



Demiryolu Ulaştırma Sisteminin Çevresel Etkileri ve Demiryolu Ulaştırma Sisteminin Olumsuzluklarının Giderilmesine Yönelik Yaklaşımlar

Kemal URAY^{*1}, Fehmi UÇAN², Taner GÜVEN³, Bayram YETİŞKİN⁴

¹ TCDD 7. BölgeMüdürlüğü, 73 DemiryoluBakımMüdürlüğü, Konya, Türkiye

² TCDD Genel Müdürlüğü, YHT Bölge Müdürlüğü Demiryolu Bakım Servisi, Ankara, Türkiye

³ TCDD 3. BölgeMüdürlüğü, TrafikveİstasyonYönetimServisi, Balıkesir, Türkiye

⁴ TCDD Genel Müdürlüğü, EmniyetveKaliteYönetimiDairesiBaşk., Ankara, Türkiye

*kemaluray@tcdd.gov.tr

Öz: Dünya üzerinde enerji kullanımı gün geçtikçe artmakta, kullanılan enerjiden önemli bir payı da ulaştırma sektörünün aldığı görülmektedir. Ülkemizde ise enerji tüketiminin yaklaşık %20'sini ulaştırma sektörü faaliyetleri oluşturmaktadır. Sektörde kullanılan enerjinin neredeyse tamamı fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Fosil yakıt kullanımından kaynaklı sera gazı emisyonları sürekli artmakta, çevresel sürdürülebilirlik olumsuz etkilenmekte aynı zamanda küresel ısınmaya sebep olmaktadır. Ulaştırma modlarının içerisinde yaklaşık %98'lik fosil yakıt kullanımıyla karayolu ulaşımı başı çekmektedir. Hem en çok tercih edilen ulaştırma sistemi olmasından ve enerji talebi fazlalığından hem de çevre kirliliğine sebep olduğundan karayolu ulaşımının demiryolu ulaşımıyla dengelenmesi gerekmektedir. Demiryolu ulaşımının fiyat avantajı, güvenli olması bir veya birkaç çeken araçla daha fazla yük taşınması ve çevreci olması gibi karayolu ulaşımından üstün tarafları olduğundan kullanımının yaygınlaşması karayolu ulaşımının olumsuzluklarını azaltmada faydalı olacaktır. Demiryolu ulaşımının tercih edilmesindeki olumsuz koşulların giderilmesi, demiryollarının güvenilirliğini, konforunu, işlevselliğini ve sürdürülebilirliğini önemli ölçüde arttıracığından yük ve yolcu taşımacılığında kullanımının yaygınlaşmasını sağlayacaktır. Bu bağlamda günümüz teknolojilerinin kullanılması özellikle yapay zekâ ve optimizasyon tabanlı algoritmalar kullanılarak demiryollarında iyileştirmeler yapmak demiryolu mühendisliğinin güncel araştırma alanları arasında olmalıdır.

Anahtar kelimeler: Demiryolu ulaşımı, Enerji tüketimi, İşlevsellik, Olumsuzluk, Sürdürülebilirlik

1. Giriş

Tüm dünyada doğal kaynakların azalması, yakıt fiyatlarındaki artış, bireysel araç kullanımı kaynaklı trafik yoğunluğu, ulaştırma kaynaklı hava kirliliği ve trafik kazasına bağlı ölümlerin artması toplu taşımaları ön plana çıkarmıştır. Bu sebeple dünyada olduğu gibi ülkemizde de demiryolu taşımacılığı en çevreci taşıma sistemi ve en büyük toplu taşıma ulaşım aracı olarak kabul görmektedir [1]. Demiryolu ulaşımı bireysel araç ile seyahatten 24 kat, uzun mesafeli otobüs yolculuklarından ise 1,5 kat daha güvenlidir. Toplu taşımada demiryollarının yaygınlaştırılmasıyla ulaşım sistemlerinde de genel olarak yolcu güvenliği sağlanmış olacaktır [2]. Ulaştırma sektöründe temel amaç taleplere hızlı, güvenli ve ekonomik olarak cevap vermektir. Günümüzde ulaştırma sektörü, üretilen malların lojistiği konusunda en az ürünün kendisi kadar değerli bir pozisyondadır. Buna bağlı olarak ulaştırma tüm sektörlerle ilişkili olduğundan ülkelerin kalkınmasında ve gelişmişlik seviyesinde önemli bir yere sahiptir[3]. Ülkemizde özellikle 1950'den sonra ulaştırma modları arasında dengeli bir büyüme sağlanamamasından, bireysel erişilebilirliğin de kolay olması sebebiyle karayolu ulaşımı ön plana çıkmıştır. Karayolu ulaşımında oluşan bu eğilim sebebiyle, 1950 yılında yük taşımacılığında karayolu taşıma oranı %25 iken günümüzde bu oran %90'ın üzerine çıkmıştır. Ayrıca 1950 yılında yolcu taşımacılığında karayolunun kullanım oranı %50,3 iken günümüzde bu oran yine %90'ın üzerindedir. Demiryolu ulaşımı için bir değerlendirme yapıldığında 1950 yılında yük ve yolcu taşımacılığında oranlar sırasıyla %68,2 ve %42,2 iken günümüzde bu oran yük ve yolcu taşımacılığında yaklaşık %1 seviyesine kadar gerilemiştir [4]. Ulaştırma modları arasındaki dağılımın dengeli bir hal alması açısından demiryolu ulaşımı önemli bir yere sahiptir. Ülkemizde

hâkim ulaştırma modu olan karayolu ulaşımı kullanım değerlerini azaltabilmek için demiryolu ulaşımı kullanımının artırılması gerekmektedir. Bu amaçla ülkemizde demiryolu ulaştırma sistemlerinin 2023 yılı sonuna kadar yük taşımacılığında %10, yolcu taşımacılığında ise %15'e çıkarılması amaçlanmaktadır[5].Günümüz dünyasında sera gazı emisyonu kaynaklı küresel iklim değişikliği ve buna bağlı olarak meydana gelen meteorolojik felaketler ve okyanus seviyelerindeki buzul erimelerine bağlı yükselme dünya üzerindeki tüm doğal yaşamı tehdit etmektedir. Ulaştırmadan kaynaklı sera gazı salınım seviyesinde yaklaşık %95'lik bir oranla karayolu ulaşımı birinci sırada yer almaktadır. Bu sebeple dünyada karayolu ulaşımından kaynaklı olumsuzlukları giderebilecek ulaşım modu demiryolu ulaşımı olarak görülmektedir. Bu yaklaşım ülkemizde de son yıllarda benimsenmiş demiryolları yatırımlarında ciddi artış sağlanmıştır.Demiryolu ulaşımında elektrikli sistemlerin kullanımı, demiryolunun karayolundan daha avantajlı olmasını sağlamaktadır. Ancak demiryollarında altyapı kurumlarında yaşanan darboğazlar, işletme koşullarındaki kurallar, süreçte yaşanan gecikmeler ve eski teknolojilerin kullanılması buna karşın karayolu araç teknolojilerindeki inovasyon ve değişimler demiryolunun tercih edilmesine engel teşkil etmektedir [1].Demiryolu ulaştırma sektöründe rekabet üstünlüğünün elde edilebilmesi için demiryolu ulaşım ağının artırılması gerekmektedir. Ulaşım döngüsü maliyet kontrolü, önleyici bakım faaliyetleri ile düşük maliyetlerin yakalanması gerekmekte aynı zamanda teknolojik iyileştirme ve dijitalizasyon konusunda yatırımlar artırılmalıdır.Demiryollarında temel hedef verimliliğin ve kalitenin artırılması olmalıdır. Bu amaçla organizasyonel yeniden yapılanma, proses iyileştirmesi, varlık yönetimi, teknik yenilikler, müşteri odaklılık, verimlilik ve kalite amaçlı yatırım, enerji verimliliği, güvenlik gereksinimlerinin yerine getirilmesi, dijitalleşme ve modernizasyona ihtiyaç vardır [1].

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma kapsamında; ülkemizde yapılacak olan ve işletmede bulunan mevcut demiryolu hatlarında gürültü, titreşim, çevre kirliliği ve kazaların azaltılmasına yönelik yaklaşımlar irdelenmiştir. Özellikle günümüz teknolojisine uygun olarak yapay zekâ uygulamalarının demiryollarında kullanım alanlarına ve ne gibi olumsuzlukların çözümünde ele alınması gerektiğinin önemine vurgu yapılmıştır. Bu değerlendirmeler yapılırken dünyada ve ülkemizde uygulanan prosedürler incelenerek bir yaklaşımda bulunulmuştur.

3. Türkiye'de Demiryolları

Ekonomilerin küreselleşmeyle tüm dünyaya yayıldığı günümüzde farklı coğrafyalarda, yük ve insan taşımacılığı tarih boyunca hiç olmadığı kadar önemli hale gelmiştir. Konumu itibari ile Türkiye'de ulaştırma sistemlerinin entegrasyonu önem arz etmektedir. Buna göre Türkiye'de her anlamda dünyadaki gelişmelere paralel olarak ulaştırma modları geliştirilmeli ve bu sistemlerde azami dengelenme sağlanmalıdır. Hem çevresel yönden hem de petrol ve türevi kaynakların ülkemizdeki yetersizliğinden dolayı demiryolu ulaşımı ayrıca önem kazanmaktadır.Demiryolu en geniş tabirle bir yerden bir yere madeni bir ray üzerinden çeken ve çekilen araçlar ile insan ve eşyanın taşınmasına olanak sağlayan tesisler bütünüdür.Ülkemizde ilk demiryolları inşası Osmanlı Devleti döneminde 19. yy'ın ikinci yarısında başlamıştır. O dönemde en verimli, ekonomik ve çağdaş ulaştırma sistemi olmasına rağmen ekonomik yetersizlikler sebebi ile ülkemiz topraklarında demiryolu ulaşımı geç başlamıştır [6].Osmanlı döneminde 1856-1922 yılları arasında günümüz Türkiye sınırları içinde kalan bölgede inşa edilen ve işletmeye alınan toplam demiryolu uzunluğu 3880 km'dir [7]. Türkiye'de Cumhuriyet döneminde 1923-1950 yıllar arasında yaklaşık 3764 km demiryolu hattı inşa edilmiştir [8]. 1950'li yılların sonrasına gelindiğinde karayolu ulaşım araçlarının artması ve buna bağlı olarak ülkemizdeki karayolu ulaşım ağındaki altyapı yatırımları sebebi ile farklı ulaşım modlarındaki büyüme zayıflamış, denge bozulmuş ve 1950-2002 yılları arasında yalnızca 945 km demiryolu hattı inşa edilebilmiştir [8]. Ancak dünyadaki gelişmelere paralel olarak ülkemizde de demiryollarının önemi anlaşılmaya başlanmış gelişen teknolojik imkânlar sayesinde 2004-2013 yılları arasında 1724 km demiryolu

hattı yapılmıştır. 1950-2003 yılları arasında ülkemizde yıllık bazda yaklaşık 16 km demiryolu hattı yapılmışken, 2003-2013 yılları arasında yıllık bazda ortalama 172 km demiryolu hattı yapılmıştır [8]. Tablo 1'e göre 2019 yılı verileri incelendiğinde Türkiye'de 11.590 km'si konvansiyonel, 1.213 km'si yüksek hızlı tren hattı olmak üzere toplam 12.803 km demiryolu hattı bulunmaktadır. Tüm hatların 5.753 kilometresini elektrikli ve 6.382 kilometresini de sinyalli hatlar oluşturmaktadır [9].

Tablo 1. Türkiye'de bulunan demiryolu hat uzunlukları (2019)

Hat	Uzunluk (km)	Genel Toplam (km)
Konvansiyonel	11.590	12,803
YHT	1,213	
Elektrikli	5,753	5,753
Sinyalli	6,382	6,382

4. Demiryolları ve Çevresel Etki Analizi

Demiryolu kullanılarak yapılan insan ve yük taşımacılığı aynı anda daha fazla yolcu ve yük taşınmasına ve buna bağlı olarak enerji tasarrufuna olanak sağlamaktadır. Demiryollarında trafik oranı daha düşük olmasına rağmen karayolu taşımacılığına göre daha az esnek bir ulaşım türüdür. Yani insanların ulaşılabilirliği karayolu araçlarına nazaran kolay olmamaktadır. İlk yatırım maliyetleri göz önüne alındığında demiryolu ulaşımı karayolu ulaşımına göre daha fazla sermaye gerektiren bir ulaşım türü olmasına rağmen uzun işletme koşullarında birçok açıdan karayolu ulaşımından daha avantajlıdır [10]. Demiryolu ulaşımının çevresel etkileri değerlendirildiğinde, birincisi özellikle şehir merkezlerinde demiryolu hattına yakın yerleşim yerlerinde oluşan gürültü ve vibrasyon, diğeri ise dizel elektrikli lokomotif kullanımından kaynaklı sera gazı emisyonudur. Ancak, sera gazı emisyonu, bir veya birkaç çeken araçla uzun yük ve yolcu katarları çekildiğinden, aynı zamanda katener hatlarının yaygınlaşmasından dolayı elektrikli trenlerin kullanımıyla karayolu ulaşımına nazaran çok sınırlı değerlerde kalmaktadır.

4.1. Gürültü ve vibrasyon

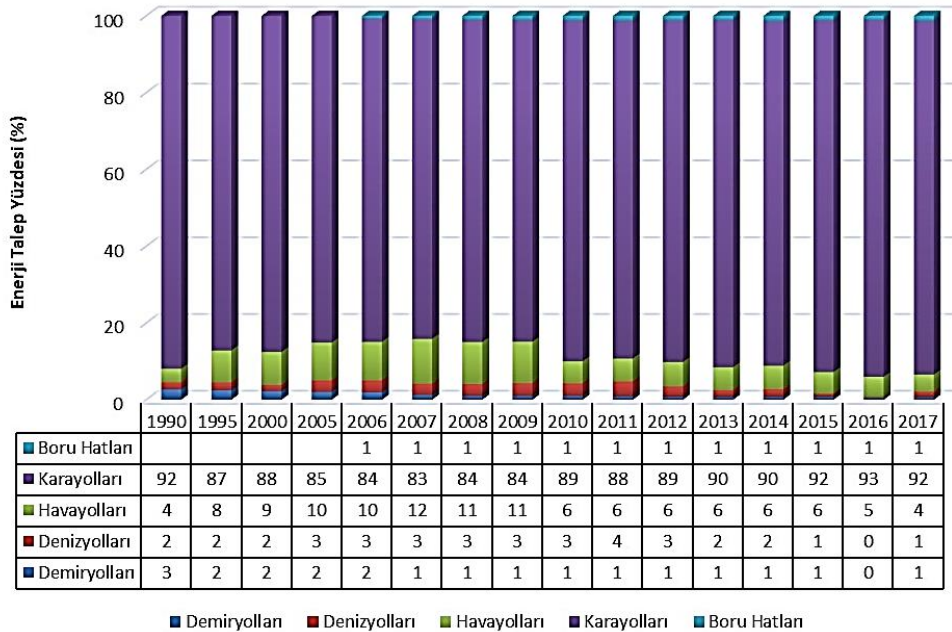
Gürültü, ses kaynaklarından insanı rahatsız edecek şekilde ortaya çıkan titreşimler bütünüdür. Gürültü insanlarda fiziksel ve psikolojik birçok rahatsızlığa sebep olabilen istenmeyen bir durumdur. Doğada pek çok kaynak gürültü oluşturabilirken, ulaşımından kaynaklanan gürültüler de karşımıza gürültü kaynağı olarak çıkmaktadır. Demiryolu ulaşımında meydana gelen gürültü sürekli olmayan, tren seferlerine bağlı olarak gelişen bir gürültü tipidir. Son yıllarda, ülkemizde artan demiryolu ağı ile demiryolu ulaşımından kaynaklı gürültü önlem alınması gereken bir sorun olarak düşünülmektedir [11]. Trenlerin sebep oldukları gürültülere; lokomotifin elektrik çekişli dizel motorundan açığa çıkan gürültüler, araç ile yol etkileşiminden kaynaklanan gürültüler, ray kusurlarından, contalardan ve tekerlek geometri bozukluklarından kaynaklı darbe gürültüsü ve kurplarda savrulmadan kaynaklı ray tekerlek gürültüsü örnekleri verilebilir [12]. Demiryolu ulaşımından kaynaklı oluşan bu gürültüleri sönmülemenin en ekonomik ve etkili çözümü gürültüyü kaynağında azaltmaktır. Bunun için dizel elektrikli daha ağır trenler yerine elektrikli daha güçlü, daha çevreci ve daha hafif trenler kullanılmalıdır. Ayrıca mevcut lokomotiflerin motor seslerini azaltmak için ses yalıtımı ve susturucu gibi tedbirler alınabilir. Demiryolunun şehir içinde kalan kısımlarında raylar kauçuk liflerle kaplanabilir, şehir içinde bulunan demiryolu şevlerinin sesi daha iyi absorbe edebilmesi için şev yüzeylerinde farklı önlemler alınabilir [13]. Ülkemizde yük ve yolcu taşımacılığında kullanılan dingil yükleri 22,5 tondur. Ayrıca ülkemizde yapımı tamamlanan ya da planlanan yüksek hızlı demiryolu hatlarında hız 250-300 km/h olarak uygulanmaktadır. Buna göre demiryolu hattının yakınında bulunan yapılarda demiryolu ulaşımından kaynaklı titreşimlere maruziyetten oluşan, binalarda hasar yapıcı ve insanlara rahatsızlık veren yer titreşimlerinin azaltılması günümüz mühendisliğinin konusu olmalıdır [14]. Dünyada geliştirilen tren teknolojilerinin önemli bir bölümü yalnızca yolcu

güvenliği ve konfor konsepti üzerine değil, aynı zamanda demiryolu çevresindeki binalarda yaşayan insanların konforu ve binalarda titreşim kaynaklı hasarları azaltmak için geliştirilmektedir[14]. Bu kapsamda demiryolu çevrelerine titreşimlerden kaynaklı dalga genlikleri göz önünde bulundurularak düşey titreşim bariyeri yerleştirilebilir. Yerleştirilen bu titreşim sönümleyici bariyer, hat boyunca binalara belirli mesafede, uygun derinlikte içi boş bir hendek ya da içi uygun malzemelerle doldurulmuş bir hendek olarak düşünülebilir. Binalara yakın mesafelerde teşkil edilecek olan sönüm hendekleri sınırlı oranda koruma sağlarken hendek bina arası mesafe 10-15 m mertebelerinde tutulması daha etkili olmaktadır. Ancak trenin geçiş hızının da oluşan bu titreşimlerdeki belirleyiciliği göz önünde bulundurulmalıdır[14]. Yeni yapılacak demiryolu hatlarında yol yatağının daha rijit teşkili oluşacak düşey titreşimleri azaltacaktır. Mevcut hatlarda yol yenileme ve bakım çalışmalarında yol yatağında iyileştirmeler yapılarak oluşacak titreşim seviyeleri azaltılabilir.

4.2. Sera gazı emisyonu

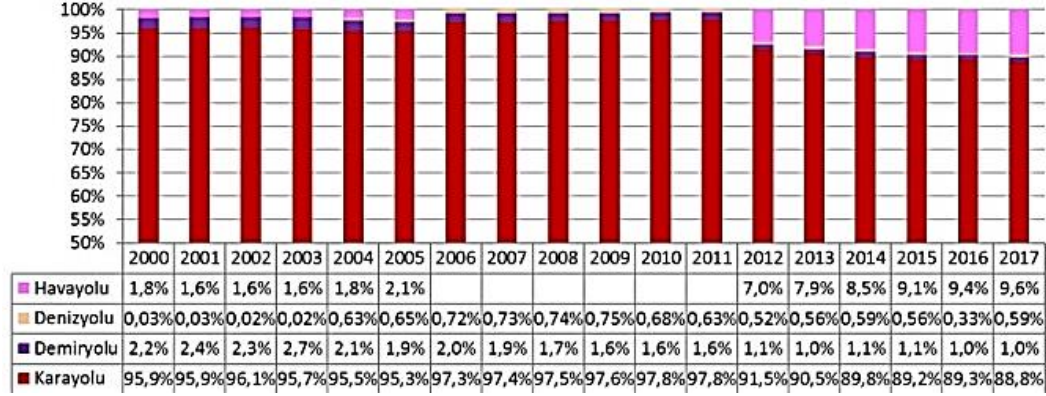
Ulaştırma sistemlerinin tamamında, kullanılan yol özelliği, taşıt özelliği ve işletme sırasındaki hava koşulları gibi parametreler ulaşım araçlarının kullandığı enerji tüketimlerini artırmaktadır. Araçlarda kullanılan birincil enerji ihtiyacı yakıtın türüne ve verimine, aynı zamanda çevrim ve iletim kaybına göre değişmektedir. Gereken net enerji taşıtın harekete karşı koyan kuvvetleri yenmesi için gereken enerji ve ivmeli hareketlerde harcayacağı ve kaybedeceği kinetik enerjinin toplamıdır[15]. Ulaşım türlerinde kullanılan enerji kaynakları hiçbir işlem görmeden, doğrudan taşıtta kullanılan kömür, doğalgaz vb. birincil kaynaklardan oluşabilir. Diğer yandan araçlarda kullanılan birincil kaynakların rafine edilmesi ile elde edilen benzin, motorin vb. kaynaklar da ikincil kaynaklar olarak kullanılmaktadır[15]

Şekil 1’de ulaştırma türüne göre kullanılan toplam enerjinin yüzdeleri verilmektedir. Buna göre; karayolu ulaşımında talep edilen enerji miktarı trafikte bulunan araç sayısına bağlı olarak 2017 yılına kadar giderek artmakta ve ulaştırma türleri içerisinde enerji talebi en fazla olan tür olmaktadır. Diğer taraftan demiryolu ulaşımında talep edilen enerji miktarında düzenli bir artış söz konusu olmamıştır. Bunun sebebi olarak demiryolu kullanımındaki arz talep dengesi ve gelişen teknoloji ile birlikte daha verimli lokomotiflerin kullanılması gösterilebilir.



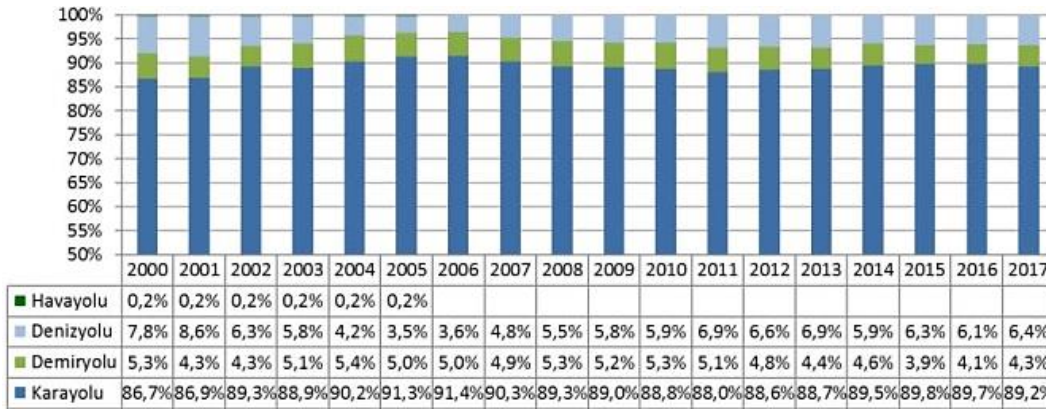
Şekil 1. Ulaştırma türüne göre nihai enerji tüketim yüzdeleri[10]

Ülkemizde ulaştırma modları yolcu taşıma oranları açısından Şekil 2'ye göre değerlendirildiğinde yolcu taşımada yaklaşık %90-95'lik bir oranla karayolu ulaşımı gelmektedir. Bunun sebebi karayolu ulaşımının oldukça esnek ve kolay ulaşılabilir bir ulaşım türü olmasıdır. Son yıllarda havayolu ulaşımında bir artış trendi yaşanmaktadır. İnsanların tercih olarak havayoluna yönelmesinin teknoloji çağında zamandan kazanç ve ülkemizde artan havaalanı sayısı sebebi olduğu söylenebilir. Demiryolu ulaşımı incelendiğinde yıllar içerisinde insanlar tarafından tercih edilmesinde bir azalma yaşanmıştır.



Şekil 2. Yurt içi yolcu taşıma oranları (yolcu-km) [10]

Yük taşımacılığında değerlendirme Şekil 3'e göre yapıldığında yaklaşık %90 oranında karayolu tercihinin ön planda olduğu görülmektedir. Havayolu taşımacılığının kısa mesafelerde kullanımı maliyetli olduğundan yük taşımacılığında kayda değer bir etkinliği söz konusu değildir. Ancak demiryolu ve denizyolu ulaşım türleri uygun taşıma maliyetleri ve tek bir seferde çok daha fazla yükün sevki için uygun olduklarından her ne kadar gerekli ilgiyi görmeseler de ön plana çıkmaktadırlar.

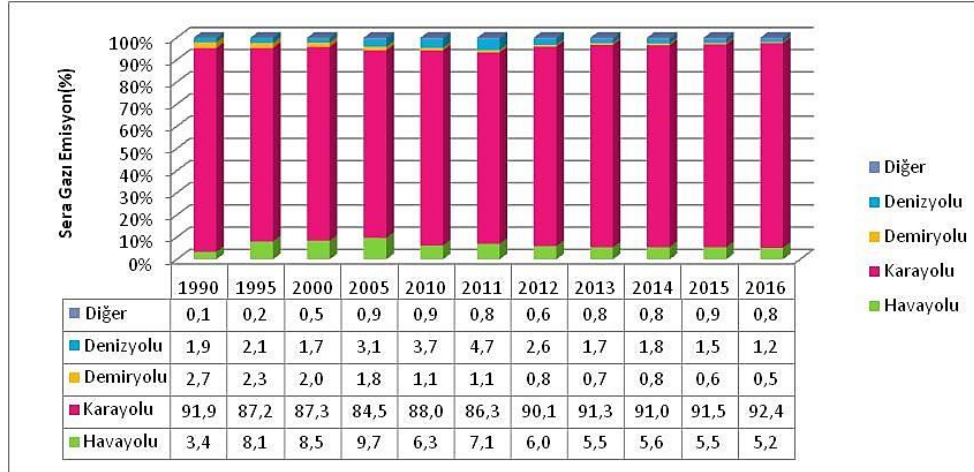


Şekil 3. Yurt içi yük taşıma oranları (ton-km)[10]

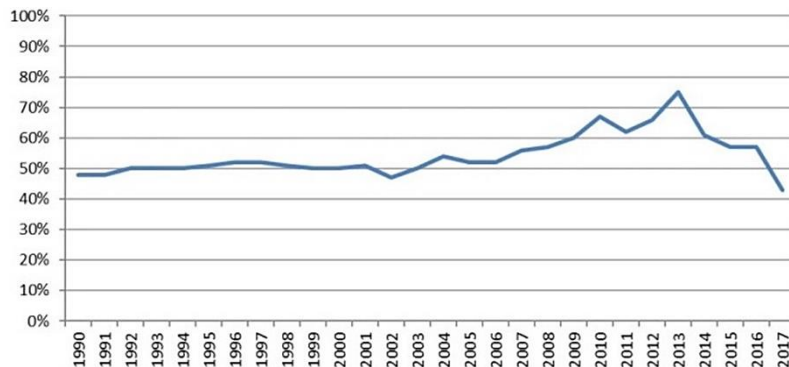
Ulaştırma türleri içerisinde fosil yakıtları kullanan karayolu ulaşımının, fosil yakıtları yoğun olarak kullanmasından kaynaklı sera gazı emisyon değeri yıllar içerisinde giderek artmaktadır. Dünyada her ne kadar verimli motorlar üretilmeye çalışılsa da artan karayolu aracı sayısına paralel olarak emisyon miktarları da artmaktadır. Tablo 1 ve Şekil 4 incelendiğinde sera gazı emisyon değeri en az olan ulaştırma türünün demiryolu ulaşımı daha sonra denizyolu, havayolu ve en fazla olarak da karayolu ulaşımı olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Ulaştırma türüne göre sera gazı emisyonu (kiloton CO₂ eşdeğeri) [10]

Yıllar	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Toplam	26,96	34,11	36,46	42,04	45,39	47,38	62,52	68,86	73,55	75,78	81,84
Havayolu	923	2,775	3,099	4,089	2,862	3,344	3,727	3,754	4,090	4,205	4,281
Karayolu	24,77	29,76	31,85	35,53	39,94	40,89	56,31	62,88	66,96	69,30	75,59
Demiryol	721	768	713	757	517	532	492	505	562	480	374
Denizyol	509	726	623	1,299	1,682	2,242	1,614	1,154	1,348	1,147	970
Diğer	39	83	180	364	390	370	381	563	593	647	621

**Şekil 4.** Ulaştırma türüne göre sera gazı emisyon yüzdeleri [10]

Türkiye demiryolu kapasite kullanım oranları Şekil 5'e göre incelendiğinde ülkemizde demiryollarına yatırım her ne kadar artmış olsa da özellikle yük taşımacılığında mevcut demiryolu kapasitesi kullanımı son yıllarda giderek azalarak 2017 yılında %43'e düşmüştür. Çevresel etkiler açısından değerlendirildiğinde yeşil ulaştırma türü olarak adlandırılan demiryolu ulaşımının karayoluna tercih edilen bir ulaştırma türü olması gerekmektedir.

**Şekil 5.** Demiryolu yük taşımacılığında kapasite kullanım oranları

5. Demiryollarında Meydana Gelen Kazalar ve Alınması Gereken Tedbirler

Ulaştırma sistemleri içerisinde en güvenli olan sistem havayolu ulaşımı, ikinci sırada olan ise demiryolu ulaşımıdır. Ülkeler demiryolu taşımacılığını daha emniyetli ve sürdürülebilir kılmak için birçok çalışma yapmaktadır. Bu sebeple son yıllarda çoğu ülkede tren işletmecileri ve demiryolu alt yapı işletmecileri emniyet yönetim sistemlerini kurmuşlardır. Ulaştırma türlerinin tamamı için meydana gelen kazaları değerlendirmek için kaza inceleme kurulları oluşturulmuştur. Tüm bu uğraşların neticesinde demiryollarında meydana gelen kazalar sebebiyle ölüm

oranlarında ve kaza sayılarında azalmalar meydana gelmiştir [16].Demiryollarında meydana gelen kazalar ciddiye ve önem sınıflandırılmasına göre değerlendirildiğinde ciddi kaza; beş yada daha fazla kişinin ağır yaralandığı, bina, yol ve sabit tesislerde en az altı milyon TL ağır hasara yol açan kazadır. Diğer taraftan önemli kaza ise en az bir kişinin ağır yaralandığı ve ya öldüğü, demiryolu hattında, araçta, sabit tesis ve çevrede 1.100.000TL ve üzeri maliyete sebep olan kazalardır.Demiryollarında meydana gelen kazalar ve bunların öncü sebepleri Tablo 2’de verilmiştir.

Demiryollarında meydana gelen kaza sayıları ve türleri arasındaki dağılım Şekil 6’ya göre değerlendirildiğinde tren sefer sayılarında artışlar olmasına rağmen meydana gelen kazalarda azalışlar söz konusudur. Demiryollarında kazaların büyük çoğunluğunu sırasıyla hemzemin geçit kazaları, çarpışma, deray ve diğer kaza türleri oluşturmaktadır.

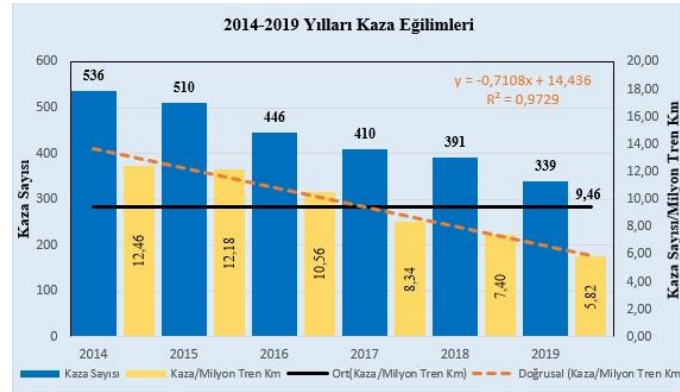
Tablo 2.Demiryolu kazaları ve kaza öncüleri [21]

Kaza	Kaza Öncüsü
1)Çarpışma	1) Ray kırıkları
a) Trenin bir demiryolu aracı ile çarpışması	2) Hatta burulmaları ve diğer bozulmalar
b) Gabaride bulunan bir engele çarpma	3) Emniyetsiz durum sinyal hatası
b1) Sabit nesneye çarpma	4) Dur bildirisine uymama
b2) Geçici nesneye çarpma	5) Demiryolu aracında kırık teker
2) Deray	6) Demiryolu aracında kırık mil (aks)
3) Hemzemin geçit kazaları	7) Dizi ayrılması (kanca kopması/koşum takımı ayrılması)
4) Demiryolu araç yangını	8) Hatta araç girmesi veya düşmesi
5) Hareketli demiryolu aracı sebebiyle kişilerin maruz kaldığı kazalar	9) Tren veya vagon kaçması
6) Diğer kazalar	10) Doğa olayları (Sel, heyelan, deprem, çığ düşmesi ve hatta kaya ya da ağaç düşmesi)
	11) Hattın imba olması



Şekil 6. Kazaların türlerine göre yıllık dağılımı [21]

2014-2019 yılları arasında demiryollarında meydana gelen toplam kazalar Şekil 7’ye göre incelendiğinde meydana gelen kazalarda azalma eğilimi söz konusudur. Bu duruma sebep olarak kurumsal emniyetin geliştirilmesi, her birey tarafından emniyeti düşünme ve hareket etme girişimlerinin uygulanması, emniyeti tesis eden demiryolu teknoloji sistemlerinin geliştirilmesi, tüm çalışanların katılımıyla emniyet yönetimi bilincinin geliştirilmesi yaklaşımı gösterilebilir.



Şekil 7. 2014-2019 yılları arası demiryollarında kaza eğilimleri [21]

Demiryollarında meydana gelen kazaları azaltmak ve tedbirler noktasında yeterli olabilmek için kaza kök analizi yapılması ve mevcut demiryolu hatlarında belirlenen risklerin giderilmesi çalışmalarına ağırlık verilmesi gerekmektedir. Buna göre meydana gelen hemzemin geçit kazalarının azaltılabilmesi için kırsalda tarımsal amaçlı kullanılan hemzemin geçitlerin sayılarını azaltarak bunların yerine uygun bağlantı yolları ile tarımsal amaçlı alt geçitlerin yapılması düşünülmelidir. Aynı zamanda hemzemin geçitlerde araç trafiğinin yoğun olduğu yerlerde bariyerli flaşörlü hemzemin geçitlerin yapılması yerinde olacaktır. Özellikle serbest hemzemin geçitlerde, karayolu araç sürücülerinin demiryolunun her iki yönünün görüş mesafelerinin artırılması çalışmalarına ağırlık verilmelidir. Hemzemin geçitlerde geçiş üstünlüğünün her zaman demiryolu araçlarında olduğu ve trenlerin araçlar gibi hemen frenleme ile duramayacağı gibi konularda hemzemin geçit kullanıcılarını bilinçlendirme çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Deray ve çarpışma türü kazalarda ise demiryolu çalışanlarının yapılan eğitimlerle iş bilinci artırılmalı, özellikle makaslarda meydana gelen kazaları azaltmak için sinyal sistemlerine tüm istasyonlarda geçilmelidir. Gelişen teknoloji ile birlikte hat üzerindeki ray kırıklarının tespit edebilecek algılama sistemleri oluşturulmalıdır. Ayrıca gelişen teknoloji ile birlikte yeni uydu sistemleri ile trenin yeri ve hızı hakkında ihtiyaç duyulan anlık bilgi sağlanabilmektedir.

6. Demiryollarında Olumsuzlukları Engellemek İçin Yapay Zekâ Uygulamaları

Dünyada meydana gelen hızlı nüfus artışı beraberinde bu nüfusun bir yerden bir yere seyahati ve ihtiyaç duyduğu tüketim malzemelerinin ihtiyaç duyulan bölgelere nakli problemlerini ortaya çıkarmıştır. Karşılaşılan bu problemleri çözmek adına insanoğlu teknolojik ilerleme çalışmalarına ağırlık vermiş, güvenli, takip edilebilir, sürdürülebilir bir ulaşım altyapısı oluşturmaya çalışmıştır. Oluşturulan bu ulaşım altyapısının hızlı, ekonomik, güvenilir, çevre dostu ve bulunduğu toplum şartlarına uygun olması beklenmektedir. Bu kriterlerin tek bir ulaşım moduyla sağlanması mümkün olmaması nedeniyle, birbirlerine karşı avantajları ve dezavantajları olan farklı ulaşım modları arasında bir denge sağlanarak, koordineli bir sistem oluşturulmaya çalışılmıştır. Demiryolu taşımacılığı esnekliği düşük olmasına rağmen, emniyetli, yüksek kapasiteli ve ekonomik olması ile ulaşım modları arasında öne çıkmaktadır. Ancak ülkemizde yapılan iyileştirme ve yatırımlara rağmen lojistik açıdan hala istenilen seviyelere ulaşamadığı görülmektedir. Yapay zekâ, insana ait düşünme, yorumlama, değerlendirme ve öğrenebilme gibi yeteneklerin; yazılım ve algoritmalar sayesinde bilgisayarları kullanılarak karşılaşılan problemlere çözüm bulması olarak açıklanabilmektedir. Yapay zekâ kavramı fikrinsel anlamda ilk olarak bilim insanı Alan Mathison Turing tarafından makineler düşünebilir mi sorusu ile ortaya çıksa da terimsel anlamda ilk olarak 1956 yılında New Hampshire Dartmouth College’de yapılan bir toplantıda kullanılmıştır [19]. AUS sistemleri demiryolları için makinist, demiryolu aracı, altyapı, yönetim merkezi, çevre ve diğer ulaşım modları ile çok yönlü veri alışverişi ile izleme

ölçme, analiz ve kontrol mekanizmaları sağlayan sistemlerdir. AUS ve yapay zekâ sayesinde demiryolu işletmeciliğinde insan kaynaklı hatalar minimize edilebilmektedir. Ayrıca AUS' un yaygınlaşması sayesinde tren trafiği kapasitesinde otonom trafik yönetim sistemlerinin kullanılması ile artış, tren kazaları ile buna bağlı meydana gelebilecek maddi kayıplarda azalış, tren trafiğinde verim alınması sayesinde yakıt tasarrufu, karbon salınımı ve çevre kirliliğinde azalmalar, araç ve yol bakımlarında yapay zekâ değerlendirmeleri sayesinde periyot artışı sağlanarak yol ve araç ömrünün uzatılması, acil yönetim sistemlerinin verimliliğinin artırılması, trafik güvenliğini arttıracak web-mobil uygulamaların sisteme entegrasyonu, kameralardan gelen verilerin işlenerek insan faktörüne bağlı kalmadan demiryolu hattında insan veya yaban hayatı kaynaklı olası güvenlik sorunlarının erken tespiti, sahadan elde edilen anlık veriler sayesinde yolcu ve yük taşımacılığında optimizasyonun sağlanması olanakları elde edilecektir. Yapay zekâ ve makine öğrenmesi sayesinde demiryolu hatlarında ve cer araçlarında eski bakış açısı ile yapılan koruyucu ve periyodik bakımlarının ilerisine geçilerek mevcut demiryolu elemanlarının güncel durumu yapay zekâ tarafından değerlendirilerek olası bir arıza durumu önceden tespit edilebilmektedir. Bu da, demiryolu idarelerinin en geniş aralıkta bakım çalışması yapmasını sağlayarak bakım maliyetlerinde azalma sağlamakta ve zamanında bakımlar yapılarak malzeme ömrünün artmasını sağlamaktadır. Tüm bu getirilerin devamlılığı için kurumlar tarafından yapay zekâ konusunda nitelikli personel yetiştirilmesine önem verilmesine, ihtiyaç duyulan mevzuat ve standartların hazırlanmasına dikkat edilmelidir [18]. Ayrıca diğer dünya ülkelerinde kullanılan yapay zekâ sistemlerinden olan yüzey tanıma sistemleri sayesinde online ödeme yapabilme ve güvenlik kontrolü yapılabilmektedir. Bu sayede yolcuların işlem zamanlarında çok büyük azalmalar sağlanabilmektedir. Yapay zekâ analizleri sayesinde yol ve cer elemanlarının değerlendirilerek bakım periyotlarının belirlenmesi sayesinde bakım maliyetlerinden tasarruf sağlanması ve tren yolcularına odaklanan uygulamalar sayesinde yolcu memnuniyetinin artırılması gibi çalışmalarla ulaşım modları arasında yeterli payı alamayan demiryollarının kapasite kullanım oranları arttırılabilecektir [20].

7. Sonuç

Bu çalışmada ülkemizde demiryollarının tarihsel gelişimi, özellikle karayolu ve demiryolu ulaşımının çevresel etki özelliklerinin incelenmesi, demiryollarında meydana gelen kazaların sebepleri ile birlikte değerlendirilmesi, alınabilecek önlemler ve demiryollarında meydana gelen olumsuzlukların yapay zekâ ve teknoloji uygulamaları kullanılarak nasıl azaltılacağına değinilmiştir. Demiryolları ülkemizde yük taşımacılığında yaklaşık %4, yolcu taşımacılığında ise %1 civarında pay almaktadır. Bunun sonucunda ulaştırma sistemleri arasındaki denge bozulmakta ve verimlilik azalmaktadır. Bu sebeple demiryollarından beklenen performansın sağlanmasına yönelik yeni strateji ve planların yapılması, yeni demiryolu projelerinin artarak devam etmesi, mevcut demiryolu hatlarının ise modernizasyonunun yapılması gerekmektedir. Bunların yapılması ile birlikte demiryollarına talep artacak, ülkemizin enerji talebinin %20'sini oluşturan ulaştırma sektörünün özellikle fosil yakıtlardan elde edilen bu enerjiden kaynaklı olumsuzlukların giderilmesinde faydalı olacaktır. Raylı sistemlerde gürültünün azaltılabilmesi için en ekonomik çözüm gürültünün kaynağında azaltılmasıdır. Bu amaçla dizel motorlu lokomotifler yerine elektrik motorlu lokomotiflere geçilmesi yararlı olacaktır. Özellikle şehir içlerinde tekerlek ve rayların ses sönümleyici malzemeler ile kaplanması gürültünün azaltılmasında etkili olacaktır. Demiryolu kaynaklı titreşimleri azaltabilmek için ise özellikler demiryolu hattına yakın binaların buldukları yerlere düşey titreşim bariyerleri yerleştirmek etkili olacaktır. Yeni yapılacak hatlarda rijit yol yatağı tasarımı ve mevcut hatlarda yapılacak altyapı bakımlarında yol yatağının rijitleştirilmesi titreşimin olumsuzluklarını azaltacaktır. Ülkemizin lojistik anlamında daha üst sıralara çıkabilmesi için mevcut hatlardaki verimliliği ivedilikle arttırması gerekmektedir. Bunun için en kolay yol günümüz teknolojisinin yakalanarak, yapay zekâ yolu ile ıslah çalışmalarının yapılmasıdır. Bu sayede hatlardaki seyrüsefer emniyeti sürekli izlenebilecek, hat ve cer elemanlarının bakım periyotları, yapay zekâ yolu ile değerlendirildiği için uzayacak ve bakım maliyetlerini düşürecek, son olarak genel

anlamda işletme verimliliği artacağı için hem kapasite kullanımı yükselecek hem de müşteri memnuniyeti sağlanacaktır. Gelişen teknolojiler ile birlikte makine öğrenmesi, derin öğrenme ve yapay zekâ konuları özellikle verimliliği düşük olan TCDD İşletmesince önem verilen teknolojilerin başında gelmeli ve bu konuda geliştiriciler grubu oluşturularak, mevzuat düzenlemesi yapıp yeniliklere açık olunmalıdır. Dünyadaki teknolojik gelişmelerin takip edilip uygulanması için ülkemizdeki teknoloji ve yazılım geliştirici kurumlardan istifade edilip gerekli yazılım ve teknolojiler TCDD tarafından edinilmelidir. Tüm bu teknolojik gelişmelerin uygulanması insanların yeni koşullara entegrasyonu ile sağlanabileceğinden gerekli tüm bilgilendirme ve bilinçlendirme faaliyetleri kurum tarafından yapılmalıdır.

Kaynakça

- [1] A. Uğur, "Investigation of the World railway sector development prospects and turkeys status," *Alphanumeric Journal*, vol. 7, no.2, pp. 369-398, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.17093/alphanumeric.582290>
- [2] The European Rail Research Advisory Council (ERRAC), "Rail 2050 vision, Rail-The Backbone of Europe's Mobility," 2017. [Online]. Available: https://www.ptferroviaria.es/docs/Documentos/122017_ERRAC%20RAIL%202050.pdf [Accessed: 23.11.2020]
- [3] H. Aydemir, "Türkiye'nin ulaştırma politikaları çerçevesinde demiryolu ulaştırma sisteminin genel durumunun irdelenmesi ve geleceğine bakış," *Demiryolu Mühendisliği*, vol.3, pp. 41-46, 2016, <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/517140>
- [4] Z. Doğan ve B.B.Dikmen, "Türkiye'deki ulaştırma sektörü ve ulaştırma türlerinin karşılaştırılması," *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, vol. 11, no.56, pp. 758-770, 2018, doi: <http://dx.doi.org/10.17719/jisr.20185639046>
- [5] T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, "Türkiye Ulaşım ve İletişim Stratejisi Hedef 2023," 2015. [Online]. Available: <http://www.ulastirmasurasi.gov.tr/assets/up/Di%C4%9Fer/t%C3%BCrkiye%20ula%C5%9F%C4%B1m%20ve%20ileti%C5%9Fim%20stratejisi.pdf> [22.11.2020]
- [6] M.S. Turhan, "Anadolu'da Demiryollarının Organizasyonu: Tarihsel Bir Analiz," *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, vol. 3, no.2, pp. 160-184, 2019, <https://dergipark.org.tr/en/pub/oskaiibfd/issue/51433/630264>
- [7] A. Bakkaloğlu ve A.İncekara, "Osmanlı'dan modern Türkiye'ye ulaştırma," *Kapadokya Akademik Bakış*, vol.1, no. 2, pp. 54-73, 2017, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/car/issue/33536/354563>
- [8] H. Aydemir ve M.K. Çubuk, "Demiryolu ulaştırma türünün Türkiye analizi; dünyadaki durumu, sorunlar ve beklentiler," *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, vol. 7, no.1, pp. 260-273, 2019, doi: 10.29130/dubited.439081
- [9] T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı Stratejik Planlama Şubesi, "T.C. Devlet Demiryolları Faaliyet Raporu," pp.42-46, 2019, Ankara, Türkiye: T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü
- [10] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü Çevre Envanteri ve Bilgi Yönetimi Dairesi Başkanlığı, "Çevresel göstergeler," vol. 41, no. 1, pp. 91-97, 2017, ISBN 978-605-80613-1-6, Ankara, Türkiye
- [11] R. Toprak ve N. Aktürk, "Raylı ulaşım sistemlerinin neden olduğu gürültü ve çevresel etkileri," *Türkiye Mühendislik Haberleri*, vol. 417, pp. 33-38, 2002
- [12] Ö. Doğru, "Tren içerisinde çalışanlarda gürültü maruziyetinin incelenmesi," *İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi*, 2016, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye
- [13] F.Torun, F. Ekmekyapar ve Z.Bingul, "Demiryollarından kaynaklanan çevresel gürültü ve Erzurum ili örneği," *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 4, no.4, pp. 67-74, 2014, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/417234>
- [14] E. Çelebi, O. Kirtel ve Muharrem Aktaş, "Yüksek hız trenlerinin çevre binalardaki titreşim etkilerinin azaltılması", *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, vol. 28, no. 2, pp. 321-332, 2013, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/76286>
- [15] E. Ersöz, "Demiryollarında Hava Kirliliği Direnim İlişkisi," 2009. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, <https://polen.itu.edu.tr/xmlui/handle/11527/4887>

- [16] Ö. Akbayır, "Dünya'da ve Türkiye'de demir yolu kazaları nedeniyle meydana gelen ölüm oranlarının karşılaştırılması", *Demiryolu Mühendisliği*, vol. 5, pp. 45-52, 2016, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/demiryolu/issue/35084/449516>
- [17] T. Batır, "Ulaştırma sektöründe akıllı ulaştırma sistemlerinin etkinliğini arttırmaya yönelik bir model önerisi," 2019. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Türkiye.
- [18] T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı "Ulusal akıllı ulaşım sistemleri strateji belgesi ve 2020-2023 eylem planı," Ankara, Türkiye, <https://www.utikad.org.tr/Images/Duyuru/05082020ulusalakilliulusimsistemleristratejibelgesive20202023eylemplani1610274.pdf>
- [19] H. Aydemir, "Yapay zekâ sistemleriyle Türkiye demiryollarının enerji analizi ve sürdürülebilir ulaşım planlama sistratējileri ile ulaştırmada enerji verimliliği," 2020. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye.
- [20] <https://eurasiarail.eu/Haberler/news-article-2>
- [21] TCDD Genel Müdürlüğü Emniyet ve Kalite Yönetimi Dairesi Başkanlığı, "2019 yılı EYS raporu", Ankara, Türkiye.

Özgeçmiş



Kemal URAY

1990 yılında Konya'da doğmuştur. Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünden 2011 yılında mezun olmuştur. 2016 yılından beridir de Konya 73 Demiryolu Bakım Müdürlüğünde inşaat mühendisi olarak çalışmaktadır. Ayrıca Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği bölümünde doktora eğitime devam etmektedir.

E-Posta: kemaluray@tcdd.gov.tr



Fehmi UÇAN

1988 yılında Konya'da doğmuştur. Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünden 2013 yılında mezun olmuştur. 2007 yılında göreve başladığı TCDD Genel Müdürlüğünde tren teşkil memurluğu ve hareket memurluğu görevlerinde çalışmıştır. 2014 yılından beri YHT Bölge Müdürlüğü Bakım Servisinde İnşaat Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

E-Posta: ucanfehmi@gmail.com



Taner GÜVEN

1975 yılında Darmstadt Almanya'da doğmuştur. 1998 yılında TCDD çalışmaya başlamıştır. Şu anda hareket memuru olarak Balıkesir'de görev yapmaktadır. Aynı zamanda Balıkesir Amatör Spor Kulüpleri Federasyonu'nda başkan yardımcılığı görevini yürütmektedir.

E-Posta: tanerguvenn@hotmail.com



Bayram YETİŞKİN

1988 yılında Antakya'da doğmuştur. Erciyes Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünden 2012 yılında mezun olmuştur. 2014 yılından beridir TCDD Genel Müdürlüğü Emniyet ve Kalite Yönetimi Dairesi Başkanlığında mühendis olarak görev yapmaktadır.

E-Posta: yetiskinbayram@gmail.com

Beyanlar:

Bu makalede bilimsel araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Tüm yazarların eşit oranda katkısı olmuştur.