmesi ve uluslararası sınır geçişlerindeki problemlerin bertaraf edilmesi hedeflenmiştir ve bu yüzden Avrupa Komisyonu (European Commission - EC) tarafından 2004/49/EC numaralı direktif

yayınlanmıştır (Karabacak, 2014). AB 2016 yılında; 2004/49/EC sayılı direktifi güncelleyerek (EU) 2016/798 Emniyet Direktifini tekrar yayınlamıştır.

Türkiye’de ise TCDD 6461 sayılı Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanuna ve 655 sayılı Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararnameye istinaden Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı UHDM tarafından hazırlanan “Demiryolu Emniyet Yönetmeliği” 2015 yılında yürürlüğe girmiştir. (Demiryolu Emniyet Yönetmeliği, 2015) Demiryolu kaza ve olaylarının araştırılması ve incelenmesi, bunlara ilişkin bildirimlerin yapılmasına yönelik usul ve esaslar ile görev, yetki ve sorumlulukları belirlenmesi amacıyla istinaden ise Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı UHDM tarafından hazırlanan “Demiryolu Kazalarını Ve Olaylarını Araştırma Ve İnceleme Yönetmeliği” 2019 yılında yürürlüğe girmiştir.

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de demiryolu kazaları sonucu ölüm vakalarının azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Demiryolu kazaları sonucu ölüm vakalarının azaltılmasına yönelik çalışmalar yapabilmek için ilk önce kaza nedenlerini bilmek ve karşılaştırmalar yapabilmek gerekmektedir (Akbayır, 2016).

1 Mayıs 2013 tarihinde Resmî Gazetede yayımlanan 6461 Sayılı “Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun” kapsamında yeniden yapılanma çalışmaları 2016 yılında tamamlanmış olup, 1 Ocak 2017 tarihi itibarıyla TCDD, Demiryolu Altyapı İşletmecisi; TCDD Taşımacılık A.Ş. ise Demiryolu Tren İşletmecisi (DTİ) olarak hizmet vermeye başlamıştır. TCDD ve TCDD Taşımacılık A.Ş. Demiryolu Emniyet Direktifi’ nin 28 inci, 29 uncu ve 30 uncu maddelerine dayandırarak Kaza İnceleme Yönergesi başlığı ile kendi özellerinde yönergelerini yayınlamışlardır.

TCDD ve TCDD Taşımacılık A.Ş’ de yayınladıkları Kaza İnceleme Yönergeleri kaza olarak değerlendirilecek olayları, kaza öncüllerini ve kaza raporunun tutulması ile ilgili kuralları tariflemektedir.

Bu tez çalışmasının ilk bölümünde; demiryollarında yüksek hızlı tren işletmeciliğine geçiş ve bu doğrultusunda önem kazanan emniyet yönetim sistemlerinin tarihsel gelişmeleri aktarılacaktır.

İkinci bölümde; literatür taramalarına yer verilecektir.

Üçüncü bölümde; Avrupa’da ve Türkiye’de Demiryolu Emniyet Yönetim Sistemleri, emniyet kavramı detaylandırılarak ve risk analizi yönetimi ele alınacaktır.

Dördüncü bölümünde; kazalar ve kaza öncüllerinin emniyet yönetim sistemleri ile ilişkisi üzerinde durularak kaza inceleme çalışmalarının önemi vurgulanacaktır.

Beşinci bölümde; çalışmanın konusu, önemi ve metodu açıklanacaktır.

Altıncı bölümde; işlenen veriler Heinrich kaza piramidi ile bir karşılaştırma yapılacaktır.

Son bölümde; yapılan çalışma ile literatürde yer alan benzer çalışmalar karşılaştırılacaktır.



2. LİTERATÜR TARAMASI

Kyriakidis ve arkadaşları, kaza piramidi teorisini demiryolu emniyetinin kaza öncüsü izleme programını iyileştirmek için emniyet olgunluk modeli önerisi geliştirmek üzere bir çalışma yapmışlardır. İkisi banliyö hattı olmak üzere Nova Demiryolları'ndan ve 18'i metro hattı olmak üzere Metro Topluluğu' dan 2002-2009 yıllarını kapsayan veriler edinmişlerdir. Bir anket ile metro için belirledikleri emniyet olgunluğu kriterlerini değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında öncülleri, en önemli olayları, yaralanmaları ve ölümleri, emniyet olgunluğunu ve bunların hem birbirleriyle hem de olay ve kazalarla ilişkilerini analiz etmişlerdir. İstatistiksel analizleri, yaralanmalar ile en önemli olaylar arasında ve yaralanmalar ile öncül olaylar arasında pozitif bir korelasyon olduğunu göstermiştir. Emniyet olgunluk puanının yaralanmalarla ilişkili olduğu ancak öncüllerin, en önemli olaylar veya ölümlerle ilişkili olmadığını görmüşlerdir. Her bir öncül kategorisinde metro demiryollarının emniyetini artırmak için bir dizi önlem önermişlerdir (Kyriakidis, 2012).

Golovina ve arkadaşları, inşaat emniyeti ile ilgili önleyici tehlike tanıma ve kontrol süreci için bu kaza piramidi teorisine dayalı bir algoritma tasarlamışlardır. Kıl payı kazaların derinlemesine nicel bir analizini sağlayarak Heinrich'in emniyet piramidinin tabanını ele almışlardır. Değerli bir inşaat kaynağı olarak yörünge verilerinin toplanması süreci açıklanmış ve güvenlik personeline yakın kazalar hakkında otomatik olarak oluşturulan güvenlik bilgileri sağlayan bir grafik kullanıcı arayüzü sunmuşlardır. Önerilen algoritmayı önce simüle edip, daha sonra da sahada gerçekçi çalışma ortamlarında başarıyla doğrulamışlardır (Golovina, Perschewski, Teizer, & König, 2019).

Marshall ve arkadaşları, iş kazalarında Heinrich'in teorisini doğrulamak için istatistiksel yöntemlere başvurmuşlardır. Piramidin istatistiksel geçerliliğini test etmek için Bayesci iki parçalı bir model önererek: ilk kısım ile Poisson-gama dağılımını kullanarak kaza oranlarını tahmin etmişler ve ikinci kısım ile Multinomial-Dirichlet dağılımını kullanarak küçük, ciddi ve ölümcül kazaların oranını tahmin etmişlerdir. Kaza oranı düşürüldüğünde bu oran değişmezse piramidin istatistiksel geçerliliğinin doğrulanacağını, ancak değişirse geçerliliğinin reddedileceğini belirtmişlerdir. Heinrich'in piramidinin farklı ekonomik faaliyet sektörleri ve coğrafi bölgeler için istatistiksel olarak geçersiz olduğunu doğrulanmışlardır, ancak tutarsızlık o kadar küçüktür ki, pratik amaçlar için piramidin geçerli olduğunu vurgulamışlardır. Bu nedenle, küçük kazaların meydana gelmesinin bir firmanın genel emniyet performansını

değerlendirmek ve tahmin etmek için yararlı bir sinyal olduğu sonucuna varmışlardır. (Marshall, Hirmas, & Singer, 2018).

Endüstriyel süreç analizinde, Prem ve arkadaşları, kimya endüstrisi kazalarının tarihsel veri tabanlarına dayalı emniyet piramitleri oluşturmuş ve bunları Heinrich'in piramidi ile karşılaştırarak olay meydana gelme eğilimlerini anlamışlardır. Raporlanan olaylardan kaynaklanan toplumsal kayıp profilini anlamak için veri tabanlarından farklı olay sonuçları kullanılarak frekans aşım eğrileri oluşturmuşlardır. Aynı zamanda emniyet piramidinin farklı kademeleri arasındaki ilişkiyi inceleyerek ve Heinrich'in Domino Teorisinin geçerliliğini kontrol etmişlerdir. Emniyet piramitlerinin farklı kademeleri (sonuçları) arasındaki ilişkilerin varlığını anlamak için sonuçlar arasında ikili korelasyon ve çoklu regresyon analizi yapmışlardır (Prem, Ng, & Mannan, 2010).

Özellikle havacılık sektöründe, Walker, kara kutularda kaydedilen verilere dayalı olarak olaylar, kazalar ve ciddi olaylar arasında niceliksel bir ilişki kurarak uçuş verileri izleme sistemini iyileştirmek amacıyla bir risk piramidi oluşturmuştur. Kara kutulardaki verilerin ve öncülerin emniyete katkısını sorgulayarak daha fazla önem arz etmesi gerektiğini vurgulamıştır (Walker, 2017).

Majumdar ve arkadaşları, Yeni Zelanda ve Birleşik Krallık hava sahalarında kaydedilen ayrılma kaybı (LOS- Loss of Seperation) olaylarının verilerini kullanarak emniyet göstergeleri geliştirmek için kaza piramidi teorisini doğrudan uygulamışlardır. LoS olaylarını etkileyen faktörler üzerine yapılan önceki araştırmaların incelenmesi sonucunda yedi değişken seçmişlerdir (hava sahası ortamı, irtifa vb.). Değişkenler arasındaki önemli etkileşimleri belirlemek için üst düzey bir veri analizini log-lineer kategorik analizi takip ederek ve bu etkileşimler temelinde Yeni Zelanda hava sahası için belirli emniyet göstergeleri elde etmişlerdir (Majumdar, Dupuy, Ochieng, & Nalder, 2006).

Heinrich'in piramidinde düşünülen niceliksel ilişkiden farklı olarak, Nazeri ve Lance, kazalar ve olaylar arasındaki ilişkiyi niteliksel faktörler üzerinden incelemişlerdir. Uçak olay verilerinin kaza verileriyle bağlantılı olarak bütünsel bir analizini yapmak için veri madenciliği tekniğini kullanmışlardır. Analizde, kaza ve olay verileri arasındaki ilişkileri tanımlayarak ve uçak kazalarıyla önemli ölçüde ilişkili olan nedensel faktörleri ve katkıda bulunan faktörlerin kalıplarını bulmuşlardır (Nazeri, Donohue, & Sherry, 2008).

Önceki çalışmalarında, ciddi olay verilerini çıkararak ve Bayes Ağı (BN) inşası için bir dizi adımı takip ederek bu tür kazalara katkıda bulunan etkili nedenlerin senaryolarını araştıran, Arnaldo ve arkadaşları hava trafik yönetiminde meydana gelen farklı şiddetteki olay raporlarını inceleyerek bu teorinin uygulanabilirliğini tespit edip, bu teoriyi niteliksel bir perspektiften analiz etmişlerdir. Öte yandan bu teorinin analizini niteliksel bir bakış açısıyla derinleştirerek, kazaların öncülleri olarak da bilinen farklı olay ciddiyetlerine katkıda bulunan nedenler ile sistem arızaları arasındaki korelasyonları belirlemek için evrişim operatörünü uygulamışlardır (Arnaldo Valdés, Liang Cheng, Gómez Comendador, & Sáez Nieto, 2018) (Arnaldo Valdés, Liang Cheng, Gómez Comendador, & Sáez Nieto, 2019).

Literatür taramasında; kaza öncüsü verileri kullanılarak yapılan kazaların önlenmesi için önerilen metotlarla ilgili çalışmaların metro işletmeciliği, havacılık işletmeciliği ve sağlık alanlarında yapıldığı görülmüştür. (Fidan & Akbayır, 2023), Hızlı Tren İşletmeciliği Hata Bildirimlerinin Kelime Bulutu Analizi ile Gruplanması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Fakat yüksek hızlı tren işletmeciliği kapsamında kaza önleme önerileri ve emniyet değerlendirmeleri hakkında Heinrich kaza piramidi ile karşılaştırma yapan bir çalışmaya ulaşamamıştır.

Bu çalışmanın amacı; 2009-2020 tarihleri arasında yüksek hızlı tren işletmeciliği esnasında yapılan bildirimlerin sistemler bazında sınıflandırılarak, bildirimlerin yıllara göre sıklıklarının görülmesi ile emniyet çerçevesinde değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Yapılan bildirimler 10 yıllık süre zarfındaki kaza öncülerini, ramak kala olayları, kazaları ve iş kazalarını kapsamaktadır. Ramak kala olayların, kazaların ve iş kazalarının frekansları analiz edilerek Heinrich piramidi ile karşılaştırması yapılarak emniyet yönetim sistemi programlarına girdi sağlanabilmesi amaçlanmaktadır.

3. RAYLI SİSTEMLERDE EMNİYET YÖNETİMİ VE RİSK ANALİZİ

Raylı sistemlerde emniyet, yolcuların, personelin ve ekipmanların kazalardan korunmasını ve genel olarak güvenli bir ortamın sağlanmasını ifade eder (GOV.UK, 2023) (Hessami, 2015). Emniyet, potansiyel tehlikeleri önceden belirlemeyi, riskleri en aza indirmeyi ve kaza durumlarında etkili müdahale etmeyi içerir. Kazaların önlenmesi ve emniyetin artırılması hem yasal gereklilikler hem de toplumsal sorumluluk açısından büyük önem taşır (Summaries of EU Legislation, 2023)

3.1. Avrupa’da ve Türkiye’de Emniyet Yönetim Sistemleri

Avrupa Birliği (AB), trenlerin sınır ötesi işletilmesini ve demiryolu ürünlerinin Avrupa çapında satılmasını kolaylaştırmak amacıyla demiryollarının birlikte çalışabilirliğine ilişkin direktifler (96/48/EC, 2001/16/EC ve 2004/50/EC) yayımlamıştır. Demiryolları; Karşılıklı İşletilebilirlik, Yüksek Hız Yönetmelikleri 2002 (HSR) 96/48/EC direktifini Birleşik Krallık yasalarına dahil etmiştir. Direktifler, uygulandıkları yerlerde, Trans-Avrupa yüksek hızlı ve konvansiyonel demiryolu sistemlerinde, demiryolunun belirli bölümlerinin (alt sistemler olarak adlandırılır) ve belirli demiryolu ürünlerinin (birlikte çalışabilirlik bileşenleri olarak adlandırılır) belirli temel gereklilikleri karşılaması gerektiğini söyler. Bunun amacı demiryolunun parçalarının birlikte çalışmasını sağlamaktır. Temel gereklilikler arasında emniyet de yer almaktadır. AB ayrıca, demiryolu emniyeti için ortak hedef ve göstergeler ile bunların sağlanmasına yönelik ortak yöntemleri aşamalı olarak uygulamaya koyacak olan bir Demiryolu Emniyet Direktifi (2004/49/EC) yayımlamıştır (Railtrack, 2007).

AB tarafından yayınlanan direktif, tüm demiryolu işletmecilerinin ve demiryolu altyapı yöneticilerinin (2004/49/EC direktifine göre) bir Emniyet Yönetim Sistemini (EYS) uygulamaya almasını şart koşmaktadır. Buradaki amaç demiryolu işletmelerinde ve alt yapı yöneticilerinde yüksek bir emniyet standardına ulaşılmasını sağlamaktır. Demiryolu trafiğinin yük ve yolcu taşımacılığı alanındaki sürekli yükselen hizmet beklentilerini karşılayabilmek ve kurumun taşımacılık hizmetlerinde en üst emniyet seviyesine ulaşma iddiasını yerine getirebilmek için, TCDD bir Emniyet Yönetim Sistemini (EYS) uygulamaya almıştır. Emniyet Yönetim Sistemi, AB-Emniyet Direktifi 2004/49/EC direktifinin şartlarını yerine getirir. 02.05.2015 Tarihinde Resmi Gazetede yayınlanan Demiryolu Altyapı Erişim ve Kapasite Tahsis Yönetmeliğinde; “Emniyet yönetim sistemi: Demiryolu altyapı ve tren işletmecilerinin emniyetli çalışmasını sağlayacak, tehlikelerin ve kazaların azaltılmasına, risklerin düşürülmesine yönelik

önlemlerin sistematik olarak belirlenmesi ve buna göre kuralların, talimatların, süreçlerin oluşturulmasını ve bunların devamlı takip edilerek gerektiğinde revize edilebilmesini sağlayan ve ilgili ulusal mevzuata uyan organizasyonel yapı olarak tanımlanmış ve geçerli bir taşımacılık yetki belgesi almış olan demiryolu tren işletmecilerinin altyapı kapasite tahsisi için başvuru yapmadan önce ilgili ulusal mevzuat kapsamında tanımlanan bir emniyet yönetim sistemini kurması ve Bakanlıktan emniyet belgesi alması zorunludur.” denilmiştir (Rail Sistem, 2016) (Directive (EU) 2016/798 on railway safety, 2016).

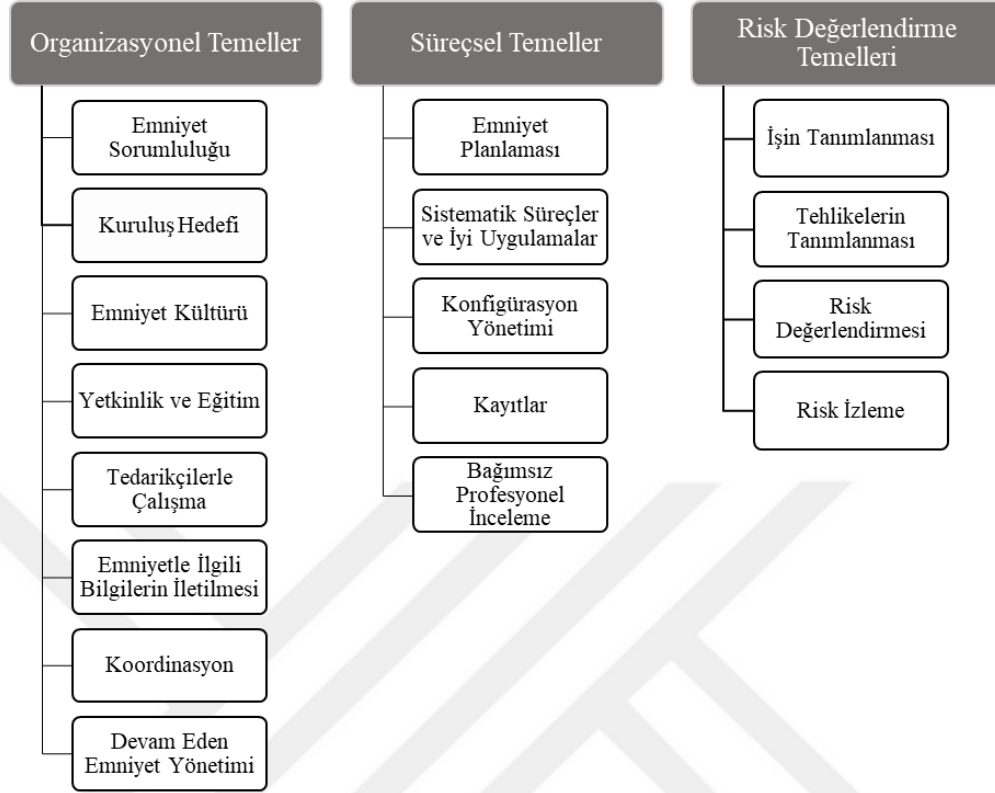
3.2. Emniyet Yönetim Sistemi

Emniyet Yönetim Sistemi programlarının sahip olması gereken dört temel özellikler Tablo 3.1’de verilmiştir (Railtrack, 2007).

Tablo 3.1. *Emniyet yönetim sistemi programlarının dört temel özelliği*

Temel Özellik	Açıklama
Organizasyon	Çalışmaları emniyeti etkileyen her organizasyonun ihtiyaç duyduğu genel özellikler
Süreç	Emniyeti etkileyen çalışma yöntemleri.
Risk	Tehlikelerin tanımlanması ve risklerin değerlendirilmesi
Değerlendirmesi	
Risk Kontrolü	Riskin kontrol edilmesi ve kabul edilebilir olduğunun gösterilmesi

Temel ilkeler, demiryolunun emniyetini yönetmek için demiryolu mühendisliği bağlamında yapılması gerekenleri tanımlar. Kimin ne için sorumlu olduğunu söylemezler. Kurumların hangi sorumluluklara sahip olduğunu belirlemesi ve çalışmalarını bu sorumlulukları yerine getirecek şekilde planlaması gerekir.



Şekil 3.1. Emniyet yönetiminin dayandırıldığı temeller (Railtrack, 2007)

Şekil 3.1’de Emniyet Yönetimi’nin dayandırıldığı organizasyonel ve süreçsel temeller ile risk değerlendirme temelleri gösterilmektedir (Railtrack, 2007).

3.2.1. Organizasyonel temeller

Emniyet sorumluluğu; emniyet yönetim sistemi uygulayacak kuruluş, emniyet sorumluluklarını belirlemeli ve bunları yazılı hale getirmelidir. Emniyet sorumluluklarının devrine ilişkin kayıtları tutmalı ve emniyet sorumluluklarını üstlenen herkesin bu sorumlulukları anladığından ve kabul ettiğinden emin olmalıdır. Emniyet sorumluluğunu devreden kişinin emniyetin bağlı olduğu bilinen tüm varsayımları ve koşulları aktardığından emin olmalıdır.

Kuruluş hedefi; kuruluşun öncelikli hedefi emniyet olmalıdır.

Emniyet kültürü; kuruluş, tüm personelin kendi faaliyetleri ve sorumluluklarıyla ilgili riskleri anladığından ve bunlara saygı duyduğundan ve bunları kontrol etmek için birbirleriyle ve başkalarıyla etkili bir şekilde çalıştığından emin olmalıdır.

Yetkinlik ve eğitim; Kuruluş, emniyeti etkileyen faaliyetlerden sorumlu olan tüm personelin bu faaliyetleri yürütmek için yetkin olduğundan emin olmalıdır. Sorumluluklarını yerine getirmeleri için onlara yeterli kaynak ve yetki vermelidir. Performanslarını izlemelidir.

Emniyetle ilgili bilgilerin iletilmesi; eğer birisi kuruluşa riskin çok yüksek olduğunu gösteren bir geri bildirimde bulunursa harekete geçilmelidir. Bir başkasının riski kontrol etmek için ihtiyaç duyduğu bilgiye sahipseniz, bunu ona aktarmalı ve anladığından emin olmak için makul adımları atmalısınız.

Koordinasyon; kuruluş demiryolunu etkileyen faaliyetlerde başkalarıyla birlikte çalıştığında emniyet yönetimi faaliyetlerini koordine etmelidir

Devam eden emniyet yönetimi; kuruluşun faaliyetleri ve sorumlulukları emniyeti etkiliyorsa ve henüz tüm bu temel ilkeleri uygulamaya koymamışsa, makul olan en kısa sürede başlamalıdır. Faaliyetleri ve sorumlulukları emniyeti etkilediği sürece bunları uygulamaya devam etmelidir (Railtrack, 2007).

3.2.2. Süreçsel temeller

Emniyet planlaması; kuruluş tüm emniyet yönetim faaliyetlerini gerçekleştirmeden önce planlamalıdır.

Sistemik süreçler ve iyi uygulamalar; kuruluş, emniyeti etkileyen faaliyetleri, kabul görmüş iyi uygulamaların kullanıldığı sistemik süreçleri takip ederek gerçekleştirmelidir. Süreçleri önceden yazmalı ve düzenli olarak gözden geçirmelidir.

Konfigürasyon yönetimi; kuruluş, emniyeti sağlamak veya bunu göstermek için gereken her şeyi konfigürasyon yönetimi düzenlemelerine sahip olmalıdır.

Kayıtlar; kuruluş, emniyeti etkileyen tüm faaliyetlerin tam ve denetlenebilir kayıtlarını tutmalıdır.

Bağımsız profesyonel inceleme; kuruluşun yürüttüğü emniyet yönetimi faaliyetleri, ilgili faaliyetlere dahil olmayan üçüncü taraf kuruluşlar ve profesyoneller tarafından gözden geçirilmelidir (Railtrack, 2007).

3.2.3. Risk değerlendirme temelleri

Risk değerlendirmesi, emniyetle ilgili iyi kararların dayandırılacağı bilgileri sağlar. Projeler için bu kararlar, demiryolunun yeni bir bölümünün hizmete alınıp alınmayacağını ve hangi koşullar altında hizmete alınacağını içerir. Bakım için bu kararlar, arızayı önlemek için planlanmamış eylemlerin yapılıp yapılmayacağını içerir. Her iki durumda da bu kararlar, işin yapılmasından kaynaklanan risk ile yapılmamasından

kaynaklanan riskin dengelenmesini içerir. Bu risklerin her ikisi de demiryolu işletmesine yönelik riskleri ve işi yapan kişilere yönelik riskleri içerebilir.

İşin tanımlanması; kuruluş faaliyetlerinin kapsamını ve bağlamını tanımlamalıdır.

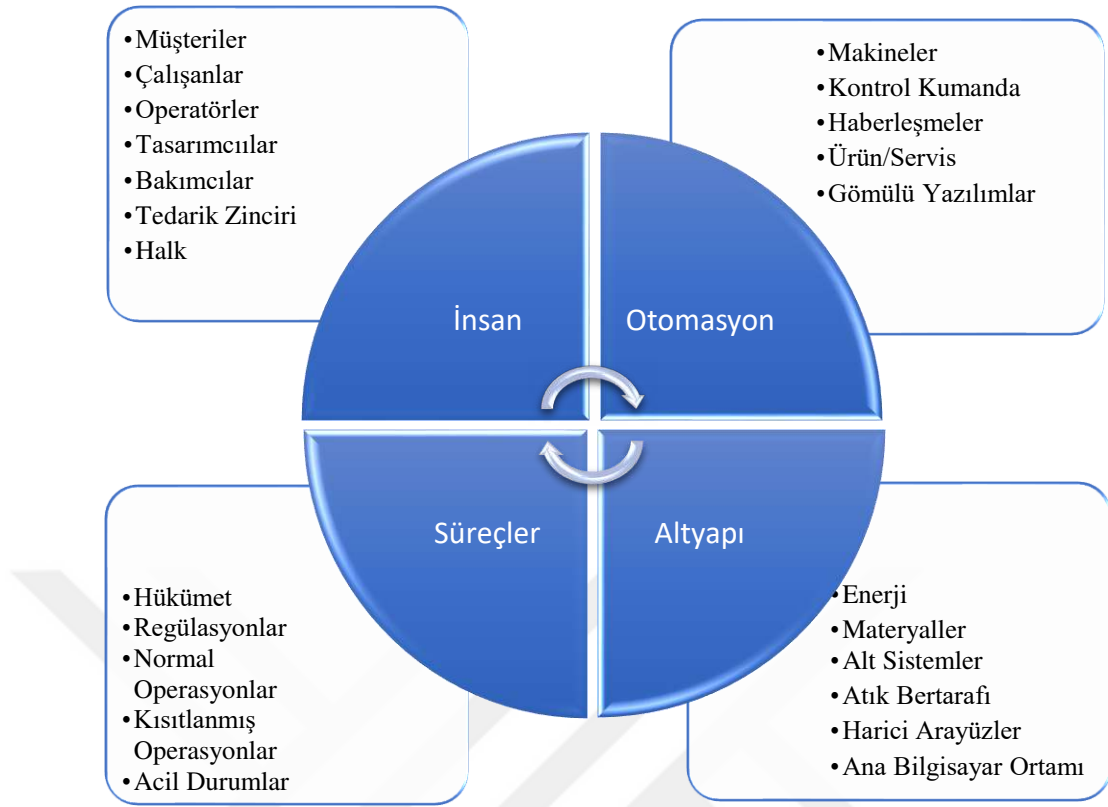
Tehlikelerin tanımlanması; kuruluş, faaliyetleri ve sorumluluklarıyla ilgili tüm olası tehlikeleri belirlemek için sistematik ve güçlü bir girişimde bulunmalıdır.

Risk değerlendirmesi; kuruluş, faaliyetlerinin ve sorumluluklarının demiryolundaki genel risk üzerindeki etkisini değerlendirmelidir.

Risk izleme; kuruluş, risk yönetimini kontrol etmek ve iyileştirmek için tüm makul adımları atmalıdır. Risk yönetimini iyileştirmek için kullanabileceği verileri aramalı, toplamalı ve analiz etmelidir. Koşulların değişmesi ve bunun riski etkilemesi durumunda, emniyetle ilgili sorumlulukları olduğu sürece bunu yapmaya devam etmelidir. Yeni bilgilerin bunun gerekli olduğunu gösterdiği durumlarda harekete geçmelidir (Railtrack, 2007)..

3.3. Emniyet

Emniyet, sistem düzeyinde ortaya çıkan bir özelliktir. En iyi şekilde sistem ve üst düzey bakış açısıyla anlaşılabilir ve güvence altına alınabilir. Demiryolları için en üst düzey perspektif Şekil 3.2’de ayrıntıları verilen bileşenlerden oluşan bir sistem olarak demiryolunun tamamıdır. Toplam demiryolu emniyet performansının anlaşılması, sistem bileşenleri ile demiryolu sisteminin makine, altyapı ve operasyonlarına maruz kalan insanlar arasındaki sistem seviyesi etkileşimlerinin sistematik bir şekilde incelenmesini gerektirir. (Hessami, 2015)



Şekil 3.2. Üst düzey demiryolu sistemi bileşenleri perspektifi (Hessami, 2015)

CENELEC standartlarında;

- Emniyet; sistemin kabul edilemez zarar riskinden yoksun olması şeklinde tanımlanmaktadır. (IEC 60050-903:2013, 2013) (EN 50126, 2017)
- Kaza; ölüm, yaralanma, bir sistemin veya hizmetin kaybı veya çevresel hasarla sonuçlanan istenmeyen olay veya olaylar dizisi olarak tanımlanmaktadır (IEC 60050-821: FDIS2016, 821-12-02) (EN 50126, 2017).
- Hata; hesaplanan, gözlemlenen veya ölçülen bir değer veya durum ile gerçek, belirtilen veya teorik olarak doğru değer veya durum arasındaki uyumsuzluk olarak tanımlanır. (IEC 60050-192:2015, 192-03-02) (EN 50126, 2017).
- Başarısızlık; bir ögenin gerektiği gibi performans gösterme yeteneğinin kaybı olarak tanımlanmaktadır. (IEC 60050-821: FDIS2016, 821-12-02) (EN 50126, 2017).
- Arıza; bir sistemde hataya yol açabilecek durum olarak tanımlanmaktadır. (IEC 60050-821: FDIS2016, 821-12-02) (EN 50126, 2017)
- Tehlike ise kazaya yol açabilecek durum olarak tanımlanmaktadır. (EN 50126, 2017)

İş sağlığı ve güvenliği kapsamında değerlendirilen iş emniyeti ve sistemlerin emniyetli çalışmasını kapsayan süreç emniyeti sıkça birbirine karıştırılmaktadır. İş emniyeti, iş yerinde çalışan bireylerin güvenliğini sağlamak için alınan önlemlerle ilgilidir. Süreç emniyeti ise, üretim süreçleri ve tesislerin emniyetli çalışmasını sağlamak için alınan önlemleri kapsar. İş emniyeti daha çok bireysel yaralanmalar ve küçük ölçekli kazalarla ilgiliyken, süreç emniyeti, büyük endüstriyel kazaların önlenmesine odaklanır. (Swuste P., 2016).

Emniyet, bir sistemin insanlara, mallara veya çevreye kabul edilemez riskler veya zarar vermeden çalışabilme kabiliyetidir. Demiryolu altyapısında emniyet, yolcuları, personeli ve halkı demiryolu operasyonlarıyla ilişkili risklerden korumak için uygulamaya konulan stratejileri ve önlemleri kapsar. Emniyetli bir demiryolu sistemi potansiyel tehlikeleri dikkatli bir şekilde yönetir, titiz emniyet standartları kullanır ve riskleri azaltmak için güvenlik açısından kritik özelliklerle tasarlanır (U. C. Ehlers, 2017).

Bir sistemin işlevleri, bir bütün olarak sistem tarafından gerçekleştirilen eylemler veya faaliyetlerdir. İşlevler ve yapı, çıktıları ve dış özellikleri üreten sistem özelliklerinin "iç" görünümünü sağlar ve sistemin tasarımından sorumlu kurum/kuruluşun ilgi alanına girer. Çevre, sistemi etkileyebilecek veya sistemden etkilenebilecek her şeyden oluşur. Bu, EMI, termal stres vb. dahil olmak üzere sistemin mekanik, elektriksel veya diğer yollarla bağlandığı her şeyi içerecektir. Ortam aynı zamanda sistemin çalışmasını etkileyebilecek veya sistemden etkilenebilecek kişileri ve prosedürleri de içerecektir. Söz konusu sistem ile çevresi arasındaki sınırı ve birbiriyle ilişkili alt sistemlerle olan etkileşimleri anlamak, sistemdeki arızaların bir kazaya nasıl katkıda bulunabileceğini ve tehlikelerinin neler olduğunu anlamak için bir ön koşuldur. (EN 50126, 2017)

3.4. Risk Analizi

EN50129'da risk, belirli bir tehlikenin sıklığı, olasılıkları ve sonuçları kümesi olarak tanımlanmaktadır (EN 50129, 2018). Risk kontrolü, risk faktörlerinin belirlenmesi ve analizi ile karar verme bilimi ve karar verme sanatının bir kombinasyonu ve gerekli karşı önlemlerin alınması olarak anlaşılabilir.

Genel risk kontrol süreci aşağıdaki adımları içerir:

Öncelikle, sistemin tüm tehlikelerini tanımlanır, tehlikenin meydana gelme olasılığı ve kazanın sonuçlarının ciddiyeti için her bir tehlike kaynağının riskini tahmin edilir. Daha sonra sektörün risk kabul ilke ve kriterlerine dayanarak riskin kabul edilip edilmeyeceğine karar verilir. Kabul edilemez riskler için bir dizi risk azaltma önlemi

alınır, ardından riski kontrol etmek ve kabul edilebilir aralıkta tutmak için uygun maliyetler alınır. Son olarak, kontrol edilen riskler izlenir ve denetlenir (Wang, 2017)

Sistemin iç ve dış risk ortamı sürekli değiştiğinden, koşullar değiştikçe risk yönetimi de ayarlanmalıdır. Bu nedenle, risk kontrolü sürekli, döngüsel, dinamik ve gerçek zamanlı bir süreçtir (X., 2009). Risk belirleme bir defaya mahsus bir konu olmayıp, amaca ve ihtiyaca bağlı olarak periyodik veya sürekli olarak gerçekleştirilen bir faaliyettir (Kollár, 2013).

EN50129'da tanımlandığı şekilde risk analizi şunları içerir:

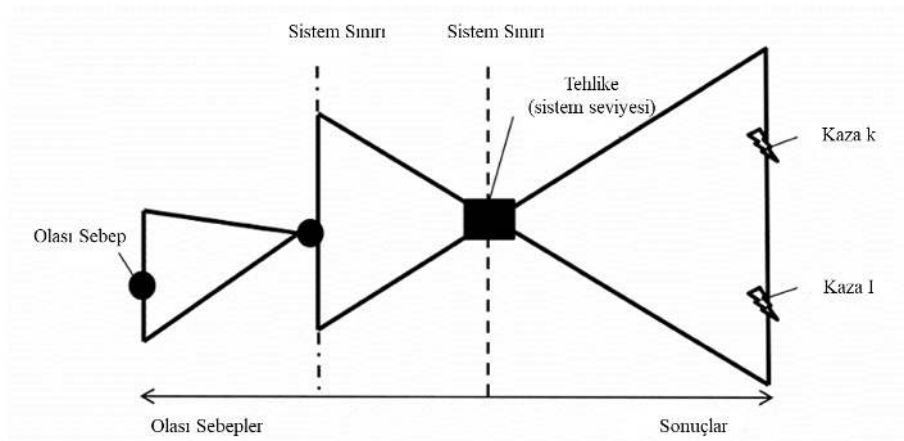
- 1) Tehlikenin tanımlanması;
- 2) Sonuç analizi (sonuçların, yani kayıpların analizi).

Risk analizinin ilk adımı tehlikenin tanımlanması, yani sistemle ilgili tehlikelerin belirlenmesidir.

Tehlike tanımlaması, yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkabilecek olumsuz koşulları (tehlikeleri) belirlemek için bir ürünün, sürecin, sistemin veya bir teşebbüsün sistematik analizini içerir. Bu tür olumsuz koşullar insanların yaralanmasına veya çevreye zarar verme potansiyeline sahip olabilir.

Tehlikelerin sistematik olarak belirlenmesi genellikle iki aşamadan oluşur:

- Deneysel bir aşama (geçmiş deneyimlerden yararlanma, örneğin kontrol listeleri);
- Tümdengelim aşaması (proaktif tahmin, örn. beyin fırtınası, yapılandırılmış what-if çalışmaları, HAZOP, FMEA, FMECA)



Şekil 3.3. Sistem sınırına göre tehlikelerin tanımı (EN 50129, 2018)

Şekil 3.3, sistem seviyesindeki bir tehlikenin nedeninin alt sistem seviyesinde (alt sistem sınırına göre) bir tehlike olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. Dolayısıyla bu tanım, tehlike analizi ve tehlike takibi için yapılandırılmış hiyerarşik bir yaklaşım sağlar (EN 50129, 2018).

3.4.1. Arıza bildirimi, analizi ve düzeltici eylem sistemi (FRACAS)

Risk izleme kapsamında değerlendirsek ise devreye alınmış sistemlerin bakım-onarım ve işletme süreçlerinde güvenilirliği kuruluşlar için en önemli hususlardan birisi haline gelmiştir. Bu çerçeveden bakarsak, arızaların nedenlerini anlamak ve bu arızaları ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için FRACAS (Failure Reporting, Analysis and Corrective Action System), Tükçe açılımıyla Arıza Bildirimi, Analizi ve Düzeltici Eylem Sistemi süreci uygulanmaktadır. (Öz, 2023)

FRACAS sürecinin operasyonel hizmet sırasında tespit edilen arızalar ve kusurlar (ve olası nedenleri) ile ilgili olarak operasyonel emniyet yöneticisine, tasarımcıya, üreticiye, operasyon yöneticisine ve bakım yöneticisine sürekli olarak geri bildirim sağlaması gerekmektedir.

Tamamlayıcı FRACAS kayıtlarının farklı kuruluşlar tarafından tutulması gerekebilir. Bakım kuruluşları, sorumlu oldukları birçok farklı sistem türünü kapsayan genel bir FRACAS'a sahip olabilirken, üreticiler çeşitli farklı müşterilere tedarik edilen sistemleri kapsayan bir FRACAS'a sahip olabilir. Üretici, bakımçı tarafından erişilemeyen bileşen arızalarını teşhis edebilir. Kazaların, tehlikelerin ve nedenlerin referans gösterilmesi tercihen emniyet dosyasında ve diğer performans izleme araçları ve süreçlerinde tutarlı olacaktır. Bu, ilgili kuruluşların sorunları hizalamasına ve eğilimleri belirlemesine yardımcı olacaktır.

FRACAS, işletme ve bakım ömrü boyunca muhafaza edilmelidir. Öncelikli konuların ele alınmasını sağlamak için, arızalar ve kusurlar hem emniyet hem de güvenilirlik açısından farklı önem/kritiklik seviyelerine göre kategorize edilmelidir. FRACAS asgari olarak işletme ve bakım sırasında tespit edilen arızalar ve kusurlar hakkında bilgilerle doldurulmalıdır. Bu bilgiler aşağıdakileri içermelidir:

- Arızanın zamanı;
- Arızanın nedeni;
- Arızanın ayrıntılı açıklaması;
- Alınan düzeltici önlem;
- Arıza için güvenlik sıralaması.

- Arızaların ve kusurların ne zaman ve nasıl tespit edildiği (örneğin işletmede veya planlı bakım sırasında);
- Demiryolu sistemi seviyesine kadar arızaların ve kusurların etkileri.

FRACAS kayıtları, aşağıdakilerde herhangi bir iyileştirme gerekip gerekmediğini belirlemek için periyodik olarak gözden geçirilecektir:

- İşletme ve bakım prosedürleri ve kılavuzları;
- Sistem eğitim dokümantasyonu;
- Operasyonel Tehlike Günlüğü;
- Sistem tasarımı;
- İşletme ve bakımın insan faktörleri yönleri (EN 50126, 2017)

Tasarım döneminde yapılan FMECA (Failure Mode and Effect Analysis) çalışmaları sonucunda ekipman ve parçaların hata modları konusunda öğrenilen bilgi, FRACAS' tan gelen arızaların kritikliğinin değerlendirilmesi ve kök-neden çalışmaları için oldukça önemlidir. Güvenilirlik mühendisliği çalışmaları kapsamında yapılan FMECA bize ürünümüzü tasarım döneminde analiz etmemizi ve olabilecek olan hataları öncesinde anlama fırsatı vermektedir. FRACAS ise kullanım ile sahadan gelen gerçek verilerden oluşmuş bir sistemdir. MIL STD 2155 standardı, Ürün/Sistem için FMECA “Analitik Dünya” yı temsil ederken FRACAS’ ın “Gerçek Dünya’yı temsil ettiğini belirtmiş. Bu sebeple iki dünyayı temsil eden analizlerinde birbirleri ile uyumlu olması gerektiğini vurgulamıştır (Öz, 2023) (MIL STD 2155, 1985).

4. KAZALAR VE KAZA ÖNCÜLERİ

Demiryolu taşımacılığı, en kalabalık bölgeleri giderek daha yüksek hızlarda birbirine bağlaması, yerel düzeyde sosyal uyumu sağlaması ve ulusal, Avrupa ve uluslararası düzeylerde arazi kullanım planlamasında önemli bir faktör oluşturması nedeniyle daha etkili ve verimli hale gelmektedir. Demiryolu kazalarının önlenmesi ve korunması, ulaştırma emniyetine ilişkin daha geniş bir resmin önemli bir parçasıdır. Bu nedenle demiryolu sektörü, sürekli hizmet ve maksimum güvenilirlik sunabilmek için kendi mülkünde meydana gelen kaza ve intiharlara karşı emniyetini sağlamalıdır. Bu amaca ulaşmak için önemli bir araç, bu olaylara yönelik olarak çeşitli ülkelerde halihazırda alınmış olan tedbirlerin analiz edilmesidir (El-Miloudi, 2016).

4.1. Kaza

2015 yılında KAİK tarafından Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı uhdesinde yayınlanan Demiryolu Kazalarını ve Olaylarını Araştırma ve İnceleme Yönetmeliği'nde kaza; maddi hasar, ölüm, yaralanma gibi zararlı sonuçları olan, istenmeyen, beklenmedik, ani ve kasıtsız bir olay veya olaylar zincirini ifade eder (Demiryolu Kazalarını ve Olaylarını Araştırma ve İnceleme Yönetmeliği , 2015). Tablo 4.1'de ise kazanın diğer kaynaklardaki tanımları verilmiştir.

Tablo 4.1. Kaza tanımları

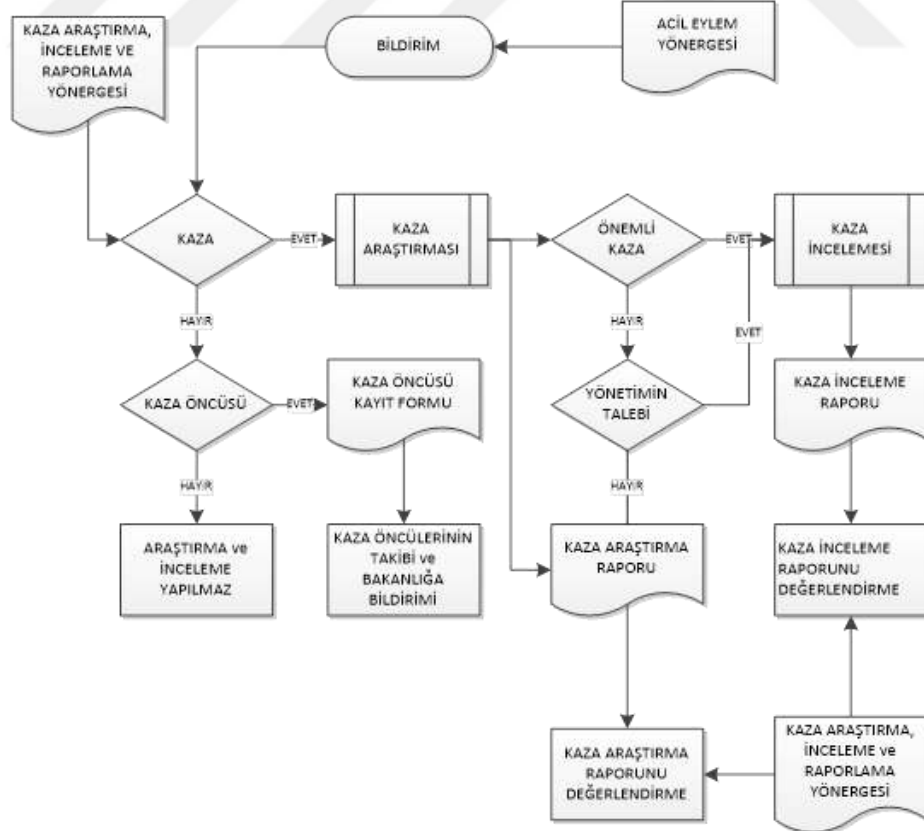
Kaynak	Açıklama
CENELEC	Kaza; ölüm, yaralanma, bir sistemin veya hizmetin kaybı veya çevresel hasarla sonuçlanan istenmeyen olay veya olaylar dizisi olarak tanımlanmaktadır (IEC 60050-821: FDIS2016, 821-12-02) (EN 50126, 2017).
National Safety Council	İstenmeyen yaralanma, ölüm veya maddi hasara yol açan bir dizi olayın meydana gelmesi. Kaza, olayın sonucunu değil, olayı ifade eder (bkz. önlenebilir yaralanma). "Kaza" terimi halk sağlığı camiasında büyük ölçüde "olay" terimiyle değiştirilmiştir (National Safety Council, 2024).
UK Health and Safety Executive (HSE)	Kaza, yaralanma ve/veya hasar ve/veya kayıpla sonuçlanan planlanmamış herhangi bir olaydır (Health and Safety Executive, 1999).
United Nations	Demiryolu kazası, istenmeyen veya kasıtsız ani bir olay veya zararlı sonuçları olan bu tür olayların (tren işletimi sırasında meydana gelen) belirli bir zinciridir (United Nations, European Union and the International Transport Forum at the OECD, 2019).
UIC	İnsanlara ve/veya mülke ve/veya çevreye zarar veren beklenmedik olay (Georger, 2016).

4.2. Kaza Öncüleri

Kaza öncüleri; kazaya sebep olma potansiyeli olan, istenmeyen, beklenmedik, demiryolu sisteminin işleyişini ve/veya emniyetini etkileyen, kaza tanımı dışında kalan durumlardır. (TCDD, 2016)

Demiryolu kazalarından kaynaklanan ölümler nadiren meydana gelir ve bazı demiryolları potansiyel kaza öncülerinden kaynaklanan riskleri belirler. (Kyriakidis, 2012) Emniyet analizi ve kazaların önlenmesinde önemli bir husus, kaza öncüllerinin belirlenmesi ve bunlara müdahale edilmesidir (Saleh J. H., 2013).

19 Kasım 2015 tarihli ve 29537 sayılı Resmî Gazete ile yayımlanan Demiryolu Emniyet Yönetmeliğinin Ortak Emniyet Göstergelerini düzenleyen hükümlerine dayanılarak hazırlanan Kaza Araştırma İnceleme ve Raporlama Yönergesi' nde kaza öncüleri; bir kazaya sebep olma potansiyeline sahip olaylar olarak tanımlanmaktadır (TCDD, 2016) İlgili yönergede verilen kaza araştırma ve inceleme akış şeması Şekil 4.1'de verilmiştir.

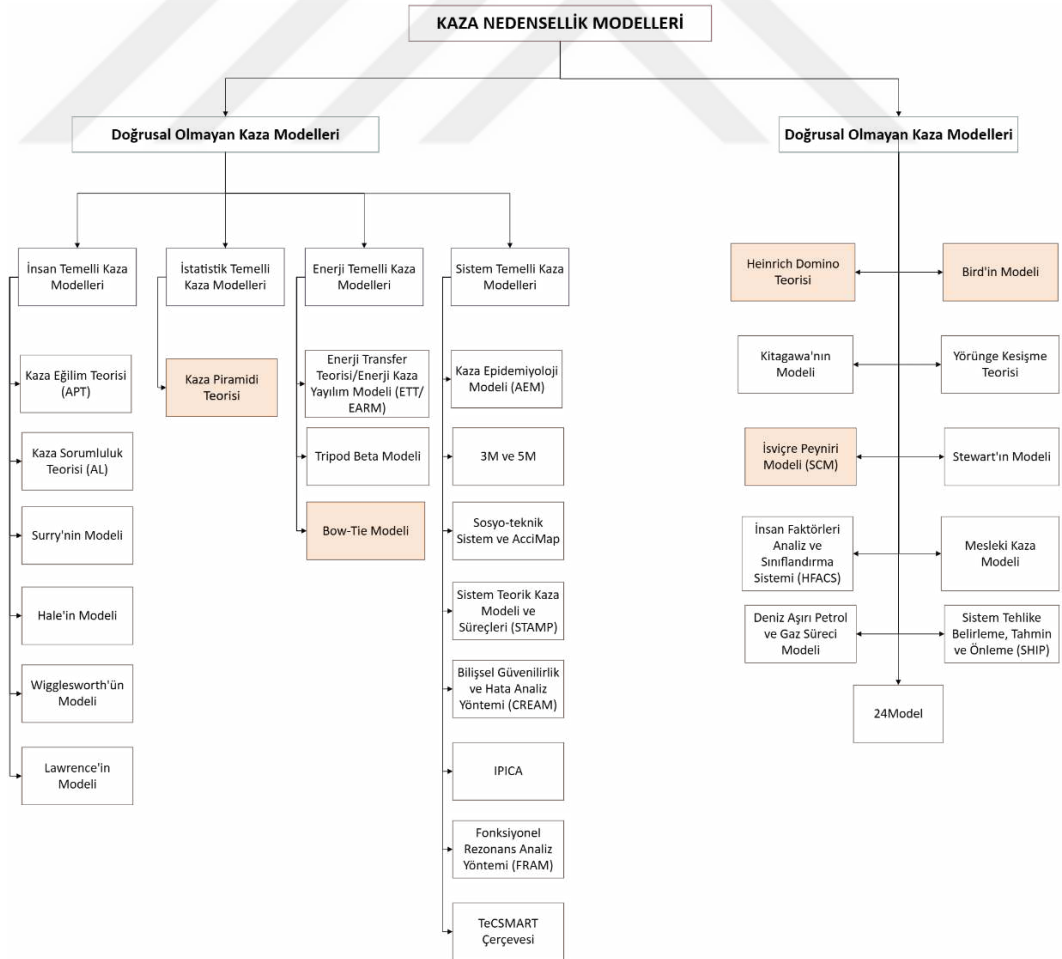


Şekil 4.1. Kaza araştırma ve inceleme akış şeması (TCDD, 2016)

4.3. Kaza Nedensellik Modelleri

Kaza modelleri, kazaların nedenlerini ve nasıl meydana geldiklerini anlamak için kullanılan teorik çerçevelerdir.

Bu modeller ve yöntemler, emniyet bilimcilerinin ve uygulayıcılarının kazaların neden oluştuğunu ve bunların nasıl önlenebileceğini anlamalarına ve analiz etmelerine yardımcı olur. Emniyet biliminin teorik temeli olarak kaza modelleri ve teorileri (veya emniyet modelleri, kaza nedensellik modelleri), kaza analizi ve önlenmesine yönelik teorik bir çerçeve sağlar. Kazaların araştırılması, daha emniyetli bir sistemin tasarlanması, emniyetle ilgili alanda karar verilmesi gibi birçok güvenlik araştırması ve uygulamasının temelini oluştururlar. Kaza modelleme, olayların nedenlerini ve sonuçlarını ilişkilendirmek için kullanılan bir yöntemdir (Ge, ve diğerleri, 2022).



Şekil 4.2. Kaza nedensellik modelleri sınıflandırması (Fu G., 2020)

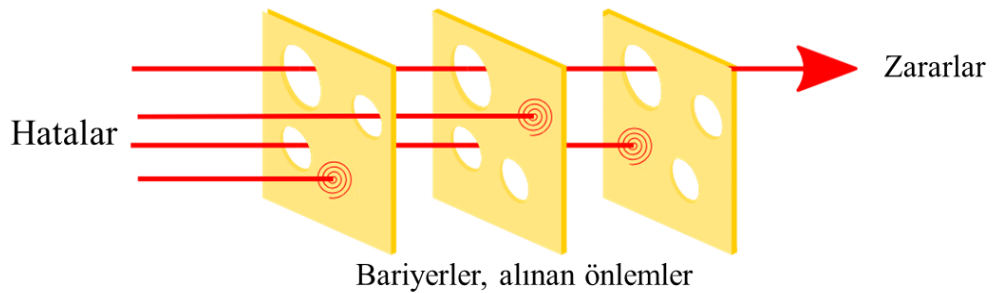
Bu çalışmada Şekil 4.2’de taranmış olan ve çalışmalarda en çok kullanılan kaza nedensellik modellerinden bahsedilmiştir.

4.3.1. İsviçre peyniri modeli (Swiss cheese model-SCM)

İsviçre Peyniri Modeli, ilk olarak Manchester Üniversitesi'nden James T. Reason tarafından resmi olarak ortaya atılmış ve o zamandan beri yaygın bir kabul görmüştür (Reason J. , The Contribution of Latent Human Failures to the Breakdown of Complex Systems, 1990).

İsviçre Peyniri Modeli, risk analizinde, riske karşı alınan yöntemlerin kusursuz olmadığı, dolayısıyla risk unsurunu en aza indirmek için birden fazla önleme başvurulması gerektiğini telkin eden bir risk yönetimi modelidir. Burada yapılan analogi, İsviçre peynirinin meşhur delikli yapısıdır. İnsanların risk karşısında aldığı her önlem, bir dilim İsviçre peyniri gibidir. Eğer tek bir önlem alınırsa, bu peynirdeki deliklerden ötürü risk, peynir boyunca geçebilecek ve öteki tarafa ulaşabilecektir. Ancak üst üste birden fazla önlem alınırsa, bu arka arkaya çok sayıda İsveç peyniri dizmek gibidir. Risk unsuru, bazı deliklerden geçebilecek olsa bile, deliklerin büyüklüğü, sayısı ve konumunun her dilimde farklı olmasından ötürü bir noktada takılacaktır ve o risk unsuruna karşı alınan önlemin başarılı olma ihtimali daha yüksek olacaktır. (Bakırcı, 2021).

İsviçre peyniri kaza nedensellik modeli, tehlikeler ve kazalar arasında birçok savunma katmanı olmasına rağmen, her katmanda, hizalandığında kazanın meydana gelmesine izin verebilecek kusurlar olduğunu göstermektedir. Şekil 4.3’te, üç tehlike vektörü savunmalar tarafından durdurulmakta, ancak bir tanesi "deliklerin" sıralandığı yerden geçmektedir (Wikiwand, 2024).

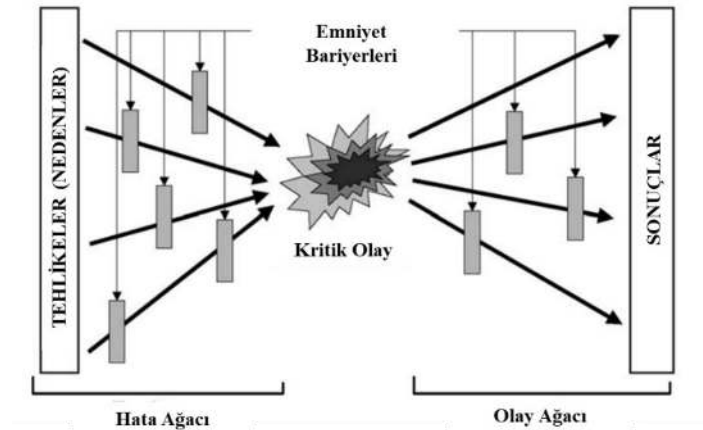


Şekil 4.3. İsviçre peyniri modeli (Wikiwand, 2024)

Bir kaza modeli olarak SCM, kazaların yakın nedenlerinin keskin uçtaki başarısızlıklarda, özellikle de "insan hatalarında" bulunacağına dair halihazırda var olan görüşü pekiştirmiştir. SCM' in önceki versiyonları insan eylemlerinden kaynaklanan hatalara kurumsal ya da teknik hatalardan daha fazla öncelik vermektedir. Bir kaza modeli olarak SCM, kazaları belirli olayların ve bir ya da daha fazla bariyerin ya da eğer paralel değil de seri iseler tüm bariyerlerin başarısızlığının bir kombinasyonu olarak açıklanmaktadır. Olaylar, bir dizi bariyerin eklendiği normatif organizasyon modeli açısından tanımlanır SCM tehlikelerden ziyade bariyerlere odaklanmaktadır. Kaza analizinin temeli olarak SCM değerli ancak eksiktir. Kazaların karmaşık nedenleri (veya açıklamaları) olduğunu açıkça ortaya koyduğu ve aksi takdirde gözden kaçabilecek faktörlerin (yani gizli koşulların) etkilerini ortaya çıkardığı için değerlidir (Reason, Hollnagel, & Paries, 2006).

4.3.2. Papyon modeli

Papyon modeli, ilk olarak Queensland Üniversitesi'nde Imperial Chemical Industries'in Tehlike Analizi derslerinde açıklanmıştır. Daha sonra Shell Grubu, bu modeli Alpha Drilling Platformu Patlama Felaketi Analizinde uygulamış ve bu model büyük kazaların analizinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Zuijderduijn, 1999) (Jacinto & Silva, 2010) Papyon analizinin temel yapısı Şekil 4.4'te görüldüğü üzere bir papyonu andırır. Model, üç ana kısımdan oluşur: tehdit, üst olaylar ve sonuçlar. Bu yapı, bir kazanın nedenlerini ve sonuçlarını ortaya koyar (Ge, ve diğerleri, 2022).



Şekil 4.4. Papyon emniyet fonksiyonları (Dianous & Fievez, 2006)

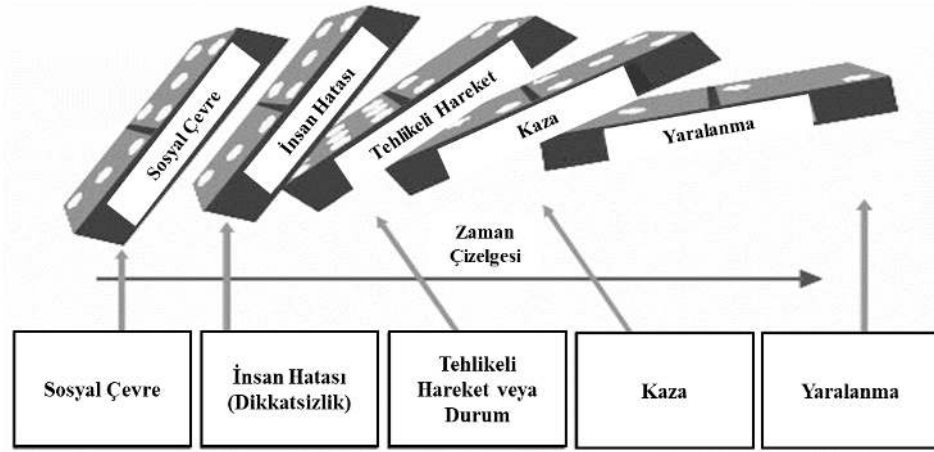
Papyon modelinin başlangıç noktası tehlikedir. Tehlike, organizasyonun içinde, çevresinde veya bir parçasında bulunan, zarar verme potansiyeline sahip herhangi bir şeydir. Bu nedenle, ilk adım kaza tehlikelerini belirlemektir. Tehlike belirlendikten sonra, bir sonraki adım 'üst olayı' tanımlamaktır. Çoğu zaman, üst olay, papyon modelinin geri kalanı tamamlandıktan sonra yeniden formüle edilir. 'Tehditler', üst olaya neden olabilecek her şeydir. Tehdit değerlendirmesi yapılırken genellikle hata ağacı analizi uygulanır. 'Sonuçlar', üst olayın sonucudur. Her üst olay için birden fazla sonuç olabilir. Sonuçların belirlenmesi daha spesifik ve bu, uygulanacak bariyerlerin daha spesifik olarak belirlenmesine yardımcı olabilir. Kazaların kontrolü genellikle bariyerler kullanılarak sağlanır. Sol taraftaki bariyerler, tehditlerin gerçekleşmesini engeller ve eğer gerçekleşirse, kontrol kaybına (üst olay) yol açmaz. Sağ taraftaki bariyerler ise, üst olay gerçekleşirse, senaryonun gerçek bir etkiye (sonuçların meydana gelmesi) dönüşmesini engeller ve/veya etkileri hafifletir. (Ge, ve diğerleri, 2022).

4.3.3. Domino teorisi

4.3.3.1. Heinrich domino teorisi

Heinrich, kaza neden teorilerinin gelişiminde öncüdür. Kaza nedenlerini, insan-makine ilişkisini, sıklık ve şiddet ilişkisini, tehlikeli hareketlerin nedenlerini, kazaların önlenmesinde yönetimin rolünü, kazaların maliyetlerini ve emniyetin verimlilik üzerindeki etkisini tanımlamıştır.

Heinrich (1959), kaza neden teorisini, Şekil 4.5'te gösterildiği gibi insan-makine etkileşimini, kaza sıklığı ve şiddeti arasındaki ilişkiyi, tehlikeli hareketlerin temel nedenlerini, kazaların önlenmesinde yönetimin kritik rolünü, kazaların finansal sonuçlarını ve güvenliğin verimliliği nasıl artırabileceğini kapsamlı bir şekilde incelemiştir (Hosseinian & Torghabeh, 2012)



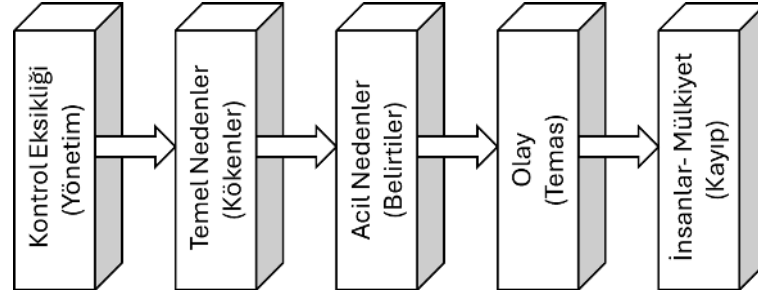
Şekil 4.5. Heinrich domino modeli (Hosseinian & Torghabeh, 2012)

Heinrich, birbirini takip eden beş faktöre dayanan 'Domino teorisini' aşağıdaki şekilde kurmuştur (Taylor, 2004);

1. Soy ve sosyal çevre; Soy ve sosyal çevre, işyerindeki gelenek ve becerilere ilişkin bilgi edinme sürecidir. Görevleri yerine getirme konusundaki beceri ve bilgi eksikliği, uygun olmayan sosyal ve çevresel koşullar, kişinin hata yapmasına yol açacaktır.
2. İnsan hatası (dikkatsizlik); Kişinin kusurları veya dikkatsizlikleri, her ne kadar istenmeyen özellikler edinilse de kişinin kişiliğinin olumsuz özellikleridir. Dikkatsizliğin sonucu güvensiz hareket/koşullardır.
3. Güvenli olmayan hareket ve/veya mekanik veya fiziksel durum; Güvenli olmayan eylem/koşullar, kazaya neden olan hataları ve teknik arızaları içermektedir.
4. Kaza; Kazalar güvensiz hareketlerden/koşullardan kaynaklanır ve daha sonra yaralanmalara yol açar
5. Yaralanma; Yaralanmalar kazaların sonucudur.

4.3.3.2. Bird domino teorisi

Bird ve Loftus (1974), Heinrich tarafından tanımlanan kaza nedenleri sıralamasında yönetim sisteminin rolünü yansıtmak amacıyla “Domino teorisini” Şekil 4.6’da gösterildiği şekilde güncellemiştir.



Şekil 4.6. Domino dizisi (Bird 1974) (Hosseinian & Torghabeh, 2012)

Güncellenen ve değiştirilen olaylar dizisi şöyledir (Taylor, 2004) (Lingard, 2005);

1. Kontrol/yönetim eksikliği (yetersiz program, yetersiz program standardı, standarda yetersiz uyum)
2. Temel nedenler/kökenler (temel nedenler: 1-kişisel faktörler, 2-iş faktörleri)
3. Acil nedenler/Belirtiler (standartların altındaki eylem ve durum)
4. Olay (enerji ve madde ile temas)
5. Kayıp (mülk, insanlar, süreç)

Güncelleme domino dizisi her türlü kazaya uygulanabilir ve uygulanabilir ve kayıp kontrol yönetiminde temeldir (Stranks, 2012) (Ridley, 2012).

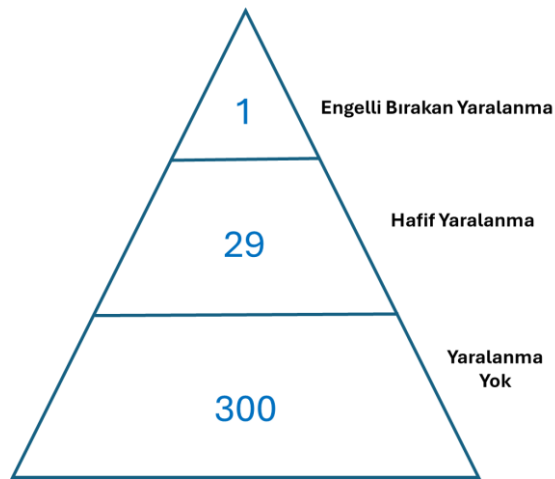
4.3.4. Kaza piramidi teorisi

4.3.4.1. Heinrich kaza piramidi teorisi

Heinrich, "Endüstriyel Kazaların Önlenmesi" kitabında sunulan fikirlerin 17 yıllık endüstriyel deneyimlerinden (çoğunlukla sigorta sektöründe kazanılmış) kaynaklandığını belirtmektedir. Kitabın amacı, endüstriyi sadece büyük yaralanmalarla sonuçlanan olaylarla değil, aynı zamanda küçük yaralanmalarla, maddi hasarla veya hatta hiç yaralanma olmadan sonuçlanan kazalara da dikkat etmeye ve bunlara karşı harekete geçmeye teşvik etmektir. Gerekçe, olay sayısının azaltılmasının aynı zamanda maliyetlerin düşmesine ve verimliliğin artmasına yol açacağıdır. Heinrich "kaza" terimini, yaralanmayla sonuçlanmayan olayları da kapsayacak şekilde yeniden tanımlamıştır. Kazayı "öngörülemeyen, uygunsuz veya planlanmamış bir olay.... bir kazanın mutlaka bir yaralanmaya yol açması gerekmez" şeklinde tanımlamıştır (Heinrich, Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach, 1931) (Wright, 2002).

Heinrich'in Piramit Teorisi, emniyet biliminde Reason'ın İsviçre Peyniri Modeli (SCM) gibi etkili bir başka teoridir (Reason J. , Human Error, 20th ed, 1990). Bu teori, daha düşük şiddetteki olayların sayısının en aza indirilmesinin, kazalar da dahil olmak üzere yüksek şiddetteki olayların sayısının azaltılmasına yol açtığını ileri sürmektedir. (Heinrich, Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach, 1931) Bu teoriye göre, düşük sonuçları olan çok sayıda olay, eğer işlenmezse ve önlem alınmaz ise, potansiyel olarak yüksek sonuçları olan az sayıda olaya yol açacaktır (Heinrich, Roos, & Petersen, Industrial Accident Prevention: A Safety Management Approach, 1980). Üstelik küçük olayların giderek artması büyük bir kazaya yol açacaktır (Arnaldo Valdés, Liang Cheng, Gómez Comendador, & Sáez Nieto, 2019).

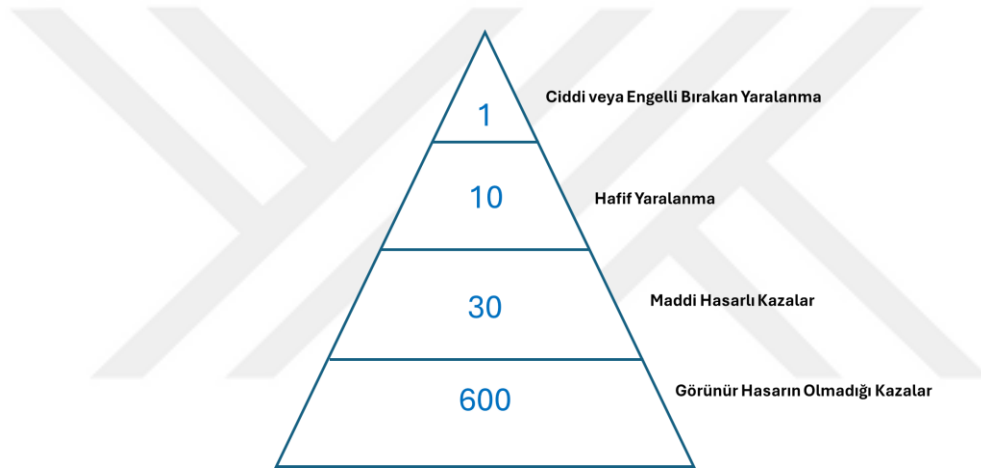
Heinrich, maliyetlerin azaltılmasının ve üretkenliğin artırılmasının yanında, endüstriyel bağlamda çeşitli kaza türlerinin (şiddet seviyeleri) meydana gelme sıklığına ilişkin kanıtlar sunarak tüm kaza sonuçlarının önlenmesini hedefleme ihtiyacını da ortaya koymuştur. Heinrich (1931) sakat bırakan yaralanmalarla ilgili sigorta taleplerini incelemiş ve yaralanmayla sonuçlanan her aksilik için yaralanmayla sonuçlanmayan çok sayıda benzer olay olduğunu öne sürmüştür. Heinrich, her 330 potansiyel yaralanma kazasının 1'inin engelli bırakan bir yaralanmayla, 29'unun hafif yaralanmayla ve 300'ünün de yaralanma olmadan sonuçlanacağını tahmin etmiştir. Heinrich farklı endüstri türleri arasında bazı farklılıklar bulmasına rağmen, tüm sakat bırakan yaralanmalar için rakamların ortalama olarak aşağıdaki Şekil 4.7'deki üçgen modelde gösterilenlere uyduğunu belirtmektedir (Wright, 2002).



Şekil 4.7. Heinrich kaza piramidi (Wright, 2002).

4.3.4.2. Bird kaza piramidi teorisi

Büyük ve küçük olaylar arasındaki ilişkiyi inceleyen diğer benzer çalışmalar da yapılmıştır (Bird, Damage control, 1966) (Bird, Loss Control Management, 1976) (Skiba, 1985). Bird (1976) Kuzey Amerika Sigorta Şirketi için çalışırken 297 şirketten 1.753.498 kaza raporunu analiz etmiştir. Heinrich'in "aynı türden ve aynı kişinin karıştığı kazaları" temel alan çalışmasının aksine Bird, kapsamı farklı endüstri ve kaza türlerini içerecek şekilde genişletmiştir (Wright, 2002) Bird'ün analizinin sonuçları Şekil 4.8'deki üçgen modelde gösterilmektedir:



Şekil 4.8. Bird kaza piramidi (Wright, 2002).

Swain (1974) Bird ile aynı oranı bulmuştur. Skiba (1985), Batı Almanya kaza kayıtlarından alınan benzer bir iş kazaları piramidine sahiptir. Bu, her ölümlü kazaya karşılık tahminen 70.000 yakın kaza olduğunu gösteren bir dizi oran sunmaktadır. Farklı veri setlerinden alıntılanan kaza rakamlarının birbiriyle uyumsuz oranlar sağladığına dikkat edilmelidir. Her sektörün ve iş faaliyetinin kendine özgü yaralanma, maddi hasarlı kaza ve ramak kala kaza oranları olacağından bu mantıklıdır (Wright, 2002).

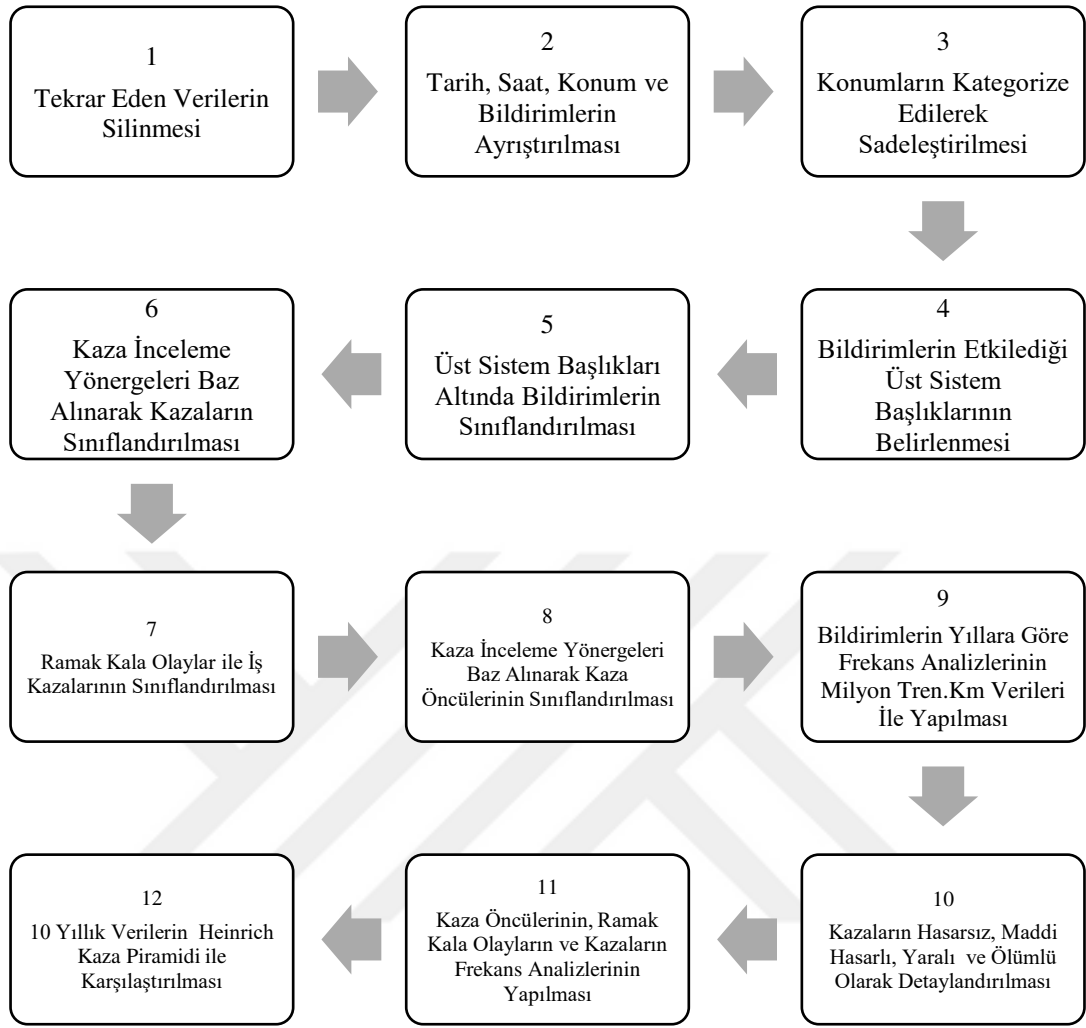
5. METOT

Hızlı ve konforlu ulaşım artan talepler doğrultusunda demiryollarının gelişmesi ile yüksek hızlı tren işletmeciliğinin önem kazanması ve serbestleşmenin de denkleme dahil olmasıyla demiryollarında Emniyet Yönetim Sistemi uygulamalarının başlatılması kaçınılmaz olmuştur. Avrupa Birliği'nin ardından Türkiye'de de Emniyet Yönetim Sistemleri Resmî Gazete 'de yayınlanan yönetmelikler ile 2015 yılında zorunlu hale gelmiştir.

Emniyet yönetim sistemlerinin dayandırıldığı temeller arasında bulunan risklerin izlenmesi, emniyetin devamlılığının sağlanması ve emniyetle ilgili bilgilerin geri bildiriminin sürekli yapılması önem arz etmektedir. Son 20 yıldır kaza öncülerinin kullanılarak, kazaların önlenmesine yönelik yapılan çalışmalar ağırlık kazanmıştır.

Çalışmanın konusu verilerin erişimi serbest olup elden temin edilmiştir. Bu veriler; Ankara-Eskişehir Yüksek Hızlı Tren hattının açılması ile, 2009-2020 yılları arasında tarih, saat, konum içerecek şekilde yüksek hızlı tren işletmeciliği esnasında yapılan bildirimleri içermektedir. Karmaşık şekilde iletilen ve tekrar eden bildirimleri içeren veriler Şekil 5.1'de gösterildiği sıralama ile işlenmiştir.

Ön işlemede tekrar eden veriler silinmiştir. Verilerin analiz edilebilmesi için tarih, saat ve konum bilgileri ayrıştırılarak düzenlenmiştir. Konumlar çok dağınık olarak girildiği için standart bir yapıya getirilerek hat kesimleri ve kilometreler bazında kategorize edilmiştir. Yapılan bildirimlerin tepede hangi sistemi ve olayı ilgilendirdiğine bakılarak sınıflandırma yapılmıştır. Sonrasında bu üst sistemler ve tepe olaylar bazında bildirimler alt kategoriler halinde sınıflandırılmıştır. Kaza inceleme yönergelerindeki bilgiler dikkate alınarak kazalar ve kaza öncüleri sınıflandırılmıştır. İş kazası kapsamında değerlendirilecek çalışmalara değinilerek, son dakikada önlenen kazalar ramak kala olarak belirtilmiştir.



Şekil 5.1. Verilerin işleme adımları

Verilerin ön işlemlerinin tamamlanması ile üst sistem başlıklarındaki bildirimlerin yıllar bazında milyon tren.km bazında sıklığı ve frekansı grafiklere dökülerek, emniyet çerçevesinde analiz edilmiştir.

Kaza bildirimlerinin maddi hasarlı veya hasarsız bir şekilde sonuçlanması kategorize edilmiştir. Yaralanmalı ve ölümlü kazalar da kategorize edilmiştir. Kazaların nasıl sonuçlandığı milyon tren.km cinsinden analiz edilmiştir.

Kaza, iş kazası ve ramak kala olayların yıllar bazında sıklığı ve frekansı milyon tren.km cinsinden analiz edilmiştir.

Son olarak elde edilen bulgular, Heinrich piramidi ile orantılanarak karşılaştırılıp, kaza piramidi teorisinin yüksek hızlı tren işletmeciliği kapsamında nasıl yorumlanabileceğine değinilmiştir.



6. BULGULAR

2009-2020 yılları arasında yüksek hızlı tren işletmeciliği esnasında yapılan bildirimlerin veri analizi işleme adımlarının detayları ve her aşamadaki bulguların çıktıları bu başlık altında verilmiştir.

6.1. Tekrar Eden Verilerin Silinmesi

Veri setinin içerisinde aynı tarihlerde birkaç kere yazılmış tekrar eden bildirimler silinmiştir. 11.000 satırlık veriden arda kalan yaklaşık 7000 satır veri, veri analizinin kapsamını oluşturmaktadır. Bildirimi yapılan olayların içerisinde yer alan tekrar eden ve verilerin işlenmesini zorlaştıran noktalama işaretleri silinerek veriler sadeleştirilmiştir.

6.2. Tarih, Saat, Konum ve Bildirimlerin Ayrıştırılması

Veri setinde aynı satırda bulunan olaylar analizlerinin kolay yapılabilmesi adına farklı satırlara ayrıştırılmıştır. Tarihler, saatler, konumlar ve bildirimi yapılan olaylar ayrı ayrı satırlara taşınmıştır.

6.3. Konumların Kategorize Edilerek Sadeleştirilmesi

Veri setinde bildirilen olayların konumları, istasyonlar arası konumlara, kilometrelere ve istasyonlara göre belirtilmişti. Konumlar hat kesimlerine, net olan istasyonlara ve net kilometre bilgilerine göre düzenlenerek kategorize edilmiştir. Tablo 6.1’de hat kesimlerine göre konumlar görülebilmektedir. 841 noktaya göre bildirimlerin yapıldığı konumlar veri setinde görülebilmektedir. Tabloya aktarılan kısım sadece hat kesimleri olup, kilometreler dahil edilmemiştir.

Tablo 6.1. *Bildirilen olayların hat kesimleri ve sayıları*

Hat Kesimi	Hat Kesimleri Bazında 10 Yılda Yapılan Bildirim Sayıları
Ali Fuat Paşa	43
Ali Fuat Paşa-Ankara Arası	1
Ali Fuat Paşa-Arifiye Arası	3
Ali Fuat Paşa-Bilecik Arası	1
Ali Fuat Paşa-Doğançay Arası	9
Ali Fuat Paşa-Pamukova Arası	2
Ali Fuat Paşa-Sapanca Arası	1
Alpu	12
Alpu-Çardakbaşı Arası	1
Alpu-Eskişehir Arası	1
Ankara	273
Ankara- İstanbul YHT Hattı	31
Ankara-Eryaman Arası	22
Ankara-Eskişehir YHT Hattı	726
Ankara-Gazi Arası	3

Tablo 6.1. (Devam) Bildirilen olayların hat kesimleri ve sayıları

Hat Kesimi	Hat Kesimleri Bazında 10 Yılda Yapılan Bildirim Sayıları
Ankara-Konya YHT Hattı	750
Ankara-Marşandiz Arası	1
Ankara-Polatlı Arası	3
Ankara-Sincan Arası	48
Ankara-Sincan Arası YHT Hattı	119
Ankara-Sincan Konvansiyonel Tren Hattı	1
Arifiye	118
Arifiye-Doğançay Arası	9
Atalar	2
Ayrılık Çeşmesi	3
Bakırköy	8
Behiçbey	6
Behiçbey-Yıldırım Arası	1
Beylikköprü	5
Beylikova	60
Biçer	68
Bilecik	124
Bostancı	6
Bozüyük	83
Çayırova	1
Çayırova	5
Çukurhisar	2
Derbent	1
Derince	13
Diliskelesi	2
Dilovası	2
Doğançay	22
Elvankent	10
Elvankent- Lale Arası	1
Erenköy	4
Eryaman	74
Esenkent	44
Esenkent-Sincan Arası	1
Eskişehir	338
Eskişehir- İstanbul YHT Hattı	2
Eskişehir Konvansiyonel	1
Eskişehir-Ankara-Konya YHT Hattı	34
Eskişehir-Hasanbey Arası	5
Etimesgut	26
Florya	1
Gazi	26
Gebze	47
Gözcü	1
Güzelyalı	4
Halkalı	3
Hasanbey	11
Hava Durağı	6
Hereke	5
Hipodrom	5
Horozluhan	20
İğciler	11
İlören	1
İnönü	35
İstanbul-Eskişehir -Ankara-Konya YHT Hattı	1
İstanbul-Eskişehir YHT Hattı	412
İstanbul-Eskişehir-Ankara YHT Hattı	130

Tablo 6.1. (Devam) Bildirilen olayların hat kesimleri ve sayıları

Hat Kesimi	Hat Kesimleri Bazında 10 Yılda Yapılan Bildirim Sayıları
İstanbul-Eskişehir-Ankara-Konya YHT Hattı	24
İzmit	66
Karagözler	1
Karaköy	6
Kazlıçeşme	3
Genel Toplam	3970

6.4. Bildirimlerin Etkilediği Üst Sistem Başlıklarının Belirlenmesi

Demiryolları; altyapı, üstyapı, elektrifikasyon, sinyalizasyon, işletmecilik alanlarının ve demiryolu araçlarının bütününden oluşan multidisipliner bir alandır. Veri seti kapsamında bildirilen olaylar tüm bu disiplinlerle ilgili olup, çevresel koşullardan doğan etkileri de kapsamaktadır. Bu sebeple verilerin anlaşılabilmesi ve detaylı yorumlanabilmesi adına bildirimler öncelikle üst sistem, üst olay ve çevre bazında Tablo 6.2’deki gibi sınıflandırılmıştır.

Tablo 6.2. Bildirilen olayların üst sistem, üst olay ve çevre sınıflandırılması

Üst Sistem, Üst Olay ve Çevre Sınıflar	Açıklama
Araç	Yüksek hızlı tren setlerinde, bakım araçlarında ve kılavuz trenlerde ortaya çıkan arıza ve hatalar kapsamında yapılan bildirimler Araç başlığı altında detaylı olarak sınıflandırılmıştır.
Çarpışma	Demiryolu araçlarının ve hattın zarar görmesi ile sonuçlanan çarpışma kazaları Çarpışma başlığı altında kategorize edilmiştir.
Deray	Demiryolu araçlarının raydan çıkması ile sonuçlanan kazalar Deray başlığı altına eklenmiştir.
Doğa Olayları	Kötü hava koşulları, seller, teressübat birikimleri, kar yağışları, doğal gaz boru patlamaları dış etken olarak değerlendirilebilecek işletmeciliği aksatan bildirimler Doğa Olayları başlığı altında sınıflandırılmıştır.
Enerji Sistemi	Operasyonu etkileyen ve gecikmelere sebep olan elektrifikasyon sistemlerinde katener ve şebeke enerjileri kaynaklı yaşanan arızalar Enerji Sistemi başlığı altında detaylandırılmıştır.
İhbar	Hatta izinsiz girişler, hattaki izinsiz çalışmalar, hattın içinde bulunan engeller ve bu gibi olaylar kapsamında yapılan bildirimler İhbar başlığı altında sınıflandırılmıştır.
Operasyon	İşletmecilik esnasında alınan operasyonel kararlar, yolcu kaynaklı duruşlar ile gecikmelere sebep olan bildirimler Operasyon başlığı altında detaylandırılmıştır.
Sinyalizasyon Sistemi-Anklaşman	Sinyalizasyon sistemi kapsamında trenlerin emniyetli bir şekilde işletilmesini sağlayan; sinyal, makas, ray devresi, kumanda kontrol merkezi gibi alt sistemleri ile arayüzü olan anlaşman sisteminde meydana gelen hatalar, arızalar Sinyalizasyon Sistemi-Anklaşman başlığı altında sınıflandırılmıştır.
Sinyalizasyon Sistemi-ATS	Sinyalizasyon sistemi trenlerin kırmızı sinyalleri ihlal etmemesi için bir koruma sistemi olan ulusal Otomatik Tren Durdurma sisteminde meydana gelen hatalar ve arızalar bu başlık altında sınıflandırılmıştır.

Tablo 6.2. (Devam) Bildirilen olayların üst sistem, üst olay ve çevre sınıflandırılması

Üst Sistem, Üst Olay ve Çevre Sınıflar	Açıklama
Sinyalizasyon Sistemi-ERTMS	Sinyalizasyon sistemi kapsamında trenlerin emniyetli bir şekilde işletilmesini güvence altına alan anlaşılan sistemi ile arayüzü bulunan Otomatik Tren Koruma sistemleri kapsamında meydana gelen hatalar ve arızalar Sinyalizasyon Sistemi-ERTMS/ETCS başlığı altında sınıflandırılmıştır.
Sinyalizasyon Sistemi-Saha Ekipmanları	Sahada bulunan sinyalizasyon sistemi ekipmanlarının (makas motoru, LED sinyal, ray devresi, sinyalizasyon kabloları) hasarı sonucunda işletmenin aksamasına sebep olan olaylar Sinyalizasyon Sistemleri-Saha başlığı altında sınıflandırılmıştır.
Şahıs Kazaları	Hareketli demiryolu aracı sebebiyle, yolcuların ve 3. kişilerin yaralanması ile sonuçlanan kazalar bu başlık altında toplanmıştır.
Vandalizm	3. kişiler tarafından sistemlerin, hattın, işletmeciliğin hasar alması için yapılan sabotaj girişimleri çevre etkisine sahip olsa dahi Vandalizm başlığı altında sınıflandırılmıştır
Yangın	Vagonlardaki dumanlanmalar, hattaki ve araçtaki yangın ihbarları ile yangın vakaları Yangın başlığı altında sınıflandırılmıştır.
Yol	Altyapı ve üstyapıda meydana gelen yol bozuklukları kapsamında yapılan bildirimler Yol başlığı altında sınıflandırılmıştır.

6.5. Üst Sistem Başlıkları Altında Bildirimlerin Sınıflandırılması

Üst sistem, üst olay ve çevre bazında belirlenen kategoriler kapsamında bildirimler üst sistemlerin altında daha detaylı bir şekilde EK-1’de görüldüğü şekilde sınıflandırılmıştır. İntihar vakaları sınıflandırmaya dahil edilmemiştir.

6.6. Kaza İnceleme Yönergeleri Baz Alınarak Kazaların Sınıflandırılması

TCDD ve TCDD Taşımacılık A.Ş taraflarınca yayınlanan Kaza İnceleme Yönergeleri (TCDD, 2016) (TCDD Taşımacılık A.Ş, 2020) baz alınarak ölüm, yaralanma, maddi hasar ile sonuçlanan görünür hasara sebep olmayıp işletmenin gecikmesine sebep olan bildirimler kaza olarak sınıflandırılmıştır. Tablo 6.3’te kazalar görülebilir.

Tablo 6.3. Kaza olarak sınıflandırılan bildirimler

Kaza	
Çarpışma	Gabaride Bulunan Bir Engel ile Çarpışma Kaçan Vagon Çarpışması Karambol Tren-İş Otosu Çarpışması Tren-Karayolu Aracı Çarpışması Tren-Trene Çarpışma
Deray	Aracın Raydan Çıkması Makas Tanzimi Yapılamaması Ters Makastan Çıkma Yük Treninin Raydan Çıkması

Tablo 6.3. (Devam) Kaza olarak sınıflandırılan bildirimler

Kaza	
Hemzemin Geçit Kazaları	Tren-Karayolu aracı çarpışması (Geçitte) Tren-Yaya çarpışması (Geçitte) Tren-Geçici nesne çarpışması (Geçitte)
Şahıs Kazaları	Hareketli demiryolu aracı nedeniyle kişilerin maruz kaldığı kaza Platformdan Yolcu Düşmesi Şahsın Katener Enerjisine Kapılması Vatandaşın Katenere Kapılması
Demiryolu Aracındaki Yangın	Seyir halindeki araçta yangın Seyirde yüklü eşyada yangın Park etmiş araçlarda yangın (Sevk için bekleyen)
Diğer Kazalar	Seyir halindeki araçta yangın Seyirde yüklü eşyada yangın Park etmiş araçlarda yangın (Sevk için bekleyen)

Yüksek hızlı tren hatlarında hemzemin geçit bulunmadığı için bildirilen bir hemzemin geçit kazası bulunmamakla beraber demiryolu aracında yangın ve diğer kazalar olarak sınıflandırılan kazalarda verilerde bulunmamaktadır.

6.7. Ramak Kala Olaylar ile İş Kazalarının Sınıflandırılması

Son dakikada engellenerek, ıskalanan, ölüm ve hasar ile sonuçlanmayan bildirimler Ramak Kala olarak sınıflandırılmıştır. Tablo 6.4'te veri seti içerisinde veri setindeki Ramak Kala olaylar belirtilmiş ve açıklamaları yapılmıştır. Ramak kala olayların her biri aynı zamanda bir kaza öncüsü niteliğindedir.

Tablo 6.4. Ramak kala olaylar

Ramak Kala	Açıklama
Ters Makastan Çıkma	Ters makastan çıkan bir tren ile karşıdan gelen trenin kafa kafaya çarpışması trafik kontrolünün farkındalığı sayesinde engellenmiştir.
Meşguliyetin Kaybolması ve Sinyalin Yeşil/Sarı Yanması	Bir trenin bloğa girmesinin ardından meşguliyetin kaybolması ve arkadan gelen trene sinyalin sarı bildiri vermesi ile trenlerin çarpışması trafik kontrolünün farkındalığı sayesinde engellenmiştir.
Gabaride Bulunan Bir Engel ile Çarpışma	Makinistlerin gabaride bulunan engelleri fark etmesi üzerine fren yaparak durmaları ile çarpışmalar önlenmiştir.
İhata Hattına İzinsiz Girişler/Çalışmalar	İhata hattına izinsiz giren kişilerin, ihata hattında izinsiz ve uygunsuz yapılan çalışma yapan kişilerin makinistler tarafından fark edilmesi ile fren yapmaları sonucu ölümlü kazaların yaşanması ihtimali önlenmiştir.
İhata Hattında Cisim Olması	İhata hattında bulunan cisimlerin makinist tarafından fark edilmesi durulması ile maddi hasarların önüne geçilmiştir.
Trenlerin Kafa Kafaya Çarpışması	Kırmızı sinyal bildirisine uyulmaması sebebi ile makasta iki tren karşılaşmıştır, fakat durabildikleri için trenlerin kafa kafaya çarpışması önlenmiştir.
Vagon Kaçması	Makinistin başıboş kaçan bir vagon bildirmesi üzerine emniyetli durum sağlanana kadar işletme düzenlenmiş ve olası bir kazanın önüne geçilmiştir.

Kaza yönergeleri kapsamına iş kazaları dahil edilmemektedir, iş kazaları bu sebeple analizlere dahil edilmeyecek olup farkındalık yaratması açısından veri setindeki iş kazaları da Tablo 6.5’de görüldüğü gibi sınıflandırılmıştır.

10 yıl içerisinde 1’i ölümlü, 7’si yaralanmalı toplamda 8 iş kazası meydana gelmiştir.

Tablo 6.5. İş kazaları

İş Kazaları
Bakım Aracından Düşme
Belirlenemeyen Kaza
İskele Çökmesi
İşçinin Katenere Kapılması
Makine ve Vagon Bağlanması Sırasında Parmak Sıkışması
Servis Personelinin Yaralanması

6.8. Kaza İnceleme Yönergeleri Baz Alınarak Kaza Öncülerinin Sınıflandırılması

TCDD ve TCDD Taşımacılık A.Ş taraflarınca yayınlanan Kaza İnceleme Yönergeleri (TCDD, 2016) (TCDD Taşımacılık A.Ş, 2020) kapsamında belirtilen kaza öncüleri göz önünde bulundurularak bildirimlerde kaza öncüsü özelliği taşıyanlar sınıflandırılmıştır. Kaza öncüleri sınıflandırılırken kritik ve emniyetle alakalı olan durumlar kaza yönergeleri baz alınsa da gelecekte yapılacak çalışmalarda literatürü desteklemek için daha detaylı bir şekilde verilmiştir. İş kazaları ve vandalizm bildirimleri kaza inceleme mevzuatının konusu olmadığından kaza öncüsü olarak değerlendirilmemiştir.

1. İlk adımda TCDD Taşımacılık A.Ş Kaza İnceleme Yönergesi ekinde yer alan kaza öncülleri dikkate alınarak; aracın tekerlek takımında, gövdesinde, fren sisteminde herhangi bir hasar olmasının kazalara öncülük edebileceği değerlendirilerek Araç kategorisi altında kaza öncüleri belirlenmiştir. Tablo 6.6’da ilgili kaza öncüleri görülebilir.

Tablo 6.6. Araç kategorisindeki kaza öncüleri

Araç Kategorisindeki Kaza Öncüleri
Aks Arızası
Aks Bloke Arızası
Ana Depo Arızası
Apleti

Tablo 6.6. (Devam) Araç kategorisindeki kaza öncülleri

Araç Kategorisindeki Kaza Öncülleri
Araçtan Sarkan Parçalar
BCU Arızası
Boden Aşınması
Boji Arızası
Boji Hava Yastığı Patlaması
Boji İzleme Hatası
Boji Sıcaklık İhbarı
Bojide Aşırı Titreme
Cam Kırılması
Dingil Sıcaklık İhbarı
Dingil Yanması
Dişli Kutusu Aşırı Isınma
Dişli Kutusu Dumanlanması
Fren Arızası
Fren Havası Üretememe
Hız Denetim Arızası
Hız Göstergesi Arızası
Hız Sensörü Arızası
İvmelenme Arızası
Kapı Arızası
Kompresör Arızası
Kondüvit Hattı Arızası
Kumlama Butonu Takılı Kalması
Pantograf Düşmesi/Arızalanması
Pantograf Kırılması
Pantograf Patlama
Set Altında Buzlanma
Set DJ Tutmaması/Arızası
Süspansiyon Arıza İhbarı
Şaft Çözme Arızası
Tekerlek Kilitleme Arızası
Totman Arızası
Tünel Geçişleri Aşırı Basınç
Vagon Aks Kilitleme
Vagon Arası Körüklerin Açık Olması
Vagonun Amortisörünün Patlaması
Veri Yolu Vagon İletişim Sisteminde Arıza

2. TCDD Kaza İnceleme Yönergesi kapsamında tariflenen önlem alınmaması durumunda kazalara öncülük edebilecek sel, kar yağışı gibi bildirimler Doğa Olayları kategorisinde Tablo 6.7’de kaza öncülü olarak belirtilmiştir. Aşırı yağış, sel ve altyapının zarar görmesinin ardından yaşanan kazalar öncesinde meydana gelmiştir.

Tablo 6.7. Doğa olayları kategorisindeki kaza öncülleri

Doğa Olayları Kategorisindeki Kaza Öncülleri
Aşırı Yağış
Buz Sarkması/Buzlanma
Doğalgaz Borusu Patlaması

Tablo 6.7. (Devam) Doğa olayları kategorisindeki kaza öncüleri

Doğa Olayları Kategorisindeki Kaza Öncüleri
Fırtına
Kar Yağışı
Kar Yağışı Nedeniyle Makas Tanzimi Yapılamaması
Katener Direğinin Altının Su Sebebi ile Oyulması
Kötü Hava Şartları
Sel ve Teressubat
Yıldırım Düşmesi
Yoğun Sis

3. Katenerlerde ark oluşması ve tel kopmaları sarkmaları yüksek voltajlar sebebi ile kaza öncülü olma niteliği taşımaktadır. Enerji Sistemi altında sınıflandırılan kaza öncüleri Tablo 6.8’de verilmiştir.

Tablo 6.8. Enerji sistemi kategorisindeki kaza öncüleri

Enerji Sistemi Kategorisindeki Kaza Öncüleri
Faz Çakışması
Gerilim Trafosunun Patlaması
Katener Sisteminde Ark
Katener Teli Sarkması/Kopması
Katenerin Yabancı Cisim Kaynaklı Zarar Görmesi
Portör Telinde Patlama
Trafo Arızası

4. Kazaların önlenmesinde en büyük katkısı olan ihbarları da kaza öncülü olarak değerlendirebiliriz. Bilginin doğru zamanda iletilmesi ile birçok kazanın önünde geçilmiştir. İhbar başlığı altında kaza öncüsü olarak nitelendirilen bildirimler Tablo 6.9’da verilmiştir.

Tablo 6.9. İhbar kategorisindeki kaza öncüleri

İhbar Kategorisindeki Kaza Öncüleri
Aracın İzni Olmayan Hattan Seyri
Hatta Araç Girmesi, Düşmesi
Hatta Emniyetsiz Araç Parkı
Hemzemin Geçitte Araç Kalması
İhata Hattına İzinsiz Girişler/Çalışmalar
İhata Hattında Cisim Olması
İzinsiz Sisteme Reset Atılması
Peronda Sarı Çizgiyi Yolcuların İhlal Etmesi
Şüpheli Cisim İhbarı
Teknik Binada Patlama
Tramvay Geçitte Tramvay Kalması
Vagonların Ayrılmak Üzere Olması

5. Sinyalizasyon sistemlerinin önemli bileşenlerinden biri olan anklaşman sistemi, trenlerin emniyetli hareket edebilmesi için saha ekipmanları olan makas motorlarının, ray devrelerinin ve sinyallerin emniyetli bir şekilde kilitlenmesini sağlar. Hattın serbest olması durumunu değerlendirerek trenlere hareket yetkisinin emniyetli bir şekilde ulaşmasını sağlar. Anklaşman sistemleri emniyetli bir yapıya sahip olsalar dahi, anklaşman sisteminde de hatalar ve arızalar meydana gelmektedir. Hata ve arıza durumunda anklaşman sistemlerinden beklenen hatada emniyetli (fail-safe) duruma geçmesidir. Fakat sistemin hatada emniyetli duruma geçmediği zamanlarda görülmüştür, geçse bile trenlerin sevki kırmızı geçiş izni, bölge zaman izni gibi trafik kontrolörü ve makinist arasındaki haberleşme ile sağlanmaktadır. Böyle durumlarda birkaç olayın üst üste gelmesi, anklaşman sisteminin yokluğu ve devre dışı olması kaza öncüsü olarak değerlendirilmiştir.

Anklaşman Sistemleri başlığı altında kaza öncüsü olarak nitelendirilen bildirimler Tablo 6.10'da verilmiştir.

Tablo 6.10. Sinyalizasyon sistemi-anklaşman kategorisindeki kaza öncüleri

Sinyalizasyon Sistemi-Anklaşman Kategorisindeki Kaza Öncüleri
Anklaşmanın Devre Dışı Kalması
Haberleşme Arızası
Hattın İmha olması
IM Kartı Arızası /Değişimi
Kart Arızası
Kumanda Merkezi Düzenleme Yapılamaması
Lokal Masa Arızası
Makas Arızası
Makas Mutabakat Kaybı/Arızası
Meşguliyetin Kaybolması ve Sinyalin Yeşil/Sarı Yanması
OM Arızası
OS Arızası
Sinyal Arızası
Sinyal Renk Bildirim Arızası
Sinyal Stabilizatörünün Arızalanması
Sistem Arızası

6. Sinyalizasyon sisteminin bileşeni olan Otomatik Tren Durdurma (ATS) sistemi yerli bir çözüm olup, yapısı tamamen emniyetli değildir. Amacı, trenlerin kırmızı sinyali geçmesi durumunda treni durdurmaaktır. Fakat ATS sistemi makinistin sistemi izole ederek seyre devam etmesine izin vermektedir. Bu işletmenin aksamaması için

sinyalin ihlal edilmesi, trafik kontrolü ve makinistin haberleşmesi ile kırmızı geçiş izinlerinin verilmesi gibi durumları ortaya çıkarır. ATS sisteminin yokluğu ve ihlali de kaza öncüsü olarak değerlendirilmiştir. ATS Sistemi başlığı altında kaza öncüsü olarak nitelendirilen bildirimler Tablo 6.11’de verilmiştir.

Tablo 6.11. *Sinyalizasyon sistemi-ATS kategorisindeki kaza öncüleri*

Sinyalizasyon Sistemi-ATS Kategorisindeki Kaza Öncüleri
ATS Arızası

7. Sinyalizasyon sisteminin bileşeni olan Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemleri (ERTMS) anlaşılan sistemi ile trenlerin emniyetli bir şekilde hareket edebilmesi için geliştirilmiş, Avrupa Tren Koruma Sistemi (ETCS) ve GSM-R sistemlerinin birleşimidir. Otomatik Tren Koruma (ATP) sistemini bünyesinde barındıran ERTMS sistemleri araç üstü bilgisayarlar ve hat boyu ekipmanlarının haberleşmesi ile anlaşımandan gelen hareket yetkisi doğrultusunda emniyetli bir trafik yönetimi sağlar. Hatalar ve arızalar doğrultusunda ERTMS sistemlerinin izole edilmesi ve bu sistemlerin kullanılmaz duruma gelmesi gibi durumlar kaza öncüsü olarak değerlendirilmiştir. ERTMS Sistemi başlığı altında kaza öncüsü olarak nitelendirilen bildirimler Tablo 6.12’de verilmiştir.

Tablo 6.12. *Sinyalizasyon sistemi-ERTMS kategorisindeki kaza öncüleri*

Sinyalizasyon Sistemi-ERTMS Kategorisindeki Kaza Öncüleri
Araçüstü Bilgisayar Arızası
ATP Arızası
Çelişkili İşaretler
EB (Acil Fren) Arızası
Eurocabin Arızası
LEU Arızası
Mod Geçiş Yapılamaması
Odometre Arızası
RBC Bağlantısı Kopması
RBC Hatası
Seviye Geçiş Yapılamaması

8. Sinyalizasyon sisteminin önemli bileşenlerini barındıran saha ekipmanlarının zarar görmesi durumunda tren trafiğinin emniyetli bir şekilde sağlanması riske girmektedir. Hasarlı emniyet kritik saha ekipmanları ile alakalı kaza öncüsü niteliğindeki bildirimler Saha Ekipmanları başlığı altında Tablo 6.13’de detaylandırılmıştır.

Tablo 6.13. Sinyalizasyon sistemi-saha ekipmanları kategorisindeki kaza öncüleri

Sinyalizasyon Sistemi-Saha Ekipmanları Kategorisindeki Kaza Öncüleri
Makas Cebire ve Gergi Çubuğunda Kırılma
Makasın ve Makas Motorunun Zarar Görmesi
Sinyal LED Arızası
Sinyal Trafo Arızası
Sinyalin Zarar Görmesi

9. Yangınlar her zaman tehlikeli durumları ortaya çıkarmakla beraber kaza öncüsü olarak değerlendirilir ve önlem gerektirir. Yangın başlığı altında kaza öncüsü olarak nitelendirilen bildirimler Tablo 6.14’de verilmiştir.

Tablo 6.14. Yangın kategorisindeki kaza öncüleri

Yangın Kategorisindeki Kaza Öncüleri
Ot Yangını
Trafoda Yangın Çıkması
Vagonda Dumanlanma-Yangın İhbarı
Yangın
Yangın İhbarı

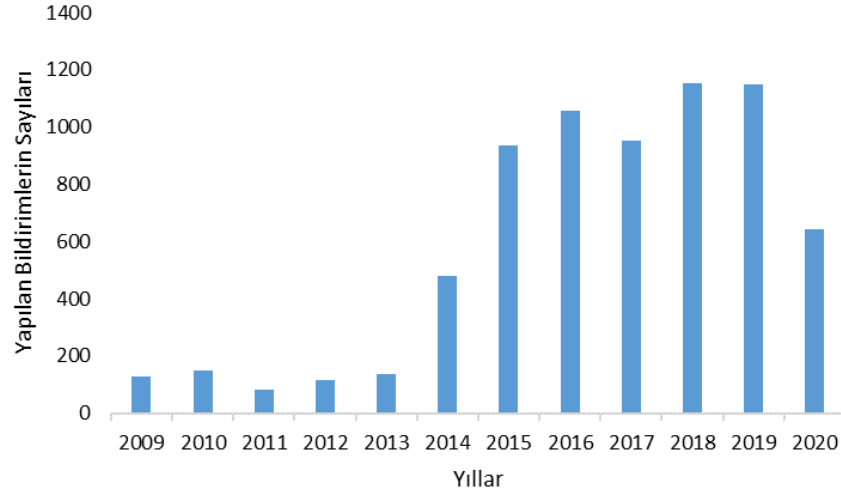
10. Altyapı ve üstyapı olarak yollarda meydana gelen bozukluklar fark edilmediği ve ihmal edildiği takdirde ciddi kazalara sebebiyet verecektir. Tablo 6.15’de Yol başlığı altındaki kaza öncüleri listelenmiştir.

Tablo 6.15. Yol kategorisindeki kaza öncüleri

Yol Kategorisindeki Kaza Öncüleri
Alüminotermite Kaynağı Kırılması
Alt Geçit Yıkılması
Alt Geçitten Parça Dökülmesi
Hat Burulmaları ve Hattaki Diğer Bozulmalar
Hatta Taş Parçaları Düşmesi
İç Rayda Çökme
Kırık Ray
İstinat Duvarının Yıkılması
Makasta Parça Kırığı
Ray Kaynağının Akması
Ray Kesilmesi
Rayın Dirsek Yapması
Yarmada Çökme
Yol Çökmesi

6.9. Bildirimlerin Yıllara Göre Frekans Analizlerinin Yapılması

2009-2020 yılları arasında yüksek hızlı tren işletmeciliği esnasında yapılan tüm bildirimlerin frekans analizi Şekil 6.1’de görülmektedir.



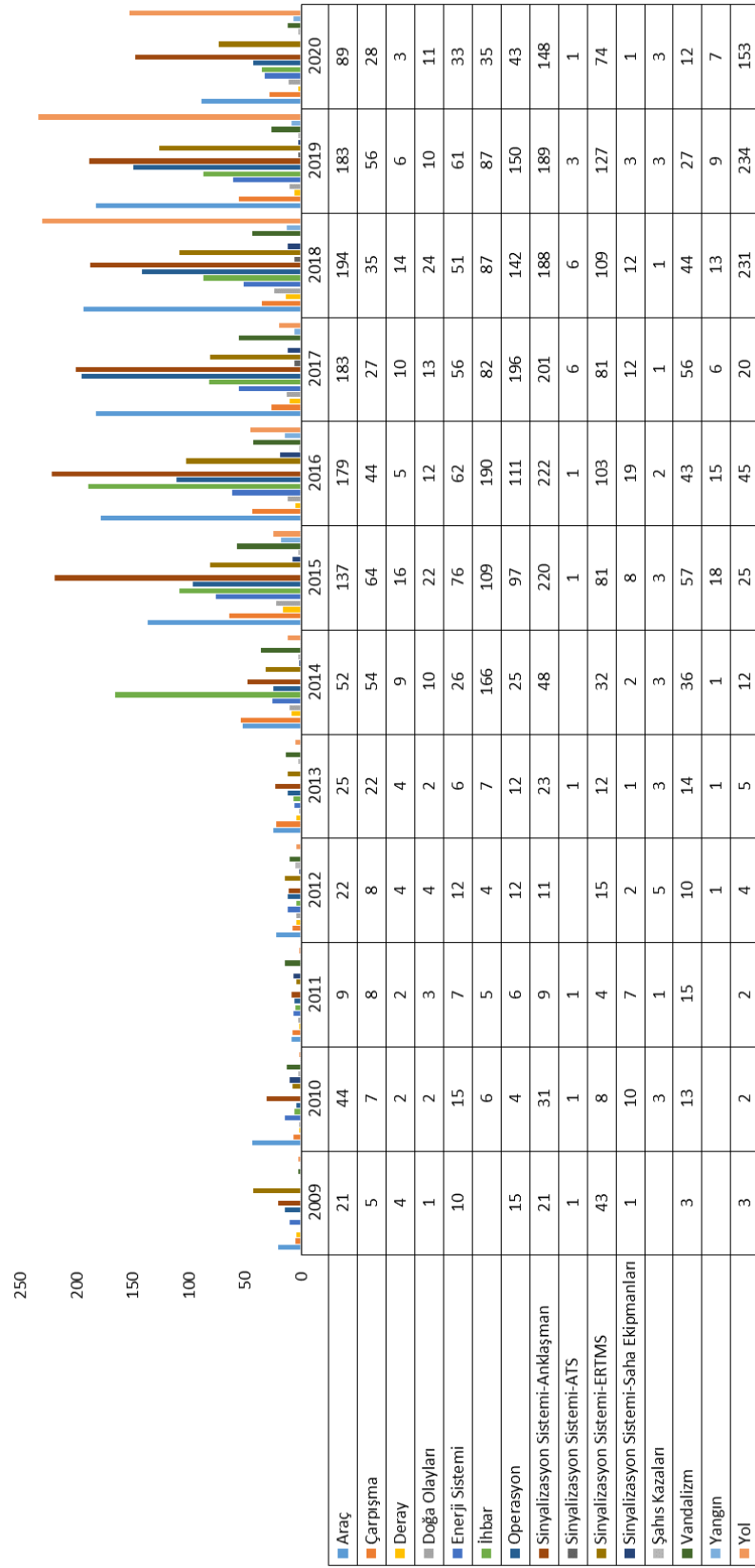
Şekil 6.1. Bildirimlerin 10 yıllık frekans analizi

Bildirim sayılarındaki artışı anlamak için 2009’dan itibaren Türkiye’de işletmesine başlanan yüksek hızlı tren hatları ve açılış tarihleri ise Tablo 6.16’da verilmiştir.

Tablo 6.16. Yüksek hızlı tren hatları ve açılış tarihleri

Yüksek Hızlı Tren Hatları	Açılış Tarihleri
Ankara-Polatlı-Eskişehir YHT	13 Mart 2009
Ankara-Konya YHT	23 Ağustos 2011
Ankara -Eskişehir- İstanbul (Pendik) YHT	25 Temmuz 2014
Pendik-Halkalı YHT	12 Mart 2019

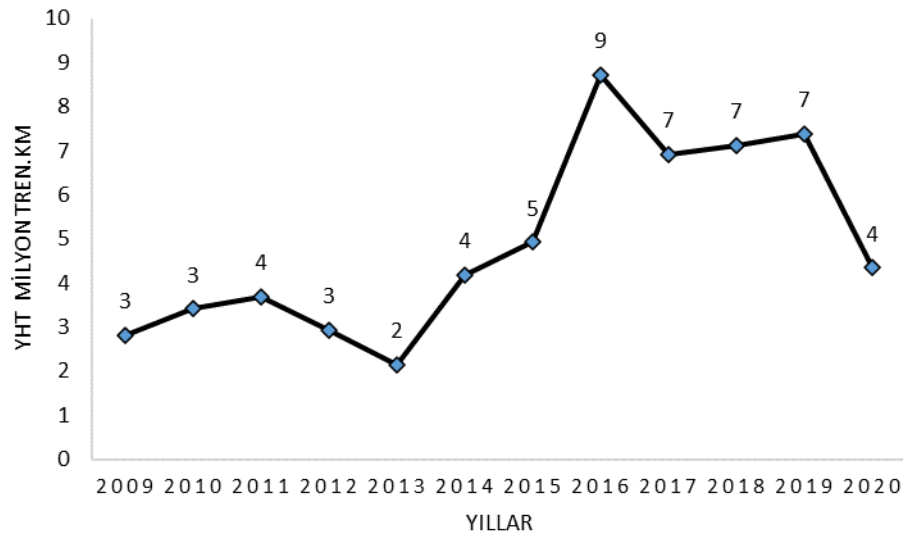
Tablodan da anlaşılacağı üzere Türkiye’deki yüksek hızlı tren hatlarının artması ile bildirimlerin sayısı da artmıştır. Yıllara göre hangi bildirimlerin ne sıklıkta olduğu ise üst sistem, üst olay ve çevre kategorilerinde Şekil 6.2’de verilmiştir.



Şekil 6.2. Üst sistemler bazında yapılan bildirimlerin yıllara göre sıklıkları

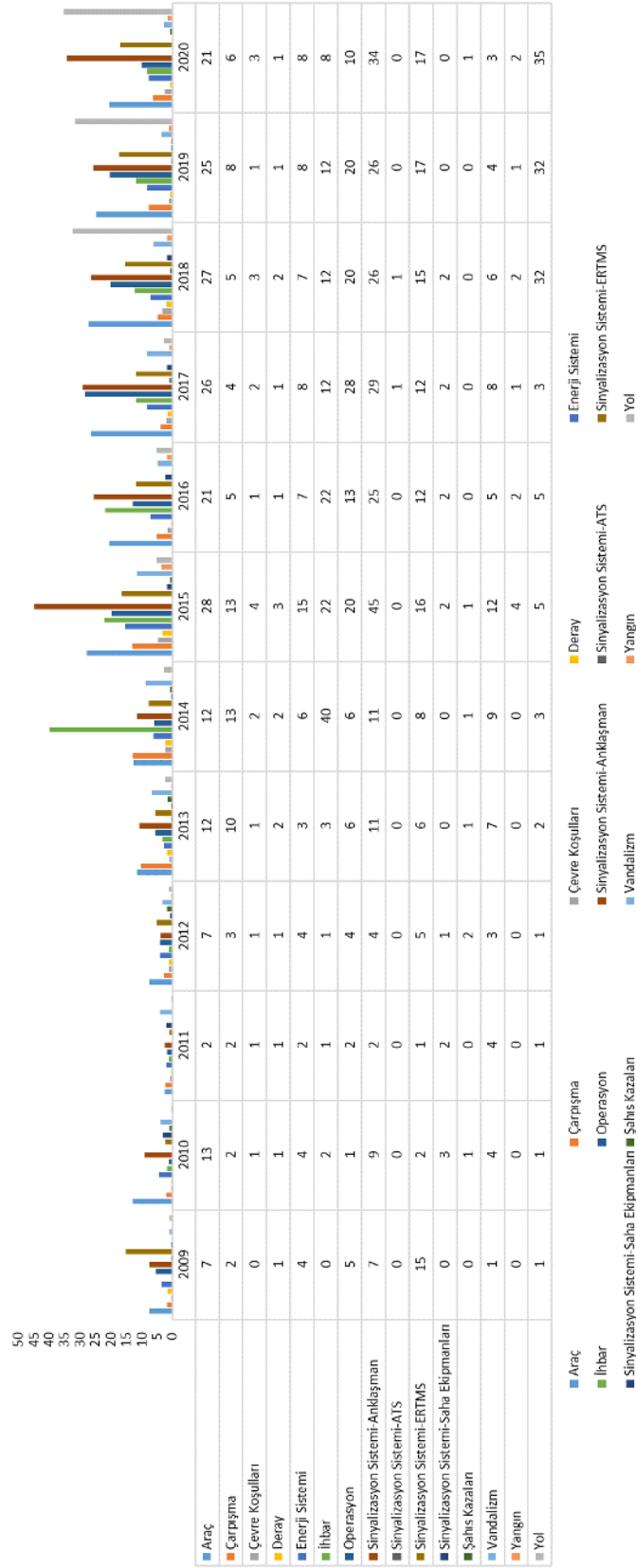
Her ülkedeki demiryolu ağı uzunluğu ve taşımacılık yoğunluğu farklı olduğu için verileri karşılaştırmak ve incelemek için bir ölçüye ihtiyaç vardır. Taşımada en çok kullanılan ölçü birimleri; tren.km, hamton.km, netton.km ve yolcu.km dir. Bu birimler taşıma istatistiklerinde, planlamalarında; taşıma miktarını ve trafiğini ölçmek için kullanılır (Akbayır, 2016). Bildirimlerin frekans analizlerinin yapılmasında ölçüm metodu olarak milyon tren.km kullanılmıştır. Milyon tren.km; bir trenin milyon kilometre işletilmesini gösteren ölçü birimidir.

Veriler 2009-2020 yılları arasında YHT işletmeciliği esnasında meydana gelen bildirimlerden oluştuğundan; 2009-2020 İstatistik Yıllıklarından alınan milyon tren.km değerleri Şekil 6.3'te verilmiştir.



Şekil 6.3. Milyon tren.km cinsinden YHT taşıma miktarı

Verilerin karşılaştırılabilmesi için; 2009-2020 yılları arasındaki her yıl için bildirim miktarı ile milyon. tren.km cinsinden taşıma miktarı oranlanmıştır. Örneğin; 2018 yılında araçlar için yapılan bildirim miktarı 194'tür. Taşıma miktarı ise 7 milyon tren.km' dir. 194'ün 7'ye bölünmesi ile 27,20 değeri 2018 yılı için milyon tren.km başına araç bildirimlerinin miktarıdır. Türkiye'de 2009-2020 yılları arasındaki milyon tren.km başına bildirimlerin değişimi Şekil 6.4'te görülmektedir.



Şekil 6.4 Milyon tren.km başına bildirimlerin değişimi

- Araç;
Yüksek hızlı tren işletmeciliği kapsamında araçlarla ilgili yapılan bildirimlerin milyon tren.km cinsinden taşıma miktarına göre araç sayısının artması ve yüksek hızlı tren demiryolu ağının genişlemesi ile arttığı görülmektedir. 2018 yılına kadar araçlarla ilgili yapılan hata ve arıza bildirimleri artış göstermiş olup, araçlarla ilgili en fazla bildirim 10 yıl içerisinde 2018 yılında yapılmıştır. Fakat sonrasında araçlarla ilgili bildirimler 2019 ve 2020 yıllarında düşüşe geçmiştir.
- Çarpışma;
Yüksek hızlı tren işletmeciliği kapsamında çarpışma vakalarıyla ilgili yapılan bildirimlerin milyon tren.km cinsinden taşıma miktarına göre 2014 ve 2015 yıllarında pik yaptığı görülmektedir. 2014 Temmuz ayında Ankara-İstanbul (Pendik) YHT hattının açılması göz önünde bulundurulursa, demiryolu ağının genişlemesi ile çarpışma vakalarının arttığı görülmektedir.
- Deray;
Yüksek hızlı tren işletmeciliği esnasında bildirilen milyon tren.km cinsinden deray vakaları çarpışma vakalarına nazaran daha azdır. Fakat 2015 yılında deray vakalarının pik yaptığı görülmektedir.
- Doğa Olayları;
10 yıl içerisinde yapılan doğa olayları bildirimlerini milyon tren.km cinsinden karşılaştırdığımızda diğer bildirimlere göre oldukça azdır. TCDD doğa olaylarının izlenmesi için hatta meteoroloji sensörleri ile bir sistem kurulması üzerine çalışmalar yürütmektedir.
- Enerji Sistemi;
Yüksek hızlı tren işletmeciliği kapsamında demiryolu ağının genişlemesi ile milyon tren.km değerinin de artmasıyla enerji sistemlerinde meydana gelen hatalar ve arızalarda da artışlar meydana gelmiştir. Enerji sistemleri için en çok bildirim yapılan yıl ise Ankara-İstanbul YHT hattının açılmasının ardından 2015 yılı olmuştur.
- İhbar;
Demiryolu ağının genişlemesi ile sahadan ve araçlardan gelen ihbarların yıllar içerisinde arttığı görülmüştür. İhbarların en sık alındığı yıllar ise 2014 yılıdır. İhbarların yaşanabilecek kazaların önlenmesinde büyük bir rolü vardır. Fakat ihbarlar kapsamında yapılan bildirimler fark edilmez ise kaza öncüsü niteliği de

taşımaktadır. Bu çalışmada ihbara konu olan bildirimler en kötü senaryolar göz önünde bulundurularak kaza öncüsü olarak değerlendirilecektir.

- Operasyon;

Operasyon kapsamında yapılan bildirimlerin konusu daha çok işletmecilik sırasında alınan operasyonel kararlar doğrultusunda yaşanan gecikmelerdir. Dolayısı ile bu başlık çalışma kapsamında emniyet kritik olarak değerlendirilmeyecektir. Operasyon kapsamında yapılan bildirimler 2017 yılında pik yapmıştır, sonrasında ise bildirimlerin azaldığı ve iyileşme olduğu görülmektedir.

- Sinyalizasyon Sistemi-Anklaşman;

Sinyalizasyon sisteminin bileşeni olan anklaşman kapsamında yapılan bildirimler, yüksek hızlı tren işletmeciliği kapsamında demiryolu ağının genişlemesi ile artış göstermiştir. Anklaşman sistemleriyle ilgili en çok bildirimin 2015 yılında yapıldığı görülmektedir. Sonraki yıllarda ise bildirimlerin azaldığı bir eğilim görülmektedir. Anklaşman emniyet kritik olup, sistem bazında bildirilen ve kaza öncüsü niteliği barındıran bildirimler bu çalışmada değerlendirilecektir.

- Sinyalizasyon Sistemi-ATS;

Sinyalizasyon sisteminin bileşeni olan ATS, tamamen emniyetli bir yapıya sahip olmaması sebebiyle yüksek hızlı tren işletmeciliğinde yoğun bir şekilde kullanılmamaktadır. Yüksek hızlı tren hatlarında ATS sistemi yoğun bir şekilde kullanılmamaktadır. Dolayısı ile meydana gelen bildirimler diğer bildirimlere göre çok azdır.

- Sinyalizasyon Sistemi-ERTMS;

Sinyalizasyon sisteminin bileşeni olan ERTMS kapsamında yapılan bildirimler, yüksek hızlı tren işletmeciliği kapsamında demiryolu ağının genişlemesi ile artış göstermiştir. ERTMS sistemi ile ilgili en fazla bildirimin 2009, 2019 ve 2020 yıllarında yapıldığı görülmektedir. ERTMS sistemi emniyet kritik olup, yokluğu trenlerin trafiğinin emniyetli bir şekilde sağlanması durumunu riske atacağından, sistem bazında bildirilen ve kaza öncüsü niteliği barındıran bildirimler bu çalışmada değerlendirilecektir.

- Sinyalizasyon Sistemi-Saha Ekipmanları;

Sinyalizasyon sisteminin bileşeni olan saha ekipmanlarının hasar görmesi emniyetli işletmecilik kapsamında risk barındırmaktadır. Saha ekipmanlarının zarar görmesi (örneğin makaslardaki hasarlar), kaza öncüsü niteliği taşımaktadır. Milyon tren.km cinsinden meydana gelen saha ekipmanlarının zarar görmesi ile alakalı bildirimlerin fazla olmadığı görülmüştür.

- Şahıs Kazaları;

Şahıs kazaları başlığı altındaki bildirimler raslantısal olup, 2009 yılı hariç her sene meydana gelmiştir. Hareketli demiryolu aracı sebebi ile kişilerin maruz kaldığı şahıs kazaları 2012 yılında pik yapmıştır.

- Vandalizm;

Vandalizm başlığı altındaki bildirimler sistematik olmayıp, dış etkenlere ve kişilere bağlı olmakla beraber rastgele meydana gelmektedir. Sabotaj ve vandalizm kapsamında en çok bildirimin 2015 yılında geldiği görülmektedir.

- Yangın;

Yangınlar ve yangınlar kapsamında yapılan bildirimler ve ihbarlar demiryollarında tehlikeli olarak değerlendirilmektedir. Yangın başlığı altında en çok bildirim ise 2015 yılında yapılmıştır. Yangınlarda rastgele olabileceği gibi bakım eksiklikleri sebebi ile de meydana gelebilmektedir.

- Yol;

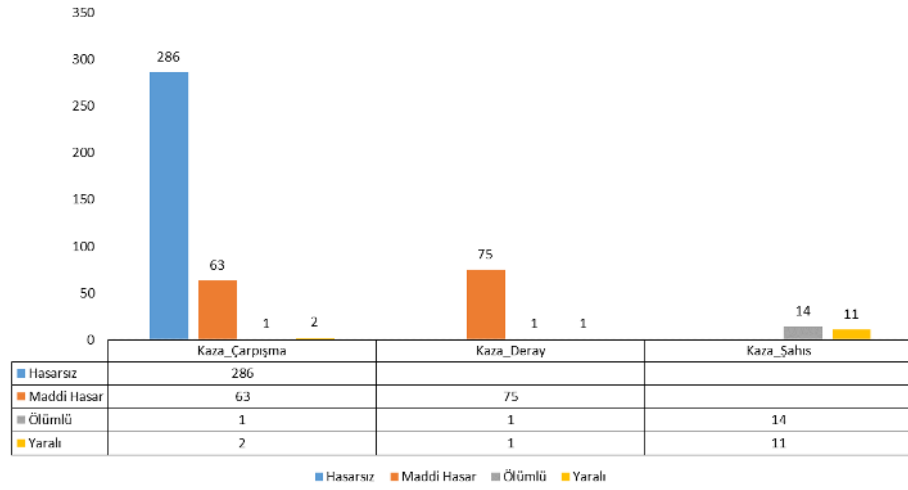
Altyapı ve üstyapı kapsamında meydana gelen emniyet açısından oldukça riskli olan yol bozuklukları hakkında yapılan bildirimlerde yıllar boyunca artış göstermiştir. Yol kapsamında yapılan bildirimler 2020 yılında pik yapmıştır. Bu kapsamda kaza öncüsü niteliğindeki birçok bildirim çalışmada değerlendirilecektir.

6.10. Kazaların Hasarsız, Maddi Hasarlı, Yaralı ve Ölümlü Olarak Detaylandırılması

Kaza piramidi ile karşılaştırma yapılabilmesi için kazalar aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır.

- Hasarsız; kişilerin ve demiryolu varlıklarının hasar almadığı kazalardır.
- Maddi hasarlı; demiryolu araçlarının, alt yapının, üst yapının, katener sistemlerinin veya sinyalizasyon sistemlerin zarar gördüğü kazalardır.
- Yaralanmalı; kişilerin kazadan yaralı olarak kurtulması durumudur.

- Ölümlü; kişiler için kazaların can kaybı ile sonuçlanması durumudur.



Şekil 6.5. Kazaların hasar ve kayıp bazında sınıflandırılması

Şekil 6.5'te kazaların hasar ve kayıplar bazında sınıflandırılması ile frekansları görülmektedir. Ölüm ve yaralanma ile sonuçlanan kazaların yoğunluğunun az olduğu görülmektedir. Emniyet çerçevesinde her zaman hedef kazaların ölümle sonuçlanmasını önlemler olarak engellemektir.

Tablo 6.17'de kaza olaylarının hasar ve kayıplar bazında detaylandırılmış hali verilmektedir.

Tablo 6.17. Kazalar ve hasar-kayıp tablosu

Kaza	Hasarsız	Maddi Hasar	Yaralanmalı	Ölümlü
Gabaride Bulunan Bir Engel ile Çarpışma	21	11		
Karambol		1		
Tren-Karayolu Aracı Çarpışması		4		
Tren-İş Otopu Çarpışması		1		
Tren-Trene Çarpışma	1		1	1
Kaçan Vagon Çarpışması		1		
Gabaride Bulunan Bir Engel ile Çarpışma	264	45		1
Aracın Raydan Çıkması		30	1	1
Yük Treninin Raydan Çıkması		1		
Ters Makastan Çıkma		42		
Makas Tanzimi Yapılamaması		2		
Hareketli demiryolu aracı nedeniyle kişilerin maruz kaldığı kaza			12	8
Platformdan Yolcu Düşmesi				2

Tablo 6.17. (Devam) Kazalar ve hasar-kayıp tablosu

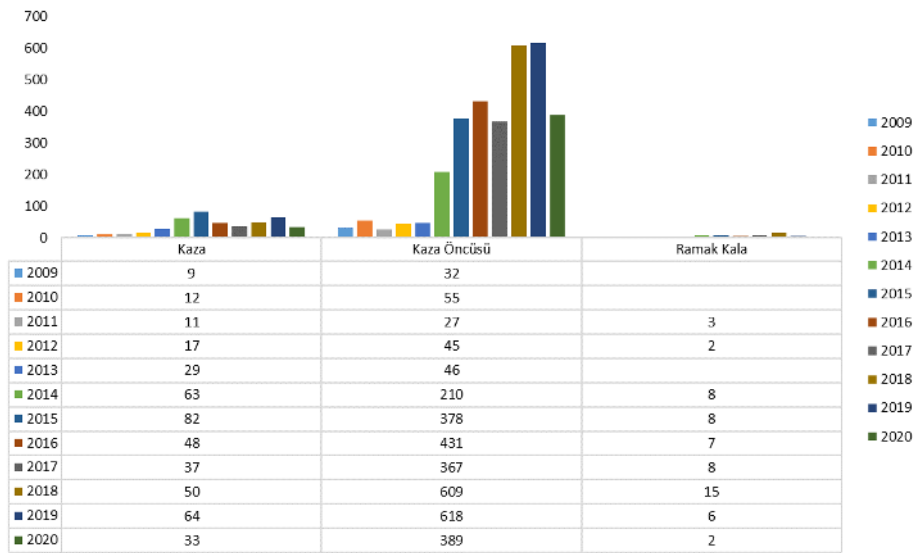
Kaza	Hasarsız	Maddi Hasar	Yaralanmalı	Ölümlü
Şahısın Katener Enerjisine Kapılması			1	
Vatandaşın Katenere Kapılması			1	
Yolcunun Ayağının Araç ile Peron Arasına Sıkışması				1

6.11. Kaza Öncülerinin, Ramak Kala Olayların ve Kazaların Frekans Analizlerinin Yapılması

Başlık 6.9’da 2009-2020 yılları arasındaki her yıl için bildirim miktarı ile milyon tren.km cinsinden taşıma miktarı oranlanarak frekans analizi yapılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde; 2009-2020 yılları arasındaki her yıl için kaza öncülerin, ramak kala olayların ve kazaların miktarı ile milyon tren.km cinsinden taşıma miktarı oranlanmıştır.

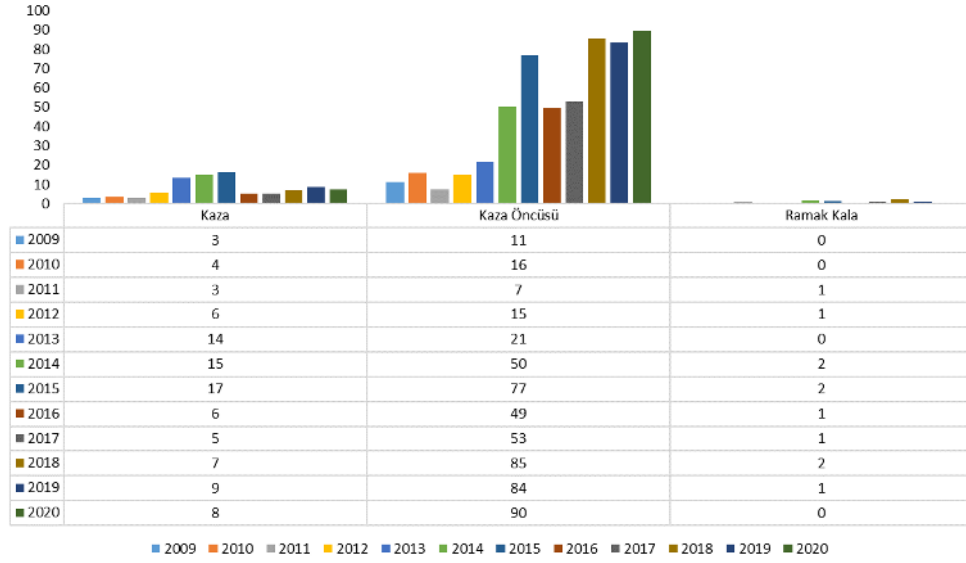
6.11.1. Kazaların, ramak kala olayların ve kaza öncülerinin yıllara göre dağılımı

Şekil 6.6’daki veriler, iş kazaları, kazalar, kaza öncüleri ve ramak kala durumlarının yıllara göre dağılımını göstermektedir.



Şekil 6.6. Kazaların, ramak kala olayların ve kaza öncülerinin dağılımı

Türkiye’de 2009-2020 yılları arasındaki milyon tren.km başına kaza öncülerinin, ramak kala olayların ve kazaların değişimi Şekil 4.7’de görülmektedir.



Şekil 6.7. Kaza öncülerinin, ramak kala olayların ve kazaların değişimi

6.11.1.1. Kazalar

2015 yılında 82, 2016 yılında 48, 2017 yılında 37, 2018 yılında 50, 2019 yılında 64 ve 2020 yılında 33 kaza meydana gelmiştir. Milyon tren.km cinsinden ise; 2015 yılında 17, 2016 yılında 6, 2017 yılında 5, 2018 yılında 7, 2019 yılında 9 ve 2020 yılında 8 kaza meydana gelmiştir. 2015 yılı milyon tren.km başına en yüksek kaza sayısına sahip yıl olmuştur.

6.11.1.2. Kaza öncüsü

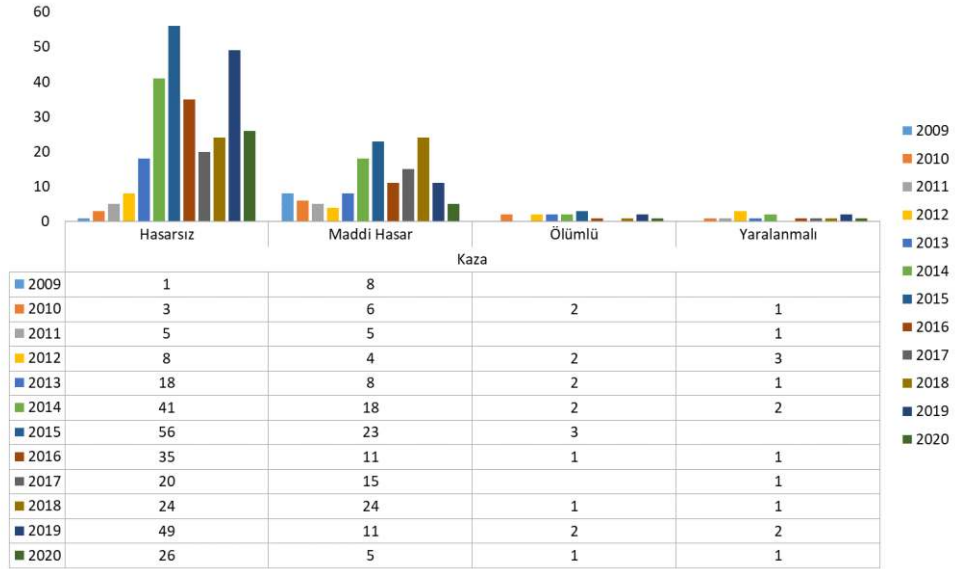
2014 yılından itibaren kaza öncüsü olaylarda belirgin bir artış görülmektedir. 2014 yılında 210, 2015 yılında 378, 2016 yılında 431, 2017 yılında 367, 2018 yılında 609, 2019 yılında 618 ve 2020 yılında 389 kaza öncüsü olay rapor edilmiştir. Milyon tren.km cinsinden ise; 2014 yılında 50, 2015 yılında 77, 2016 yılında 49, 2017 yılında 53, 2018 yılında 85, 2019 yılında 84 ve 2020 yılında 90 kaza öncüsü bildirilmiştir. 2020 yılı milyon tren.km başına en yüksek kaza öncüsü bildirilen yıl olmuştur. Kaza öncüsü sayılarının 2014 yılı ve sonrasında artış gösterme eğilimine girdiği görülmektedir. Artışların 2014 yılı ve sonrasında görülmesinin, emniyet yönetim sistemi yönetmeliğinin demiryollarında 2015 yılı içinde yürürlüğe girmesiyle ve emniyet kültürünün kuruma kazandırılmasıyla ilgili olduğu değerlendirilmiştir. Emniyet yönetim sistemi geri bildirimi önemli kıldığından, yürürlüğe giren yönetmelik sonrasında kayıtların tutulması ve verilerin detaylı toplanması bu durumu açıklamaktadır.

6.11.1.3. Ramak kala

2014 yılı ve sonrasında ramak kala olaylarının sayısında belirgin bir artış görülmektedir. Bu durum, ciddi kazaların öncesinde tehlikeli durumların yaşandığını ve bunların raporlandığını göstermektedir. Ramak kalalar demiryolu çalışanlarının farkındalıkları sayesinde kıl payı önlenmiş kazalardır. 2018 yılında ise 15 olay ile ramak kala olayların en çok meydana geldiği yıldır.

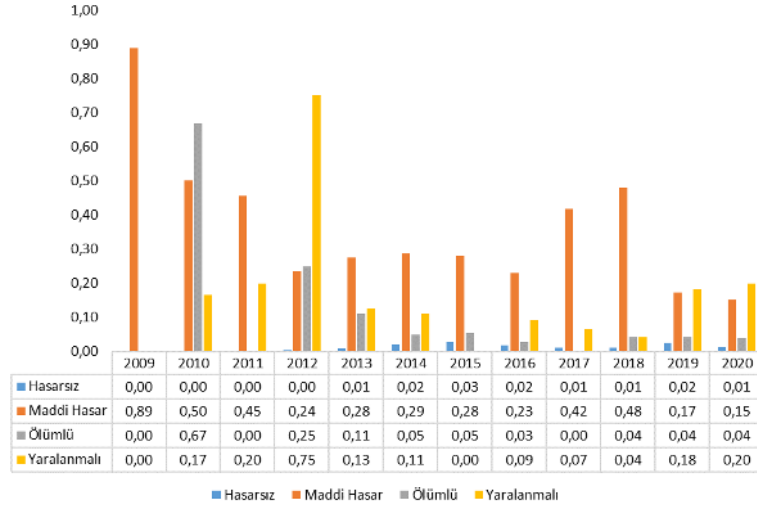
6.11.2. Kazaların yıllara göre hasar ve kayıp dağılımı

Şekil 6.8’de kazaların hasar ve kayıp bazında yıllara göre dağılımı görülmektedir.



Şekil 6.8. Kazaların hasar ve kayıp bazında yıllara göre dağılımı

Türkiye’de 2009-2020 yılları arasındaki milyon tren.km başına hasar ve kayıp bazında kazaların değişimi Şekil 6.9’da görülmektedir.



Şekil 6.9. Milyon tren.km başına hasar ve kayıp bazında kazaların değişimi

6.11.2.1. Kazalar

Hasarsız Kazalar: Yıllar bazında en fazla hasarsız kaza (56) 2015 yılında meydana gelmiştir. Milyon tren.km başına hasarsız kaza bildiriminin en çok yapıldığı yıl 0,03 oranı ile 2015 yılıdır. Diğer yıllar ile kıyaslandığında bu durum, demiryolu ağlarının genişletildiği senelere denk gelmektedir. Hasarsız kaza sayısının yüksek olması, yeni açılan hatlarda çevresel adaptasyonun ve ilgili bölgelerdeki personeller için emniyet kültürünün zamanla oturduğunu, fakat bu durumun ciddi sonuçlara yol açmadığı görülmektedir. Hasarsız kazaların büyük çoğunluğunu rastgele meydana gelen bildirimler oluşturmaktadır.

Maddi Hasarlı Kazalar: Yıllar bazında en fazla maddi hasarlı kaza (23) 2015 yılında meydana gelmiştir. Milyon tren.km başına maddi hasarlar değerlendirilir ise en fazla maddi hasarlı kaza 0,48 oranı ile 2018 yılında meydana gelmiştir. Deray ve çarpışma kazalarının yoğunlukta olduğu maddi hasarlı kazaların sayısının demiryolu ağının genişlemesine bağlı olarak artış gösterdiği görülmektedir. Kazalar, ölüm ve yaralanma ile sonuçlanmamış olup, maddi hasar ile sonuçlanmıştır.

Ölümlü Kazalar: 2010,2012, 2013 ve 2014 yıllarında 2 ölümlü kaza görülmüştür. 2015 yılında 3 ölümlü kaza görülmüştür. Birçok öncünün birleşip ölümlü kazalara sebep olma ihtimali olduğu gibi emniyet kritik bir noktada yapılan tek bir hata veya öncü de ölümlü kazalara sebep olabilmektedir. Kaza analizleri ve raporları emniyet yönetim

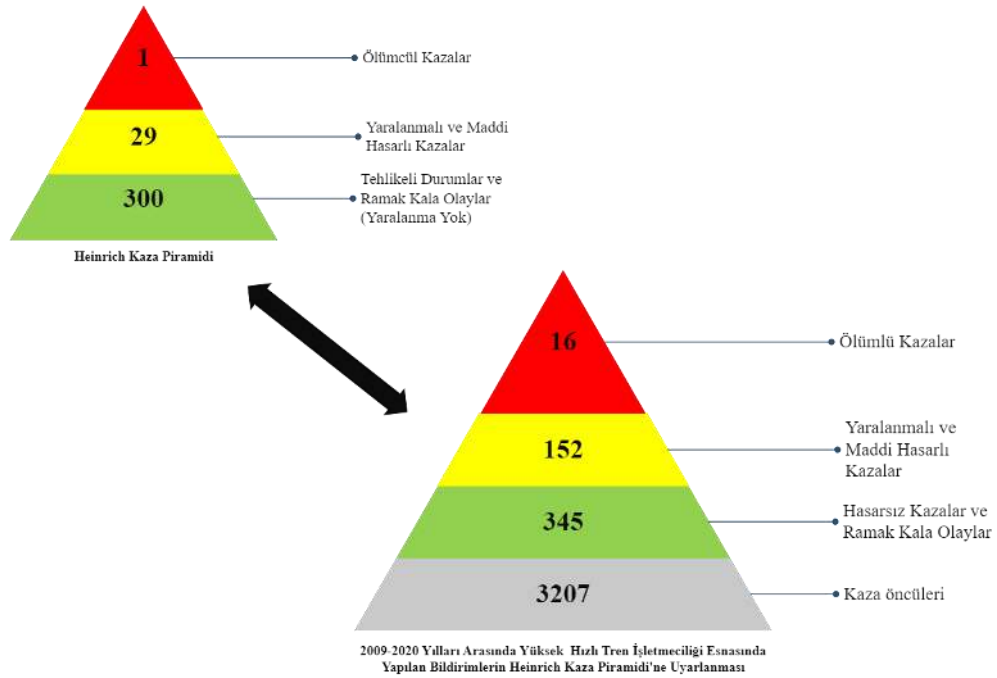
sistemine geri bildirim sağlayarak, gelecek için gerekli önlemlerin alınmasına zemin oluşturmaktadır.

Yaralanmalı Kazalar: Genellikle her yıl 1-3 arasında yaralanma vakası yaşanmıştır. 2012 yılında 3 yaralanma vakası meydana gelmiştir. Yaralanmalı kazaların ölümle sonuçlanma tehlikesi vardır. Yaralanmalı kazaların potansiyel ölümlü kazalar da olabileceği değerlendirilmektedir.

6.12. 10 Yıllık Verilerin Heinrich Kaza Piramidi ile Karşılaştırılması

4.3.4 Kaza Piramidi Teorisi başlığında da belirtildiği üzere; Heinrich'in kaza piramidi, iş güvenliği konusunda klasik bir modeldir ve kazaların sıklığı ile ciddiyeti arasında bir ilişki olduğunu gösterir. Heinrich'in orijinal piramidine göre, her 300 ramak kala olay (tehlikeli durum), 29 küçük kaza (yaralanma) ve 1 büyük kaza (ölümcül kaza) ile sonuçlanır. Bu model, iş yerlerinde daha küçük olayları ve tehlikeli durumları azaltmanın, ciddi kazaların önlenmesine yardımcı olacağını öne sürer.

Şekil 6.10'da 2009-2020 yılları arasında yüksek hızlı tren işletmeciliği esnasında yapılan bildirimlerdeki kaza öncüler, ramak kala olaylar ve kazalar; hasar, yaralanma, ölümcül sonuçlarıyla beraber Heinrich kaza piramidine uyarlanmıştır.



Şekil 6.10. Bildirimlerin Heinrich kaza piramidine uyarlanması

Kaza Öncüleri (3207 olay): 10 yıllık bildirimler içerisinde 3207 adet olay kaza öncüsü niteliği taşımaktadır. Heinrich kaza piramidine uyarlanan piramitte bu taban emniyet önlemlerinin iyileştirilmesi gereken en geniş alandır. Kaza öncüleri, kazaların ve ramak kala olayların yaşanmadan önlenmesini sağlayabilecek nitelikte bilgi içermektedir.

Hasarsız Kazalar ve Ramak Kala Olaylar (345 olay): 10 yıllık bildirimler içerisinde meydana gelen hasarsız kazaların ve ramak kala olayların sayısı 345'tir. Bu seviye, kazanın neredeyse gerçekleştiği ancak herhangi bir hasar veya yaralanmanın olmadığı durumlardır. Yaralanmaları ve maddi hasarlar olmasa dahi ramak kala olayların ve hasarsız kazaların yaşanması ciddi kazalarında yaşanma riskinin artmakta olduğunu gösterir.

Yaralanmalı ve Maddi Hasarlı Kazalar (152 olay): 10 yıl içerisinde yaralanma ve maddi hasar ile sonuçlanan 152 kaza yaşanmıştır. Bu tür kazalar, daha ciddi kazaların öncüsü olma niteliği taşır.

Ölümlü Kazalar (16 olay): Piramidin en üst seviyesi, 10 yıl içerisinde ölümle sonuçlanan 16 kazayı içerir. Bu tür kazaların önlenmesi için kapsamlı emniyet stratejileri ve sürekli iyileştirme süreçleri gereklidir. Heinrich piramidinin önerdiği gibi, alttaki seviyelerdeki kazaların ve olayların yönetimi, bu tür ciddi kazaların önlenmesine yardımcı olacaktır.

Uyarlanan piramitte görüldüğü gibi 10 yıllık verilerin analizi sonucunda yüksek hızlı tren işletmeciliğinde her 3207 kaza öncüsü, 345 ramak kala olay (tehlikeli durum) ve hasarsız kaza, 152 küçük kaza (yaralanma) ve 16 büyük kaza (ölümcül kaza) ile sonuçlanmıştır.

Bu piramit, emniyet yönetim sistemlerinde öncelik verilmesi gereken alanları belirlemeye yardımcı olur. Heinrich kaza piramidinden farklı olarak çalışmada uyarlanan piramidin tabanına kaza öncüleri de eklenmiştir. Taban genişledikçe, üst seviyelerdeki ciddi kazaların önlenmesi için daha fazla fırsat ortaya çıkar.

7. SONUÇ

Bu çalışma yüksek hızlı tren hattı işletmeciliği esnasında yapılan 10 yıllık bildirimlerin emniyet yönetim sistemlerine, kaza inceleme ve araştırma çalışmalarına katkı sağlayacak şekilde girdiler ortaya çıkarabilmek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada bildirimlerden oluşan veri setinin düzenlenmesi, sınıflandırma yöntemleri ve analizlerle emniyet çerçevesinde yorumlanması detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Heinrich kaza piramidi ile karşılaştırma yapılarak da 10 yıl sürecinde meydana gelen kazaların, ramak kala olayların ve kaza öncülerinin hasar ve durum tespitleri ile bir değerlendirme yapılmıştır.

Bildirimler göstermektedir ki yüksek hızlı tren hatlarının ilk devreye alındığı seneler sonrasında yapılan kaza öncüsü bildirimleri artmıştır.

2015 yılı ve sonrasında bildirilen kazalarda artış olduğu görülmektedir. 2015 yılı milyon tren.km başına en yüksek kaza sayısına sahip yıl olmuştur.

2020 yılı milyon tren.km başına en yüksek kaza öncüsü bildirilen yıl olmuştur. Kaza öncüsü sayılarının 2014 yılı ve sonrasında artış gösterme eğilimine girdiği görülmektedir. Artışların 2014 yılı ve sonrasında görülmesinin, emniyet yönetim sistemi yönetmeliğinin demiryollarında 2015 yılı içinde yürürlüğe girmesiyle ve emniyet kültürünün kuruma kazandırılmasıyla ilgili olduğu değerlendirilmiştir. Emniyet yönetim sistemi geri bildirimi önemli kıldığından, yürürlüğe giren yönetmelik sonrasında kayıtların tutulması ve verilerin detaylı toplanması bu durumu açıklamaktadır.

2014 yılı ve sonraki yıllarda ramak kala olaylarının artışı pozitif bir bakış açısı ile değerlendirilir ise kuruma emniyet kültürünün kazandırıldığı ve çalışanların farkındalıklarının bu doğrultuda arttığı görülmektedir.

Deraylar genellikle ters makastan çıkma sebebiyle meydana geldiklerinden, makasların ve makas motorlarının zarar görmesiyle kısacası maddi hasarla sonuçlanmaktadır.

Ölümlü kazaların demiryollarında meydana gelme oranı her zaman diğer ulaşım sistemlerine göre daha düşüktür. 2009-2020 yılları arasında 10 yıllık süreçte 16 ölümlü kaza bildirilmiştir.

Heinrich kaza piramidi karşılaştırmasında 10 yıllık verilerin analizi sonucunda yüksek hızlı tren işletmeciliğinde her 3207 kaza öncüsü, 345 ramak kala olay (tehlikeli durum) ve hasarsız kaza, 152 küçük kaza (yaralanma) ve 16 büyük kaza (ölümcül kaza) ile sonuçlanmıştır. Heinrich kaza piramidinden farklı olarak çalışmada uyarlanan piramidin tabanına kaza öncüleri de eklenmiştir. Tabandan başlayarak bildirilen her kaza öncüsü, her hasarsız ve maddi hasarlı kaza kapsamında önlemler almak en tepe de ölümcül kazaların yaşanması riskini ciddi oranda düşürecektir.

Heinrich kaza piramidi karşılaştırmasında 10 yıllık verilerin analizi sonucunda yüksek hızlı tren işletmeciliğinde 16 ölümlü kaza meydana gelmiştir. Heinrich kaza piramidindeki oran göz önünde bulundurulursa; yaralanmalı kazaların piramide göre 480, hasarsız kazaların ise 4800 olması gerekirken, mevcut durumda yaralanmalı kazaların 152 ve hasarsız kazaların 345 olduğu görülmektedir. Gerçek veriler ile piramit verileri karşılaştırıldığında yeteri kadar verinin tutulmamış olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada yüksek hızlı tren işletmeciliği esnasında yapılan bildirimlerden oluşan veri seti kullanılarak; kaza öncülerinin tepe tehlikeler ile bağlantısı kurularak tehlike kütüğü çalışmaları desteklenebilir. Sıklık analizleri daha detaylı çalışılarak risk analizlerinde kullanılması değerlendirilebilir. Bildirimler tren numaralarını, set numaralarını ve gecikme dakikalarını da içermektedir. Bu çalışmanın konusu olmadığı için bu bilgiler kullanılmamıştır. Fakat bildirimler tren ve setler dikkate alınarak araçların hata/arıza analizleri yapılabilir, araç yüklenicilerinin taahhüt etmiş oldukları MTBF değerlerini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilebilir. Gecikmeler detaylı incelenerek tüm işletmenin güvenilirlik ve kullanıma hazır olma analizleri yapılabilir. Fakat bunun için verilerde hatalara müdahale edilme süreleri, saat detaylarının doğruluğu gibi hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKÇA

- Akbayır, Ö. (2016). Dünya’da ve Türkiye’de demirolu kazaları nedeniyle meydana gelen ölüm oranlarının karşılaştırılması. *Demiryolu Mühendisliği*(5), 45-52.
- Arnaldo Valdés, R., Liang Cheng, S., Gómez Comendador, V., & Sáez Nieto, F. (2019). Detection of Common Causes between Air Traffic Serious and Major Incidents in Applying the Convolution Operator to Heinrich Pyramid Theory. *Entropy*, 21(12), 1166. doi:10.3390/e21121166
- Bakırcı, Ç. M. (2021, 09 15). *İsviçre Peynir Modeli Nedir? COVID-19 Pandemisi Hakkında Bize Neler Öğretebilir?* Evrim Ağacı Sitesi: <https://evrimagaci.org/isvire-peynir-modeli-nedir-covid19-pandemisi-hakkinda-bize-neler-ogretebilir-10987> adresinden alındı
- Bird, F. E. (1966). *Damage control*. Philadelphia: Insurance Company of North America.
- Bird, F. E. (1976). *Loss Control Management*. USA: Institute Press .
- Demiryolu Emniyet Yönetmeliği. (2015, 11 19). 29537. Resmi Gazete.
- Demiryolu Kazalarını ve Olaylarını Araştırma ve İnceleme Yönetmeliği . (2015, 07 16). 29418. Resmi Gazete.
- Dianous, V., & Fievez, C. (2006). ARAMIS project: A more explicit demonstration of risk control through the use of bow-tie diagrams and the evaluation of safety barrier performance. *Journal of Hazardous Materials*, s. 220–233.
- Directive (EU) 2016/798 on railway safety. (2016, Mayıs 11). European Union: THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL.
- El-Miloudi, E.-K. a.-L. (2016). Railway Accident Prevention and Infrastructure Protection . *Journal of Civil Engineering and Architecture* 10, s. 96-107.
- EN 50126. (2017). *Railway Applications - The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)*.
- EN 50129. (2018). *Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Safetyrelated electronic systems for signalling*.
- Fidan, M., & Akbayır, Ö. (2023). Hızlı tren işletmeciliği hata bildirimlerinin kelime bulutu analizi ile gruplanması. *RAYLI SİSTEMLER KONGRE VE SERGİSİ* (s. 49-53). Eskişehir: Elektrik Mühendisleri Odası, İnşaat Mühendisleri Odası, Makina Mühendisleri Odası, TMMOB.

- Fu G., X. X. (2020). The development history of accident causation models in the past 100 years: 24Model, a more modern accident causation model. *Process Safety and Environmental Protection*, s. 47-82.
- Ge, J., Zhang, Y., Xu, K., Li, J., Yao, X., Wu, C., . . . Xu, Q. (2022). A new accident causation theory based on systems thinking and its systemic accident analysis method of work systems . *Process Safety and Environmental Protection* , s. 644-660.
- Georger, O. (2016, 01 29). UIC SAFETY DATABASE. 06 18, 2024 tarihinde https://safetydb.uic.org/IMG/pdf/Definitions_Europe_EN_2016.pdf adresinden alındı
- Golovina, O., Perschewski, M., Teizer, J., & König, M. (2019). Algorithm for quantitative analysis of close call events and personalized feedback in construction safety. *Automation in Construction Volume 99*, s. 206–222.
- GOV.UK. (2023). <https://www.gov.uk/guidance/railway-safety-legislation-stakeholder-guidance> adresinden alındı
- Health and Safety Executive. (1999). Glossary of HSE terms. Health and Safety Executive.
- Heinrich, H. (1931). *Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach*. New York, NY, USA: McGraw-Hill.
- Heinrich, H., Roos, N., & Petersen, D. (1980). *Industrial Accident Prevention: A Safety Management Approach*. New York, NY, USA: McGraw-Hill.
- Hessami, A. G. (2015). A Systems View of Railway Safety and Security. *Railway Research - Selected Topics on Development, Safety and Technology* (s. 33-79). içinde INTECH.
- Hosseinian, S. S., & Torghabeh, Z. J. (2012). Major theories of construction accident causation models: a literature review. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, s. 53-66.
- IEC 60050-192:2015, 192-03-02. (tarih yok). *International Electrotechnical Vocabulary* –. IEC.
- IEC 60050-821: FDIS2016, 821-12-02. (tarih yok). *International electrotechnical vocabulary - Part 821: Signalling and security apparatus for railways*. IEC.
- IEC 60050-903:2013. (2013). *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) - Part 903: Risk assessment*. IEC.

- Jacinto, C., & Silva, C. (2010). A semi-quantitative assessment of occupational risks using bow-tie representation. *Safety Science*, s. 973-979.
- Karabacak, S. A. (2014). Demiryolu emniyet yönetim sisteminde izleme ve analiz yönteminin uygulanması.
- Kollár, V. (2013). Manažment kvality. . *Trenčín: Inštitút aplikovanej manažment*, ISBN 978-80-89600-11-3.
- Kyriakidis, M. v. (2012). Metro railway safety: An analysis of accident precursors. *Elsevier Ltd. Safety Science*.
- Lingard, H. a. (2005). Occupational Health and Safety in Construction Project Management. *Taylor & Francis*.
- Majumdar, A., Dupuy, M., Ochieng, W., & Nalder, P. (2006). Developing Safety Indicators for New Zealand Airspace: Analysis of Loss-of-Separation Incidents. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, s. 86–97.
- Marshall, P., Hirmas, A., & Singer, M. (2018). Heinrich's pyramid and occupational safety: A statistical validation. *Safety Science Volume 101*, s. 180-189.
- MIL STD 2155. (1985). *Failure Reporting, Analysis and Corrective Action System*. Washington D.D: Department of Defense.
- National Safety Council. (2024). *Glossary*. Injury Facts Web Sitesi:
- Prem, K., Ng, D., & Mannan, M. (2010). Harnessing database resources for understanding the profile of chemical process industry incidents. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, s. 549–560.
- Rail Sistem. (2016, 03 03). [59](https://www.railsistem.com/blog/2016/03/03/emniyet-yonetim-sistemi-nedir/ adresinden alındı</p>
</div>
<div data-bbox=)

- Railtrack. (2007). *Engineering Safety Management The Yellow Book*. London: Rail Safety and Standards Board.
- Rao, A. a. (1995). Safety Standards for High-Speed Rail Transportation. *Transportation Research Record*, s. 35-42.
- Reason, J. (1990). *Human Error, 20th ed.* Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Reason, J. (1990, 04 12). The Contribution of Latent Human Failures to the Breakdown of Complex Systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, s. 475–84. doi:10.1098/rstb.1990.0090
- Reason, J., Hollnagel, E., & Paries, J. (2006). *Revisiting the « Swiss Cheese » Model of Accidents*. BRUXELLES: EUROCONTROL EXPERIMENTAL CENTRE.
- Ridley, J. a. (2012). *Safety at Work. Seventh Edition. Butterworth-Heinemann*, .
- Saleh J. H., S. E. (2013). Accident precursors, near misses, and warning signs: Critical review and formal definitions within the framework of Discrete Event Systems. *Reliability Engineering and System Safety*, s. 148-154.
- Skiba, R. (1985). *Taschenbuch Arbeitssicherheit*. Bielefeld : Erich Schmid Verlag.
- Stranks, W. J. (2012). *Health and Safety at Work: Key Terms. Butterworth-Heinemann, Elsevier*.
- Summaries of EU Legislation*. (2023, 12 22). EUR-Lex: <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/eu-wide-railway-safety.html>
adresinden alındı
- Taylor, G. E. (2004). *Enhancing Occupational Safety and Health. Elsevier* .
- TCDD. (2016, 12 14). Kaza Araştırma İnceleme ve Raporlama Yönergesi.
- TCDD. (2016). Kaza Araştırma, İnceleme Ve Raporlama Yönergesi.
- TCDD Taşımacılık A.Ş. (2020). Kaza inceleme yönergesi.
- U. C. Ehlers, E. O. (2017, Şubat). Assessing the safety effects of cooperative intelligent transport systems: A bowtie analysis approach. *Accident Analysis & Prevention*, s. 125-141.
- United Nations, European Union and the International Transport Forum at the OECD. (2019). Glossary for transport statistics. *International Transport Forum*.

- Walker, G. (2017). Redefining the incidents to learn from: Safety science insights acquired on the journey from black boxes to Flight Data Monitoring. *Safety Science*, s. 14–22.
- Wang, J. (2017). *Safety Theory and Control Technology of High-Speed Train Operation*. Academic Press.
- Wikiwand. (2024). *Swiss cheese model*. Wikiwand Sitesi: https://www.wikiwand.com/en/Swiss_cheese_model adresinden alındı
- Wright, L. B. (2002). The analysis of UK railway accidents and incidents: a comparison of their causal patterns. *Submitted in fulfillment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy*. United Kingdom : University of Strathclyde .
- X., N. (2009). Research and Application of Risk Assessment Technology to Railway Signal System. Chengdu: Southwest Jiaotong University;.
- Yürekli, A. (2019). Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu. *Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, 1-12.
- Zuijderduijn, C. (1999). Risk management at Shell Pernis refinery/chemicals—implementation of SEVESO-II based on build up experiences, using a hazards and effects management process. *Proceedings of the Seveso 2000 European Conference*. Athens, Greece, .

EKLER

EK-1. Üst sistem ve üst olay başlıkları altında bildirimlerin sınıflandırılması

Üst Sistem, Üst Olay ve Çevre	Alt Sınıflandırma
Araç	Aks Arızası Aks Bloke Arızası Ana Depo Arızası Apleti Araç/Set Arızası Araçtan Sarkan Parçalar Araçtan Ses Gelmesi Aşırı Akım Koruma Modu ATMS Arızası Bakım Aracı Arıza BCU Arızası Boden Aşınması Boji Arızası Boji Hava Yastığı Patlaması Boji İzleme Hatası Boji Sıcaklık İhbarı Bojide Aşırı Titreme Cam Kırılması Cer Motoru Arızası CVS İnvertör Arızası Dingil Sıcaklık İhbarı Dingil Yanması Dişli Kutusu Aşırı Isınma Dişli Kutusu Dumanlanması Fren Arızası Fren Havası Üretememe Hız Denetim Arızası Hız Göstergesi Arızası Hız Sensörü Arızası İmdat Kolu Çekilmesi İvmelenme Arızası Kapı Arızası Katener Kusuru Sebebi ile Arıza Kılavuz Makine Arızası Klima Arızası Kompresör Arızası Kondüvit Hattı Arızası Kontrol Valfi Arızası Konvektör Arızası Konvertör Arızası Kumlama Butonu Takılı Kalması Pantograf Düşmesi/Arızalanması Pantograf Kırılması Pantograf Patlama Projektör Arızası Projektör Camı Düşmesi SCAS Arızası Set Altında Buzlanma

EK-1. (Devam) Üst sistem ve üst olay başlıkları altında bildirimlerin sınıflandırılması

Üst Sistem, Üst Olay ve Çevre	Alt Sınıflandırma
	Set DJ Tutmaması/Arızası Setin Soğuk Olması Sıcaklık Sensör Arızası Süspansiyon Arıza İhbarı Şaft Çözme Arızası Tekerlek Kilitleme Arızası Tekerlek Sıcak İhbarı Telefon Arızası Totman Arızası Trafo Arızası Tünel Geçişleri Aşırı Basınç Vagon Aks Kilitleme Vagon Arası Köruklerin Açık Olması Vagon Arızası Vagonun Amortisörünün Patlaması Veri Yolu Vagon İletişim Sisteminde Arıza Yağ Harareti Yatak Sıcaklığı İhbarı
Çarpışma	Gabaride Bulunan Bir Engel ile Çarpışma Hareketli demiryolu aracı nedeniyle kişilerin maruz kaldığı kaza Kaçan Vagon Çarpışması Karambol Tren-Karayolu Aracı Çarpışması Tren-Trene Çarpışma
Deray	Aracın Raydan Çıkması Makas Tanzimi Yapılamaması Ters Makastan Çıkma Yük Treninin Raydan Çıkması
Doğa Olayları	Aşırı Yağış Buz Sarkması/Buzlanma Doğalgaz Borusu Patlaması Fırtına Gaz Kaçağı Kar Yağışı Kar Yağışı Nedeniyle Makasın Tanzim Edilememesi Katener Direğinin Altının Su Sebebi ile Oyulması Kırağı Kötü Hava Şartları Protesto/Grev/Miting Rüzgâr/Kum Fırtınası Sel ve Teressubat Yıldırım Düşmesi Yoğun Sis
Enerji Sistemi	Akım Trafosunda Patlama Bloke Arızası Faz Çalışması Gerilim Düşmesi Gerilim Trafosunun Patlaması Katener Açma Kapama Katener Arızası

EK-1. (Devam) Üst sistem ve üst olay başlıkları altında bildirimlerin sınıflandırılması

Üst Sistem, Üst Olay ve Çevre	Alt Sınıflandırma
	Katener Enerjisi Kesintisi Katener Sisteminde Ark Katener Teli Sarkması/Kopması Katener Voltajı Düşmesi/ Dalgalanması Katenerin Yabancı Cisim Kaynaklı Zarar Görmesi
Operasyon	Yük Treni Alma Sebepli Bekleme
Sinyalizasyon Sistemi- Anklaşman	Anklaşmanın Devre Dışı Kalması Arayüz Bölgesi Arızası EC (ElementController) Düşmesi/Arızası Haberleşme Arızası Hattın İmha olması IM Kartı Arızası /Değişimi İkincil Emniyet Sistemi Tarafından Trenin Durdurulması Kaçan Tren Algılanması Kart Arızası Kumanda Merkezi Düzenleme Yapılamaması Lokal Masa Arızası Makas Arızası Makas Mutabakat Kaybı/Arızası Meşguliyetin Kaybolması ve Sinyalin Yeşil/Sarı Yanması OM Arızası OS Arızası Ray Devresi Meşguliyeti Redresör Arızası Rotanın Kalkmaması Server Arızası Sinyal Açılmaması Sinyal Arızası Sinyal Renk Bildirim Arızası Sinyal Stabilizatörünün Arızalanması Sinyalin Açılmaması Sinyalin Kırmızıya Dönmesi Sistem Arızası Veri Yok Arızası
Sinyalizasyon Sistemi- Ats	ATS Arızası ATS Treni Durdurma
Sinyalizasyon Sistemi- ERTMS	Araçüstü Bilgisayar Arızası ATP Arızası Baliz Grubu Yok İhbarı Baliz Tutması Baliz Uyumsuz Bağlantı Çizgileri BTM Arızası
Sinyalizasyon Sistemi- ERTMS	Cer Aktif Edilememesi Çelişkili İşaretler DMI Arızası EB (Acil Fren) Arızası Ekрана Hareket Yetkisi Gelmemesi ERTMS Bakım Gerektiriyor Arızası ERTMS Fren Çözmemesi ERTMS Fren Yaptırması

EK-1. (Devam) Üst sistem ve üst olay başlıkları altında bildirimlerin sınıflandırılması

Üst Sistem, Üst Olay ve Çevre	Alt Sınıflandırma
	ERTMS Hatası Eurocabin Arızası Fren Eğrisi Varken ATS Aktif Arızası GSMR Arızası Hareket Yetkisi Sonu Uyarısı Hız Denetimi İhbarsız Tren Durdurma Infill Baliz Tutması Kurtarılamaz Hata LEU Arızası Mod Geçiş Yapılamaması NOLEU Arızası Odometre Arızası RBC Bağlantısı Kopması RBC Haberleşme Arızası RBC Hatası Sanal Blok Sınır Uyarısı Seviye Geçiş Balizi Okunması Sonrası Arıza Seviye Geçiş Yapılamaması Sinyal Baliz Grubu Hatası Sürüş İzni Sonu Hatası Veri Bağdaşımı Hatası
Sinyalizasyon Sistemi-Saha Ekipmanları	Baliz/Baliz Tablası Kırılması Enerji Kablosu Hasarı Fiberoptik Kablo Arızası Fiberoptik Kablo Kopması Katener Direğinin Zarar Görmesi LEU Birimlerinin Zarar Görmesi Makas Cebre ve Gergi Çubuğunda Kırılma Makasın ve Makas Motorunun Zarar Görmesi Ray Devresi Kablolarının Kopması Sinyal LED Arızası Sinyal Trafosu Arızası Sinyalin Zarar Görmesi Sinyalizasyon Kablolarının Kopması
Şahıs Kazaları	Aracın Taşlanması Ateş Yakılması Cam Kırılması Enerji Kablolarının Çalınması Fiberoptik Kablonun Çalınması GSM-R Kablolarının Çalınması İhata Hattının Sökülmesi Katener Teli Ağırlıklarının Çalınması Katener Teli Çalınması Patlama Protesto Sinyalizasyon Kablolarının Çalınması Şahıs Tarafından Trenin Durdurulması Topraklama Kablosu Çalınması Trafo Binası Akülerinin Çalınması

EK-1. (Devam) Üst sistem ve üst olay başlıkları altında bildirimlerin sınıflandırılması

Üst Sistem, Üst Olay ve Çevre	Alt Sınıflandırma
	Yola Balast Taşı Dizilmesi Yolcu Kaynaklı Gecikmeler
Şahıs Kazaları	Hareketli demiryolu aracı nedeniyle kişilerin maruz kaldığı kaza İntihar Platformdan Yolcu Düşmesi Şahısın Katener Enerjisine Kapılması Vatandaşın Katenere Kapılması
Yangın	Hareketli demiryolu aracı nedeniyle kişilerin maruz kaldığı kaza İntihar Platformdan Yolcu Düşmesi Şahısın Katener Enerjisine Kapılması Vatandaşın Katenere Kapılması
Yangın	Ot Yangını Trafoda Yangın Çıkması Vagonda Dumanlanma-Yangın İhbarı Yangın Yangın İhbarı
Yol	Alüminotermite Kaynağı Kırılması Alt Geçit Yıkılması Alt Geçitten Parça Dökülmesi Buraj Çalışması Hat Burulmaları ve Hattaki Diğer Bozulmalar Hatta Taş Parçaları Düşmesi İç Rayda Çökme İstinat Duvarının Yıkılması Kırık Ray Makasta Parça Kırığı Poz Çalışmaları Ray Kaynağının Akması Ray Kesilmesi Rayın Dirsek Yapması Yarmada Çökme Yol Çökmesi

ÖZGEÇMİŞ

ORCID NO: 0009-0003-8624-3539

Ad Soyad : Sultan GÜNDÜZ

Yabancı Dil : İngilizce

Doğum Yeri ve Yılı :

E-Posta :

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2015-2021, Anadolu Üniversitesi, Lojistik Malzeme ve Tedarik Yönetimi Zinciri
- 2013-2018, Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Raylı Sistemler Mühendisliği
- 2009-2013, Eskişehir Atatürk Anadolu Lisesi, Raylı Sistemler Teknolojisi

İş Deneyimi Bilgileri:

- ASELSAN, Kıdemli Uzman Sistem Tasarım | RAMS Mühendisi, Mayıs 2023-....
- SAVRONİK, Sinyalizasyon Sistemleri Mühendisi, Temmuz 2018-Nisan 2023
 - Konya-Karaman-Ulukışla Hattı Sinyalizasyon ve Telekomünikasyon Projesi
 - Ortaklar-Aydın-Denizli Yerli Sinyalizasyon Projesi

Yayınları ve/veya Bilimsel/Sanatsal Faaliyetleri:

- 2018, Bildiri, Ülkemizde Tramvay Hatlarında Meydana Gelen Deformasyonlar ve Olası Çözüm Önerileri, 4. Uluslararası Raylı Sistemler Mühendisliği Sempozyumu (ISERSE'18), Karabük
- 2024, Makale, Yüksek Hızlı Tren İşletmeciliği Esnasında Yapılan Bildirimlerin Kaza Sınıflandırmaları ve Heinrich Kaza Piramidi ile Karşılaştırılması, Demiryolu Mühendisliği Dergisi

Mesleki Birlik/Dernek/Kuruluş Üyelikleri:

- 2015, Raylı Sistemler Derneği, Karabük.
- 2018, Makine Mühendisleri Odası, Eskişehir.