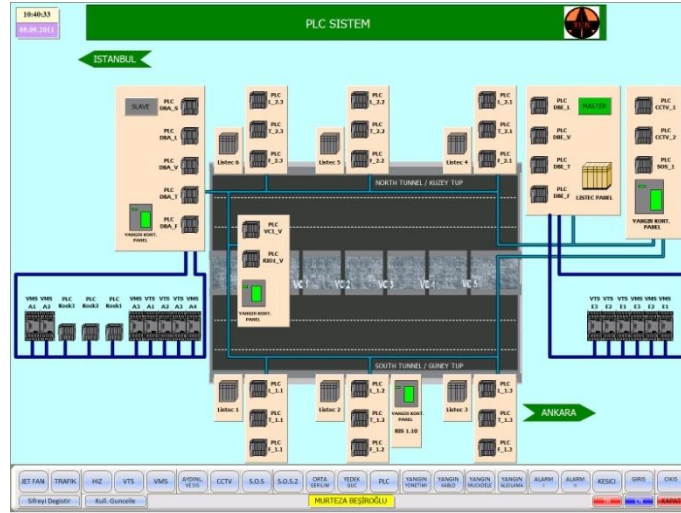


BOLU DAĞI TÜNELİ ELEKTROMEKANİK SİSTEMLERİ

TELEKONTROL SİSTEMİ

Tünel ve Otoyol Elektromekanik sistemleri her an denetim altındadır. Bu amaçla tünelde ve otoyol kesiminde muhtelif yerlerde tesis edilmiş PLC (Programlanabilir Mantıksal Kontrol Devreleri) sistemleri bulunmaktadır. Elektromekanik sistemlerin hemen hepsi bu PLC sistemleri vasıtasıyla Tünel Kontrol Merkezinde bulunan SCADA sistemi üzerinden takibi ve otomatik olarak denetlenmesi sağlanmaktadır. Gerektiğinde SCADA sistemi üzerinden istenilen sistemlere operatörlerce gerekli müdahaleler yapılmaktadır.



Tüm sistemlerde meydana gelen otomatik konum değişiklikleri, alarmlar ve operatör müdahaleleri sistemde kayıt altına alınmaktadır. PLC sistemlerinin üzerinden çalıştığı haberleşme ağı %100 yedekli fiber optik yapıya sahip olup, Kontrol Merkezinde bulunan SCADA yazılımını yine birbirinin yedeği (hot stand-by) iki ayrı server üzerinde kuruludur.

HAVALANDIRMA SİSTEMİ VE YANGIN SENARYOSU

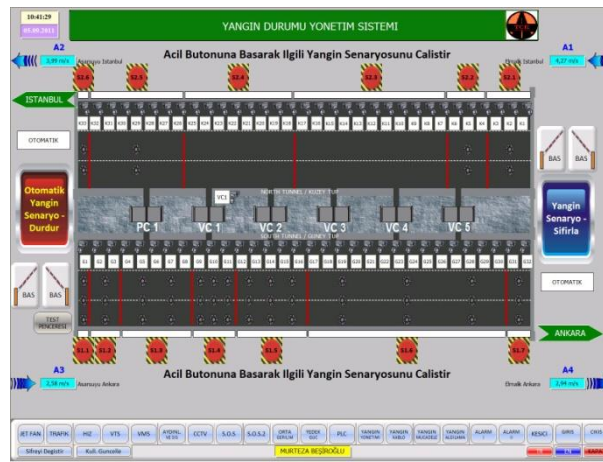
Tünel havalandırması her iki tüpte mevcut toplam 50 adet jetfan ile sağlanmaktadır. Bu jetfanların 42 adedi İstanbul-Ankara istikametinde Güney tüpte, 8 adedi Ankara-İstanbul istikametinde Kuzey tüpte bulunmaktadır. Güney tüp yaklaşık %2 pozitif eğime sahip olup, havalandırma hesabı 1987 PIARC önerileri dikkate alınarak bir Avusturya firması tarafından yapılmıştır. Kuzey tüpte bulunan jet fanların tümü, Güney tüpte bulunan jet fanların 12 adedi her iki yöne dönebilen çift yönlü jet fanlardır. Her biri yaklaşık 45 kW gücündedir.



Tünelin normal trafik koşulları altında havalandırılması her bir tüp içerisinde üç ayrı yerde bulunan Co/Dp (Karbon Monoksit / Görünebilir Kirlilik) ve iki ayrı yerde bulunan Anemometrelerden (rüzgâr hızı ve yönü ölçer) sürekli olarak elde edilen değerlere göre yapılmaktadır. Bu değerler beş farklı kademede sınıflandırılıp, programlanmış sayıda jet fanın devreye girip çıkması otomatik olarak sağlanmaktadır.

Havalandırmanın bir başka ve önemli görevi tünel yangınlarında söz konusu olmaktadır. Bu amaçla Türkiye'de ilk olarak Bolu tüneli için Avusturya Gratz Üniversitesinden bir uzman ekibe yangın senaryosu hazırlanmış ve SCADA yazılımı yüklenmiş, başarıyla çalıştığı test edilmiştir.

Yangın senaryoları “Yanmalı Motorlar ve Termodinamik Araştırma Derneği Graz Inffeldgasse 21A A-8010 mbH” öğretim görevlisi Univ. Prof. Dr. Peter STURM tarafından hazırlanmış ve testleri yapılmıştır.



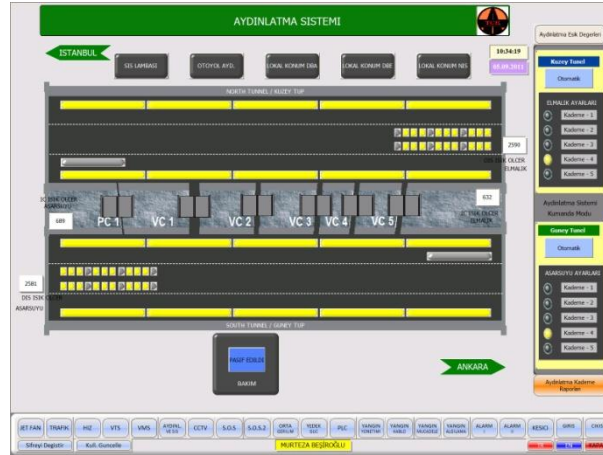
Yangın senaryosunun amacı yangın söndürmek değildir. Yangın söndürülmesine başlamadan önce geçecek zaman içerisinde tünel içerisinde bulunan insanların dumandan boğulmadan kaçabilmelerini sağlamaktadır.

Böyle bir durumda yangının başladığı yere bağlı olarak havalandırma sisteminin uygun bir şekilde devreye girmesi (otomatik olarak ya da operatör müdahalesi ile) dumanın belli bir aralıkta tünel tabanına çökmeden dışarıya atılması amaçlanmaktadır. Bu durum kazazedelerin tünel içerisinde mevcut olan ve diğer tüpe bağlantı sağlayan geçişlere geçerek, ve dumana boğulmadan ulaşmasını sağlamak içindir. Yangın senaryosunun bir diğer görevi, yangın algıların algılanmaz tüneli trafik ışıkları vasıtasıyla trafiğe kapatmak ve bu durumu ayrıca yazılı olarak ışıklı levhalarda otomatik olarak duyurulmasını sağlamaktır.

TÜNEL AYDINLATMA SİSTEMİ

Bolu tüneli aydınlatılmasında CIE (88-1990) tavsiyeleri esas alınmıştır. Tünel aydınlatılmasında üç temel aydınlatma bölgesi mevcut olup, bunlar giriş, iç aydınlatma ve çıkış bölgesidir. Bolu tüneline kullanılan armatürlerde tüm lambalar sodyum buharlıdır. Aynı tüpün iki yönlü trafik için kullanılması söz konusu olması durumunda tüpün diğer ucunda (Tek yönlü trafiğe göre çıkış tarafı) ilave bir aydınlatma bölgesi daha söz konusu olmaktadır. Buna iki yönlü trafik aydınlatması denilmektedir. Ancak Bolu tüneli için böyle bir durum çok istisnai durumlar haricinde ön görülmemektedir.

Gece tünel aydınlatması girişten çıkışa kadar her yerde sabittir. Bunun için tünel boyunca her 10,5 metrede bir sağ ve sol şerifler üzerinde bulunan 150 W'lık simetrik aydınlatmalı armatürler kullanılmaktadır. Gece tünel içerisinde ortalama parlaklık seviyesi 3 Cd/m² olacak şekilde aydınlatma yapılmaktadır.



Tünelde gündüz aydınlatması gece aydınlatmasına göre biraz daha karmaşıktır. Bu bölgede kullanılan armatürler 400 W, 250 W ve 150 W asimetrik aydınlatmalı armatürlerle sağlanır. Armatürler sağ ve sol şeritlerin üzerlerinde bulunan tavalara değişen aralıklarla yerleştirilmiştir. Armatürler ilk girişte daha sık, giderek seyrekleşen aralıklarla yerleştirilmiştir.

Armatürlerin ışık şiddetleri %100, %50 veya kapalı olacak şekilde kumanda edilerek değiştirilebilmektedir.

Gündüz dışarıdan tünele giren bir sürücünün birden bire iyi aydınlatılmamış bir ortamda kendilerini bulmaları sürüş emniyeti açısından kabul edilebilir bir durum değildir. Bu sebeple göz uyumunu sağlayacak şekilde uygun bir aydınlık şiddeti olmak zorundadır. Tünel dışındaki gündüz aydınlık şiddeti (parlaklık) ile orantılı olarak tünel girişindeki parlaklık seviyesi beş kademe otomatik olarak değişmektedir.

Bunun için her iki tüp girişinde dışarıda bulunan parlaklık ölçerler (Lüminans metre) kullanılmaktadır. Aynı şekilde tünel içerisinde giriş bölgesinde bulunan Lüminans metreler ile arzu edilen parlaklık seviyeleri karşılaştırılmaktadır. Tünele giriş yapan sürücülerin hız sınırlarına uyması halinde aydınlatılması CIE 88-1990 standartlarında yapılmış olan ve gün ışığındaki değişikliklere bağlı olarak parlaklık seviyesi otomatik ayarlanan tünelde, sürüş emniyeti açısından herhangi bir sorun yaşamaları söz konusu değildir.

Enerji kesintilerinde tünel aydınlatmasız kalmamaktadır. Bunun için kesintisiz Güç Kaynakları (UPS) ve tüm sistemi besleyen Jeneratörler otomatik olarak devreye girmektedir.

Temel bilgiler

Müsaade edilen hız: 70 km/saat

Yol kaplaması: asfalt sınıf R3, $q(0) = 0.07$

Duvar kaplaması: beton

Duvar yansıma faktörü: 0.6

Armatür yüksekliği: 7,3 m Asarsuyu Portal / 7,1 m Elmalık Portal

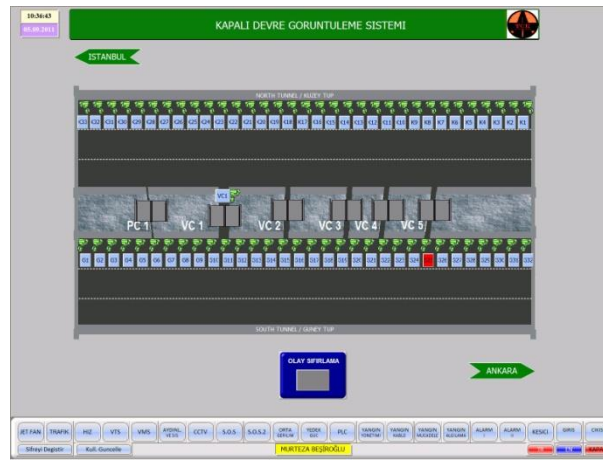
Kaçış yönü işareti

Kaçış yönü işareti, yangın esnasında kazazedelerin en yakın istikametten diğer tüpe geçebilecekleri araç geçiş / yaya geçiş yön ve mesafesini ışıklı levhalarla göstermektedir. Söz konusu ışıklı levhalar, sağ tünel duvarında yerden 1 m yükseklikte 2x18 W'lık floresan lambalarla aydınlatılmakta olup, kesintisiz güç kaynakları ile beslenmektedir. Bunun dışında tünelin sol duvarında reflektörlü, ışıksız levhalarla yine en yakın kaçış yönünü göstermektedir. Her iki levha aralıkları yaklaşık 60 m'dir.

Kapalı Devre Televizyon Sistemi

Tünel içindeki trafiği izlemek için yaklaşık 95 metre aralıklarla (tünelde kör nokta kalmayacak şekilde) sabit odaklı kameralar yerleştirilmiştir.

Tünel içerisinde Güney tünelde 32, Kuzey tünelde 33 ve VC1 elektrik dağıtım binasının bulunduğu araç geçişinde 1 olmak üzere toplam 66 kamera bulunmaktadır.



Tünel dışında Asarsuyu ve Elmalık Tünel portallarında 2 şer adet hareketli (Pan, tilt, zoom) kamera bulunmaktadır. Asarsuyu vadisi Viyadükler bölgesinde 10 adet dome kamera, 4 adet zoom özellikli kamera bulunmaktadır. Kaynaşlı TEM girişini gören 1 adet kamera ile Elmalık mevkiinde 2 adet zoom özellikli sabit kamera ile birlikte toplamda 21 adet harici kamera vardır. Kapalı Devre Televizyon Sistemine (CCTV) dâhil toplam kamera sayısı 87 adettir.

Bunların dışında Tünelde 10 adet Plaka ve hız okuma kameraları bulunmaktadır.

Tünel içerisinde bulunan 66 adet kamera ile olay algılama (olağan dışı bir durumun otomatik tesbiti, duran araç, yaya, ters giden araç vb.) yapılarak, görüntüleri kontrol merkezinde bulunan 50" ekranlardan birinde izlenebilmektedir. Ayrıca sesli olarak operatör uyarılmaktadır.

Tüm kamera görüntüleri kontrol merkezinde bulunan 8 adet 50" büyüklüğünde projeksiyon ekranlarda ve 10 adet 19" LCD ekranlarda izlenmektedir.



Tüm kamera görüntüleri 7 gün 24 saat kayıt edilmektedir.

PLAKA OKUMA SİSTEMİ

Plaka okuma kameraları ile hız limitlerini aştığı belirlenen araçların hızları ve plaka numaraları, fotoğrafları çekilerek kaydedilmektedir.

Plaka ve hız okuma sistemi aşağıdaki amaçlara hizmet etmektedir:

- **Hız İhlali Takibi:** Araçların hızını ölçerek kaydedebilmektedir.
- **Şüpheli Araç Takibi:** Belli zaman dilimlerinde bir aracın belirtilenden fazla sefer görüntülenmesi durumlarını takip edebilmektedir.

ACİL HABERLEŞME SİSTEMİ

Tünel giriş ve çıkışlarında toplam 4 adet, tünel içerisinde bulunan 27 adet acil haberleşme boşlukları kapıları üstünde ışıklı telefon simgesi bulunmaktadır. SOS yazısı ve telefon simgesi bulunan Acil Haberleşme boşlukları içerisinde telefonlar bulunmaktadır. Toplam sayısı 31 adet olan bu haberleşme cihazlarının üzerinde (Tünel içersindekiler de) ahize ve ışıklı dört adet basmalı düğme bulunmaktadır. Düğmeler polis, ilk yardım, itfaiye ve araç kurtarma düğmeleri için olup, düğmeye basılarak operatöre talep iletilebilmektedir.



Tünel giriş ve çıkışlarında bulunan Acil Haberleşme telefon cihazlarında ahize bulunmamakta, haberleşme dört düğmeden birine basılarak diyafon olarak operatör ile haberleşme sağlanmaktadır.

Acil haberleşme odasının kapısı açılması durumunda, SCADA durumu algılayıp o bölgedeki kamera görüntüsü geniş ekran projeksiyon ekranında olay monitörüne otomatik yansıtmakta, sesli ve görsel alarm vermektedir. Her aramada bir rapor alınmakta ve ortak veri tabanında saklanmaktadır.

YANGIN ALGILAMA, İHBAR VE SÖNDÜRME SİSTEMİ

Tünel içerisinde olası bir kaza vs. durumunda ortaya çıkabilecek yangın için otomatik Yangın Algılama Kablosu ve Yangın ihbar butonları her iki tüpte muhtelif yerlere yerleştirilmiştir. Yangın Algılama kablosu tünel tavanında olup, içerisinde her 8 metrede bir ısı algılayıcılar vardır. Bu algılayıcılar ısı artışlarını ve / veya ölçülen yüksek ısıyı ve yerini kontrol merkezi SCADA bilgisayarına iletmektedir. Yangın ihbar butonları, üzerinde ışıklı telefon işareti ve SOS yazısı bulunan Acil Haberleşme boşluklarının kapılarında yer almaktadır. Toplam sayısı 27 adettir.



Yangın söndürme amacı ile yavaş şerit tarafında Acil Haberleşme boşluklarında 27 yerde, hızlı şerit tarafında 57 yerde hidrant ve yangın dolabı bulunan yangınla mücadele boşluklarının her birinde biri 9 kg diğeri 6 kg olan kuru tip yangın söndürme tüpleri bulunmaktadır. Bu tüplerin yerinden kaldırılması halinde otomatik olarak SCADA sisteminde alarm vermektedir. Böyle bir durum kapalı devre televizyon sisteminden de izlenilebilmekte ve gerek kamera sisteminde ve gerekse SCADA 'da kayıt altına alınmaktadır.



Ayrıca büyük yangınlarda kullanılmak üzere tünel boyunca hidrantlar bulunmaktadır. Yangın söndürme çalışmalarında tünelin kendi itfaiye kuruluşu devreye girmektedir.

Tünel içerisindeki boşluklarda ve tünel dışındaki tesislerin bulunduğu kapalı ortamlarda ayrıca iyonize duman, çift prensipli ısı algılama sensörleri mevcuttur. Bu tür mekânlarda olası yangın durumları otomatik olarak algılanmaktadır.

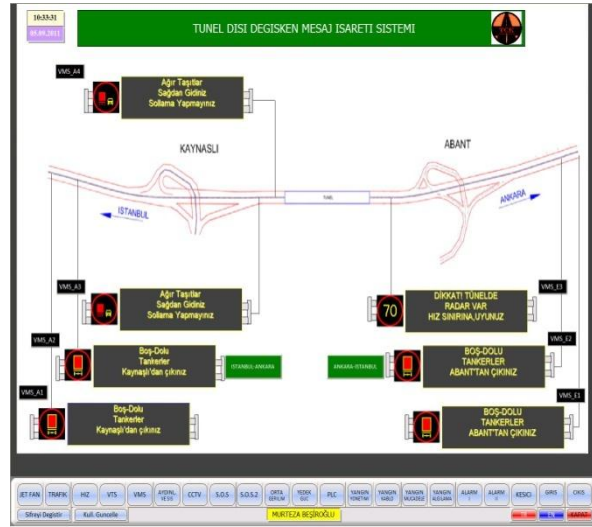
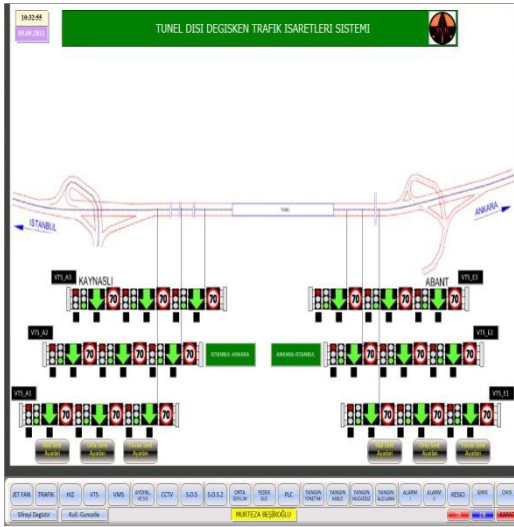
Her iki tüp arasında tüpleri birbirine bağlayan beş adet araç geçiş ve bir adet yaya geçiş bağlantısı vardır.

Herhangi büyük bir yangın durumunda trafiğin tamamen durması halinde yangın mahallinden önceki kazazedelerin araçlarını terk edip en yakın geçişten - mevcut yangına dayanıklı yaya kapılarını kullanarak- diğer tüpe geçmeleri gerekir. Büyük yangın kapıları yalnızca kurtarma araçları için açılmalı aksi takdirde sürekli kapalı kalmalıdır. Bu durum yangının bulunduğu tüpten diğer tüpe duman geçişini engellemek ve çalışmakta olan havalandırma sisteminin amacına uygun işlevi görebilmesi için şarttır.

Toplam altı adet olan bu tali geçişlerden en yakın mesafedekine (bir önceki ve bir sonraki) olan uzaklık ışıklı ve ışısız tabelalar (kaçış yönü işareti) ile belirtilmektedir.

TRAFİK KONTROL SİSTEMİ

Tünel portallarında 3 noktada tünel içinde ise 8 noktada değiştirilebilir trafik ışıkları, hız limitleri ve yön okları aracılığı ile sürücüler uyarılmaktadır. İstanbul yönünde 4, Ankara yönünde 3 adet olmak üzere yazılı ve grafik tabanlı elektronik bilgilendirme panoları bulunmaktadır. Bu panolara ihtiyaca göre gerekli bilgilendirme mesajları operatör tarafından yazılabildiği gibi tünelde yangın durumunda sistem otomatik olarak da mesaj göndermektedir.

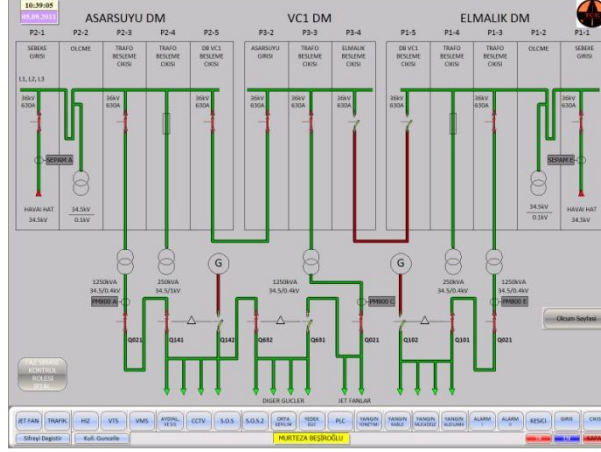


Tünel içindeki ve yakınındaki trafik, yüksek ışınımlı LED'li, tünel dışında 1200x1200mm, tünel içinde 700x700mm trafik işaretleri / şerit ve hız kontrol işaretleri, 300mm LED'li üç renkli trafik ışıkları, 300mm LED'li flaşörlü bariyerler, 3 satır 16 karakter değişken mesajlı ve LED'li işaretler ile kontrol edilmektedir ve bütün birimler SCADA ile ilişkilendirilmiş bulunmaktadır.



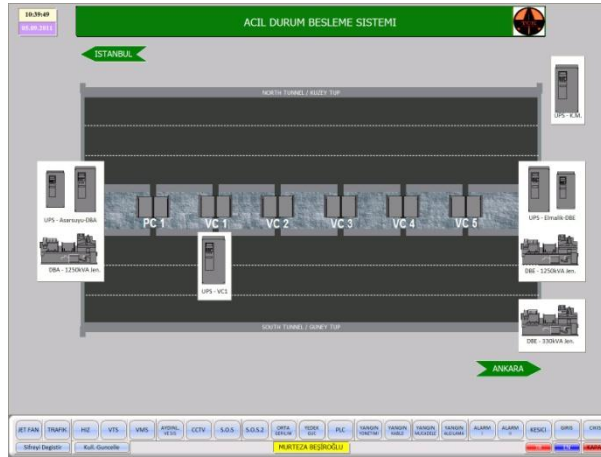
ENERJİ BESLEME SİSTEMİ

Bolu tüneli ve otoyolu elektromekanik sistemleri için D-100 karayolu yakınında bulunan bir noktadan alınan 34,5 kV enerji iki ayrı güzergâhtan tünelin Elmalık ve Asarsuyu portallarında bulunan dağıtım binalarına getirilmektedir. Bu merkezlerde bulunan 1250 kVA'lık trafolarla 400 V'a çevrilen enerji sistemlerin ihtiyacını karşılamaktadır. Ayrıca tünel içerisinde bulunan aynı güçteki bir başka trafoda aynı amaçla kullanılmaktadır.



Enerji getiren hatlardan birinde kesinti olması halinde diğer hattan alınan enerji ile sistemlere gereken enerji sağlanmaktadır.

Elmalık ve Asarsuyu dağıtım binalarında ayrıca 1250 kVA gücünde jeneratörler mevcut olup, SEDAŞ enerjisinin tümüyle kesilmesi halinde bu jeneratörler devreye girmektedir. Jeneratörler havalandırma ve aydınlatma dâhil tüm tünel sistemlerini beslemektedir.



Ayrıca mevcut muhtelif kesintisiz güç kaynakları (UPS) ile jeneratör devreye girinceye kadar veya jeneratör arızalarında havalandırma hariç sistemlerin çoğunu beslemektedir.

UPS aşağıdakileri beslemektedir:

- Tüm gözetim ve kontrol sistemi
- Veri iletimi
- Kontrol merkezi
- Dağıtım binası aydınlatması
- Acil durum tünel aydınlatması
- Giriş Aydınlatması

Dizel jeneratör aşağıdakileri beslemektedir:

- UPS
- Havalandırma
- Portal alanı Aydınlatması
- Giriş Aydınlatması
- Dahili Aydınlatma
- Dağıtım binası donanımı
- Haberleşme
- Sis uyarı sistemi

BUZLANMAYI ALGILAMA VE ÖNLEME SİSTEMİ

Gümüşova-Gerede Bolu Dağı geçiş güzergahı, sert kış koşulları, düşük sıcaklıklar sis ve yoğun kar yağışı trafik güvenliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Ayrıca yaklaşık %6'ya varan boyuna eğimler, uzun ve yüksek viyadükleri barındıran otoyolun kendi yapısal özellikleri yolun geçtiği bölgeyi buz oluşumuna (özellikle viyadüklerin üzerinde ve tünel giriş ve çıkışlarında) oldukça yatkın hale getirmektedir.

Bu nedenle bahsedilen hava koşullarında yol üzerinde buzlanmanın önlenerek sıvı olarak kalmasını garanti altına almak için yolun belirli kesimleri buz önleme meteorolojik gözetim ve tahmin sistemleri ile donatılmıştır.

Buzlanmayı algılama ve önleme sistemi üç kısımdan oluşmaktadır.

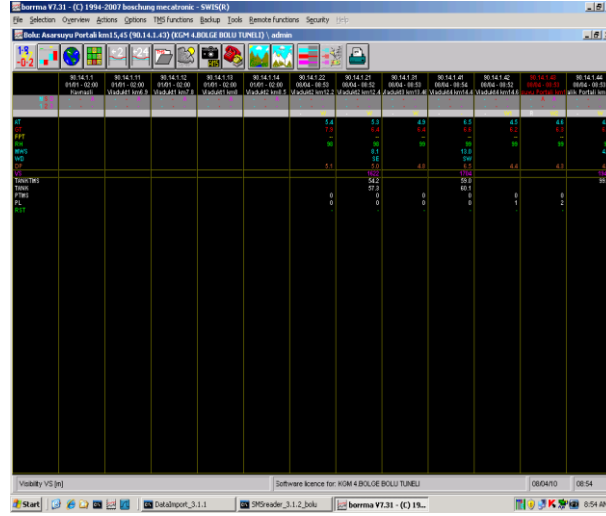
- Yol ve Hava Bilgi Sistemi (RWIS) meteorolojik gözetim ve buzlanma öncesi uyarı sağlar.



- Sabitlenmiş otomatik sprej teknolojisi (FAST) kritik noktalara ve/veya yokuşlara lokal olarak eş zamanlı eriyik püskürtür.



- Donanım ve yazılıma sahip bir bilgisayarlı sistem RWIS ve FAST'tan veri toplanması, depolanması, bu verilerin eş zamanlı olarak gösterilmesi ve istatistiksel hesaplamaların yapılması gerektiğinde operatörlerin sisteme doğrudan müdahalesine imkan sağlamaktadır.

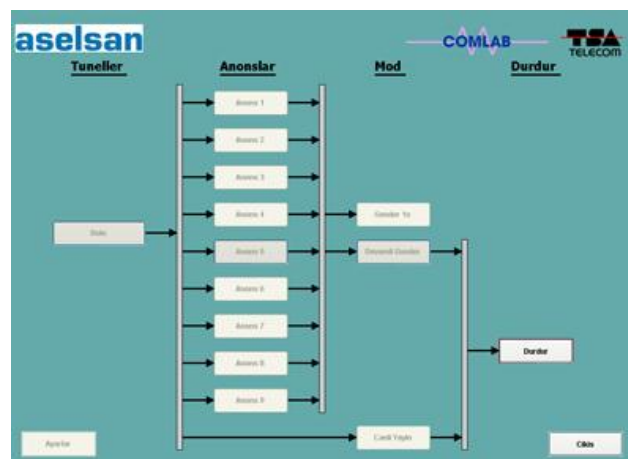


Sistem, asfalt yüzeyine yerleştirilmiş algılayıcılar, kimyasal püskürtme başlıkları (valf), meteorolojik ölçüm noktaları, pompalar, eriyik depoları gibi ünitelerden oluşmaktadır.

Tünelin her iki tarafı giriş ve çıkışlarında Viyadük 2, 3 ve 4 üzerinde her iki istikamette yavaş ve hızlı şerif taraflarından yola püskürtme yapan toplam 525 adet valf mevcuttur. Bunlarla yolun geliş ve gidiş istikametlerinin her birinde yaklaşık 2,6 km boyunca eriyik madde ile buzlanmaya karşı koruma sağlanmaktadır.

TÜNEL RADYO SİSTEMİ

Tünelden geçen araçlar için altı FM radyo frekansı kanalı üzerinden değiştirilebilir aralıklarla Türkçe ve İngilizce olmak üzere uyarı yapılmaktadır.



Ayrıca tünel içerisinde görev yapmak durumunda olan bazı kuruluşların telsiz haberleşmesi kesintisiz olarak sağlanmaktadır. Bu kuruluşlar; Bolu ili İtfaiyesi, Polis, Jandarma, Acil Yardım (Cankurtaran) ve Karayolları İşletmesi olup, görevli personel tünel içerisinde telsiz kullanabilmektedirler.

Bu amaçla her iki tüpte yavaş ve hızlı şerif taraflarında tüm tünel boyunca duvarda anten kablosu tesis edilmiştir.

Bu sistemden ayrı olarak mevcut üç GSM operatörünün telefonları ile tünel içerisinde yolcular kesintisiz haberleşme yapmaları mümkündür.

KAMU ANONS SİSTEMİ

Tünel içerisinde herhangi bir sebeple kalan sürücü ve yolculara gerekli uyarıda bulunmak üzere Kamu Anons Sistemi tesis edilmiştir. Sırt sırta ikişer adet yüksek güçlü hoparlörden oluşan sistemde her iki tüpte toplam 62 hoparlör mevcut olup, operatör tarafından tek tek veya grup halinde ya da tünelin tümüne anons yapmak mümkündür.

Özellikle kaza, yangın vb. gibi olağan üstü durumlarda operatör tarafından yapılacak uyarı ve yönlendirilmelerin sağlanması açısından yolcu ve sürücülerin önemle dikkate alması gereken bir anons sistemidir.

OTOYOL AYDINLATMA SİSTEMİ

Otoyol Elmalık Portalı tünel ağzından itibaren yaklaşık 500 metrelik bir mesafe aydınlatılmaktadır. Asarsuyu tarafından bu mesafe tünel ağzından itibaren yaklaşık 3,5 km'dir.

Aydınlatmada her iki yol trafik akış yönünde sağ şerit tarafında bulunan 15 m yüksekliğinde ve 40 m arayla bulunan direklerden yapılmaktadır. Tek konsollu bu direklerde 400 W sodyum buharlı lambalar kullanılmıştır.

Aydınlatma gün ışığından ölçülen parlaklık şiddetine bağlı olarak otomatik olarak devreye girip çıkmaktadır.

SİS UYARI SİSTEMİ

Asarsuyu tünel ağzından başlayarak İstanbul istikametinde Viyadük 1 başına kadar yaklaşık 9 km'lik bir mesafede yerleştirilmiş LED'li lambalar ile sağlanmaktadır. Aynı sistem Elmalık tünel ağzı ile Abant kavşağı arasında 4,2 km boyunca mevcuttur.



LED'li sis lambaları gidiş ve geliş istikametinde yolun yavaş ve hızlı şerit taraflarına 40 metre ara ile yerleştirilmiş 4 metre yüksekliğindeki direklerde bulunmaktadır.

Asarsuyu tarafında üç yere Elmalıkta bir yere konulmuş sis algılayıcılardan elde edilen bilgilere göre ilgili kısmın sis uyarı lambaları otomatik olarak devreye girmektedir. Gerekiğinde operatör tarafından manuel olarak devreye sokulabilmektedir.