



T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



KARAYOLU TÜNEL GÜVENLİĞİ ve MEYDANA GELEN KAZALAR:

TRABZON-GÜMÜŞHANE KARAYOLU ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burak KOÇHAN

ŞUBAT 2021

GÜMÜŞHANE

**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KARAYOLU TÜNEL GÜVENLİĞİ ve MEYDANA GELEN KAZALAR:

TRABZON-GÜMÜŞHANE KARAYOLU ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burak KOÇHAN

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

"İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı"

Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 01.02.2021

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 10.02.2021

ŞUBAT 2021

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum **“Karayolu Tünel Güvenliği ve Meydana Gelen Kazalar: Trabzon-Gümüşhane Karayolu Örneği”** isimli tez çalışmada; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.
01/02/2021

İmza

Burak KOÇHAN

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KARAYOLU TÜNEL GÜVENLİĞİ ve MEYDANA GELEN KAZALAR:

TRABZON-GÜMÜŞHANE KARAYOLU ÖRNEĞİ

Burak KOÇHAN

Gümüşhane Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Emine ÇORUH

2021, 150 sayfa

Tüneller tüm dünyada, doğal engelleri aşmayı sağlamaları, olumsuz çevre etkilerinden (çığ, kaya düşmesi vb.) yolu korumaları, trafik hacmini ve erişilebilirliği artırarak yolculuk süresinden tasarruf edilmesini sağlamaları nedeniyle hem şehirlerarası ulaşımında hem de sınırlı araziler tarafından çevrelenmiş şehir içi ulaşımında mühendislik çözümü olarak çok sık kullanılmaya başlanmıştır. Gerek şehir içi gerekse şehirlerarası ulaşımında, tüneller yaygın hale geldikçe sürücüler, sürüş sürelerinin büyük bir bölümünü karayolu tünellerinde geçirmeye başlayacaklardır. Dolayısı ile sürücülerin, tünellerde rahat ve güvenli bir şekilde araç kullanabilmelerini sağlamak giderek daha da önemli hale gelecektir.

Bu çalışmada; Trans-Avrupa karayolu ağının yaklaşık 100 km' lik kısmını oluşturan ve Trabzon-Gümüşhane karayolu güzergâhında bulunan 19 adet tünel, Trans-Avrupa minimum güvenlik gereksinimleri doğrultusunda ve sürüş güvenliği açısından farklı senaryolar yardımı ile araçlar, sürücüler, tünel altyapısı ve tünel işletimi unsurlarınca ayrı ayrı ele alınarak incelenmiştir. Artan tünel sayı ve kilometresi ile birlikte bu tünellerde meydana gelen kazalar, trafik güvenliği açısından incelenmiştir. Bu amaçla Emniyet Genel Müdürlüğü'nden (EGM) 2005 ve 2018 yılları arasındaki, tünel kaza sayıları başta olmak üzere ilgili diğer veriler alınmış ve tünellerde meydana gelen trafik kazaları incelenmiştir. Ayrıca bu güzergâhı kullanan yol kullanıcılarının mevcut tüneller ve olası kaza durumlarındaki davranış ve hareket etme kabiliyetlerini ölçmek amacıyla, 491 kişilik katılımı bir anket çalışması yapılmıştır. Anket sonuçları üzerine Ki Kare, Bartlett testleri ve güvenilirlik analizleri uygulanarak gruplar arasında anlamlı ilişkiler olup olmadığı araştırılmıştır.

Sonuç olarak güzergâh üzerindeki tehlikeli madde taşımacılığının kısıtlanmasının, yangın güvenliği açısından önemli olduğu bulunmuştur. Yangın açısından riskli görülen (uzunluğu ≥ 1000 m) tüneller için alternatif güzergâhlar önerilmiştir. Yapılan anket çalışması sonucunda, tünel kullanım sıklığının artması ile aşinalığın arttığı ve tünel geçişlerinde araç hızı düşürme oranının azaldığı, cinsiyet ile tünel geçişlerinde yaşanan tedirginlik hissi arasında anlamlı bir ilişki olduğu, kullanıcıların en çok açık karayolundan (aydınlıktan) tünele (karanlığa) girişlerde görüş problemi yaşadığı ve eğitim düzeyinin artmasıyla tünelde acil durum ve normal sürüş anlarında, doğru hareket etme arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu bulunmuştur. Bu bilgiler ışığında tezin özellikle Kuzey-Güney Anadolu aksında çok sık karşılaşılan tünelli geçişler için örnek bir uygulama olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tünel, Trabzon-Gümüşhane karayolu, Anket, Kazalar.

ABSTRACT
MS THESIS

ROAD TUNNEL SAFETY and ACCIDENTS of the TUNNEL: CASE of
TRABZON-GUMUSHANE ROAD

Burak KOÇHAN

Gumushane University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Emine ÇORUH

2021, 150 pages

Tunnels as an engineering solution, have been used frequently both in intercity and urban transportation in worldwide due to their usefulness to overcome natural obstacles, to protect the road from negative environmental effects (avalanche, rockfall, etc.) and to increase traffic volume, accessibility and to save travel time. As tunnels become widespread in both urban and intercity transportation, drivers will start to spend most of their driving time in highway tunnels. Therefore, it will become more and more important to ensure that drivers can drive their vehicles comfortably and safely in the tunnels.

In this study, 19 tunnels, which make up about 100 km of the Trans-European road network and are located on the Trabzon-Gumushane highway route, in line with the Trans-European minimum safety requirements and with the help of different scenarios in terms of

driving safety, vehicles, drivers, tunnel infrastructure and tunnel operation elements were examined separately. Based on the increasing number and kilometer of tunnels, the accidents that occurred in these tunnels were examined in terms of traffic safety. For this purpose, other relevant data, especially the number of tunnel accidents between 2005 and 2018, were obtained from the General Directorate of Security (EGM) and traffic accidents in the tunnels were examined. In addition, a survey was conducted with 491 people in order to measure the behavior and movement abilities of road users using this route in existing tunnels and under possible accident situations. Chi-square, Bartlett tests and reliability analysis were applied on the survey results to investigate whether there were valid relationship between the groups.

As a result, it has been found that restricting the transportation of dangerous goods on the route is important in terms of fire safety. Alternative routes have been proposed for tunnels (length ≥ 1000 m) that are at risk of fire. In addition, as a result of the survey study it was found out that; the familiarity increased with the increase in the frequency of tunnel use and the rate of vehicle speed reduction in tunnel crossings decreased, there was a significant relationship between gender and the feeling of anxiety experienced in tunnel crossings, and the users mostly experienced vision problems when transitioning from open road (light) to tunnel (dark), and there was a positive relationship between the increase in education level and correct movement in the tunnel during the emergency and normal driving moments. In the light of this information, especially it is thought that the thesis will be an exemplary application for tunnel crossings that are frequently encountered in the North-South Anatolia axis.

Keywords: Tunnel, Trabzon-Gumushane highway, Survey, Accidents.

TEŞEKKÜR

“Karayolu Tünel Güvenliği ve Meydana Gelen Kazalar: Trabzon-Gümüşhane Karayolu Örneği” adlı bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Maddi manevi tüm desteğiyle bu günlere gelmemde büyük katkısı bulunan annem Sevim KOÇHAN’ a, babam Fethi KOÇHAN’ a ve kardeşim Emre KOÇHAN’ a tüm kalbimle teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, mühendislik çalışmalarını ve çalışma azmini örnek aldığım Elektrik Elektronik Mühendisi İbrahim Hayrullah TATARAĞASIGİL’ e teşekkür ederim.

Tezin özellikle son halini almasında yapmış oldukları katkılardan dolayı Sayın Dr. Öğr. Üyesi M. Mutlu AYDIN’ a, Öğr. Gör. Ö. Faruk ÖZTÜRK’ e ve Öğr. Gör. Yusuf MAZLUM’ a

Tez süresince çalışmalarım süresince bana zaman ayıran, tezin planlanması, araştırılması ve yürütülmesinde ki tüm aşamalarda değerli bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, iyi niyetini, güler yüzünü ve hoşgörüsünü daima hissettiren kıymetli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Emine ÇORUH’ a sonsuz şükran ve saygılarımı sunarım.

Burak KOÇHAN

Gümüşhane, 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET.....	IV
ABSTRACT.....	VI
TEŞEKKÜR.....	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIII
TABLolar DİZİNİ	XVI
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	XVIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Tüneller ve Tarihçesi.....	2
1.3. Tünel Güvenliği	5
1.4. Trans-Avrupa Yol Ağı ve Türkiye	8
1.4.1. Trans-Avrupa Karayolu Ağı Tünelleri için Minimum Güvenlik Direktifi....	9
1.4.1.1. Yapısal Gereksinimler	10
1.4.1.2. İşletim ile İlgili Önlemler	26
1.5. Karayolu Tünellerinde Güvenliğe Etki Eden Faktörler.....	29
1.5.1. Sürücüler.....	29
1.5.1.1. Karayolu Tünel Güvenliğinin Artırılmasına Yönelik Sürücüler Üzerinde Alınabilecek Tedbirler.....	33
1.5.2. Tünel İşletimi	36
1.5.2.1. Karayolu Tünel Güvenliğinin Artırılmasına Yönelik Tünel İşletimi Üzerinde Alınabilecek Tedbirler.....	36
1.5.3. Tünel Altyapısı.....	40
1.5.3.1. Karayolu Tünel Güvenliğinin Artırılmasına Yönelik Tünel Altyapısı Üzerinde Alınabilecek Tedbirler.....	40

1.5.4.	Araçlar	45
1.5.4.1.	Karayolu Tünel Güvenliğinin Artırılmasına Yönelik Araçlar Üzerinde Alınabilecek Tedbirler	45
1.6.	Tünellerde Kullanılan Güvenlik Ekipmanları.....	46
1.6.1.	Tünel Aydınlatma ve Havalandırma Sistemleri.....	47
1.6.2.	Tünel İşaretlemeleri, Acil Durum Telefonları ve Yangın Söndürücüler	51
1.6.3.	İzleme Sistemleri ve Radyo Yayınları.....	54
1.6.4.	Yükseklik Ölçüm Araçları, Meteoroloji İstasyonları ve Bariyerler	56
1.7.	Karayolu Tünellerinde Trafik Yönetimi.....	59
1.8.	Karayolu Tünel Trafik Kazaları	60
1.9.	Literatür Taraması	64
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	73
2.1.	Trabzon-Gümüşhane Karayolu	73
2.2.	Trabzon-Gümüşhane Karayolu Güzergahında Bulunan Tüneller.	74
2.3.	Trabzon-Gümüşhane Karayolunun Trafik Hacmi	79
2.4.	Trabzon-Gümüşhane Karayolunun Trans-Avrupa Kapsamı	80
2.5.	Trabzon-Gümüşhane Karayolunun Tünel Güvenliğini Etkileyen Faktörlerce Değerlendirilmesi.....	80
2.5.1.	Araçlar	80
2.5.2.	Tünel İşletimi	82
2.5.3.	Sürücüler.....	84
2.5.4.	Tünel Altyapısı.....	85
2.5.5.	Türkiye’ de Karayolu Tünel Trafik Kazaları.....	96
2.6.	Anket Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi ve Yöntem.....	106
3.	BULGULAR.....	107
3.1.	Araçlar Üzerinde Elde Edilen Bulgular.....	107
3.1.1.	Trabzon-Gümüşhane Karayolu Üzerinde Tehlikeli Madde Taşımacılığı .	107

3.2.	Sürücüler Üzerinde Elde Edilen Bulgular	115
3.2.1.	Anket Çalışmasından Elde Edilen Bulgular	115
3.2.1.1.	Cinsiyete Göre Dağılım	115
3.2.1.2.	Cinsiyet ve Yaş Grupları Arasındaki İlişki.....	115
3.2.1.3.	Eğitim Durumuna Göre Dağılım.....	116
3.2.1.4.	Meslek Durumuna Göre Dağılım.....	117
3.2.1.5.	Güzergâh Kullanım Sıklığına Göre Dağılım	118
3.2.1.6.	Güzergâh Kullanım Sıklığının, Tünel Geçişlerinde Araç Hızı Üzerindeki Etkisi.....	118
3.2.1.7.	Cinsiyet ile Tünel Geçişlerindeki Tedirginlik Hissi Arasında İlişki	119
3.2.1.8.	Tünellerde Açık Karayolundan (Aydınlıktan), Tünele (Karanlığa) ve Tünelden (Karanlıktan), Açık Karayoluna (Aydınlığa) Geçişlerdeki Görüş Problemleri İlişkisi	120
3.2.1.9.	Tünel Aydınlatmasında Kullanılan Işık Renk Tercihi	121
3.2.1.10.	Acil Durumlar Karşısında Aracınızı Bırakarak Tüneli Terk Eder Misiniz?.....	122
3.2.1.11.	Katılımcıların Düşük Şiddetli Araç Yangınları Karşısındaki Davranışları.....	123
3.2.1.12.	Katılımcıların Tünel İçi Bir Kaza veya Yangın Karşısında Davranışı.....	123
3.2.1.13.	Cinsiyet ile Kaza Durumundaki Hareket Arasındaki İlişki	124
3.2.1.14.	Katılımcıların Acil Durumlardaki Kaçış Güzergahları	124
3.2.1.15.	Katılımcıların Tünel Güvenlik Donanımı Bilgi Seviyesi	125
3.2.1.16.	Cinsiyet ile Acil Durumlar Karşısında ki Yeterlilik Hissi Arasındaki İlişki.....	126
3.3.	Tünel İşletimi Üzerinde Elde Edilen Bulgular.....	127
3.4.	Tünel Altyapısı Üzerinde Elde Edilen Bulgular	128
3.5.	Trabzon-Gümüşhane Karayolu Tünellerinde Meydana Gelen Kazalar	130
4.	TARTIŞMA	135

5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	140
6.	KAYNAKLAR	144
7.	EKLER.....	151
	ÖZGEÇMİŞ.....	161

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Trans-Avrupa Karayolu Ağının ülkemiz sınırları içinde kalan kısmı (URL-5, 2020).....	9
Şekil 1.2. Tüp ve şerit sayısı.....	14
Şekil 1.3. Tünel tüpüne paralel boşaltma güzergahı (URL-24, 2020).....	16
Şekil 1.4. Tüpler arası refüj geçidi (URL-8, 2020).....	17
Şekil 1.5. Tünel sığınma cebi	18
Şekil 1.6. Drenaj sistemi mazgalları (URL-9, 2020)	19
Şekil 1.7. Aydınlatma sistemi (normal ve tahliye aydınlatmaları) (URL-10, 2020)	20
Şekil 1.8. Tünel boyuna havalandırma sistemi (URL-11, 2020).....	21
Şekil 1.9. Acil durum istasyon dolabı (URL-12, 2020)	22
Şekil 1.10. Karayolu tüneli su deposu.....	23
Şekil 1.11. Tünel kontrol binası.....	24
Şekil 1.12. Tünel izleme sistemleri.....	24
Şekil 1.13. Tünel kapatma ekipmanları (VTS).....	25
Şekil 1.14. Karayolu tüneli elektrik dağıtım binası	26
Şekil 1.15. Karayolu tünel güvenliğine etki eden faktörler	29
Şekil 1.16. Karayolu tünellerinde kullanılan güvenlik sistemleri ve ekipmanları (URL-13, 2020).....	47
Şekil 1.17. Tünel aydınlatma sistemi (URL-14, 2020).....	48
Şekil 1.18. Tek yönlü trafik için aydınlatma bölgeleri (CIE, 1990)	49
Şekil 1.19. Tünel havalandırma Sistemi (URL-11, 2020)	50
Şekil 1.20. Tünel dışı işaretlemeler	51
Şekil 1.21. Tünel içi işaretlemeler (URL-15, 2020)	52
Şekil 1.22. Tünellerde kullanılan acil durum telefonları	53
Şekil 1.23. Karayolu tüneline tefriş edilen yangın söndürme dolabı.....	54
Şekil 1.24. Kapalı devre video izleme sistemleri (URL-16, 2020)	55
Şekil 1.25. Otomatik olay algılama tarafından tünel içinde tespit edilen bir yaya (URL-17, 2020).....	56
Şekil 1.26. Yükseklik ölçüm sistemine ait görsel.....	57
Şekil 1.27. Tünel meteoroloji istasyonu.....	58
Şekil 1.28. Bariyerler ile trafiğe kapatılmış tünel (URL-18, 2020).....	58

Şekil 2.1. Trabzon-Gümüşhane karayolu ve bağlantılı yollar üzerindeki tüneller	73
Şekil 2.2. Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan 19 adet tünelin konumları	74
Şekil 2.3. 1988-2020 yılları arası Trabzon-Gümüşhane ulaşımında toplam tüp geçit uzunluğu ve tünel sayısının yıllara göre değişimi.	75
Şekil 2.4. Trabzon-Gümüşhane karayolunun kontrol kesim numaralarında YOGT (Trafik Güvenliği Daire Başkanlığı, 2018).....	79
Şekil 2.5. Trabzon-Gümüşhane karayolunun Trans-Avrupa kapsamı (URL-5, 2020).....	80
Şekil 2.6. 2018 yılı Trabzon-Gümüşhane istikametindeki tünellerin araç türlerine göre kullanımı.....	81
Şekil 2.7. 2018 yılı Trabzon-Gümüşhane istikametindeki tünellerinin ağır taşıt yüzdeleri	82
Şekil 2.8. Kürtün Kavşağı, Köprübaşı, Torul, Taşocağı ve Mescitli Varyant 2 tünellerinin ana kontrol merkezi (URL- 24, 2020).....	83
Şekil 2.9. Kürtün Kavşağı, Köprübaşı, Torul tünellerine ait olan tek alt kontrol merkezi .	84
Şekil 2.10. 2005 ve 2018 yılları arası Türkiye geneli toplam tünel kazalarının dağılımı (EGM, 2005-2018).....	97
Şekil 2.11. 2005 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM)	97
Şekil 2.12. 2006 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM)	98
Şekil 2.13. 2007 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM)	98
Şekil 2.14. 2008 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM)	99
Şekil 2.15. 2009 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM)	99
Şekil 2.16. 2010 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM)	100
Şekil 2.17. 2011 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM)	100
Şekil 2.18. 2012 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM)	101
Şekil 2.19. 2013 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM)	101
Şekil 2.20. 2014 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM)	102
Şekil 2.21. 2015 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM)	102
Şekil 2.22. 2016 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM)	103
Şekil 2.23. 2017 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM)	103
Şekil 2.24. 2018 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM)	104

Şekil 3.1. Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan uzunluğu 1000 metre üzeri olan tünellerin konumları	108
Şekil 3.2. Şehit Eren Bülbül Tüneli için Gümüşhane istikametinde önerilen alternatif güzergâh	109
Şekil 3.3. Şehit Eren Bülbül Tüneli için Trabzon istikametinde önerilen alternatif güzergâh	109
Şekil 3.4. Yeni Maçka Tüneli için Trabzon ve Gümüşhane istikametinde önerilen alternatif güzergâh	110
Şekil 3.5. Zigana Tüneli için Trabzon istikametinde önerilen alternatif güzergâh	110
Şekil 3.6. Zigana Tüneli için Gümüşhane istikametinde önerilen alternatif güzergâh	111
Şekil 3.7. Yeni Zigana Tünelinin ulaşım kazandırılması sonrası (URL-23, 2020)	112
Şekil 3.8. Torul Tüneli için Gümüşhane istikametinde önerilen alternatif güzergâh	112
Şekil 3.9. Torul Tüneli için Trabzon istikametinde önerilen alternatif güzergâh.....	113
Şekil 3.10. T1 Maçka ve T2 Maçka tünellerinin konumları	113
Şekil 3.11. Mescitli Varyant Tünelinin konumu	114
Şekil 3.12. Katılımcılarının cinsiyete göre dağılımları	115
Şekil 3.13. Katılımcıların yaş gruplarının yüzdesel dağılımı	116
Şekil 3.14. Katılımcıların eğitim durumuna göre dağılımları	117
Şekil 3.15. Katılımcıların meslek gruplarına göre dağılımı	117
Şekil 3.16. Katılımcıların güzergâh kullanım sıklığı dağılımı	118
Şekil 3.17. Hangi renkte ışık kullanılması kendinizi güvende hissettirir?	121
Şekil 3.18. Aracınızı bırakarak tüneli terk etmek ister misiniz?	122
Şekil 3.19. Tünelden kaçmak istediğinizde kaçış güzergâhınız ne olur?.....	125
Şekil 3.20. Katılımcıların tünel güvenlik donanımı bilgi seviyeleri.....	126
Şekil 3.21. 2005 ve 2018 yılları arasında meydana gelen kazaların tek ve çift yön yüzdesi	133
Şekil 3.22. 2005 ve 2018 yılları arasında meydana gelen kazalara karışan araçların dağılımı	134
Şekil 4.1. Yeni Maçka Tünelinde New jersey ile kapalı refüj geçidi (a) ve bağlantı yolları (b).....	138
Şekil 4.2. Zigana tüneli Gümüşhane istikameti çıkış portalında bulunan kurplu kesim.	139
Şekil 5.1. Bağışlı tüneli aydınlatma (a) ve Trabzon istikameti giriş portalı (b)	141
Şekil 5.2. Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan izleme sistemi bulunmayan tüneller.....	143

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Türkiye’ de 2003 yılı öncesi ve sonrası tünellerin tüp sayısı ve uzunlukları	4
Tablo 1.2. Türkiye’ de 2018 yılı itibariyle tünellerin tüp sayısı ve uzunlukları.....	4
Tablo 1.3. Devlet ve il yolları üzerindeki trafiğe açık tünellerin bölgelerine göre dağılımı (KGM, 2019).	6
Tablo 1.4. Trans-Avrupa Karayolu Ağı üzerindeki tüneller için minimum güvenlik gereksinimleri (2004/54/EC, 2009).	11
Tablo 1.5. Trans-Avrupa Karayolu Ağı üzerindeki tüneller için minimum güvenlik gereksinimleri (2004/54/EC, 2009).	12
Tablo 1.6. Trans-Avrupa Karayolu Ağı üzerindeki tüneller için minimum güvenlik gereksinimleri (2004/54/EC, 2009).	13
Tablo 1.7. Avrupa direktifinde trafik yönetim ekipmanı için tünel sınıflandırması (URL-20, 2020)	59
Tablo 1.8. 1980-2010 yılları arasında meydana gelen büyük tünel kazaları (Vianello vd., 2012).	61
Tablo 1.9. Tünel yangınları özeti (URL-21, 2020).	64
Tablo 2.1. Trabzon-Gümüşhane istikametinde kullanılan tüneller.....	76
Tablo 2.2. Gümüşhane-Trabzon istikametinde kullanılan tüneller.....	78
Tablo 2.3. Trabzon-Gümüşhane karayolu kontrol kesim noktalarında YOGT (Trafik Güvenliği Daire Başkanlığı, 2018).	79
Tablo 2.4. Şekil 2.6’da ve Şekil 2.7’de verilen tünellerin isimleri	81
Tablo 2.5. Trabzon-Gümüşhane karayolu tünellerinin kontrol merkez durumları.....	83
Tablo 2.6. Türkiye genelinde trafik kazaları kusur oranları (TÜİK).	84
Tablo 2.7. Trabzon-Gümüşhane karayolunda uzunluğu 500 metre üzeri olan tüneller.....	85
Tablo 2.8. Şehit Eren Bülbül Tüneli	86
Tablo 2.9. Yeni Maçka Tüneli	87
Tablo 2.10. T1 Maçka Tüneli	88
Tablo 2.11. T2 Maçka Tüneli	89
Tablo 2.12. Zigana Tüneli	90
Tablo 2.13. Kürtün Kavşak Tüneli	91
Tablo 2.14. Köprübaşı Tüneli.....	92
Tablo 2.15. Torul Tüneli	93

Tablo 2.16. Taşocağı Tüneli.....	94
Tablo 2.17. Mescitli Varyant 2 Tüneli	95
Tablo 2.18. Bağışlı Tüneli.....	96
Tablo 2.19. Türkiye geneli tehlikeli madde taşınmasının yasak olduğu otoyol tünelleri (URL-22, 2020).	105
Tablo 2.20. Türkiye geneli tehlikeli madde taşınmasının yasak olduğu devlet yolu tünelleri (URL-22, 2020).....	105
Tablo 3.1. Trabzon-Gümüşhane karayolu uzunluğu 1000 metre üzeri olan tüneller	108
Tablo 3.2. Cinsiyet-Yaş gruplarına göre dağılım	116
Tablo 3.3. Tünel girişlerine yaklaştığınızda araç hızını düşürüyor musunuz?	119
Tablo 3.4. Tünel girişine yaklaştığınızda tedirginlik hissediyor musunuz?	119
Tablo 3.5. Aydınlıktan karanlığa geçişlerde görüş problemi yaşıyor musunuz?	120
Tablo 3.6. Karanlıktan aydınlığa geçişlerde görüş problemi yaşıyor musunuz?.....	120
Tablo 3.7. Acil durumlarda aracınızı bırakarak tüneli terk etmek ister misiniz?	122
Tablo 3.8. Aracınızda düşük şiddete bir yangın meydana gelmesi durumunda ne yaparsınız?.....	123
Tablo 3.9. Bir kaza veya yangın ile karşılaşmanız durumunda davranışınız ne olur?....	124
Tablo 3.10. Tünellerde yaşayabileceğiniz trafik kazası durumunda nasıl hareket edersiniz?.....	124
Tablo 3.11. Tünellerde yaşanabilecek kaza veya yangın olaylarında nasıl hareket edilmesi konusunda kendinizi yeterli görüyor musunuz?	127
Tablo 3.12. Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan uzunluğu 500-1000 metre arası olan tüneller	129
Tablo 3.13. Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan uzunluğu 1000-3000 metre arası olan tüneller	130
Tablo 3.14. Trabzon-Gümüşhane karayolu üzerinde bulunan tünellerde 2005 ve 2018 yılları arasında meydana gelen kazalar (EGM, 2005-2018).....	131
Tablo 3.15. 2005 ve 2018 yılları arasında meydana gelen tünel kazalarının tek ve çift yön karşılaştırması	132
Tablo 3.16. Tek ve çift yönlü tünellerde meydana gelen kazaların yaralı ve ölü sayısı	133

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

d	: Olayın görülme sıklığına göre kabul edilen örnekleme hatası
n	: Örneklem büyüklüğü
p	: İncelenecek olayın görülme sıklığı
t	: Belli bir anlamlılık düzeyi ile t tablosundan bulunan teorik değer
q	: İncelenecek olayın görülmemesi sıklığı
AB	: Avrupa Birliği
AID	: Otomatik Olay Algılama
AKM	: Alt Kontrol Merkezi
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
BSK	: Bitümlü Sıcak Karışım
CCTV	: Kapalı Devre Video Sistemleri
CIE	: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
CO	: Karbon monoksit
CRISS	: Üniversiteler Arası Karayolu Güvenliği Araştırma Merkezi
EGM	: Emniyet Genel Müdürlüğü
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
K.K.NO	: Kontrol Kesim Numarası
NATM	: Yeni Avusturya Tünel Metodu
NO _x	: Azot Oksit
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı
OTSS	: Otomatik Taşıt Sınıflandırma Sayımları
PIARC	: Yol Kongrelerinin Daimi Uluslararası Birliği
RABT	: Alman Tünel Yönetmeliği
TAG	: Tarsus-Adana-Gaziantep Otoyolu
TEM	: Trans-Avrupa Kuzey-Güney Otoyolu Projesi
TEN-T	: Trans-Avrupa Ulaşım Şebekesi
TINA	: Türkiye Ulaşım Alt Yapısının için Teknik Yardım Projesi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

TRANS/AC	: Karayolu Tünelleri Uzmanlar Grubu Tavsiyeleri Nihai Raporu
UNECE	: Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu
VMS	: Değişken Mesaj İşaretleri
VTs	: Değişken Trafik İşaretleri
YA	: Yol Ayrımı
YOGT	: Yıllık Ortalama Günlük Trafik Sayısı
96/96/EC	: Motorlu Taşıtlar İçin Yol Uygunluk Testleri

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Karayolu tünelleri, karayollarının tamamlayıcı ve önem arz eden önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Gelişen ve artan dünya nüfusu, ülke içi ve ülkeler arası ticaret ilişkilerini artırmış, bu da karayolu ağında çok hızlı bir artışa neden olmuştur. Bu yol ağlarının engebeli coğrafi kesimleri bünyesinde barındırması ve elverişsiz iklim koşullarında yaşanan olumsuzluklar, karayolu tünellerinin önemini gittikçe artırmıştır.

Tüneller, dağlık alanların kolaylıkla geçilmesine imkân vermesi, çevresel etkileri, zamanı ve ulaştırma maliyetlerini aynı anda en aza indiren kısa trafik bağlantıları oluşturdukları için hem şehir içi hem de şehirlerarası yollar için hayati bir öneme sahiptir (Ntzeremes ve Kirytopoulos, 2019). Karayolu tünel yapım teknolojisinin gelişmesi ve karayolu geometrik standartlarının artmasıyla birlikte ülkemizde ve dünyada karayolu tünel sayısında ciddi bir artış meydana gelmiştir. Bu artışlarla birlikte, özellikle Avrupa' nın bazı ülkelerinde meydana gelen karayolu tünel kazaları sonucu yaşanan toplu can kayıpları, kaza sonucu ulaşımın aksaması ve onarım çalışmalarının yüksek maliyetleri gibi sebeplerden dolayı karayolu tünel güvenliği konusu, gündeme daha sık gelmeye başlamıştır. Ayrıca mega kentler genişlemeye ve gelişmeye devam ettikçe (İstanbul gibi), büyümeleri, sınırlı arazi alanı ile kısıtlanır. Bu sınırlamanın üstesinden gelmek ve trafiğin duraklama olmadan hızlı bir şekilde akmasını sağlamak için özellikle şehir içi ulaşımında yeraltının çok sık kullanılmaya başladığı görülmektedir (Haack, 2002; Yeung vd., 2013). Gerek şehir içi gerekse şehirlerarası yeraltı yol sistemleri daha yaygın hale geldikçe, sürücüler sürüş sürelerinin büyük bir bölümünü karayolu tünellerinde geçirmeye başlayacaklardır. Dolayısı ile sürücülerin tünellerde rahat ve güvenli bir şekilde araba kullanabilmelerini sağlamak giderek daha da önemli hale gelmiştir.

Ülkemizde diğer ülkelerdeki gibi yüksek ölüm oranlı, karayolu tünel kazaları (2003 yılında Erzincan'da meydana gelen tünel kazası hariç, 27 ölü) çok fazla meydana gelmemiştir (Çubuk vd., 2007). Fakat tünel sayısının ve kilometresinin giderek artmasıyla, karayolu tünellerinde ölümlü, yaralanmalı ve maddi hasarlı kazalar, daha fazla meydana gelmeye başlamıştır. Yaşanan bu kazalar sonucu, yüksek ölüm oranlı kazaların meydana

gelebileceği göz önünde bulundurularak karayolu tünel güvenliğini ve bu güvenliği etkileyen faktörleri ele alıp değerlendirmek gerekmektedir.

Bu tezin amacı; Trans-Avrupa karayolu ağının yaklaşık 100 km' lik kısmını kapsayan Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında bulunan 19 adet tünelin, Trans-Avrupa minimum güvenlik gereksinimleri doğrultusunda ve tünel güvenliğine etki eden faktörlerce incelemektir. Ayrıca ülkede artan tünelli geçişler ile bu tünellerde meydana gelen kazalar birlikte ele alınıp incelenecektir. Yine Trabzon-Gümüşhane karayolunu kullanan sürücülerin mevcut tünellerde olası kaza durumlarındaki davranışları ve sürüş tavırları incelenilecektir. Böylelikle hem mevcut şartlar ele alınıp genel bir değerlendirme yapılacak hem de olası bir kaza durumu için çeşitli önerilerde bulunulacaktır.

Bu doğrultuda çalışma aşağıda verilen 3 bölümden oluşmaktadır;

- Birinci bölümde, karayolu tünel güvenliğinin Avrupa' da ki ve ülkemizdeki durumu ele alınacaktır. Karayolu tünel güvenliği sürücüler, araçlar, tünel işletimi ve tünel altyapısı kriterlerince değerlendirilecektir. Ayrıca literatürde bu anlamda yapılan çalışmalar incelenecektir.
- İkinci bölümde, Trabzon-Gümüşhane karayolu tanıtılarak, güzergâh üzerinde bulunan tüneller, tünel güvenliğine etki eden faktörlerce değerlendirilerek, bu tünellerde meydana gelen kazalar incelenecektir. Ayrıca Trabzon-Gümüşhane karayolunu kullanan sürücülerin düşünce, bilgi ve davranışları anket çalışması yapılarak ölçülecek ve farklı olası kaza senaryoları altında incelenecektir,
- Üçüncü bölümde, ikinci bölümde yapılan çalışmaların değerlendirilmesi ve elde edilen bulgular yardımıyla Trabzon-Gümüşhane karayolunun mevcut durumu ortaya konarak hem tünel güvenliği hem de yol kullanıcıları için önerilerde bulunulacaktır.

1.2. Tüneller ve Tarihçesi

Tüneller, karayollarının bütünleyici bir bölümüdür ve yeraltına kazılarak inşa edilen sanat yapılarıdır (Teke, 2012). Tüneller, kesitin genişliğine ve yüksekliğine göre eksenel olarak uzatılmış belirli bir uzunluğa sahip, yapılar olarak tanımlanabilirler (Oka vd., 2016). Doğal engellerle ayrılmış yerler arasındaki, karayolu ve demiryolu bağlantılarını

hızlandırmak ve minimum yerel çevre etkisi ile yerleşim alanlarda trafik sıkışıklığını azaltmak için inşa edilen karmaşık mühendislik yapılarıdır (Vianello vd., 2012).

İlk Avrupa demiryolu tünelleri 150 yıl önce ve ilk yeraltı sistemleri 19. yüzyılın sonuna doğru inşa edilmiştir (Haack, 2002). Türkiye’ de karayolu tünel yapımı ise 1950’ li yıllara dayanmaktadır. İlk olarak yapılan bu tüneller, ulaşım istenen mesafeyi kısaltmak için değil de doğal afetlerin (heyelan, çığ düşmesi, vd) etkilerinden korunmak amacıyla yapılmışlardır (örneğin eski Zigana Tüneli). Türkiye’de 1980’ lerin sonlarında otoyolların yapımı hız kazanmış özellikle tünelcilikte yeni ekipman ve Yeni Avusturya Tünel Metodu (NATM) gibi teknolojik gelişmeler ile altyapı inşaatlarında daha başarılı olunmaya başlanmıştır. Tünelcilikte yaşanan bu gelişmeler Karayolları Genel Müdürlüğü’ nü (KGM) ve yüklenici firmaları cesaretlendirmiştir. Böylelikle daha büyük projelerin hayata geçirilmesi konusunda güven kazanılmıştır. Ülkemizde otoyollarda tek yönlü (çift tüp) tünel yapımına 1990’ lı yıllarda başlanmıştır. Otoyol tünellerinden elde edilen teknikler ve elektromekanik sistemlerde kazanılan tecrübelerden devlet ve il yollarındaki tünel yapımlarında da yararlanılmaya başlanılmıştır.

Tüneller, yeni veya mevcut karayolu ağlarının geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır ve Türkiye’ deki karayolu tünellerinin sayısı son yıllarda giderek artmıştır. Bu artışta hem Kuzey-Güney Anadolu aksımızdaki yol ağlarının gelişimi hem de tünel inşaat maliyetlerinin giderek azalması (Mashimo, 2002) önemli rol oynamıştır. Ayrıca tünelli geçişlerin topoğrafik olarak erişilebilirlik üzerinde olumlu bir etki yarattığı, ekonomik büyümeye fayda sağladığı ve hareketliliği güçlendirdiği düşünülmektedir (Ntzeremes ve Kirytopoulos, 2019).

Tüneller, dağlık alanların kolaylıkla geçilmesine imkân vererek, çevresel etkileri, zamanı ve ulaştırma maliyetlerini aynı anda en aza indiren, kısa trafik bağlantıları oluşturdukları için ulaşımın çok önemli bir parçası haline gelmişlerdir (Ntzeremes ve Kirytopoulos, 2019). Karayolu ulaşımı, bölgeler arası uyumu güçlendirmede önemli bir faktördür. Yurt sathına eşit şekilde yayılmış bir ulaşım ağı, tüm bölgeleri ve tüm şehirleri birbirine bağlama konusunda yüksek düzeyde esneklik sağlayacaktır. Böylelikle hem iç hem de dış pazarın artmasına, bu da ekonomik büyümenin artırılmasına önemli bir katkı sağlayacaktır. Ülkemizde bölünmüş yollar politikası ve Karadeniz sahil yolu projesiyle ulaşım kazandırılan birçok tünel, Avrupa Birliği (AB) tünel güvenlik standardına göre yapılmıştır. 2000’ li yılların başlarında beş km ve üzeri tünel projeleri gündemde iken 2010

yılı sonrası 10 km ve üzeri tünellerin projeleri ulaşım hızla kazandırılmaya başlanmıştır (Ünal, 2015).

Türkiye’ de, 2003-2018 yılları arasında; toplam uzunluğu 410 km olan 274 adet karayolu tüneli ulaşım kazandırılmıştır. 2003 yılı öncesinde ülkede çift tüp olarak toplam uzunluğu 50 km olan 83 adet tünel mevcutken, 2003-2018 yılları arasında ulaşım kazandırılan 410 km tüp uzunluğu ile yaklaşık 8.2 kat artarak tüneller 460 km uzunluğa erişmiştir. Ülke genelinde toplam karayolu tünel uzunluğu olan, 460 km’ nin; 102 km’ si 204 adet tek tüp, 357 km’ si 153 adet çift tüpten oluşmaktadır. (Toplamda tek tüp uzunluk 460 km’ dir). 2018 yılı toplam tüp uzunluğu 27.4 km olan 16 adet tünel daha ulaşım kazandırılmıştır. Ulaşım kazandırılan bu son tüneller ile birlikte Cumhuriyetin ilanından 2003 yılına kadarki 80 yıllık süreçte ulaşım kazandırılan toplam karayolu tünel uzunluğunun yaklaşık iki katı, son iki yıl içerisinde ulaşım kazandırılmıştır. 2023 yılına kadar geliştirilen politikalar neticesinde, karayolu ağıımız üzerinde toplam uzunluğu 700 km olan 470 adet tünelin, ulaşım kazandırılması planlanmaktadır (URL-26, 2020). Tablo 1.1’ de Türkiye’ de 2003 yılı öncesi ve sonrası tünel uzunlukları, tablo 1.2’ de ise 2018 yılı itibariyle tünellerin tüp sayısı ve uzunlukları görülmektedir.

Tablo 1.1. Türkiye’ de 2003 yılı öncesi ve sonrası tünellerin tüp sayısı ve uzunlukları

Yıllar	Tüp Adeti	Uzunluk (km)
2003 öncesi	83	50
2003-2018	274	410

Tablo 1.2. Türkiye’ de 2018 yılı itibariyle tünellerin tüp sayısı ve uzunlukları

Tüp Sayısı	Adet	Uzunluk (km)
Tek Tüp	204	102
Çift Tüp	153	357

1.3. Tünel Güvenliği

Türkiye’ de KGM’ nin tüneller konusunda iki önemli çalışması bulunmaktadır. Bu çalışmalardan ilki, ‘Tünel İşletme ve Bakımı Tasarısı’ diğeri ise ‘Tünellerin Asgari Güvenlik Gereksinimlerine İlişkin Proje Kriterlerin Belirlenmesi’ konusunda komisyon tarafından sunulan rapordur (Ünal, 2015). KGM’ nin 2005 tarihli genelgesi, dünya çapında aşağıdaki kaynakları referans alarak oluşturulmuştur;

- Avrupa Parlamentosu ve Konseyi’ nin 29.04.2004 tarih ve 2004/54/EC sayılı Trans-Avrupa Karayolu Ağı Tünelleri İçin Minimum Güvenlik Gereksinimleri,
- Tüneller İçin Acil Durum Tesisleri Şartnamesi (Japonya, 1997),
- UNECE-Karayolu Tünelleri Uzmanlar Grubu’ nun Tavsiyeleri Nihai Rapor (TRANS/AC.7/9, 2001),
- PIARC Tünellerde Yol Güvenliği (1995),
- Avusturya Planlama Kılavuzu,
- CIE (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) (Ünal, 2015).

Yayımlanan bu genelgede, karayolu ağında bulunan tüneller için minimum güvenlik gereksinimlerinden biri olan tünel altyapı önlemleri üzerine durulmuştur. Bu genelgede yer almayan konular için referans alınan ilgili standartların maddelerinden yararlanma kararı alınmıştır. Yayımlanan bu genelge ile özellikle yapılacak olan karayolu tünellerinde güvenliğin artırılması hedeflenmiştir (Ünal, 2015). KGM, 2015 yılında bu bilgiler doğrultusunda resmi gazetede ‘Tünel İşletme Yönetmeliği’ni yayımlamıştır (URL-1, 2020).

Tablo 1.3’ te 2019 yılına kadar ulaşım kazandırılmış devlet ve il yolları üzerindeki trafiğe açık karayolu tünellerinin bölgelere göre dağılımı gösterilmektedir (KGM, 2019).

Tablo 1.3. Devlet ve il yolları üzerindeki trafiğe açık tünellerin bölgelerine göre dağılımı (KGM, 2019).

Bölge No/İsmi	Tünel Adedi		Toplam Tünel Adedi	0-500 Metre Arası Tüneller (Adet)	500- 1000 Metre Arası Tüneller (Adet)	1000- 2000 Metre Arası Tüneller (Adet)	2000- 3000 Metre Arası Tüneller (Adet)	3000 Üzeri Tüneller (Adet)	Tek Tüp Uzunluk (Metre)	Çift Tüp Uzunluk (Metre)		Toplam Uzunluk (Metre)
	Tek Tüp	Çift Tüp								Sol Tüp Uzunluk	Sağ Tüp Uzunluk	
2.İzmir		4	4	2		1		1		6287	6310	12597
3.Konya	1	1	2	2					457	402	402	1261
5.Mersin	1	16	17	5	5	5	2		225	16006.40	16064.90	32296.30
7.Samsun	33	18	51	28	11	8	2	2	18401.85	19389.90	19457.60	57249.35
8.Elazığ	2	7	9	6	1	2			816	5229	5076	11121
9.Diyarbakır	1		1	1					66			66
10.Trabzon	112	38	150	79	38	26	3	4	60318.14	58378	59354	178050.10
11.Van	12	3	15	11	1	2	1		6162.90	2334	2365	10861.90
12.Erzurum	4	2	6	2	3	1			2267.50	1036	1049	4352.50
13.Antalya	10	3	13	7	1	5			5996.04	2400	2294	10690.04
14.Bursa	1	2	3		2		1		607	3305	3219	7131
15.Kastamonu	34	6	40	30	6	3		1	11025	8937	9128	29090
16.Sivas	5	1	6	6					1362	330	330	2022
Toplam	216	101	317	179	68	53	9	8	107704.43	124034.30	125049.50	356788.30

Avrupa’ da 2000’li yıllarda peş peşe yaşanan önemli karayolu tünel kazaları; 1999 yılında Fransa-İtalya arası yer alan Mont Blanc Tünel kazası 39 ölüm, 1999 yılında Avusturya Tauern Tünel kazası 12 ölüm ve 2001 yılında İsviçre Gotthard Tüneli kazası 11 ölüm ile sonuçlanmıştır (De Lathauwer, 2006). Yaşanan bu üzücü kazalar neticesinde meydana gelen çok fazla can kaybı, Avrupa’ da tünel güvenliği üzerine yeni politikalar geliştirme ihtiyacı oluşturmuştur.

Avrupa Birliği Komisyonu; Avrupa ulaşım ağındaki tıkanıklıkların giderilmesi, ticaret ağının ve ekonominin geliştirilmesi, ulaşımdan kaynaklı çevreye salınan fosil yakıt kaynaklı zararlı partiküllerin azaltılması vb. gibi nedenlerden ötürü 12 Eylül 2001 tarihinde, 2010 için Avrupa Ulaştırma Politikası: Beyaz Kitap’ ı yayımlamıştır. Ulaşım Beyaz Kitabı, ulaşım ile ilgili mevcut durumu gerçekçi bir yaklaşımla değerlendirerek, 2001-2010 yılları arası AB vatandaşlarının ihtiyaç ve taleplerini dikkate alan bir ulaştırma stratejisinin uygulanmasına yönelik, 60 maddelik önlem önerisinde bulunmuştur. Beyaz Kitap dört bölümden oluşmaktadır, bunlar sırasıyla aşağıda özetlenmiştir;

- Farklı taşımacılık alanları arası dengenin sağlanması,
- Taşımacılıkta karşılaşılan darboğazların ortadan kalkması,
- Taşımacılıkta kullanıcıları, ulaşım politikasının merkezine yerleştirmek,
- Ulaşımın küreselleşmesini yönetmektir (URL-2, 2020).

Ulaşım Beyaz kitabında ‘Tünellerde Güvenliği Artırma’ başlığı altında, uzun tünellerde güvenlik, Trans-Avrupa karayolu ağının geliştirilmesinde hayati önem taşıyan bir unsur olarak belirtilmiştir. Kitapta örnek olarak verilen karayolu ve demiryolu tünellerinden bazıları; Fransa ve İspanya ülkeleri arasındaki Somport Tüneli (8 km), Danimarka ve İsveç ülkeleri arasındaki demiryolu / karayolu bağlantısı, Lyon – Turin Transalpin demiryolu bağlantısı, Brenner Projesi ve Bologna-Floransa (90 km'nin 60 km' si tüp geçitli) arası yüksek hızlı tren hattının inşaatıdır (URL-2, 2020).

Ülkelerin benimsedikleri tünel güvenlik standartları farklılık göstermektedir. Bazı Avrupa ülkelerinde tünel güvenliği üzerine oluşturulmuş standartlar bulunmasına karşın, bazı ülkelerin yüzeysel bazı ülkelerin ise hiçbir standartta bulunmamaktadır. Avrupa Birliği, tünel güvenliğini artırmak için teknik ve işletim konularında tüm üye ülkelere yardımcı olmayı taahhüt etmiştir. Dolayısı ile Avrupa yol ağı güvenlik gereksinimlerini karşılayacak ortak bir standart ihtiyacı doğmuştur (URL-2, 2020).

1.4. Trans-Avrupa Yol Ağı ve Türkiye

AB üyesi ülkelerin ulaşım, telekomünikasyon ve enerji altyapılarını birbirine bağlayacak bir Trans-Avrupa Şebekesinin (Trans-European Network-TEN) geliştirilmesi konusu, 1992 tarihli Maastricht Antlaşmasında bir başlık olarak yer almıştır. Böylece, açık ve rekabet edebilir bir pazar sisteminin oluşturulması amacıyla ulusal ve bölgesel altyapı şebekelerinin birbirlerine bağlanması, karşılıklı işletilebilir hale getirilmesi, kopuk bağlantıların tamamlanması, tıkanıklıkların giderilmesi ve adaların, kara ile kuşatılmış alan bölgelerin merkezi bölgelere bağlanması hedeflenmiştir. Ulaşım alanında daha geniş bir Avrupa yaratılması amacıyla, Avrupa ana ulaşım akslarının AB' ye komşu ülke ve bölgelere uzatılmasını hedefleyen, bu bağlamda Avrupa'dan Ortadoğu, Kafkasya, Orta Asya ve Güneydoğu Asya' ya uzanan koridorları tespit eden çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar neticesinde 2005 yılı kasım ayında yayımlanan raporda, AB' nin büyük ulaşım akslarının komşu ülkelere uzatılmasına yönelik ortak menfaate dayalı ulaşım bağlantı-projeleri belirlenmiş ve idari anlamda tedbirler ortaya konmuştur. Yapılan çalışmalara, AB' ye komşu 26 ülke, 25 AB üyesi ülke ile Bulgaristan ve Romanya katılmıştır. Ülkemiz söz konusu çalışmada, Bulgaristan ve Romanya gibi AB' ye aday ülke olarak değil, İsrail, Libya, Mısır, Tunus ve Gürcistan gibi diğer 26 ülkeyle birlikte AB' ye komşu ülke kategorisinde değerlendirilmiştir (URL-3, 2020).

Ülkemizin Trans-Avrupa Ulaşım Şebekesine (TEN-T) eklenmesi ile 2 Aralık 2005 tarihinde Ulaşım Altyapı İhtiyaçlarının Değerlendirilmesi (TINA) çalışmaları başlatılmış ve çalışma 2007 Mayıs ayında tamamlanmıştır. 10 Temmuz 2008 tarihinde Yüksek Planlama Kurulu kararı ile 'Nihai Rapor' onaylanmıştır. Şekil 1.1' de Trans-Avrupa Karayolu Ağının ülkemiz sınırları içinde kalan kısmı görülmektedir (URL-4, 2020).



Şekil 1.1. Trans-Avrupa Karayolu Ağı'nın ülkemiz sınırları içinde kalan kısmı (URL-5, 2020).

2011 yılı itibariye üye ülkelerdeki toplam uzunluğu 24931 km olan Trans-Avrupa Kuzey-Güney Otoyolu Projesinin (TEM), ülkemiz sınırlarında 2019 yılı rakamları ile toplam uzunluğu yaklaşık olarak 6940 km' dir. Bu uzunluk toplam TEM yol ağına oranlandığında yaklaşık %28' lik kısma denk gelmektedir. TEM yol ağı, ülkemiz sınırlarında Kapıkule sınır kapısından başlayıp, doğuda Sarp-Gürbulak sınır kapılarına ve güneyde Cilvegözü-Habur sınır kapılarına ulaşmaktadır (URL-6, 2020).

1.4.1. Trans-Avrupa Karayolu Ağı Tünelleri için Minimum Güvenlik Direktifi

Avrupa Birliği sınırları içerisinde bulunan karayolu tünellerinde meydana gelen kazalar neticesinde yaşanan can kayıpları sonrası, ulaşım alanından sorumlu Avrupa Komisyon başkan yardımcısı Loyola de Palacio şu açıklamayı yapmıştır (Çubuk vd., 2007);

"Son yıllarda meydana gelen tünel kazalarında aslında kurtarılabilecek pek çok insan hayatı kaybedilmiştir. Avrupa Birliği, tüm Avrupa ekonomisinin işlerliği ve gelişmesi konusundaki belirleyici rolünü üstlenebilmek için, yüksek güvenlik seviyesini sağlamak sorumluluğundadır".

Bu sorumluluk doğrultusunda, Avrupa Birliği Komisyonu; 30 Aralık 2002 tarihinde, Trans-Avrupa karayolu bünyesinde bulunan tüneller için minimum güvenliğin sağlanabilmesi amacıyla Avrupa Parlamentosu ve AB Konseyine direktif teklifini sunmuştur (Çubuk vd., 2007). Direktifin gerekçesi olarak, özellikle son yıllarda oldukça birbirine yakın zamanlarda yaşanan kazalar ve dolaylı zararları gösterilmiştir.

Bunlar özetle;

- Gotthard' da 11, Mont Blanc' de 39 ve Tauern' de 12 insanın hayatını yitirmesi,
- Tünel yangınlarının, onarımı dâhil maliyetinin 210 milyon Euro/yıl olması,
- Tünellerin kaza sonrası geçici olarak trafiğe kapatılmasından kaynaklanan dolaylı maliyetler (örneğin Mont-Blanc tünel kazası sonucu, sadece İtalya için bu miktar yıllık 300-450 milyon Euro),
- Geçici olarak kapanan tüneller; ulaşım bedellerinin yükselmesine, rekabet gücünün azalmasına, daha uzun yolculukların yapılmasına ve çevre kirliliğinin artmasına yol açmaktadır (Çubuk vd., 2007).

Bu komisyonun, karayolu tünel güvenliğini artırmak için verdiği teklif ile konu iki kısımda ele alınmıştır. Birinci kısımda karayolu tüneline kullanan insanların güvenliğini artırmak, tünel altyapı ve işletimi konuları üzerinde durulmuştur. İkinci kısımda özellikle yangınların ulaşım üzerindeki kısıtlamaları üzerinde durulmuş, kapasiteye uygun güzergahlar üzerinde çalışılacağı bildirilmiştir (Çubuk vd., 2007).

Komisyon, 29 Nisan 2004 tarihinde Ek-1' de verilen 2004/54/EC sayılı direktifi kabul etmiştir. Bu direktif doğrultusunda Trans-Avrupa karayolu tünel güvenliğini artırmak için optimum güvenlik kriterleri belirlemiştir (Çubuk vd., 2007). Trans-Avrupa minimum güvenlik gereksinimleri yapısal ve işletme olarak iki kısımda ele alınabilir.

1.4.1.1. Yapısal Gereksinimler

Avrupa Birliği direktifleri kapsamında karayolu tünellerinde bulunması gereken yapısal gereksinimler; tüp ve şerit sayısı, acil yaya yolu, acil çıkış, çapraz bağlantılar, aydınlatma sistemi, havalandırma sistemi, tünel izleme sistemleri, vb. dir (Teke, 2012). Tablo 1.4-1.6' da görüleceği üzere kriterler; tünel uzunluğu ve şerit başına düşen araç sayısı 2000 taşıt/günün altı ve üstü olarak ayrılmıştır. Tablo 1.4-1.6' dan da anlaşılacağı üzere bazı kriterler aşağıdaki gibi belirlenebilir;

- Şerit başına düşen araç sayısının 2000 taşıt/günün altı ve 2000 taşıt/günün üstü olan tünellerde eğimin, istisnalar hariç %5' in altında olması zorunluluğu,
- En az 500 metrede bir acil çıkış olması kriterinin; şerit başına düşen araç sayısının 2000 taşıt/günün altı olan tünellerde zorunlu olmadığı,
- En az 500 metrede bir acil çıkış olması kriterinin; şerit başına düşen araç sayısının 2000 taşıt/günün üstü olan tünellerde zorunlu olması gibi.

Tablo 1.4. Trans-Avrupa Karayolu Ağı üzerindeki tüneller için minimum güvenlik gereksinimleri (2004/54/EC, 2009).

MİNİMUM GEREKSİNİMLERİN ÖZETİ ● tüm tüneller için zorunludur ◇ zorunlu değildir * istisnalar ile zorunludur ■ önerilmektedir			Trafik ≤ 2000 taşıt/şerit		Trafik > 2000 taşıt/şerit			Uygulama konusunda zorunlu ilave koşullar veya öneriler
			500-1000 m	> 1000 m	500-1000 m	1000-3000 m	> 3000 m	
Yapısal Önlemler	2 veya daha fazla tüp	2.1						15 yıllık trafik tahmini > 10000 taşıt/şerit ise zorunludur.
	Eğimler ≤ 5%	2.2	*	*	*	*	*	Coğrafi açıdan mümkün ise zorunludur.
	Acil Yaya Yolu	2.3.1 2.3.2	*	*	*	*	*	2.3.1'deki şart ile ilgisi olmadıkça, acil durum şeridinin olmadığı yerlerde zorunludur. Mevcut tünellerde acil durum şeridi veya acil yaya yolu mevcut değilse ilave önlemler alınacaktır.
	En az 500 m' de Acil çıkışlar	2.3.3 — 2.3.9	◇	◇	*	*	*	Mevcut tünellerdeki güvenlik çıkışı uygulaması durum bazında değerlendirilecektir.
	Acil hizmetler için en az her 1500 m.de çapraz bağlantılar	2.4.1	◇	◇/●	◇	◇/●	●	1 500 m'den uzun çift tüplerde zorunludur.
	Her bir tünel girişinin dışında refüj geçidi	2.4.2	●	●	●	●	●	Coğrafi açıdan mümkün ise, çift tüp veya çok-tüplü tünellerin dışında zorunludur.
	En az her 1000 m.de cep	2.5	◇	◇	◇	◇/●	◇/●	Acil durum şeridi bulunmayan 1 500 m> yeni iki-yönlü tünellerde zorunludur. 1 500 m.> mevcut iki yönlü tünellerde: analize bağlıdır. Yeni ve mevcut tünellerin her ikisinde de, kullanılabilir ekstra tünel genişliğine bağlıdır.
	Yanıcı ve zehirli sıvılar için drenaj	2.6	*	*	*	*	*	Tehlikeli madde taşımacılığına izin verilen yerlerde zorunludur.
	Yapıların ateşe dayanıklılığı	2.7	●	●	●	●	●	Yerel bir çökmenin felaketli sonuçlar yaratabileceği yerlerde zorunludur.

Tablo 1.5. Trans-Avrupa Karayolu Ağı üzerindeki tüneller için minimum güvenlik gereksinimleri (2004/54/EC, 2009).

MİNİMUM GEREKSİNİMLERİN ÖZETİ • tüm tüneller için zorunludur ◊ zorunlu değildir * istisnalar ile zorunludur ■ önerilmektedir			Trafik≤ 2000 taşıt/şerit		Trafik>2000 taşıt/şerit			Uygulama konusunda zorunlu ilave koşullar veya öneriler
			500- 1000 m	> 1000 m	500- 1000 m	1000- 3000 m	> 3000 m	
Aydınlatma	Normal Aydınlatma	2.8.1	•	•	•	•	•	
	Güvenlik Aydınlatması	2.8.2	•	•	•	•	•	
	Tahliye Aydınlatması	2.8.3	•	•	•	•	•	
Havalandırma	Mekanik Havalandırma	2.9	◊	◊	◊	•	•	
	(Kısmi-)Enine havalandırma için özel şartlar	2.9.5	◊	◊	◊	◊	•	Bir kontrol merkezinin bulunduğu iki yönlü tünellerde zorunludur.
Acil Hizmet İstasyonu	En az her 150 m' de	2.10	*	*	*	*	*	Telefon ve 2 adet yangın söndürme cihazı ile donanımlıdır. Mevcut tünellerde azami 250 m. lik aralığa izin verilmektedir.
Su Ekipmanı	En az her 250 m' de	2.11	•	•	•	•	•	Mevcut değil ise, başka türlü yeterli su temini zorunludur.
Yol İşaretleri		2.12	•	•	•	•	•	Tüm tünel kullanıcıları için temin edilen güvenlik hizmetlerinin bütünü için 2004/54/EC eklerine bakınız.
Kontrol Merkezi		2.13	◊	◊	◊	◊	•	Birkaç tünelin izlenmesi tek bir kontrol merkezinde toplanabilir.
İzleme Sistemleri	Video	2.14	◊	◊	◊	◊	•	Kontrol merkezinin bulunduğu tünellerde zorunludur.
	Otomatik kaza tespiti ve/veya yangın tespiti	2.14	•	•	•	•	•	Bir kontrol merkezinin bulunduğu tünellerde, iki sistemin en az bir tanesi zorunludur.
Tüneli kapatmak için gerekli ekipman	Girişlerin önüne konulacak ışıklı trafik işaret cihazları	2.15.1	◊	•	◊	•	•	
	Tünel içinde en az her 1000 m' de ışıklı trafik işaret cihazları	2.15.2	◊	◊	◊	◊	■	Bir kontrol merkezi mevcut ise ve uzunluk 3 000 m'yi geçiyor ise önerilmektedir.

Tablo 1.6. Trans-Avrupa Karayolu Ağı üzerindeki tüneller için minimum güvenlik gereksinimleri (2004/54/EC, 2009).

MİNİMUM GEREKSİNİMLERİN ÖZETİ ● tüm tüneller için zorunludur ◇ zorunlu değildir * istisnalar ile zorunludur ■ önerilmektedir			Trafik ≤ 2000 taşıt/şerit		Trafik > 2000 taşıt/şerit			Uygulama konusunda zorunlu ilave koşullar veya öneriler
			500- 1000 m	> 1000 m	500- 1000 m	1000- 3000 m	> 3000 m	
Haberleşme Sistemleri	Acil hizmet için radyo yayını	2.16.1	◇	◇	◇	●	●	
	Tünel kullanıcıları için acil radyo mesajları	2.16.2	●	●	●	●	●	Tünel kullanıcıları için radyo yayını olan yerlerde ve bir kontrol merkezinin bulunduğu yerlerde zorunludur.
	Sığınak ve çıkışlarda hoparlörler	2.16.3	●	●	●	●	●	Tüneli tahliye eden kullanıcıların dışarıya erişmelerinden önce beklemeleri gereken yerde zorunludur.
Acil Güç Temini		2.17	●	●	●	●	●	En azından tünel kullanıcılarının tahliyesi esnasında, zorunlu güvenlik ekipmanının işlevselliğinin temin edilmesi.
Ekipmanın ateşe dayanıklılığı		2.18	●	●	●	●	●	Gerekli güvenlik işlevlerinin sürdürülmesini hedefleyecektir.

Ek-1’ de tünel uzunluğuna ve trafik hacmine göre verilen kriterlere göre; Trans-Avrupa Karayolu Ağı üzerinde yer alan, uzunluğu 500 metre ve üzeri tüneller için minimum güvenlik gereksinimleri ise aşağıdaki gibi özetlenmiştir (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009).

Tüp ve şerit sayısı;

- Projelendirmede tek veya çift tüp tayinine karar verilirken; ağır vasıta oranı, eğim ve uzunluk faktörleri dikkate alınarak, tahmin edilen trafik hacmi ve güvenliği göz önüne alınmalıdır,
- Proje aşamasında tünel inşa edilen güzergâhın, 15 yıl sonraki şerit başına yıllık ortalama günlük trafik sayısı (YOGT) 10000’ i aşması durumunda tek yönlü trafik uygun görülür ve çift tüp inşa edilebilir,
- Acil durumlarda kullanılan şerit hariç, tünel iç-dış bölgelerinde şerit sayısı aynı olmalıdır. Şerit sayısında herhangi bir değişiklik olması durumunda tünel girişinden, emniyetli görüş mesafenin sağlanması gerekmektedir. Bu mesafenin tayininde hız sınırlarında ilerleyen bir aracın 10 saniyede alacağı uzunluk dikkate alınmalıdır. Coğrafi olarak engel oluşturan koşulların yaşanması durumunda ek önlemlere başvurulmalıdır (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009).

Şekil 1.2’ de tünele ait tüp ve şerit sayısı görseli verilmiştir. Görselden de anlaşılaçağı üzere örnek tünelin çift tüpü ve her tüpe ait iki şeridi bulunmaktadır.



Şekil 1.2. Tüp ve şerit sayısı

Tünel geometrisi:

- Tünel güvenliğinin teşkil edilmesinde kaza olasılığı ve şiddeti göz önüne alınmalıdır. Bu nedenle; kesit özellikleri, yatay-düşey yönde ve erişim yolları üzerinde durulmalıdır,
- Tünel güzergâhında, topoğrafyanın imkân tanıdığı sürüce boyuna eğimin %5' i aşmasına müsaade edilmemelidir,
- Tünel boyuna eğiminin %3' ü aştığı durumlarda risk analizi yapılarak, olumlu ve olumsuz durumlar değerlendirilerek ek önlemlere başvurulmalıdır,
- İki ya da daha fazla şerit içinde düşük hıza sahip olan şeridin genişliği, 3.5 m' den az olması durumunda ağır vasıtalarında dâhil edildiği risk analizleri yapılarak, ek önlemlere başvurulmalıdır (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009).

Boşaltma güzergâhları ve güvenlik çıkışları:

- Kazalar veya acil durumlarda tünel kullanıcıları için “acil durum yaya yolları” teşkil edilmelidir. Yapım şartlarının elvermemesi veya yapım maliyetini aşırı artırması durumlarında; tek yön, izlenen trafik ve gerekli durumlarda kullanılmak üzere şerit kapatma ekipman şartlarının sağlanması ile acil durum yaya yolu teçhiz edilmeme hakkı tanınır,
- Acil durumlarda kullanılmak üzere; arıza şeridi ve yaya yollarının bulunmadığı tünellerde gerekli değerlendirmeler yapılarak ek önlemler alınmalıdır,
- Tünel kullanıcıların kaza, yangın vb. acil durumlarda güvenli olarak tüneli terk edebilmesi için güvenli çıkışları kullanılmalıdır (bu güvenlik çıkışlarına; tünelden dışarı doğrudan tahliye, çift tüplü tünellerde çapraz bağlantılar, tünel tüpüne paralel boşaltma koridoru ve acil durum galerileri örnek olarak verilebilir),
- Acil durumlarda kullanılan güzergâhların dışarıya bağlantısı olmalıdır, dışarı ile bağlantısı olmayan kapalı alanlar teşkil edilmemelidir,
- Duman kontrolü ve havalandırma açısından yeterliliğinin değerlendirmesinde risk analizi yapılmalı ve analiz sonucu yetersiz çıkan tünellerde güvenlik çıkışı inşa edilmelidir,
- Hangi şartlar olursa olsun, şerit başına yıllık ortalama günlük trafik sayısı 2000' nin üzerinde olan tünellerde bağlantı yolları inşa edilmelidir,
- YOGT sayısı 2000 taşıt/günün üzerinde olan ve 1000 m uzunluğu aşan tüneller için yeni bağlantı yolları için değerlendirmeler yapılmalıdır,

- Bağlantı yollarının teşkil edilmesi durumunda, bağlantı yolları arası mesafe en fazla 500 m olmalıdır,
- Tünel kullanıcılarının ve kurtarma ekibinin, boşatma ve müdahale etme sürecinde duman ve ısıнын geçişini kısıtlamak için bağlantı yolları uygun kapı vb. yöntemlerce kapalı tutulmalıdır (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009).

Şekil 1.3’ te tünel tüpüne paralel olan boşaltma güzergâhı görülmektedir.



Şekil 1.3. Tünel tüpüne paralel boşaltma güzergâhı (URL-24, 2020).

Acil hizmet için erişim;

- Tünel tüplerinin uzunlukları birbiri ile aynı veya yakın olması halinde çift tüplü tünellerde acil servislerin kullanımı için, 1500 m’ yi aşmayacak şekilde çapraz bağlantılar teşkil edilmelidir,
- Coğrafi yapının engel oluşturmadığı durumlarda iki yada daha fazla tüplü tünellerin portal girişlerinin dış kısmında acil servislerin kullanımı ve tüpler arasında iletişimi sağlamak için refüj geçişi teşkil edilmelidir (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009).

Şekil 1.4’ te acil durumlarda tüpler arası geçişi mümkün kılan refüj geçidi görülmektedir.



Şekil 1.4. Tüpler arası refüj geçidi (URL-8, 2020).

Sığınma cepleri;

- Yıllık ortalama günlük trafik sayısının şerit başına 2000 motorlu aracı aştığı ve çift yönlü olarak inşa edilecek 1500 m’ den uzun yeni tünellerde, 1000 m’ yi geçmeyen aralıklarla sığınma cepleri teşkil edilmelidir,
- Yıllık ortalama günlük trafik sayısının şerit başına 2000 motorlu aracı aştığı, 1500 m üzeri ve acil durum şeridi olmayan mevcut çift yönlü tünellerde, sığınma cebi uygulamasının fizibilite çalışmaları yapılarak yararı değerlendirilmelidir,
- Yapım şartlarının olanak tanımadığı ve yüksek maliyetli olması durumunda, yaya kaldırımı ve normal trafik akışının sağlandığı kısımlar hariç, tünel genişliği standartlara uygun şerit genişliğinde ise sığınma ceplerinin teşkil edilmesi zaruri olmayabilir,
- Teşkil edilen sığınma cepleri, acil durumlarda kullanılabilmesi için en az bir adet acil hizmet istasyonunu barındırmalıdır (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009).

Şekil 1.5’ te örnek bir tünel sığınma cebi görülmektedir.



Şekil 1.5. Tünel sığınma cebi

Drenaj:

- Tehlikeli madde yüklü araç geçişine kapalı olmayan tünellerde, yanıcı ve kimyasal maddelerin tünel içine yayılma senaryolarına karşı tünel enkesitinde tasarlanan mazgal vb. önlemler ile drenaj sistemi tesis edilmelidir,
- Tesis edilen drenaj sistemi de, yangının tüp içinde ve tüpler arasında yayılmasına imkân vermeyecek şekilde tasarlanmalıdır,
- Hâlihazırda bulunan tüneller, drenaj kriterini sağlamıyor ise tehlikeli madde taşımacılığının yapılıp yapılmamasına, risk analizi yapılarak karar verilmelidir (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009).

Şekil 1.6’ da tünel içinde drenaj sisteminin parçası olan mazgallar görülmektedir.



Şekil 1.6. Drenaj sistemi mazgalları (URL-9, 2020).

Yapıların yüksek sıcaklığa dayanıklılıkları;

- Tünellerde yaşanabilecek kazalarda özellikle yangın sonrası, bölgesel çökmeler ve etkileşim halinde bulunan yapıların zarar görebileceği göz önünde bulundurularak, tünel yapıları yüksek sıcaklığa dayanıklı şekilde teşkil edilmelidir (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009).

Aydınlatma;

- Tünel yaklaşım ve iç bölgesinde kullanıcıların gündüz ve gece yeterli mesafede görüş alanını sağlamak için normal aydınlatma teşkil edilmelidir,
- Tünel normal aydınlatmasının kesintiye uğraması durumunda, kullanıcıların tüneli taşıtlarıyla terk etmesine imkân tanıyan ve en azından minimum görüş alanı sağlayan güvenlik aydınlatması teşkil edilmelidir,
- Yaşanabilecek acil bir durum karşısında kullanıcıların tüneli yürüyerek terk etmesine imkân tanıyacak, kenar ışıkları kullanılarak tahliye aydınlatması teşkil edilmelidir,
- Kullanılacak bu kenar ışıkları, tünel içi yaya yollarından, düşey doğrultuda maksimum 1.5 m yükseklik seviyesinde tünel nihai kaplama betonuna sabitlenmelidir (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009).

Şekil 1.7’ de tünellerde bulunması gereken normal ve tahliye aydınlatmaları görülmektedir (Güvenlik aydınlatması çalıştığında normal aydınlatmada kullanılan armatürlerin sadece belirli aralıklarda bazıları yanmaktadır).



Şekil 1.7. Aydınlatma sistemi (normal ve tahliye aydınlatmaları) (URL-10, 2020).

Havalandırma;

- Tünellerde kullanılacak havalandırma sistemlerinin planlanması, uygulanması ve işletilmesinde birtakım kriterler bulunmaktadır. Bu kriterler; trafik yoğunluğunun en fazla olduğu anda (sıkışma, durma vb.) araçlar tarafından tünel enkesitine salınan hava kirleticilerinin (CO, NOx, vb.) ve olası bir yangın durumunda ateş ve meydana gelen dumanın kontrol altına alınmasıdır (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009).
- Yıllık ortalama günlük trafik sayısının şerit başına 2000 motorlu araç sayısını aştığı 1000 m üzeri tüm tünellerde mekanik havalandırma sistemleri teşkil edilmelidir,
- İki yönlü veya tek yönlü olup yoğun trafiğe sahip olan tünellerde boyuna havalandırmaya karar verilebilmesi için 2004/54/EC sayılı direktifin 13. Maddesi göz önünde bulundurulmalıdır. Bu maddede; trafik yönetimi, kısa tahliye çıkışları ve belirli mesafeler ile duman çıkışları üzerinde yapılan risk analizinin uygun görmesi halinde boyuna havalandırmanın tercih edilebileceği belirtilmiştir, uygulamada da son zamanlarda boyuna havalandırma sistemlerinin benimsenmesi yaygın bir şekilde artmıştır (Mashimo, 2002).

- Boyuna havalandırmanın uygun görülmediği durumlarda, olası bir yangında meydana gelen dumanın tahliyesinde mekanik havalandırma sistemlerinden olan enine havalandırma ve yarı enine havalandırma sistemleri tercih edilmelidir,
- Tünel uzunluğu 3000 m üzeri, tünel kontrol merkezi bulunan ve enine veya yarı enine havalandırma sistemleri ile iki yönlü trafiğe sahip tünellerde, havalandırma sistemi ile yatay hava hızı takip ve yönlendirmesi yapılmalıdır (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009).

Şekil 1.8’ de tünellerde en çok tercih edilen boyuna havalandırma sistemine ait örnek bir görsel görülmektedir.



Şekil 1.8. Tünel boyuna havalandırması sistemi (URL-11, 2020).

Acil hizmet istasyonları:

- Acil hizmet istasyonları içerisinde, acil durumlarda kullanılacak telefon ve yangın söndürme tüpü yer alacak şekilde planlanmalıdır,
- Acil durum istasyonları tünel kaplama betonu üzerinde veya kaplama betonuna gömülü olan bir dolaptan oluşmalıdır ve içerisinde bir adet acil hizmet telefonu ve 2 adet yangın söndürme tüpü ile donatılmalıdır,
- Yeni yapılacak olan tünellerde, tünelin giriş ve çıkış kısmına yakın ve tünel içinde 150 m’ yi aşmayan aralıklar ile teşkil edilmelidir,
- Hâlihazırdaki tünellerde ise tünel giriş ve çıkışına yakın tünel içerisinde ise 250 m’ yi aşmayacak aralıklar ile teşkil edilmelidir,

- Acil hizmet istasyonlarının, yol kullanıcılarını yangın etkisine karşı korumak için tasarlanmadığı belirtilmiştir (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009).

Şekil 1.9’ da içerisinde telefon ve iki adet yangın söndürme tüpü bulunan, acil durum istasyon dolabı görülmektedir.



Şekil 1.9. Acil Durum istasyon dolabı (URL-12, 2020).

Su temini;

- Tüm karayolu tünelleri için su temini zorunludur,
- Teşkil edilen su muslukları, tünel giriş ve çıkışına yakın ve tünel içinde 250 m’ yi aşmayan sıklıklarda olmalıdır,
- Su temininin mevcut olmadığı tünellerde suyun ne şekilde sağlandığı bildirilmek zorundadır (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009).

Şekil 1.10’ da karayolu tüneline su temini sağlayan bir su deposu görülmektedir.



Şekil 1.10. Karayolu tüneli su deposu

Yol işaretleri;

- Karayolu tünel kullanıcılarının, güvenliğinin sağlanabilmesi için Viyana Antlaşmasında belirtilen işaret ve levhaların kullanılması gerekmektedir (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009).

Kontrol merkezi;

- Şerit başına düşen motorlu araç sayısının, 2000' nin üstü olduğu veya tünel uzunluğunun 3000 m' yi aştığı bütün karayolu tünelleri için bir tünel kontrol merkezi teşkil edilmelidir,
- Birden fazla tünelin komutasının, bir adet kontrol merkezi tarafından takip edilmesine imkân tanınmıştır (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009).

Şekil 1.11' de Gümüşhane alt kontrol merkezine ait, tünel kontrol merkez binası görülmektedir.

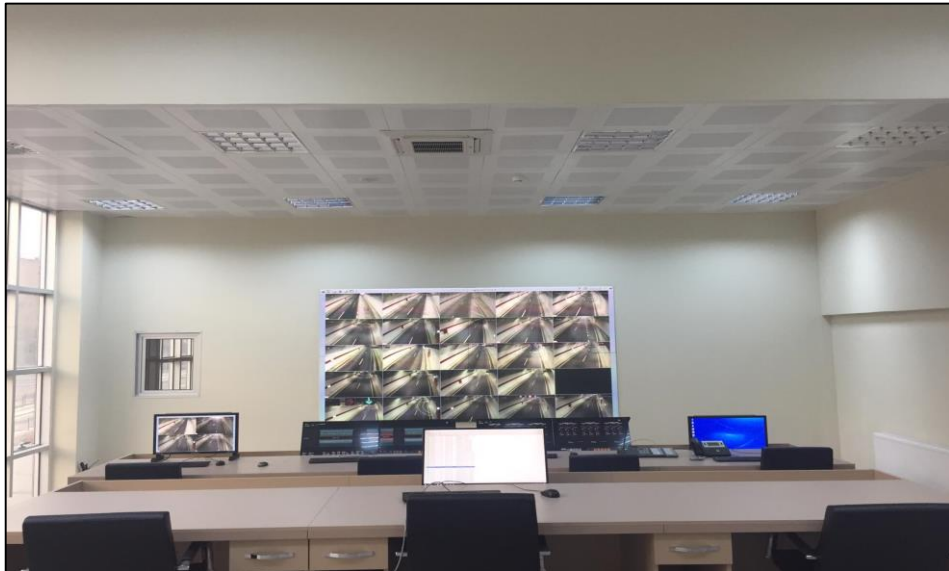


Şekil 1.11. Tünel kontrol binası

İzleme sistemleri:

- Tüm tünellerde, yaşanabilecek kaza, yangın, duran araç vb. durumlarının tespit edilebilmesi için bir kontrol merkezinde izleme sistemleri teşkil edilmelidir,
- Mekanik havalandırma sistemiyle, duman kontrolünün sağlıklı bir şekilde çalışabilmesi için tüm tünellerde otomatik yangın algılama sistemleri teşkil edilmelidir (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009).

Şekil 1.12’ de kontrol merkezinde bulunan izleme sistemleri görülmektedir.



Şekil 1.12. Tünel izleme sistemleri (URL- 24, 2020).

Tünel kapatma ekipmanları:

- Uzunluğu 1000 m' yi aşan tünellerde, acil durumlarda tünel girişlerinde trafiğin durdurulması için tünel girişlerine trafik işaret ve levhaları yerleştirilmelidir,
- Yönlendirilmelere uyulması için değişken trafik işaretleri (VTS) ve bariyer gibi araçlardan yararlanılmalıdır,
- Şerit başına 2000 motorlu araç sayısının aşıldığı, uzunluğu 3000 m' nin üzerinde ve tünel kontrol merkezinden takip edilen tünellerde, acil durumlar karşısında trafiğin durdurulabilmesi için 1000 m' yi aşmayan aralıklar ile hoparlör, değişken mesaj işaretleri ve bariyerler gibi ekipmanlarının bulundurulması önerilmektedir (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009).

Şekil 1.13' te tünel ekipmanlarından biri olan VTS ve trafik ışıkları görülmektedir.



Şekil 1.13. Tünel kapatma ekipmanları (VTS)

Haberleşme sistemleri:

- Şerit başına düşen motorlu araç sayısının 2000 üzeri olduğu ve uzunluğu 1000 m üzeri tünellerde, acil hizmetler kapsamında radyo yayın ekipmanları teşkil edilmelidir,
- Kontrol merkezinin bulunduğu tünellerde, acil durum anında araç radyo yayınlarına bağlanabilen sistemler olmalıdır,

- Kullanıcılar için tahliye güzergâhları ve geçici olarak kullanılan mevcut sığınaklar, bilgilendirme ve yönlendirme için hoparlörler ile teşkil edilmelidir (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009).

Güç kaynağı ve elektrik devresi;

- Tüm tünellerde, kullanıcılarının tüneli tahliye etmeleri için yeterli ve enerji hattında yaşanabilecek bir kesinti durumunda devreye girebilecek acil bir güç kaynağı hazır bulundurulmalıdır,
- Elektrik sistemleri, meydana gelebilecek yangından etkilenmeyecek teknolojiye sahip olmalı ve yangın esnasında da işlevini devam ettirebilecek şekilde çalışmalıdır (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009).

Şekil 1.14' te karayolu tüneline ait elektrik dağıtım binası görülmektedir.



Şekil 1.14. Karayolu tüneli elektrik dağıtım binası

Ekipmanların ateşe dayanıklılığı;

- Tünellerde kullanılan ekipmanlar, teknolojik imkânlarda göz önünde bulundurularak olası bir yangın durumunda işlevlerini devam ettirebilir şekilde olmalıdır (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009).

1.4.1.2. İşletim ile İlgili Önlemler

Ulaşım kazandırılmış bir karayolu tünelinin, elektronik ve elektromekanik sistemleriyle birlikte kontrol edilmesi ve meydana gelebilecek acil durumlarda

koordinasyonun sağlanması, acil durum senaryolarının hazırlanması ve genel bakım ve işletiminin sağlanması hayati önem arz eder. Avrupa Parlamentosu ve Konseyi' nin, 2004/54/EC sayılı direktifinde, Trans-Avrupa Karayolu Ağı üzerinde yer alan uzunluğu 500 metre üzerindeki tünellerin işletim önlemleri aşağıdaki gibi özetlenmiştir (URL-7, 2020; 2004/54/EC, 2009);

İdari yetkili makamın görevleri;

- Sorumlu makamın, karayolu tünellerinde, acil durumlarda örgütlenerek koordinasyon ve denetim için yerine getirmesi gereken birtakım sorumluluklar vardır. Bunlar; tünel güvenliğinin sağlanması için gerekli olan konuların belirlenmesi, acil durumlara müdahalede bulunan emniyet görevlileri ve müdahale ekibinin eğitim programlarının incelenmesi, emniyet görevlilerinin görev tanımlamalarının yapılması, tünel güvenliğinden sorumlu acil durum ekiplerinin eğitim ve yangın testleri için tünellerin trafiğe kapatılması olarak sıralanabilmektedir (2004/54/EC, 2009; Teke, 2012).

Emniyet görevlilerinin rolü;

- Karayolu tünellerinde meydana gelen kaza ve yangınlar, tünelden sorumlu emniyet yetkilileri tarafından kayıt altına alınmalı ve değerlendirme yapılarak yetkili makama sunulmalıdır (2004/54/EC, 2009; Teke, 2012).

Tünellerde şerit kapatılması;

- Tünellerde planlanan yapım ve bakım çalışmaları için, ilgili şerit veya yolun tamamının, tünel portal girişinden itibaren belirli bir mesafe önceden kapatılmalıdır,
- İlgili şeridin kapalı olduğu tünele girmeden önce belirtilmelidir,
- Kullanıcıları bilgilendirmek için trafik ışıkları, değişken mesaj işaretleri ve bariyerler kullanılmalıdır (2004/54/EC, 2009; Teke, 2012).

Kaza yönetimi;

- Karayolu tünellerinde yaşanabilecek acil durum olaylarında ilgili tünel trafiğe kapatılmalıdır,
- Yaşanan acil bir olay karşısında, tünel iç ve dış trafik akımının zaman kaybetmeksizin durdurulması gerekmektedir,

- Kullanıcıları uyarmak için gerekli ekipmanlar, tünel içerisinde gerekli olduğu takdirde değişken mesaj işaretleri ve mekanik bariyerler koordineli olarak kullanılmalıdır,
- Kısıtlanan trafik akımı içinde, olaydan etkilenmeyen taşıtların, tüneli terk edecek biçimde yönlendirilmesi yapılmalıdır,
- Karayolu tünellerinde acil bir olayın yaşanması halinde, acil hizmetlerin erişimi olabildiğince hızlı gerçekleşmelidir,
- Yaşanan olayların veya periyodik tatbikatların gerçekleşme süreleri ölçülebilmelidir (2004/54/EC, 2009; Teke, 2012).

Kontrol merkezi faaliyeti;

- Tünel kontrol merkezi teşkil edilmesi gerekli olan bütün karayolu tünellerinde, kontrol merkezi tünel iç ve geçiş bölgelerinde trafik kontrolünü sağlamalıdır,
- Karayolu tünellerinde trafik akışının sorunsuz bir şekilde sağlanması için taşıtlar arası süre ve mesafe, kontrol merkezi tarafından takip edilerek güvenlik kontrolü sağlanmalıdır (2004/54/EC, 2009; Teke, 2012).

Tünellerin kapatılması;

- Karayolu tünellerinin trafiğe kapatılması durumunda, tünel uzunluğu gözetilmeksizin katılımcı ülkeler, erişilebilirliğin aksamaması için yol kullanıcılarına alternatif güzergâhlar bildirmelidirler,
- Tayin edilen alternatif güzergâhlar, acil durum planlarının bir parçası olarak hazırlanmalı ve hazırlanan bu planlar, trafik akımı üzerinde olumsuzluk oluşturmamalı ayrıca alternatif güzergâh olarak belirlenen hat, güvenlik risklerini en aza indirecek şekilde planlanmalıdır (2004/54/EC, 2009; Teke, 2012).

Tehlikeli maddelerin nakliyesi;

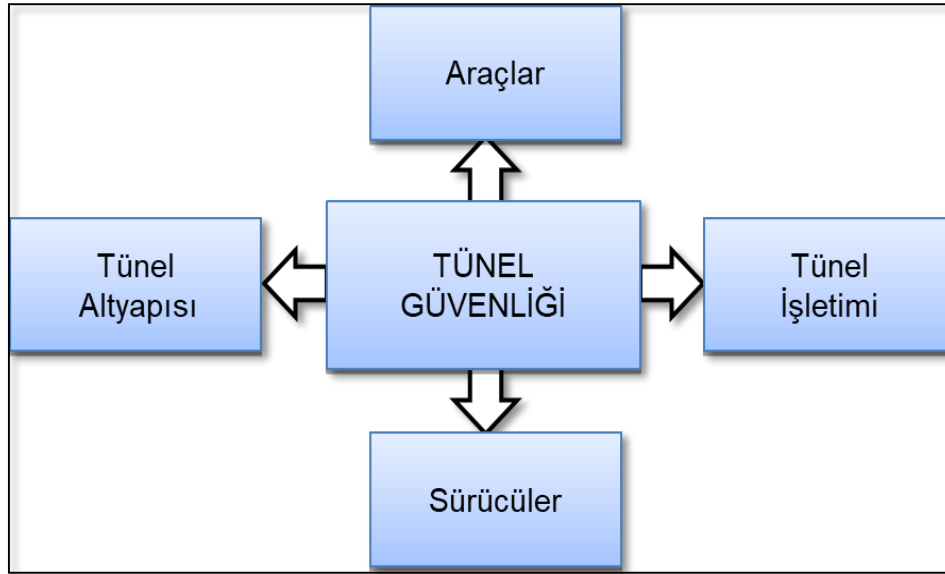
- Katılımcı ülkeler ve yetkili makamlar tehlikeli madde taşımacılığına izin verilen tünellerde bazı önlemleri uygulamalıdır; portal girişlerinde izin verilen tehlikeli madde türünü gösteren işaretler teşkil edilmeli, tünel kapsamı çerçevesinde tüm şartları ele alan bir risk analizi yapıp tehlikeli madde taşımacılığının yapıp yapılamayacağı kararı değerlendirilmelidir,
- Tehlikeli madde taşıyan araçların tünel içerisine girmeden bilgi vererek, geçişine eskortluk edilmesi gibi güvenlik tedbirleri, her riskli durum için değerlendirilmelidir (2004/54/EC, 2009; Teke, 2012).

Araçlar arasındaki mesafe ve hız;

- Karayolu tünellerinde, taşıt hız ve takip mesafeleri güvenlik açısından oldukça önemlidir ve takip altına alınmalıdır,
- Hız ve takip mesafesi limitleri, tünel kullanıcılarına bildirilip, kurallara uyulmaması durumunda gerekli yaptırımlar uygulanmalıdır,
- Hız limitlerinde seyreden bir aracın iki saniyede alabileceği yol takip mesafesinde esas alınmalıdır, ağır tonajlı araçlarda bu mesafe iki kat üzeri olarak kabul edilmelidir,
- Herhangi bir sebeple trafiğin sıkışması veya tamamen durması durumunda takip mesafesinin 5 m' den az olmaması sağlanmalıdır (2004/54/EC, 2009; Teke, 2012).

1.5. Karayolu Tünellerinde Güvenliğe Etki Eden Faktörler

Karayolu tünellerinde güvenlik seviyesi dört ana grup olarak ele alınabilir. Bunlar şekil 1.15' te görüleceği üzere; sürücüler, araçlar, tünel işletimi ve tünel altyapısıdır.



Şekil 1.15. Karayolu tünel güvenliğine etki eden faktörler

1.5.1. Sürücüler

Karayolu ulaşımında meydana gelen kazaların; sürücüler, taşıtlar ve taşıtların etkileşim halinde oldukları çevrenin de dâhil olduğu hataları kapsadığı görülmektedir. Bu etkenlerin birbirleri ile ilişkileri sonucu yapılan hatalar, yaşanan kazalara sebebiyet vermektedir. Bunun yanında trafik kazalarında kusur oranı en fazla sürücülerdedir (Sinoplu,

2007). Sürücü davranışı ve algısı, farklı ortamlarda (kavşaklar, farklı yol genişlikleri, farklı yol karmaşıklıkları, günün farklı zamanları, farklı aydınlık seviyeleri, farklı hava ve hatta çevrede ağaçlar da dâhil olmak üzere ufak değişikliklerin olması vb.) farklılıklar gösterir (Yeung vd., 2013). Bu nedenle, karayolu tünelleri gibi tamamen farklı bir yol ortamının farklı sürücü davranışlarıyla sonuçlanması olağandır. Yine yapısal karmaşıklık ve sınırlı iç alanları nedeniyle tünel içerisindeki ortam, açık yollardan tamamıyla farklıdır. Tünellerin bu özelliklerinin, daha düşük sürüş hızları ve yanal sapmalardaki (tünel duvarına mesafe) farklılıklarla ilişkili olarak, artan görsel zihinsel iş yüküne ve çokça strese neden olduğu bildirilmiştir. Çünkü, dinamik bir görsel ortamda trafik bilgisi çeşitli duyularla elde edilir ve bilgilerin yaklaşık % 90' ı görme yoluyla elde edilir (Hu vd., 2019; Manseer ve Riener 2014; Calvi vd., 2012). Bu esnada harcanan çaba zihinsel yükü ve stresi artırır. Yeung (2013) tünellerin, insanlarda rahatsız edici duygulara ve açık yollara göre daha fazla algılanan riske neden olduğunu bildirmiştir. Antonson vd., (2009) yaptıkları çalışmada tünellerde sürüş hızlarının azaldığı ve yanal konumlandırmanın yol merkezine doğru yöneldiğini bulmuşlardır. Cackowski ve Nasar (2003) sürücülerin doğaya açık yollarda, tünellere kıyasla daha yüksek hoşgörüyeye sahip olduklarını açıklamışlardır. Tünellerde sürüş açık yollara göre daha fazla stresli bulunmuştur. Dolayısı ile tünellere, artan tünelli geçiş sayısı ve kilometresinden dolayı daha fazla dikkat edilmelidir.

Genel olarak, karayolu tünellerinde uyulması gereken kurallar karayolunun açık kısımlarında uyulması gereken kurallarla aynıdır (Sinoplu, 2007). Ancak uyulması gereken genel kurallar;

- Güvenli mesafeyi korumak,
- Hız limitlerini dikkate almak,
- Arıza ve tıkanıklık durumlarında diğer sürücülerini uyarmak,
- Hatalı sollama ve dikkat edilmesi gereken kurallar gibidir (Sinoplu, 2007).

Karayolu tünellerinde genel kuralların yanı sıra bazı ek trafik kuralları vardır. Bunlar;

- İstikamet yönünde tek şerit mevcut ise sollama yasaktır,
- Tünel sorumlusu tarafından talep olmadığı sürece, dönüş yapılmasına izin verilmemelidir,
- Tünel içerisinde aydınlatma gözetmeksizin girişlerde farlar aktif hale getirilmelidir,

- Acil durumlar haricinde tünel içinde durmak yasaktır (Sinoplu, 2007), acil durumlarda araç durdurulduğunda motor kapatılmalıdır (Haack, 2002),

Tünel içerisinde araçla sürüş halinde iken; trafiğin sıkışması, trafik kazası veya meydana gelen bir yangın durumunda sürücüler için belirlenmiş bazı doğru davranış biçimleri aşağıda özetlenmiştir (Sinoplu, 2007; Haack, 2002).

Bir karayolu tünelinden geçiş anındaki doğru davranışlar;

- Farlar aktif hale getirilmelidir,
- Görüş kısıtlılığı yaşamamak için güneş gözlüğü takılmamalıdır,
- Yönlendirici ve uyarıcı trafik işaret ve sinyalizasyonlarına uyulmalıdır,
- Radyo açılarak belirtilen frekans kanalı ayarlanmalıdır,
- Hız kısıtlamasına uyulduğundan emin olunulmalıdır,
- Takip edilen araçla aradaki mesafe güvenli duruş mesafesi olarak korunmalıdır,
- İki yönlü trafiğe sahip karayolu tünellerinde, kesinlikle sollama yapılmamalı ve mümkün oldukça sağa doğru sürüş yapılmalıdır (Sinoplu, 2007), özellikle düz ve uzun tünellerde artan dikkat ile sürüş yapılmalıdır (Haack, 2002),

Bir karayolu tüneli içerisinde trafik sıkışıklığı yaşanması halinde doğru davranışlar;

- Uyarıcı ışıklar açılmalıdır,
- Trafiğin aşırı yavaşlaması veya tamamen durması halinde önerilen takip mesafesi korunmalıdır (tampon tampona durmayın),
- Trafiğin durduğu durumlarda araç motoru kapalı tutulmalıdır,
- Araçtan dışarı ıkılmamalı,
- Radyo kanalı ile yapılan bilgilendirmeler dikkate alınmalıdır,
- Tünel işletim sorumlusu veya sinyalizasyon araçları ile iletilen talimatlar uygulanmalıdır (Sinoplu, 2007),
- Araç kesinlikle geldiği yöne dndrlmemelidir (Haack, 2002),

Bir karayolu tüneline kullanılan taşıtın arıza veya kaza yapması halinde doğru davranışlar;

- Mümkün olduğunca araç sağa doğru sürülmeli, sığınma cebi mevcutsa sığınma cebine yönelmeli aksi takdirde acil yaya yollarına doğru araç sürülmelidir,
- Uyarıcı ışıklar açılmalıdır,
- Araç motoru kapatılmalıdır,
- Araç emniyete alınarak (ikaz flaşörü, ikaz üçgeni) uzaklaştırılmalıdır,
- Kaza sonucu yaralı insan varsa ve mümkünse yaralılara yardım edilmelidir,
- Acil yardım istasyonlarına ulaşılmalı ve yardım talebinde bulunulmalıdır (Haack, 2002),

Bir karayolu tüneli içerisinde kullanılan taşıtta yangın çıkması halinde doğru davranışlar;

- Öndeki araçla mesafe korunmalı (tampon tampona sürüş olmamalı),
- Kuyruktaki herkes arka 4' lü uyarı flaşörünü açmalı, derhal arabadan dışarı çıkılmalı ancak arabanın kapısı kilitlenmemelidir,
- Duman yönünden aksi yöne doğru uzaklaşarak kaçılmalı,
- Asla araç geri döndürülmemeli,
- Yangının şiddeti düşük ve mümkünse araç tünel dışına doğru sürülmeli,
- Yangın şiddetinin düşük olmadığı durumlarda; araç mümkünse sığınma cebine, değilse kenara çekilip motor durdurulmalıdır, araç veya tünel içinden temin edilen yangın söndürücü ile yangına müdahale edilmelidir, yangının söndürülmesi mümkün gözükmiyorsa acil çıkış güzergâhına yönelilmelidir, acil durum istasyonlarından yardım talebinde bulunulmalıdır (Sinoplu, 2007).

Bir karayolu tüneline çeşitli sebepler neticesinde gerçekleşen yangının arkasında durulduğunda doğru davranışlar;

- Uyarıcı ışıklar açılmalıdır,
- Araç kenara çekilmeli ve motor kapatılmalıdır,
- Araç bırakılarak uzaklaştırılmalıdır,
- Kaza sonucu yaralı insan varsa ve mümkünse yaralılara yardım edilmelidir,

- Araç ekipmanında bulunan veya tünelden temin edilen söndürücü ile yangına müdahale edilmelidir,
- Yangının sönmesi mümkün gözüküyorsa ise zaman kaybetmeksizin acil çıkış güzergâhına doğru harekete geçilmelidir (Sinoplu, 2007).

1.5.1.1. Karayolu Tünel Güvenliğinin Artırılmasına Yönelik Sürücüler Üzerinde Alınabilecek Tedbirler

Karayolu tünellerinde güvenlik uzmanları grubu tavsiyeleri son raporu, 2001 yılında sürücülere yönelik alınabilecek tedbirleri aşağıdaki gibi sıralamıştır (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 1. Bilgi Kampanyaları

Karayolu tünellerinde güvenlik üzerine bilgilendirme kampanyaları, ilgili ortaklarca işbirliği içinde düzenli olarak uygulanmalıdır. Bu bilgilendirme kampanyaları, tünellere yaklaşırken ve tünel içerisinden geçerken, özellikle aracın arızalanması, trafik sıkışıklığı, kazalar ve yangınlar durumunda, yol kullanıcılarının doğru davranışlarını kapsamalıdır. Tünel içerisinde bulunan güvenlik ekipmanı ve tünel kullanıcılarının doğru davranışları hakkında bilgi tünel öncesi bulunan dinlenme tesislerinde ve ücretli geçiş yapılan noktalarında sürücülere aktarılabilir (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 2. Sürüş Testleri

Tüm araç kategorileri için sürüş eğitim ve testleri, araç arızası, trafik sıkışıklığı, yaşanan bir kaza veya tünelde meydana gelen bir yangın durumunda yol kullanıcıları için doğru davranışlarla ilgili özel konu ve soruları içermelidir. Dikkatli ve sorumlu sürüş ile ilgili özel talimat, zorunlu sürüş derslerinin ayrılmaz bir parçası olmalıdır. Özel durumlar için, örneğin tünelde yaşanan trafik sıkışması, bir aracın arızalanması, tünelde bir kaza veya yangın senaryoları için sürücüler bilgilendirilmelidir. Ehliyet sınavları teorik bölümüne bu özel durumlarla ilgili soruları dâhil etmek hem mümkündür hem tavsiye edilir (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 3. Yanan Aracı Sürün

Bir araç alev alırsa, sürücünün mümkün olduğunca aracını tünelden dışarı çıkarması tavsiye edilir (kendi kendine yardım ilkesi). Bu öneri, hem bilgi kampanyalarında hem de

sürüş talimatlarının bir parçası olarak tüm yol kullanıcılarına yapılmalıdır (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 4. Yol Kenarı Kontrolü

Ağır yük taşıtlarının, yol kenarı kontrolleri yoğunlaştırılmalı ve uluslararası düzeye uyumlu hale getirilmelidir. Taşınan yüklerin miktarları ve türü algılama cihazları vb. yöntemlerce kontrol edilmelidir (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tehlikeli malların taşınmasına ilişkin genel kapsamlı düzenlemeler mevcut olup, göndericiler, taşıyıcılar, araç sahipleri ve sürücüler için geçerlidir. Bununla birlikte, sadece düzgün şekilde uygulandıklarında etkili olabilirler (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 5. Profesyonel Sürücüler için Testler

Kamyon ve otobüs şoförleri, araçların ve ekipmanların güvenlikle ilgili yönleri hakkında sahip oldukları bilgiler bakımından, periyodik olarak test edilmelidir. Sürücülerinin, gerektiğinde kullanabilmeleri için araç ve ekipmanların güvenlikleriyle ilgili yeterli bilgiye sahip olmaları gerekmektedir. Karayolu tünellerindeki doğru davranışlar sürüş talimatına dâhil edilmelidir. Örneğin, tüm sürücüler bir yangın söndürücünün doğru kullanımı konusunda eğitilmelidir (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 6. Tehlikeli Madde Taşıyan Araç Sürücülerini için Testler

Tehlikeli madde taşıyan araçların sürücülerini özel talimatlar içeren bir teste tabi tutulmalı ve başarılı adaylara sertifika verilmelidir. Bu sertifikayı yenilemek için bir takip kursuna katılmaları ve her beş yılda bir tekrar test yapmaları gerekmektedir. Yeni sürücülerin ilk eğitimi ve deneyimli sürücüler için takip kursları, tünellerde güvenlik ile ilgili talimatları içermelidir (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 7. Tehlikeli Madde Taşımacılığı için Düzenlemeler

Tehlikeli maddelerin taşınmasını düzenleyen düzenlemeler uluslararası düzeyde rasyonelleştirilmelidir. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) ve Yol Kongrelerinin Daimi Uluslararası Birliği (PIARC) aşağıdakiler için bir teklif sunmuşlardır (TRANS/AC.7/9, 2001).

- Uluslararası düzeyde kabul edilen ve tehlikeli malların, karayolu tünellerinde taşınmasına izin verilmesini düzenlemek için kullanılması gereken beş tehlikeli kargo grubu oluşturulmalı,
- Tehlikeli maddelerin tamamının veya bir kısmının taşınmasının kararı alınmadan önce tünel dâhil hem tüm güzergâh hem de alternatif güzergâhlar dikkate alınarak nicel bir risk analizi yapılmalı ve bir karar destek modelinin uygulanması önerilir (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 8. Sollama

Bazı durumlarda, kamyonların her yönde birden fazla şeridi olan tünellerde, sollamalarını yasaklamak mümkün olmalıdır. Her yönde sadece bir şeridin olduğu çoğu tünelde, tüm araçlar için sollama zaten yasaklanmıştır. Her yönde birden fazla şeridi olan tünellerde, kamyonlar için sollama yasağı bazı durumlarda yol güvenliğinde bir iyileşmeye yol açabilir (özellikle % 3' ün üzerinde bir eğime sahip tünellerde). Bu önlem uygun trafik işaretlerini ve muhtemelen değişken mesaj işaretlerini uygun yerlere yerleştirerek gerçekleştirilmelidir (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 9. Araçlar Arasındaki Mesafe

Güvenlik nedeniyle, yol kullanıcıları; normal şartlar altında ve bir arıza, kaza, tıkanıklık veya bir tünelde yangın olması durumunda önlerindeki araçla, yeterli mesafeyi korumalıdır. Trafik yönetmelikleri, yol kullanıcılarının önlerindeki araçla yeterli mesafeyi korumaları gerektiğini vurgulamaktadır, böylece öndeki aracın aniden fren yapması durumunda takipte olan araç için güvenli duruş mesafesi sağlanmış olacaktır. Bu mesafe, araçlar hareket halinde iken genellikle 20 ila 50 metre arası öngörülmektedir. Tıkanıklık vb. sebeplerden ötürü trafik dursa bile, araçlar arası gerekli mesafe her zaman bir tünelde korunmalıdır (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 10. Hız Sınırı

Mevcut trafik düzenlemelerine göre, birçok yolda kamyonlar için azami bir hız sınırı vardır. Bu sınır, tünellerde sistematik olarak 60 km/s' lik hıza düşürülecek olsa (her yönde sadece bir şeridi olan bir tünelde tüm araçlar) hızlarını yavaş kamyonun hızına ayarlamak zorunda kalacaklar ve bu da tıkanıklık riskini artıracaktır. Dolayısıyla tünellerde kamyonlar

için hız sınırlaması çok uygun görülmemektedir. Buna rağmen maksimum kamyon hızı sınırlaması yapılacaksa da bu hız 60 km/s olarak önerilmektedir (TRANS/AC.7/9, 2001).

1.5.2. Tünel İşletimi

Tünel işletim birimi, ulaşım kazandırılan karayolu tünellerinin bakım ve işletimden sorumludur. Bu sorumluluklar kısaca özetlenecek olursa;

- Trafik akımının kontrolü ve meydana gelebilecek acil bir durumda (kaza, yangın vb.) müdahalelerde bulunup güvenliği tesis etmek,
- Tünel mekanik sistemlerinin (havalandırma, aydınlatma, vb.) takibini ve kontrolünü yapmak, bir olay meydana gelmesi halinde bu sistemlerin uygun şekilde yönlendirmesini yapmak,
- Tünelin yapısal ve elektromekanik sistemlerinin belirli aralıklar ile bakımını yapmak,
- Bir acil durumda polis, itfaiye ve ambulans gibi acil hizmet servisleri ile koordinasyonu sağlamak,
- Tünellerde yaşanabilecek olaylara karşı hazırlık veya simülatör ile tatbikatlar yapmak,
- Çeşitli olası senaryolar değerlendirilip acil durum eylem planlarının hazırlanması ve olası bir acil durum karşısında eylem planını devreye sokup yönetmektir.

1.5.2.1. Karayolu Tünel Güvenliğinin Artırılmasına Yönelik Tünel İşletimi Üzerinde Alınabilecek Tedbirler

Karayolu tünellerinde, güvenlik uzmanları grubu tavsiyeleri son raporunda, tünel işletimine yönelik alınabilecek tedbirleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 1. Denetleyici Koordinasyon Kuruluşu

Trans-Avrupa ulaşım şebekesine katılımcı ülkeleri, tünel kontrol organları tarafından karayolu tünellerindeki olayların ele alınmasını denetlemek için bir koordinasyon sistemi oluşturmalıdır. Bu koordinasyon organına aşağıdaki görev ve yetkiler verilmelidir;

- Tünellerin emniyet açısından denetimini düzenleyen yönetmelikler hazırlamak,

- Güvenlik görevlileri ile işbirliği içinde organizasyonel ve operasyonel planların (acil müdahale planları dâhil) hazırlanması, acil durum hizmetlerinin eğitimi ve teçhizatı,
- Güvenlik görevlilerinin, görevlerinin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin uygulanması,
- Acil durum ekiplerinin, eğitimi amacıyla tünel kapatma yetkisi ve yangın tatbikatlarının yapılmasıdır (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 2. Güvenlik Görevlisi

1000 metreden uzun tüm tüneller için bir güvenlik görevlisi atanmalıdır. Güvenlik görevlisi, aynı bölgedeki birkaç tünelden sorumlu olabilir. Tünel sorumlusu, polis ve itfaiyeciler tarafından görevlendirilmeli ve direktifleri yayınlamak ve aşağıdaki görevleri yerine getirmek için gerekli yetki ve yetkilere sahip olmalıdır;

- Acil servislerin ve operasyonel planların organizasyonunu planlamak,
- Acil durumun planlanması, uygulanması ve değerlendirilmesi,
- Güvenlik planlarının tanımında ve altyapı kurulumlarının belirlenmesinde yer almalı,
- Operasyon personellerini, trafik polislerini ve itfaiye birimlerini eğitmeli ve tatbikatları düzenli aralıklarla organize etmeli,
- Tünellerin yapısal ve donanım onayında yer almalıdır (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 3. İtfaiye Ekipleri için Periyodik Tatbikatlar

İtfaiye ekipleri ve tünel operatörleri için tünellerde mümkün olduğunca gerçekçi durumlarda periyodik tatbikatlar düzenleyen yönetmelikler hazırlanmalıdır. Bu yönetmeliklerde;

- Bu tür tatbikatlar için seçilen sahalar mümkün olduğunca gerçekçi olmalı ve tanımlanan olay senaryolarına uygun olmalıdır,
- Tüm tatbikatlar net sonuçlar vermelidir,
- Tünelde herhangi bir hasarı önlemek ve trafik akımıyla etkileşimi en aza indirmek için bakım ve acil durum hizmetleri uzmanlarıyla işbirliği içinde planlama yapılmalıdır,

- Tamamlayıcı sonuçlar için bilgisayar simülatör tatbikatları da kullanılabilmelidir (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 4. Tatbikatlar ve Çalışmalar için Tünel Temini

Karayolu ağının parçası olmayan bir tünel, tatbikatlar ve denemeler yapmak için acil durum müdahale ekipleri için inşa edilmelidir. Buradaki ana sorunlardan biri, kurtarma personelinin sahada eğitilmesi için olanakların çok az olmasıdır. Çünkü yangın ve kurtarma ekiplerinin tatbikat yapmasına izin vermek için hizmete açık bir tüneli kapatmak pek mümkün değildir. Yüksek yatırım ve işletme maliyetleri düşünüldüğünde, uluslararası düzeyde katkılar aranmalıdır (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 5. Yangın Verileri

Tünellerde meydana gelen yangınların kayıtları, yangının meydana geldiği tünele ait kontrol merkezinde tutulmalıdır. Yangının meydana geldiği tünelin, kontrol merkezinin olmaması durumunda yangın kayıtları, ilgili yol kurumu tarafından kaydedilerek sebep-sonuç ilişkisi incelenerek değerlendirilmelidir. Tünellerde hem kazaların hem de yangınların verileri, bu tür olayların sıklığı ve nedenleri hakkında istatistiklerin derlenmesini sağlayarak güvenlik önlem ve denetimlerinin etkinliği hakkında bilgi vermelidir (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 6. Mobil Yüksek Performanslı Fanlar

Yüksek performanslı mobil fanlar; tünellerde özellikle yangın durumunda pozitif basınç yoluyla ısıyı ve dumanı istenecek yöne aktarabilen ve müdahale ekiplerince istenilen yere konumlandırılabilen hareket yeteneğine sahip olan fanlardır.

Mobil yüksek performanslı fanların, acil durum müdahale ekiplerinin kullanımına uygunluğu yakından incelenmelidir. Mobil yüksek performanslı fanların kullanılması, özellikle mekanik havalandırması olmayan tünellerde acil durum müdahale ekiplerinin güvenliğinin sağlanması ve ekipmanın korunması için önerilir (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 7. Isı Arama Kameraları

Tünel yangın söndürme ekipleri, bir ısı arama kamerası ile donatılmalıdır. Bu tür kameraların kullanılması, yangın söndürme ekiplerinin ve ekipmanlarının korunması için de ayrıca önerilir (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 8. Acil Bir Durumda Erişim Süresi

Tünelde bir olay olması durumunda acil müdahale ekiplerinin, erişim süresi mümkün olduğunca kısa olmalıdır. Daha yüksek risk potansiyeli olan tüneller için (çift yönlü yoğun trafiğe sahip uzun tüneller), bazı durumlarda, tünelin iki ucuna da acil müdahale ekipleri yerleştirmek gerekebilir. Acil durum müdahale ekiplerinin mümkün olan en kısa sürede olay yerine erişmesi, tünelde acil bir durum yaşanmasında özellikle yangın durumunda son derece önemlidir (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 9. Trafik Kurallarına Uygunluğun İzlenmesi

Trafik düzenlemelerine uygunluğun izlenmesi, tünellerde ihlallerin tespitine ve kuralların yaptırımına yardımcı olan otomatik sistemler kullanılarak iyileştirilmelidir. Özellikle, araçlar arasındaki mesafeler ve araçların hızları, daha üniform bir trafik akımı ve daha fazla güvenlik sağlamak için, daha fazla kontrole tabi tutulmalıdır (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 10. Alternatif Güzergâhlar

Bir tünelin kapatılması gerektiğinde (uzun veya kısa süreli), mümkün olan en iyi alternatif güzergâhlar, saptırma yerlerinde belirtilmeli ve yetkililer tarafından bilinmelidir. Bu tür alternatif güzergâhlar, trafik akışını mümkün olduğunca sürdürmeye çalışan sistematik ve beklenmedik durum planlamasına konu olmalıdır (TRANS/AC.7/9, 2001). Çift tüplü tünellerde, bir tüpün uzun süre kapanması durumunda, diğere tüpün çift yönlü trafik için kullanıp kullanamayacağına karar vermek için bir güvenlik analizi yapılmalıdır (TRANS/AC.7/9, 2001). Çoruh vd. (2018), yaptıkları çalışmada olası bir afet vb. durum karşısında Gümüşhane' nin komşu illeri ile ulaşımında yaşanabilecek aksaklıkları göz önünde bulundurularak, komşu iller ile karayolu ulaşımalarında kullanılan tüneller için alternatif güzergâhlar belirlemişlerdir.

Tedbir 11. Pratik Yangın Denemeleri için Yönergeler

Tünellerde yangın tatbikatları hazırlanması, uygulanması ve değerlendirilmesi için kılavuzlar uluslararası düzeyde oluşturulmalıdır. Bu kılavuz ilkeler oluşturuluncaya kadar, tünellerde yapılan tüm yangın tatbikatları ilgili yol idaresince oluşturulmalı ve kayıt altına alınmalıdır (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 12. Ağır Vasıtaların Mekanik Sistemlerinin Aşırı Isınmasının Kontrol Edilmesi

En azından tünellerin girişinden önce, özellikle motor ve frenler için ağır yük taşıtlarının aşırı ısınma kontrolü (otomatik veya başka türlü) düzenlenmelidir. Özellikle uzun ve dik bir yaklaşma yoluna sahip dağ tünellerinde, ağır yük taşıtlarının aşırı ısınması muhtemeldir. Uzun ve / veya yoğun trafiği olan bu tünellerin girişinden önce denetim yapmak ve gerekirse araçları park etmek ve soğutmak için yeterli alan bulunmalıdır (TRANS/AC.7/9, 2001). Örneğin, Trabzon-Gümüşhane karayolunun D885-03 kontrol kesimi içerisinde yer alan 2032 m rakımlı, 1702 m uzunluğunda ve çift yönlü olarak kullanılan Eski Zigana tüneline, her iki yönde de yapılan uzun tırmanış araçların motorlarının aşırı ısınmasına sebebiyet vermesine karşın, herhangi bir ısınma kontrolü yapılmamaktadır. Tünelin ağır taşıt yüzdesi de göz önünde bulundurularak ısınma kontrollerinin yapılması gerekmektedir.

1.5.3. Tünel Altyapısı

Karayolu tünellerinde, güvenliği oluşturan çok sayıda unsurun birbirleri üzerindeki etkisi göz önünde bulundurulduğunda, özellikle altyapı önlemlerinin koordineli şekilde uygulanması gerekmektedir. Karayolu tünellerinde altyapı; yapısal bileşenleri, elektronik ve elektromekanik sistemleri içerisinde barındırır. Yapısal bileşenler; karayolu tünellerinde tüp sayısı ve geometrisi, acil durumlar için kaçış yolları, acil durumlarda erişim yolları, drenaj sistemleri vb. yapısal kurulumları kapsar. Elektronik ve elektromekanik sistemler ise; karayolu tünellerinde aydınlatma ekipmanları, algılama sistemleri (tünel iç-dış lüminansmetre, yangın algılama, rüzgar yön ve şiddet ölçüm cihazı, meteoroloji istasyonları, toz ve gaz konsantrasyon ölçüm cihazları, vb.), havalandırma ekipmanları (fan, susturucu vb.) ve kontrol ünitesi (izleme, güç kaynağı vb.) gibi ekipmanları kapsar.

1.5.3.1. Karayolu Tünel Güvenliğinin Artırılmasına Yönelik Tünel Altyapısı Üzerinde Alınabilecek Tedbirler

Karayolu tünellerinde, güvenlik uzmanları grubu tavsiyeleri son raporu, tünel altyapısına yönelik alınabilecek tedbirleri sekiz başlık altında sıralamıştır (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 1. Tüp ve Serit Sayısı

Tüneller, yol sistemlerinin ayrılmaz bir parçası olduğundan tek veya çift tüplü bir tünel inşa edilmesine karar vermedeki ana kriterler trafik hacmi ve güvenlik olmalıdır. Mümkün olduğu ölçüde, tünel içinde ve dışında aynı sayıda şerit muhafaza edilmelidir. Öngörülen trafik hacmi düşükse, tek tüplü bir tünel inşa edilebilir, aksi takdirde çift tüplü bir tünel gereklidir. Tünel uzunluğu ve topoğrafik şartlar ve ağır yük taşıtlarının yüzdesi de bir veya daha fazla tünel tüpü lehine kararı etkileyebilse de, öngörülen trafik hacmi ve güvenlik, tüp sayısının belirlenmesinde ana kriterlerdir (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 2. Acil Çıkış ve Havalandırma Talimatları

Acil durum çıkışları ve havalandırma ile ilgili kurallar, uluslararası düzeyde koordine edilmelidir. Özellikle, tek tüplü tüneller için (çift yönlü ve tek yönlü trafik) kılavuz, kaçış yollarının gerekli olduğu koşulları belirtmelidir. Tek tüplü tünellerde, özel kaçış yolları veya güvenlik galerileri inşa etmek yüksek maliyetlerle ilişkilidir. Bu nedenle, özel kaçış veya güvenlik galerilerinin gerekli olup olmadığının kararı için risk analizi yapılarak değerlendirilmelidir. Risk analizinde dikkate alınması gereken ana kriterler trafik hacmi, tünel uzunluğu, boyuna eğim, havalandırma tipi ve kapasitesi olmalıdır. Aşağıda havalandırma ve acil çıkışlar için öneriler verilmektedir (TRANS/AC.7/9, 2001).

a) Havalandırma; PIARC, iki yönlü tünellerde boyuna havalandırmanın kullanılabilmesini, yapılan risk analizi sonuçlarının uygun görmesi durumunda önermektedir. Yapılan risk analizleri tüm tasarım faktörlerini, minimum trafik hacmini ve tünel geometrisini dikkate almalıdır. Enine veya yarı enine havalandırmaya sahip tek tüplü tüneller için, havalandırmaya ilişkin aşağıdaki minimum önlemler alınmalıdır;

- Hava üfleyici ve duman tahliye fanları takılmalı ve koordineli çalıştırılmalıdır,
- Boyuna hava ve duman hızı sürekli kontrol edilmeli ve havalandırma sistemi elemanlarının (amortisörler, fanlar, vb.) otomatik yönlendirme işlemi buna göre ayarlanmalıdır,
- Olası yangınlara karşı geliştirilmiş yangın algılama sistemleri kurulmalıdır (TRANS/huAC.7/9, 2001).

b) Acil çıkışlar; yangın senaryosu analizleri (geçerli yerel koşullar altında duman yayılımı ve yayılma hızı), yukarıda belirtilen hükümlerin yol kullanıcısının güvenliğini

sağlamak için yetersiz olduğunu gösterirse, ek önlemler alınmalıdır. Bunlar, örneğin 200 ila 500 metrede (hatta daha az) acil çıkışları içerebilir. Topografya izin verdiğinde açık, kısa ve dikey kaçış galerileri veya paralel bir güvenlik galerisi teşkil edilebilir. Ekonomik ve teknik bir analizle gerekçelendirilirse, anayolun altındaki bir tahliye galerisi kabul edilebilir bir çözüm olabilir. Ekonomik veya teknik olarak (topografya nedeniyle) kaçış yolları inşa etmek çok zorsa, yangın senaryo analizleri, yol kullanıcısının güvenliğinin kaçış yolları olmadan sağlandığını kanıtlamak zorundadır. Bu durumda, tünel tüpünün kendisi, bir kaçış yolu olarak kullanılmalıdır. Eğer bu kanıtlanamazsa, kaçış yolları inşa edilmelidir. Bir tünelin daha sonraki bir tarihte ikinci bir tüpe sahip olması planlanıyorsa, bir keşif veya pilot galeri inşa etmek iyi bir çözüm olabilir. Bu galeri, ikinci tüp tamamlanana kadar bir kaçış rotası olarak kullanılmalıdır. Açıktan kaçış yollarına giden bir çıkışı olmayan barınaklar kabul edilemez bir risktir; bu tip kapalı barınaklar inşa edilmemelidir. Mevcut tek tüplü tünellerde, yangın durumunda kullanıcı güvenliği kontrol edilmeli ve kaçış yollarının ve havalandırma sistemlerinin gerekli uyarlamaları buna göre yapılmalıdır (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 3. Çift Tüplü Tünellerde Çapraz Bağlantı Kullanımı

Çift tüplü tünellerde, bir tüpte bir olay olması durumunda, diğer tüp bir kaçış ve kurtarma yolu olarak kullanılmalı veya alternatif olarak her iki tüpte de doğrudan açık çıkışlar bulunmalıdır. Günümüzde bir tüpte bir olay yaşanması durumunda bir kaçış ve kurtarma rotası sağlamak için ikiz tüp tünellerindeki çapraz bağlantıların kullanımı incelenmiş ve önerilmiştir. Bir tüpten diğerine kaçmak için kullanılabilen çapraz bağlantılar oluşturmak, etkili ve genellikle düşük maliyetli bir önlemdir. Çapraz bağlantılarda;

- Tüpler, trafik hacmine bağlı olarak 200 ila 500 metre (ya da daha az) aralıklarla, yaya bağlantılarıyla bağlanmalıdır. Her 600 ila 1500 metrede bir çapraz bağlantı acil servis araçlarının geçişi için tasarlanmalıdır,
- Bir olay yaşanması durumunda, trafik durdurulmalı ve her iki tüpte de aktarılmalıdır, böylece kazasız tüp, kaçış ve kurtarma yolu olarak kullanılabilir,
- Uygun araçlar ile (örneğin her durumda kapılar ve mümkün olduğunda hava kilitleri ile) duman veya gazların, bir tüpten diğerine yayılması durdurulmalıdır (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 4. Tünel Girişinde Refüj Gecisi

Tek veya çok tüplü tünellerin her iki portalında da tüpler arası geçişi mümkün kılan refüj geçişleri teşkil edilmelidir. Bu önlem, acil durum müdahale ekiplerinin her iki tüpe de anında erişimin sağlanması açısından önemlidir (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 5. Tünel Ekipmanı Hakkında Yönergeler

Tünellere ekipman montajı için kılavuz ve şartnameler, PIARC ve diğer uluslararası kuruluşlar tarafından yapılan çalışmalar dikkate alınarak ve teknolojinin mevcut durumuna uyarlanarak yapılmalıdır. Güvenlikle ilgili yeni teknolojilerle ilgili son bulgular ışığında önceki kılavuzların revize edilmesi gerekli görülmektedir. Gelişmeler aşağıdaki güvenlik hususlarını içermelidir;

- Aydınlatma ve kaçış yolları ile işaretleri, güvenlik girintileri ve yangın söndürme ekipmanı göstergesi,
- Yangın söndürücülerin tünellere ve girişlerine sistematik montajı ve itfaiyeciler için su temini,
- Yangın tugayları (acil servis kanalı) tarafından kullanılmak üzere radyo ile tünellerin donatılması,
- İnsan gözetimi altındaki tünellerin, acil durum mesajlarını telsiz yoluyla yol kullanıcılarına iletme imkânı ile donatılması,
- Otomatik olay tespiti de dâhil olmak üzere video izleme sistemleri ile 1000 metreden uzun süren gözetim altındaki tünellerin donatılması,
- Yüksek ve düşük voltaj kablolarının (elektrik, radyo vb.) güvenli beslenmesi, yerel bir arızanın (örneğin bir yangın nedeniyle) etkilenmeyen devrelerin kaybına yol açmaması için elektrik, ölçüm ve kontrol devrelerinin tasarımı,
- Yangın durumunda duman kontrolü için yeterli havalandırma sağlanması,
- Özellikle yüksek trafik hacmine sahip tünellerde ekipman yerleşim düzeninin (aydınlatma, havalandırma, algılama sistemleri, vb.) sağlanması olarak sıralanabilir (TRANS/AC.7/9, 2001).

Güvenlikle ilgili konularla ilgili olarak, yangın otoritelerinin ve diğer acil durum hizmetlerinin, planlama aşamasına daha fazla dâhil edilmesi tavsiye edilir. İlk 10 dakika, acil bir durumda (özellikle yangın) yol kullanıcılarının güvenliği için belirleyicidir ve bu,

erken tespitin çok önemli olduğu anlamına gelir. Güvenlik kılavuz ilkeleri aşağıdaki noktalarda koordine edilmelidir;

a) Kullanıcılar için mevcut olan güvenlik ekipmanı türlerinin (söndürücüler, telefonlar, radyo iletişimi) daha kullanışlı olması için birbirleri ile uyumlaştırılması,

b) Kullanıcıların tünel girişinde durdurulabilmesi için gerekli cihazların (işaretler, sinyaller, bariyerler ve diğerleri) tünel girişinde montajı yapılmalı ve uzun tünellerde belirli aralıklar ile tünel içerisinde teşkil edilmeli,

c) Otomatik yangın algılama sistemlerinin, teknolojik gelişmeler doğrultusunda iyileştirilmesi,

d) Hoparlörler yalnızca faydalı olmaları halinde, örneğin tünel portallarının önündeki trafik ışıklarında, tüm trafik durduğunda veya tahliye sırasında kaçış yolları boyunca önerilmelidir (tünel tüplerinde, trafik ve havalandırma gürültüsü nedeniyle genellikle işe yaramazlar),

e) Kılavuz ilkeler, uluslararası düzeyde uyumlaştırılmış değişken mesaj işaretleri kullanarak farklı dillerde (ör. acil kaçış çağrısı) duyuru ihtiyacını dikkate almalıdır (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 6. Bir Zaman-Sıcaklık Eğrisinin Standardizasyonu

Bir tünelde şiddetli bir yangını temsil eden zaman-sıcaklık eğrisi uluslararası düzeyde standartlaştırılmalı, böylece tünel yapı ve ekipmanlarının güvenlik açısından sahip olması gereken minimum dayanımlı belirlenmelidir. Böylelikle tünel yapıları tasarlanırken, yangın durumunda kullanıcıların tahliye edilebilmesi ve kurtarma ekiplerinin güvenli şartlar altında çalışabilmesi ve kapsamlı mal kaybından kaçınılabilmesi için yangına karşı yeterli direnç sağlanabilir (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 7. Yol İşaret Sistemleri

Tünel yaklaşım ve iç bölgelerinde yol işaretleme sistemlerine ilişkin düzenlemeler uluslararası düzeyde iyileştirilmeli ve uyumlu hale getirilmelidir. Böylece değişken mesaj işaretleri, yatay ve düşey işaretlerin seçiminde ve kullanımında ki karmaşanın önüne geçilebilecektir (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 8. İnsan Gözetimi için Kriterler

Bir bölgede bir dizi tünel kontrol merkezi gerekirse, bu tünellerin gözetiminin video sinyallerinin ve operasyonel verilerin tek bir kontrol merkezine iletilmesiyle koordine edilip edilemeyeceği kontrol edilmelidir (TRANS/AC.7/9, 2001).

1.5.4. Araçlar

Karayolu ulaşım taşıtları, özellikle son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte daha güvenli hale gelmiştir. Bu gelişmeler neticesinde karayolu tünellerinde meydana gelen yangın riskinin azalabileceği, yapılan çalışmalarca desteklenmiştir (Sinoplu, 2007). Bu iyileşmelere örnek olarak; yaşanabilecek kazalara karşı araç yakıt tanklarının daha güvenli yerlere yerleştirilmesi, elektrik sisteminden kaynaklanan kusurların azalması ve motor parçalarında aşırı ısınmaların kısıtlanması verilebilir. Teknolojik gelişmeler, karayolu tünel güvenliği üzerinde olumlu etkiler yanında bazı sorunları da beraberinde getirmiştir. Araçların güvenilirliğinin dezavantajı sürücülerde güven hissiyatı artmış ve trafik kurallarını uyma oranı düşmüştür (Sinoplu, 2007). Araçların güvenlik standartlarında ki artışa rağmen, özellikle ağır tonajlı araçlar başta olmak üzere, periyodik bakımlara dikkat edilmesi gerekmektedir (Sinoplu, 2007).

1.5.4.1. Karayolu Tünel Güvenliğinin Artırılmasına Yönelik Araçlar

Üzerinde Alınabilecek Tedbirler

Karayolu tünellerinde, güvenlik uzmanları grubu tavsiyeleri son raporu, araçlara yönelik alınabilecek tedbirler aşağıdaki gibi sıralanmıştır (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 1. Yangın Söndürme Cihazları

Tüm ağır taşıtların (ağır yük taşıtları, otobüsler ve tur otobüsleri) manuel yangın söndürücüler ile donatılması zorunlu hale getirilmelidir. Ayrıca, ağır yük taşıtlarının, otobüslerin ve yolcu otobüslerinin ısı algılama ekipmanı veya muhtemelen otomatik söndürme ekipmanı ile donatılması olasılığı üzerine çalışmalar yapılmalıdır (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 2. Taşınan Yakıt Miktarı

Tünellerde yaşanabilecek araç yangınlarında, araç depolarında ki yanıcı madde miktarı yangın şiddetine etki eden önemli faktörlerdendir. Dolayısıyla olası araç

yangınlarının şiddetini azaltmak için taşınan yakıt miktarları; ağır yük taşıtları, otobüsler ve tur otobüsleri olarak sınıflandırılmalı ve taşınan yakıt miktarları azaltılmalıdır (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 3. Ağır Vasıtaların Ağırlığı ve Boyutları

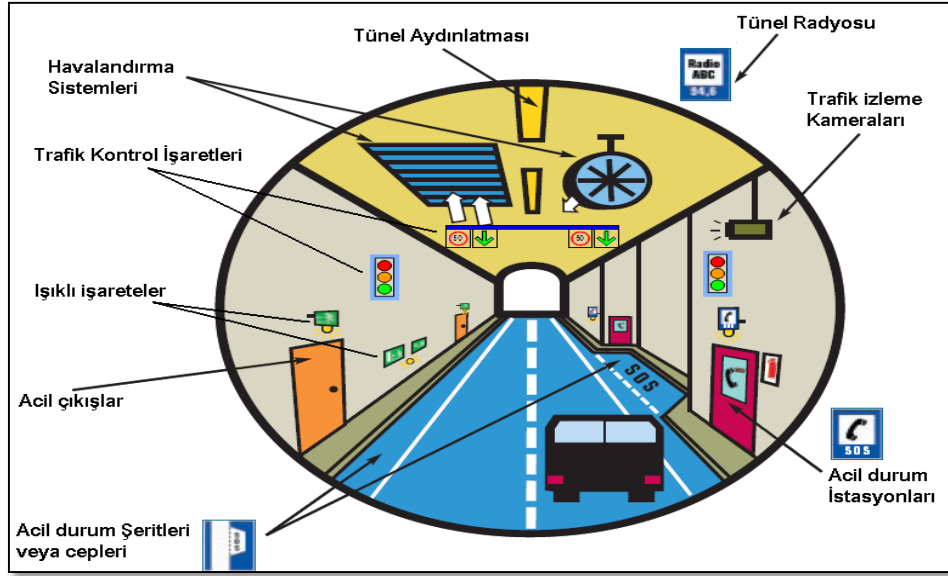
Ağır yük taşıtlarının genişliğinde veya yüklerinin ağırlığında, ağır yük taşıtlarının kapasitesinin artmasına neden olacak başka artışlara izin verilmemesi tavsiye edilir (TRANS/AC.7/9, 2001).

Tedbir 4. Teknik Denetimler

Tüm ağır yük taşıtları, kamyon ve otobüsler, 13 Kasım 1997 tarihli UNECE Anlaşması veya özellikle araç yangınlarının önlenmesine katkıda bulunan hususlar için 96/96 / EC sayılı Avrupa Yönergesi ile tanımlanan yıllık teknik denetimlere tabi tutulmalıdır (TRANS/AC.7/9, 2001).

1.6. Tünellerde Kullanılan Güvenlik Ekipmanları

Karayolu tünellerinde, güvenliği sağlamak için iki önemli konu üzerinde durulur. İlki; kaza olasılığının azaltılması için yapılan çalışmalar ve ikincisi ise meydana gelen kaza ve yangınların sonuçlarını azaltmak için yapılan çalışmalardır. Birincisinin kapsamını; tünel tasarımı, trafik düzenlemeleri, tünele kurulan havalandırma sistemleri, aydınlatma sistemleri, iç kaplama ve bakım oluşturur. İkincisini ise; karayolu tünellerine kurulan acil durum tesisleri ve yangına dayanıklı tünel yapıları oluşturur (Mashimo, 2002). Dolayısı ile kaza riskini azaltmak için tünel tasarımlarının, trafik düzenlemelerinin ve uygun tesislerin (havalandırma, aydınlatma vb.) çok özenli şekilde planlanması, yangın vb. durumlar için ise en uygun acil durum tesislerinin ve yangına dayanıklı korunma-kaçma yapılarının tasarlanması gerekir (Mashimo, 2002). Şekil 1.16' da tünel güvenlik ekipmanları ile donatılmış tünele ait bir görsel yer almaktadır.



Şekil 1.16. Karayolu tünellerinde kullanılan güvenlik sistemleri ve ekipmanları (URL-13, 2020).

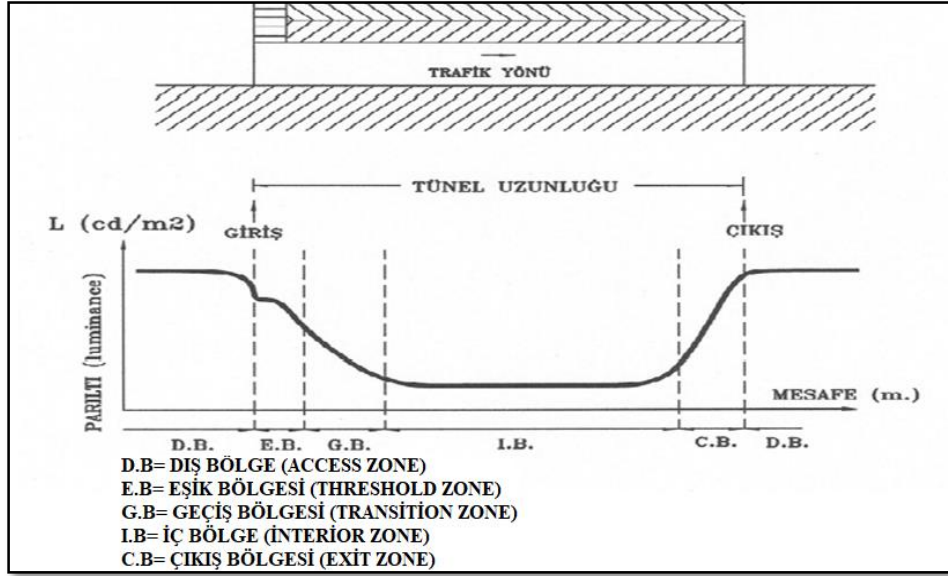
1.6.1. Tünel Aydınlatma ve Havalandırma Sistemleri

Tünellerin; kapalı yapılar ve ışıklandırmalarının açık yollara nazaran daha düşük olmasından dolayı, sürücülerin tünellerden güvenli ve rahat bir şekilde geçmesine izin vermek için tatmin edici bir görsel ortam yaratılmalıdır. Bu amaçla, tünel uzunluğuna, trafik hacmine ve tasarım hızına bağlı olarak karayolu tünellerinde en ergonomik havalandırma, aydınlatma sistemi ve iç tasarım sağlanmalıdır (Mashimo, 2002). Karayolu tünel aydınlatmasında amaç; tünel karakteristik özelliklerine göre belirlenen tasarım hızı ile seyreden trafiğin, tünel dışında var olandan daha az olmayan bir güvenlikle tünele yaklaşması ve tünelden geçişinin sağlanmasıdır (CIE, 1990). Şekil 1.17’ de tünel aydınlatma sistemine ait bir görsel verilmiştir.



Şekil 1.17. Tünel aydınlatma sistemi (URL-14, 2020).

Aydınlatma sistemi, tasarım hızı, trafik türü ve tünel yapısı dikkate alınarak belirli bir yol parlaklığı verecek şekilde tasarlanmalıdır. Aydınlatma sistemi; temel aydınlatma, giriş aydınlatması, çıkış aydınlatması ve bağlantı yollarının aydınlatmasından oluşmaktadır. Giriş aydınlatmasındaki parlaklık seviyesi, temel aydınlatma seviyesinden daha yüksektir. Bunun nedeni, özellikle açık karayolundan (çok aydınlık) tünele (daha karanlık bir ortama) giderken görünürlük sorunlarının çözülmesidir. Genel olarak karayolu tünelleri, giriş ve temel aydınlatma ile donatılırken, trafik hacmine, tünel uzunluğuna, dışarıdaki meteorolojik koşullara bağlı olarak farklı aydınlatmalara sahip olabilir (Mashimo, 2002). Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE), tasarım hızını göz önünde bulundurarak tünel eşik, geçiş, iç ve dış bölgelerinin kademeli aydınlatmalarını şekil 1.18 ile göstermektedir (CIE, 1990).



Şekil 1.18. Tek yönlü trafik için aydınlatma bölgeleri (CIE, 1990).

Karayolu tünellerini kullanan taşıtlarından salınan egzoz gazları veya meydana gelen yangınlardan kaynaklanabilen CO, NO_x ve duman insan sağlığı için tehlikelidir (Sinoplu, 2007). Dolayısıyla tünel kullanıcılarının, taşıtlarıyla birlikte, tüneli güvenli bir şekilde kullanabilmeleri için, tünel içi hava kalitesinin, insan sağlığını olumsuz etkilemeyecek sınırlar içerisinde olması gerekmektedir. Bunun yanı sıra, meydana gelebilecek herhangi bir yangın sonucu oluşan ısı ve dumanın, tünel kullanıcılarının güvenli kaçış yollarını kullanabilmelerine engel olmaması için uzaklaştırılması gereklidir. Karayolu tünel havalandırmasında ki temel hedef, kirli hava yoğunluğunun temiz hava ilave edilerek seyreltilmesidir (Mashimo, 2002). Şekil 1.19' da tünel havalandırma sistemine ait görsel görülmektedir.



Şekil 1.19. Tünel havalandırma sistemi (URL-11, 2020).

Karayolu tünellerinde havalandırma, yolun bölünmüşlük durumu, yıllık ortalama günlük trafik sayısı (YOGT), tünel uzunluğu ve iklim şartlarına göre belirlenir. Bu sistemler doğal ve mekanik havalandırma olarak ikiye ayrılır. Doğal havalandırma da herhangi bir havalandırma ekipmanı kullanılmaz, sadece tünel dışı ortam havası ve araç vantuz etkisi ile iç havalandırma sağlanır (Zigana Tüneli gibi). Mekanik havalandırmada ise tünel geometrisi, uzunluğu, trafik hacmi ve iklim özellikleri gibi faktörler gözetilerek uygun görülen mekanik ekipmanlar ile havalandırma sağlanır. Mekanik havalandırma çeşitleri;

- Boyuna havalandırma,
- Tam enine havalandırma,
- Yarı enine havalandırma,
- Kısmi havalandırma,
- Karma (mekanik havalandırma sistemlerinin kombinasyonu) havalandırmadır.

Ayrıca trafiği taşımak için tasarlanmış paralel bir tüp olmasa bile, kaçış amacıyla da kullanılabilecek en azından paralel bir havalandırma tünelinin varlığı hem bu tür tünellerde havalandırmaya hem de kurtarma amaçlı kullanıma fayda sağlayabilir. Böylelikle tünel için güvenlikte önemli ölçüde arttırılmış olunur (Haack, 2002).

1.6.2. Tünel İşaretlemeleri, Acil Durum Telefonları ve Yangın Söndürücüler

Karayolu tünel geçişlerinde kullanıcıları bilgilendirmek ve yönlendirmek amacıyla birçok yatay ve düşey trafik işaretleri kullanılır. Bunlar;

Tünel dışında;

- Hız limiti,
- Tünele girecek aracın izin verilen maksimum yüksekliği,
- Trafik ışıkları,
- Farların açılmasına dair uyarı,
- Sollama ve şerit değiştirmeye yönelik kısıtlamalar,
- Diğer kısıtlamalar (yayaların ve bisikletlilerin tüneli kullanmalarına dair),
- Bilgilendirme işaretleri (radyo istasyonu, tünel ismi, tünelin uzunluğu vb.),
- Şerit kontrolü (yeşil ok açık, kırmızı çapraz kapalı),
- VMS (değişken mesaj işaretlemeleri)' dir (Sinoplu, 2007).

Şekil 1.20' de tünel dışı bölgesine ait örnek işaretler görülmektedir.



Şekil 1.20. Tünel dışı işaretlemeler

Tünel içinde;

- Güvenlik işaretlemeleri (güvenlik çıkışları, kaçış yönleri, cepler),
- Yol işaretleri (Kedigözleri, şerit çizgileri),
- Hız limitleri,
- Trafik işaretleri,
- VTS (değişken trafik işaretleri)' dir (Sinoplu, 2007).

Şekil 1.21' de tünel iç bölgelerine ait örnek işaretler görülmektedir.



Şekil 1.21. Tünel içi işaretlemeler (URL-15, 2020).

Acil Durum Telefonları

Karayolu tünellerinde telefonlar, yaşanabilecek kaza veya yangın gibi acil bir durumda, tünel kullanıcıların, mevcutsa tünel kontrol merkezi veya acil müdahale ekipleri ile iletişim sağlaması için tünel içerisine ülkelerin benimsediği standartların öngördüğü şekilde yerleştirilen tünel güvenliğinin önemli ekipmanlarından. Tünel içerisinde tek olarak kullanılabilecekleri gibi yangın söndürücülerle birlikte acil durum istasyonları ve ceplerde de teşkil edilebilirler. Ayrıca Avrupa Birliği kriterlerince, kullanımda olan tünellerde minimum 250 m, yeni yapılacak tünellerde ise 150 m aralıklar ile teşkil edilmeleri gerekmektedir (Sinoplu, 2007). Şekil 1.22' de tünellerde kullanılan acil durum telefonları görülmektedir.



Şekil 1.22. Tünellerde kullanılan acil durum telefonları

Yangın Söndürücüler

Karayolu tünellerinde meydana gelen yangınlar, ulaşım aksaklığı, yüksek maliyet ve en önemlisi de can kayıplarına sebebiyet verebilmektedir. Yaşanabilecek kazalara ve meydana gelen yangınlara müdahale süresi son derece önemlidir. Gerek acil müdahale ekibi gerekse tünel kullanıcılarının gerekli durumlarda yangına müdahalede bulunabilmesi için, tünel içerisine yönetmeliğin belirlediği aralıklarda yangın söndürücülerin konulması zorunludur. Şekil 1.23’ te karayolu tünellerinde acil durumlarda kullanılmak üzere tefriş edilmiş örnek bir yangın söndürme dolabı görülmektedir. Tünel güvenliği için meydana gelecek bir kazada kazanın ve yangınların şiddetinin azaltılması son derece önemlidir (Kircher ve Ahlstrom, 2012). Bu anlamda bu dolapların çalışır ve işlevsel olması hayati öneme sahiptir.



Şekil 1.23. Karayolu tüneline tefriş edilen yangın söndürme dolabı

1.6.3. İzleme Sistemleri ve Radyo Yayınları

Kapalı Devre Televizyon Sistemleri (Closed-Circuit Television Systems)

Kapalı devre sistemleri, trafik akış kontrolünün sağlanmasında olay yönetim sistemlerinin bir parametresini oluşturur. Kapalı devre video sistemleri; tünel dış ve iç bölgesindeki trafik akışının kontrolünü, acil durumlar karşısında tünel yetkilisinin olaydan haberdar olmasını ve acil durum yönetilmesinde kullanılan sistemlerdir. Şekil 1.24’ te Trabzon Tünel Kontrol Merkezinde bulunan kapalı devre video izleme sistemlerine ait görsel görülmektedir.



Şekil 1.24. Kapalı devre video izleme sistemleri (URL-16, 2020).

Tünellerdeki kamera kurulumları, görünürlüğün tam olarak sağlanabileceği şekilde olmalıdır. İzleme sistemi bileşenlerinin yerleşim aralıkları, montaj yüksekliği vb. kurulum parametreleri tünel karakteristik özelliklerine göre belirlenmelidir.

İzleme sistemlerinden tünel kontrol merkezine gelen veriler, operatör tarafından değerlendirilir. Bu sistemin kontrol merkezi ekipmanları; görüntü sağlayan kameraların video kontrol üniteleri, monitörler, video kayıt sistemleri, bilgisayar sistemleri (yazılım ve donanım) ve kamera görüntülerini ana kontrol merkezine veya internete iletilmesini sağlayan sistemlerdir (Sinoplu, 2007).

Otomatik Olay Algılama (Automatic Incident Detection)

Otomatik olay algılama sistemleri (AID), izleme sistemlerine olayların otomatik algılanması yeniliğini getiren kapalı devre video sistemlerinin geliştirilmiş halidir.

Otomatik algılama sistemleri karayolu tünellerinde;

- Normal seyir halinde duran araçları,
- Sıkışan trafikte duran araçları,
- Acil şerit veya sığınma ceplerinde duran araçları,
- Trafik akışının hızının yavaşlaması ve sona ermesi,
- Trafik akışında yavaşlayan araçları,
- Ters yönde ilerleyen araçları,

- Tünel içinde bulunan yayaların tespit edilerek yetkili operatöre aktarılmasını ve operatör tarafından değerlendirmesine imkân tanınmaktadır (Sinoplu, 2007).

Şekil 1.25’ te otomatik olay algılama sistemi tarafından tespit edilen yaya görseli görülmektedir.



Şekil 1.25. Otomatik olay algılama tarafından tünel içinde tespit edilen bir yaya (URL-17, 2020).

Radyo Yayını

Karayolu tünel kullanıcılarının, radyo yayınına bağlanarak, kullanılan tünel hakkında bilgilendiren ve acil durumlarda kullanıcıları yönlendirebilen bir sistemdir. Örnek olarak, Karadeniz sahilinde Ordu ili sınırları içerisinde bulunan Nefise Akçelik ve İzmir-Aydın Otoyolu üzerinde bulunan 75. Yıl Selatin tünelleri verilebilir.

1.6.4. Yükseklik Ölçüm Araçları, Meteoroloji İstasyonları ve Bariyerler

Yükseklik Ölçüm Araçları

Karayolu tünellerini kullanan araçların, yükseklik kontrolünün yapılması gereklidir. Yükseklik kontrolü yapılmayan veya yükseklik sınırlamasını aşan araçların tünel donanımlarına zarar vermesi kaçınılmazdır. Yaşanabilecek bu olayların önüne geçebilmek için elektronik gabari kontrol sistemleri, tünel girişleri öncesinde belirlenen mesafelerde teşkil edilir. Bu sayede taşıt yüksekliği, belirlenen seviyenin üzerinde olan araç olduğunda sistem, tünel kontrol merkezinde bir alarm oluşturur ve meydana gelebilecek kazalar önlenir

(URL-19, 2020). Şekil 1.26’ da tünel girişi öncesi yükseklik ölçüm sistemine ait görsel görülmektedir.



Şekil 1.26. Yükseklik ölçüm sistemine ait görsel

Meteoroloji İstasyonları

Karayolu tünellerinde, havalandırmanın planlandığı standartlarda çalıştırılabilmesi ve tünel kullanıcılarının gerekli olan durumlarda hava koşulları hakkında bilgilendirilebilmesi için tünelin bulunduğu ortamın hava koşullarının bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca yangın esnasında meydana gelen dumanın tahliyesinde, tünel dışındaki rüzgârın yön ve şiddeti dikkate alınmalıdır. Bunun için tünel giriş ve çıkış portallarına hava şartlarının tespiti için meteoroloji istasyonları kurulmaktadır. Şekil 1.27’ de tünel giriş/çıkışlarında bulunan meteoroloji istasyonlarına ait görsel görülmektedir.



Şekil 1.27. Tünel meteoroloji istasyonu

Bariyerler

Karayolu tünellerinin bakım çalışmaları ve tünel içinde yaşanabilecek acil durumlar karşısında ilgili tünel tüpünün trafiğe kapatılması gereklidir. Tünel girişlerinde değişken mesaj işaretleri ve ışıkları, ilgili tünel tüpünün kapalı olduğu konusunda kullanıcılara bilgi vermektedir. Fakat yapılan çalışma ve araştırmalar tünel girişinde bulunan trafik ışıklarına dikkat edilmediğini ortaya koymaktadır (Sinoplu, 2007). Bu nedenle tünel girişlerinde tüneli trafiğe kapatmak için bariyerler teşkil edilmelidir. Şekil 1.28’ de bariyerler ile trafiğe kapatılmış bir tünel görülmektedir.



Şekil 1.28. Bariyerler ile trafiğe kapatılmış tünel (URL-18, 2020).

1.7. Karayolu Tünellerinde Trafik Yönetimi

AB direktiflerinde, trafik yönetim ekipmanları ile ilgili olarak; tünel kapatma ekipmanları için tavsiyelere, işaret ve sinyallere yer verilmektedir. Sinyaller aracılığıyla, tünel kullanıcılarına tıkanıklık, arıza, kaza, yangın vb. diğer tehlikeler hakkında bilgilendirme yapılarak, yönlendirilme sağlanır. Karayolu tünellerinin sınıflara ayrılması, trafik yönetim ekipmanı belirlemek açısından yararlıdır. AB direktifinde sınıflandırma parametreleri olarak tünel uzunluğu ve trafik yoğunluğu göz önünde bulundurularak tablo 1.7’ de verilen sınıf değerleri önerilmiş ve trafik yönetim ekipmanları bu doğrultuda belirlenmiştir (URL-20, 2020).

Tablo 1.7. Avrupa direktifinde trafik yönetim ekipmanı için tünel sınıflandırması (URL-20, 2020).

Sınıf 1	Sınıf 2	Sınıf 3	Sınıf 4	Sınıf 5
≤ 2000 YOGT		> 2000 YOGT		
500-1000 m	> 1000 m	500-1000 m	1000-3000 m	> 3000 m

Trafik yönetiminde kullanılan ekipmanlar genel olarak üç sınıfta gruplandırılmaktadır. Bunlar;

- Minimum Donanım; bir olay anında tünel girişini kapatmak mümkündür,
- Temel Donanım; bir olay anında tüneli kapatmak ve tünele yaklaşma hızını azaltmak mümkündür,
- Genişletilmiş Donanım; bu ekipmanlarla, tünel kapatma, şerit kapatma, duruma bağlı hız azaltma, genel olarak olaylara karşı uyarı, tıkanıklık, inşaat işleri, iki yönlü trafik ve zorunluluk halinde bir tüpte tek yönlü trafiği çift yönlü trafik haline dönüştürme gibi olanaklar işletimciye sunulur (URL-20, 2020).

Trafik yönetimi; Almanya, Hollanda, Norveç, İspanya, Çek Cumhuriyeti ülkelerinde uygulamada olan tünel yönetmeliklerince değerlendirilmektedir. Yönetmeliklerin öngördüğü tünel sınıflar gözetilerek, uygulanması gereken trafik yönetim ekipmanına karar verilir. Örneğin, Alman Yönergesi (RABT 2003) de tüneller; uzunluk, trafik hacmi ve maksimum hız parametreleri açısından değerlendirilerek üç sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflarda kabul edilen trafik yönetim ekipmanları; sınıf 1 (genişletilmiş donanım), sınıf 2 (temel donanım) ve sınıf 3 (minimum donanım) olarak belirlenmiştir (URL-20, 2020).

1.8. Karayolu Tünel Trafik Kazaları

Tünellerde bir kazanın meydana gelme riski, açık bir karayoluna nazaran daha az olmakla beraber oluşacak kazanın şiddeti maalesef açık yola göre daha fazladır (Amundsen, 1994; Amundsen ve Ranes, 2000; Lemke, 2000; Leitner, 2001; Kirkland, 2002; Mashimo, 2002; Carvel ve Marlair, 2005; Nussbaumer, 2007; Amundsen ve Engelbrektsen, 2009; Mavd., 2009; Kircher ve Ahlstrom, 2012). Dolayısı ile yaşanacak en küçük bir olumsuzluk durumunda kötü sonuçlar almamak için tünellere çok daha fazla önem verilmelidir (Kircher ve Ahlstrom, 2012).

Tablo 1.8’ de 1980-2010 yılları arasında meydana gelen büyük tünel kazaları ve bu kazalara ait bilgiler verilmektedir. Tablo 1.8’ den görüleceği üzere tünellerde meydana gelen kazalar oldukça ölümcül sonuçlar doğurabilmektedir. Ayrıca kazalar sonucu oluşabilen yangınlar tünel yapısına zarar vererek tünelin kapatılmasına sebep olabilmektedir (örneğin İtalya ile Fransa ülkeleri arasında yer alan Mont Blanc Tünelinde kaza sonrası yangın meydana gelmiş ve tünel uzun bir süre ulaşımına kapatılmıştır).

Tablo 1.8. 1980-2010 yılları arasında meydana gelen büyük tünel kazaları (Vianello vd., 2012).

1980-2010 Yılları Arasında Meydana Gelen Büyük Tünel Kazaları							
Yıl	Tünel	Ülke	Uzunluk(m)	Ölü	Yaralı	Karışan Araç Sayısı	Kaza Türü
1980	Sakai	Japonya	459	5	5	10	Çarpışma
1982	Caldecott	USA	1028	7	2	8	Çarpışma
1983	Pecrile	İtalya	600	8	22	10	Çarpışma
1986	L'Arme	Fransa	1105	3	5	5	Çarpışma
1987	Gumefens	İsviçre	340	2	–	3	Çarpışma
1993	Serra Ripoli	İtalya	442	4	4	16	Çarpışma
1994	Hugouenot	Güney Afr.	6111	31	28	1	Otobüs kazası
1995	Pfaender	Avusturya	6719	53	4	4	Çarpışma
1996	I. Femmine	İtalya	148	5	10	20	Çarpışma
1999	Mont Blanc	İtalya	11600	39	–	26	Kaza sonrası yangın
1999	Tauren	Avusturya	6400	12	–	40	Çok araba çarpışması
2001	Gothard	İsviçre	17000	11	10	8	İki kamyon çarpışması
2003	Vicenza	İtalya	600	6	50	–	Otobüs devrilmesi
2006	Viamala	İsviçre	750	9	6	3	Araba-otobüs çarpış.
2007	Ehrentalerberg	Avusturya	3345	–	12	39	Çarpışma
2007	Burnley	Avusturya	3400	3	–	7	Çarpışma ve patlama
2007	Santa Clarita	USA	165	3	23	33	Bilgi yok
2007	San martino	İtalya	4800	2	10	1	Çarpışma ve yangın
2008	Ofenauer	Avusturya	1390	–	17	18	Çarpışma
2009	Eiksund	Norveç	7765	5	–	2	Araba çarpışması
2009	Gubrist	İsviçre	3200	–	4	2	Çarpışma ve yangın
2009	Arlberg	Avusturya	13976	1	2	2	Çarpışma
2010	Trojane	Slovenya	885	–	5	6	Kamyon kazası
2010	Wuxi Lihu	Çin	10950	24	19	–	Çarpışma
2010	Seelisberg	İsviçre	9000	–	5	2	Çarpışma

Dünyada son yıllarda birçok tünel inşası ile birlikte, tünel sistemlerinin uzunluğu ve karmaşıklığı da giderek artmıştır (Beard, 2010). Avusturya' nın 2004 yılından 2010 yılına kadar karayolu tünel uzunluğu (metre olarak) %29.41 oranında artmıştır. Aynı dönemde Fransa' nın %4.10, Almanya' nın % 44.24, Yunanistan' ın %213.24, İtalya' nın %31.59 ve Hollanda' nın %18.79 oranında artışa sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca, İtalya' nın son on yıl içinde tünel uzunluğunun %59,38 oranında artış göstereceği ve yaklaşık 1,3 milyona (metre olarak) ulaşacağı ve AB içinde ilk sırada yer alacağı tahmin edilmektedir. Yakın zamanda tünel uzunluklarında Avusturya'nın %39.91, Almanya' nın %72.18,

Yunanistan'ının %92.87 ve Fransa' nın ise %42.50 oranında artış göstermesi beklenmektedir (Ntzeremes ve Kirytopoulos 2019). Tüm dünyada yaygınlaşan tünelli geçişler ile trafik akımında özellikle ağır taşıt trafiğindeki artış, olası kazaların meydana gelme riskini ve trafik güvenliğini gündeme getirmeye başlamıştır.

Kar veya gizli buzlanma, şiddetli yağmur, sis, rüzgâr veya görüşü etkileyecek güneş ışığı gibi tehlikeli iklim etkilerinin, tünellerde çok sık görülmemesi kaza riskini açık yollara göre azaltmaktadır (Haack, 2002). Tünel kaza sayılarının, açık karayolu kaza sayısına göre az olmasından, tünellerde sürücülerin daha güvenli veya temkinli bir sürüş davranışı sergiledikleri ve daha az kazaya sebebiyet verdikleri sonucunu çıkarabiliriz (Yeung vd., 2013).

Genelde arkadan çarpmalı trafik kazalarının; ölümlü, yaralanmalı ve maddi hasara yol açan tünel kazaları arasında en yüksek kaza türü olduğu kabul edilmektedir (Wei vd., 2018). İstatistiklere göre, tünellerde arkadan çarpma şeklindeki kazalara, çoğunlukla binek otomobiller ve kamyonlar neden olmaktadır ve sırasıyla %42,18 oranı ile otomobiller ve %56,25 oranı ile kamyonlar neden olmaktadır (Dai vd., 2010). Nussbaumer (2007), polis raporlarına göre, tünel kazalarının ana nedenlerinin başında yorgunluk, dikkat dağınıklığı, dikkatsizlik ve davranışsal hataların (güvenlik mesafesi ihlali, şerit dışına çıkma ve sollama) geldiğini belirtmiştir.

Kaza istatistiklerine bakıldığında tünellerin giriş bölgesinde kaza riski, tünel iç kesimlerine oranla daha fazladır (Amundsen, 1994; Yan vd., 2008; Amundsen ve Engelbrektsen, 2009). İster iki yönlü ister tek yönlü trafik olan tünellerde, en yüksek kaza oranları portal alanlarında rapor edilmektedir (Nussbaumer ve Nitsche, 2008). Yine iki yönlü trafiğe sahip tünellerde yaralanma veya ölme olasılığı, tek yönlü trafiğe sahip tünellerle kıyaslandığında %19 oranında daha yüksek bulunmuştur (Robatsch ve Nussbaumer, 2004).

Özellikle tünelde yangın olması durumunda sonuçlar son derece yıkıcı ve tehlikeli olabilir, çünkü kapalı alan ısı ve dumanın dağılmasını engeller (Mashimo, 2002). Ayrıca, yangınla mücadele ve kurtarma operasyonu için erişim sınırlamaları ve tünel kullanıcılarının kapalı bir alandan güvenli kaçış yolunun sağlanmasındaki zorluklar, kaza şiddetini ciddi şekilde arttırmaktadır (Mashimo, 2002).

İnsanların ciddi şekilde yaralanmasına ve ölmesine neden olan tünel yangın kazalarının bazılarının; Azerbaycan, İngiltere, Fransa, İtalya, Japonya, Kanada, Avusturya

ve ABD’ de meydana geldiği bilinmektedir (Haack, 2002). 1987 yılında Kings Cross (Londra) metro istasyonunda 31 kişinin hayatına mal olan felaket ve 1995 yılında Bakü’ de (Azerbaycan) yaklaşık 300 kişinin ölümüyle sonuçlanan kaza yangınlı metro kazalarına örnek verilebilir (Beard, 2010). Yine 1999 yılında Fransa’ da Mont Blanc tüneline 39 ve Avusturya’ da Tauern tüneline 12 kişinin ölümü ile sonuçlanan iki yangın meydana gelmiştir. Mont Blanc tüneline yangın 53 saat sürmüştür. Ölen 39 kişiden 29’ u araçlarında, dokuz tanesi tünel içinde veya yeterli koruma sağlamayan güvenlik odalarında bulunmuştur. Bir itfaiye memuru da aldığı yaralar sonucu ölmüştür. Bu olaydan sadece iki ay sonra 6400 m uzunluğundaki Tauern tüneline bir yangın meydana gelmiştir. Daha sonra 2001 yılında her ikisi de tek tüplü iki yönlü trafiğe sahip olan, Avusturya’ daki 8.3 km uzunluğundaki Gleinalm tüneline ve İsviçre’ de yaklaşık 17 km’ lik Gotthard tüneline yangın felaketleri meydana gelmiştir. İki olayda, kafa kafaya çarpışma kazası şeklinde oluşmuştur (Haack, 2002).

Özellikle son 15 yılda, ciddi tünel yangınlarında önemli bir artış olmuş ve maalesef birçoğu ölümle sonuçlanmıştır. Bu muhtemelen yıllar boyunca trafikteki artış ve özellikle tünellerden geçen ağır taşıt trafiğindeki artış ile ilgilidir. Tünellerde meydana gelen ölümlerin 2/3’ ü; trafik kazaları ile çoklu ölümler ise yangınla ilişkilidir. Karayolu tünel yangınlarındaki ölümler, ağır yük taşıtları ile güçlü bir şekilde ilişkilidir ve Avrupa’daki tünel yangınlarındaki ölümlerin yaklaşık %71’ i ağır taşıt içeren yangınlardan kaynaklıdır (Beard, 2010). 100 milyon sürüş kilometresi başına dört yangın veya sadece kamyonlarla ilgili 100 milyon sürüş kilometresi başına altı yangın tekabül etmektedir (Haack, 2002). Almanya’ da Elbe Tüneli istatistiklerinde, kamyonların daha yüksek yangın riskine sahip olmalarının yanı sıra kazalara aşırı orantılı katılımları nedeniyle otomobillerden daha fazla tehlikeli olduğu görülmüştür. Ciddi yangınlar, sadece insanları büyük ölçüde tehlikeye atmakla kalmaz aynı zamanda, sıklıkla ilgili araçlarında tamamen kaybına ve tünel tesislerinde büyük hasara neden olur (Haack, 2002).

Tablo 1.9’ da çeşitli yıllarda tünellerde meydana gelen 33 yangın ve bu yangınlar ile ilgili bilgiler verilmiştir. Tablo 1.9’ dan da görüleceği üzere meydana gelen yangınlar (1979 yılında Japonya’ nın Nihonzaka Tüneline olduğu gibi) saatlerce sürebilmekte ve yangınlara neden olan araçların, genellikle ağır yük taşıyanlar olduğu görülmektedir.

Tablo 1.9. Tünel yangınları özeti (URL-21, 2020).

Tünel İsmi	Ülke	Tünel Uzunluğu (m)	Yangın Tarihi	Yangın Nedeni	Yangın Süresi	Yanan Ürünler	Ölen İnsan Sayısı	Yaralanan İnsan Sayısı
Holland	ABD	2567	1949	Yük	4 saat	Karbon bisülfat	0	0
Chesapeake Bay	ABD	–	1974	Tekerlek	4 saat	Benzin	0	1
Caldecott	ABD	1083	1982	Çarpışma	3 saat	33000 lt. Benzin	7	2
Isola delle Femmine	İtalya	148	1993	Çarpışma	–	Gaz tankeri aracı	5	20
Tauern	Avusturya	6400	1999	Çarpışma	15 saat	Boya	12	0
Frejus	Fransa	12870	1993	Motor	2 saat	Plastik maddeler	0	0
Porte d'Italie	Fransa	425	1976	Motor	45 dk.	Polyester	0	0
Moorfleet	Almanya	243	1969	Tekerlek	2 saat	Polietilen	0	0
Hovden	Norveç	1283	1993	Çarpışma	2 saat	Polietilen	0	5
Guadarrama	İspanya	2870	1975	Vites Kutusu	3 saat	Çam reçinesi	0	0
Blue Mountain	Amerika	1302	1965	Motor	–	Balık Yağı	0	0
Pfänder	Avusturya	6719	1995	Çarpışma	1 saat	Ekmek	3	0
Mt Blanc	Fransa	11600	1999	Motor	53 saat	Margarin, un	39	0
L'Arme	Fransa	1100	1986	Çarpışma	–	–	3	5
Peccorila Galleria	İtalya	662	1983	Çarpışma	–	Balık	9	20
Serra Ripoli	İtalya	442	1993	Çarpışma	3 saat	Kâğıt	4	4
Kajiwara	Japonya	740	1980	Çarpışma	2 saat	Boya	1	0
Nihonzaka	Japonya	2045	1979	Çarpışma	96 saat	–	7	3
Sakai	Japonya	459	1980	Çarpışma	3 saat	–	5	5
Velser	Hollanda	768	1978	Çarpışma	2 saat	Çiçekler, alkolsüz içecekler	5	5
Huguenot	Güney Afrika	4000	1994	Vites Kutusu	1 saat	–	1	28
Gumefens	İsviçre	343	1987	Çarpışma	2 saat	–	2	3

1.9. Literatür Taraması

Kazalar sonucu (özellikle yangın durumunda) tünel kullanıcılarının, kendilerini kurtarması için güvenli kaçış yolunun sağlanmasına öncelik verilmesi gerekmektedir. Karayolu tünellerindeki güvenlik, sadece acil durum tesislerinin kurulması ve verimli bir

şekilde işletilmesini kapsamamaktadır. Aynı zamanda tünel kullanıcılarının davranışlarına da oldukça bağlıdır. Bu nedenle, karayolu kullanıcılarını, eğitim ve bilgilendirme kampanyaları yoluyla karayolu tünellerinde uyulması/yapılması gereken doğru davranışlardan sürekli haberdar edilmesi zorunluluktur. Gerçek şu ki tünellerde sürücü davranışının analizine yönelik çok sınırlı sayıda araştırma yapılmıştır (Kircher ve Ahlstrom, 2012).

Almanya Ulaştırma Bakanlığı tarafından, 2002 yılında, acil durumlar karşısında sürücü davranışının belirlenmesine yönelik birkaç çalışma yapılmıştır. İlk çalışmada tüneli kullanan sürücülerin acil durumlarda güvenlik bilgisini ve yangın esnasında nasıl davrandığını tespit etmek için, tünel girişleri öncesinde bulunan akaryakıt istasyonlarında 115 sürücü üzerinde, anket çalışması yapılmıştır. Sürücülerin; %71' irinin acil çıkış kapılarının, %60' ının yangın söndürücülerinin, %50' sinin acil durum istasyonlarının ve %5' inin resimli kılavuzlar hakkında bilgi sahibi olduğu bulunmuştur. Yine sürücülerin %17' sinin hiçbir güvenlik bilgisine sahip olmadığı öğrenilmiştir. Yangın ile karşılaşılması durumunda sürücülerin; %81' inin kaçmayı, %6' sının arabada kalmayı ve %5' inin acil çağrıda bulunmayı seçecekleri ve kaçış güzergâhı olarak %60' ının yol boyunca, %40' ının ise acil çıkış yolundan kaçmayı tercih ettiği sonuçlarına ulaşılmıştır. İkinci çalışmada, tünel kullanıcılarının, tünel içerisinde meydana gelen bir yangın karşısındaki davranışları ve kaçış konusunda, verilecek komutlara ne düzeyde uyacakları tespit edilmek istenmiştir. Tünel içerisinde kontrollü bir yangın gerçekleştirilerek, 69 adet araç durdurulmuş ve kullanıcıların sadece bir kısmına ek bilgiler verilerek acil çıkış kapılarını kullanmaları yönünde komutlar verilmiştir. Sonuç olarak kaçış güzergâhı ve verilen komutlara uyulması yüzdesel olarak belirlenmiştir. Kaçış konusunda, ek bilgi verilen kullanıcıların, herhangi bir bilgilendirme yapılmayan kullanıcılara göre daha yüksek oranda (%95-%75) acil çıkış kapılarını tercih ettiği, kullanıcıların %12' sinin kararsız kalarak beklediği ve tüm kullanıcıların sadece %15' inin acil durum telefonlarını kullandıkları görülmüştür. Diğer bir çalışmada ise tünel kullanıcılarının, tünel içerisinde meydana gelen bir yangın karşısındaki davranışlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için tünel içerisinde kontrollü bir yangın oluşturularak, her biri ortalama 40-50 aracı kapsayan, dokuz trafik sıkışıklığı senaryosu meydana getirilmiştir. Kullanıcıların davranışları gözlemlendiğinde; gerçekleştirilen tüm testlerde sadece bir kullanıcı aracını terk etmiş, diğer kullanıcıların hiçbiri aracını terk etmemiştir. Testlerin birinde, 10 adet aracın tamamen duman içerisinde kaybolmasına rağmen kullanıcıların

araçlarını terk etmediği görülmüştür. Ancak patlama tehlikesine karşı tahliye yönünde yapılan sesli anonsun yapılmasını takip eden ilk beş dakika sonrasında, tahliyenin başladığı gözlemlenmiştir. Son çalışmada ise, yoğun duman altında tünel kullanıcılarının acil çıkış kapılarına ulaşma konusundaki davranışları belirlenmek istenmiştir. Bu amaçla 97 kişi üzerinde bir çalışma yapılmıştır. Çalışmaya katılan kişiler 3'erli gruba ayrılmıştır. Birinci gruba hiçbir bilgilendirme yapılmamış, ikinci gruptan akustik sinyallerin çalışması esnasında güvenli bölgeye geçmeleri ve üçüncü gruptan ise akustik sinyallerin kaçış kapıları üzerinde çalışması esnasında güvenli bölgeye geçmeleri istenmiştir. Sonuç olarak; birinci gruptaki kullanıcıların %84' ünün ve ikinci gruptaki kullanıcıların % 79' unun yol boyunca kaçmayı tercih ettiği görülmüştür. Üçüncü grupta ise, akustik sinyallerin çıkış kapıları üzerinde çalışmasının, kullanıcıların yön bulması üzerinde olumlu etki gösterdiği ve kullanıcıların %69' unun acil çıkış kapılarını kullandığı sonuçlarına ulaşılmıştır (Boer, 2002; Sinoplu, 2007).

Kinateder vd. (2013), yaptıkları çalışmada sürücülerin bilgi ve eğitiminin, tünel yangını gibi tahliye gerektiren durumlar üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu amaca uygun belirlenen 45 katılımcı 15' erli gruplara ayrılmıştır. Birinci grup sadece anket çalışmasına katılan kontrol grubundan oluşmuş ve hiçbir eğitime tabi tutulmamıştır. İkinci gruba, tünel güvenliği hakkında bilgilendirme amacıyla bir bilgilendirme broşürü okutturulmuştur. Üçüncü gruba ise tünel güvenliği hakkında bilgilendirme amacıyla hem bilgilendirme broşürü hem de sanal gerçeklik ile davranışsal bir eğitim verilmiştir. Bir hafta sonra, tüm katılımcılar Almanya' da 539 metre uzunluğundaki karayolu tüneli olan Gevelsberg' deki Engelbert Tünelinde teste tabi tutulmuşlardır. Testte; iki araç çarpışması ve yoğun duman ile karşı karşıya kaldıkları bir tünel içi yangın senaryosu uygulanmıştır (bu tünel, sanal gerçeklik eğitimi alınan tünelden farklıdır). Sonuç olarak, bilgilendirilmiş ve davranışsal olarak eğitilmiş katılımcıların, tünelden kontrol grubu katılımcılarından daha güvenli bir şekilde tahliye oldukları görülmüştür. Sanal gerçeklik eğitimi alan katılımcıların, yalnızca bilgilendirilmiş katılımcılara göre de daha iyi ve daha hızlı davranışsal tepkiler verdiği gözlemlenmiştir.

Frantzich ve Nilsson (2004), tünel içerisinde sürücülere verilen farklı bilgilerin etkisini incelemişlerdir. Etkili bir mesajın çok fazla bilgi içermemesi gerektiğini ve uygun kelime öbeği sayısının 5 ile 7 kelime arasında olması gerektiği sonucuna ulaşmışlardır.

Sürücülerin görsel özellikleri; bilgi edinme ve karar verme yetenekleriyle ilişkili olduğundan, görsel davranışı kontrol etmek; sürücü davranışını optimize etmek ve kazaları azaltmak için dikkate alınması gereken önemli bir faktördür (Hu vd., 2019). Tünel içerisindeki aydınlatma, kaza riski açısından son derece önemli olmakla beraber gereklilikleri tünel içerisindeki trafik yoğunluğuna, hız sınırına ve dış ortam koşullarına (gündüz / gece) bağlıdır (Kircher ve Ahlstrom, 2012). Birçok ülke bu anlamda CIE Raporu 088: 2004' ü (CIE, 2004) kullanmaktadır. En temel şart yol yüzeyinin görünürlüğüdür. Örneğin; Norveç ve İsveç tünel aydınlatma yönetmelikleri, belirli bir yüksekliğe kadar beyaz duvarların kullanılmasını önermektedir (Kircher ve Ahlstrom, 2012).

Uzun tüneller yaygınlaştıkça monotonluk ve sürücü gözlerinin hareketsizliği önemli bir sorun olmaya başlamaktadır. Norveç' te 24,5 km uzunluğundaki Laerdal Tüneli planlanırken, farklı aydınlatma tür ve yapılarının, monotonluk ve dikkat dağınıklığını nasıl etkilediğini araştırmak için bir simülatör çalışmaları yapılmıştır (Jenssen, 1999; Kvaale ve Lotsberg, 2001; Flø ve Jenssen, 2007), sonuç olarak aydınlatma tür ve yapısının, hem sürüş hem de bakış davranışını etkilediği açıklanmıştır.

Kircher ve Ahlstrom (2012), tünellerde görsel dikkati dağılmış sürücüler üzerinde aydınlanmanın etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla tüneldeki aydınlatma seviyesinin ve duvar renginin (açık-koyu renk) sürücü davranışını etkileyip etkilemediğini incelemişlerdir. Düşük trafik hacimli uzun tünellerin, monoton olduğu ve sürücü dikkatinin dağılmasını kolaylaştırdığı görülmüştür. Çalışmalarının sonucu olarak, açık renkli tünel duvarlarının, sürücülerin görsel ilgisini korumak için güçlü aydınlatmadan daha önemli olduğu açıklanmıştır.

Karayolu tünel geçişlerinde yol yatay ve düşey işaretlemelerinin sürücü algısı ve davranışı üzerinde etkisi olduğu bilinmektedir. Manser ve Hancock (2007), bir simülatörde yol kenarında desenlerin ve farklı dokuların yardımıyla hızın nasıl etkilenebileceğini araştırmışlardır. Doku varlığının, genel olarak hız üzerinde azaltıcı bir etkisi olduğunu bulmuşlardır. Azalan genişliğe sahip desenler yavaşça azalan hıza yol açarken, artan genişliğe sahip desenlerin gittikçe hızın artmasına sebebiyet verdiği görülmüştür.

Karayolu tünellerinin kapalı ortamlar oluşuyla, karanlıktan aydınlığa ve aydınlıktan karanlığa geçişlerin yaşanmasının, sürücüler üzerinde baskı ve stres oluşturduğu bilinmektedir. Bu stres, sürücüler üzerinde olumsuz etkiler oluşturabildiği gibi sürücünün

dikkatinin artırması gibi olumlu etkiler de gösterebilmektedir. Calvi ve De Blasiis (2011), sanal gerçeklikte ileri sürüş simülatör teknolojisini kullanarak, tünel etkisinin sürüş performansı üzerindeki etkilerini araştırmak için bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada; sürüş simülatöründe altı adet (her biri çift tüplü) tüneli olan İtalya' daki otoyolun gerçek bir bölümü (8500 m' lik) yeniden simüle edilmiştir. Simüle edilen senaryoda tünellerin uzunluğu 123 ile 342 metre arasında değişmektedir. Altı tünelin gerçekte ki toplam uzunluğu 1293 metredir (senaryo uzunluğunun yaklaşık %15' i). Üç tünel yolun kurp kısmında, diğer üç tünel ise yolun aliyman kısmında yer almaktadır. Sürüş simülatör testleri, Üniversiteler arası Karayolu Güvenliği Araştırma Merkezi (CRISS) laboratuvarında sürüş simülatörü sisteminde gerçekleştirilmiştir. Simülatör çalışmasına; yaş aralıkları 23-36 arasında değişen ve sürüş deneyimi olan 20 kişi tabi tutulmuştur. Sürüş testlerine başlamadan önce sürücülere simülasyon hakkında 20 dakikalık eğitim verilmiştir. Simülatörde her bir sürücü üzerinde iki senaryo belirli aralıklar ile gerçekleştirilmiştir. Birinci senaryoda simüle edilen düz yol kesitinde sürüş, ikinci senaryoda ise aynı yol kesitinde belirli aralıklarda yerleştirilen tünellerin de bulunduğu güzergâhta sürüş gerçekleştirilmiştir. İki senaryoda kayıt altına alınarak 20 sürücünün hızı, ivmesi ve yanal konumu kaydedilmiştir. Sonuç olarak; sürücülerin tünel içinden geçerken sağ tünel duvarından yanal olarak uzaklaştıkları ve biraz yavaşladıkları gözlemlenmiştir. Ayrıca tünel içinde, sürücülerin dikkat seviyesinin yükseldiği gözlemlenmiştir.

Calvi ve D'Amico (2013), ileri sürüş simülatörü teknolojisini kullanarak sürüş performansı ve güvenliği üzerinde tünel etkileri hakkında bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, mevcut üç farklı otoyolun sekiz bölümünden oluşan bir otoyol senaryosu, sürüş simülatöründe canlandırılmıştır. Senaryo üzerindeki tüneller mevcutta olan tünellerle (İtalya) aynı geometrik standartları sağlayacak şekilde simüle edilmiştir. Toplam uzunlukları 2145 metre (senaryo uzunluğunun yaklaşık %20' si) olan, simüle edilmiş 8 adet tünellin uzunlukları 210 ile 325 metre arasında değişmektedir. Senaryoda bulunan sekiz tünelin beş tanesi yolun kurp kesitinde, üç tünel ise aliyman boyunca yerleştirilmiştir. Sürüş simülatör testleri, Roma TRE Üniversitesi CRISS laboratuvarında bulunan sürüş simülatör sisteminde gerçekleştirilmiştir. Donanım, ağa bağlı dört bilgisayar ve üç donanım ara yüzünden (direksiyon sistemleri, pedallar ve manuel vites değiştirme) oluşmaktadır. Yol senaryosu, 135 derecelik bir görüş alanı sağlayan üç büyük ekrana yansıtılarak gerçekleştirilmiştir. Simülasyona 15 erkek ve 10 kadından oluşan toplamda 25 kişi katılmıştır. Sürüş testlerine

başlamadan önce katılımcılara sürüş süresi, simülatör uygulaması hakkında bilgi ve sürüş eğitimi verilmiştir. Her bir sürücü, aynı güzergâhta tünellerin bulunduğu ve bulunmadığı iki senaryoda ayrı ayrı sürüş yapmışlardır. Böylelikle iki senaryoda kaydedilen hızlar, ivme ve yanal pozisyon farkları ile karayolu tünellerindeki sürücü performansı hakkındaki verilere ulaşılmıştır. Sonuç olarak çalışmada, sürücülerin bir tünelden geçtiklerinde sürüşün, şerit içerisinde değiştiği ve tünel yan duvarından yol merkezine doğru yöneldiği görülmüştür. Ayrıca tünel içerisinde, yavaşlamaların olduğu ve sürücü dikkatinin arttığı sonuçlarına ulaşılmıştır.

Tünel kullanım sıklığının, sürücüler üzerinde gösterdiği etkiler üzerinde yapılan çalışmalarda; tünellerde sürüşün, açık yollara göre daha fazla stresli olduğu bulunmuştur. Bu stresin, yol güvenliği üzerinde olumsuz etkisi olan zihinsel iş yükünü artırdığı açıklanmıştır. Bu çalışmaların çoğu, yüksek zihinsel iş yüküyle, sürüş performansının kötüleştiğini, reaksiyon sürelerinin arttığını, görsel algılamanın bozulduğunu, yol taramasının azaldığını ve sert fren olaylarının sayısının arttığını göstermiştir (Cantin vd., 2009; Harbluk vd., 2007; Lee vd., 2007; Recarte ve Nunes, 2002; Stinchcombe ve Gagnon, 2010). Yeung vd. (2013), tünellerde sürücülerin davranışlarını incelemiş, normal karayollarına göre araç takip aralıklarının, tünel içerisinde daha fazla bırakıldığını bulmuşlardır. Dolayısı ile sürücülerin tünel içerisinde daha temkinli davrandıklarını açıklamışlardır. Bunun yanında, tünel kullanım sıklığının, olumlu bir etki oluşturmadığını ve tünel ortamındaki ilk izlenimlerin zamanla korunduğu ve değişmediğini açıklamışlardır. Ayrıca, kapsamlı araştırmalar, farklı ülkeler ve kültürler arasında sürücü tutumlarında farklılıklar olduğunu göstermiştir (Yeung vd., 2013).

Hu vd. (2019), rota aşinalığının, sürüş sırasında farklı mekânsal- görsel koşullara sahip karayolu tünellerinin giriş bölgelerinde sürücülerin göz hareketleri ve sürüş hızlarını nasıl etkilediğini araştırmayı amaçlamışlardır. Aynı karayolu üzerinde bulunun ve farklı mekânsal ve görsel koşulları olan iki karayolu tüneline seçmişler. Test için seçilen tünellere aşina olan 16 tanıdık sürücü (en az 3 yıllık sürüş deneyimi olan 8 kadın ve 8 erkek) dâhil olmak üzere toplam 32 (16 kadın ve 16 erkek) katılımcı çalışmaya dâhil edilmiştir. Başa takılan göz izleme sistemi, göz hareketlerini izlemek için kullanılmıştır. Deney aracı olarak beş kişilik otomatik şanzımanlı bir otomobil kullanılarak karayolu tünellerinin girişinde yol testleri yapılmıştır. Sonuçlar; rota aşinalığının, sürücülerin görsel özelliklerini ve hızını etkilediğini göstermiştir. Tünel girişinden geçerken, rota aşinalığı az olan sürücülerin, görsel

özelliklerinin etkilendiği mesafe, rota aşinalığı yüksek oranlı sürücülerden daha fazla olarak bulunmuştur.

Mont Blanc tünelineki yangın ve Tauern tünelineki yangın gibi karayolu tünellerindeki yıkıcı yangınlar, etkili ve hızlı tahliyenin önemini açıkça göstermiştir (Nilsson vd., 2009). Purser (2009), Mont Blanc tüneline, gerçek yangın durumunu analiz etmiş ve araçlardan ayrılmanın ortalama 30 saniye sürdüğünü bildirmiştir. Tünellerde meydana gelen yangınlarda, aracın tahliye edilememesi büyük bir sorun olarak açıklanmıştır. Mont Blanc tünelineki yangında, çoğu kişinin araçlarında veya yakınında bulunması özellikle bununla ilişkilendirilmiştir. İtfaiyecilik ortamındaki affetme teorisine göre, insanlar tahliye sırasında tanıdık kişi ve yerlere gitme veya yönelme eğilimindedir (Sime, 1985). Bir tünelde, aracın tanıdık bir ortam oluşturması muhtemeldir, oysa tünel tanıdık olmayan aksine yabancı bir ortamdır. Aracı terk etme konusundaki isteksizliğin bir başka olası açıklaması, insanların başlangıçta mülklerini terk etmek istememesidir. İnsanların araçlarını, durum tehlikeli olarak algılanmazsa, insanların bir karayolu tüneline gözetimsiz bırakmak istemeyecekleri açıktır.

Frantzich vd. (2007) ve Kecklund vd. (2007), İsveç’ te Göta tüneline kısmen bilgilendirilmiş katılımcılarla davranışlarını incelemek için canlandırma deneyi yapmışlardır. Testde, sürücülerin yangın acil durumunda tahliye olup olmadıklarını, tahliye süresini; özellikle insanların araçlarını terk etmesine kadar geçen süreyi, araçtan ayrılma kararlarını ve çıkış seçimini etkileyen faktörleri, sürücülerin yangın alarm algılamalarını, acil çıkışlardaki yeşil yanıp sönen ışıkların algılanmasını ve duygusal durumların tahliye davranışı üzerinde etkisi olup olmadığını araştırmışlardır. Anksiyete ve depresyon belirtileri olan katılımcıları elemişler. Göta tüneli, 15 acil çıkışlı, 1.6 km’ lik çift tüplü ve normal çalışması sırasında iki tüpteki trafik akımı tek yönlü olan bir tünel olarak tanıtılmıştır. Tüneldeki konuma bağlı olarak, her tüpte iki veya üç şerit vardır. Buna ek olarak, bir arıza durumunda araçların durabileceği geniş bir banket vardır. Deney, üç şeridin olduğu bir kesimde gerçekleştirilmiştir. Acil çıkışlar güneyden kuzeye 1’ den 15’ e kadar numaralandırılmıştır. Çıkışlar arasındaki mesafe 100’ er metredir. Tünel çift tüplü bir tünel olduğundan, çıkışlar sol duvarlarda bulunur ve diğer tüpe yönlendirilir. Acil çıkışların on iki tanesi, iki tüpü birbirine bağlayan çapraz tünellere açılır ve üçü doğrudan diğer tünel tüpüne bağlanır. Denekler arasındaki duygusal durumdaki farklılıkları tanımlamak için veriler tek yönlü ANOVA ve ANCOVA tarafından işlenmiştir. Sonuçlar, önceden kaydedilmiş alarmla

söylenenlere uymanın zor olduğunu göstermiştir. Ancak akustik bir sinyal, sürücülerini uyarılmış ve ek bilgi aramalarını sağladığı için pozitif etkili bulunmuştur. Araçtan ayrılma kararı için bilgi işaretleri önemli bulunmuştur. Hem araçtan çıkma kararı hem de çıkış seçimi açısından, sosyal etkinin önemli olduğu görülmüştür. Sonuç olarak uyarılma seviyesinin, sürücüler tarafından fark edilen bilgi miktarını etkilediğini, dolayısı ile tünelde bu tarz uyarıcılarında zarar görmeden uzun süre işlevini yerine getirmelerinin sağlanmasının, hayatta kalma oranını artıracak bildirilmiştir (Nilsson vd., 2005).

Burns ve Stevens (2013), tünel yangınları karşısında tünel kullanıcılarının davranış biçimlerini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma Avustralya’ da bulunan Sydney Harbour Tünelinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, tünel içerisinde kontrollü bir şekilde yanan araba senaryosuyla karşılaşan, herhangi bir bilgilendirme yapılmamış 32 gönüllü katılımcının tahliye süresince hareketleri, izleme sistemlerinden gözlemlenmiştir. Katılımcıların araçları, yanan arabanın yaklaşık 100 metre önünde durdurularak tahliye başlatılmıştır. Otomobiller durduktan sonraki 55 saniye içinde, sadece araba radyoları açık olanların duyduğu ve tünelin genel anons sistemi üzerinden duyulan bir radyo üzerinden duyuru yayınlanmıştır. İlk sesli duyurudan önce, hiçbir katılımcının arabalarından ayrılmadığı gözlemlenmiş ve ilk dakikada otomobillerden çıkmaya başlayan bazı katılımcıların kararsız oldukları, daha sonra otomobillerinden çıkan bu katılımcıların tekrar otomobillerine bindiği gözlemlenmiştir. Sesli mesajlaşma başladığında, duyabilenlerin talimatları izlediği ve duyamayanların başkalarını takip etme eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Daha sonra çapraz tünele tahliye, iki dakikadan daha kısa sürede tamamlanmış ve sesli talimatların insanları tahliye etmeyi etkilediği görülmüştür. Katılımcılara daha sonra tünel dışında yer alan ofiste anket çalışması yaptırılmıştır. "Ne yapacağınıza nasıl karar verdiniz ve ne zaman tahliye kararı aldınız?" sorularına verilen cevapların sonucunda, bazı katılımcıların ses ipuçlarını hiç ayırt edemediklerini ve ses ipuçlarını duyanları takip etmek zorunda kaldıkları görülmüştür. Ses ipuçlarını duyanları takip edenler bu hareketleri için; güvence, kalabalık ortasında yer almak, başkalarının daha bilgili olduğuna inanmak ve başkalarının öncülüğünde hareket etmeyi seçtiklerini gerekçe olarak sunmuşlardır. Sonuç olarak katılımcıların %95’ inin davranışı, sosyal etkinin rolünü açıkça ortaya koymuştur.

Yüksek sıcaklıktaki alev, tünel yapısına zarar verir ve yangın dumanı tüneldeki personel güvenliğini tehdit eder (Yao vd., 2011,2012). İstatistiklere göre, tünel yangınlarındaki ölümlerin %85’ i duman kaynaklıdır (Hietaniemi vd., 1999). Dolayısı ile

özellikle tünellerde meydana gelen yangınlar sonucu oluşan yoğun duman, kullanıcılar için büyük bir sorun oluşturmaktadır. Yoğun duman, görüş açısını düşürmekte ve kullanıcıların acil çıkışlara ulaşmasını kısıtlamaktadır.

Benelüks Tüneli'nde yapılan deneylerde, kullanıcıların araçlarının iç kısımlarında 5-6 dakika pasif kaldıkları ve sadece %18' inin tünel içindeki sesli duyuru öncesinde, araçlarını terk ettikleri açıklanmıştır (Boer, 2003).

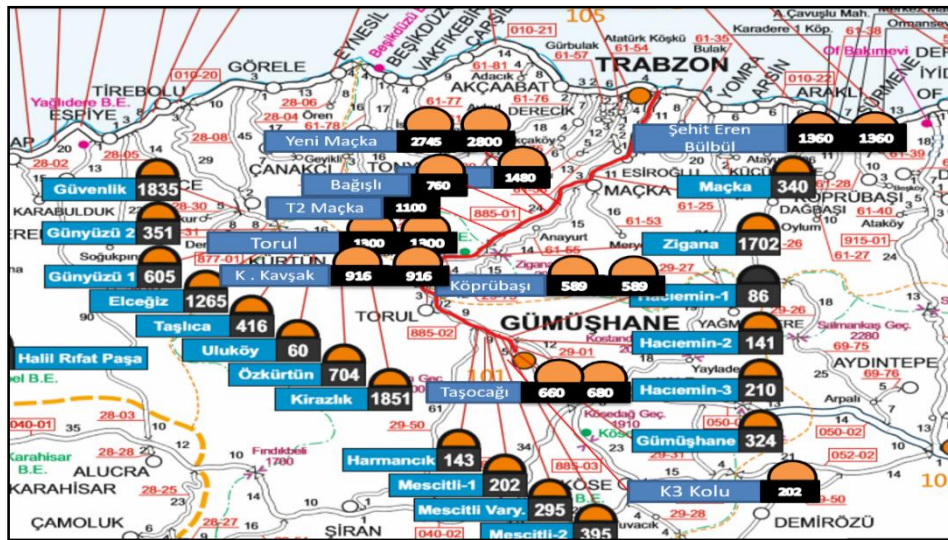
Boer ve Wijngaarden (2004), yangın durumunda meydana gelen yoğun dumanda acil çıkış kapılarına sesli uyarıcılar yerleştirmenin, tahliye üzerinde etkisini ortaya koymak için bir çalışma yapmışlardır. Çalışma; ehliyeti olan, herhangi bir sağlık sorunu bulunmayan ve yaş aralığı 18-75 arasında değişen 75 katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. Uygulama, 33 ve 42 kişiye ayrılan iki grup üzerinde ayrı ayrı uygulanmıştır. Katılımcılara, uygulama öncesi bir bilgilendirme broşürü okutturulmuş, acil çıkış veya sesli işaretler hakkında herhangi bir bilgilendirme yapılmamıştır. Katılımcılardan başkalarına yardım etmemeleri, başkalarını takip etmemeleri ve kendilerini güvende hissedecekleri şekilde güvenli bölgeye ulaşmaları istenmiştir. Katılımcılar, bir otobüse bindirilerek tünelin ortalarında yer alan 6' ıncı ve 7' nci acil çıkış kapıları arasına götürülmüş ve görüş mesafesinin 1-2 metre olduğu, yoğun duman senaryosu başlatılmıştır. Katılımcılardan bir tanesi sürüş yönünün tersine hareket ederek 7' nci acil çıkış kapısını kullanmış, geriye kalan tüm katılımcılar ise sürüş yönünde hareket etmiştir. 64 katılımcı (%85' i) 6' ıncı acil çıkış kapısını kullanmış ve geriye kalan 10 katılımcı da yol boyunca yürümüştür. Yapılan bu çalışma ışığında sesli uyarıcı işaretlerin, insanların davranışlarına yeterince rehberlik ettiği ve %87 oranında başarı sağlandığı sonuçlarına ulaşılmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, birinci bölümde anlatılan (tünel güvenliğine etki eden faktörler) bilgileri ışığında Trans Avrupa Karayolunun Ağının Türkiye sınırları içerisinde kapsadığı ağın parçası olan Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında bulunan 19 adet tünel, güvenliğe etki eden faktörlerle incelenecektir. Ayrıca Trabzon-Gümüşhane karayolunu kullanan sürücüler üzerinde bir anket çalışması yapılacak ve güzergah üzerindeki tünellerde meydana gelen kazalar değerlendirilecektir.

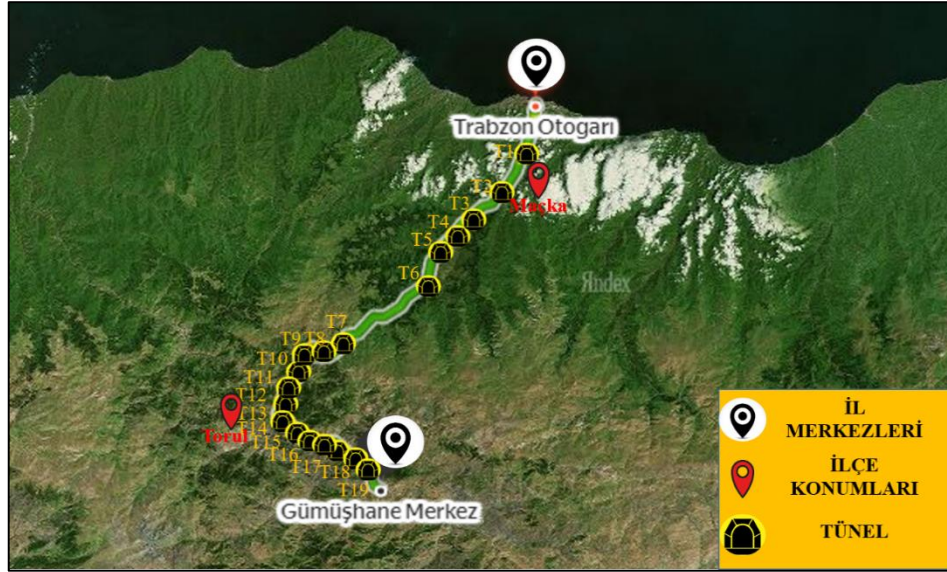
2.1. Trabzon-Gümüşhane Karayolu

Trabzon-Gümüşhane uluslararası karayolu (E-97, D885), Trabzon ve Gümüşhane illerini birbirine bağlamakta ayrıca Doğu Karadeniz ve Kafkasları, Ortadoğu ve İran' a bağlayan Tarihi İpek Yolunun yaklaşık 100 km' lik bir bölümünü oluşturmaktadır. Ulaşım süresi, araçla yaklaşık 1 saat 30 dakika sürmektedir. Özellikle son yıllarda artan nüfus, sosyo ekonomik-kültürel gelişim ve artan ticari ilişkiler Trabzon-Gümüşhane karayolunun önemini daha da artırmaya başlamıştır. Karadeniz bölgesinin arazi yapısının zorlu özelliği olarak, yol güzergâhı eğimli ve oldukça fazla kurplu kesimleri bünyesinde barındırmaktadır. Son yıllarda tünelcilik alanında kazanılan deneyim sonrası, ülke genelinde artan tünel sayısına paralel olarak Trabzon-Gümüşhane karayolundaki tünel sayısında da artış yaşanmıştır. Şekil 2.1' de Trabzon-Gümüşhane karayolu ve bağlantılı olduğu yollar üzerindeki tüneller görülmektedir.



Şekil 2.1. Trabzon-Gümüşhane karayolu ve bağlantılı yollar üzerindeki tüneller

Şekil 2.2’ de Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan 19 adet tünelin konumları görülmektedir.



Şekil 2.2. Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan 19 adet tünelin konumları

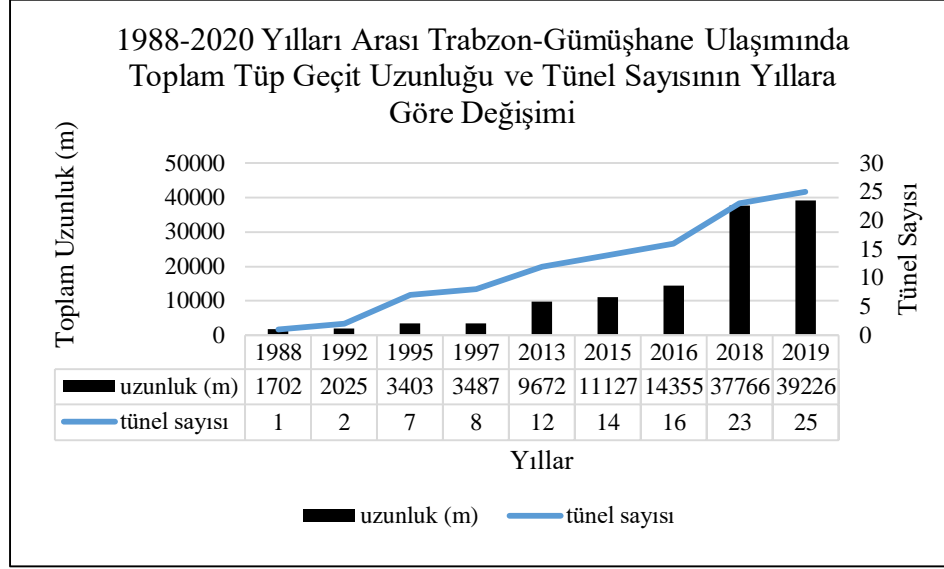
Trabzon-Gümüşhane karayolu, üstyapı satış durumu olarak tamamı bitümlü sıcak karışım (BSK) kaplamalı olup Trabzon-Maçka ve Torul-Gümüşhane arası 2x2 bölünmüş yol standardındadır. Karayolunun BSK olarak neredeyse tamamı aşınma tabakası seviyesinde tamamlanmıştır.

Dünyadaki pek çok ülke gibi Türkiye’de de tünelli geçişler artmaya başlamıştır. Bu çalışmada topoğrafik zorluklardan dolayı tünellerin en çok tercih edildiği güzergâhlardan biri olan Trabzon-Gümüşhane karayolu seçilmiştir. Mesafe/tüp geçit uzunluğu oranı gözetildiğinde yine bölgenin en yoğun güzergâhlarından birisi olan Trabzon-Gümüşhane karayolundaki tüneller; önceki bölümlerde anlatılan tünel güvenliğine etki eden faktörlerce ele alınarak incelenecektir.

2.2. Trabzon-Gümüşhane Karayolu Güzergâhında Bulunan Tüneller

Trabzon-Gümüşhane karayolu güzergâhında, 2000 yılına kadar 8 adet tünele ait toplamda 9 adet tüp geçit bulunuyorken, 2019 yılı itibarıyla 25 adet tünele ait 37 tüp geçit bulunmaktadır. Toplam tüp geçit uzunluğu 2000 yılı öncesi 3487 m iken, 2019 yılı itibarıyla 39226 m’ ye ulaşmıştır (verilen rakamlar Trabzon otogarı ile Gümüşhane merkez ulaşımında kullanılan tünelleri ve Gümüşhane Çevre Yolunda bulunan tünelleri

kapsamaktadır). Güzergâh üzerindeki ilk tünel, 1988 yılında ulaşıma kazandırılan Zigana Tüneli' dir. Karayolları 10. Bölge Müdürlüğü verileri doğrultusunda hazırlanmış olan şekil 2.3' te 1988-2020 yılları arasında Trabzon-Gümüşhane ulaşımındaki toplam tüp geçit uzunluğundaki ve tünel sayısındaki artış görülmektedir.



Şekil 2.3. 1988-2020 yılları arası Trabzon-Gümüşhane ulaşımında toplam tüp geçit uzunluğu ve tünel sayısının yıllara göre değişimi

Tablo 2.1 ve 2.2' de sırasıyla Trabzon-Gümüşhane ve Gümüşhane-Trabzon istikametindeki karayolu tünellerinin; bulunduğu yolun adı, kontrol kesim numarası, tünellerin bulundukları kontrol kesim numarası içindeki başlangıç km' leri, tüp sayıları, tünel uzunlukları ve tünel yapım tarihleri gösterilmektedir. Kontrol kesim numaralarından D885-01 nolu tüneller Trabzon ili sınırları içerisinde, D885-02 nolu tüneller Gümüşhane ili sınırları içerisinde yer almaktadır.

Tablo 2.1. Trabzon-Gümüşhane istikametinde kullanılan tüneller

Tünelin adı	Bulunduğu yolun adı	Kontrol Kesim No	Başlangıç KM.	Tüp Adedi	Uzunluğu (metre) sol/sağ	Yapım Tarihi
1-ŞEHİT EREN BÜLBÜL TÜNELİ (Deliklitaş)	Trabzon-Gümüşhane (Trabzon-Erzurum)	885-01	3+880	2	1283 / 1330	2013-2016
2-YENİ MAÇKA TÜNELİ	010-21/22) D.Y.A.(D.Dere Köp.)-(Trab-Gümüş.) İl Sn.	885-01	25+800	2	2783 / 2837	2018
3-T1 TÜNELİ (MAÇKA)	010-21/22) D.Y.A.(D.Dere Köp.)-(Trab-Gümüş.)İl Sn.	885-01	31+750	1	1480	2018
4-T2 TÜNELİ (MAÇKA)	010-21/22) D.Y.A.(D.Dere Köp.)-(Trab-Gümüş.)İl Sn.	885-01	34+230	1	1100	2019
5-ZİGANA TÜNELİ	010-21/22)D.Y.A.(D.Dere Köp.)-(Trab-Gümüş.)İl Sn.	885-02	2+000	1	1702	1988
6-KÜRTÜN KAVŞAĞI TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03) (D.Y.A)	885-02	18+500	2	916 /618	2013
7-KÖPRÜBAŞI TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03) (D.Y.A)	885-02	20+600	2	589 / 568	2013
8-TORUL TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03) (D.Y.A)	885-02	24+200	2	1103 / 1061	2013
9-HARMANCIK TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03) (D.Y.A)	885-02	27+500	2	145 / 205	1995-2015
10-TAŞOCAĞI TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03) (D.Y.A)	885-02	35+400	2	660 / 680	2015
11-MESCİTLİ-1 TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03) (D.Y.A)	885-02	36+500	2	201 / 226	1995
12-MESCİTLİ VARYANT2 TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03) (D.Y.A)	885-02	38+600	2	1660/285	2016
13-MESCİTLİ-2 TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03) (D.Y.A)	885-02	39+100	1	395	1995

Tablo 2.1. (devamı)

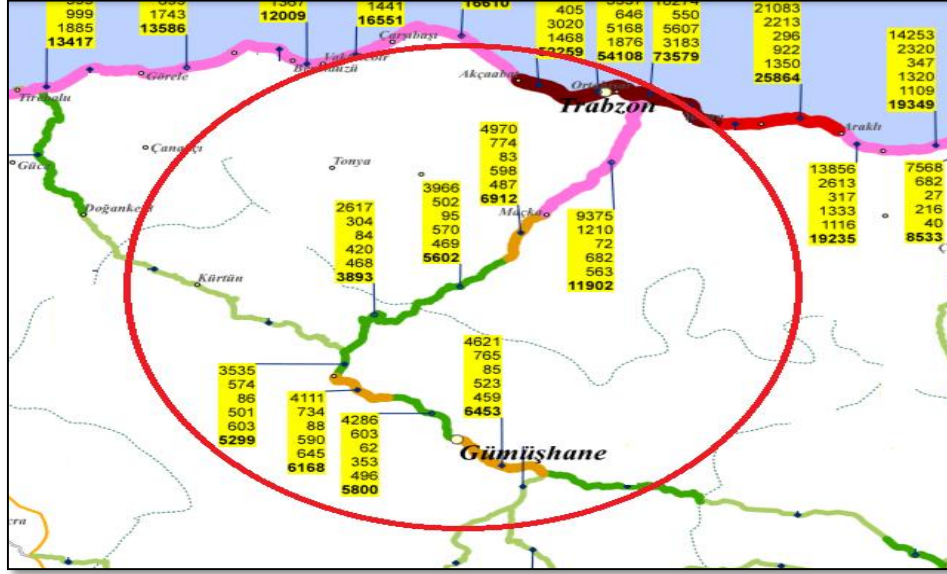
Tünelin adı	Bulunduğu yolun adı	Kontrol Kesim No	Başlangıç KM.	Tüp Adedi	Uzunluğu (metre) sol/sağ	Yapım Tarihi
14 -HACİEMİN-1 TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03) (D.Y.A)	885-02	41+800	1	84	1997
15 -HACİEMİN-2 TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03) (D.Y.A)	885-02	42+647	1	141	1995
16 -HACİEMİN-3 TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03) (D.Y.A)	885-02	43+150	1	210	1995
17 -GÜMÜŞHANE TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03) (D.Y.A)	885-02	44+800	1	323	1992
D.Y.A: Devlet Yol Ayrımı İl Sn.: İl Sonu						

Tablo 2.2. Gümüşhane-Trabzon istikametinde kullanılan tüneller

Tünelin adı	Bulunduğu yolun adı	Kontrol Kesim No	Başlangıç KM.	Tüp Adedi	Uzunluğu (metre) sol/sağ	Yapım Tarihi
1-GÜMÜŞHANE TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03) (D.Y.A)	885-02	44+800	1	323	1992
2-HACİEMİN-3 TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03)D.Y.A	885-02	43+150	1	210	1995
3-HACİEMİN-2 TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03)D.Y.A	885-02	42+647	1	141	1995
4-K3 KOLU TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03)D.Y.A	885-02	40+200	1	202	2016
5-MESCİTLİ VARYANT2 TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03)D.Y.A	885-02	38+600	2	285/1660	2016
6-MESCİTLİ-1 TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03)D.Y.A	885-02	36+500	2	226 / 201	1995
7-TAŞOCAĞI TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03)D.Y.A	885-02	35+400	2	680 / 660	2015
8-HARMANCIK TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03)D.Y.A	885-02	27+500	2	205 / 145	1995-2015
9-TORUL TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03)D.Y.A	885-02	24+200	2	1061 / 1103	2013
10-KÖPRÜBAŞI TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03)D.Y.A	885-02	20+600	2	568 / 589	2013
11-KÜRTÜN KAVŞAĞI TÜNELİ	Trabzon-Gümüşhane İl Sn.-Kelkit(885-03)D.Y.A	885-02	18+500	2	618 /916	2013
12-ZİGANA TÜNELİ	010-21/22)D.Y.A.(D.Dere Köp.)-(Trab-Gümüş.)İl Sn.	885-02	2+000	1	1702	1988
13-BAĞIŞLI TÜNELİ	010-21/22)D.Y.A.(D.Dere Köp.)-(Trab-Gümüş.)İl Sn.	885-01	31+600	1	760	2019
14-YENİ MAÇKA TÜNELİ	010-21/22)D.Y.A.(D.Dere Köp.)-(Trab-Gümüş.)İl Sn.	885-01	25+800	2	2837 / 2783	2018
15-ŞEHİT EREN BÜLBÜL TÜNELİ (Deliklitaş)	Trabzon-Gümüşhane (Trabzon-Erzurum)	885-01	3+880	2	1330 / 1283	2013-2016
D.Y.A: Devlet Yol Ayrımı İl Sn.: İl Sonu						

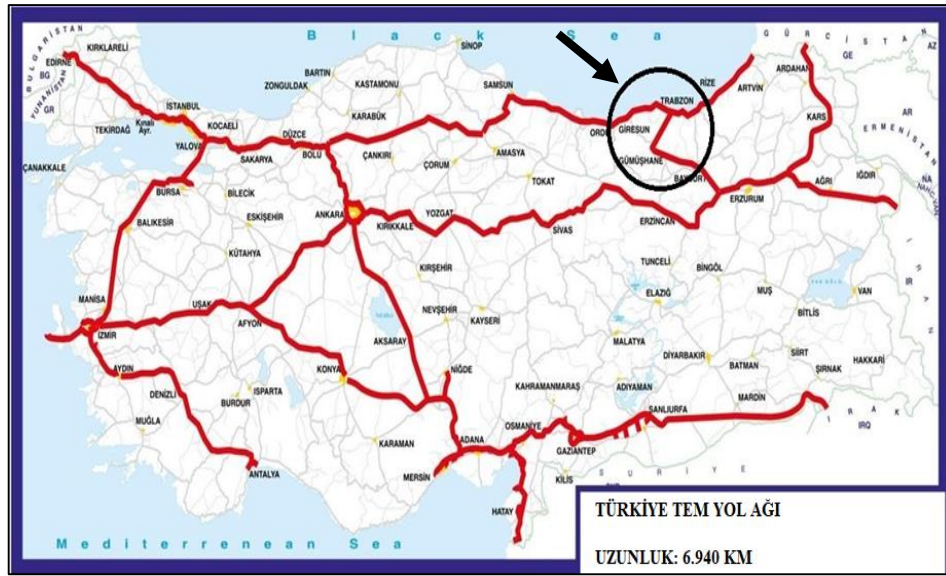
2.3. Trabzon-Gümüşhane Karayolunun Trafik Hacmi

Trafik Güvenliği Daire Başkanlığı'nın 2018 yılı verilerine göre, Trabzon-Gümüşhane karayolu üzerinde YOGT sayıları (tek yön için) kontrol kesim numaralarına göre 3000-5999, 6000-9999, 10000-19999 taşıt arasında değişiklik göstermektedir. Şekil 2.4' te YOGT sayılarının kontrol kesim noktalarındaki değişimi görülmektedir.



2.4. Trabzon-Gümüşhane Karayolunun Trans-Avrupa Kapsamı

Birinci bölümde açıklanan Trans-Avrupa Karayolu ağının, ülkemiz sınırları içerisinde kalan kısmı şekil 2.5’ te gösterilmektedir. Şekil 2.5’ te görüleceği üzere Trabzon-Gümüşhane karayolu, ülkemiz sınırları içerisinde kalan Trans-Avrupa Karayolu Ağının yaklaşık 100 km’ lik bir kısmını oluşturmaktadır. Ayrıca bu yol, Samsun’dan Artvin’ e kadar uzanan Trans-Avrupa Karayolunun iç kesimlere açılan tek kısmıdır. Bu bağlamda Trabzon-Gümüşhane karayolu üzerinde bulunan tünellerin, tünel altyapısı ve tünel işletimi açısından Trans-Avrupa direktifleri doğrultusunda karayolu ulaşımında yer almaları gerekmektedir.



Şekil 2.5. Trabzon-Gümüşhane karayolunun Trans-Avrupa kapsamı (URL-5, 2020).

2.5. Trabzon-Gümüşhane Karayolunun Tünel Güvenliğini Etkileyen Faktörlerce Değerlendirilmesi

Tünel güvenliğini etkileyen faktörler araçlar, tünel işletimi, sürücüler ve tünel altyapısı olarak aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

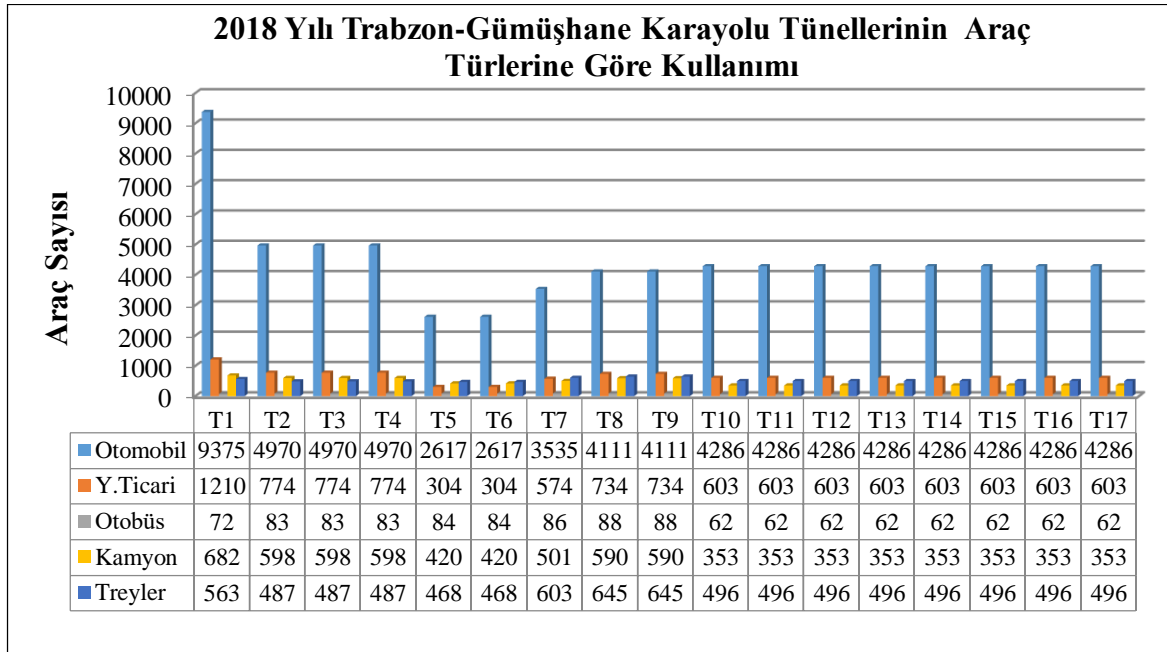
2.5.1. Araçlar

Trafik Güvenliği Daire Başkanlığı’ nın 2018 yılına ait verileri doğrultusunda şekil 2.6 ve 2.7 hazırlanmıştır. Şekil 2.6’ da Trabzon-Gümüşhane istikametinde karayolu ulaşımında kullanılan tünellerin YOGT sayıları (tek yön için) ve araç türlerine göre kullanım sayıları, şekil 2.7’ de ise bu tünellerdeki ağır taşıt yüzdeleri görülmektedir. Şekil 2.7 ve 2.8’ de yer

alan T1, T2, ..., T17 sırasıyla Trabzon-Gümüşhane istikametinde yer alan tünellerdir. Bu tünellerin kodları ve isimleri tablo 2.4’ te görülmektedir.

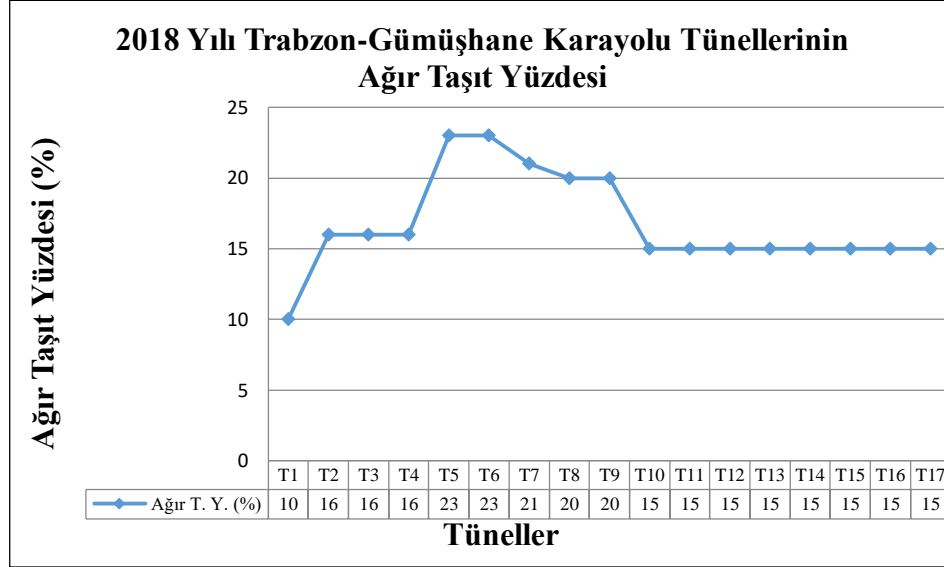
Tablo 2.4. Şekil 2.6’ da ve Şekil 2.7’ de verilen tünellerin isimleri

T1	Şehit Eren BÜLBÜL Tüneli
T2	Yeni Maçka Tüneli
T3	T1 Tüneli(Maçka)
T4	T2 Tüneli(Maçka)
T5	Zigana Tüneli
T6	Kürtün Kavşağı Tüneli
T7	Köprübaşı Tüneli
T8	Torul Tüneli
T9	Harmancık Tüneli
T10	Taşocağı Tüneli
T11	Mescitli-1 Tüneli
T12	Mescitli Varyant-2 Tüneli
T13	Mescitli-2 Tüneli
T14	Hacıemin-1 Tüneli
T15	Hacıemin-2 Tüneli
T16	Hacıemin-3 Tüneli
T17	Gümüşhane Tüneli



Şekil 2.6. 2018 Yılı Trabzon-Gümüşhane istikametindeki tünellerin araç türlerine göre kullanımı

Şekil 2.7’ de görüleceği üzere, Trabzon’ un Maçka İlçesi ile Gümüşhane’ nin Torul ilçeleri arasında yapımı devam eden Yeni Zigana tüneli ve yol yapım çalışmalarından dolayı T4-T8 arasında ağır taşıt yüzdesi artmıştır.



Şekil 2.7. 2018 yılı Trabzon-Gümüşhane istikametindeki tünellerinin ağır taşıt yüzdeleri

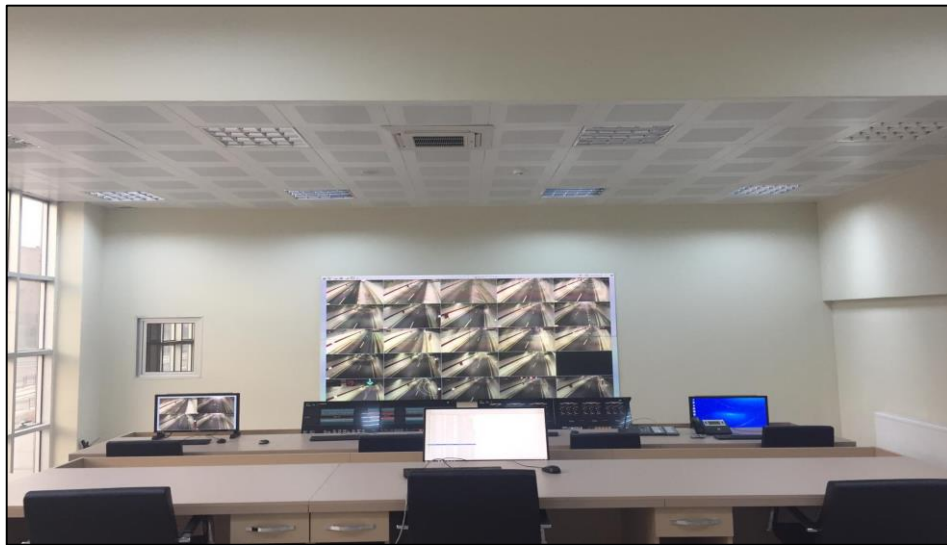
2.5.2. Tünel İşletimi

Tablo 2.5’ te Trabzon-Gümüşhane ve Gümüşhane-Trabzon istikametlerinde yer alan 19 adet tünelin, alt kontrol merkezi ve ana kontrol merkez durumları verilmiştir. Trabzon il sınırları içerisinde yer alan beş adet tünelin kontrol merkezleri bulunmamakta, Gümüşhane ili sınırları içerisinde yer alan 14 adet tünelden ise sadece Kürtün Kavşağı, Köprübaşı, Torul, Taşocağı ve Mescitli Varyant 2 tünellerinin kontrol merkezleri bulunmaktadır. Kürtün Kavşağı, Köprübaşı ve Torul tünelleri, Torul İlçesinde bulunan tek bir alt kontrol merkezinden takip edilmektedir. Ancak gerekli olan altyapı (izleme sistemlerine ait hat) henüz mevcut olmadığından, bu tünellerin takibi Karayolları 101. Şube Şefliğinde bulunan ana kontrol merkezinden yapılamamaktadır (Karayolları 101. Şube Şefliği, sözlü görüşme).

Tablo 2.5. Trabzon-Gümüşhane karayolu tünellerinin kontrol merkez durumları

TÜNELLER	Bulunduğu İl	Alt Kontrol Merkezi	Ana Kontrol Merkezi
Şehit Eren BÜLBÜL	TRABZON	X	X
Yeni Maçka		X	X
T1 (Maçka)		X	X
T2 (Maçka)		X	X
Bağışlı		X	X
Zigana	GÜMÜŞHANE	X	X
Kürtün Kavşağı		√	√
Köprübaşı		√	√
Torul		√	√
Harmancık		X	X
Taşocağı		X	√
Mescitli-1		X	X
Mescitli Varyant-2		X	√
Mescitli-2		X	X
Hacıemin-1		X	X
Hacıemin-2		X	X
Hacıemin-3		X	X
Gümüşhane		X	X
K3 Kolu		X	X

Şekil 2.8 ve 2.9’ da Kürtün Kavşağı, Köprübaşı Torul, Taşocağı ve Mescitli Varyant-2 tünellerine ait ana kontrol merkezleri ve alt kontrol merkezlerine ait görseller verilmiştir.



Şekil 2.8. Kürtün Kavşağı, Köprübaşı, Torul, Taşocağı ve Mescitli Varyant 2 tünellerinin ana kontrol merkezleri (URL- 24, 2020).



Şekil 2.9. Kürtün Kavşağı, Köprübaşı, Torul tünellerine ait olan tek alt kontrol merkezi

Kontrol merkezleri bulunan Kürtün Kavşağı, Köprübaşı, Torul, Taşocağı ve Mescitli Varyant 2 tünellerinin tünel işletiminde; otomatik olay algılama, yangın algılama, gaz ve toz partikül, rüzgar yön ve şiddet, tünel iç-dış luminansmetre ve meteoroloji istasyonu sistemleri bulunmaktadır.

2.5.3. Sürücüler

Karayollarının açık kısımlarında meydana gelen kazalarda olduğu gibi karayollarının kapalı kısımları olan tünellerde meydana gelen kazalara da, çok yüksek oranla sürücü hataları neden olmaktadır. Tablo 2.6’ da görüldüğü üzere karayollarında meydana gelen trafik kazalarında ana faktör sürücülerdir.

Tablo 2.6. Türkiye genelinde trafik kazaları kusur oranları (TÜİK).

Yıl	Sürücü(%)	Yaya(%)	Yolcu(%)	Taşıt(%)	Yol(%)
2016	89.60	8.70	0.40	0.50	0.80
2017	89.90	8.50	0.40	0.50	0.70
2018	89.50	8.40	0.90	0.60	0.60

Tüneller, kapalı alanlar olduğundan dolayı, meydana gelebilecek yangınlarda oluşacak dumandan etkilenmemek için tünel dışına ulaşma süresi oldukça önemlidir. Bu yüzden sürücülerin meydana gelen kazalarda gerekli donanım ve davranış bilgisine sahip

olması gerekmektedir. Ayrıca meydana gelen kaza sayılarının azaltılması ve sonuçlarının hafifletilmesinde, sürücüler üzerine yapılacak çalışmalara öncelik verilmelidir. Trabzon-Gümüşhane karayolunun yoğun tünel yapılanması göz önüne alındığında, sürücülerin donanımı, algıları ve davranış biçimlerinin, tünel güvenliği üzerinde oldukça önem arz ettiği görülmektedir.

2.5.4. Tünel Altyapısı

Trabzon-Gümüşhane Karayolu Trans-Avrupa Karayolu Ağının bir parçası olduğu için tünel altyapısı Trans-Avrupa standartlarınca incelenecektir. Trans-Avrupa standartlarında uzunluğu 500 metre üzeri olan tüneller kritik güvenliğe sahip tüneller olarak belirlendiğinden, Trabzon-Gümüşhane Karayolu tünellerinin sadece uzunluğu 500 metre üzeri olanları yapısal gereksinimleri açısından incelenmiştir. Tablo 2.7’ de Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında yer alan ve uzunluğu 500 metre üzeri tünellere ait bilgiler verilmiştir.

Tablo 2.7. Trabzon-Gümüşhane karayolunda uzunluğu 500 metre üzeri olan tüneller

Tünel İsmi	Tüp Sayısı	Uzunluk (m) Sol/Sağ	
Şehit Eren Bülbül	2	1283	1330
Yeni Maçka Tüneli	2	2783	2837
T1 Maçka	1	1480	
T2 Maçka	1	1100	
Zigana	1	1702	
Kürtün Kavşak	2	916	618
Köprübaşı	2	589	568
Torul	2	1103	1061
Taşocağı	2	660	680
Mescitli Varyant 2	2	1660	285
Bağışlı	1	760	

Tablolarda Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan, tablo 2.7’ de verilen tünellere ait bilgiler, tablo 2.8-2.18’ de verilmiştir.

Tablo 2.8. Şehit Eren Bülbül Tüneli

Şehit Eren Bülbül Tüneli	
Tüp Sayısı	2
Yön Durumu	Tek Yön
Şerit Sayısı	2
Eğim(%) (sağ-sol tüp)	1.9/0.06' lık boyuna eğim
Acil Yaya yolu	Acil durumlarda yayaların kullanımı için acil yaya yolları mevcut
Acil Çıkış	Acil çıkışlarda kullanılması için tüpler arası 2 adet bağlantı yolu mevcut
Refüj	Tünel girişinde tüpler arası geçişi mümkün kılan refüj geçidi mevcut
Cep	Arıza vb. durumlarda kullanılmak üzere her tüpte 1 adet sığınma cebi mevcut
Drenaj	Her türlü sıvıların yüzeyden tahliyesinde belirli aralıklar ile mazgallar mevcut
Aydınlatma	Gece ve gündüz güvenli görüş açısının sağlanması için aydınlatma mevcut
Havalandırma	Tünel havalandırmasında mekanik havalandırma mevcut değil
Acil Hizmet İstasyonu	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için acil hizmet istasyonları (yangın söndürme tüpü ve acil durum telefonu) mevcut değil,
Su Ekipmanı	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için su ekipmanı (su muslukları, hortum vs.) mevcut değil,
Yol İşaretleri	Tünel giriş ve tünel içerisinde değişken trafik işaretleri (VTS) mevcut
Kontrol Merkezi	Tünele ait kontrol merkezi mevcut değil
İzleme Sistemleri	Tünele ait kontrol merkezi bulunmadığından otomatik olay algılama (AID) vb. sistemler mevcut değil
Tünel Kapatma Ekipmanı	Acil durumlarda (yangın, trafik kazası vb.) tünele trafik akışını kesmek için tünel girişinde VTS mevcut
Haberleşme Sistemleri	Tünel içerisinde radyo yayını mevcut değil

Tablo 2.9. Yeni Maçka Tüneli

Yeni Maçka Tüneli	
Tüp Sayısı	2
Yön Durumu	Tek Yön
Şerit Sayısı	2
Eğim(%) (sağ-sol tüp)	% 3' lük boyuna eğim
Acil Yaya yolu	Acil durumlarda yayaların kullanımı için acil yaya yolları mevcut
Acil Çıkış	Acil çıkışlarda kullanılması için tüpler arası 6 adet bağlantı yolu mevcut
Refüj	Tünel girişinde tüpler arası geçişi mümkün kılan refüj geçidi mevcut
Cep	Arıza vb. durumlarda kullanılmak üzere her tüpte 2 adet sığınma cebi mevcut
Drenaj	Her türlü sızıların yüzeyden tahliyesinde belirli aralıklar ile mazgallar mevcut
Aydınlatma	Gece ve gündüz güvenli görüş açısının sağlanması için geçici aydınlatma mevcut
Havalandırma	Tünel havalandırmasında mekanik havalandırma mevcut değil
Acil Hizmet İstasyonu	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için acil hizmet istasyonları (yangın söndürme tüpü ve acil durum telefonu) mevcut değil,
Su Ekipmanı	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için su ekipmanı (su muslukları, hortum vs.) mevcut değil,
Yol İşaretleri	Tünel giriş ve tünel içerisinde değişken trafik işaretleri (VTS) mevcut
Kontrol Merkezi	Tünele ait kontrol merkezi mevcut değil
İzleme Sistemleri	Tünele ait kontrol merkezi bulunmadığından otomatik olay algılama (AID) vb. sistemler mevcut değil
Tünel Kapatma Ekipmanı	Acil durumlarda (yangın, trafik kazası vb.) tünele trafik akışını kesmek için VTS mevcut
Haberleşme Sistemleri	Tünel içerisinde radyo yayını mevcut değil

Tablo 2.10. T1 Mačka Tüneli

T1 Mačka Tüneli	
Tüp Sayısı	1
Yön Durumu	Tek Yön
Şerit Sayısı	2
Eğim(%)	Bilgi yok
Acil Yaya yolu	Acil durumlarda yayaların kullanımı için acil yaya yolları mevcut
Acil Çıkış	Tünel tek tüplü olduğundan acil çıkışlar sadece tünel eksenini boyunca yapılabilir
Refüj	Tünel tek tüplü olduğundan refüj geçidi bulunmuyor
Cep	Arıza vb. durumlarda kullanılmak üzere sığınma cebi mevcut değil
Drenaj	Her türlü sıvıların yüzeyden tahliyesinde belirli aralıklar ile mazgallar mevcut
Aydınlatma	Gece ve gündüz güvenli görüş açısının sağlanması için aydınlatma mevcut
Havalandırma	Tünel havalandırmasında mekanik havalandırma mevcut değil
Acil Hizmet İstasyonu	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için acil hizmet istasyonları (yangın söndürme tüpü ve acil durum telefonu) mevcut değil,
Su Ekipmanı	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için su ekipmanı (su muslukları, hortum vs.) mevcut değil,
Yol İşaretleri	Tünel giriş ve tünel içerisinde değişken trafik işaretleri (VTS) mevcut değil
Kontrol Merkezi	Tünele ait kontrol merkezi mevcut değil
İzleme Sistemleri	Tünele ait kontrol merkezi bulunmadığından otomatik olay algılama (AID) vb. sistemler mevcut değil
Tünel Kapatma Ekipmanı	Acil durumlarda (yangın, trafik kazası vb.) tünele trafik akışını kesmek için VTS veya trafik ışıkları mevcut değil
Haberleşme Sistemleri	Tünel içerisinde radyo yayını mevcut değil

Tablo 2.11. T2 Maçka Tüneli

T2 Maçka Tüneli	
Tüp Sayısı	1
Yön Durumu	Tek Yön
Şerit Sayısı	2
Eğim(%)	Bilgi yok
Acil Yaya yolu	Acil durumlarda yayaların kullanımı için acil yaya yolları mevcut
Acil Çıkış	Tünel tek tüplü olduğundan acil çıkışlar sadece tünel eksenini boyunca yapılabilir
Refüj	Tünel tek tüplü olduğundan refüj geçidi bulunmuyor
Cep	Arıza vb. durumlarda kullanılmak üzere sığınma cebi mevcut değil
Drenaj	Her türlü sızıların yüzeyden tahliyesinde belirli aralıklar ile mazgallar mevcut
Aydınlatma	Gece ve gündüz güvenli görüş açısının sağlanması için aydınlatma mevcut
Havalandırma	Tünel havalandırmasında mekanik havalandırma mevcut değil
Acil Hizmet İstasyonu	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için acil hizmet istasyonları (yangın söndürme tüpü ve acil durum telefonu) mevcut değil,
Su Ekipmanı	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için su ekipmanı (su muslukları, hortum vs.) mevcut değil,
Yol İşaretleri	Tünel giriş ve tünel içerisinde değişken trafik işaretleri (VTS) mevcut değil
Kontrol Merkezi	Tünele ait kontrol merkezi mevcut değil
İzleme Sistemleri	Tünele ait kontrol merkezi bulunmadığından otomatik olay algılama (AID) vb. sistemler mevcut değil
Tünel Kapatma Ekipmanı	Acil durumlarda (yangın, trafik kazası vb.) tünele trafik akışını kesmek için VTS veya trafik ışıkları mevcut değil
Haberleşme Sistemleri	Tünel içerisinde radyo yayını mevcut değil

Tablo 2.12. Zigana Tüneli

Zigana Tüneli	
Tüp Sayısı	1
Yön Durumu	Çift Yön
Şerit Sayısı	2
Eğim(%)	% 1.5' lik boyuna eğim
Acil Yaya yolu	Acil durumlarda yayaların kullanımı için acil yaya yolları mevcut
Acil Çıkış	Tünel tek tüplü olduğundan acil çıkışlar sadece tünel eksenini boyunca yapılabilir
Refüj	Tünel tek tüplü olduğundan refüj geçidi bulunmuyor
Cep	Arıza vb. durumlarda kullanılmak üzere sığınma cebi mevcut değil
Drenaj	Drenaj sistemi mevcut değil
Aydınlatma	Gece ve gündüz güvenli görüş açısının sağlanması için aydınlatma mevcut
Havalandırma	Tünel havalandırmasında mekanik havalandırma mevcut değil
Acil Hizmet İstasyonu	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için acil hizmet istasyonları mevcut değil, sadece belirli aralıklarda acil durum telefonları mevcut
Su Ekipmanı	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için su ekipmanı (su muslukları, hortum vs.) mevcut değil,
Yol İşaretleri	Tünel giriş ve tünel içerisinde değişken trafik işaretleri (VTS) mevcut değil
Kontrol Merkezi	Tünele ait kontrol merkezi mevcut değil
İzleme Sistemleri	Tünele ait kontrol merkezi bulunmadığından otomatik olay algılama (AID) vb. sistemler mevcut değil
Tünel Kapatma Ekipmanı	Acil durumlarda (yangın, trafik kazası vb.) tünele trafik akışını kesmek için VTS veya trafik ışıkları mevcut değil
Haberleşme Sistemleri	Tünel içerisinde radyo yayını mevcut değil

Tablo 2.13. Kürtün Kavşak Tüneli

Kürtün Kavşak Tüneli	
Tüp Sayısı	2
Yön Durumu	Tek Yön
Şerit Sayısı	2
Eğim(%) (sağ-sol tüp)	Bilgi yok
Acil Yaya yolu	Acil durumlarda yayaların kullanımı için acil yaya yolları mevcut
Acil Çıkış	Acil çıkışlarda kullanılması için tüpler arası bağlantı yolu mevcut değil
Refüj	Tünel girişinde tüpler arası geçişi mümkün kılan refüj geçidi mevcut değil, tünel tüpleri aynı hizada başlanıyor
Cep	Arıza vb. durumlarda kullanılmak üzere sığınma cebi mevcut değil
Drenaj	Her türlü sıvıların yüzeyden tahliyesinde belirli aralıklar ile mazgallar mevcut
Aydınlatma	Gece ve gündüz güvenli görüş açısının sağlanması için aydınlatma mevcut
Havalandırma	Tünel havalandırmasında mekanik havalandırma mevcut, havalandırma 3 çift fan ile sağlanıyor
Acil Hizmet İstasyonu	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için acil hizmet istasyonları (yangın söndürme tüpü ve acil durum telefonu) mevcut
Su Ekipmanı	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için su ekipmanı (su muslukları, hortum vs.) mevcut
Yol İşaretleri	Tünel giriş ve tünel içerisinde değişken trafik işaretleri (VTS) mevcut
Kontrol Merkezi	Tünele ait kontrol merkezi mevcut
İzleme Sistemleri	Tünele ait kontrol merkezi bulunmadığından otomatik olay algılama (AID) vb. sistemler mevcut
Tünel Kapatma Ekipmanı	Acil durumlarda (yangın, trafik kazası vb.) tünele trafik akışını kesmek için tünel girişinde VTS ve trafik ışıkları mevcut
Haberleşme Sistemleri	Tünel içerisinde radyo yayını mevcut değil

Tablo 2.14. Köprübaşı Tüneli

Köprübaşı Tüneli	
Tüp Sayısı	2
Yön Durumu	Tek Yön
Şerit Sayısı	2
Eğim(%) (sağ-sol tüp)	Bilgi yok
Acil Yaya yolu	Acil durumlarda yayaların kullanımı için acil yaya yolları mevcut
Acil Çıkış	Acil çıkışlarda kullanılması için tüpler arası bağlantı yolu mevcut değil
Refüj	Tünel girişinde tüpler arası geçişi mümkün kılan refüj geçidi mevcut değil
Cep	Arıza vb. durumlarda kullanılmak üzere sığınma cebi mevcut değil
Drenaj	Her türlü sıvıların yüzeyden tahliyesinde belirli aralıklar ile mazgallar mevcut
Aydınlatma	Gece ve gündüz güvenli görüş açısının sağlanması için aydınlatma mevcut
Havalandırma	Tünel havalandırmasında mekanik havalandırma mevcut, havalandırma 3 çift fan ile sağlanıyor
Acil Hizmet İstasyonu	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için acil hizmet istasyonları mevcut değil, sadece belirli aralıklar ile acil durum telefonları mevcut
Su Ekipmanı	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için su ekipmanı (su muslukları, hortum vs.) mevcut değil
Yol İşaretleri	Tünel giriş ve tünel içerisinde değişken trafik işaretleri (VTS) mevcut
Kontrol Merkezi	Tünele ait kontrol merkezi mevcut
İzleme Sistemleri	Tünele ait kontrol merkezi bulunmadığından otomatik olay algılama (AID) vb. sistemler mevcut
Tünel Kapatma Ekipmanı	Acil durumlarda (yangın, trafik kazası vb.) tünele trafik akışını kesmek için tünel girişinde VTS ve trafik ışıkları mevcut
Haberleşme Sistemleri	Tünel içerisinde radyo yayını mevcut değil

Tablo 2.15. Torul Tüneli

Torul Tüneli	
Tüp Sayısı	2
Yön Durumu	Tek Yön
Şerit Sayısı	2
Eğim(%) (sağ-sol tüp)	Bilgi yok
Acil Yaya yolu	Acil durumlarda yayaların kullanımı için acil yaya yolları mevcut
Acil Çıkış	Acil çıkışlarda kullanılması için tüpler arası 1 adet bağlantı yolu mevcut
Refüj	Tünel girişinde tüpler arası geçişi mümkün kılan refüj geçidi mevcut değil
Cep	Arıza vb. durumlarda kullanılmak üzere sığınma cebi mevcut değil
Drenaj	Her türlü sıvıların yüzeyden tahliyesinde belirli aralıklar ile mazgallar mevcut
Aydınlatma	Gece ve gündüz güvenli görüş açısının sağlanması için aydınlatma mevcut
Havalandırma	Tünel havalandırmasında mekanik havalandırma mevcut, havalandırma 4 çift fan ile sağlanıyor
Acil Hizmet İstasyonu	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için acil hizmet istasyonları (yangın söndürme tüpü ve acil durum telefonu) mevcut
Su Ekipmanı	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için su ekipmanı (su muslukları, hortum vs.) mevcut
Yol İşaretleri	Tünel giriş ve tünel içerisinde değişken trafik işaretleri (VTS) mevcut
Kontrol Merkezi	Tünele ait kontrol merkezi mevcut
İzleme Sistemleri	Tünele ait kontrol merkezi bulunmadığından otomatik olay algılama (AID) vb. sistemler mevcut
Tünel Kapatma Ekipmanı	Acil durumlarda (yangın, trafik kazası vb.) tünele trafik akışını kesmek için tünel girişinde VTS ve trafik ışıkları mevcut
Haberleşme Sistemleri	Tünel içerisinde radyo yayını mevcut değil

Tablo 2.16. Taşocağı Tüneli

Taşocağı Tüneli	
Tüp Sayısı	2
Yön Durumu	Tek Yön
Şerit Sayısı	2
Eğim(%) (sağ-sol tüp)	Bilgi yok
Acil Yaya yolu	Acil durumlarda yayaların kullanımı için acil yaya yolları mevcut
Acil Çıkış	Acil çıkışlarda kullanılması için tüpler arası 1 adet bağlantı yolu mevcut
Refüj	Tünel girişinde tüpler arası geçişi mümkün kılan refüj geçidi mevcut değil
Cep	Arıza vb. durumlarda kullanılmak üzere sığınma cebi mevcut değil
Drenaj	Her türlü sıvıların yüzeyden tahliyesinde belirli aralıklar ile mazgallar mevcut
Aydınlatma	Gece ve gündüz güvenli görüş açısının sağlanması için aydınlatma mevcut
Havalandırma	Tünel havalandırmasında mekanik havalandırma mevcut, havalandırma 2 çift fan ile sağlanıyor
Acil Hizmet İstasyonu	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için acil hizmet istasyonları (yangın söndürme tüpü ve acil durum telefonu) mevcut
Su Ekipmanı	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için su ekipmanı (su muslukları, hortum vs.) mevcut
Yol İşaretleri	Tünel giriş ve tünel içerisinde değişken trafik işaretleri (VTS) mevcut
Kontrol Merkezi	Tünele ait kontrol merkezi mevcut
İzleme Sistemleri	Tünele ait kontrol merkezi bulunmadığından otomatik olay algılama (AID) vb. sistemler mevcut
Tünel Kapatma Ekipmanı	Acil durumlarda (yangın, trafik kazası vb.) tünele trafik akışını kesmek için tünel girişinde VTS ve trafik ışıkları mevcut
Haberleşme Sistemleri	Tünel içerisinde radyo yayını mevcut değil

Tablo 2.17. Mescitli Varyant 2 Tüneli

Mescitli Varyant 2 Tüneli	
Tüp Sayısı	2
Yön Durumu	Tek Yön
Şerit Sayısı	2
Eğim(%) (sağ-sol tüp)	Bilgi yok
Acil Yaya yolu	Acil durumlarda yayaların kullanımı için acil yaya yolları mevcut
Acil Çıkış	Acil çıkışlarda kullanılması için tüpler arası bağlantı yolu mevcut değil
Refüj	Tünel girişinde tüpler arası geçişi mümkün kılan refüj geçidi mevcut değil
Cep	Arıza vb. durumlarda kullanılmak üzere sığınma cebi mevcut değil
Drenaj	Her türlü sıvıların yüzeyden tahliyesinde belirli aralıklar ile mazgallar mevcut
Aydınlatma	Gece ve gündüz güvenli görüş açısının sağlanması için aydınlatma mevcut
Havalandırma	Tünel havalandırması: 1660 metrelik tüpte mekanik havalandırma mevcut, havalandırma 6 çift fan ile sağlanıyor
Acil Hizmet İstasyonu	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için acil hizmet istasyonları (yangın söndürme tüpü ve acil durum telefonu) mevcut
Su Ekipmanı	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için su ekipmanı (su muslukları, hortum vs.) mevcut
Yol İşaretleri	Tünel giriş ve tünel içerisinde değişken trafik işaretleri (VTS) mevcut
Kontrol Merkezi	Tünele ait kontrol merkezi mevcut
İzleme Sistemleri	Tünele ait kontrol merkezi bulunmadığından otomatik olay algılama (AID) vb. sistemler mevcut
Tünel Kapatma Ekipmanı	Acil durumlarda (yangın, trafik kazası vb.) tünele trafik akışını kesmek için tünel girişinde VTS ve trafik ışıkları mevcut
Haberleşme Sistemleri	Tünel içerisinde radyo yayını mevcut değil

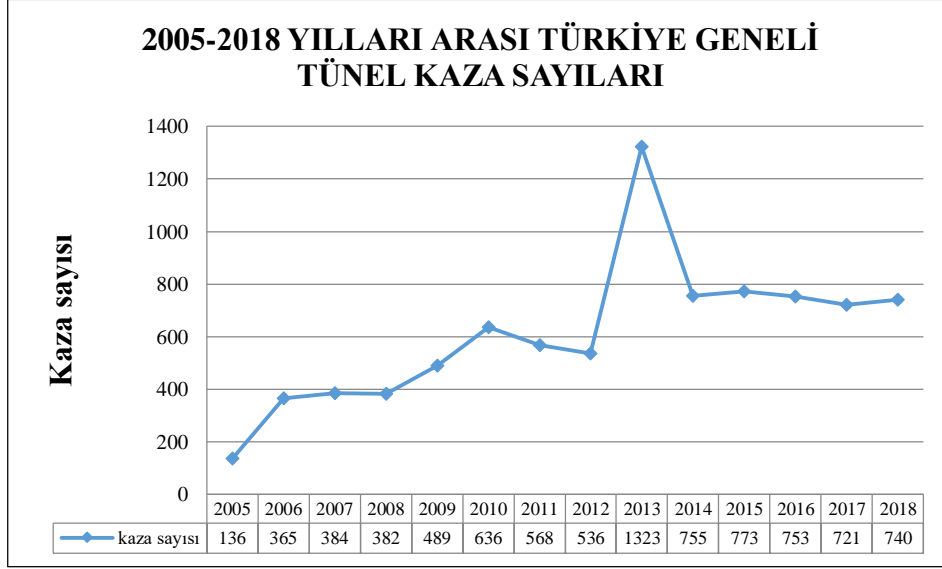
Tablo 2.18. Bağışlı Tüneli

Bağışlı Tüneli	
Tüp Sayısı	1
Yön Durumu	Tek Yön
Şerit Sayısı	2
Eğim(%)	Bilgi yok
Acil Yaya yolu	Acil durumlarda yayaların kullanımı için acil yaya yolları mevcut
Acil Çıkış	Tünel tek tüplü olduğundan acil çıkışlar sadece tünel eksenini boyunca yapılabilir
Refüj	Tünel tek tüplü olduğundan refüj geçidi bulunmuyor
Cep	Arıza vb. durumlarda kullanılmak üzere sığınma cebi mevcut değil
Drenaj	Her türlü sıvıların yüzeyden tahliyesinde belirli aralıklar ile mazgallar mevcut
Aydınlatma	Gece ve gündüz güvenli görüş açısının sağlanması için aydınlatma yeterli değil
Havalandırma	Tünel havalandırmasında mekanik havalandırma mevcut değil
Acil Hizmet İstasyonu	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için acil hizmet istasyonları (yangın söndürme tüpü ve acil durum telefonu) mevcut değil
Su Ekipmanı	Tünel içerisinde acil durumlarda kullanım için su ekipmanı (su muslukları, hortum vs.) mevcut değil
Yol İşaretleri	Tünel giriş ve tünel içerisinde değişken trafik işaretleri (VTS) mevcut değil
Kontrol Merkezi	Tünele ait kontrol merkezi mevcut değil
İzleme Sistemleri	Tünele ait kontrol merkezi bulunmadığından otomatik olay algılama (AID) vb. sistemler mevcut değil
Tünel Kapatma Ekipmanı	Acil durumlarda (yangın, trafik kazası vb.) tünele trafik akışını kesmek için tünel girişinde trafik ışıkları mevcut değil
Haberleşme Sistemleri	Tünel içerisinde radyo yayını mevcut değil

2.5.5. Türkiye’ de Karayolu Tünel Trafik Kazaları

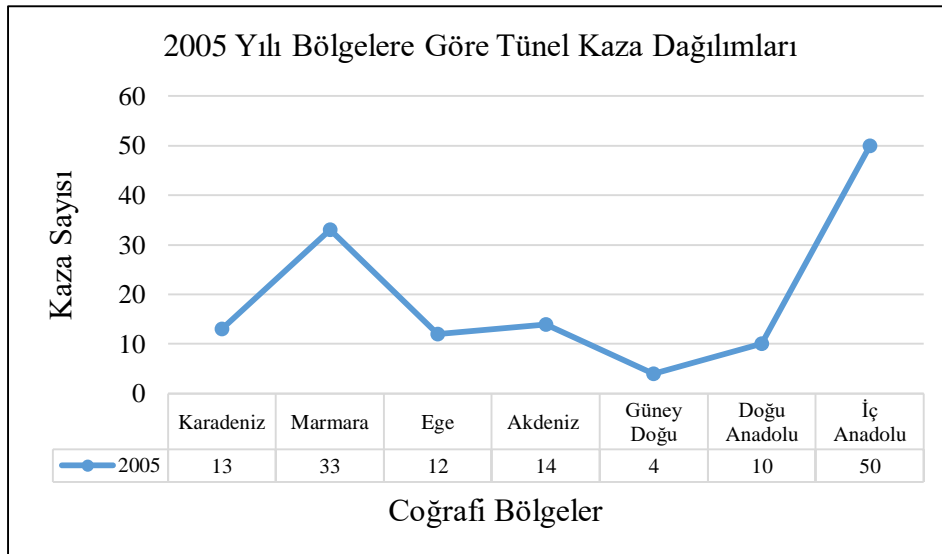
Türkiye’ de Erzincan’ da meydana gelen karayolu tünel kazası (Çubuk vd., 2007) hariç çok fazla ölümlü tünel kazası meydana gelmemiştir. Bunda, 2000 yılı öncesi tünel sayısının ve kilometresinin düşük olması ayrıca 2000 yılından sonra yapılan tünellerin yüksek standartta inşa edilmesi (Avrupa’ da yaşanan ölümcül tünel kazaları sonrası dünyada tünel

güvenliği konusunun önem kazanması sonucu) etkili olmuş olabilir. Ülkemizde, Avrupa’ dakiler gibi çok üzücü bir kaza meydana gelmemiş olsa da, her yıl karayolu tünellerinde kazalar meydana gelmektedir. Şekil 2.10’ da 2005 ve 2018 yılları arası Türkiye genelinde karayolu tünellerinde meydana gelen kaza sayılarının yıllara göre dağılımı verilmiştir.

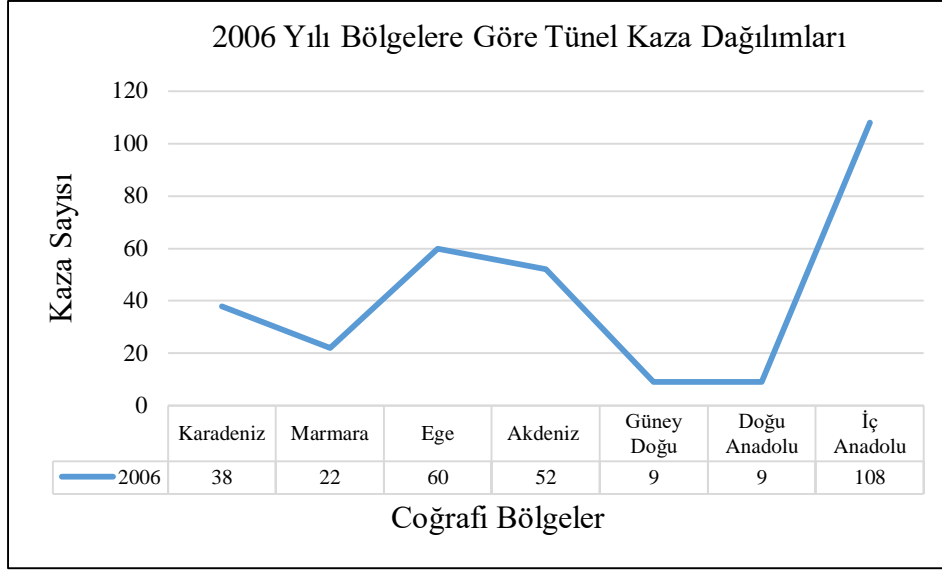


Şekil 2.10. 2005 ve 2018 yılları arası Türkiye geneli toplam tünel kazalarının dağılımı (EGM, 2005-2018).

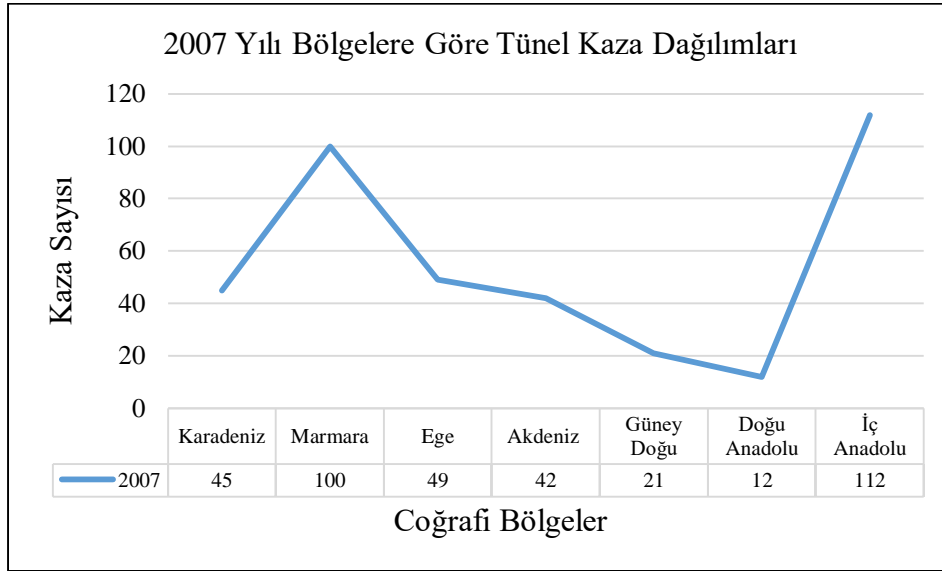
Şekil 2.11-2.24’ te 2005 ve 2018 yılları arasında Türkiye’ nin coğrafi bölgelerinde (Karadeniz, Marmara, Ege, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu ve İç Anadolu) yer alan tünellerde meydana gelen toplam tünel kaza dağılımları görülmektedir.



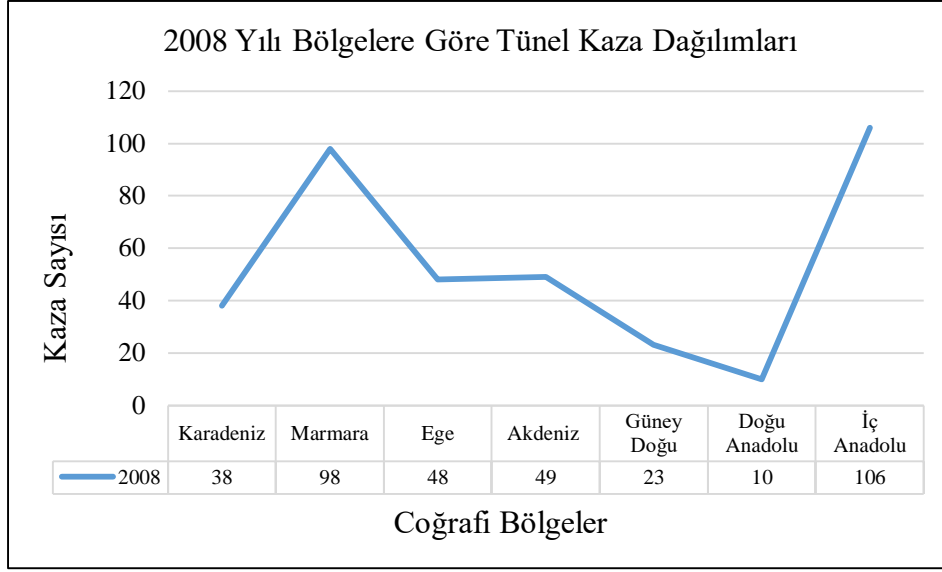
Şekil 2.11. 2005 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM).



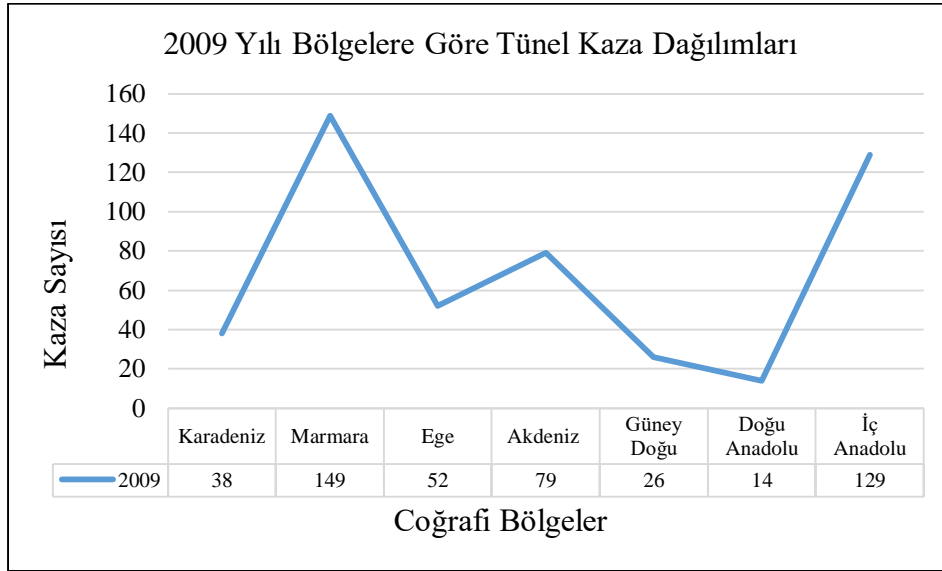
Şekil 2.12. 2006 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM).



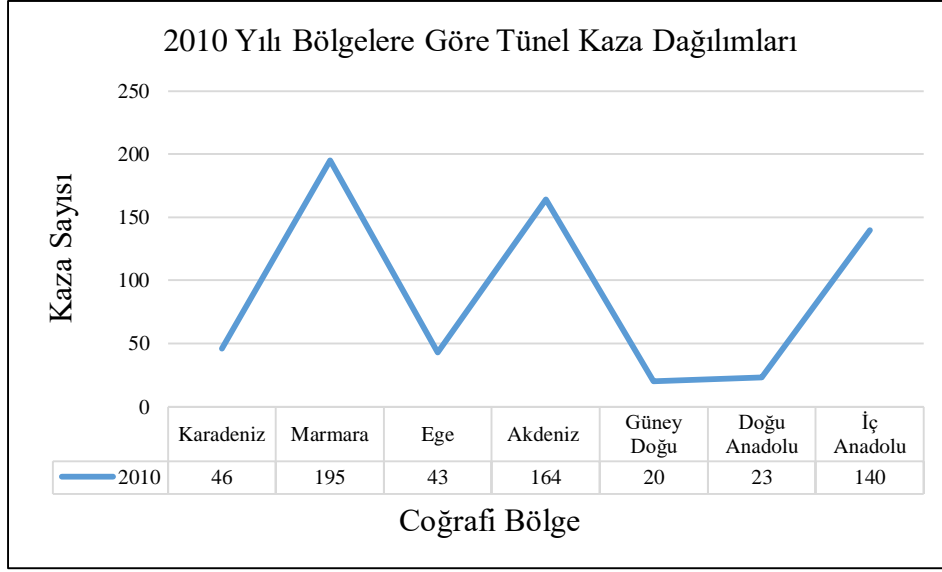
Şekil 2.13. 2007 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM).



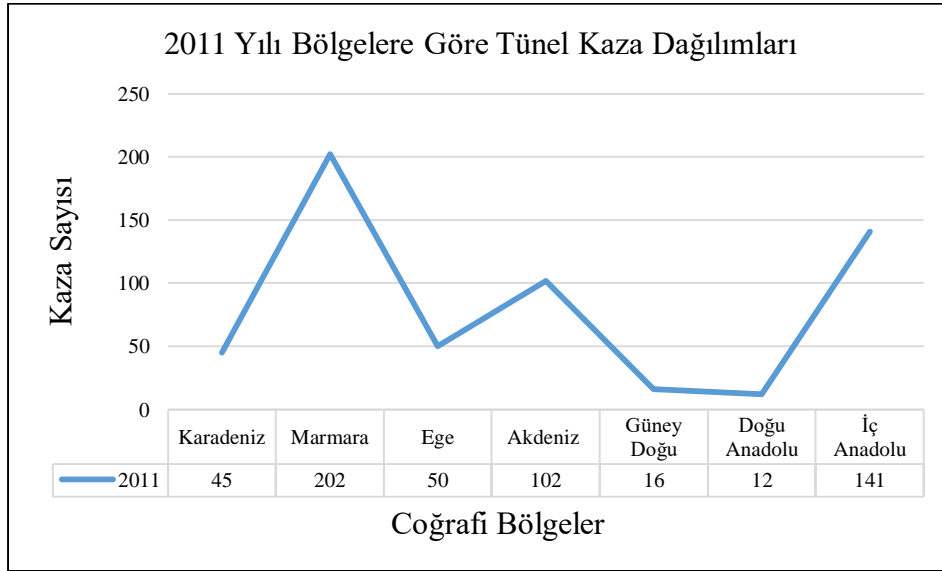
Şekil 2.14. 2008 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM).



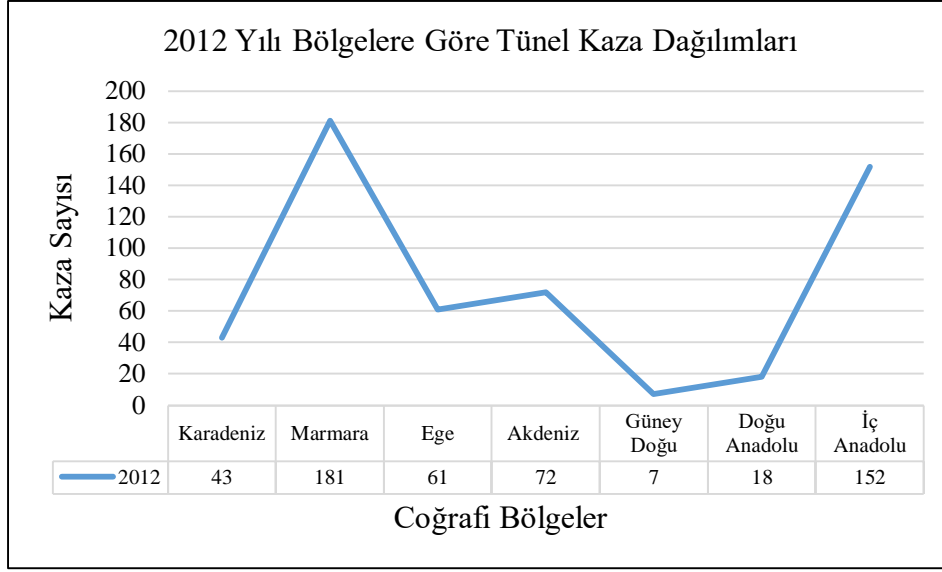
Şekil 2.15. 2009 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM).



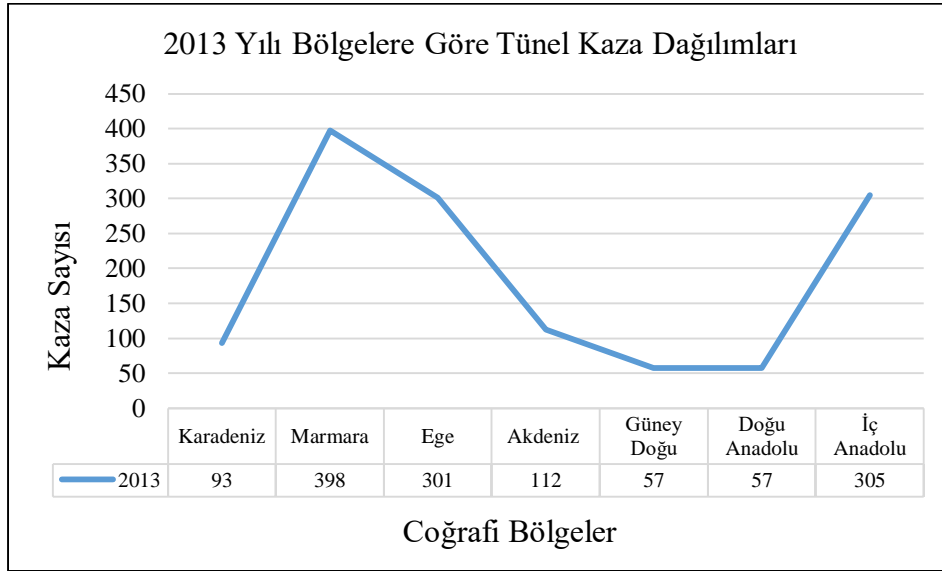
Şekil 2.16. 2010 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM).



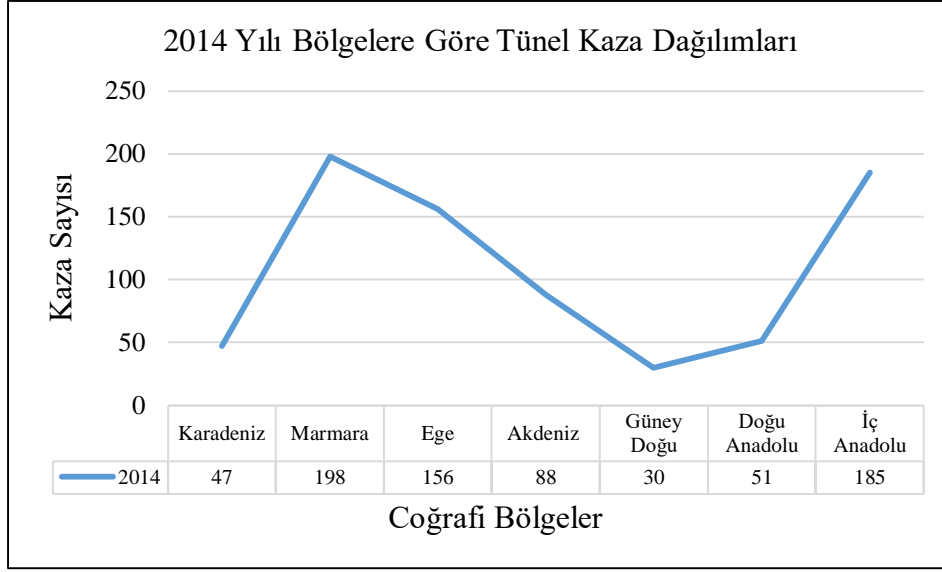
Şekil 2.17. 2011 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM).



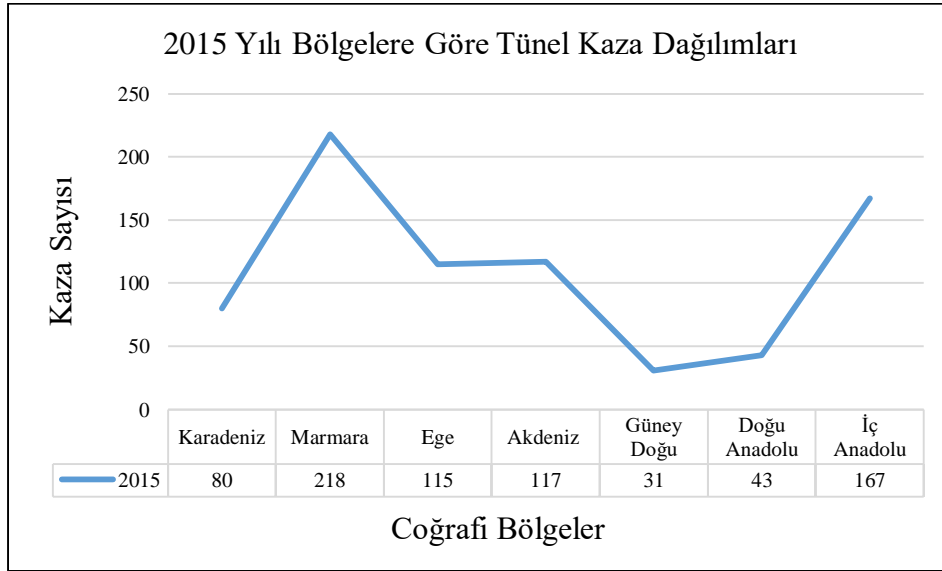
Şekil 2.18. 2012 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM).



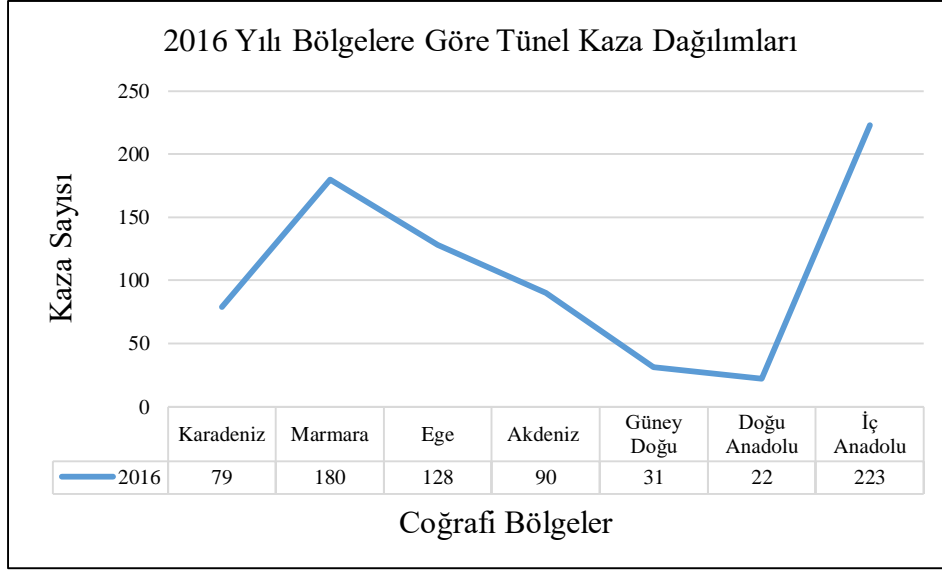
Şekil 2.19. 2013 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM).



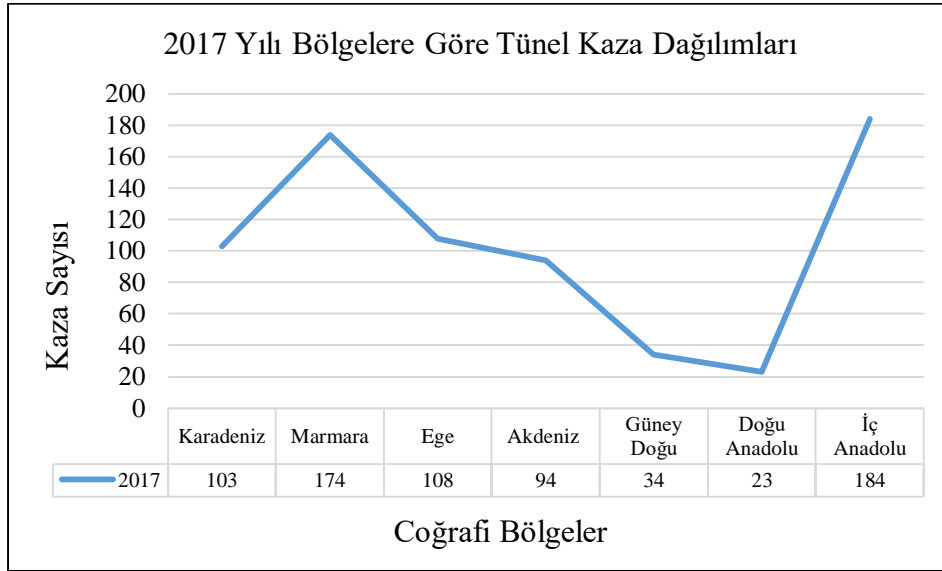
Şekil 2.20. 2014 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM).



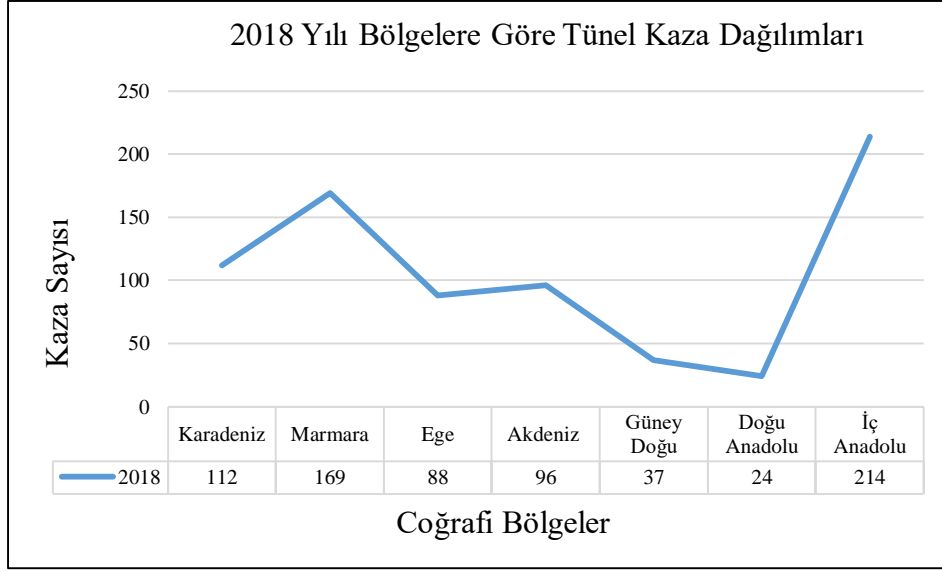
Şekil 2.21. 2015 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM).



Şekil 2.22. 2016 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM).



Şekil 2.23. 2017 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM).



Şekil 2.24. 2018 yılı bölgelere göre tünel kaza dağılımları (EGM).

Tehlikeli malları (taşıyan araçları) içeren kazaların sonuçları (hava kirliliği, yangın şekli, etkilenen kullanıcı sayısı vb.), tehlikeli malları içermeyen kazalardan çok daha yıkıcıdır (Ntzeremes ve Kirytopoulos, 2018). Dolayısı ile bir tünelden tehlikeli mal taşımacılığının kısıtlanması, karayolu tünellerinde yangın güvenliği ile ilgili önemli bir faktördür. Japonya’ da, tehlikeli malların sualtı tünelleri (veya benzer tüneller) ve 5000 metreden uzun tüneller üzerinden taşınması, tünel taşkınları gibi felaket sonuçları ve tünel kullanıcılarını tahliye etme ve kurtarma operasyonunu gerçekleştirme zorlukları dikkate alınarak sınırlandırılmıştır. (Mashimo, 2002). Tablo 2.19 ve 2.20’ de, Türkiye’ de tehlikeli madde taşımacılığının izin verilmediği otoyol ve devlet yolu tünellerine ait bilgiler verilmiştir.

Tablo 2.19. Türkiye geneli tehlikeli madde taşınmasının yasak olduğu otoyol tünelleri (URL-22, 2020).

SIRA NO	TÜNELİN ADI	YOLUN ADI	K.K.NO	BAŞLANGIÇ Km.si	TÜP AD.	UZUNLUK (Km)	
						Sol	Sağ
1	Karşıyaka 2	İzmir Çevre Yolu-Aydın	030 /12	1+200	2	1.865	1.876
2	Karşıyaka 2	İzmir Çevre Yolu-Aydın	030 /12	3+570	2	320	317
3	75. Yıl (Selatin)	İzmir Çevre Yolu-Aydın	031/04	7+000	2	3.018	3.043
4	Bolu Dağı	Gümüşova-Gerede	004/23	3+700	2	3.125	3.014
5	Ayran	T.A.G	052/10	9+500	2	560	596
6	Kızılaç	T.A.G	052/10	10+270	2	2.819	2.851
7	Aslanlı	T.A.G	052/10	15+100	2	1.225	1.230
8	Kırkgeçit 1	Niğde-Pozantı	021/20	13+400	2	941	958
9	Kırkgeçit 2	Niğde-Pozantı	021/20	15+300	2	584	548
10	Kırkgeçit 3	Niğde-Pozantı	021/20	16+300	2	255	286
11	Kırkgeçit 4	Niğde-Pozantı	021/20	17+700	2	630	439
12	Kırkgeçit 5	Niğde-Pozantı	021/20	19+400	2	651	652
13	Kırkgeçit 6	Niğde-Pozantı	021/20	22+600	2	855	816
14	Kırkgeçit 7	Niğde-Pozantı	021/20	24+400	2	534	526
15	Çakıt	Niğde-Pozantı	021/21	1+300	2	638	359

Tablo 2.20. Türkiye geneli tehlikeli madde taşınmasının yasak olduğu devlet yolu tünelleri (URL-22, 2020).

SIRA NO	TÜNELİN ADI	YOLUN ADI	K.K.NO	BAŞLANGIÇ Km.si	TÜP AD.	UZUNLUK (M)	
						Sol	Sağ
1	Kadioğlu Tüneli	Aybastı(52-75) İl Yol Ayrımı-(Ordu-Giresun) İl Sn.	010-18	6+732	2	116	150
2	Kadioğlu Tüneli	Aybastı(52-75) İl Yol Ayrımı-(Ordu-Giresun) İl Sn.	010-18	7+272	2	261	257
3	Tekkebak Tüneli	Aybastı(52-75) İl Yol Ayrımı-(Ordu-Giresun) İl Sn.	010-18	7+965	2	170	135
4	Ordu- Nefise Akçelik Tün.	Aybastı(52-75) İl Yol Ayrımı-(Ordu-Giresun) İl Sn.	010-18	9+210	2	3805	3825
5	Asarkayası Tüneli	Aybastı(52-75) İl Yol Ayrımı-(Ordu-Giresun) İl Sn.	010-18	19+561	2	310	314

Tünellerde çıkan yangınlar, sadece tünel kullanıcılarının hayatlarını tehlikeye atmakla kalmaz, aynı zamanda tünel yapısına zarar vererek, tünel yatırım maliyetini artırarak

ekonomik açıdan da tartışılabilir sonuçlar doğurabilir. Dolayısı ile tünellerde kazaların önlenmesi ve tünel kullanıcılarının acil yardım veya itfaiye ekipleri tarafından kurtarılmaları için yeterli önlemlerin alınması, hayati önem arz etmektedir (Mashimo, 2002).

2.6. Anket Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi ve Yöntem

Bu bölümde; daha önceki bölümlerde özellikleri verilen Trabzon-Gümüşhane karayolu güzergâhında bulunan 19 adet tüneli kullanan sürücülerin, tünel içerisindeki sürüş davranış ve tutumları öğrenilmek istenmiştir. Bu amaçla sürücüler üzerinde, “karayolu tünellerinde sürücü davranışı ve acil durumlar (trafik kazası, yangın) karşısında sürücülerin bilgi ve hareket etme kabiliyetlerini ölçmeye yönelik anket” başlıklı bir anket çalışması yapılmıştır. Ankette belirlenen sorular, karayolu tünel kullanıcısı olan sürücülerin algı, davranış ve hareket etme kabiliyetini belirleyecek şekilde hazırlanmıştır. Yapılan anketlerin değerlendirmesinde faktör analizi, güvenilirlik, Ki Kare ve Bartlett testleri uygulanarak gruplar arası anlamlılık ilişkileri araştırılmıştır. Ayrıca Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM)’ den 2005-2018 yılları arasında Türkiye genelindeki karayolu tünellerinde meydana gelen tünel kazalarına dair veriler temin edilerek (Ek-4), bu kazalar üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır.

Anket çalışmasının kaç kişi üzerinde uygulanacağını belirlemede;

$$n = t^2pq / d^2 \quad (2.1)$$

formülü kullanılmıştır. Formül 2.1’ de;

p: İncelenecek olayın görülme sıklığı,

q: İncelenecek olayın görülmemesi sıklığı,

t: Belirlenmiş bir anlamlılık düzeyi ile, t tablosundan elde edilen teorik değer,

d: Olayın görülme sıklığına göre kabul edilen örnekleme hatasıdır.

Dağılım homojen olmadığı için $p = 0.50$, $q = 0.50$ alınmıştır. %95 güven aralığı için teorik t değeri 1.96 olarak bulunmuştur.

Bu veriler ışığında örneklem büyüklüğü;

$$n = (1.96)^2 \times 0.50 \times 0.50 / (0.05)^2 = 384 \text{ kişi olarak hesaplanmıştır.}$$

3. BULGULAR

Bu bölümde Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan 19 adet tünel, bölüm 2' de yapılan çalışmalar sonucu elde edilen bilgiler ışığında değerlendirilecektir. Bu amaçla karayolu tünel güvenliğine etki eden faktörler; 3.1' inci kısımda araçlar, 3.2' inci kısımda sürücüler, 3.3' üncü kısımda tünel işletimi ve 3.4' üncü kısımda tünel altyapısı başlıkları altında verilecektir. 3.5' inci kısımda ise Trabzon-Gümüşhane karayolu güzergâhı üzerinde bulunan tünellerde meydana gelen kazalar değerlendirilecektir.

3.1. Araçlar Üzerinde Elde Edilen Bulgular

3.1.1. Trabzon-Gümüşhane Karayolu Üzerinde Tehlikeli Madde Taşımacılığı

Bölüm 1.8' de detaylı bir şekilde anlatıldığı üzere, karayolu tünellerinde meydana gelen yangınlar, tünel kullanıcıları için büyük bir tehlike oluşturmaktadır. Ayrıca yangın neticesinde oluşan duman da büyük bir tehdit ve ölümlerin büyük bir kısmının dumandan kaynaklandığı yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. Karayolu tünellerinde tehlikeli madde taşıyan araçların, herhangi bir sebepten (kaza veya araç donanımı) dolayı taşıdıkları malzemenin alev alması sonucu oluşan yangın, saatlerce hatta günlerce sürebilir (Tablo 2.19). Dolayısıyla yaşanacak yangın felaketi, toplu can kayıplarına neden olabileceği gibi araç ve tünel yapısında da ciddi tahribata sebebiyet vererek, büyük maddi kayıplara neden olabilir. Karayolu tünellerinde tehlikeli madde taşımacılığının, bu nedenle kısıtlanması veya belli kurallara göre yapılması son derece önemlidir. Ayrıca gerekli olan risk değerlendirmelerinin yetersiz yapılması sonucu; önerilen güzergâhın ekonomik olmayan (yakıt tüketimi, araç arızası vb.) çözümler doğuracağı veya yönlendirilmiş alternatif güzergâhların daha büyük facialara neden olabileceği unutulmamalıdır.

Trabzon-Gümüşhane karayolunun (D885/E97) yoğun tünelli geçişleri ve yapım aşamasında olan (Avrupa' nın en uzun tüneli olacak) Yeni Zigana Tüneli' nin ulaşım kazandırılması, söz konusu güzergâhı, tehlikeli madde taşımacılığı ve tünel güvenliği açısından daha da önemli hale getirecektir. Dolayısıyla tehlikeli madde taşımacılığı için önerilebilecek/yönlendirilebilecek alternatif güzergâhlar, yaşanabilecek tehlikelerin önlenmesinde son derece etkili olacaktır.

Bu bölümde; Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan ve bölüm 2’ de anlatılan direktiflerce, yangın açısından riskli görülen (uzunluğu ≥ 1000 m) tüneller için alternatif güzergâhlar belirlenmiştir. Tablo 3.1’ de Trabzon-Gümüşhane ve Gümüşhane-Trabzon istikametlerinde kullanılan ve uzunluğu 1000 metre üzeri olan tüneller verilmiştir.

Tablo 3.1. Trabzon-Gümüşhane karayolu uzunluğu 1000 metre üzeri olan tüneller

No	Tünel İsmi	Tünel Uzunluğu (m) Sol/Sağ	Tüp Adeti
1	Şehit Eren Bülbül	1283 / 1330	2
2	Yeni Maçka	2783 / 2837	2
3	T1 Maçka	1480	1
4	T2 Maçka	1100	1
5	Zigana	1702	1
6	Torul	1103 / 1061	2
7	Mescitli Vry. 2	1660/285	2

Şekil 3.1’ de tablo 3.1’ de verilen uzunluğu 1000 metre üzeri olan tünellerin konumları görülmektedir.



Şekil 3.1.Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan uzunluğu 1000 metre üzeri olan tünellerin konumları

Trabzon-Gümüşhane karayolunun D 885-01 nolu kontrol kesimi ve 3+880-5+210 km’ leri arasında yer alan Şehit Eren Bülbül Tüneli için; tünel ulaşımına kazandırılmadan önce ana arter olarak kullanılan güzergâh, tehlikeli madde taşımacılığında önerilecek alternatif

güzergâh olarak belirlenmiştir. Önerilen alternatif güzergâh, Trabzon Gümüşhane istikametinde şekil 3.2’ de, Gümüşhane Trabzon istikametinde şekil 3.3’ te verilmektedir



Şekil 3.2. Şehit Eren Bülbül Tüneli için Gümüşhane istikametinde önerilen alternatif güzergâh



Şekil 3.3. Şehit Eren Bülbül Tüneli için Trabzon istikametinde önerilen alternatif güzergâh

Trabzon-Gümüşhane Karayolunun D 885-01 nolu kontrol kesimi ve 25+800-28+637 km’ leri arasında yer alan Yeni Maçka Tüneli için; şekil 3.4’ te verilen güzergâh, önerilecek alternatif güzergâh olarak belirlenmiştir. Şekil 3.4’ ten de görüleceği üzere tünel ulaşımına

kazandırılmadan önce ana arter olarak kullanılan bu güzergâh, günümüzde Maçka ilçesine ulaşımında aktif olarak kullanılmakta olup, her iki yön içinde tehlikeli madde taşımacılığında kullanılmasının uygun olacağı belirlenmiştir.



Şekil 3.4. Yeni Maçka Tüneli için Trabzon ve Gümüşhane istikametinde önerilen alternatif güzergâh

Trabzon-Gümüşhane Karayolunun D 885-02 nolu kontrol kesimi ve 2+000-3+702 km' leri arasında yer alan Zigana Tüneli için; Eski Zigana yolu (bakım-onarım, kaza vb. tıkanıklık durumlarında hala kullanılan) her iki yön için alternatif güzergâh olarak belirlenmiştir. Ancak üstyapısında iyileştirme yapılması, kullanım öncesi önerilmektedir. Şekil 3.5 ve şekil 3.6' da önerilen alternatif güzergâh verilmiştir.



Şekil 3.5. Zigana Tüneli için Trabzon istikametinde önerilen alternatif güzergâh



Şekil 3.6. Zigana Tüneli için Gümüşhane istikametinde önerilen alternatif güzergâh

Yeni Zigana Tünelinin hizmete açılmasının ardından şekil 3.7’ de gösterilen ve şuan ana arter üzerinde yer alan Eski Zigana Tünelinin tehlikeli madde taşımacılığında alternatif güzergâh olarak kullanılabileceği belirlenmiştir. 1702 m uzunluğundaki Zigana Tüneli giriş-çıkış portalları yol birden kurbaya girilmektedir. Dolayısı ile tünel içerisinde ivme kazanarak artan araç hızlanmaları sonrası, sürücülerin her iki yönde ani kurpla karşılaşması, ani manevralara neden olmaktadır. Özellikle kış aylarında tünel giriş-çıkışlarında, yoğun buzlanma yaşanmasından dolayı ani manevralar kaza riskini artırmaktadır. Yine sürücülerin her iki yönde de uzun tırmanma parkurları sonrası tüneli kullanmaları, tünel yangınları için ek önlemlerin alınması gerekliliğini göstermektedir.

Trabzon-Gümüşhane karayolunda yapımı devam eden Yeni Zigana Tüneli ve yol yapım çalışmaları kapsamında, ağır taşıt sayısında artış yaşanmıştır. Aydın ve Çoruh (2018), yaptıkları çalışmada, yol güzergahında Yeni Zigana Tüneli inşası öncesi ve inşası sırasındaki ortalama trafik hızlarını incelemiş ve ortalama araç hızlarının azaldığını ve buna etken sebeplerden birinin de ağır taşıtlar olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ağır taşıt sayısındaki artış ve yavaşlayan trafik hızı, tünel içi ve dışında şerit değiştirme ve araç sollama sayısında artışa neden olmuştur. Bu nedenle tehlikeli madde taşımacılığında kullanılmaya devam etmesi durumunda ilave sollama ve kısıtların getirilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.



Şekil 3.7. Yeni Zigana Tünelinin ulaşım kazandırılması sonrası (URL-23, 2020).

Trabzon-Gümüşhane Karayolunun D885-02 nolu kontrol kesimi ve 24+200-25+303 km' leri arasında yer alan Torul Tüneli için; şekil 3.8 ve şekil 3.9' da gösterilen Torul İlçesine teğet geçen güzergâh, önerilen alternatif güzergâh olarak belirlenmiştir.

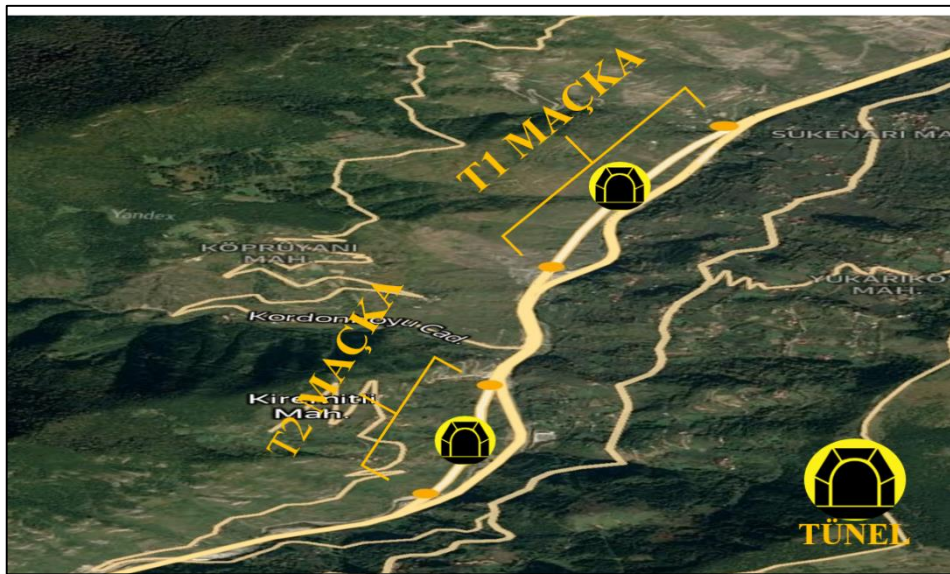


Şekil 3.8. Torul Tüneli için Gümüşhane istikametinde önerilen alternatif güzergâh



Şekil 3.9. Torul Tüneli için Trabzon istikametinde önerilen alternatif güzergâh

Trabzon-Gümüşhane Karayolunun D 885-01 nolu kontrol kesimi ve 31+750-33+230 ile 34+230-35+330 km' leri arasında yer alan T1 Maçka ve T2 Maçka Tünelleri' nin şekil 3.10' da görüldüğü üzere kullanılabilir bir alternatif güzergâhları yoktur. Yine D 885-02 nolu kontrol kesimi ve 38+600-40+260 km' leri arasında yer alan Mescitli Varyant Tünelinin şekil 3.11' de görüldüğü üzere kullanılabilir bir alternatif güzergâhı yoktur. Bu üç tünelin trafik hacimlerinin yüksek olmayışı ve tek yönlü tünel oluşları, tehlikeli madde taşımacılığında düşük risk içermektedir. Dolayısıyla alternatif bir güzergâh oluşturulamadığı sürece gerekli önlemler ile birlikte tehlikeli madde taşımacılığında kullanılabilirler.



Şekil 3.10. T1 Maçka ve T2 Maçka Tünellerinin konumları



Şekil 3.11. Mescitli Varyant Tünelinin konumu

Trabzon-Gümüşhane ulaşımında kullanılan karayolu tünelleri için, önerilen alternatif güzergâhların etkin ve sorunsuz şekilde kullanılması için;

- Karşılıklı trafik akımı olan kesimlerde (çift yön), yetersiz olan yol platform genişliğinin, genişletme çalışmaları ile iyileştirilmesinin,
- Üstyapıda bozulmaların ve çökmelerin bulunduğu kesimlerde bakım-onarım, gerekirse üstyapıda tamamıyla yenileme çalışmalarının yapılmasının,
- Bölgenin topoğrafyası ve özellikle kış aylarındaki elverişsiz iklim şartları göz önüne alınarak, riskin arttığı durumlarda (buzlanma vb.) yetkililerce güzergâhın sürekli izlenmesinin,
- Yol yatay ve düşey işaretlemelerinin hem iyileştirilmesinin hem de güzergâh boyunca yoğunlaştırılmasının, tehlikeli kesim olarak adlandırılan yerlerin uyarıcı işaret ve ışıklar ile donatılarak sürücülerin ilave önlemler ile uyarılmasının hatta 7/24 bu işaret ve işaretçilerin bulundurulmasının,
- Gece sürüşlerinde, emniyetli görüş mesafesi için yetersiz görülen kısımlarda aydınlatma çalışmalarının yapılmasının ve platform sınır çizgilerini daha belirgin hale getiren kedigözü veya flama gibi yansıtıcıların yerleştirilmesinin katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

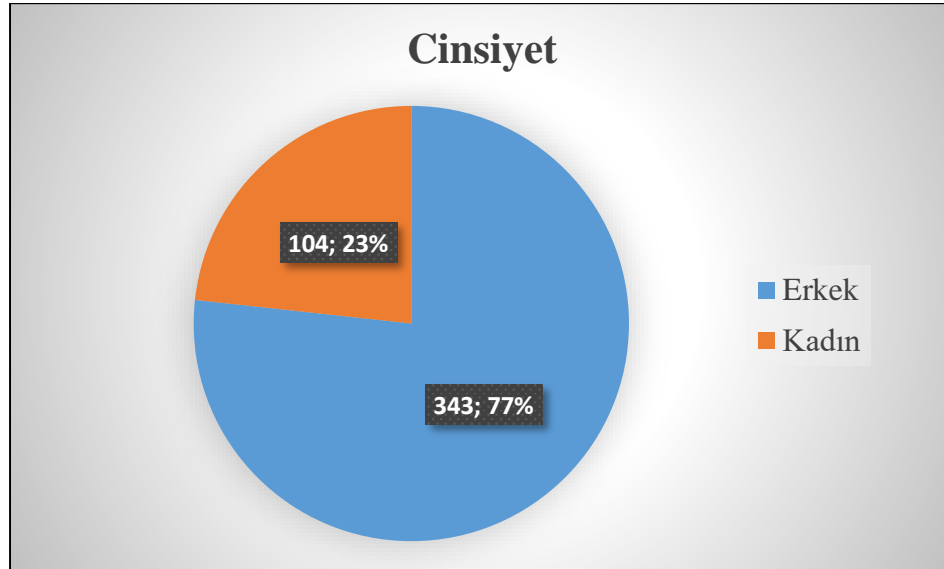
3.2. Sürücüler Üzerinde Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde; Trabzon-Gümüşhane karayolunu kullanan sürücüler üzerinde yapılan anket (Ek-2) çalışmasının değerlendirmesinden ve elde edilen bulgulardan bahsedilmiştir. Çalışma kapsamında 491 kişi üzerinde anket yapılmış ve geçerli olan 447 adet anket değerlendirmeye alınmıştır. Çalışmada bağımsız değişkenlerin (cinsiyet, yaş, eğitim, meslek ve güzergâh kullanım sıklığı vb.) bağımlı değişkenler (4-24' üncü soru aralığındaki anket soruları) ile istatistiksel açıdan anlamlılık ilişkileri güvenilirlik, Ki Kare ve Bartlett testleri yardımıyla belirlenmeye çalışılmıştır.

3.2.1. Anket Çalışmasından Elde Edilen Bulgular

3.2.1.1. Cinsiyete Göre Dağılım

Değerlendirmeye alınan 447 anketin sonuçlarına göre; katılımcılardan 343 kişi erkek ve 104 kişi kadındır. Şekil 3.12' de katılımcıların cinsiyete göre dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Katılımcıların cinsiyete göre dağılımları

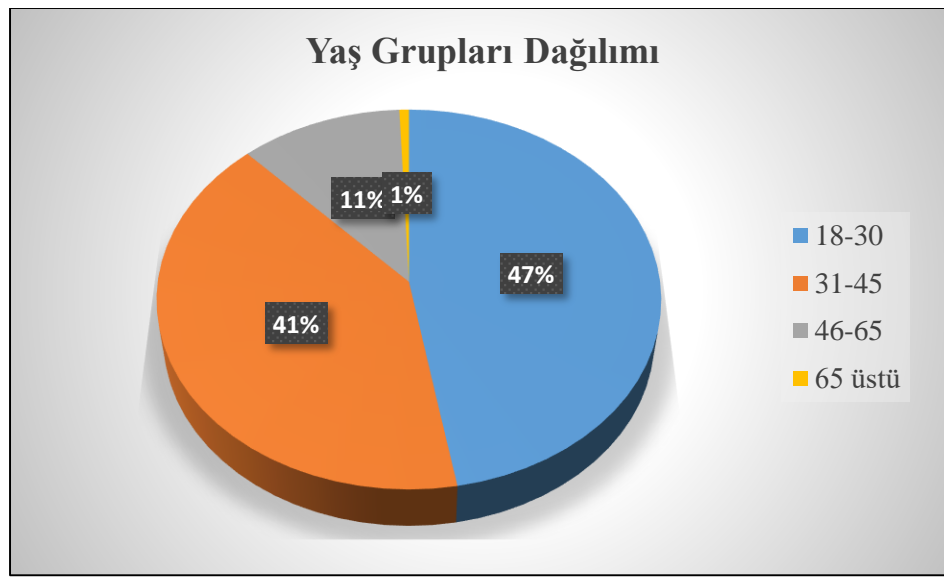
3.2.1.2 Cinsiyet ve Yaş Grupları Arasındaki İlişki

Tablo 3.2' de katılımcıların cinsiyet ve yaş gruplarına (18-30, 31-45, 46-65 ve 65 üstü) göre dağılımları görülmektedir.

Tablo 3.2. Cinsiyet-Yaş gruplarına göre dağılım

Cinsiyet \ Yaş Grupları	18-30	31-45	46-65	65 üstü	Toplam
Erkek	155	145	42	1	343
Kadın	56	37	9	2	104
Toplam	211	182	51	3	447

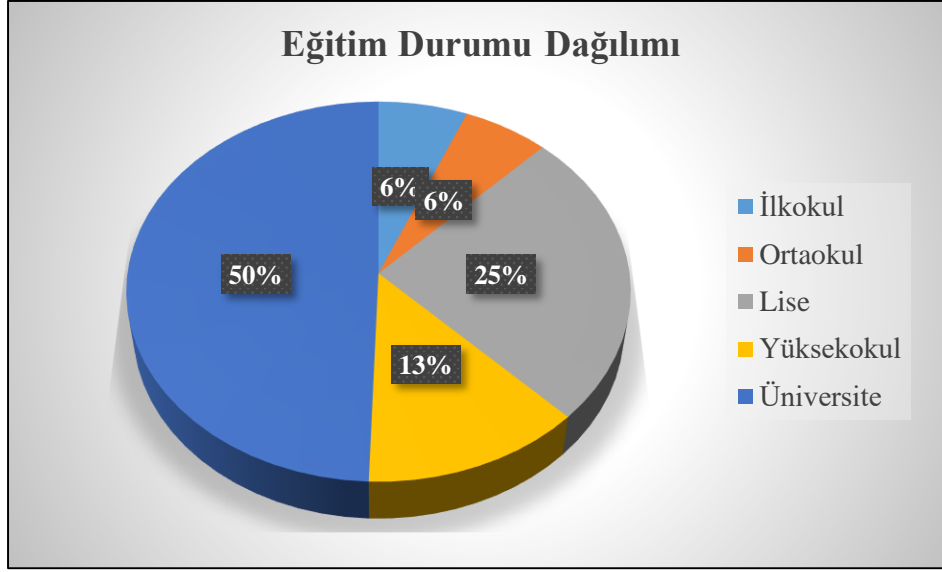
Şekil 3.13’ te yaş gruplarının yüzdesel dağılımı görülmektedir.



Şekil 3.13. Katılımcıların yaş gruplarının yüzdesel dağılımı

3.2.1.3. Eğitim Durumuna Göre Dağılım

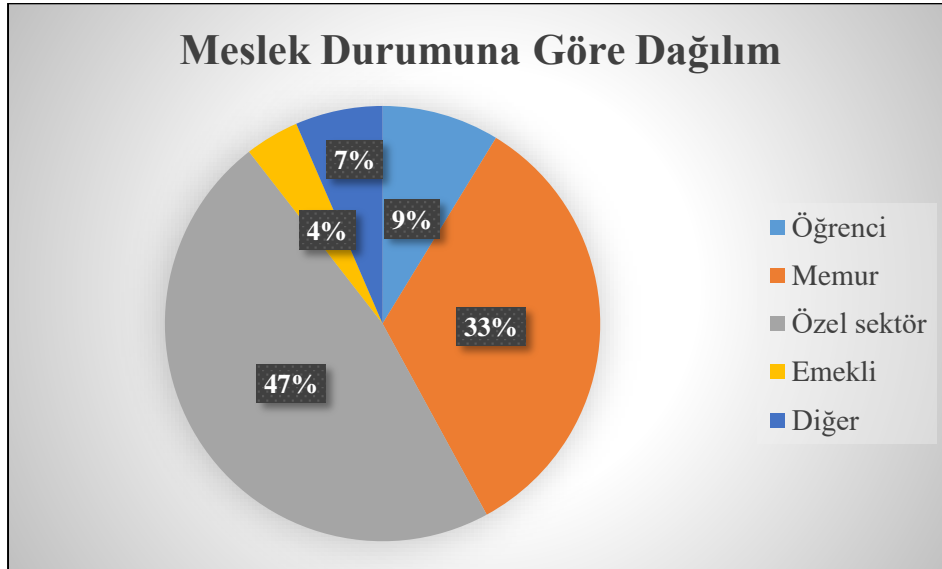
Şekil 3.14’ te katılımcıların eğitim durumlarına göre dağılımları görülmektedir. Şekil 3.14’ ten de görüleceği üzere katılımcılardan; 28 kişi ilkokul mezunu, 27 kişi ortaokul mezunu, 113 kişi lise mezunu, 58 kişi yüksekokul mezunu ve 221 kişi üniversite mezunudur.



Şekil 3.14. Katılımcıların eğitim durumuna göre dağılımları

3.2.1.4. Meslek Durumuna Göre Dağılım

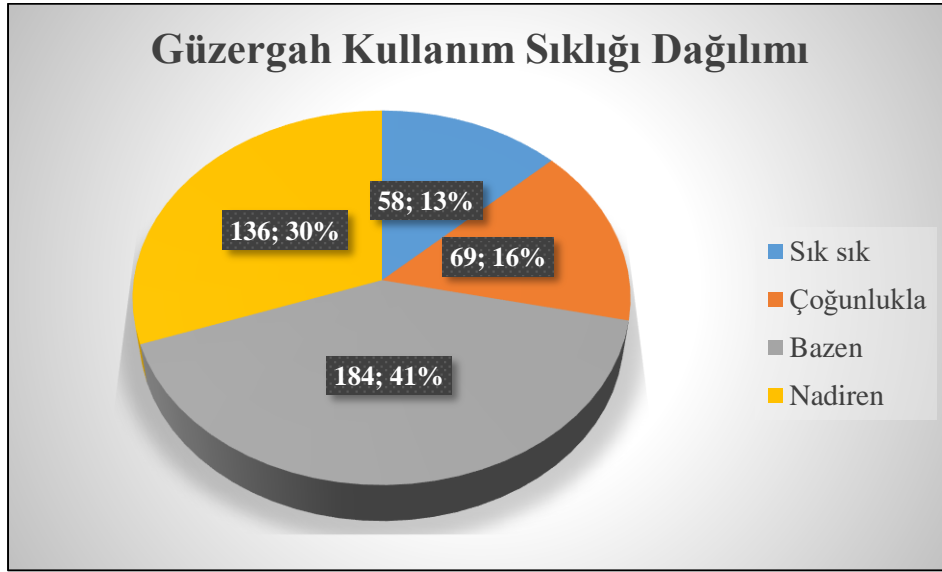
Değerlendirmeye alınan 447 anketin sonuçları incelendiğinde, katılımcılardan 212 kişi (%47) özel sektör, 149 kişi (%33) memur, 39 kişi (%9) öğrenci, 29 kişi (%7) diğer (ev hanımı vb.) ve 18 kişi (%4) de emeklidir. Şekil 3.15’ te meslek gruplarının yüzdesel dağılımları görülmektedir.



Şekil 3.15. Katılımcıların meslek gruplarına göre dağılımı

3.2.1.5. Güzergâh Kullanım Sıklığına Göre Dağılım

Değerlendirmeye alınan 447 anketin sonuçları incelendiğinde katılımcılardan; 184 kişinin (%41) bazen (ayda birkaç kez veya daha az), 136 kişinin (%30) nadiren (yılda birkaç kez veya daha az), 69 kişinin (%16) çoğunlukla (haftada birkaç kez) ve 58 kişinin (%13) de sık sık (günde bir kez veya daha fazla) güzergâhı kullandığı belirlenmiştir. Şekil 3.16’ da güzergâh kullanım sıklığının yüzdesel dağılımları görülmektedir.



Şekil 3.16. Katılımcıların güzergâh kullanım sıklığı dağılımı

3.2.1.6. Güzergâh Kullanım Sıklığının, Tünel Geçişlerinde Araç Hızı Üzerindeki Etkisi

Güzergâh kullanım sıklığının, tünel geçişlerinde araç hızı üzerinde anlamlı bir etkisinin olup olmadığının araştırmak için anket sonucu elde edilen verilere Ki Kare testi yapılarak Pearson Chi-Square anlamlılık değeri $p=0.030$ bulunmuştur. Bulunan bu değerin 0.050’ den küçük olması, güzergâh kullanım sıklığının, tünel geçişlerindeki araç hızı üzerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişkisi olduğunu göstermiştir. Tablo 3.3’ te farklı güzergâh kullanım sıklığına sahip katılımcıların “ **Soru. 6:** karayolu tünel girişine yaklaştığınızda araç hızınızı düşürüyor musunuz” sorusuna verdikleri cevaplar görülmektedir. Tablo 3.3’ ten de anlaşılacağı üzere güzergâh kullanım sıklığının artması, tünellere olan aşinalığı artırmakta dolayısıyla tünel geçişlerinde araç hızını düşürme oranının azaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.3. Tünel girişlerine yaklaştığınızda araç hızınızı düşürüyor musunuz?

Kullanım Sıklığı Cevaplar	Sık sık (günde bir kez veya daha fazla)	Çoğunlukla (haftada birkaç kez)	Bazen (ayda birkaç kez veya daha az)	Nadiren (yılda birkaç kez veya daha az)	Toplam
Hiçbir zaman	4	3	4	5	16
Arada bir	4	12	8	11	35
Bazen	9	16	26	21	72
Çoğu zaman	20	14	67	39	140
Her zaman	21	24	79	60	184
Toplam	58	69	184	136	447

3.2.1.7. Cinsiyet ile Tünel Geçişlerindeki Tedirginlik Hissi Arasında İlişki

Karayolu tünel geçişleri yaşanan tedirginlik hissinin cinsiyet ile anlamlı bir ilişkisinin olup olmadığını araştırmak için anket sonucu elde edilen verilere Ki Kare testi yapılarak Pearson Chi-Square anlamlılık değeri $p=0.004$ bulunmuştur. Bulunan bu değerin 0.050’ den küçük olması; cinsiyet ile tünel geçişlerinde yaşanan tedirginlik hissi arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişkisi olduğunu göstermiştir. Tablo 3.4’ te kadın ve erkek katılımcıların “**Soru. 5:** tünel girişine yaklaştığınızda tedirginlik hissediyor musunuz” sorusuna verdikleri cevaplar görülmektedir. Tablo 3.4’ ten de anlaşılacağı üzere kadınların erkeklere nazaran tünel geçişlerinde daha fazla tedirginlik hissettiklerini bildirdikleri sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.4. Tünel girişine yaklaştığınızda tedirginlik hissediyor musunuz?

	Kesinlikle hissetmiyorum	Hissetmiyorum	Kararsızım	Hissediyorum	Kesinlikle hissediyorum	Toplam
Kadın	12	48	12	26	6	104
Erkek	96	132	18	84	13	343
Toplam	108	180	30	110	19	447

3.2.1.8. Tünellerde Açık Karayolundan (Aydınlıktan), Tünele (Karanlığa) ve Tünelden (Karanlıktan), Açık Karayoluna (Aydınlığa) Geçişlerdeki Görüş Problemleri İlişkisi

Katılımcıların, açık karayolundan (aydınlıktan), tünele (karanlığa) ve tünelden (karanlıktan), açık karayoluna (aydınlığa) geçişlerde, görüş problemlerini incelemek üzere ordinal (sıralama) ölçekli değişkenlerin (1.hiçbir zaman, 2.arada bir, 3.bazen, 4.çoğu zaman, 5.her zaman) ölçülmek istenen olguyu başarılı ölçüp ölçmediğini araştırmak için güvenilirlik analizi yapılmıştır. Analiz sonucu Cronbach' Alpha katsayısı 0.808 olarak bulunmuş ve değerin 0.700' den büyük olması kullanılan ölçeğin güvenilir olduğunu göstermiştir.

Tablo 3.5' te farklı yaş gruplarındaki katılımcıların “**Soru. 7:** açık karayolundan (aydınlıktan), tünele (karanlığa) geçişlerde görüş problemi yaşıyor musunuz” sorusuna verdikleri cevaplar görülmektedir.

Tablo 3.5. Aydınlıktan karanlığa geçişlerde görüş problemi yaşıyor musunuz?

	Hiçbir zaman	Arada bir	Bazen	Çoğu zaman	Her zaman	Toplam
18-30	58	54	64	24	11	211
31-45	38	45	59	21	19	182
46-65	24	6	17	4	0	51
65 üstü	2	0	0	0	1	3
Toplam	122	105	140	49	31	447

Tablo 3.6' da farklı yaş gruplarındaki katılımcıların “soru. 8: karanlıktan (tünelden), aydınlığa (açık karayoluna) geçişlerde görüş problemi yaşıyor musunuz” sorusuna verdikleri cevaplar görülmektedir.

Tablo 3.6. Karanlıktan aydınlığa geçişlerde görüş problemi yaşıyor musunuz?

	Hiçbir zaman	Arada bir	Bazen	Çoğu zaman	Her zaman	Toplam
18-30	65	64	53	21	8	211
31-45	62	39	51	25	5	182
46-65	30	5	13	3	0	51
65 üstü	2	0	0	0	1	3
Toplam	159	108	117	49	14	447

Karayolu açık kesimlerinden (aydınlıktan), tünele (karanlığa) geçişlerde, tünelden (karanlıktan), açık karayoluna (aydınlığa) geçişlere oranla daha fazla görüş problemi yaşanmaktadır (Liu, 2005; Wenga 2017). Tablo 3.5 ve 3.6’ dan görüleceği üzere literatür ile uyumluda olarak, açık karayolundan (aydınlıktan) tünele (karanlığa) geçişlerdeki görüş probleminin, tünelden (karanlıktan) açık karayoluna (aydınlığa) geçişlere nazaran daha fazla yaşandığı sonucuna ulaşılmıştır.

3.2.1.9. Tünel Aydınlatmasında Kullanılan Işık Renk Tercihi

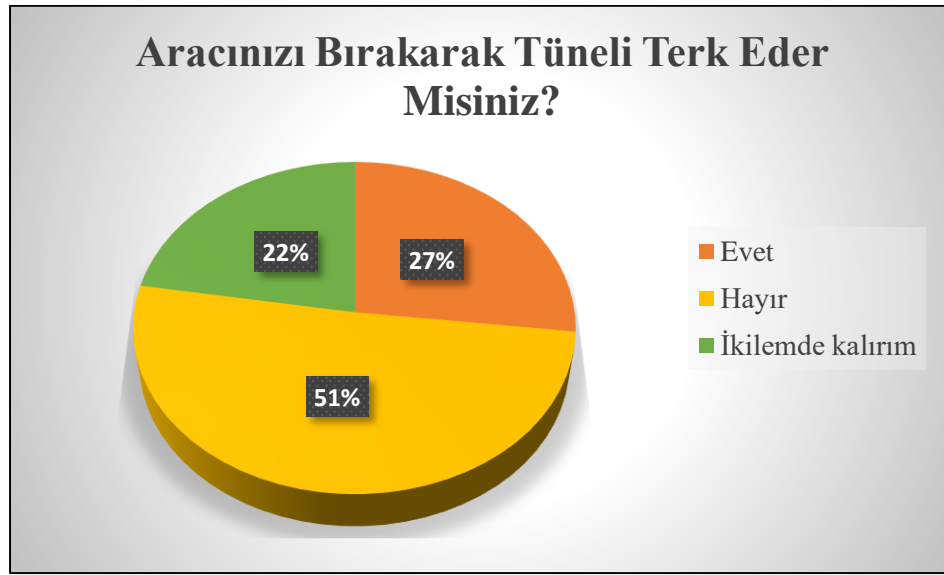
Katılımcıların, tünel aydınlatması hakkındaki görüşlerini belirlemek amacıyla, “**Soru. 9:** aydınlatmada hangi renkte ışık kullanılması sizi güvende hissettirir” sorusu yöneltilerek elde edilen bulgular şekil 3.17’ de verilmiştir. Katılımcılardan, 224 kişi (%50) beyaz ışık, 115 kişi (%26) sarı ışık ve 108 kişi (%24) de her iki renkte de kendilerini güvende hissettiklerini belirtmişlerdir. Bu cevaplardan hareketle; tünel aydınlatmasında kullanılan ışık renginin beyaz olması, literatürde de tavsiye edilen (Liang vd., 2019; Zhao vd., 2020) açık renk tonunun artmasının, sürücülerini daha güvende hissettirdiği sonucu ile uyumlu bulunmuştur.



Şekil 3.17. Hangi renkte ışık kullanılması kendinizi güvende hissettirir?

3.2.1.10. Acil Durumlar Karşısında Aracınızı Bırakarak Tüneli Terk Eder Misiniz?

Şekil 3.18’ de görüldüğü üzere katılımcılara, yöneltilen “ **Soru. 15:** tünellerde yaşanabilecek kaza ve yangınlarda aracınızı bırakarak tüneli terk eder misiniz” sorusuna 227 kişi (%51) hayır, 120 kişi (%27) evet ve 100 kişi (%22) ise ikilemde kalacağı yönünde cevap vermiştir. Katılımcıların, yarısından fazlasının araçlarını bırakmak istemediği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 3.18. Aracınızı bırakarak tüneli terk etmek ister misiniz?

Ayrıca acil durumlarda aracı bırakarak tüneli terk etme ile cinsiyet arasında anlamlı bir ilişkinin olup olmadığını araştırmak için Ki Kare testi yapılarak Pearson Chi-Square anlamlılık değeri $p=0.001$ bulunmuştur. Bulunan bu değerin 0.050’ den küçük olması, cinsiyet ile aracı bırakma arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir. Tablo 3.7’ de görüleceği üzere acil durumlarda kadınların daha yüksek oranda araçlarını bırakarak tüneli terk etme eğilimde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.7. Acil durumlarda aracınızı bırakarak tüneli terk etmek ister misiniz?

	Evet	Hayır	İkilemde kalırım	Toplam
Kadın	37	35	32	104
Erkek	83	192	68	343
Toplam	120	227	100	447

3.2.1.11. Katılımcıların Düşük Şiddetli Araç Yangınları Karşısındaki Davranışları

Tünel geçişlerinde düşük şiddetli araç yangınlarında sürücülerin doğru davranış bilgisine sahip olup olmadığını belirlemek için katılımcılara, “ **Soru. 17:** tünel içerisinde aracınızda düşük şiddetli bir yangının meydana gelmesi durumunda ne yaparsınız” sorusu yöneltilmiştir. Tablo 3.8’ den görüleceği üzere katılımcılardan, sadece 57 kişinin (%13) doğru davranış biçimi olan aracı tünel dışına sürerek, tünel çıkışı motoru tamamen kapatırım seçeneğini işaretledikleri görülmüştür. Ayrıca düşük şiddetli araç yangını karşısındaki davranış ile eğitim seviyesi arasında anlamlı bir ilişkisinin olup olmadığını araştırmak için Ki Kare testi yapılarak Pearson Chi-Square anlamlılık değeri $p=0.001$ bulunmuştur. Bulunan bu değerin 0.050’ den küçük olması, eğitim ile istenilen doğru davranış arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir.

Tablo 3.8. Aracınızda düşük şiddetli bir yangın meydana gelmesi durumunda ne yaparsınız?

	Aracı hemen durdurup, motoru tamamen kapatırım.	Tünel içerisindeki sığınma cebinde aracı durdurup, motoru tamamen kapatırım	Aracı tünel dışına doğru sürer, tünel çıkışı motoru tamamen kapatırım	Yoluma devam ederek tünelden çıkmaya çalışırım	Toplam
İlkokul	4	16	0	8	28
Ortaokul	4	14	6	3	27
Lise	22	70	12	9	113
Yüksekokul	10	37	6	5	58
Üniversite	62	118	33	8	221
Toplam	102	255	57	33	447

3.2.1.12. Katılımcıların Tünel İçi Bir Kaza veya Yangın Karşısında Davranışı

Katılımcılara; “ **Soru. 12:** araçları ile tünel içerisinde bir kaza veya yangın ile karşılaşması durumunda davranışınız ne olur” sorusu sorulmuştur. Tablo 3.9’ da görüldüğü üzere katılımcılardan, 331 kişi acil çağrıda bulunmayı, 78 kişi yangına müdahale etmeyi, 22 kişi kaçmaya çalışmayı ve 16 kişi de arabada kalmayı tercih edeceklerini bildirmişlerdir. Ayrıca cinsiyet ile davranış arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını belirlemek üzere Ki Kare testi yapılarak Pearson Chi-Square anlamlılık değeri $p=0.001$ bulunmuştur. Bulunan

bu değerin 0.050’ den küçük olması, cinsiyet ile davranış arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir.

Tablo 3.9. Bir kaza veya yangın ile karşılaşmanız durumunda davranışınız ne olur?

	Arabada Kalırım	Kaçmaya Çalışırım	Acil Çağrı Yaparım	Yangına Söndürmek için Müdahale Ederim	Toplam
Kadın	7	14	75	8	104
Erkek	9	7	257	70	343
Toplam	16	21	332	78	447

3.2.1.13. Cinsiyet ile Kaza Durumundaki Hareket Arasındaki İlişki

Karayolu tünel geçişleri esnasında, sürücülerin bir kaza yaşanması durumunda nasıl hareket ettiği ve cinsiyetin hareket etme şekli ile anlamlı bir ilişkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. Araştırmada Ki Kare analizi yapılarak Pearson Chi-Square anlamlılık değeri $p=0.001$ bulunmuştur. Bulunan bu değerin 0.050’ den küçük olması, cinsiyetin bir kaza durumunda hareket etme şekli üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkisi olduğunu göstermiştir. Tablo 3.10’ da kadın ve erkek katılımcıların “ **Soru. 13:** tünellerde yaşayabilecekleri bir trafik kazası olayında nasıl hareket edersiniz” sorusuna verdikleri cevaplar görülmektedir.

Tablo 3.10. Tünellerde yaşayabileceğimiz trafik kazası durumunda nasıl hareket edersiniz?

	Güvenlik önlemi almaya çalışırım	Cep telefonundan yardım çağırırım	Tüneli terk ederim	Yardım ekipleri gelinceye kadar araçta beklerim	Diğer	Toplam
Kadın	41	41	4	14	4	104
Erkek	237	75	7	15	9	343
Toplam	278	116	11	29	13	447

3.2.1.14. Katılımcıların Acil Durumlardaki Kaçış Güzergâhları

Şekil 3.19’ da görüldüğü üzere katılımcılara, “ **Soru. 16:** tünellerde yaşanabilecek kaza ve yangın gibi acil durumlar karşısında kaçış güzergâhınız ne olur” sorusu sorulmuştur. Katılımcılardan, 352 kişi (%79) acil çıkış güzergâhından, 62 kişi (%14) yol boyunca ileri ve 33 kişi (%7) de geriye dönerek kaçma tercihinde bulunacağını ifade etmiştir.



Şekil 3.19. Tünelden kaçmak istediğinizde kaçış güzergâhınız ne olur?

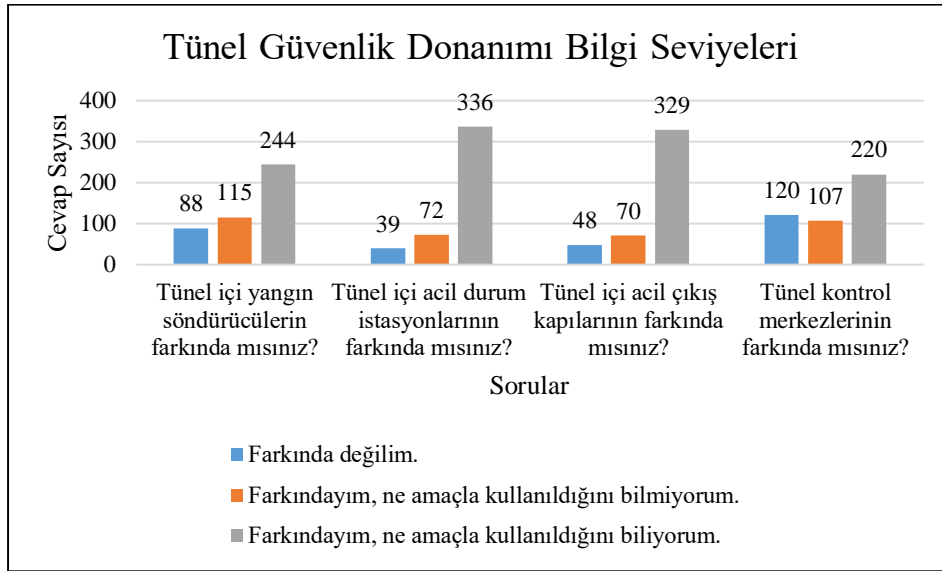
Acil çıkış kapı seçimi çevresel koşullara (mesafe, görünürlük vb.), sosyal etkileşimlere ve yolcuların tünel geometrisi bilgilerine bağlıdır (Frantzich ve Nilsson 2004). Genel olarak, kullanıcılar; en yakın çıkışlara doğru gitmek isterler. Ancak tünelde yangın olması durumunda, acil çıkışlar tünelin kendisinden daha caydırıcı gelebilir ve tanıdık hissi vermediği için tercih edilmeyebilirler (Ronchi vd., 2012). Çıkış yeri kararında, kullanıcılar yangınla ilgili koşulları, çıkışlara aşinalıklarını ve çıkış görünürlüğünü de dikkate alarak hareket ederler (Ronchi vd., 2012).

3.2.1.15. Katılımcıların Tünel Güvenlik Donanımı Bilgi Seviyesi

Çalışmada, katılımcıları acil durumlarda karayolu tünel güvenlik bilgilerini ölçmek amacıyla nominal (sınıflama) değişkenleri kullanılarak (1.Farkında değilim, 2.Farkındayım ne amaçla kullanıldığını bilmiyorum, 3.Farkındayım ne amaçla kullanıldığını biliyorum) hazırlanan sorular yöneltilmiştir. Bu soruların faktör analizine uygunluğunu belirlemek amacıyla Kaiser Meyer Olgin (KMO) değeri araştırılarak 0.736 bulunmuştur. KMO değerinin 0.600' dan büyük çıktığı ($0.736 > 0.600$) ve verilerin faktör analizi için uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca yapılan Bartlett testi sonucunda p değeri 0.010 olarak bulunmuştur. Bu değer 0.050' den küçük oluşu ($0.010 < 0.050$) değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir. Kullanılan ölçeğin güvenilirliği belirlemek için güvenilirlik analizi yapılarak Cronbach' Alpha katsayısı 0.767 bulunmuş ve bu değer

0.700' den büyük olması faktör analizinde belirlenen ölçeğin güvenilir olduğunu göstermiştir.

Şekil 3.20' de faktör analizi gruplamasına göre, katılımcıların tünel güvenlik donanımı hakkındaki sorulara (Soru 19-22) verdikleri cevaplar görülmektedir. Şekil 3.20' den de anlaşılacağı üzere katılımcıların büyük çoğunluğunun güvenlik donanımlarının farkında olduğu ancak farkında olmayan ve farkında olmasına karşın ne amaçla kullanıldığını bilmeyen katılımcıların olduğu görülmüştür. Daha güvenli sürüş ve tünel geçişleri için, tünel güvenlik donanımlarının; sürücüler tarafından fark edilebilmesini artırmak, daha fazla dikkat çekici hale getirmek ve bu donanımların ne amaçla kullanıldığı konusunda bilgilendirici çalışmalar (broşür, reklam vb.) yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 3.20. Katılımcıların tünel güvenlik donanımı bilgi seviyeleri

3.2.1.16. Cinsiyet ile Acil Durumlar Karşısında ki Yeterlilik Hissi Arasındaki İlişki

Karayolu tünel geçişleri esnasında yaşanılabilen veya karşılaşılan acil durumlar karşısında, sürücülerin kendilerini yeterli görüp görmemesinin cinsiyet ile anlamlı bir ilişkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. Araştırmada Ki Kare analizi yapılarak Pearson Chi-Square anlamlılık değeri $p=0.004$ bulunmuştur. Bulunan bu değerin 0.050' den küçük olması cinsiyet ile tünel acil durumları karşısındaki yeterlilik hissi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir. Tablo 3.11' de kadın ve erkek katılımcıların, “**Soru. 24:** tünellerde yaşanabilecek bir trafik kazası veya yangın olayına karşı nasıl hareket edilmesi konusunda kendinizi yeterli görüyor musunuz” sorusuna verdikleri cevaplar

görülmektedir. Tablo 3.11’ den de anlaşılabacağı üzere kadın sürücülerin erkek sürücülere oranla acil durumlar karşısında kendilerini daha az yeterli gördükleri sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.11. Tünellerde yaşanabilecek kaza veya yangın olaylarında nasıl hareket edilmesi konusunda kendinizi yeterli görüyor musunuz?

	Tamamen Yetersiz Görüyorum	Kısmen Yeterli Görüyorum	Büyük Ölçüde Yeterli Görüyorum	Tamamen Yeterli Görüyorum	Toplam
Kadın	18	57	21	8	104
Erkek	27	167	93	56	343
Toplam	45	224	114	64	447

3.3. Tünel İşletimi Üzerinde Elde Edilen Bulgular

- Trabzon-Gümüşhane karayolu bünyesinde bulunan 19 adet tünelden sadece D 885-02 nolu kontrol kesiminde bulunan Kürtün Kavşak, Köprübaşı, Torul, Taşocağı ve Mescitli Varyant tünellerine ait kontrol merkezleri mevcuttur. D 885-02 nolu kontrol kesiminde bulunan tünellerin hiçbirinde tünel kontrol merkezi bulunmamaktadır,
- Trabzon-Gümüşhane karayolunun D885-02 nolu kontrol kesiminde bulunan Kürtün Kavşak, Köprübaşı ve Torul tünelleri, tek bir alt kontrol merkezine sahiptir. Bu tünellere ait ana kontrol merkezi 101. Şube Şefliği bünyesinde yer almaktadır. Alt kontrol merkezi ile ana kontrol merkezi arasında izleme sistemi için fiber optik hat henüz çekilmediğinden ana kontrol merkezinden bu tüneller izlenememektedir. Birimler arasında ki koordinasyonun sağlıklı yapılabilmesi için gerekli çalışmalar yapılarak bahsi geçen tüneller ana kontrol merkezinden izlenmelidir,
- Trabzon-Gümüşhane karayolunun D885-01 nolu kontrol kesim noktasının 31+360 km’ sinde yer alan ve 760 m uzunluğundaki Bağışlı tünelinin aydınlatması oldukça yetersiz durumdadır (şekil 5.1a). Bu durum özellikle aydınlıktan karanlığa geçişlerde adaptasyon süresini uzatmakta ve bu süre zarfında sürücülerin tünel içerisinde bulunabilecek araç ve cisimleri görememesine neden olmaktadır,
- Trabzon-Gümüşhane karayolunun D885-01 nolu kontrol kesim noktasının 31+360 km’ sinde yer alan ve 760 m uzunluğundaki Bağışlı tünelinin, Trabzon istikametinde bulunan tünel çıkışına güneş ışıkları oldukça geç düşmektedir. Dolayısıyla kış aylarında tünel çıkışında gizli buzlanma meydana gelmektedir, (şekil 5.1b)

- Trabzon-Gümüşhane karayolunda bulunan tünellerden, herhangi birinde yaşanan acil durumda, ilgili tünel hangi il veya ilçe sınırları içerisinde kalıyorsa, tünele öncelikle o ilin veya ilçenin acil müdahale ekipleri intikal edecektir. Bu bağlamda;

- Şehit Eren Bülbül Tüneli'ne Trabzon Belediyesi,
- Yeni Maçka Tüneli ile Eski Zigana Tüneli arası tünellere Maçka Belediyesi,
- Eski Zigana Tüneli ile Torul Tüneli arası tünellere Torul Belediyesi,
- Torul Tüneli ile Gümüşhane Tüneli arasındaki tünellere Gümüşhane Belediyesi

İtfaiye ekiplerince müdahalede bulunulacaktır. Tünellerde yaşanan kaza olaylarına ilk olarak Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından müdahalede bulunulmakta ancak AFAD' ın yetersiz kaldığı durumlarda sorumlu belediye ekiplerine ait itfaiye birimleri yardıma gitmektedir (Gümüşhane Belediyesi İtfaiye Müdürlüğü, sözlü görüşme).

- Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan 19 adet tünelin azami hız sınırları 50, 60 ve 70 km/s arasında değişiklik göstermektedir. Aydın vd. (2020), Trabzon-Gümüşhane il sınırları arasındaki tünellerde; ortalama araç hızlarını ve ortalama tahmini yol yüzey düzgünlük değerlerini ölçmüşler ve yapılan ortalama hızların, tünel azami hız sınırlarının üzerinde olduğunu açıklamışlardır.

3.4. Tünel Altyapısı Üzerinde Elde Edilen Bulgular

Trabzon-Gümüşhane karayolu güzergâhı üzerinde bulunan 19 adet tünelden uzunluğu 500 m üzeri olan tüneller, Trans-Avrupa kriterlerince (Trans-Avrupa ağı güvenlik kriterleri, uzunluğu 500 m ve üzeri olan tünelleri kapsamaktadır) birinci bölümde anlatılan; tüneller için minimum güvenlik kriterlerini içeren tablo 1.4-1.6' da verilen kriterler doğrultusunda değerlendirilmiştir. Tablo 3.12 ve tablo 3.13' te, Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan uzunluğu 500-1000 metre ve 1000-3000 metre arası olan tünellerin değerlendirilmesi verilmiştir.

Tablo 3.12. Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan uzunluğu 500-1000 metre arası olan tüneller

KRİTERLER	Uzunluğu 500-1000 m Arası Olan Tüneller			
	Kürtün Kavşak	Köprübaşı	Taşocağı	Bağışlı
Tüp Sayısı	√	√	√	√
Eğimler ≤ 5%	Bilgi yok	Bilgi yok	Bilgi yok	Bilgi yok
Acil Yaya Yolu	√	√	√	√
Acil Çıkışlar	-	-	√	√
Çapraz Bağlantılar	-	-	-	-
Refüj Geçidi	√	√	X	-
Sığınma Cebi	√	-	-	√
Drenaj	√	√	√	√
Yapıların Ateşe Dayanıklılığı	√	√	√	√
Aydınlatma	√	√	√	X
Havalandırma	√	√	√	√
Acil Hizmet İstasyonu	√	X	√	X
Su Ekipmanı	√	X	√	X
Yol İşaretleri	√	√	√	√
Kontrol Merkezi	√	√	√	√
İzleme Sistemleri	√	√	√	X
Tüneli Kapatma Ekipmanı	√	√	√	√
Haberleşme Sistemleri	√	√	√	X
Acil Güç Temini	√	√	√	X
Ekipmanın Ateşe Dayanıklılığı	√	√	√	√
√: Kritere uygun -: Kriter dışı X: Kritere uygun değil				

Tablo 3.13. Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan uzunluğu 1000-3000 metre arası olan tüneller

KRİTERLER	Uzunluğu 1000-3000 Arası Olan Tüneller					
	Şehit Eren Bülbül	Y. Maçka	T1 Maçka	Zigana	Torul	Mescitli Vry. 2
Tüp Sayısı	√	√	√	√	√	√
Eğimler ≤ 5%	√	√	Bilgi yok	√	Bilgi yok	Bilgi yok
Acil Yaya Yolu	√	√	√	√	√	√
Acil Çıkışlar	√	√	-	X	√	X
Çapraz Bağlantılar	√	√	-	-	√	-
Refüj Geçidi	√	√	-	-	X	-
Sığınma Cebi	√	√	√	X	√	X
Drenaj	√	√	√	X	√	√
Yapıların Ateşe Dayanıklılığı	√	√	√	X	√	√
Aydınlatma	√	X	√	√	√	√
Havalandırma	X	X	X	X	√	√
Acil Hizmet İstasyonu	X	X	X	X	√	√
Su Ekipmanı	X	X	X	X	√	√
Yol İşaretleri	√	√	√	X	√	√
Kontrol Merkezi	X	X	X	X	√	√
İzleme Sistemleri	X	X	X	X	√	√
Tüneli Kapatma Ekipmanı	√	X	X	X	√	√
Haberleşme Sistemleri	X	X	X	X	X	X
Acil Güç Temini	X	X	X	X	√	√
Ekipmanın Ateşe Dayanıklılığı	√	√	√	√	√	√
√: Kriteria uygun -: Kriter dışı X: Kriteria uygun değil						

3.5. Trabzon-Gümüşhane Karayolu Tünellerinde Meydana Gelen Kazalar

Tablo 3.14' te Trabzon-Gümüşhane karayolu üzerinde bulunan tünellerde, 2005 ve 2018 yılları arasında meydana gelen kazalar ve kazalara ait genel bilgiler verilmiştir.

Tablo 3.14. Trabzon-Gümüşhane karayolu üzerinde bulunan tünellerde 2005 ve 2018 yılları arasında meydana gelen kazalar (EGM, 2005-2018).

KAZA İLİ	K.K.NO	YIL	KAZA SAYISI	YOLUN TİPİ	YARALI	ÖLÜ	KAZAYA KARIŞAN ARAÇLAR
TRABZON	885-01	2006	2	İki Yönlü	1	0	Kamyonet
					1	0	Otomobil
		2009	1	İki Yönlü	2	0	Kamyonet
		2011	1	İki Yönlü	1	0	Otomobil, otomobil
		2013	1	Tek Yönlü	1	0	Kamyon
		2015	1	İki Yönlü	3	0	Otomobil
		2016	1	İki Yönlü	2	0	Arazi taşıtı, kamyonet
			1	Tek Yönlü	1	0	Kamyonet, otomobil, otomobil
		2017	1	İki Yönlü	3	0	Kamyonet, kamyon, otomobil
		2018	7	İki Yönlü	3	0	Otomobil
					1	0	Kamyonet, kamyonet
					1	0	Otomobil
					1	0	Otomobil
					2	0	Otomobil
					2	0	Kamyonet, minibüs
					1	0	Kamyonet, kamyon
			1	Tek Yönlü	1	0	Otomobil, otomobil
GÜMÜŞHANE	885-02	2005	1	İki Yönlü	2	0	Otomobil
		2007	5	İki Yönlü	1	0	Otomobil, otomobil, otomobil
					1	0	Otomobil
					1	0	Kamyonet
					10	0	Minibüs
					1	0	Otomobil
		2008	2	İki Yönlü	1	0	Otomobil
					1	0	Motosiklet, otomobil
		2009	1	İki Yönlü	7	0	Otomobil, kamyonet
		2011	2	İki Yönlü	1	0	Kamyonet
					2	0	Minibüs, otomobil
		2012	2	İki Yönlü	2	0	Otomobil
					1	0	Kamyonet
		2013	1	İki Yönlü	1	0	Otomobil
		2014	1	İki Yönlü	1	0	Çekici, çekici
		2015	1	Tek Yön	2	0	Otomobil
		2016	4	Tek Yön	1	0	Çekici
				Tek Yön	2	0	Kamyon, otomobil
				Tek Yön	1	0	Otomobil
				İki Yönlü	1	0	Kamyonet
		2017	1	İki Yönlü	1	0	Otomobil

Tablo 3.14. (devamı)

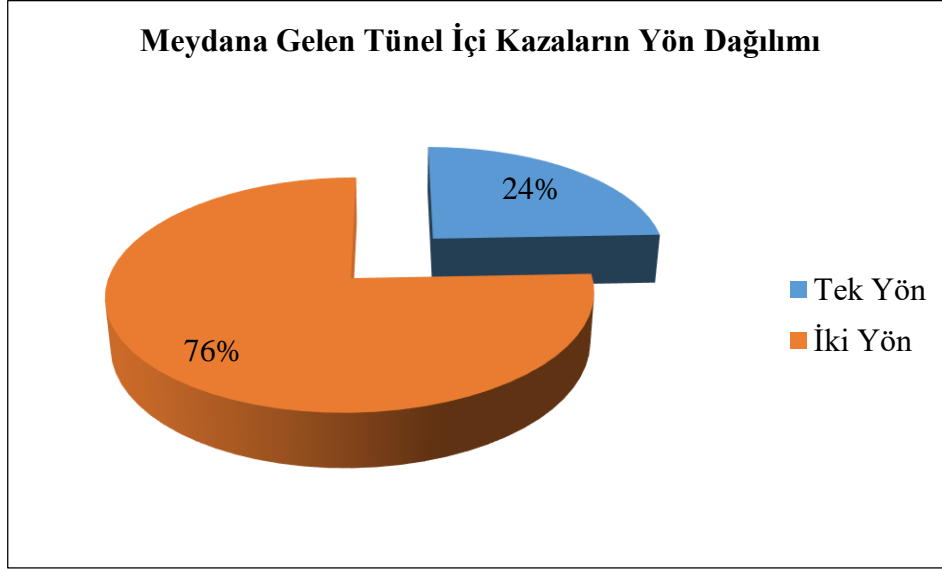
KAZA İLİ	K.K.NO	YIL	KAZA SAYISI	YOLUN TİPİ	YARALI	ÖLÜ	KAZAYA KARIŞAN ARAÇLAR
GÜMÜŞHANE	885-02	2018	3	Tek Yön	1	2	Kamyonet, otomobil
				Tek Yön	2	0	Kamyonet, kamyonet, otomobil
				Tek Yön	1	0	Otomobil

EGM’ den 2005 ve 2018 yılları arasında Trabzon-Gümüşhane karayolu tünellerinde meydana gelen kazalarla ilgili alınan veriler üzerinde yapılan incelemeler sonucu, tablo 3.15 ve şekil 3.21’ de verilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 3.15’ te görüldüğü üzere, Trabzon-Gümüşhane karayolu tünelleri tek ve iki yönlü tüneller olarak karşılaştırıldığında, tek yönlü tünel uzunluğunun iki yönlü tünel uzunluğunun yaklaşık 8 katı olduğu görülmektedir. Şekil 3.21’ de görüldüğü üzere iki yönlü tünellerde meydana gelen kazalar, tek yönlü tünellere göre yaklaşık üç kat daha fazladır. 2005 ve 2018 yılları arası yaşanan 41 tünel kazasının, 31’ i iki yönlü tünellerde, 10’ u ise tek yönlü tünellerde meydana gelmiştir. Çift tüp olarak inşa için gereken kaynakların olmadığı zaman, daha ekonomik olması nedeniyle düşük trafik yoğunluğuna sahip yollarda daha güvenli geçiş sağlamak için (çığ vb. iklim etkisi gibi) yine de tek tüplü iki yönlü bir tünel verimli bir şekilde kullanılabilir (Haack, 2002). Ancak yüksek riskli iki yönlü tünellerde; gerekli önlem ve yaptırımların maksimum seviyede uygulanması hayati öneme sahiptir.

Tablo 3.15. 2005 ve 2018 yılları arasında meydana gelen tünel kazalarının tek ve iki yön karşılaştırması

	Tek Yönlü Tünel	İki Yönlü Tünel
Tünel Sayısı	14	5
Toplam Tüp Uzunluğu (m)	20487	2460
Kaza Sayısı	10	31



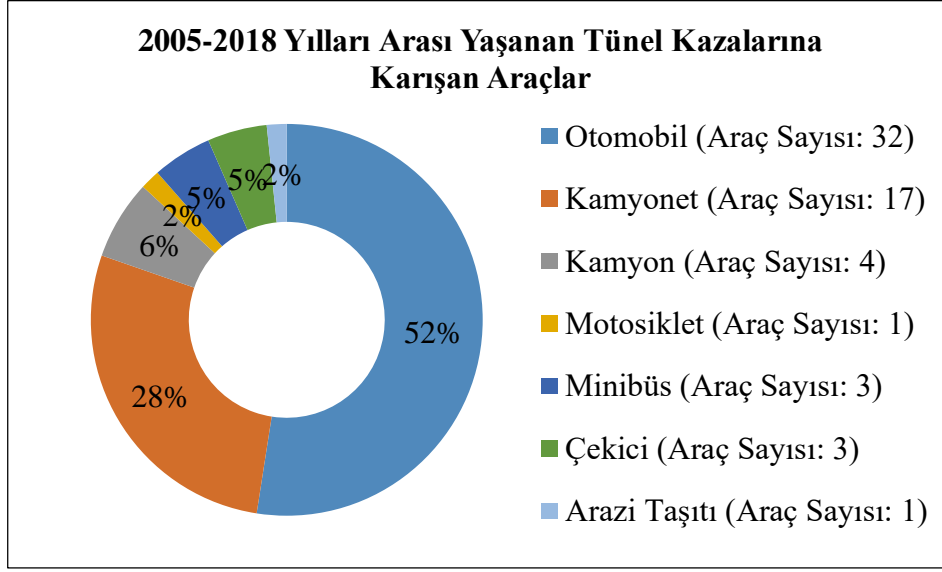
Şekil 3.21. 2005 ve 2018 yılları arasında meydana gelen kazaların tek ve iki yön yüzdesi

Meydana gelen kazalar tek ve iki yönlü tünellerde farklı sebeplerden dolayı yaşanabilmektedir. Tek ve iki yönlü tünellerde yaşanan kazalar, kaza şiddeti açısından farklı özellikler gösterebilmektedir (iki yönlü tünellerde kafa kafaya çarpışma vb.). İki yönlü trafiğe sahip uzun bir tünelin işletilmesine izin verilir/verilmemesi uzun süre tartışma konusu olmuştur. Araştırmacılar şüphesiz, tek yönlü tünellerin; tek yönlü trafiğe sahip olmaları ve iki paralel tüpten dolayı daha iyi kaçış ve kurtarma olanaklarına sahip olmaları nedeniyle, iki yönlü trafiğe sahip tek bir tüpten önemli ölçüde daha düşük bir potansiyel risk oluşturduğunu bildirmişlerdir (Haack 2002). Tablo 3.16’ da tek ve iki yönlü tünellerde meydana gelen kazaların sonucu yaralı ve ölü sayılarının karşılaştırılması görülmektedir.

Tablo 3.16. Tek ve iki yönlü tünellerde meydana gelen kazaların yaralı ve ölü sayısı

Yön Durumu	Yaralı Sayısı	Ölü Sayısı
İki Yönlü	59	0
Tek Yönlü	13	2

2005 ve 2018 yılları arasında meydana gelen tünel kazalarına karışan araç türleri Şekil 3.22’ de verilmiştir. Şekil 3.22’ den de görüleceği üzere söz konusu güzergâhta kazalara, Dai vd. (2010) nin yaptıkları çalışma ile uyumlu olarak en fazla otomobiller, peşine kamyonetler ve üçüncü sırada kamyonlar dâhil olmuştur.



Şekil 3.22. 2005 ve 2018 yılları arasında meydana gelen kazalara karışan araçların dağılımı

4. TARTIŞMA

Artan nüfus, gelişen yol ve tünel yapım teknolojileri ayrıca otomobil endüstrisinde yaşanan gelişmeler tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’ de de tünellerin, yol ağında kullanılmasını artırmıştır. Günümüzde; karayolu ve demiryolu tünellerinin (metro tüneli, kentiçi yeraltı tünelleri ve sualtı tünelleri), trafik baskısını hafifletme avantajından dolayı dünyanın birçok yerinde hızla geliştiğini görmekteyiz (Zhong vd., 2013). Yine tüneller; doğal engelleri aşmada sağladıkları kolaylıklar, olumsuz çevre etkisini minimize etmeleri ve kentsel alanlarda trafik sıkışıklığını azaltmadaki başarıları ile birleşince, hem şehir içi ulaşımında hem de şehirlerarası ulaşımında, modern bir toplumda iyi işleyen ve güvenilir bir karayolu altyapısının önemli bir bileşeni ve ön koşulu haline gelmişlerdir.

Bu kapsamda, bu tez çalışması ile topoğrafik ve zorlu iklim özelliklerinden dolayı çok fazla tünelli geçişin bulunduğu bir güzergâh seçilerek incelenmiştir. Bu amaçla; Türkiye’ nin Trans-Avrupa karayolu ağının yaklaşık 100 km’ lik kısmını kapsayan Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında bulunan 19 adet tünel, Trans-Avrupa minimum güvenlik gereksinimleri doğrultusunda ve tünel güvenliğine etki eden faktörlerce incelenmiştir.

Bölüm 1.5.1’ de tünel geçişlerinde (tünelden geçerken, kaza anında veya yangın esnasında) doğru davranışlar olarak verilen bilgiler ışığında; hayat kurtarıcı olabilecek bu davranış ve kurallar medya (radyo, TV, vb.), otomobil kulüpleri, trafik kulüpleri, EGM, KGM ve devletin ilgili diğer kuruluşları (TRT vb.) tarafından düzenli olarak yayınlanmalıdır. Bu şekilde, tünel kullanıcıları, beklenmedik her durumla yüzleşmek için bilinçlendirilebilir ve eğitilebilir (Haack, 2002).

Anket sonuçları sürücülerin acil durumlar karşısında farklı bilgi, davranış ve hareket eğilimi içerisinde olduğunu göstermiştir. Bu bağlamda güzergâh üzerinde bulunan dinlenme tesisleri, petrol ofisleri, konaklama tesisleri vb. yerlerde bilgilendirme broşürleri ile sürücüler, tünel içerisinde güvenli sürüş ve acil durumlar karşısında bilgilendirilmelidir. Ayrıca sürücülerin ehliyet alma eğitimlerine "karayolu tünel güvenliği ve acil durumlar" adı altında bir başlık ayrılarak sürücüler bilgilendirilip farkındalık oluşturulmalıdır.

Karayolu tünellerinde, trafik akımının güvenli bir şekilde sağlanmasında, meydana gelebilecek olayların takibinde ve koordinesinde güvenlik ekipmanlarının son derece önemli

ve gerekli olduğu görülmüştür. Karayolu tünellerinde ulaşımın güvenli bir şekilde akışını sağlamak ve gerekli bakım onarım işlerinin takibinin yapılabilmesi açısından tünel işletimi oldukça önemlidir. Bu nedenle tünel altyapısının tamamlanması, tünelin ulaşımına açılması anlamına gelmemelidir. Tünel işletim sistemi için gerekli olan donanım teşkil edilmeden tünel ulaşımına açılmamalıdır.

Tünel güvenliği; tünel tefrişatı dışında (acil çıkışlar arasındaki mesafe, mekanik havalandırma sistemlerinin derecelendirmesi, ışıkların montajı, maksimum eğimler, vb.) bir taşıtın durumu ve taşıdığı malın bileşimi için daha katı kontrolleri içeren genel kontrol silsilesini de içermelidir (Haack, 2002). Trabzon-Gümüşhane karayolu güzergâhı, yoğun tünel yapılanması ve kilometreye düşen tüp geçit oranı ile bölgenin en önemli kesimleri arasında yer almaktadır. Bu nedenle ağır taşıt yüzdesi ve tehlikeli madde taşımacılığı gözetilerek risk analiz çalışmaları yapılmalıdır.

Karayolu tünellerinde çeşitli sebeplerden dolayı meydana gelen yangın ve kazalar incelendiğinde, can kayıplarının nedenlerinin, yüksek oranla yangın sonucu oluşan duman ve zehirli gazların olduğu görülmektedir. Bu nedenle, özellikle çok uzun tünellerin (Yeni Zigana Tüneli vb.) üstyapısında kullanılan BSK, petrol türevi ürünler içermesinden dolayı yangın durumlarında duman ve zehirli gaz yayılımında etkin rol oynayacaktır. Uzun tünellerde üstyapının yangına dayanıklı beton veya farklı bir malzeme olarak tasarlanması üzerine araştırmalar ve çalışmalar yapılmalıdır.

Karayolu tünellerinde meydana gelen yangınlarda müdahale süresinin çok önemli olduğu bilinmektedir. Erken müdahale yapılamaması yangının şiddetini artırmakta ve önemli sonuçlar doğurmaktadır. Trabzon-Gümüşhane güzergâhındaki karayolu tünellerinde meydana gelebilecek yangınlara sınırları içerisinde bulunan ilin müdahale edeceği düşünüldüğünde müdahale süresi il uzak sınırlarına yakın tünellere doğru gidildikçe yükselecektir. Bu sebeplerden dolayı trafik yoğunluğu ve tüp geçit uzunluğu göz önünde bulundurularak özellikle Yeni Maçka Tüneli ve yapım aşamasında olan Yeni Zigana Tüneli için acil müdahale ekipleri, tünel yakınlarında oluşturulmalıdır.

Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan 19 adet tünelden sadece Torul, Kürtün Kavşak ve Köprübaşı tünellerinde su ekipmanı teşkil edilmiştir. Su ekipmanı teşkil edilmeyen tünellerde gerekli çalışmalar yapılarak su ekipmanı sağlanmalı bu çalışmalar

tamamlanıncaya kadar geçici çözümler ile tünellerde müdahalelerde kullanılmak üzere su temin edilmelidir.

Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan 19 adet tünelin büyük bir kısmında yangın söndürme tüpleri bulunmamaktadır. Meydana gelebilecek tünel yangınlarında, yanıcı maddenin benzin vb. olması durumunda su ile müdahalede bulunulması yangının daha geniş alana yayılmasına sebep olabilir. Dolayısıyla yangına müdahalede yanıcı maddenin cinsi göz önüne alınarak müdahale bulunulması gerektiğinden, tünellerde su temini yanı sıra belirli aralıklar ile yangın söndürme tüpleri yerleştirilmelidir.

Gümüşhane Belediyesi İtfaiye Müdürlüğü ile yapılan sözlü görüşmede, tünellerde olası kaza ve yangınlar için tatbikat yapılmadığı belirtilmiştir. Özellikle tünel yangınlarında, müdahale hızı ve şekli, yangının kontrol altına alınmasında önemli bir faktör olduğu görülmüştür. Dolayısıyla itfaiye ekiplerinin belirli aralıklar ile tünellerde tatbikatlar yapması önerilmektedir.

Trabzon-Gümüşhane karayolu tünellerinde meydana gelen kaza olaylarına ilk müdahale AFAD ekipleri tarafından yapılmakta ancak AFAD ekiplerinin yetersiz kaldığı durumlarda itfaiye ekipleri tarafından da müdahaleler gerçekleştirilmektedir. Gerçekleşen kazaların tünel yangınlarına sebep olabileceği ve bu durumun yangına müdahale süresini geciktirebileceği gerçeği ile müdahale sırasında itfaiye ekipleri hazır halde bulundurulmalıdır.

AFAD (2018) tehlikeli madde taşımacılığına yönelik risk haritaları oluşturmaya başlamış ve ilk olarak Ege Bölgesinde pilot çalışma 2017 yılında tamamlanmıştır. En kısa sürede, tüm ülkeyi özellikle tünelleri kapsayan haritaların oluşturulması çok önemli görülmektedir (URL-25, 2021).

Çift veya çok tüplü tünellerde tünel giriş ve çıkış portalları önünde acil durumlarda tüpler arasında geçişi mümkün kılmak için refüj geçişleri teşkil edilmektedir. Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan ve refüj geçişi bulunan şekil 4.1 a ve b' de verilen Yeni Maçka Tüneli gibi bazı tünellerde refüj geçişleri new jersey veya bariyerler ile kapatılmış durumdadır. Acil durumlarda müdahale ekiplerinin tüpler arasında geçişini mümkün kılmak için bu engellerin kaldırılması gerekmektedir.



Şekil 4.1. Yeni Maçka Tünelinde New jersey ile kapalı refüj geçidi (a) ve bağlantı yolları (b)

Meydana gelen kazalar; KGM ve EGM tarafından koordineli bir şekilde ele alınarak incelenmelidir. Kazaların, tünelin hangi bölgesinde (eşik, geçiş, iç, çıkış ve dış) olduğu, kaza oluş nedenleri (arkadan çarpma, aşırı hız, alkollü sürücü vb.), etken sebep/sebepler arasında tünel altyapısı ve işletiminin olup olmadığı vb. bilgiler kayıt altına alınmalıdır. Bu sayede meydana gelen kazalar üzerinde daha ayrıntılı çalışmalar yapılarak; kazalara neden olan faktörler belirlenip, kazaların önlenmesi veya azaltılması sağlanabilir.

Tünellerde teşkil edilen drenaj sistemleri, yaşanabilecek kazalarda araç yakıt depoları veya taşınan tehlikeli maddelerin drene edilmesini de sağlamaktadır. Bu nedenle drenaj sisteminin boşaltıldığı kesimlerde maksimum drenaj debisini karşılayabilecek boyutlarda kuyular teşkil edilmelidir. Bu sayede bu tehlikeli maddelerin çevresel zararları en aza indirilmiş olacaktır. Trabzon-Gümüşhane karayolunda birçok tünellin drenaj sistemleri dere yatağına boşaltılmaktadır. Bu durum, tehlikeli ve kimyasal madde taşıyan araç kazalarında bu maddelerin dere yatağına karışmasına, dolayısıyla çevresel zararlara sebebiyet verebilir.

Çift tüplü tünellerde yangın vb. durumlarda açığa çıkan dumanın, tüpler arasında geçişinin önüne geçmek için bağlantı yolları açılır-kapanır kapılarla kapatılmalıdır. Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan ve tüpler arasında duman geçişi kısıtlanmamış olan Şehit Eren Bülbül, Yeni Maçka ve Torul tünellerin bağlantı yolları açılır-kapanır kapılarla kapatılmalıdır.

Tünellerde aydınlatma, sürücünün aydınlıktan karanlığa ve karanlıktan aydınlığa geçişindeki adaptasyonunu sağlamak için kademeli olarak yapılmaktadır. Tünel işletiminde

kademeli aydınlatmaya önem verilmeli, enerji tasarrufu vb. sebepler gözetilerek aydınlatmaya müdahalede bulunulmamalıdır.

Karayolu tünel girişlerinde olası yangın ve trafik kazası gibi acil durumlarda tünelin trafiğe kapalı olduğunu belirten VTS (değişken trafik işaretleri) ve trafik ışıkları kullanılabilir. Bu iki sistemin aynı anda kullanıldığı durumlar, sistemler arası çakışmaların yaşanabilmesine sebebiyet verecektir. Yani VTS tünelin kapalı olduğunu işaret ederken, yeşil trafik lambasının yanması tünelin trafiğe açık olduğunu gösterebilir. Bu durumda sürücü ikilemde kalabilir. Dolayısıyla bu iki sistemden yalnızca bir tanesinin sorunsuzca çalıştırılması ile bu karmaşıklığın önüne geçilebilir.

Zigana Tünelinde, Trabzon-Gümüşhane istikametinde tünel çıkışında ani kurba girilmesi (Şekil 4.2) özellikle de buzlanmanın sıkça yaşandığı kış aylarında kaza riskini artırmaktadır. Bu duruma karşı sürücüler daha dikkat çekici levha ve işaretlerle uyarılmalıdır.



Şekil 4.2. Zigana tüneli Gümüşhane istikameti çıkış portalında bulunan kurplu kesim

Yapılan anket çalışması sonucunda, bazı sürücülerin tünel güvenlik donanımlarının farkında olmadığı ve bazı sürücülerin de farkında olmasına rağmen ne amaçla kullanıldığını bilmedikleri görülmüştür. Bu bağlamda güvenlik donanımlarının, sürücüler tarafında fark edilmesi için daha fazla dikkat çekici hale getirilmesi ve bu donanımların ne amaçla kullanıldığı konusunda bilgilendirici çalışmalar yapılması gerekmektedir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Tez çalışmasında, Türkiye’ de yoğun tünelli geçişleri bünyesinde barındıran (19 adet tünel) ve Trans-Avrupa Karayolu Ağının yaklaşık 100 km’ lik kısmını oluşturan Trabzon-Gümüşhane karayolu güzergâhı, Trans-Avrupa minimum güvenlik gereksinimleri doğrultusunda ve tünel güvenliğine etki eden faktörlerce incelenmiştir. Ayrıca söz konusu güzergâhı kullanan sürücülerin düşünce, bilgi ve davranışları anket çalışması ve farklı olası kaza senaryoları altında incelenmiştir.

1. Tünellerden tehlikeli madde taşımacılığının kısıtlanması, yangın güvenliği açısından önemli bulunmuştur. Avrupa’ nın en uzun tüneli olacak Yeni Zigana Tüneli’ nin ulaşım kazandırılması, söz konusu güzergâhı, tehlikeli madde taşımacılığı ve tünel güvenliği açısından daha da önemli hale getirecektir. Bu tünel için özellikle dikkat edilmesi gerektiği görülmüştür.

2. Tez kapsamında; yangın açısından riskli görülen (uzunluğu ≥ 1000 m) tüneller için alternatif güzergâhlar belirlenmiştir. Şehit Eren Bülbül Tüneli için şekil 3.2-3.3’ de, Yeni Maçka Tüneli için şekil 3.4’ te, Zigana Tüneli için şekil 3.5-3.6’ da, Torul Tüneli için şekil 3.8-3.9’ da verilen güzergâhlar, tehlikeli madde taşımacılığı için önerilen alternatif güzergâhlar olarak belirlenmiştir.

3. Bu çalışma kapsamında 491 adet anket yapılmış ve 447 anket değerlendirmeye alınmıştır. Gruplar üzerinde faktör ve güvenilirlik analizleri yapılarak kullanılan ölçeğin güvenilirliği araştırılmıştır. Ki Kare ve Bartlett testleri yapılarak bağımsız değişkenler (cinsiyet, meslek, eğitim, yaş, güzergâh kullanım sıklığı) ile bağımlı değişkenler (katılımcıların acil durumlar karşısında ki bilgi, davranış ve hareket etme kabiliyetlerini ölçmeye yönelik hazırlanan anket soruları) arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. En önemlileri olarak;

- a. Tünel kullanım sıklığının artması ile aşinalığın arttığı ve tünel geçişlerinde araç hızı düşürme oranının azaldığı,
- b. Cinsiyet ile tünel geçişlerinde yaşanan tedirginlik hissi arasında, anlamlı bir ilişki olduğu, kadınların erkeklere kıyasla daha fazla tedirginlik hissettiği,
- c. Literatüre de uygun olarak kullanıcıların en çok açık karayolundan (aydınlıktan) tünele (karanlığa) geçişlerde görüş problemi yaşadığı,

- d. Kullanıcıların; daha güvende hissetmek için tünel aydınlatmasında kullanılacak ışık rengi olarak beyazı seçtiği,
- e. Tünelde yaşanacak acil bir durum karşısında, aracı terk etme ile cinsiyet arasında anlamlı bir ilişki olduğu ve kadınların daha yüksek oranlarda aracı bırakarak tüneli terk etme eğiliminde oldukları,
- f. Eğitim düzeyi arttıkça tünelde acil durum ve normal sürüş anlarında doğru hareket etme arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu,
- g. Tünelde yaşanacak kazalar karşısındaki hareket etme şeklinin cinsiyete göre farklılık gösterdiği bulunmuştur.

4. Trabzon-Gümüşhane karayolunun D 885-02 nolu kontrol kesiminde bulunan Kürtün Kavşak, Köprübaşı ve Torul tünelleri tek bir alt kontrol merkezine sahiptir. Bu tünellere ait ana kontrol merkezi 101. Şube Şefliği bünyesinde yer almaktadır. Özellikle tüp geçit uzunluğu ve YOGT sayısı göz önünde bulundurulduğunda Şehit Eren Bülbül, Yeni Maçka, T1 ve T2 tünellerine ait tünel kontrol merkezi ve/veya merkezleri kurulmalıdır.

5. Trabzon-Gümüşhane karayolunun D 885-01 nolu kontrol kesim noktası ve 31+360 km' sinde yer alan Bağışlı tünelinin aydınlatması (Şekil 5.1a) oldukça yetersiz bulunmuştur. Bu durum; özellikle aydınlıktan karanlığa geçişlerde adaptasyon süresini uzatmakta ve bu süre zarfında sürücülerin, tünel içerisinde bulunabilecek araç ve cisimleri görememesine neden olmaktadır. Ayrıca söz konusu tünelinin Trabzon istikametinde tünel çıkışına (Şekil 5.1b) güneş ışıklarının geç düştüğü dolayısıyla kış aylarında oluşan gizli buzlanmanın, kazalara neden olabileceği bu durumun önlenmesi amacıyla otomatik buz önleme sisteminin kurulması gerektiği düşünülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 5.1 Bağışlı tüneli aydınlatma (a) ve Trabzon istikameti giriş portalı (b)

6. Gümüşhane Belediyesi İtfaiye Müdürlüğü ile yapılan sözlü görüşmede tüneller için hazırlanan acil durum senaryolarının itfaiye ile paylaşılmadığı, 101. Şube Şefliği ile yapılan sözlü görüşmede ise tünel konumlarının birbirine yakın olması sebebi ile acil durum senaryosunun tüm tünelleri kapsayacak şekilde hazırlandığı belirtilmiştir. Hazırlanan acil durum senaryosunun tünel bazına indirgenerek her bir tünel için uygun olan senaryolar belirlenmeli ve hazırlanan acil durum senaryoları itfaiye ekipleri ile paylaşılmalıdır.

7. 2005 ve 2018 yılları arasındaki Trabzon-Gümüşhane karayolu tünellerinde meydana gelen kazalar incelenmiştir. Bu incelemeler sonucu; literatüre de uygun olarak, iki yönlü tünellerde tek yönlü tünellere göre yaklaşık üç kat daha fazla kazanın meydana geldiği bulunmuştur. Ayrıca tünellerde meydana gelen kazalara en fazla otomobil ve kamyonetlerin dâhil olduğu belirlenmiştir.

8. Bu çalışmada; Trabzon-Gümüşhane karayolundaki tünellerde meydana gelen kazalarla ilgili, faydalı olacağını düşündüğümüz birçok veri (kazanın hangi tünelde gerçekleştiği, tünelin hangi bölgesinde gerçekleştiği ve kazanın oluş nedenleri gibi) maalesef EGM veri tabanından elde edilememiştir.

9. Yapımı tamamlanmak üzeri olan Yeni Zigana Tüneli, iki komşu il olan Trabzon ve Gümüşhane sınırları içerisinde bulunmaktadır. Dolayısı ile acil durum müdahaleleri esnasında yaşanabilecek kargaşanın önüne geçebilmek adına sadece bu tünelden sorumlu birimler oluşturulmalı ve hazır tutulmalıdır.

10. Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan 19 adet tünelin azami hız sınırı 50, 60 ve 70 km/s arasında değişiklik göstermektedir. Fakat yapılan incelemeler neticesinde bu azami hız değerlerinin çok üzerinde bir trafik hızının olduğu görülmüştür. Bu nedenden dolayı sürücülerin hız sınırlarına uymasında etkili olabilecek denetim mekanizmaları (radar vb.) yerleştirilmeli ve/veya denetimler sıklaştırılmalıdır. Buna ek olarak koridor hızı ihlal tespit sistemleri, tünel yaklaşım bölgelerine belirli mesafelerde yerleştirilerek sürücülere hızlarının yüksek olduğu bilgisi verilerek/uyarılarak farkındalık artırılmalıdır.

11. Trabzon-Gümüşhane karayolu yol-yapım çalışmaları sebebiyle artan ağır taşıt oranı kaza riskini artırmaktadır. Dolayısı ile ağır taşıtların tek yönlü çift şeridi olan tünellerde, sol şeridi kullanmaları ve sollama yapmaları bu süre zarfında yasaklanmalıdır.

12. Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan, Şekil 5.2' de verilen ve izleme sistemi bulunmayan tüneller (Şehit Eren Bülbül (a), Yeni Maçka (b), T1-T2 Maçka (c), Zigana (d) ve Bağışlı tünelleri (Şekil 5.1a)) izleme sistemleri ile donatılmalı ve acil

durum senaryoları hazırlanmalıdır. Acil durum senaryoları ile ekipler eğitilerek, gerçek zamanlı tatbikatlar gerçekleştirilmelidir.



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 5.2. Trabzon-Gümüşhane karayolu ulaşımında kullanılan izleme sistemi bulunmayan tüneller

13. Yaşanabilecek tünel kazalarına karşı alınabilecek en iyi önlem sürücülerden kaynaklanan kaza kusurlarını en aza indirmektir. Bu doğrultuda, sürücü eğitimi ile ilgili müfredata, tünel güvenliği başlığı altında bir konu eklenmeli ve sürücü belgesi sınavlarında da gereken hassasiyet gösterilmelidir.

14-Yaptığımız bu çalışmanın, son yıllarda giderek artan tünelli geçişlere sahip yollar için hem KGM' ne hem de yerel belediyelere yol göstereceğini için ışık tutacağı ve özellikle Kuzey-Güney Anadolu aksında çok sık karşılaşılan tüneller için örnek bir uygulama olacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Amundsen, F.H., 1994. Studies of driver behaviour in Norwegian road tunnels, Tunnelling and Underground Space Technology, 9 (1), 9–15.
- Amundsen, F. H. ve Ranes, G., 2000. Studies on traffic accidents in Norwegian road tunnels, Tunnelling and Underground Space Technology, 15, 3-11.
- Amundsen, F.H. ve Engelbrektsen, A., 2009. Studies on Norwegian Road Tunnels II. An Analysis on Traffic Accidents in Road Tunnels 2001–2006, Vegdirektoratet, Roads and Traffic Department, Traffic Safety Section, Oslo.
- Aydin, M.M. ve Çoruh, E., 2018. Tünel İnşaatlarının Taşıt Hareketleri ve Yol Güvenliği Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması: Yeni Zigana Tüneli Örneği, Karayolu 4. Ulusal Kongresi, 67-80, Ankara-Türkiye.
- Beard, A.N., 2010. Tunnel safety, risk assessment and decision-making, Tunn Undergr Space Technol, 25(1), 91–94.
- Boer, L.C., 2002. Behaviour by motorists on evacuation of a tunnel, TNO Report TM-02-C134, Soesterberg, 19-54.
- Boer, L.C., 2003. Behavior of drivers during tunnel evacuation, (Re)Claiming the Underground Space, 2, 213–217.
- Boer, L. C. ve Wijngaarden, J.V., 2004. Directional sound evacuation from smoke-filled tunnels, First International Symposium, Netherlands, Prague.
- Burns, P.L., Stevens, G., Sandy, K., Dix, A. ve Rapkael B., 2013. Human behaviour during an evacuation scenario in the Sydney Harbour Tunnel, Disaster Resilient Australia: Get Ready, Australian Journal of Emergency Management, 28(1), 20-27.
- Cantin, V., Lavalliere, M., Simoneau, M. ve Teasdale, N., 2009. Mental workload when driving in a simulator: Effects of age and driving complexity, Accident Analysis and Prevention, 41, 763-771.
- Carvel, R. ve Marlair, G., 2005. A history of fire incidents in tunnels, In: Beard, A.N., Marlair, G. (Eds.), The Handbook of Tunnel Fire Safety, Thomas Telford Limited, London, 3–41.
- Calvi, A. ve De Blasiis, M. R., 2011. How Long is Really a Road Tunnel? Application of Driving Simulator for the Evaluation of the Effects of Highway Tunnel on Driving Performance, 6th International Conference 'TRAFFIC AND SAFETY IN ROAD TUNNELS', Hamburg.
- Calvi, A., Blasiis, M.R.D. ve Guattari, C., 2012. An empirical study of the effects of road tunnel on driving performance, Procedia, 53, 1098–1108.

- Calvi, A. ve D'Amico F., 2013. A study of the effects of road tunnel on driver behaviour and road safety using driving simülator, Advances in Transportation Studies an international Journal, 30(30), 59-76.
- CIE, 2004. Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses, CIE (International Commission on Illumination), Vienna, Austria.
- Çoruh, E., Aydın, M.M. ve Öztürk, Ö.F., 2018., Gümüşhane Şehiriçi Yol Ağlarının Afet Durumu için Tahliye Performanslarının İrdelenmesi ve En Etkif Tahliye Güzergâhlarının Belirlenmesi, 1.Uluslar Arası Afet Yönetmeliği Kongresi, Gümüşhane-Türkiye.
- Çubuk, M.K., Öztürk, E.A. ve Sinoplu, M.Z., 2007. Türkiye'deki Karayolu Tünellerinde Trafik Güvenliği, Teknik Dergi, 19(93), 4471-4486.
- Dai, Y., An,C. ve Liao, Z., 2010. Characteristics of Highway Tunnel accidents, Computer and Communications, 28(2), 101-106.
- De Lathauwer, W., 2006. Safety in Road Tunnels: Should We Educate The User To The Tunnel? or Adapt The Tunnel To The User in Panic?, 3rd International Conference 'Tunnel Safety and Ventilation' 2006, Graz.
- E. Çakır, 2020. Sözlü görüşme, Karayolları 101. Şube Şefliği, Gümüşhane, ertan81@gmail.com
- Flø, M. ve Jenssen, G.D., 2007. Drivers' perception of long tunnels, In: Proceedings of the 4th International Conference—Traffic and Safety in Road Tunnels, Hamburg, Germany, 25–27.
- Frantzich, H. ve Nilsson, D., 2004. Evacuation experiments in a smoke filled tunnel, In: Human Behaviour in Fire, Proceedings of the Third International Symposium, Belfast, UK, pp. 229–238.
- Frantzich, H., Nilsson, D., Kecklund, L., Andreze'n, I. ve Petterson, S., 2007. Evacuationexperiment in the Go'ta tunnel, Report 3140, Lund, Department of Fire SafetyEngineering, Lund University.
- Haack, A., 2002. Current safety issues in traffic tunnels, Tunnelling andUnderground Space Technology, 17 (2), 117–127.
- Harbluk, J. L., Noy, Y. I., Trbovich, P. L. ve Eizenman, M., 2007. An on-road assessment of cognitive distraction: Impacts on drivers' visual behavior and braking performance, Accident Analysis and Prevention, 39, 372-379.
- Hietaniemi, J., Kallonen, J. ve Mikkola, E., 1999. Burning characteristics of selected substances: production of heat smoke and chemical species, Fire Mater, 23, 171–185.
- Hu, Y.Q., Liu, H.X. ve Zhu, T., 2019. Influence of spatial visual conditions in tunnel on driver behavior: Considering the route familiarity of drivers, Adv. Mech. Eng., 11, 1–9.

- Jenssen, G.D., 1999. Evaluation of interior design in the world's longest road tunnel, In: First International Conference: Long Road and Rail Tunnels, Basel, Switzerland.
- Kecklund, L., Andreze'n, I., Petterson, S., Frantzich, H. ve Nilsson, D., 2007. Safety formotorists in road tunnels (title translated from Swedish), Report 1:2007, Stockholm, MTO Psychology.
- Kircher, K. ve Ahlstrom, C., 2012. The impact of tunnel design and lighting on the performance of attentive and visually distracted drivers, Accident Analysis Prevention, 47, 153-161.
- Kirkland, C.J., 2002. The fire in the channel tunnel, Tunnelling and Underground Space Technology, 17 (2), 129-132.
- Kinateder, M., Pauli, P., Müller, M., Krieger, J., Heimbecher, F., Rönnau, I., vd., 2013. Human behavior in severe tunnel accidents: Effects of information and behavioral training, Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior, 17, 20-32.
- Kvaale, J. ve Lotsberg, G., 2001. Measures against monotony and phobia in the 24.5 km long Laerdal tunnel in Norway. In: Krokeborg, J. (Ed.), Strait Crossings 2001: Proceedings of the Fourth Symposium on Strait Crossings, Bergen, Norway. Swets & Zeitlinger B.V., Lisse, The Netherlands.
- Lee, Y. C., Lee, J. D. ve Boyle, L. N., 2007. Visual attention in driving: The effects of cognitive load and visual disruption, Human Factors, 49, 721-733.
- Leitner, A., 2001. The fire catastrophe in the Tauern tunnel: experience and conclusions for the Austrian guidelines, Tunnelling and Underground Space Technology, 16 (3), 217-223.
- Lemke, K., 2000. Road safety in tunnels, Transportation Research Record, 1740(1740), 170-174.
- Liang B., He S., Tahkamö L., Tetri E., Cui L., Dangol R. ve Halonen L., 2019. Lighting for road tunnels: The influence of CCT of light sources on reaction time. <https://research.aalto.fi/en/publications/lighting-for-road-tunnels-the-influence-of-cct-of-light-sources-o>.
- Liu, H.Y., 2005. Desing Criteria For Tunnel Lighting. <http://eng-gate.net/content/uploads/2015/07/7810144939269.pdf>.
- Ma, Z. L., Shao, C. F. ve Zhang, S. R., 2009. Characteristics of traffic accidents in Chinese freeway tunnels, Tunnelling and Underground Space Technology, 24, 350-355.
- Manser, M.P. ve Hancock, P.A., 2007. The influence of perceptual speed regulation on speed perception, choice, and control: tunnel wall characteristics and influences, Accident Analysis & Prevention, 39(1), 69-78.
- Manseer, M. ve Riener, A., 2014. Evaluation of driver stress while transiting road tunnels, In: Proceedings of the 6th adjunct international conference on automotive user interfaces and interactive vehicular applications, Seattle, WA, 17 September 2014, pp.177-182. New York: ACM Press.

- Mashimo, H., 2002. State of the road tunnel safety technology in Japan, Tunnelling and Underground Space Technology, 17 (2), 145–152.
- M. Aydın, 2020. Sözlü görüşme, Gümüşhane Belediyesi, İtfaiye Müdürlüğü, Gümüşhane, gumushanebelediyesiitfaiyesi@gmail.com
- Nilsson, D., Frantzich, H. ve Saundres, W., 2005. Coloured flashing lights to mark emergency exits—experiences from evacuation experiments, in: *Fire Safety Science—Proceedings of the Eighth International Symposium*, 2005, pp. 569–579.
- Nilsson, D., Johansson, M. ve Frantzich, H., 2009. Evacuation experiment in a road tunnel: a study of human behaviour and technical installations, Fire Saf J, 44(4), 458–468.
- Ntzeremes, P. ve Kirytopoulos, K., 2018. Exploring the effect of national policies on the safety level of tunnels that belong to the trans-European road network: a comparative analysis, Int. J. Critical Infrastructures, 14(1), 40-58.
- Ntzeremes, P. ve Kirytopoulos, K., 2019. Evaluating the role of risk assessment for road tunnel fire safety: A comparative review within the EU, Journal of Traffic and Transportation Engineering, 6(3), 282-296.
- Nussbaumer, C. ve Nitsche P., 2008. Safety In Tunnels On Motor-And Expressways, Department of Transport and Mobility Austrian Road Safety Board, International Conference ‘Tunnel Safety and Vantilation’, Austrian.
- Oka, Y., Oka, H. ve Imazeki, O., 2016. Ceiling-jet thickness and vertical distribution along flat ceilinged horizontal tunnel with natural ventilation, Tunnelling and Underground Space Technology, 53, 68-77.
- Purser, D., 2009. Application of human behaviour and toxic hazard analysis to the validation of CFD modelling for the Mont Blanc Tunnel fire incident, In: *Proceedings of the Fire Protection and Life Safety in Buildings and Transportation Systems Workshop*, Santander, Spain, pp. 23–57.
- Recarte, M. A. ve Nunes, L., 2002. Mental load and loss of control over speed in real driving, Towards a theory of attentional speed control, Transportation Research Part F-Traffic Psychology and Behaviour, 5, 111-122.
- Robatsch, K. ve Nussbaumer, C., 2004. Tunnels mit Gegenverkehr und Richtungsverkehr/ tunnels with uni- and bi-directional traffic, Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr, Wien.
- Ronchi, E. ve Kinsey, M., 2012. Evacuation models of the future. Insights from an online survey on user’s experiences and needs, In: Capote J et al. (eds) *Advanced research workshop evacuation and human behaviour in emergency situations EVAC11*, Santander, pp 145–155.
- Sime, J.D., 1985. Movement towards the familiar—person and place affiliation in a fire entrapment setting, Environ. Behav., 17(6), 697-724.

- Sinoplu, M.Z., 2007. Avrupa Birliği Karayolu Tünelleri İle Türkiye Karayolu Tünellerinin T nel Güvenliği Açısından Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 103s.
- Stinchcombe, A. ve Gagnon, S., 2010. Driving in dangerous territory: Complexity and road-characteristics influence attentional demand, Transportation Research Part F-Traffic Psychology and Behaviour, 13, 388-396.
- Teke, N., 2012. Tünellerde Avrupa Birliği Standartları ve Kağıthane Piyalepaşa Tüneli, Yüksek Lisans Tezi, Bah eşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 117s.
- TRANS/AC.7/9, 2001. Recommendations of The Group of Experts On Safety In Road Tunnels Final Report, Economic Commission For Europe Inland Transport Committee.
- T nel İşletme Y netmeliği, 2015. T.C. Resmi Gazete, Sayı: 29435, 4 Ağustos 2015.
- URL–1, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/08/20150804-10.htm>. 2 Kasım2020.
- URL–2, https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/strategies/doc/2011_white_paper/white-paper-illustrated-brochure_en.pdf. 26 Kasım 2020.
- URL–3, <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/779428>. 10 Mart 2020.
- URL–4, <http://www.mfa.gov.tr/data/Kutuphane/yayinlar/EkonomikSorunlarDergisi/Sayi34/sevincyaman.pdf>. 21 Nisan 2020.
- URL–5, <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Projeler/UluslararasıProjeler/Tem.a.spx>. 8 Ocak 2020.
- URL–6, <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Projeler/UluslararasıProjeler/Tem.a.spx>. 25 Mart 2020.
- URL–7, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32004L0054>. 28 Mart 2020.
- URL–8, https://cdn-uym.ibb.gov.tr/cdn/uym/documents/file/TKM_Photos/10-8ebc2036-4888-47af-a09b-824cd6449164.jpg. 10 Haziran 2020.
- URL–9, <https://www.aydinlatma.org/wp-content/uploads/2017/11/Avrasya-Tuneli-Mavi-Isik-Aydinlatma-642x320.jpg>. 24 Haziran 2020.
- URL–10, https://cdn-uym.ibb.gov.tr/cdn/uym/documents/file/TKM_Photos/13-fb0ab8f2-6eab-4229-bc18-0368bd6b3d11.jpg. 10 Mayıs 2020.
- URL–11, <http://www.provent.gen.tr/jetfanlihavalandirma/>. 20 Temmuz 2020.
- URL–12, <https://www.meteksanmts.com/wp-content/uploads/2016/11/SOS-Ana-Pano2-1024x768.jpg>. 17 Eylül 2020.
- URL–13, <https://docplayer.biz.tr/docs-images/20/464454/images/15-0.png>. 23 Eylül 2020.
- URL–14, <https://www.photometer.com/en/RoadTunnel/>. 25 Ekim 2020.

- URL–15, https%3A%2F%2Fuym.ibt.gov.tr%2Fhizmetler%2Ftrafik-yonetim-sistemleri&psig=AOvVaw1Y_7EO_qVNg3tnCJ3JKXa7&ust=1611994721167000&source=images&cd=vfe&ved=2ahUKEwidjpO32sDuAhWQPOwKHZ4UAGAQjRx6BAgAEAc. 28 Ekim 2020.
- URL–16, <http://www.rasttasarim.com/wp-content/uploads/2018/07/trabzon-tunel-kontrol-merkezi-2-772x572.jpg>. 20 Eylül 2020.
- URL–17, http://www.beyq1718.com/upLoad/product/month_1704/201704271118585799.jpg. 9 Mart 2020.
- URL–18, <https://tunnelsmanual.piar.org/sites/tunnelsmanual/files/public/wysiwyg/import/3.%20Equipment%20and%20systems/3.2%20Traffic%20management/Page%203.2.5%20Fig.%202.jpg>. 15 Eylül 2020.
- URL–19, <http://absalarm.com.tr/v2/?p=200>. 1 Nisan 2020.
- URL–20, https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/projects_sources/safet_d2.pdf. 4 Eylül 2020.
- URL–21, <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/01tunnelse.pdf>. 2 Kasım 2020.
- URL–22, <http://www.tmgdakademi.com.tr/turkiyede-tehlikeli-maddelerin-gecisine-izin-verilmeyen-otoyol-tunelleri/>. 10 Mayıs 2020.
- URL–23, https://lh3.googleusercontent.com/proxy/K0nL6f62IYnjRfyaFIGH-EsW63y1JBZ33zbooQBURaS4Jq9IVQcNhjTb_HL5dqFHzSszVlkvkNwf9VTpSqFp4f44ThMTfq1UAZsCY1KS-0hwSQ_CXqeQ. 15 Haziran 2020.
- URL–24, <https://lh3.googleusercontent.com/OB7mWZqP1kqC2DgYXzfsDJlo361aNY0VWCqzcn03DBegLMOxSKOyqy1JVdcIVLcTJiv7Q=s113>. 15 Ocak 2021.
- URL–25, <https://www.afad.gov.tr/tehlikeli-madde-tasimaciligina-yonelik-risk-haritalari>. 8 Şubat 2021.
- URL–26, <https://www.uab.gov.tr/uploads/pages/bakanlik-yayinlari/ulasan-ve-erisen-turkiye-2018.pdf>. 14 Mayıs 2020.
- Ünal, A.İ., 2015. Türkiye Karayolları Tünellerinin Tarihçesi ve Tünel Güvenlik Kriterleri, 1ytmk-Yükksel Proje-Emay-Chodai J.V, Yalova.
- Vianello, C., Fabiano, B., Palazzi, E. ve Maschio, G., 2012. Experimental study on thermal and toxic hazards connected to fire scenarios in road tunnels, J. Loss Prev. Process Ind., 25(4), 718–729.
- Yan, W., Kong, LQ., Guo., ZY. vd., 2008. Alignment design at tunnel entrance and exit zone based on operating safety, J Highw Transp Res Dev Chin Ed., 25, 134–138.
- Yeung, J.S., Wong, Y.D. ve Xu, H., 2013. Driver perspectives of open and tunnel expressways, J. Environ. Psychol., 36(0), 248–256.

- Yao, W., Zhang, J., Nadjai, A., Beji, T. ve Delichatsios, M.A., 2011. A global soot model developed for fires: validation in laminar flames and application in turbulent pool fires, Fire Safety J., 46(7), 371–387.
- Yao, W., Zhang, J., Nadjai, A., Beji, T. ve Delichatsios, M.A., 2012. Development and validation of a global soot model in turbulent jet flames, Combust. Sci. Technol., 184, 717–733.
- Zhao, E.Z., Dong, L.L., Chen, Y., Lou, Q. ve Xu, W.H., 2020. The Impact of LED Color Rendering on the Dark Adaptation of Human Eyes at Tunnel Entrances, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7084632/>.
- Wei, L., Xu, J., Jia, X., Zhang, X. ve Li, H., 2018. Effects of safety facilities on driver distance perception in expressway tunnels, J. Adv. Transp., 1, 1-10.
- Wenga J., Dua F., Hua Y. ve Caia X., 2017. Dark Adaptation Time Study on Road Tunnel Daytime Lighting Based on Visual Performance Method, Chemical Engineering Transactions, 59, 691-696
- 2004/54/EC Sayılı Direktif, 2009. Trans-Avrupa Karayolu Ağı Üzerindeki Tüneller İçin Minimum Güvenlik Gereksinimleri, Avrupa Parlamentosu ve Konseyi. <https://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32004L0054>.

7. EKLER

Ek-1: Avrupa Parlementosu ve Konseyi'nin, 2004 Tarihli 2004/54/EC Sayılı Direktifi
(<https://drive.google.com/file/d/1VXtpQQnkS5zSmzoDnwe6k1aBvhsMYwHh/view?usp=sharing>)

Ek-2: Anket

Karayolu Tünellerinde Sürücü Davranışı ve Acil Durumlar (Trafik Kazası, Yangın vb.) Karşısında Sürücülerin Bilgi ve Güvenli Hareket Etme Kabiliyetlerini Ölçmeye Yönelik Anket

Bu anket çalışmasında karayolu tünellerini kullanan sürücülerin, karayolu tünel geçişlerinde ki davranışlarını ve karşılaşılabilecekleri herhangi bir trafik kazası veya tünel yangını durumu karşısında ki bilgi ve hareket etme kabiliyetlerini ölçmek amaçlanmıştır. Sizin vereceğiniz cevaplar ışığında karayolu tünel güvenliğini etkileyen faktörlerden birisi olan sürücülerin duyu-duşunçe ve davranış biçimleri ile bilgi seviyeleri ölçölmeye çalışılacaktır. Her soruya bir cevap verilecektir, katkılarınız için teşekkür ederiz.

Burak KOÇHAN

S1. Cinsiyetiniz

1. () Kadın
2. () Erkek

S2. Yaşınız

1. () 18-30
2. () 31-45
3. () 46-65
4. () 65 üstü

S3. Eğitim durumunuz (En son bitirdiğiniz okul)

1. () İlkokul
2. () Ortaokul
3. () Lise
4. () Yüksekokul
5. () Üniversite

S4. Mesleğiniz

1. () Öğrenci
2. () Memur
3. () Özel sektör
4. () Emekli
5. () Diğer (ev hanımı vb.)

Ek-2' in devamı

S5. Aracınız ile sürüş halinde iken karayolu tünel girişine yaklaştığınızda tedirginlik hissediyor musunuz?

1. () Kesinlikle hissetmiyorum
2. () Hissetmiyorum
3. () Kararsızım
4. () Hissediyorum
5. () Kesinlikle hissediyorum

S6. Aracınız ile sürüş halinde iken karayolu tünel girişine yaklaştığınızda araç hızını düşürüyor musunuz?

1. () Hiçbir zaman
2. () Arada bir
3. () Bazen
4. () Çoğu zaman
5. () Her zaman

S7. Aracınız ile sürüş halinde iken karayolu tüneline girerken aydınlıktan karanlığa geçişlerde görüş problemi yaşıyor musunuz?

1. () Hiçbir zaman
2. () Arada bir
3. () Bazen
4. () Çoğu zaman
5. () Her zaman

S8. Aracınız ile sürüş halinde iken karayolu tünel çıkışlarında karanlıktan aydınlığa geçişlerde görüş problemi yaşıyor musunuz?

1. () Hiçbir zaman
2. () Arada bir
3. () Bazen
4. () Çoğu zaman
5. () Her zaman

S9. Karayolu tünellerinde aracınızı kullanırken aydınlatmada kullanılan ışığın hangi renkte olması kendinizi daha güvende hissettirir?

1. () Beyaz ışık
2. () Sarı ışık
3. () İkisi de

Ek-2' in devamı

S10. Aracınız ile sürüş halinde iken karayolu tünellerinde bulunan trafik işaret ve sinyalizasyonlarına ne ölçüde dikkat edersiniz?

1. () Hiçbir zaman
2. () Arada bir
3. () Bazen
4. () Çoğu zaman
5. () Her zaman

S11. Aracınız ile sürüş halinde iken karayolu tüneli içerisinde bir trafik kazası veya yangın ile karşılaşmanız durumunda tepkinizin ne olabileceğini düşünüyorsunuz?

1. () Hiçbir şey hissetmem
2. () Sakin kalırım
3. () Heyecana kapılırım
4. () Paniğe kapılırım

S12. Aracınız ile sürüş halinde iken karayolu tüneli içerisinde bir trafik kazası veya yangın ile karşılaşmanız durumunda davranışınız ne olur?

1. () Arabada kalırım
2. () Kaçmaya çalışırım
3. () Acil çağrı yaparım
4. () Yangını söndürmek için müdahalede bulunurum

S13. Aracınız ile karayolu tüneli içerisi veya geçişinde bir kaza yapmanız durumunda nasıl hareket edersiniz?

1. () Güvenlik önlemi almaya çalışırım
2. () Cep telefonundan yardım çağırırım
3. () Tüneli terk ederim
4. () Yardım ekipleri gelinceye kadar araçta beklerim
5. () Diğer

S14. Aracınız ile sürüş halinde iken karayolu tüneline bir kaza yaşamanız veya bir kazaya şahit olmanız durumunda güvenlik ekiplerinden nasıl yardım talebinde bulunursunuz?

1. () Tünel dışına çıkıp yardım isteyerek
2. () Karayolu tüneli acil durum istasyonlarını kullanarak
3. () Cep telefonu kullanarak
4. () Başkalarının yardım talebinde bulunmasını bekleyerek

Ek-2' in devamı

S15. Aracınız ile sürüş halinde iken karayolu tüneli içinde bir trafik kazası veya yangın ile karşılaşmanız durumunda aracınızı bırakarak tüneli terk etmek ister misiniz?

1. () Evet
2. () Hayır
3. () İkilemde kalırım

S16. Aracınız ile sürüş halinde iken karayolu tüneline bir trafik kazası veya yangın ile karşılaşmanız ve tünelden kaçmak istediğinizde kaçış güzergâhınız ne olur?

1. () Yol boyunca ileriye kaçmak
2. () Geriye dönerek kaçmak (u dönüşü)
3. () Acil çıkış güzergâhından kaçmak

S17. Aracınız ile sürüş halinde iken karayolu tüneli içinde aracınızda düşük şiddette bir yangın meydana gelmesi durumunda ne yaparsınız?

1. () Aracı hemen durdurup, motoru tamamen kapatırım.
2. () Tünel içerisindeki sığınma cebinde aracı durdurup, motoru tamamen kapatırım.
3. () Aracı tünel dışına doğru sürer, tünel çıkışı aracı durdurup tamamen kapatırım.
4. () Yoluma devam ederek tünelden çıkmaya çalışırım.

S18. Karayolu tünel girişinde bulunan trafik ışıklarının farkında mısınız?

1. () Farkında değilim.
2. () Farkındayım, ne anlam ifade ettiğini bilmiyorum.
3. () Farkındayım, ne anlam ifade ettiğini biliyorum.

S19. Karayolu tünel içerisinde bulunan yangın söndürücülerin farkında mısınız?

1. () Farkında değilim.
2. () Farkındayım, nasıl kullanılacağını bilmiyorum.
3. () Farkındayım, nasıl kullanılacağını biliyorum.

S20. Karayolu tünel içerisinde bulunan acil durum istasyonlarının farkında mısınız?

1. () Farkında değilim.
2. () Farkındayım, ne amaçla kullanıldığını bilmiyorum.
3. () Farkındayım, ne amaçla kullanıldığını biliyorum.

S21. Karayolu tünel içerisinde bulunan acil çıkış kapılarının farkında mısınız?

1. () Farkında değilim.
2. () Farkındayım, ne amaçla kullanıldığını bilmiyorum.
3. () Farkındayım, ne amaçla kullanıldığını biliyorum.

Ek-2' in devamı

S22. Karayolu tünel kontrol merkezlerinin farkında mısınız?

1. () Farkında değilim.
2. () Farkındayım, tünel kontrol merkezleri hakkında bilgim yok.
3. () Farkındayım, tünel kontrol merkezleri hakkında bilgim var.

S23. Aracınız ile sürüş halinde iken karayolu tünel içerisinde veya geçişlerinde kaza tehlikesi yaşıadınız mı?

1. () Evet
2. () Hayır

S24. Karayolu tünellerinde yaşanabilecek bir trafik kazası veya yangın olayına karşı nasıl hareket edilmesi konusunda kendinizi yeterli görüyor musunuz?

1. () Tamamen yetersiz görüyorum
2. () Kısmen yeterli görüyorum
3. () Büyük ölçüde yeterli görüyorum
4. () Tamamen yeterli görüyorum

S25. Trabzon–Gümüşhane karayolunu hangi sıklıkla kullanıyorsunuz?

1. () Sık sık (günde bir kez veya daha fazla)
2. () oğunlukla (haftada birkaç kez)
3. () Bazen (ayda birkaç kez veya daha az)
4. () Nadiren (yıl da birkaç kez veya daha az)

Ek-3: Proje onay formu

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ BİLİMSEL ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ
KURULU

(Proje Onay Formu)

TARİH:	
YER:	Gümüşhane
KATILIMCILAR:	Prof. Dr. GÜNAY ÇAKIR (Başkan) Prof. Dr. HASAN AYAYDIN (Üye) Prof. Dr. MÜGE YILMAZ (Üye) Prof. Dr. BAYRAM NAZIR (Üye) Prof. Dr. EKREM CENGİZ (Üye) Prof. Dr. Huri İLYASOĞLU (Üye) Prof. Dr. FERKAN SİPAHİ (Üye)
BİLİMSEL ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ KURULU PROJE ONAY FORMU	
Projenin Adı:	Karayolu Tünel Güvenliği ve Meydana Gelen Kazalar: Trabzon-Gümüşhane Karayolu Örneği
Projenin Niteliği:	Yüksek Lisans Tez
Proje Araştırmacıları:	Dr. Öğr. Üyesi Emine ÇORUH Burak KOÇHAN (YL Öğrencisi)
Proje Yürütücüsünün Haberleşme Bilgileri:	Dr. Öğr. Üyesi Emine ÇORUH 0530 346 1638 coruhemine@gmail.com
Araştırmanın Amacı:	<p>Bu çalışmada amaç; Trabzon-Gümüşhane karayolu üzerindeki tünellerin, tünel güvenliği ve meydana gelen kazalar ile birlikte ele alınarak incelenmesi amaçlanmıştır.</p> <p>Elde edilen sonuçlar ile karayolu tünel güvenliği konusunda farkındalık uyandırmak ve karayolu tünel güvenliğini artırmak amaçlanmaktadır.</p>

Araştırmanın Gerekçesi:	Karayolu tünel güvenliğine etki eden faktörlerden birisi olan sürücülerin, karayolu tünel geçişlerinde ki davranışlarını ve karşılaşılabilecekleri trafik kazası veya tünel yangını durumları karşısında ki bilgi ve hareket etme kabiliyetlerini ölçmek için anket çalışması yapılması gerektiği düşünülmüştür.
Araştırmanın Yöntemi:	<p>Tez çalışmasında güzergâh üzerindeki tüneller incelenecek ve akabinde 10. Bölge Müdürlüğünden gerekli veri temininde bulunulacaktır. Gözlem ve veriler ışığında güzergâhta ki tüneller, tünel güvenlik kriterlerince değerlendirilecektir.</p> <p>1) Literatür taraması Konuyla ilgili literatür incelemelerine devam edilecek olup, şimdiye kadar yapılmış olan çalışmalar detaylı olarak incelenecektir.</p> <p>2) Hazırlık çalışması (incelemeler) Trabzon-Gümüşhane karayolu güzergâhında ki tüneller, tünel güvenliğine etki eden bileşenlerce incelenecektir.</p> <p>3) Veri temini Trabzon-Gümüşhane karayolu ve incelemeye konu olan tüneller hakkında gerekli sayısal bilgiler elde edilecektir.</p> <p>4) Anket Çalışması Güzergâhı aktif olarak kullanan sürücüler (Şehir merkezi, Zigana Tesisleri, Gümüşvadi sürücüler vs.) Arasında tünel içi olumsuz durumlardaki güvenli tahliye bilgisi ve hareket etme kabiliyetleri hakkında anket çalışması yapılacaktır.</p> <p>5) Gözlem ve veriler ışığında değerlendirme ve öneriler Güzergâh üzerinde yapılan incelemeler ve elde edilen veriler ışığında değerlendirmeler yapılacak ve önerilerde bulunulacaktır.</p>
Kullanılacak biyolojik, psikolojik ve teknik vb. tüm yöntemleri açıklayan etik ile ilgili özet:	<p>Yapılacak olan çalışmada belirlenen anket soruları karayolu tünel güvenliğine yönelik sorulardır. Ayrıca yapılan araştırmalar sonucu aynı anket sorularına rastlanmamıştır.</p> <p>Bu bağlamda yapılacak olan çalışma etik açıdan uygundur.</p>

Ek-3' ün devamı

Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi öğretim üyelerinden Sayın Dr. Öğr. Üyesi Emine Çoruh'un "Karayolu Tünel Güvenliği ve Meydana Gelen Kazalar: Trabzon-Gümüşhane Karayolu Örneği" adlı projesi değerlendirilmiştir.

Proje etik açısından uygun bulunmuştur.

Prof. Dr. Hasan AYAYDIN
Etik Kurul Üyesi

Prof. Dr. Müge YILMAZ
Etik Kurul Üyesi

Prof. Dr. Bayram NAZIR
Etik Kurul Üyesi

Prof. Dr. Ekrem CENGİZ
Etik Kurul Üyesi

Prof. Dr. Huri İLYASOĞLU
Etik Kurul Üyesi

Prof. Dr. Ferkan SİPAHİ
Etik Kurul Üyesi

Prof. Dr. Günay ÇAKIR
Etik Kurul Başkanı

Ek-4: 2005-2018 Yılları Arasında Türkiye Geneline ki Karayolu Tünellerinde Meydana Gelen Tünel Kazaları

Sayı: 50512095-2951.(31824)-267-286-337-32188