

# Demiryolu Tünellerinde Güvenlik (Kaçış) Tünellerinin Önemi

Nazile URAL, Şakir UĞUZ

## 1. Giriş

Demiryolu hatlarında hattan çıkmalar (de-raylar), çarpışmalar, karamboller ve yangınlar en sık yaşanan kaza türlerindedir. Bununla birlikte bu kazalara açık hatlara nazaran tünellerde daha az rastlanılmaktadır. Ancak tünellerde bu kazaların etkileri açık hatlara oranla daha yüksek boyutta olmaktadır. Bu kazaların içerisinde tünellerde en fazla yıkıcı etkiye sahip olan yangınlardır. Demiryolu tünellerinde az kazaya rağmen hasar ve can kaybı oldukça fazla olmaktadır (Krausmann ve Mushtaq, 2005). 2008'de Manş Tünelinde kaza sonrası yangınlardan dolayı büyük miktarlarda hasarlar meydana gelmiş, 1995 yılında Azerbaycan'ın başkenti Bakü'de ise kaza sonrası yangında 300 kişi yaşamını yitirmiştir.

Tünellerde emniyet, demiryolları tarafından kabul gören genel bir ilkeye göre; alt yapının, işletim sistemlerinin ve demiryolu araçları ile ilgili önlemlerin bütününe kapsamaktadır. Tünellerde alınan emniyet tedbirlerini etkileri açısından; kazaların önlenmesi, kaza etkilerinin hafifletilmesi, ferdi kurtarmanın kolaylaştırılması ve kurtarmanın kolaylaştırılması olarak sınıflandırabiliriz. Güvenlik önlemlerini standardize edebilmek için UIC (International Union of Railways) tarafından 2003 yılında yayınlanan UIC Code 779-9 da belirtildiği gibi demiryolu tünellerinde kazaların önlenmesine ilişkin emniyet tedbirleri genel olarak altyapı tedbirleri, demiryolu araçlarında yangın tedbirleri ve işletmecilik temelli tedbirler olarak 3 sınıf altında incelenebilir (UIC-799-9, 2003). Bu çalışmada demiryolu tünellerinde güvenliğin sağlanması için alınması gereken alt yapı tedbirleri irdelenmeye çalışılmıştır.

### Güvenlik (Kaçış) Tünelleri

Tünel kelimesi İngiltere'nin Galler bölgesinde konuşulan Gal dilinden gelmektedir.

Buradaki insanlar sıvı maddelerin taşınmasında "Tonne" adı verilen ince uzun, iki ucu kapatılmış tahtadan kaplar kullanırlardı. Daha sonraları ise mahzen ve bodrum gibi yerleşim yerlerine bu ad verilmiş ve 19. Yüzyılın ikinci yarısından sonra yaygınlaşarak tünel sözcüğü bugünkü anlamıyla kullanılmaya başlanmıştır. Tünel, ekseninin eğim açısı 30° den küçük olan, iki ucu açık ve boyuna göre çapı çok küçük olan yapıdır. Tünel, kazılabilen ve tahkim edilebilen yer altı geçiştir (Köse vd. 2007). Başka bir deyişle ise tünel; demiryolu, karayolu, yaya yolu, kanal vb. taşıma yollarının bir kısmının, yeryüzünden geçirilmesinin teknik bakımdan olanaksız olduğu yada ekonomik bakımdan uygun bulunmadığı yerlerde, yeraltından geçirilmesi için başvuru alan mühendislik yapılarıdır. Tüneller açılma ve kullanılma amaçlarına göre genel olarak *yol tünelleri* ve *akışkan nakli tünelleri* olarak 2 gruba ayrılmaktadır. *Yol Tünelleri*; demiryolu tünelleri, karayolu tünelleri, su taşıtları tünelleri, yaya tünelleri ve metrolar olarak sıralanırken, *Akışkan Nakli Tünelleri* ise hidroelektrik santral tünelleri, su temini amaçlı tüneller, alt yapı tünelleri ve maden nakliye tünelleri olarak sıralanmaktadır (Köse vd., 2007). Bu çalışma kapsamında demiryolu tünellerindeki güvenlik (kaçış) tünelleri irdelenecektir.

Yapılma amaçlarına baktığımızda tünelciliğin tarihi çok eski zamanlara dayanmaktadır. Doğa, insan elinin değmediği pek çok dehliz ve mağara oluşturmuştur. Bu doğal boşluklardan çeşitli şekillerde faydalanan insanlar benzetme yolu ile küçük çapta dehlizler açmaya başlamışlardır. Yeryüzünde ilk tünelin M.Ö 1500 yılında Avrupa da açıldığı söylenmekte olup M.Ö 700 yılında Yunanistan'da *Shiloah Tünelinin* inşa edildiği ve 530 metre uzunluğunda olduğu kayıtlar ile belgelenmektedir. Daha sonra Mısırlılar, Romalılar ve Yunanlılar sulama ve maden çıkarma amaçlı tüneller yapmışlardır (Poşluk, 2012).

Endüstri devriminin sonucunda ortaya çıkan ulaşım ve kaynak ihtiyacı tünellere verilen önemi arttırmıştır. 17. yüzyılda İngiltere ve Fransa'da birçok yeraltı su kanalı açılırken, Güney Afrika'da maden tünelleri açılmıştır. Bu dönemde Amerika'da da tüneller açılmıştır. Demiryollarındaki ilerlemeler sonrasında Fransa, İtalya ve İsviçre'de demiryolu tünelleri açılmıştır (Şeker, 2008).

Tünelcilik tünelin içinde açıldığı malzemeye bağlı olarak kayada tünelcilik ve zeminde tünelcilik olarak 2 gruba ayrılır. Bu iki malzemede yapılan tünelcilik çalışmaları birbirinden çok farklıdır. Bu farklılık kaya ve zeminin mekanik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu yüzden bu iki malzemede tünel açma işlemi de farklılıklar göstermektedir (Köse vd. 2007). Farklı yöntemler ile açılan tünellerde işletme esnasında oluşabilecek kazalar (raydan çıkma, çarpışma, yangın vb.) ve sonrası ortaya çıkacak kaotik durumun yönetilebilmesi, kazadan etkilenen insanların dışarı çıkartılması ve can güvenliğinin sağlanabilmesi amacıyla birtakım önlemler almak gerekebilecektir. Özellikle, tünellerde oluşan kazalar sonrası çıkması muhtemel yangınlara karşı gerekli önlemler alınmalıdır. Tünel yapısı, bir yangın esnasında yük taşıma kapasitesinin kaybı ile güvensiz hale getirilmeyecek şekilde tasarlanmalıdır, ancak yolcuların güvenliği açısından, tanımlanan duman emisyonu ve alevlenebilirlik karakteristikleri, yapıların korunmasından daha önemlidir. (UIC Code 799-9). Tünel yangınlarında ölümlerin birçoğu duman solunması sonucunda meydana gelir. Duman ve zehirli gazlar yangından kaçarken insanların ölümlerini görmemelerine, bunun sonucunda paniğe kapılmalarına ve zehirlenip boğulmalarına neden olur. Ayrıca bu durum, yangın söndürme çalışmalarına da engel olmaktadır (Kayılı vd. 2010).

Tüneller için tesisat zorunlu olmasa da tünel içinde yangın algılama sistemi acil bir durumun tespit edilmesini sağlayacaktır. Demiryolu tünelleri ile ilgili geçerli standartlara göre tünel içerisinde CO detektörleri, anemometre, vs. kullanılarak gaz algılama sistemi kurulmalıdır (UIC Code 799-9). Tünel sistemine kurulacak bir acil durum havalandırma sistemi, yangın sırasında oluşan dumanın ve ısının tünellerden uzaklaştırılmasını sağlayabilir. Böylelikle, mahsur kalan insanların güvenli bir şekilde sistemi boşaltmaları sağlanacak, yangın çıkan tünele giren personel veya itfaiye elemanı kurtarma, soğutma veya söndürme işlemi sırasında daha rahat çalışacaktır (Kayılı vd. 2010). Son 50 yıl içerisinde dünyada bir çok tünel kazası ve tünel yangını meydana gelmiştir. Bu kaza ve yangınlarda bir çok insan ölmüş ve yüksek miktarlarda mali kayıplar yaşanmıştır (Çizelge 1.).

Yıl	Tünel	Mağdur
1971	Vranduk, Bosna	34 kişi yaşamını kaybetti
1972	Fukui, Japonya	29 kişi yaşamını kaybetti
1987	Londra, UK	31 kişi yaşamını kaybetti, 150 kişi yaralandı
1995	Bakü, Azerbaycan	289 kişi yaşamını kaybetti, 270 kişi yaralandı
1999	Mont Blanc, Fransa-İtalya	39 kişi yaşamını kaybetti, 34 kişi yaralandı
2000	Kitzateinhorn, Avusturya	158 kişi yaşamını kaybetti
2001	Gotthard, İsviçre	11 kişi yaşamını kaybetti, 19 kişi yaralandı
2003	Daegu, Kore	Yaklaşık 130 kişi yaşamını kaybetti, 140 kişi yaralandı

Çizelge 1. Son 50 Yılda Meydana Gelen Tünel Yangınlarından Bazılarındaki Can kayıplarının sayıları (İlkışık vd. 2016)

Çizelge 1'den anlaşılacağı gibi tünellerde meydana gelen kazalarda çok sayıda can kaybı yaşanmıştır. Bu can kayıplarını azaltabilmesi için insanların olay yerinden süratle uzaklaştırılarak güvenli bir alana yönlendirilmeleri gerekmektedir. Bu amaçla tünel içerisinde insanların

olay yerinden uzaklaşmalarını sağlayacak yaya yolları yapılmalı ve bu yollar güvenli bir alana (tünel içerisinde veya tünel dışında) bağlanmalıdır. Yaya yolları en az 0.75 m, optimal olarak 1.20 m genişlikte olmalı, yaya yolları üzerindeki engelsiz minimum dikey mesafe 2.25 m olmalıdır. Korkuluklar, yolu güvenilir bir alana yönlendirecek şekilde zeminin yaklaşık 1 m yukarısında monte edilmelidir. Yaya yolları çift hatlı tünellerde, tünelin her iki tarafında da yer almalı ve tahliye için işaret levhaları ile donatılmalıdır. Tahliye işaretleri takip edilecek yol ve bu amaçla tasarlanmış yerler hakkında bilgi verecek ve hızlı şekilde yönlendirme sağlayacak ve aynı zamanda yangın veya kaza durumunda acil durum ekipmanına kolay erişim sağlayacak özellikte olmalıdır.

Bu işaret sistemi tünel içindeki insanları en kısa süre içinde en yakın güvenli tahliye rüzgarına yönlendirmelidir. Tünel içindeki duvarlara levhalar arasında maksimum 50 m mesafe olacak şekilde tahliye levhaları monte edilmelidir. Acil durum ekipmanın pozisyonunu gösteren işaret levhaları da asılmalıdır. İşaret levhaları ışık olmadığında bile garantilenmiş asgari görüş netliği ile yaya trafiği için tünel boyunca fotoluminesans özellikli olmalıdır. Yangın söndürücü, yangın hortumu, gibi güvenlik ekipmanının konumunu gösteren fotoluminesans işaret levhaları olmalıdır (UIC Code 799-9). Bir yangın durumunda emniyetli bir yere ulaşım, tüm kaçış kavramlarının ana unsurudur.

Topografyaya bağlı olarak güvenli yerler arasında kısa mesafeler için bir paralel emniyet tüneline (kaçış tüneli) içerebilecektir. Her hangi bir durumda, acil çıkışlar için yapım şaftları / galerileri ya da yüzeye çok yakın bir yer acil çıkışlar için kullanılmalıdır. Güvenli yerler arasındaki mesafe, genel hatlar itibarıyla 1000 m'den (kendi kendine şahsi kaçış için ana kaçış mesafesi 500 m) fazla olmamalıdır. Bu mesafe yerel koşullara, işletim parametrelerine ve toplam emniyet kavramına göre değişebilmektedir. En elverişli mesafe, güvenlik üzerinde etkili (Günlük trafik, trafiğin karma oluşu, kaçış kavramı, tünel uzunluğu) olan ilgili tüm parametrelerin değerlendirmesinin bir sonucu olacaktır. İki paralel tüp arasında enine geçiş mesafesinin 500 m acil durum çıkışları (yüzeye) arasında mesafenin ise 1.000 m olması önerilmektedir (UIC Code 799-9).

Kaçış (emniyet) tünelleri; düşey çıkışlar, yatay çıkışlar, enine geçişler (pasajlar) ile paralel servis ve emniyet tünelleri olmak üzere 4 değişik şekilde dizayn edilir. *Düşey çıkışlar*; kaçış ve onun yanı sıra kurtarma servisleri için giriş / erişim için kullanılacak tünelden düşey çıkışlarıdır. Genelde sadece tek delikli tüneller için geçerli olup, sadece tünel yüzeye yakın ise yapılması mümkündür. Maksimum yükseklik, ana hatlar olarak, yaklaşık 1,2 m genişliğinde merdivenler ile birlikte 30 m den az olmalı ve çıkışlar arasındaki mesafe maksimum 1000 m olmalıdır (UIC Code 799-9). Çıkış için kullanılan merdivenler tıkanıklığa sebep olacağından ve özüllüler için uygun olmadığından çok kullanışlı bir çözüm değildir. *Yatay çıkışlar*; Genel olarak sadece tek tüplü tünellerde (tek ya da çift hat) yüzeye yakın yerlerde tercih edilirler.

Çözüm sadece eğer tünel yüzeye yakın uzanıyorsa ya da tünelin ayrı bir paralel kurtarma tüneli var ise mümkündür. Çıkış uzunluğu, yaklaşık 150 m olarak dikkate alınır, ancak tünel daha uzun ise, bu tünelin çıkışlarına kara yolu araçları ile erişilebilir olmalı, çıkışlar arasındaki mesafe maksimum 1000 m olmalıdır (UIC Code 799-9). *Enine Geçitler (Pasajlar)*; Çift tüplü tek hatlı ya da çift hatlı tüneller arasında enine geçişi sağlayan ve bir emniyet tüneline ya da emniyet bölmesine bağlanan geçitlerdir. Enine geçitlerin işlevi, ana tüneli güvenli yerlere bağlamak olup enine geçişlerin kendileri, çok sayıda insan için yeterince geniş olmadıklarından güvenli bir yer değildirler. Enine geçitler göreceli olarak düşük maliyetlidirler. Enine geçitler arasında mesafe, çıkışlar arasındakilerden daha kısa olduğundan, maliyet etkindir. Genel bir ilke olarak en kesit: 2.25 m x 2.25 m ebadında yapılmakta olup, dumanın güvenli yere yayılmasının önleyecek şekilde tasarlanmalı ve aydınlatma ve iletişim araçları (telefon) ile donatılmalıdırlar. *Paralel Servis ve Emniyet Tüneli*; Ana tünele (tek tüp, çift hat) paralel olarak servis ve emniyet tüneli olarak inşa edilirler. Bu tüneller dumandan etkilenmeyecek şekilde tutulur ve yangın ya da diğer kazalar durumunda güvenli bir yer oluştururlar. Emniyet tüneli aynı zamanda acil hizmetler için de kullanılabilir. Çözüm, maliyet etkinliği temelinde kapsamlı bir değerlendirmenin sonucu olacaktır. Ana tü-

nele paralel olarak yapıldıklarından portal alanda yer gerektirirler (ana tünel eksenine yanal mesafe). Bir ilke olarak, karayolu araçlarının, geri gidışler ve geçecekleri olasılıklarını dikkate alarak minimum 3.50 m x 3.50 m boyutlarında inşa edilirler (UIC Code 799-9).

İngiltere Dover Terminali ile Fransa Calais Terminallerini denizin altından birbirine bağlayan Manş (Euro Tunnel) Tünelin uzunluğu 50,5 km olup tünelin 38 km'lik kısmı denizin altından geçmektedir. Proje öncesi, 166'sı denizde ve 70'i karada derin sondaj olmak üzere toplam 400 sondaja ilaveten denizde 4000 km' den fazla jeofizik-sismik çalışmalar yapılmıştır. Eurotunnel Shuttle'larla (yük trenleri) araç, motorsiklet, kamyon, TIR ve Eurostar trenlerle yolcu taşınmaktadır. Tünel, her gün İngiltere ve Avrupa kıtası arasında yaklaşık 40 bin kişiyi taşımakta olup, seyahat süresi 90 dakikadır. 1994 yılında açılan ve denizin 40 m altındaki tünel, aynı zamanda dünyanın deniz altındaki en uzun tüneli olma özelliğine sahiptir (Wake vd. 2015; İlkışık vd. 2016). Şekil 1'de Manş (Euro Tunnel) tünelinde alınan güvenlik önlemleri gösterilmiştir. 2008'de bir vagondaki kimyasal madde yüklü (toksik fenol) kamyondaki patlama nedeniyle yangın meydana gelmiştir (Şekil 3.).



Şekil 1. Manş (Euro Tunnel) Tüneli güvenlik önlemleri (İlkışık vd. 2016).



Şekil 2. Manş (Euro Tunnel) Tüneli yangını soğutma çalışmaları (İlkışık vd. 2016).

Yangın 7 saat sürmüş ve toplam 500 m'de hasar oluşmuştur. Yangından sonra tünel 6 ay süreyle kapalı kalmış, 200 milyon € ekonomik kayıp meydana gelmiştir. Kuzey tünelindeki maksimum sıcaklık 1000°C olmuştur. Kamyon sürücüleri trenden indikten sonra yaya yolunu takip ederek en yakın servis tüneline ulaşmışlar ve servis tüneline tahliye edilmişlerdir. Olay sırasında panikle camları kırıp havalandırma sisteminin devreye girmesini beklemedikleri için toksik dumana maruz kalmışlardır (İlkışık vd. 2016). Ancak böyle büyük bir yangına ve panik durumuna rağmen güvenlik tünellerinin var oluşu can kayıplarını önlemiştir. Bu çalışmada ise demiryolu tünellerinde olası güvenlik sorunları özetlenerek özellikle Türkiye gibi ekonomisi büyüyen ülkelerde hızlı demiryollarının ülke çapında yapılmasıyla önemi daha da artan güvenlik (kaçış) tünellerinin önemi vurgulanmıştır.

## Sonuç

Yapılan araştırmalar ve çalışmalar sonucunda özellikle uzunluğu 1000 m'nin üzerinde olan, tek tüp olarak inşa edilen (Tek hatlı/Çift hatlı) demiryolu tünellerinde güvenlik (kaçış) tünellerinin yapılması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu kaçış tünelleri arazi yapısına göre paralel tüp, shaft, yaklaşım tüneli gibi şekillerde yapılırken mutlaka dışarı ile bağlantıları sağlanmalıdır. Dış kısımlarda acil toplanma yerleri bulunmalı ve bu alanlara karayolu araçlarının (Ambulans, İtfaiye vb.) ulaşımını sağlayacak ulaşım yolları yapılmalıdır. 1000 m'den uzun tünellerde her 1000 m'de bir yanal geçişler bulunmalıdır. Yanal geçişlerin bulunduğu yerlere güvenlik odaları yapılmalı ve acil müdahale araçları hazır bulundurulmalıdır. Güvenlik (kaçış) tünelleri yapılırken maliyet hususu 2. plana atılmalı, insan hayatı ön planda tutulmalıdır.

## Referans

Poşluk E., 2012. Ankara-İstanbul Hızlı Tren Projesi 26 Nolu Tünelin TBM Kazı Performansının  $Q_{TBM}$  Metodu ile Tahmini. Yüksek Lisans Tezi. Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.

Şeker Ö., 2008. Yeni Avusturya Tünel İnşa Prensiplerine Göre Tünel Kaplama Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.

Kayılı S, Köktürk T, Eralp O.C., 2010. Tünel Yangınlarının ve Yangın Güvenliği İçin Kullanılan Havalandırma Sistemlerinin Özellikleri. Mühendis ve Makina Dergisi Cilt: 51 Sayı: 604.

İlkışık O.M, Ergenç N.Ö, 2016. Türk M.T. Manş Tüneli Yangını. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Afet Koordinasyon Merkezi İstanbul.

UIC Code 799-9, 2003. Safety In Railway Tunnels. Internationale De Chemins De Fer. 1 st. edition, August.

Railway Safety Performance in the European Union, 2014. European Railway Agency.

Köse, H., Gürgen, S., Onaran, T. Yenice, H., Aksoy C. O., 2007. Tünel ve Kuyu Açma, D.E.Ü.

Mühendislik Fakültesi Yayınları, ISBN: 975-441-234-0, İzmir.

Krausmann E ve Mushtaq F, 2005. Analysis of tunnel-accident data and recommendations for data collection and accident investigation, SafeT Work package 4 D4.5 report First Deliverable to EU Part II.

Wake C. Rebeyrotte E. Demetriou, S., 2015. Fire Safety in the Channel Tunnel, Channel Tunnel Safety Authority Fire Protection and Safety in Tunnels Conference, Oslo 23-24 September 2015.



**Doç.Dr.**  
**Nazile URAL**

Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun olduktan sonra Yüksek Lisansını Endüstriyel Atıkların Çöp Depolama Dizaynında Değerlendirilmesi konusunda Anadolu Üniversitesi Türkiye Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde yaptıktan sonra Doktorasını İnce Daneli Zeminlerde Kil Oranının Sıvılaşmaya Etkisi Konusunda Sakarya Üniversitesi Türkiye Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde yapmıştır.

2015 yılından bu yana Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde Doçent Doktor olarak görev yapmakta olup halen Bölüm Başkanlığı görevini de yürütmektedir.

Nazile Ural evli ve 1 kız çocuk annesidir.



**Şakir UĞUZ**

01.05.1965 Eskişehir doğumlu olup 1982 yılında Demiryolu Meslek Lisesi Yol Bölümünden mezun olmuştur. 1982 Yılında kayıt yaptırdığı Elazığ Fırat Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden 1985 yılında devamsızlık nedeniyle eğitimi yarım kalmıştır. 1988 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Sakarya Meslek Yüksek Okulu İnşaat Bölümünü bitirerek İnşaat Mühendisi Unvanını almıştır. Üniversite affi kapsamında yarım kalan Mühendislik öğrenimini 2015 yılında Bölüm 3.'sü olarak tamamlayarak İnşaat Mühendisliği Ünvanını almış olup, halen Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi ve Anadolu Üniversitesi Ortak Programında Yüksek Lisans Öğrencisi konumundadır.

26.07.1982 yılından bu yana TCDD Genel Müdürlüğü bünyesinde Sürveyan, İnşaat Teknikeri ünvanları ile çeşitli bölgelerde çalışmış olup, 2009 yılından bu yana ise TCDD 2.Demiryolu Yapım Grup Müdürlüğü bünyesinde hızlı tren altyapı çalışmalarında kontrol görevlisi olarak çalışmaktadır.

Şakir Uğuz evli olup, 2 kız çocuk babasıdır.