

TÜNEL YANGINLARI

Mesut Topal

İzmir İtfaiyesi
mesut084@hotmail.com

ÖZET

Yerleşim alanlarında gittikçe artan araç sayısı, raylı toplu taşıma sistemlerindeki yetersizlik, bunlara bağlı olarak artan araç trafik yükü ve kent merkezlerinde yeni yollar açmanın olanaksızlığı önce kolay bir çözüm olan köprülü kavşakları gündeme getirmiştir. Köprülü kavşakların kentte yarattığı görsel kirlilik ise, şehirlerarası yollarda kullanılan taşıt tünellerinin, kent içlerinde de gündeme gelmesine neden olmuştur. Yurdumuzda alt geçit anlamına gelebilecek (Ankara'da Genelkurmay Kavşağı, İstanbul'da Aksaray Kavşağı gibi) taşıt tünelleri mevcuttur. Ancak, bunlar boylarının kısalığı nedeni ile tüneller için gerekli olan bazı tesisat özelliklerine gereksinme duymamaktadırlar. (8) Yurdumuzda otoyollarda (İzmir-Aydın otoyolunda Selatin Tüneli, İzmir-Manisa otoyolunda Sabuncubeli Tüneli, Pozantı-Tarsus otoyolunda Taşoluk Tüneli, Ankara-İstanbul otoyolunda Sapanca Tünelleri gibi) taşıt tünelleri mevcuttur.

Son yıllarda ülkemiz sınırları içerisinde artan araç tünelleri, birtakım özel tedbirlerin alınmasını da zorunlu kılmaktadır. Bunlardan bir tanesi hatta en önemlisi sayılabilecek tedbirler zinciri Tünel içi Yangın tedbirleridir.

1.TÜNEL YANGINLARI





Taşıtların yollarda neden olabilecekleri yangınlar, örneğin, Boğaz Köprüsü üstündeki yolda da meydana gelebileceği gibi, aynı şekilde, tünel içindeki bir yolda da meydana gelebilmektedir. (8)

Tünel yangınları nedenlerine ve şiddetlerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadırlar: (1)

- a. özel araçlar (motor, kısa devre, karbüratör...)
- b. ağır taşıtlar (lastik, fren, motor, branda...)
- c. ağır taşıtların yükü
- d. tehlikeli madde taşıyan taşıt yangınları.

Düşünülenin aksine, araçların önden çarpışması, öndeki araca arkadan vurma, bir engelleme çarpma türü kazalar ve yangınlar tünel içinde tünel dışına oranla daha azdır. Çünkü sürücüler tünel içinde daha dikkatlidirler. Daha düşük hızda araç kullanırlar. Tünel dışındaki gibi hava ve yol koşullarından etkilenmezler. Tünel içinde kavşaklar, tepe üstü, viraj gibi görüşü engelleyen, sürüşü zorlaştıran olgular yoktur.(8)

Tünel içinde yangın meydana gelme olasılığı oldukça düşüktür. Kazalarla ilgili istatistik verilerine göre yangın oranı 0.03 - 0.06 / 106 araç-km'dir. (2)

Bu yangınların pek çoğunun dışarıdan bir etki olmadan meydana gelmiş olması nedeniyle tünelde bulunmanın yangın riskine bir etkisi yok kabul edilmektedir. Taşıt tünellerinde kullanılan yüksek standartlı malzemeler ve önlemler nedeni ile yangın ölümleri ve yaralanmaları çok düşüktür.

Ancak, yangın bir tünelde meydana gelebilecek en tehlikeli kaza türüdür. Kapalı mekanda yangınla mücadelenin zorluğu, zehirli gazların birikme olasılığı, 1000 C'yi aşan sıcaklıklar, tünel kullanıcıları arasındaki panik olasılığı, trafik tıkanması nedeni ile yangın yerine ulaşamama gibi nedenlerden ötürü tünel yangınlarına karşı alınacak önlemler ve yangınla mücadele yöntemleri tünel projelendirmesinde önemli bir yer tutmaktadır. (8)

2. YANGINLAR / KURALLAR

Tünel yangınlarını standardize etmek mümkün olmadığı için yangınla mücadele konusunda alınabilecek önlemler için çeşitli deneyler ve önlem önerileri geliştirilmektedir.

Amerikan Ulusal Yangından Korunma Birliği (NFPA - National Fire Protection Association) karayolu tünellerinde alınacak önlemler hakkında standartlar getirmiştir (3).

İngiliz Ulaştırma Bakanlığı (Department of Transport), karayolu tünellerinde dizayn kriterleri konusunda standart oluşturacak çalışmalar yapmıştır (4). Burada yangından korunma konusunda öneriler vardır.

4 yılda bir toplanan Yol Kongrelerinin Daimi Ululararası Birliği (Permanent International Association of Road Congresses) karayolu tünelleri konusunda özel teknik komite raporları yayınlanmaktadır (1, 2, 5).

Her ne kadar, TS 4156 / Ocak 1991, Umumi Yerlerde Yangından Korunma - Genel Kurallar yayınında otoparklar, terminaller, araçlar gibi bölümler varsa da bu önlemlerin karayolu tünelleri yangın önlemleri konusu ile fazla bir ilgisi bulunmamaktadır. (6)

3. YANGINLA MÜCADELE YÖNTEMİ

Tünel yangınları ile mücadele uygun ve gerekli ekipmanın tünelde bulunması ve kullanılmasından öteye tam bir risk yönetim çalışması içermektedir.

Yangınla mücadele sırasında trafik kontrolü, havalandırma, haberleşme, drenaj, acil durum ekipmanı, acil durum aydınlatması vb. arasındaki eşgüdüm çok önemli bir ver tutmaktadır. Ayrıca müdahale edecek ekiplerin mevcut önleyici tedbirleri ve ekipmanları bilmesi bunun yanında Tünel Yangınları konusunda özel bir eğitim sürecinden geçmeleri önemlidir. Bu yazıda kentiçi tünel projelendirmesi sırasında yangınla mücadele konusunda göz önüne alınması gereken ve makina mühendisliği ile ilgili kriterler ele alınacaktır (7).



• Yangın Alarmı

Taşıt tünellerinde bir yangın çıktığında bu yangın ihbarının ilgililere iletilmesi gerekmektedir. Yangın ihbarı konusu tünel projelendirmesini etkilemektedir. Yayınlar, taşıt tünellerini, (8)

- Kontrol merkezli tünel,
- Aynı kontrol merkezini kullanan birkaç tünel,
- Alarm sistemi olmayan tünel,
- Kontrol merkezi olmayan alarm sistemli tünel, olarak sınıflandırmaktadırlar.

- **Yangın Algılayıcılar**

Taşıt tüneli içindeki bir yangın ilgililere (Kontrol Merkezine) Yangın Algılayıcıların uyarısı ile bildirilmektedir. Algılayıcının, çevre sıcaklığı belli bir değere ulaştığında veya sıcaklık artış hızı belli bir değeri aştığında sinyal vermesi istenebilir. Bu durumda, isteğe uygun algılayıcı seçilmelidir.

Algılayıcıların arasının 25 m'den az olması ve 20 litre petrol yangını algılaması önerilmektedir (2).

Tünellerde dumana hassas yangın algılayıcılar da kullanılabilir. (Japonlar tünelleri her 15 m'de bir ışın tipi algılayıcı ile takviye etmektedirler.)

Dumana hassas algılayıcılar ta/la miktarda toz bulunan veya nemli yerlerde yanlış ihbar verebilmektedirler.

Tek tek algılayıcılardan oluşmayan ancak tüm boyunca sıcaklık algılayıcı görevi yapan kablo türü algılayıcılar da mevcuttur. Bunlar, sıcaklık belli bir değeri aştığında ihbar vermektedirler. Ayrıca, ihbar mahallini tam olarak da belirleyebilmektedirler.

Ancak, bu tip algılayıcılar sıcaklık artış hızına karşı duyarlı değildirler Sıcaklık artış hızında iki hassasiyet bulunmaktadır:

- Bir tanesi dakikada 5 °C, yüksek duyarlık,
- Bir tanesi dakikada 10 °C, zayıf duyarlık.

Ölçüm sistemlerinin biri devreden çıktığında ikaz verilmekte, belirli bir süre içinde iki sistem de devreden çıkarsa Yangın Alarmı verilmektedir. Bundan başka, son bir emniyet olarak, her bir algılayıcı 58 °C'lik bir termostatik devreden çıkma tertibatı ile de donatılmaktadır. Algılayıcılar maksimum 18 m'de bir adet olarak yerleştirilmişlerdir. Nemden, tünel gazlarından, tünelin yıkanmasından vb. koşullarından etkilenmeyecek korumada (IP 65) seçilmişlerdir. Algılayıcılar elektronik tip olup, sıvı eleman veya deforme olabilecek diyafram ihtiva etmemektedirler. İhbar, Kontrol Merkezindeki panele iletilmekte, yangın yerini de belirten algılayıcı Panelden durdurulana kadar çalışmaya devam etmekte, çalıştırıldığında tekrar algılama yapabilmektedir.(8)

- **Yangın İhbar Butonları**

Tünel içinde yangını görenlerin tünel yönetimi ikaz edebilmesi için gerekebilecek araçlardan biri de Yangın İhbar Butonları'dır. İhbar butonları Kontrol Merkezi'ne alarm sinyali göndermektedir. (8)

- **Yangın İhbar Uyarıcıları**

Alt tünelde gidiş ve geliş tüplerini bağlayan duvarda Yangın Geçiş Kapıları vardır. Ayrıca, tünelde yukarıya, zemin seviyesine bağlanan yangın çıkış kapıları vardır. Bu kapıların her bir kanadına birer adet mikro anahtar konulmaktadır. Kapılar açıldığında Kontrol Merkezine "Kapı Açıldı/Yangın" ikazı gitmektedir. Araç tünellerindeki Özel Yangın Dolapları ve Yangın Tüpü Muhafazaları kapaklarında birer adet mikro anahtar vardır. Kapaklar açıldığında Kontrol Merkezine "Kapak Açıldı/Yangın" ikazı gitmektedir.

Tozlu Yangın Söndürücü tüpleri yerinden alındığında buradaki mikro anahtar Kontrol Merkezine "Yerinden Alındı / Yangın" ikazı iletmektedir.

Bu "İkaz" sinyallerinin "Alarm" durumuna dönüşmesi için Kontrol Merkezi'ndeki operatörün ihbarın gerçekliğini teshil ederek "Alarm" komutu vermesi gerekecektir.(8)

- **Diğer Yangın İhbar Yöntemleri**

Çeşitli yayınlarda taşıt tünellerine telefon kabinleri konulması, Kapalı Devre Televizyon Sistemi ile tünelin izlemesi ve normal trafik akışındaki bir kesinti durumunu ikaz edecek Trafik Kontrol Sisteminin tünellere tesis edilmesi hususları yangın ihbarı için önerilmektedir. Amerikan Ulusal Yangından Korunma Birliği (NFPA) telefon kabinlerinin 90 m'den daha kısa aralıkla olmasını istemektedir (3). İngiltere Ulaştırma Bakanlığı ile 50 m'de bir telefon önermektedir (4). Yol Kongreleri Daimi Ululararası Birliği de yoğun trafiği olan tünellerde 50 m'de bir kabin önermektedir

4. YANGINLA MÜCADELE

Daha önceki bölümlerde, taşıt tünellerinde yangının nasıl algılandığı anlatılmıştır. Bu bölümde yangınla nasıl mücadele edileceği anlatılacaktır.

- **Yangın Söndürücü Tüpler**

Yangın küçük iken mücadele kolaydır. Bu nedenle yangına ilk müdahale çok önemlidir. Yeni başlayan yangını kontrol edebilmede Yangın Söndürücü Tüpler en uygun araçlardır. Amerikan Ulusal Yangından Korunma Birliği tünelin her iki duvarında maksimum 90 m'de bir tesis edilecek özel dolaplarda 9 kg kapasiteli yangın söndürücü tüpler önermektedir (3). Yol Kongreleri Daimi Ululararası Birliği ise 6 kg'lık tüpler önermektedir (2). İngiliz Ulaştırma Bakanlığı 50 m'de bir konulacak kabinlerde 3 kg'lık kuru tozlu, üzerinde manometre bulunan ve maviye boyalı tüpler veya 9 litre kapasiteli, CO₂ şarjlı ve beyaza boyalı tüp (4)

- **Yangın Dolapları**

Amerikan Ulusal Yangından Korunma Birliği tünel içindeki her noktanın bir yangın hidratına 45 m (150 ft) mesafede olmasını önermektedir (3).

İngiliz Ulaştırma Bakanlığı ise 50 m'de bir yerleşecek Yangınla Mücadele Kabinlerine, eğer yerel itfaiye teşkilatı isterse, yangın hortumu da konulmasını istemektedir (4).

Yangın hidrantlarına devamlı olarak bağlı duran yangın hortumları kullanıldığında hortum boylarının iki yangın hidrantı arasındaki mesafeden daha kısa olmaması önerilmektedir. 1957 yılında, Hollanda'daki Velsen tüneline bir yangın tam hidrantın önünde çıktığı ve komşu hidrantlardaki hortumlar yangına ulaşamadığı için önemli zararlara neden olmuştur (2).

İngiliz Ulaştırma Bakanlığı da 45 m'lik hortumlar kullanılmasını önermektedir. Hidrant yerleşiminde, herhangi bir hidrant çalışmadığında iki yandan püskürtülen suların kesişmesi esas olmaktadır. Hortum bağlantı vanalarının devamlı açık pozisyonda durması, hortumun yerinden alınması ile su akışının otomatik olarak başlaması ve su kontrolünün lans üzerinden yapılmasını önermektedir.

- **Otomatik Yangın Söndürücüler**

Amerikan Ulusal Yangından Korunma Birliği taşıt tünellerinde sprinkler kullanımına değinmemektedir (3).

İngiltere Ulaştırma Bakanlığı otomatik yangın söndürme sistemlerinin tünellerde genellikle kullanılmadığını, İngiltere'deki hiç bir tünelde de bulunmadığını belirterek sakıncalarını sıralamaktadır (4).

Yol Kongreleri Daimi Uluslararası Birliği de benzer şekilde otomatik yangın söndürme sistemlerinin taşıt tünelleri için neden önerilmediğini anlatmaktadır. (2)

Köpüklü söndürme sistemleri araçların içinde insanlar olacağı için, gazlı sistemler de havalandırma sistemi otomatik olarak dumanı atmak için çalışırken gazları da atacağı için pratik çözüm olmayacaktır. Su ile çalışan sprinkler sistemleri yanan sıvıları geniş bir alana yaymaktadırlar. Yangının cinsi bilinmediğinden otomatik olarak sıkılan su bazı ürünlerle birleştiğinde tehlikeli reaksiyonlara neden olabilmektedir. Yükselen duman içinden geçen su spreyi dumanı soğutarak zemin seviyesine indirmekte ve görüşü engellemekte, duman içinde biriken su buharı görüşün engellenmesini daha da artırmaktadır. Su spreyi alevi söndürse bile metal parçaları kolayca soğutamamaktadır. Bu da, alev sönmüş bile olsa, parlayıcı maddelerin çıkarmaya devam ettikleri gazların sıcak metal ile temas ederek yeniden parlamasına neden olabilmektedir. Ayrıca, sprinkler suyunun elektrik tesisatı ile yaratacağı sorunlar da düşünülmelidir. (8)



- **İki Tünel Arası Tesisat**

Taşıt tünellerinde yangın sırasında insanlara kaçış olanağı sağlamak için bazı mimari önlemler alınmaktadır. İki tüp arasındaki kapılar yangından açan insanlara kaçış olanağı sağlamanın yanısını tıkanan trafik nedeni ile yangın yerine ulaşmakta zorluk çekecek olan itfaiye aracının trafiğe açık olan tüpten yangına ulaşmasını ve yangınla mücadelede geri hizmetlerin dumsansız ve serbest bir ortamda yapılmasını sağlamaktadırlar. Bu kapıların maksimum 100 m'de bir olması önerilmektedir (4).

İngiliz Ulaştırma Bakanlığı bu kapının iki yanında bir tarafı erkek, diğer tarafı dişi bağlantı ağızlı hortum bağlama borusu tesisini istemektedir. Böylece yangın olmayan taraftaki itfaiye aracından yangının bulunduğu tüpe hortum bağlantısı yapmak mümkün olacaktır. Kapının iki yanında, ayrıca yanmaz elbise içindeki itfaiyeci için haberleşme kablo bağlantısı, duman içinde yol bulabilmek için çelik kablo bağlantı halkası vb. ekipman istenmektedir (8)

- **Yangın Suyu Şebekesi**

Tünellerde yangın hidrantlarını da içeren yangın dolaplarının bağlı olduğu yangın şebekesinin kent su şebekesinden beslenmesi tercih edilen bir seçenektir. Yangın şebekesinin tünelin iki ucunda, iki ayrı şebekeye bağlı olması önerilen bir diğer husustur. Eğer yerel bir şebekeye bağlı değilse, o takdirde yangın suyu hattının iki ucuna birer su deposu konulmalıdır. Depo kapasitesi hidrantları 1 saat süreyle besleyebilmelidir. Su depolarının, mümkünse, tünelin iki tarafına birer

adet konulması ve istenilen minimum debiyi sağlayabilmek için her birinin 72 m³'den küçük olmaması önerilmektedir (2). İngilizler hidrantın minimum kapasitesini 2000 lt/ dak olarak istemektedirler. Fransızlar 1000 lt/dak olarak istemektedirler. Alman, Avusturya ve İsveçliler 1200 lt/dak, Amerikalılar ise 1900 lt/dak olarak önermektedirler. Yangın suyu şebekesindeki basınç için İngilizler 17 mSS, Fransız, İsviçreli, Avusturyalı ve Almanlar 60 mSS, Amerikalılar ise 42 mSS önermektedirler Kullanılacak boru cinsi konusunda İngiltere Ulaştırma Bakanlığı bir öneride bulunmaktadır. ø100 - ø200 mm çaplarında karbon çeliği veya düktü font boru kullanımı önerilmektedir. Donma tehlikesi olan yörelerde Yangın Suyu Şebekesi'nde donmaya karşı önlem alınması önerilmektedir. Islak sistemlerde soğuk havalarda suyun pompa ile sirküle edilmesi veya sirküle edilen suyun ısıtılması kullanılabilir yöntemlerdir (3). Yangın şebekesinin özel rezistanslı ısıtma kablosu sarılarak ısıtılması dünya karşı alınabilecek bir diğer önlemdir (4)Isıtma kablosu, boru içinde oluşacak farklı sıcaklıklara farklı ısıtma yapmaktadır. Kablo verdiği ısıyı kendiliğinden ayarlayarak, borunun daha sıcak olan kısımlarını daha az, daha soğuk olan kısımlarını daha çok ısıtarak boruda homojen bir sıcaklık sağlamaktadır. ø 200'lük ana hatlarda tek sıra (şerit), 3"lük branşman hatlarında çift sıra kablo döşenmektedir. Her bir ısıtma kablosu devresinin maksimum uzunluğu 150 m olabildiğinden belirli aralarla terminaller konulmakta ve devreler termostat ile kontrol edilmektedir. Isıtma kablosu montajından sonra tüm yangın boruları 50 mm. prefabrik camyünü ile izole edilmekte ve üzeri galvaniz saca kaplanmaktadır. Yangın şebekesine gerektiğinde pompa eklenmesi önerilen bir husustur (3) Yangın suyu pompaları presostadlarla kumanda edilmektedir. Yangın suyu kullanılırken, kent su şebekesinden su temin edilemiyorsa pompalar, ayarlanacak basınç kademesinde, otomatik olarak devreye girerek sistemi beslemektedirler.(8)

• Diğer Önlemler

Yangının verebileceği zararları azaltmak için tünel yapı malzemesinin yangına ve sıcaklığa karşı mukavim olması gerekmektedir. Çelik kontrüksiyon bölümler en az iki saat süren yangına karşı dayanıklıdır olmalıdır. Üzeri PVC kaplı elektrik kabloları yandıklarında duman ve halojen gazı yaymaktadır. Bunlar da su ve nem ile birleşince zehirli ve metal eritici asitlere dönüşmektedir. Bu nedenle tünel içindeki tüm kablolar alev iletmeyen, halojenden arıtılmış (sıfır halojenür) kablo olacaktır. Yanma deneylerinde HCI, HBr gibi halojen türü gaz ve SO₂, NO₂ gibi korozyona müsait gaz ve zehirli duman üretmeyeceklerdir. Tünel içine kaplama yapılacaksa bu kaplamanın yanmaz malzemedir olması, duvarla arasında kalan boşlukta her 3 m'de bir yangın durdurucular konulması gibi konstrüktif önlemler de tünel dizaynının da yangınla mücadele bakımından göz önünde tutulması gerekli önlemlerdir. Ancak, bu tür önlemlere değinilmesi bu tebliğin kapsamı dışında tutulmuştur. (8)

- Tünel İşletme Yönetmeliği: Güvenlik Önlemleri (11)
- Tünelde alınacak güvenlik önlemleri
- MADDE 11 – ,1) Tünel güvenliği ile ilgili olarak aşağıdaki önlemler alınır:

Tünelden geçen trafiğin sürekli ve güvenli bir şekilde akışı sağlanır.

İşletme ve acil durum hizmetleriyle ilgilenen personel gerekli eğitimlere tabi tutulur.

Acil durum senaryoları farklı olaylar için hazırlanır ve bütün tünellerde bulunur. Ayrıca tatbikatlar ile senaryoların işleyişi ve etkinliği izlenir.

Önceden planlanmış yapım veya bakım çalışmaları nedeniyle şeritlerin tamamen veya kısmen kapatılması, daima tünelin dışından başlatılır. Değişken mesaj işaretleri, ışıklı trafik cihazları ve mekanik bariyerler bu amaç için ilave olarak kullanılabilir.

Ciddi bir kaza veya olay durumunda, ilgili tünelin bütün tüpleri trafiğe kapatılır, içeride kalan araçların en kısa yoldan tahliyesi sağlanır. Tünel dışındaki ve tünel içindeki trafiğin mümkün olan en kısa zamanda durdurulabilmesi için sadece tünel girişindeki ve aynı zamanda varsa

tünelin içindeki değişken trafik işaretleri, ışıklı trafik işaret cihazlarının ve mekanik bariyerlerin eşzamanlı harekete geçirilmesi ile bu durum gerçekleştirilir. Bu sistemlerin olmadığı tünellerde trafiğe kapatma işlemi uygun bir şekilde yapılır. Trafik, durumdan etkilenmemiş araçların tüneli hızlı bir biçimde terk edebilmesinin sağlanacağı şekilde yönlendirilir.

(2) Acil durum hizmetlerine erişme süresi yapılacak tatbikatlar ile ölçülerek belirlenir, tünelde olayın meydana gelmesi halinde acil durum hizmetlerine erişme süresi belirlenen sürelerden uzun olmaz. Yıllık Ortalama Günlük Trafik sayısı 2000'in üzerinde olan iki yönlü tünellerde, tünelin iki ucuna acil hizmetlerin yerleştirilme gereksinimi 8 inci madde uyarınca, bir risk analizi ile belirlenir ve bu hizmetlerden mümkün olanları Genel Müdürlüğün onayı ile gerçekleştirilebilir

SONUÇ

Kentiçi taşıt tünellerinde karşılaşılabilecek en önemli tehlike türü yangındır. (8)

Yangının meydana geldiği yer, yanan malzemenin niteliği, Yangın söndürmede kullanılan malzeme ekipman önemi burda yani tünellerde; bulunduğu konum, trafik durumundan dolayı yaşanabilecek zorluklardan dolayı müdahale güçlüğü, intikal problemlerinden dolayı daha bir önem arz etmektedir.

Tünellerde özellikle kent içi taşıt tünellerinde uygun trafik koşullarının sağlanması, tünel içi Acil Çıkış Kapılarının uygun koşullarda bulunması, bir tüpten diğerine araç geçişine olanak sağlayan kapıların güvenli bir şekilde konumlanması, Yangın müdahale hidrantları-tüplerinin sağlanması düzenli kontrollerinin yapılması, Erken uyarı sistemlerinin bulundurulması herhangi bir Acil Durum anında müdahaleyi kolaylaştıracak yada zorlaştıracak unsurlara dönüşebilir.

Mevcut İtfaiye teşkilleri müdahale alanları dahilindeki tünellerle ilgili yeterli bilgiye sahip olmak durumundadır. Tünel içerisinde bulunan bulunmayan söndürmeye ve tahliyeye yardımcı ekipman işaret levhaları tespit ve test etmiş olmak durumundadır.

Tünel Yangınlarıyla ilgili eğitim süreçleri son derece önemlidir. İtfaiye teşkilatları Tünel Yangınları konusunda yeterli bilgi ve beceriye sahip olması; hatta bu süreci Tünelde görevli personelle yapması ciddi faydalar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] PIARC Technical Committee on Road Tunnels; Report, XIX World Road Congress, Marrakech, 1991
- [2] PIARC Technical Committee on Road Tunnels; Report, XVIII World Road Congress, Brussels, Belgium, 1987
- [3] NFPA 502; Recommended Practice on Fire Protection for Limited Access Highways, Tunnels, Bridges, Elevated Roadways and Air Right Structures, National Fire Protection Association, 1987
- [4] Design Guidelines for Planning, Equipping and Operating Tunnels on Motorways and Other Trunk Roads; Departmental Advice Note BA-89, Department of Transport, London, 1990
- [5] PIARC Technical Committee on Road Tunnels; Report, XVII World Road Congress, Sydney, Australia, 1983

- [6] TS 4156, Umumi Yerlerde Yangından Korunma-Genel Kurallar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1991
- [7] Ulus Tüneli ve Çevre Düzenleme Projesi Makina Mühendisliği Hizmetleri Raporu-Uygulama Projesi Etapı, Ankara Büyükşehir Belediyesi-Bilge A.Ş., Ankara, 1994
- [8] Öğretim görevlisi Levent TOSUN(Makina Mühendisi)
- [9] Tarsus-Pozantı Ayrımı/Adana Toprakkale-Gaziantep Otoyol Projesi Taşoluk P1 Tüneli Yapım Teknik Şartnamesi, Karayolu Genel Müdürlüğü, Ankara, 1992
- [10] Equipements Electromecaniques du Tunnel Cortenberg; Specifications Techniques, Ministere Des Communications et de L'infrastructure, Bruxelles, 1991 *
- Bu makale II. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, İzmir, Ekim 1995'den alınmıştır.
- [11] <https://avys.omu.edu.tr> > app > public > epancar