

SIGURNOSNI SUSTAVI I PRIJEVOZ OPASNIH TVARI U TUNELIMA UZ REKONSTRUKCIJU NESREĆE

Rakitić, Antonija

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:599208>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-05**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu

Odjel Sigurnosti i zaštite

Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Antonija Rakitić

**SIGURNOSNI SUSTAVI I PRIJEVOZ
OPASNIH TVARI U TUNELIMA UZ
REKONSTRUKCIJU NESREĆE**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2022.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional graduate study of Safety and Protection

Antonija Rakitić

**SAFETY SYSTEMS AND TRANSPORT
OF DANGEROUS GOODS IN TUNNELS
WITH ACCIDENT RECONSTRUCTION**

FINAL PAPER

Karlovac, 2022.

Veleučilište u Karlovcu

Odjel Sigurnosti i zaštite

Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Antonija Rakitić

**SIGURNOSNI SUSTAVI I PRIJEVOZ
OPASNIH TVARI U TUNELIMA UZ
REKONSTRUKCIJU NESREĆE**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Robert Hranilović, dipl.ing.

Karlovac, 2022.



**VELEUČILIŠTE
U KARLOVCU**
Karlovac University
of Applied Sciences

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Trg J.J.Strossmayera 9
HR-47000, Karlovac, Croatia
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510
Fax. +385 - (0)47 - 843 – 579



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Specijalistički studij: Specijalistički diplomski stručni studij Sigurnost i zaštita

Usmjerenje: Zaštita od požara

Karlovac, 2022.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Antonija Rakitić

Matični broj: 0248058797

Naslov: Sigurnosni sustavi u tunelu uz rekonstrukciju nesreće

Opis zadatka:

Cilj i zadatak rada je prikazati sigurnosni sustav u cestovnom tunelu. U prvom dijelu rada pažnja je posvećena osnovnim propisima, dojavi požara, te vrstama ventilacije u tunelima. U drugom dijelu rada opisan je taktički nastup u tunelima, te je napravljena rekonstrukcija slučajnog događaja, bez konkretne lokacije.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđen datum obrane:

05./2022.

08./2022.

09./2022.

Mentor:

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

Robert Hranilović, dipl.ing

PREDGOVOR

Izjavljujem da sam ovaj rad napisala samostalno koristeći se znanjem stečenim tijekom studiranja i izvorima navedenim u literaturi.

Želim zahvaliti svim profesorima na Veleučilištu u Karlovcu koji su mi prenijeli svoje znanje.

Veliku zahvalu iskazujem svojem mentoru dipl.ing Robertu Hraniloviću, koji mi je pomogao u izradi ovog završnog rada, usmjeravao me svojim stručnim znanjem i savjetima.

Zahvaljujem se svojim roditeljima, sestri i bratu, te ostaloj obitelji koji su uz mene bili tijekom školovanja, motivirali me i bili potpora kada je bilo najteže.

Hvala prijateljima i kolegama koji su mi ovo školovanje i boravak u Karlovcu učinili ljepšim.

Dodatno se zahvaljujem djelatnicima JVP Grada Slavenskog Broda koji su mi na stručnoj praksi prenijeli dodatna znanja te bili na raspolaganju za sva moja pitanja.

SAŽETAK

Tuneli su danas najsigurniji dijelovi prometnica, svojim sigurnosnim sustavima pokrivaju svaki centimetar tunela. Današnji sofisticirani sustavi prate svako kretanje u tunelu te u realnom vremenu alarmiraju svaku neprirodnu pojavu.

Današnji sustavi i oprema uvelike omogućuju olakšan pristup vatrogascima na intervencijama u tunelima, te je uspješnost intervencija u tunelima 98%. Lokacija požara u samom tunelu uvjetuje težinu intervencije, a s obzirom da se radi o takvoj građevini izvediv je frontalni ili obuhvatni nastup.

Prilikom prijevoza opasnih tvari potrebno je primijeniti mjere utvrđene posebnim propisima, ishoditi potrebne dozvole, postaviti propisane znakove kako na samom vozilu tako i prije ulaska u tunel

Ključne riječi: tunel, sigurnosni sustav, opasne tvari, prometna nesreća

SUMMARY

Today, tunnels are the safest parts of the road, with their safety systems covering every inch of the tunnel. Today's sophisticated systems monitor every movement in the tunnel and alert every unnatural phenomenon in real time.

Today's systems and equipment greatly facilitate firefighters' access to tunnel interventions, and the success rate of tunnel interventions is 98%. The location of the fire in the tunnel itself determines the severity of the intervention, and since it is such a building, a frontal or comprehensive appearance is feasible.

When transporting dangerous goods, it is necessary to apply the measures determined by special regulations, obtain the necessary permits, place the prescribed signs both on the vehicle and before entering the tunnel.

Key words: tunnel, security system, hazardous substances, traffic accident

SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....	I
PREDGOVOR	II
SAŽETAK	III
SUMMARY	IV
1. UVOD	1
1.1. Predmet i cilj rada	2
1.2. Izvori podataka	2
2. SIGURNOSNO PRAVNI ZAHTJEVI U TUNELIMA	3
2.1. Putovi i izlaz za slučaj nužde	3
2.2. Odvodnja	5
2.3. Otpornost na požar	5
2.4. Rasvjeta.....	5
2.5. Stanice za hitne slučajeve	6
2.6. Vodoopskrba.....	6
2.7. Kontrolni centar.....	7
2.8. Prijevoz opasnih tvari.....	8
2.9. Stanice za hitne slučajeve	8
3. SUSTAVI U TUNELU	9
3.1. Sustav detekcije požara	9
3.1.1. Sustav automatske dojave požara	10
3.2. Sustav video nadzora i automatske detekcije incidenta.....	11
3.3. Radiokomunikacijski sustav	11
3.4. Sustav ozvučenja.....	12
3.5. Telefonski pozivni sistem	12

3.6. Prometno informacijski sustav	12
4. VENTILACIJA U TUNELIMA	13
4.1. Vrste ventilacije u tunelu	13
4.1.1. Prirodna ventilacija	14
4.1.2. Uzdužna ventilacija	15
4.1.3. Polupoprečna ventilacija	16
4.1.4. Poprečna ventilacija	16
5. TAKTIKA GAŠENJA POŽARA U TUNELU	17
5.1. Bitne značajke	18
5.2. Taktički nastup	18
6. OPASNE TVARI I PRIJEVOZ OPASNIH TVARI	20
6.1. Prijevoz opasnih tvari u tunelima	22
6.2. Opis opasne tvari za potrebe rada – olovni azid	24
6.2.1. Uputstvo u slučaju nesreće	25
6.2.2. Mjere koje treba poduzeti na intervenciji.	26
6.2.3. Mjere nakon intervencije	27
7. REKONSTRUKCIJA DOGAĐAJA	28
7.1. Opis incidenta i intervencije	28
7.2. Shematski prikaz intervencije	30
7.3. proračun utrošenih sredstava	33
7.3.1. CAFS.....	33
7.3.2. Voda.....	34
7.4. Dojavnica	35
7.5. Izvješće o intervenciji	36
7.6. Sažetak o intervenciji	37
8. ZAKLJUČAK.....	38

7. LITERATURA	39
8. PRILOZI	41
Popis simbola	41
Popis slika.....	42
Popis tablica	42

1. UVOD

Vatrodajavni sustav obuhvaća skup elemenata koji za zadaću imaju rano otkrivanje požara, određivanja točne lokacije, te davanja svjetlosnog odnosno zvučnog signala.

Vatrodajavni sustav sastoji se od:

- vatrodajavnika (javljača požara),
 - ❖ ručni javljači požara
 - ❖ automatski javljači požara (toplinski, dimni, plameni, kombinirani)
- vatrodajavne centrale,
- vatrodajavne mreže (instalacije),
- izvora električnog napajanja
- alarmnoga uređaja

Tuneli su uređeni prokopi cjevastog oblika koji prolaze kroz stijenu ili tlo, a omogućuje nam smanjenje duljine puta uz savladavanje prirodnih prepreka. Poznajemo šest vrsta tunela željeznički tuneli, biciklistički tuneli, pješački pothodnici, tuneli za brodove, cestovni tuneli, tuneli za opskrbu vode. Tunele također možemo razvrstati prema sljedećim specifikacijama:

- površini poprečnog presjeka
 - ❖ potkop
 - ❖ malog profila
 - ❖ srednjeg profila
 - ❖ velikog profila
- položaju na terenu
 - ❖ brdski
 - ❖ podvodni
 - ❖ podzemni

- duljini
 - ❖ sasvim kratki
 - ❖ kratki
 - ❖ srednji
 - ❖ dugi
 - ❖ vrlo dugi
- složenosti izvedbe
 - ❖ laka izvedba
 - ❖ srednje složena izvedba
 - ❖ složena izvedbu

Redovito održavanje čini skup mjera i radnji koje se obavljaju tijekom većeg dijela godine ili cijele godine na cestama uključujući i sve objekte i instalacije, sa svrhom održavanja prohodnosti i tehničke ispravnosti cesta i sigurnosti prometa na njim.

1.1. Predmet i cilj rada

U ovom radu cilj je pobrojiti i prikazati osnovni sigurnosni sustav u cestovnom tunelu. Na posljetku prikazan je nesretni događaj prilikom prijevoza opasne tvari u tunelu.

1.2. Izvori podataka

Izvori podataka baziraju se na pregledu dostupne stručne i znanstvene literature, putem pregleda dostupne znanstvene i stručne literature

2. SIGURNOSNO PRAVNI ZAHTJEVI U TUNELIMA

Prema pravilniku o minimalnih zahtjevima za tunele najveća dozvoljena brzina vožnje je 100 km/h u tunelu s jednosmjernim prometom, a s dvosmjernim ona iznosi 80 km/h. Broj tunelskih cijevi ovisi o stupnju sigurnosti prometa, duljini tunelskih cijevi, očekivanom prometnom opterećenju (s udjelom teških teretnih vozila), te uzdužnom nagibu.

Minimalni sigurnosni zahtjevi sadrže:

- vodoopskrbu
- strukturalne mjere
- ventilaciju
- zahtjeve za rasvjetu
- stanice za hitne slučajeve
- opremu za zatvaranje tunela
- kontrolni centar
- cestovne oznake
- komunikacijske sustave
- opskrbu električnom energijom u nuždi
- sustave nadzora

2.1. Putovi i izlaz za slučaj nužde

U novim tunelima koji nemaju zaustavnu traku, moraju se izvesti nogostupi koji se koriste u slučaju kvara ili nezgode. Nogostupi se izvode s obje strane kolika, širine minimalno 85 cm i moraju biti uzdignuti od prometne površine tunela, najmanje 15 cm. U postojećim tunelima koji nemaju zaustavnu traku ni nogostup za slučaj nužde, primijenit će se dodatne i/ili pojačane mjere radi povećanja sigurnosti, temeljene na analizi rizika. [1]

Izlazima za slučaj nužde smatraju se izlazi koji korisnicima moraju omogućiti napuštanje tunela bez vozila i dolazak na sigurno mjesto u slučaju požara ili nezgode te pristup tunelu pješice za hitne službe, a osobito:

- direktni izlazi iz tunela u vanjski prostor
- poprečni spojevi između tunelskih cijevi
- izlazi na galeriju za slučaj nužde
- poprečni izlazi u servisnu cijev
- skloništa s izlaznim putem na siguran prostor koji je odvojen od tunelske cijevi

Izlazi za slučaj nužde moraju se označiti prometnim znakom C124 (sigurnosni izlaz (Slika 1)). Ulazni prostori moraju se obojiti zelenom bojom, na koju je apliciran fotoluminiscentni simbol pješaka okrenut u smjeru ulaza. U zoni izlaza za nuždu moraju biti ugrađene bljeskalice zelene boje. [1]



Slika 1 Znak C124 [2]

Ako se promet odvija dvocijevno, na vratima koja vode iz pješačkog prolaza za slučaj nužde mora se postaviti oznaka da se u drugoj cijevi odvija promet, odnosno upozorit ga na opasnost od naleta vozila. (Slika 2)



Slika 2 Upozorenje na opasnost od naleta vozila [2]

2.2. Odvodnja

Sustav odvodnje kolnika mora osigurati odvodnju dotoka incidentne tekućine od 200 l/s na 200 metara duljine kolnika te onemogućiti širenje požara i toksičnih i drugih plinova te dima kroz odvodne cijevi unutar tunelske cijevi i između dviju tunelskih cijevi. Razlivene incidentne tekućine moraju se sakupljati u posebno izgrađenim separatorima kapaciteta najmanje 15 kubika, gdje se odvajaju od oborinskih voda. [1]

2.3. Otpornost na požar

Ovim propisom utvrđeno je kako tunelske konstrukcije moraju imati otpornost na požar u trajanju od najmanje 60 minuta, odnosno ovisi o duljini puta za evakuaciju i udaljenosti vatrogasne postrojbe koja je zadužena za taj dio, a utvrđuje se Elaboratom zaštite od požara.

2.4. Rasvjeta

Rasvjetom se mora omogućiti primjerena vidljivost danju i noću u unutrašnjosti tunela kao i prilagodnim zonama, a u slučaju kvara uključuje se rasvjeta u nuždi kojom se omogućava minimalna vidljivost korisnicima u vremenskom trajanju od najmanje 120 minuta.

Protupanična rasvjeta za evakuaciju osoba iz tunela postavlja se na visini od najviše 1,5 m i mora osiguravati svjetlosni tok od 1.800 lumena po svjetlosnoj površini, a luminacija između bijele i zelene boje ne smije biti veća od 10:1, u vremenu od 120 minuta. [1]

2.5. Stanice za hitne slučajeve

Stanice su opremljene dijelovima sigurnosne opreme, minimalno telefon za hitne slučajeve i dva vatrogasna aparata i ne osiguravaju izravnu zaštitu korisnika tunela od učinaka požara.

2.6. Vodoopskrba

Za sve tunele mora biti osigurana opskrba dostatnom količinom vode putem hidranta ili na drugi odgovarajući način. Hidranti moraju biti postavljeni blizu portala s vanjske strane i unutar tunela. Hidrantska mreža se postavlja s jedne strane kolnika na suprotnoj strani od SOS niša u dijelu povišene bankine gdje se postavlja tlačni vod za hidrantski razvod koji mora biti zaštićen od smrzavanja. Kod tunela s dvije cijevi, cijevi za hidrantsku vodu spajaju se u prsten. Tlak na mjestima uzimanja vode mora iznositi najmanje 6 bara, a najviše 12 bara. U svaku nišu za zaustavljanje vozila mora se postaviti po jedan hidrantski ormarić.

Kapacitet hidrantske mreže mora omogućiti uzimanje vode u količini od 1200 l/min. u vremenu od jednog sata. Ukoliko nije moguć priključak na lokalnu vodovodnu mrežu, treba predvidjeti postavljanje vertikalnih rezervoara kapaciteta od 80 m³. Smanjenje razine vode u rezervoaru ispod potrebne količine mora se signalizirati u kontrolnoj prostoriji. Nakon svakog pražnjenja rezervoara mora se omogućiti njegovo punjenje u roku od 24 sata.

Oprema koja se postavlja uz hidrante u tunelu mora omogućiti gašenje požara klase A i B s najmanje dva hidranta te s dva prijenosna vatrogasna aparata kapaciteta 9 kg. [1]

2.7. Kontrolni centar

U tunelima duljine veće od 3000 m s prometnim opterećenjem većim od 2000 vozila po prometnoj traci na dan mora se izvesti kontrolni centar, koji može obavljati nadzor više tunela, a on mora preuzeti nadzor i upravljanje tunelom kada:

- prometni parametri dosegnu kritične veličine (u tunelu ili u zoni ispred tunela),
- uvjeti u okolišu ugrožavaju sigurnost prometa (slaba vidljivost, visoka koncentracija CO i dr.),
- u slučaju pojave izvanrednih nepredvidivih ili predvidivih događaja (radovi na cesti, prometna nesreća, požar, dvosmjerni promet i dr.).

U tunelima koji imaju kontrolni centar moraju se postaviti video sustavi praćenja i sustav za automatsko otkrivanje prometnih nesreća, oni moraju omogućiti detekciju zaustavljenog vozila i pojavu dima, a u jednosmjernim tunelima i detekciju vožnje u suprotnom smjeru. U području vrata za poprečne prolaze moraju se postaviti rotacijske kamere s mogućnošću zumiranja.

Prilikom izvanrednih događaja, slika na ekranu kontrolnog centra mora se automatski prebaciti na kameru koja je postavljena u blizini izvanrednog događaja. Za izvanredne događaje mora postojati alarmni monitor na kojem se automatski pokazuju slike s kamera na mjestu događaja te slike s kamera ispred i iza događaja. U tunelima koji nemaju kontrolni centar, a kod kojih je rad mehaničke ventilacije za kontrolu dima različit od automatskog rada ventilacije za kontrolu zagađivača, moraju se postaviti automatski sustavi za otkrivanje požara.

[1]

2.8. Prijevoz opasnih tvari

Prilikom prijevoza opasnih tvari potrebno je primijeniti mjere utvrđene posebnim propisima, koje provode analizu rizika prije definiranja uvjeta i načina prijevoza opasnih tvari kroz tunele, utvrđuju posebne operativne mjere čija je svrha smanjenje rizika prilikom prijevoza opasnih tvari u tunelu te nalažu postavljanje odgovarajućih prometnih znakova sukladno posebnim propisima, na ulazima u tunel, odnosno prije tunela na dovoljnoj udaljenosti, kako bi se vozačima omogućio odabir alternativnih pravaca.

Također ovim pravilnikom zabranjuje se pretjecanje u tunnelima s više od jednog prometnog traka u svakom smjeru.

2.9. Stanice za hitne slučajeve

Stanice za hitne slučajeve moraju biti označene obavijesnim prometnim znakovima C38 (telefon) i C58 (vatrogasni aparat), kojima se naznačuje oprema koja je dostupna korisnicima ceste. [1]



Slika 3 Znak C38 [2]



Slika 4 Znak C58 [2]

3. SUSTAVI U TUNELU

3.1. Sustav detekcije požara

Namjena vatrodojavnog sustava je rano otkrivanje požara u stadiju nastajanja kao i otkrivanje točnog mjesta nastanka požara, te svjetlosno i zvučno alarmiranje. Svaki vatrodojavni sustav se sastoji od vatrodojavne centrale, javljača požara, izvora eklektičnog napajanja, vatrodojavne mreže, te alarmnih uređaja. Vatrodojavna centrala ima razne zadaće, a kao najvažnije možemo izdvojiti obradu signala koji dolaze od javljača požara koji u slučaju pojave požara uključuje uređaje za zvučno i svjetlosno uzbuđivanje, prikazivanje pogonskog stanja vatrodojavnog sustava (normalni rad, požarni alarm, smetnje, uključenost ili isključenost sustava), te nadziranje i upravljanje cijelog sustava za dojavu požara. Svaki vatrodojavni sustav mora imati vlastitu mrežu vodova koja je potpuno neovisna o drugim instalacijama. Napajanje ovog sustava izvodi se s dva izvora električne energije od kojih je jedan gradska mreža, a drugi akumulatorska baterija, a neaktivnost jednog od ta dva električna napajanja treba prikazati kao smetnju zvučnim i svjetlosnim signalima operativnom dežurstvu. [3]

Javljače požara možemo podijeliti u dvije osnovne skupine; ručni javljači i automatski javljači požara. Ručni javljači se montiraju u posebnim kućištima ispod tankog stakla koji se aktiviraju samo razbijanjem stakla ili u kombinaciji s pritiskom na tipkalo. Valja napomenuti kako aktiviranje ovakvog javljača u većini slučajeva označava sigurno postojanje požara.

3.1.1. Sustav automatske dojave požara

Kako bi na vrijeme otkrili požar vrlo je bitno imati kvalitetan sustav vatrodojave. Prema osnovnoj podjeli detektore vatrodojave dijelimo na detektore topline, plamena i dima.

Podjela vrsta javljača:

- Detektori dima
 - ❖ Ionizacijski detektori dima
 - ❖ Optički detektori
 - ❖ Detektori dima s projiciranom zrakom
- Detektori topline
 - ❖ Detektori fiksne temperature
 - ❖ Detektori porasta temperature
 - ❖ Linijski temperaturni detektori
 - ❖ Bimetalni obnovljivi
- Detektori plamena
 - ❖ Ultraljubičasti detektori plamena
 - ❖ Infracrveni detektori plamena

U tunelima je potrebno osigurati pouzdan i efikasan vatrodojavni sistem, otkrivanje ranog požara u ovom slučaju je od velike važnosti za službe pri spašavanju civila, zbog zatvorenosti prostora i velike prometne napučenosti, također vrlo je bitna zbog očuvanja same stabilnosti i drugih sistema ugrađenih u tunelu. Ovisno o dužini tunela odabire se adekvatna oprema za dojavu požara. Tunel možemo podijeliti u nekoliko vatrodojavnih zona, realizacija požara u tunelskoj cijevi obrađuje se senzorskim kablom, te tako dobivamo najučinkovitiju zaštitu od požara.

Republika Hrvatska koristi jedan od najpouzdanijih i najmodernijih sustava za dojavu požara. Na samom početku provođenja vatrodojave u tunelima korišteni su ionizacijski javljači požara, ali zbog raznih atmosferskih utjecaja i pri gustom prometu dolazilo je do samozapaljenja javljača, ali zbog radijacije i učestalih pregleda je smanjena njihova primjena.

3.2. Sustav video nadzora i automatske detekcije incidenta

Sistem video nadzora, koji je povezan s centralom ima zadatak nadzora i praćenja prometa u samom tunelu te prilazima. Bitno je da sustav video nadzora bude u realnom vremenu i ispravan kako bi na vrijeme izvijestio odnosno alarmirao operatera prilikom nastanka nesretnog slučaja. Sustav treba detektirati zaustavljeno vozilo, prepreku na prometnici ili kolniku, naglo usporavanje prometa, dim u tunelu.

3.3. Radiokomunikacijski sustav

Omogućuje sigurne radio komunikacije iz tunela prema van i obratno, kao i međusobne komunikacije radio stanica unutar tunela, za sve službe kao što su policija, vatrogasci, HMP, održavanje, na njihovim frekvencijama. Potrebno je omogućiti i GSM te UMTS signal cijelom dužinom tunela. [4]

Također valja napomenuti kako svaki sistem treba imati mogućnost nadogradnje na sistem digitalne radio veze (TETRA) koja je bitna za sve hitne službe.

3.4. Sustav ozvučenja

Upravljanje ozvučenjem mora biti omogućeno iz kontrolne sobe, a služi za pružanje potrebnih informacija ili uputa putnicima koji su zaustavljeni u tunelu. U ovom slučaju vrlo je bitno dobro rasporediti zvučnike, kako bi se umanjio utjecaj buke te kako bi poruke operatera bile jasne i razumljive.

3.5. Telefonski pozivni sistem

SOS uređaji koji omogućavaju komunikaciju putnika s hitnim službama za pružanje pomoći ili davanje informacija, najčešće su postavljeni u SOS prostorima, a sastoje se od telefonskih pozivnih stupića sa SOS uređajem, centrale i telefona operatera, te telekomunikacijske veze.

3.6. Prometno informacijski sustav

Prometna signalizacija koja je postavljena na ulazu u tunel i u samom tunelu, postavlja se u svrhu povećanja sigurnosti prometa, a koristi podatke koji se prikupljaju pomoću gore navedenih sustava. [4]

4. VENTILACIJA U TUNELIMA

Prilikom rada motora postoji mogućnost ranih opasnosti kao što su iritacija, smanjenje vidljivosti, otrovanje. Kako bi se smanjila koncentracija toksičnih plinova i održala stalna atmosfera u tunelu koristi se ventilacija. Uslijed požara ventilacija omogućuje dovođenje svježeg zraka i odvođenje dima.

Ventilacijski sustav mora u slučaju:

- Normalnog rada:
 - ❖ omogućiti korisnicima tunela i radnom osoblju da nemaju negativne posljedice po zdravlje, uzimajući u obzir potrebnu dužinu boravka u svim saobraćajnim situacijama koje nastaju tijekom rada
 - ❖ potrebno vidno polje pri zaustavljanju mora se održavati
- U slučaju požara:
 - ❖ putevi za evakuaciju moraju biti bez dima za vrijeme evakuacije
 - ❖ interventne službe moraju biti u mogućnosti da koriste povoljne čimbenike u određenom vremenskom intervalu
 - ❖ mora se osigurati redukcija razmjere štete
 - ❖ u slučaju požara u jednoj cijevi druga cijev se koristi za evakuaciju [5]

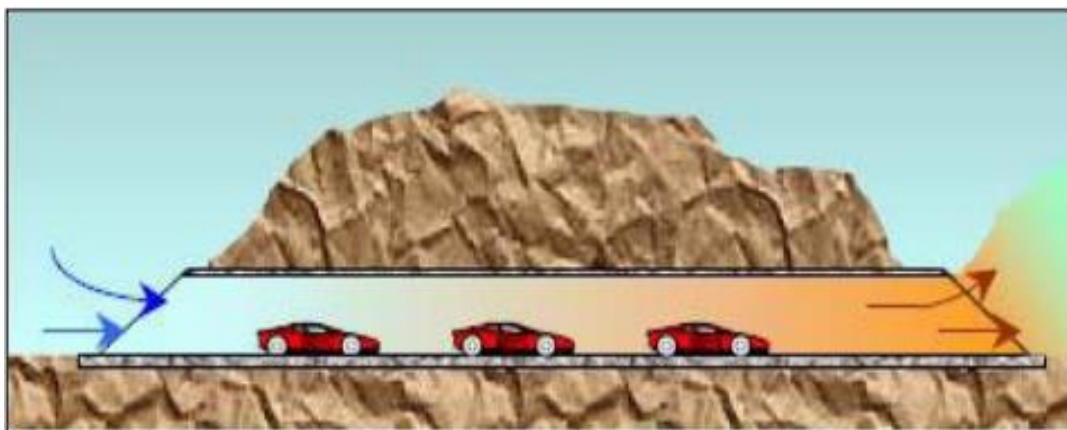
4.1. Vrste ventilacije u tunelu

Vrste ventilacije u tunelu:

- Prirodna ventilacija
- Uzdužna ventilacija
- Poluporečna ventilacija
- Poprečna ventilacija

4.1.1. Prirodna ventilacija

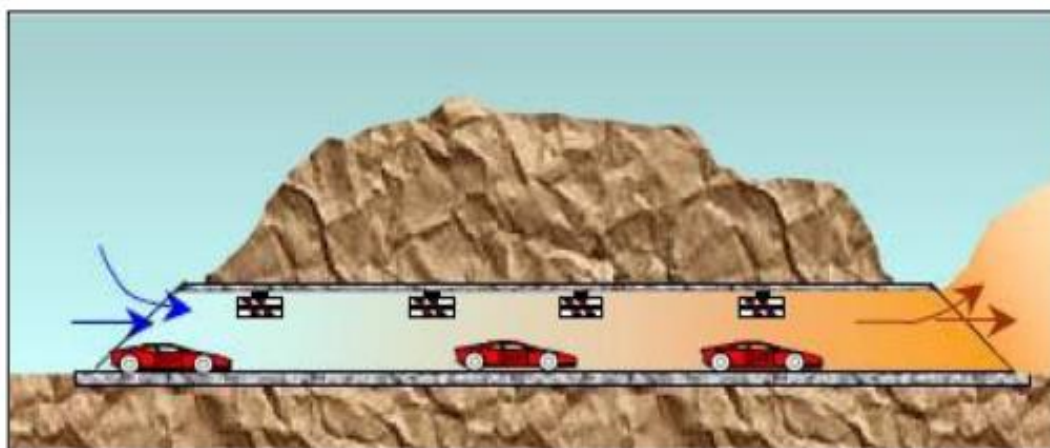
Prirodna ventilacija (Slika 5) je vrlo nesigurna jer ovisi isključivo o meteorološkim uvjetima, te ne može osigurati adekvatnu zaštitu u slučaju požara. Ukoliko tunel nije previše dug prirodna ventilacija može biti zadovoljavajuća i ne bi trebala koristiti kod tunela dužih od nekoliko stotina metara.



Slika 5 Prirodna ventilacija [6]

4.1.2. Uzdužna ventilacija

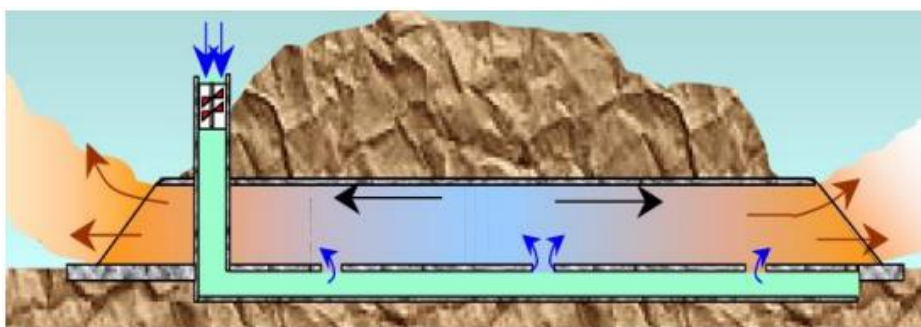
Ova vrsta ventilacije zrak isisava ili utiskuje u tunel na ograničenom broju točaka, nastaje uzdužno strujanje zraka koje može biti uz pomoć ventilatora ili prirodno (Slika 6). Svaki požarni sektor mora imati najmanje dva ventilatora, kako bi se povećala sigurnost u slučaju požara. Ventilacije radi na način da se dim isisava kroz portale koji su postavljeni kroz dužinu cijelog tunela, te je ovakva vrsta ventilacije najčešće korištena.



Slika 6 Uzdužna ventilacija [6]

4.1.3. Polupoprečna ventilacija

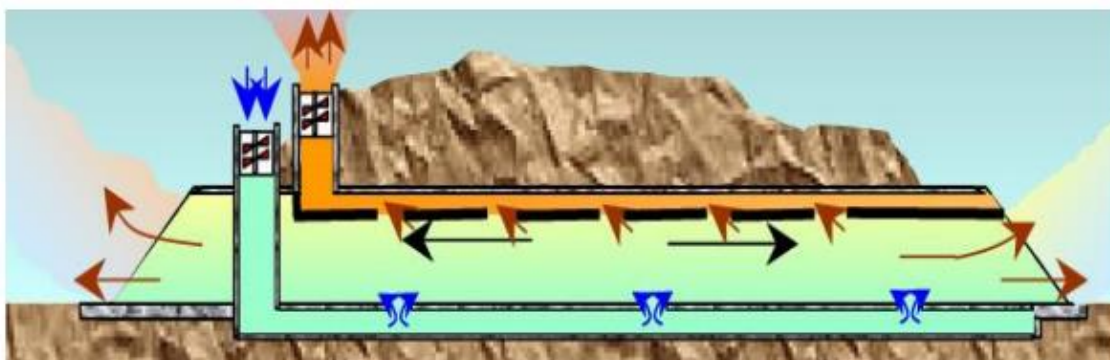
Polupoprečna ventilacija svježi zrak dovodi pomoću posebnih otvora, a otpadni zrak zadržava iznad stropa tunela te izlazi van kroz ulaz/izlaz iz tunela (Slika 7). Ovakav način ventilacije susrest ćemo u tunelima gdje postoji povećana opasnost od nesreća i pojave požara. U slučaju požara dim se izvlači posebnim usisnim ventilatorima, koji dovode svježi zrak kako bi promijenio pravac djelovanja.



Slika 7 Polupoprečna ventilacija [6]

4.1.4 .Poprečna ventilacija

Poprečna ventilacija se koristi kod dugačkih tunela. Karakterizira je to što postoje posebni kanali za dovod svježeg zraka i za odvod zagađenog zraka. Svježi zrak se dovodi sa jedne ili obje strane iznad prometnice, a zagađeni zrak se odvodi kanalima u gornjem dijelu tunela (Slika 8)

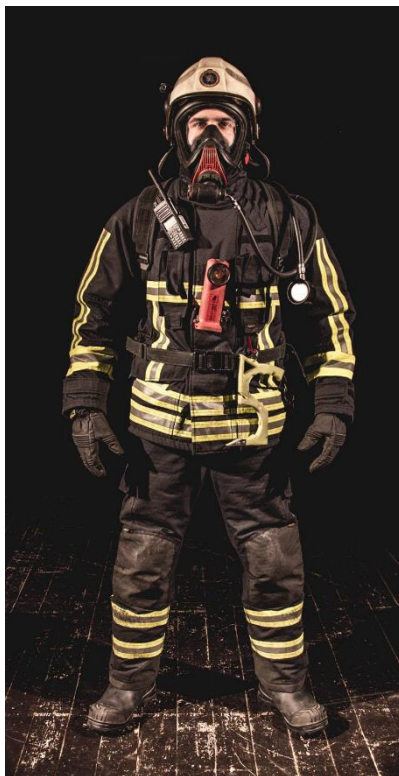


Slika 8 Poprečna ventilacija [6]

5. TAKTIKA GAŠENJA POŽARA U TUNELU

Prije svega vrlo je bitno da je vatrogasac koji ide na intervenciju adekvatno zaštićen (Slika 9), pa tako svaki vatrogasac na sebi ima:

- zaštitnu odjeću
- vatrogasnu kacigu
- opremu za zaštitu dišnih organa
- vatrogasne rukavice
- vatrogasne čizme
- pass
- radio stanica
- svjetiljka



Slika 9 Zaštitna oprema vatrogasca [7]

5.1. Bitne značajke

Učestalost požara u tunelima varira, a najčešći uzrok manjih požara vozila je tehnička pogreška na vozilima, dok su nesreće u kojima sudjeluje nekoliko vozila uzroci velikih požara., stoga svaki tunel, ovisno o dužini mora imati određene preventivne mjere, postrojbu s adekvatnom opremom. Postrojba mora biti osposobljena, razrađen plan djelovanja za sve slučajeve, intervencija koja uspije u roku d minuta, smatra se maksimalno uspješnom. U slučaju daljnje intervencije vatrogasci se bore s više dima, vrućih produkata i rušenjem oplata koji iziskuju više energije.

Svaka građevina, pa i sam tunel mora očuvati svoju nosivost, odnosno u slučaju požara mora izdržati određeno vrijeme kako bi se izvršila evakuacija ugroženih osoba. Također prilikom projektiranja valja obratiti pažnju na požarne sektore koje se izvodi kombinacijom izgradnje vertikalnih tunela za odvod topline i dima, te kontroliranom i programiranom ventilacijom u tunelu.

Kako bi gasitelji došli do mjesta požara mora im se osigurati pristup i prilaz, te površine za operativni rad, a minimalna površina vatrogasnog prilaza iznose 3 metra uz moguća odstupanja s uvjetom da postrojbe posjeduju posebno konstruirana vatrogasna vozila. [3]

5.2. Taktički nastup

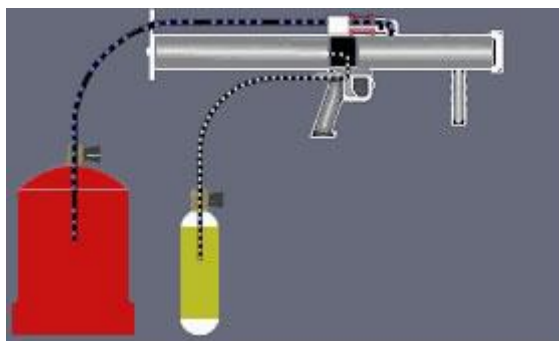
Konkretan i uhodan način gašenja požara u tunelu nema jer su sve intervencije prije svega unikatne, dakle ne postoje dvije identične intervencije. Valja napomenuti kako se na požarima tunela ne izlazi s malim ljudstvom zbog obvezne primjene opreme za disanje i zaštitu dišnih organa i protiv topline. Kako bi se započelo gašenje požara najvažnija je evakuacija, dakle prvobitno se vatrogasci usredotočuju na izvlačenje i evakuaciju unesrećenih.

Lokacija požara u samom tunelu uvjetuje vrstu taktičkog zahvata, a s obzirom da se radi o tunelu izvediv je frontalni ili obuhvatni nastup. Požar u tunelu može se gasiti vodom, pjenom ili prahom ovisno o zatečenom stanju, najučinkovitije gašenje za sada je impulsna puška (Slika 10) koja postiže veliko povećanje brzine putovanja sredstva za gašenje od čak 432 do 720 km/h. [3]



Slika 10 Impulsna puška [8]

Impulsna puška omogućuje gašenje s ekstremno malim količinama sredstva za gašenje, izbacuje sredstvo za gašenje pod pritiskom zraka od 25 bara, a vrijeme ponovnog punjenja na opaljenu je 2-4 sekunde što ovisi o uvježbanosti poslužioca vodene (impulsne) puške. Kao pogonsko sredstvo koristi se komprimirani zrak iz boce (Slika 11). [9]

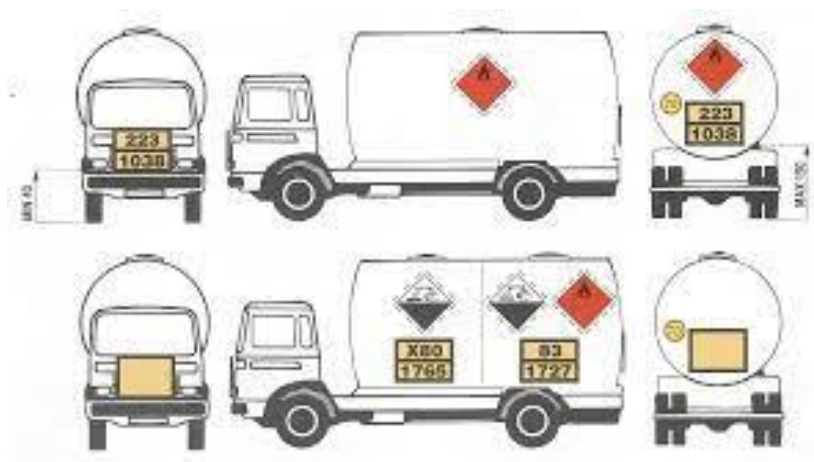


Slika 11 Shematski princip rada [9]

6. OPASNE TVARI I PRIJEVOZ OPASNIH TVARI

Opasnim tvarima smatraju se tvari, smjese ili pripravci koje ovisno o sastavu, količini i koncentraciji mogu ugroziti zdravlje ili život ljudi, a prekomjernim zagađivanjem atmosfere, vode i zemlje, prouzročiti i ekološke katastrofe kao što su uništavanje šuma, pojave kiselih kiša itd. [10]

Opasne tvari najčešće se prevoze cestom prilikom čega dolazi do raznih nesreća zbog neispravnosti prijevoznog sredstva ili krivice druge strane (sudar vozila). Prijevoz opasnih tvari vrši se prema već poznatom Europskom sporazumu o međunarodnom prijevozu opasnih tvari u cestovnom prometu (ADR) koji propisuje postavljanje dviju reflektirajućih narančastih ploča (40x30 cm) s crnim obrubom na vozilo. Ploče se postavljaju na prednju i stražnju stranu vozila ako se prevozi samo jedna tvar, a ako se prevozi više tvari, odnosno različite tvari s odvojenim spremnikom potrebno je postaviti bočne ploče koje sadrže broj za raspoznavanje opasnosti (gore) te UN broj tvari (dolje) (Slika 12).



Slika 12 Označavanje vozila [11]

Listice ističu glavnu i moguću dodatnu opasnost, pri čemu glavna opasnost odgovara razredu u koji opasna tvar pripada, a dodatne opasnosti drugim razredima ili skupinama. Etikete na pakiranim moraju biti najmanje 10 x 10 cm. Na prijevoznim sredstvima ističu se najmanje dvije listice na suprotnim stranama, a ako je prijevozno sredstvo podijeljenoj u više komora s različitim tvarima tada se listice stavljaju na odjeljke. Listice moraju biti minimalno 25 x 25 cm s odgovarajućom bojom i simbolom, te istaknutim brojem razreda ili skupine (Slika 12).



Slika 13 Listice [12]

Tablica 1 Vrste opasnih tvari u ADR-u [10]

Oznaka	Naziv klase
1.	Eksplodivne tvari i predmeti punjeni eksplozivnim tvarima
2.	Plinovi
3.	Zapaljive tekućine
4.1.	Zapaljive krute tvari
4.2.	Tvari sklone samozagrijavanju i samozapaljenju
4.3.	Tvari koje s vodom razvijaju zapaljive plinove
5.1.	Tvari koje mogu oksidirati
5.2.	Organski peroksidi
6.1.	Otrovne tvari
6.2.	Zarazne tvari
7.	Radioaktivne tvari
8.	Tvari koje djeluju nagrizajuće
9.	Različite opasne tvari i predmeti

6.1. Prijevoz opasnih tvari u tunelima

Svako vozilo koje je označeno šifrom osnovne opasnosti prema ADR-u i prevozi se kroz tunel dužine veće do 500 m mora imati jednu svjetiljku koja treperi ili se rotira svjetlom narančaste boje, svjetiljka mora biti vidljiva iz svih smjerova i uključuje se 50 m prije ulaza u tunel. Također valja napomenuti kako je prije prijevoza kroz tunel, za opasne tvari, potrebno ishoditi suglasnost za prolaz kroz tunel.

Prijevoz posebno opasnih tvari kroz tunel dužine veće do 500 m, osim eksplozivnih tvari, dopušten je samo uz pratnju jednog pratećeg vozila. Prijevoz eksplozivnih tvari kroz tunel dužine veće od 500 m, dopušteno je samo uz pratnju dva prateća vozila. Prateće vozilo mora imati najmanje jedno svjetlo narančaste boje koje treperi ili rotira, a mora biti uključeno za vrijeme pratnje vozila koje prevozi opasnu tvar. Pratnja pratećeg vozila nije potrebna kada teret prati policijsko vozilo. Brzina kretanja motornog vozila koje prevozi opasne tvari kroz tunel ne smije biti veća od 40 km/h. [10]

Cestovni tunel kroz koji se prevozi opasna tvar mora biti uvršten u jednu od kategorija tunela koje su navedene u tablici 2, svaki tunel dobiva kategoriju s obzirom na:

- značaj tunela,
- procjenu rizika,
- postojanje i adekvatnost alternativnih putova,
- vrstu prijevoza koji se obavlja,
- potencijale tijela za organizaciju prijevoza
- doba dana ili godine

Tablica 2 Kategorizacija tunela uz ograničenja [13]

KATEGORIJA	OGRANIČENJE
A	Nema ograničenja za prijevoz opasnih tvari. Nema nikakvog znaka.
B	Ograničenje za prijevoz opasnih tvari koje mogu izazvati velike eksplozije.
C	Ograničenje za prijevoz opasnih tvari koje mogu izazvati vrlo velike eksplozije, velike eksplozije ili djelovanje otrova.
D	Ograničenje za prijevoz opasnih tvari koje mogu izazvati vrlo velike eksplozije, velike eksplozije, veliko djelovanje otrova ili veliki požar.
E	Ograničenje za sve opasne tvari osim UN 2919 (radioaktivno), 3291 (medicinski otpad), 3331 (radioaktivno), 3359 (očišćena jedinica) i 3373 (biološke tvari).

Tuneli, kroz koje je ograničen prijevoz opasnih tvari kao i alternativni putovi moraju biti označeni odgovarajućim prometnim znakovima (Slika 14). Prometni znakovi kojima se zabranjuje ulaz vozila, koja prevoze opasne tvari u cestovne tunele, moraju biti postavljeni na mjestu gdje se još može usmjeriti vozilo na alternativni put. [13]



Slika 14 Znakovi zabrane [11]

6.2. Opis opasne tvari za potrebe rada – olovni azid

Olovni azid se dobiva od olovne soli i natrij-azida, to je kristalna tar bijele boje, a detonira bez prethodnog gorenja pod utjecajem vanjskog djelovanja(Slika 15). Osjetljivost na mehaničke utjecaje ovisi o veličini kristala, pa tako lom dužih kristala izaziva detonaciju čak i pod vodom, dok sitni kristali, oni do 0,1 mm nisu osjetljivi na udar i trenje te su sigurni za rukovanje. Olovni azid pod utjecajem sunčeve svjetlosti potamni, na plamen, udar i trenje je manje osjetljiv od fulminata, pali se na temperaturi iznad 300°C.



Slika 15 Olovni azid [14]

Tablica 3 Olovni azid

Tvar	OLOVNI AZID, VLAŽAN s najmanje 20% masenog udjela vode, ili smjese alkohola i vode
Formula	$Pb(N_3)_2$
UN broj	0129
Identifikacijski broj opasnosti	
ADR listica opasnosti	1
ADR klasa	1
Klasifikacijski kod	1.1A
Pakirna skupina	
ERI-kartica	1-01

6.2.1. Uputstvo u slučaju nesreće

1. Svojstva:

- Eksplozivne tvari ili predmeti koji sadrže eksplozive
- Može imati dodatna otrovna ili nagrizajuća svojstva.

2. Opasnosti:

- Opasnost eksplozije ukupne količine
- Kod jakog zagrijavanja ili požara bit će obuhvaćen skoro cjelokupni tovar
- Opasnost od rasprsnutih dijelova: velikom brzinom izbačeni rasprsnuti dijelovi ili požarni plamen, koji može izazvati sekundarne požare
- Opasnost od eksplozije s udarnim plamenom
- Žestoka eksplozija s udarnim valom, koji na području od nekoliko stotina metara oko mjesta nesreće može uzrokovati teška oštećenja, posebno na staklima
- U slučaju požara može razvijati otrovne ili nagrizajuće pare

Osobna zaštita

- Izolacijski aparati koji omogućavaju neovisnost od okolnog zraka.

6.2.2. Mjere koje treba poduzeti na intervenciji.

Opće mjere:

- Ne pušiti, isključiti izvore paljenja.
- U blizini tovara ne koristiti električne uređaje.
- Držati se na sigurnosnoj udaljenosti i odmah koristiti svaku prikladnu mogućnost zaklona.
- Opasnost za okolinu
- Evakuirati područje opasnosti.
- Ograničiti broj interventnih snaga u području opasnosti.
- Ispale ili rasprsnute eksplozivne tvari ili predmete ne dirati!
- Obavijestiti nadležnu ustanovu

Mjere kod ispuštanja (istjecanja) tvari:

- Ne poduzimati mjere za ograničenje ispuštanja tvari
- Ako tvar dospije do otvorenih voda ili kanalizacije, o tome obavijestiti nadležnu ustanovu.

Mjere u slučaju požara (ukoliko je izložena tvar):

- NE GASITI POŽAR! Pustiti požar da gori
- Samo ako područje tovara još nije zahvaćeno požarom, požar gasiti svim raspoloživim sredstvima.
- Djelovati iz zaštićenog položaja, da bi se smanjila opasnost za interventno osoblje.
- Rabiti mobilne bacače vode.
- Izvršiti evakuaciju stanovništva oko mjesta nesreće u radijusu od najmanje 1 km
- Članove interventnih postrojbi držati dalje od mjesta nesreće u radijusu od najmanje 500 m
- Ne stupati u područje opasnosti i zagrađeno područje nadzirati najmanje 6 sati

6.2.3. Mjere nakon intervencije

Mjere prilikom odlaganja zaštitne odore:

- Uključiti stručnjaka za dekontaminaciju.

Mjere kod čišćenja opreme:

- Prije napuštanja mjesta intervencije konzultirati stručnjaka

7. REKONSTRUKCIJA DOGAĐAJA

Za potrebe ovog rada uzet ćemo za primjer tunel dužine 2589 m, koji pripada kategoriji A prema kategorizacija tunela uz ograničenja. Tunel ima sljedeće specifikacije:

- dvosmjernan promet
- ispravna signalizacija
- evakuacijske cijevi
- uzdužni ventilacijski sustav
- video nadzor 24/7
- linijski sustav vatrodojave

Prilikom prijevoza usitnjenog olovnog azida (veličine 0,05 mm) dolazi do prometne nesreće u kojoj se električni automobil zabija u prednji dio kamiona koji prevozi opasnu tvar.

7.1. Opis incidenta i intervencije

Dana xx.xx.xxxx. u 1:24, na 153. metru od ulaza dolazi do prometne nesreće zbog umora vozača koji je išao iz suprotnog smjera, neposredno nakon sudara izbija plamen na kamionu koji prevozi opasnu tvar. Djelatnicima u kontrolnoj sobi se javlja alarm vatrodojavnog sustava te videonadzora, u tim trenucima zatvaraju se ulazi u tunel, obavještava se vatrogasce koji su na portalu tunela, pojačava ventilacija, te se zvučnom i vizualnom signalizacijom upozoravaju ostali putnici u tunelu.

Oba vozača se uspješno izbavljaju iz vozila, a vozač kamiona započinje početno gašenje zbog svjesnosti opasnosti tereta koji prevozi, ali bezuspješno jer se vatra širi na osobni automobil koji je prouzrokovao nesreću.

1:25 bilježimo izlazak zapovjednika smjene s intervencijskim vatrogasnim motorom, tri člana s kombiniranim vozilom te jedan član s evakuacijskim vozilom pod punom opremom s izolacijskim aparatima i po dvije boce stlačenog zraka.

1:26 dolazak na mjesto intervencije, zapovjednik vidjevši ploču vrši provjeru prijenosnim višenamjenski detektorom plina.

Dolaskom na mjesto nesreće započinje evakuacija ljudi zatečenih na mjestu nesreće, vozaču evakuacijskog vozila u pomoć pristiže vatrogasac koji je na mjesto nesreće došao s kombiniranim vozilom, nakon evakuacije svih civila vatrogasac daje znak vatrogascu vozaču evakuacijskog vozila da krene prema izlazu. Za vrijeme evakuacije dva člana kombiniranog vozila postavili dvije B cijevi od toga je prva spojena izravno na vozilo te koristeći univerzalnu mlaznicu započinju akciju gašenja požara s CAFS pjenom.

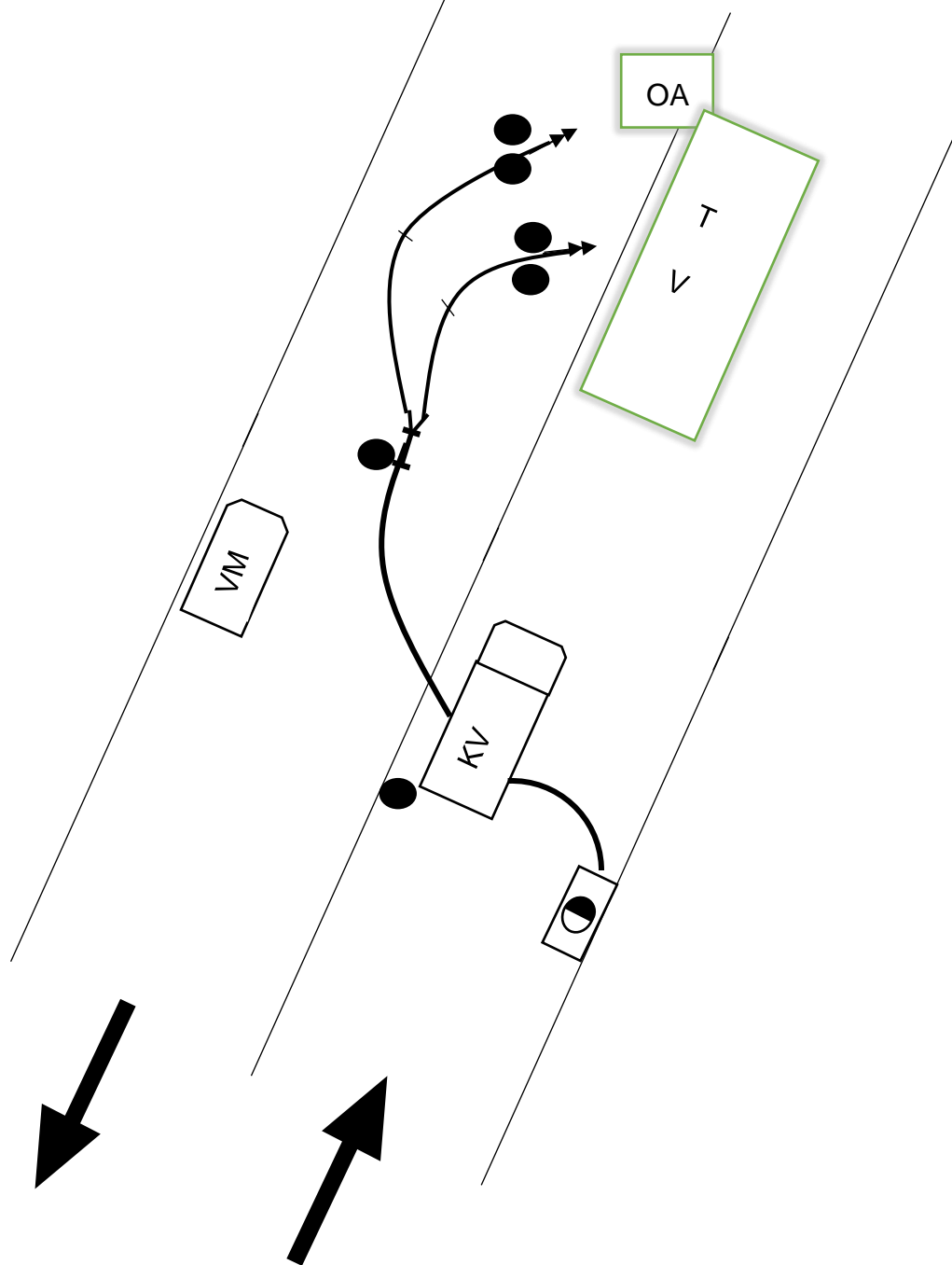
1:28 zapovjednik uvidjevši da se rad o električnom automobilu na koji se požar proširio, dežurnom javlja potrebu za vučnom službom te kontejnerom vode kako bi se kasnije uronio sobni automobil. Požar je lokaliziran u 1:40.

Nakon što je požar lokaliziran vatrogasno vozilo se spaja na hidrant, jedna B cijev uklanja, te se na B prugu stavlja dvodijelna razdjelnica sa po dvije C cijevi s univerzalnim mlaznicama i započinje se hlađenje teretnog prostora kamiona koji na sreću nije zahvaćen, kao i osobnog automobila raspršenim mlazom do dolaska službe.

U 2:10 po dolasku vučne službe vatrogasci izvlače osobni automobil iz tunela te prepuštaju službi daljnji postupak uranjanija i natapanja automobila.

Sanacija mjesta nesreće završava u 3:45, te u se vatrogasci vraćaju u postrojbu u 3:50.

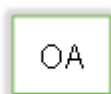
Hlađenje tereta i električnog automobila



Slika 17 Shematski prikaz vatrogasne intervencije - hlađenje

Tumačenje simbola:

Osobni automobil



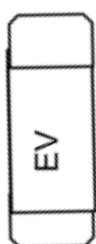
Teretno vozilo



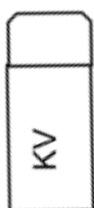
Vatrogasni motor



Evakuacijsko vozilo



Kombiniralo vozilo



Unutarnji hidrant



Smjer ulaska/izlaska postrojbe



B cijev



C cijev



Univerzalna mlaznica



Dvodijelna razdjelnica



Vatrogasac



7.3. proračun utrošenih sredstava

7.3.1. CAFS

Vrijeme gašenja: 13 minuta

Korištena cijev: dvije B cijev, fi 75 mm, dužine 15 m

Doziranje pjenila: 3%

VOLUMEN OTOPINE (VO)

$$VO = VM \times VG$$

$$VO = 200 \text{ l/min} \times 13 \text{ min}$$

$$VO = 2,600 \text{ l}$$

VOLUMEN PJENILA (VP)

$$VP = VO \times \text{doziranje}$$

$$VP = 2,600 \text{ l} \times 3\%$$

$$VP = 78 \text{ l}$$

VOLUMEN VODE ZA GAŠENJE (VVG)

$$VVG = VO - VP$$

$$VVG = 2,600 \text{ l} - 78 \text{ l}$$

$$VVG = 2,522 \text{ l}$$

7.3.2. Voda

Vrijeme hlađenja: 28 minuta

Korištena cijev: jedna B cijev, fi 75 mm, dužine 15 m,
četiri C cijevi, fi 52 mm, dužine 15 m

Volumen vode za hlađenje

$$VVH = VM \times VG$$

$$VVH = 200 \text{ l/min} \times 28 \text{ min}$$

$$VVH = 5,600 \text{ l}$$

Volumen vode u cijevi

$$VVC = 1 \text{ B cijev} \times 15 \text{ m} \times 4,4 \text{ l/min} + 4 \text{ C cijevi} \times 15 \text{ m} \times 2,12 \text{ l/min}$$

$$VVC = 66 \text{ l} + 127,2 \text{ l}$$

$$VVC = 193,20 \text{ l}$$

Ukupno utrošena voda

$$VVU = VVG + VVH + VVC$$

$$VVU = 2,522 \text{ l} + 5,600 \text{ l} + 193,20 \text{ l}$$

$$VVU = 8,315,2 \text{ l}$$

7.4. Dojavnica

ŠTO GORI: Teretno vozilo

MJESTO, ULICA, BROJ: Tunel xy

TKO JAVLJA POŽAR: Kontrolno osoblje

BROJ TELEFONA OSOBE KOJA JAVLJA: xxxxxxxxxxxx

POSTOJE LI POSEBNE OPASNOSTI: Da

U OPASNOSI SU: Ljudi

DOJAVA PRIMLJENA: xx.xx.xxxx. U 1:24 SATI

ODLAZAK:

POVRATAK:

Vozilo broj 1: 1:25 SATI

Vozilo broj 1: 3:50 SATI

Vozilo broj 2: SATI

Vozilo broj 2: SATI

Vozilo broj 3: SATI

Vozilo broj 3: SATI

Vozilo broj 4: 1:25 SATI

Vozilo broj 4: 1:59 SATI

Vozilo broj 5: SATI

Vozilo broj 5: SATI

Vozilo broj 6: 1:25 SATI

Vozilo broj 6: 3:50 SATI

STIGLI NA POŽAR U: 1:26 SATI

ZAVRŠILI S RADOM: 3:50 SATI

JAVIO CENTRU 112: 1:25 SATI

JAVIO POLICIJI: 1:30 SATI

JAVIO HMP: 1:25 SATI

JAVIO GLAVNOM ŽUPANIJSKOM ZAPOVJEDNIKU: SATI

UZBUNIO OSTALE POSTROJBE: SATI

DOJAVU PRIMIO: XXXXXXXXXXXXXXXXXX

7.5. Izvješće o intervenciji

IME I PREZIME OŠTEĆENOG: XXXXXXXX

ADRESA OŠTEĆENOG: XXXXXXXXXXXXXXX

VRIJEME INTERVENCIJE: DATUM: xx.xx.xxxx U 1:24 SATI

ODLAZAK: 1:25 DOALAZAK: 1:26 LOKALIZIRANO: 1:40

POŽAR UGAŠEN: DATUM: xx.xx.xxxx U 3:50 SATI

ŠTO JE GORILO: Teretno vozilo i osobni automobil

UZROK POŽARA: Sudar osobnog automobila u teretno vozilo

ŠTETA: Treba utvrditi

UTROŠENA SREDSTVA ZA GAŠENJE: 2,600 I CAFS, 8,315.2 I VODE

BROJ VATROGASACA: 6 BROJ VOZILA: 3

IZVJEŠĆE POPUNIO: XXXXXXXXXXXXXXXXXX

7.6. Sažetak o intervenciji

DATUM: xx.xx.xxxx. VRIJEME: 1:24

MJESTO DOGAĐAJA: Tunel xy

VRSTA DOGAĐAJA: TEHNIČKA INTERVENCIJA

BROJ VOZILA: 3

VRSTA VOZILA: KV, EV, VM

BROJ VATROGASACA: 6

UTROŠENO VRIJEME: 146 min

UTROŠENO SREDSTAVA ZA GAŠENJE:

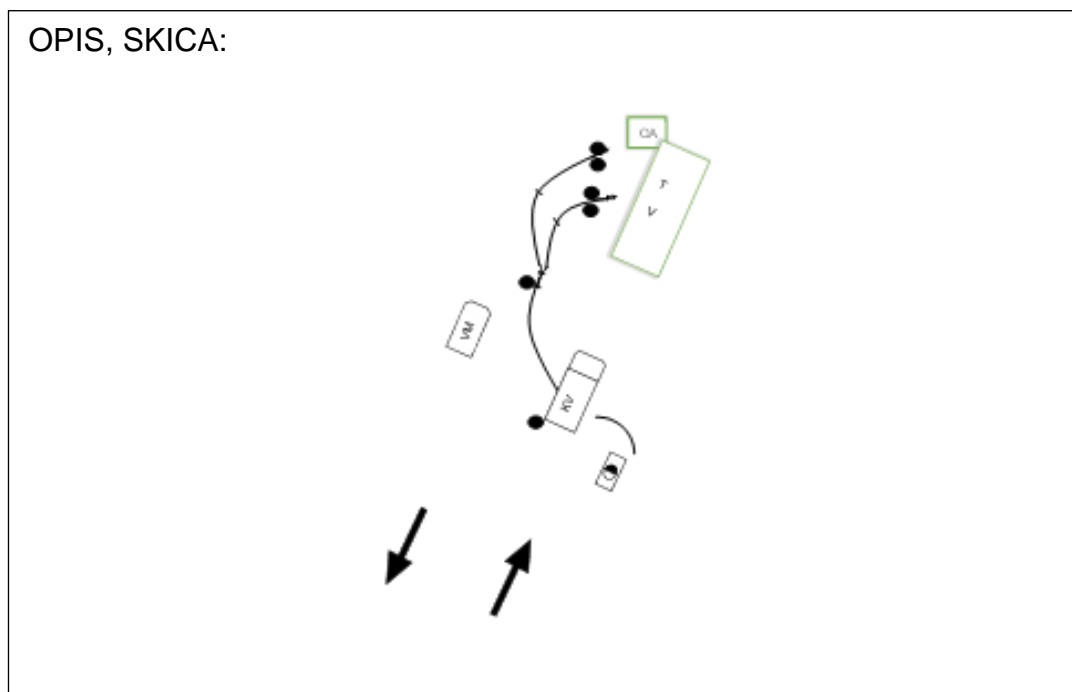
PRIJEĐENO km: 5 km

SATI RADA STROJEVA: 50 min

KORIŠTENA OPREMA: dvije B cijevi, 4 C cijevi, univerzalna mlaznica, osobna zaštitna oprema s izolacijskim aparatima

SUDIONICI U INTERVENCIJI: xyz, zzy, yyz, xxy, zzx, yyx

OSTALI SUDIONICI: vučna služba, HMP, policija



VODITELJ INTERVENCIJE: XXXXXXXXXXXXXXXXXX

8. ZAKLJUČAK

Svaka modernizacija opreme, sustava, programska rješenja mogu utjecati na uspješnost svake intervencije. Ključni čimbenici sigurnosti u tunelu su tunelska ventilacija i mogućnosti evakuacije i intervencije u slučaju nesreća. Instalacija najnovije tehnologije uvelike pomaže dežurnom osoblju kao i samim vatrogascima zbog mogućnosti sagledavanja problema iz drugačije perspektive.

Tako gledajući same tunele možemo vidjeti kako se radi o modernim sigurnosnim sustavima, pa tako jedna tunelska cijev je jedna požarna zona koja je pokrivena svim navedenim sustavima; promjenjiva signalizacija, senzori i motori ventilacije, sigurnosna i evakuacijska rasvjeta, audio i video nadzor, sve su to bitne stavke u tunelu, te one moraju biti vatrootporne.

Statistički gledajući sa svom današnjom tehnologijom tuneli su najsigurniji prometni dijelovi, uvijek je osvijetljen i na njega ne djeluju vanjski utjecaji kao što su kiša, snijeg, ali nastaje problem prilikom raznih nesreća. S obzirom da je tunel mjesto povećanog rizika prilikom projektiranja potrebno je osigurati efikasan i pouzdan vatrodojavni sustav, te osigurati brzu evakuaciju.

Požar u tunelu može izazvati velike i teške posljedice, stoga valja još jednom napomenuti kako niti jedna intervencija nije ista.

7. LITERATURA

- [1.] Pravilnik o minimalnim sigurnosnim zahtjevima za tunele, (NN 96/2013), 24.7.2013.
- [2.] ZIRS, Prometni znakovi, <https://www.zirs.hr/prometni-znakovi.aspx?category=68&showsign=C-124>, pristupljeno (4.4.2022.)
- [3.] Grupa autora, „Priručnik za osposobljavanje vatrogasnih dočasnika i časnika“, Zagreb: Hrvatska vatrogasna zajednica (2006).
- [4.] H.L., R.N., „Elektrotehnički sistemi na autocesti“, Ingkomora, (2015.)
- [5.] E. Karić, „Uputa za projektiranje i izgradnju sistema odvodnje i protupožarne zaštite u tunelima“, JPAC, (2013.)
- [6.] Z. Krajnik, „Zaštita od požara u tunelu“, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac (2015.)
- [7.] DVD Jastrebarsko, <https://www.facebook.com/jaskanskivatrogasci/posts/2223654687952684/>, pristupljeno (4.4.2022.)
- [8.] IFEX Technologies, <https://www.ifex3000.com/en/home/>, pristupljeno (06.04.2022.)
- [9.] Javna vatrogasna postrojba Grada Zagreba, Impulsna vodena puška, <https://vatrogasci.zagreb.hr/default.aspx?id=85>, pristupljeno (6.4.2022.)
- [10.] Đ. Šmer Pavelić, „Opasne tvari kako ih prepoznati i postupati s njima“, Mi Star, Zagreb, (2000.)
- [11.] Škola za cestovni promet, „Prijevoz opasnih tereta“, https://nastava.asoo.hr/wp-content/uploads/2020/03/Voza%C4%8D-motornog-vozila_Propisi-u-cestovnom-prometu_Prijevoz-opasnih-tereta_2-razred-2-sata-zadaci.pdf, pristupljeno (6.4.2022.)

[12.] M. Blažinić, „Prijevoz opasnih tvari u cestovnom prometu“, Sveučilište Sjever, Varaždin, (2018)

[13.] I. Aurer-Jezerčić, „Pakiranje i prijevoz opasnih tvari prema odredbama ADR-a (II. dio)“, ZIRS d. o. o., Zagreb, (2015.)

[14.] M. Šipek, „Vojni eksplozivi“, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac (2017.)

8. PRILOZI

Popis simbola

HMP - hitna medicinska pomoć

GSM – Global System for Mobile

UMTS – Universal Mobile Telecommunications System

m – metar

cm – centimetar

mm – milimetar

C – celzijus

l – litra

min – minuta

VO – volumen otopine

VM – volumen mlaznice

VG – vrijeme gašenja

VP – volumen pjenila

VVG – volumen vode za gašenje

VVH – volumen vode za hlađenje

VVC – volumen vode u cijevima

VVU – volumen vode ukupno

Popis slika

Slika 1 Znak C124 [2]	4
Slika 2 Upozorenje na opasnost od naleta vozila [2]	4
Slika 3 Znak C38 [2]	8
Slika 4 Znak C58 [2]	8
Slika 5 Prirodna ventilacija [6]	14
Slika 6 Uzdužna ventilacija [6].....	15
Slika 7 Polupoprečna ventilacija [6].....	16
Slika 8 Poprečna ventilacija [6].....	16
Slika 9 Zaštitna oprema vatrogasca [7]	17
Slika 10 Impulsna puška [8].....	19
Slika 11 Shematski princip rada [9]	19
Slika 12 Označavanje vozila [11].....	20
Slika 13 Listice [12]	21
Slika 14 Znakovi zabrane [11]	23
Slika 15 Olovni azid [14].....	24
Slika 16 Shematski prikaz vatrogasne intervencije - evakuacija i gašenje	30
Slika 17 Shematski prikaz vatrogasne intervencije - hlađenje	31

Popis tablica

Tablica 1 Vrste opasnih tvari u ADR-u [10].....	21
Tablica 2 Kategorizacija tunela uz ograničenja [13]	23
Tablica 3 Olovni azid	25