

SIGURNOST TUNELA UČKA

Krajcar, Nina

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **The Polytechnic of Rijeka / Veleučilište u Rijeci**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:125:300511>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-19**



Repository / Repozitorij:

[Polytechnic of Rijeka Digital Repository - DR PolyRi](#)



VELEUČILIŠTE U RIJECI

Nina Krajcar

SIGURNOST TUNELA UČKA

Završni rad

Rijeka, 2023.

VELEUČILIŠTE U RIJECI

Odjel sigurnosti na radu

Stručni prijediplomski studij Sigurnost na radu

SIGURNOST TUNELA UČKA

Završni rad

MENTOR

Erika Gržin, viši predavač

STUDENT

Nina Krajcar

MBS: 2426000056/19

Rijeka, 2023.

SAŽETAK

Informacijski sustavi u prometu i sigurnost usko su povezani kako bi se postigla sigurnost, kvaliteta i komfornost prometa. Upravo to je posebno vidljivo na prometnicama koje su svojom konstrukcijom ograničene, kao što je tunel Učka, gdje se jednom cijevi odvija dvosmjernan promet čime je uvelike ugrožena sigurnost putnika u prometu. Kako bi se promet odvijao bez poteškoća, a mogući incidenti bili sa što manjim posljedicama od iznimne je važnosti da sustavi u tunelu budu ispravni. Sustavi u tunelu informatički i mehanički su uređaji kojima je moguće daljinski upravljati iz centra upravljanja preko posebnog informacijskog sustava SCADA čime je osigurano brzo i efikasno reagiranje u slučaju incidenata.

Ključne riječi: tunel Učka, SCADA računalni sustav, sustav daljinskog upravljanja

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Tunel Učka	2
2.1. Povijest tunela Učka	3
2.2. Zakonodavna regulativa	4
2.3. Bina Istra upravljanje i održavanje d.o.o.	5
3. Inteligentni sustavi u funkciji kontrole i nadzora prometa u tunelu Učka.....	8
3.1. Sustav vatrodojave.....	10
3.2. Tunelska rasvjeta	11
3.3. Ventilacija tunela Učka	13
3.4. Video sustav u tunelu Učka	15
3.5. SCADA računalni sustav.....	19
4. Sustav daljinskog upravljanja u tunelu Učka	21
4.1. SCADA Promet	22
4.2. SCADA Meteo	26
4.3. SCADA Ventilacija	27
4.4. SCADA Energetika	27
4.5. SCADA Požar, SOS i Signalni planovi.....	28
4.6. SCADA Signalni portal	29

4.7. SCADA Video.....	29
4.8. SCADA Rasvjeta, Vodovod, UPS i Komunikacija.....	30
5. Zaključak	32
Literatura	33
Popis slika.....	35

1. Uvod

Cestovna infrastruktura napravljena je od niza različitih objekata kao što su mostovi, vijadukti i tuneli koji svojom konstrukcijom i ograničenjima u prostoru predstavljaju dio infrastrukture koji predstavlja poseban izazov kada je u pitanju gradnja i održavanje sigurnosti u prometu. Zbog toga je od ključne važnosti da se na takvim objektima poduzmu adekvatne mjere kako bi se spriječile prometne nesreće ili smanjile posljedice u slučaju prometnih nesreća.

Predmet istraživanja ovog završnog rada je tunel Učka - poveznica Istre sa ostatkom Hrvatske kroz koji svaki danom prometuje sve veći broj vozila. Veći broj korisnika zahtjeva veću pažnju usmjerenu na promet, bolji nadzor i upravljanje te osiguravanje sigurnosti, kvalitete i brzine prometa kroz tunel.

Cilj istraživanja je utvrditi utjecaj različitih sustava kojima je tunel Učka opremljen, na sigurnost, brzinu i kontinuitet odvijanje prometa.

Rad je strukturiran u šest poglavlja. U uvodu su definirani predmet i cilj istraživanja te struktura rada. Zatim slijedi dio u kojem su opisane tehničke karakteristike tunela Učka, povijest tunela, zakonodavna regulativa te glavni zadaci poduzeća Bina-Istra upravljanje i održavanje d. o. o.. U trećem djelu opisani su inteligentni sustavi u funkciji kontrole i nadzora prometa u tunelu Učka iza kojeg slijedi poglavlje u kojem je detaljno analiziran SCADA sustav. Završna razmatranja čine posljednji dio rada, odnosno zaključak.

2. Tunel Učka

Tuneli su ključna infrastrukturna komponenta koja osigurava kontinuitet prometa u cijelom svijetu pa tako i u Europi. Europa je kontinent s bogatom poviješću i raznolikim terenima, od visokih planina do gustih šuma. Kako bi olakšala kretanje ljudi, robe i informacija, Europa je razvila impresivan sustav tunela. Jedan od najpoznatijih primjera je Eurotunnel, koji povezuje Ujedinjeno Kraljevstvo i Francusku ispod La Manchea. Ovaj tunel u duljini od 50.5 km, koji je otvoren 1994. godine, revolucionirao je promet između Britanije i kontinentalne Europe. Omogućio je brže i učinkovitije putovanje, potičući trgovinu i turizam između dviju zemalja.

Drugi značajni tunel u Europi je Gotthardski tunel u Švicarskoj. Otvoren 2016. godine, Gotthardski tunel je sa svojih 57 km najduži željeznički tunel na svijetu. On prolazi kroz Alpe, što je omogućilo skraćivanje vremena putovanja između sjevera i juga Europe, potičući prijevoz robe željeznicom i smanjujući opterećenje cestama. U Švicarskoj se nalazi tunel Lötschberg dug 34.6 kilometara. Povezuje regiju Bernese Oberland s Valaisom i skraćuje put između sjevera i juga Švicarske. Ovaj tunel doprinosi smanjenju opterećenja na cestama i potiče prijevoz robe i putnika željeznicom.

Jedan od značajnih tunela u Europi je i tunel Učka koji prolazi kroz planinu Učka u dužini od 5062 metra. U punom je profilu tunel Učka izgrađen 1978. godine, dok je pušten u promet 1981. godine. Od iznimne je važnosti ova prometnica još od davnina upravo zato jer spaja Istru i Primorje (<http://hrcak.srce.hr/file/89840> 15.05.2023.) Osim toga smanjuje vrijeme putovanja i povećava sigurnost na cesti. Prije izgradnje tunela, vozači su morali prolaziti opasnim i uskim planinskim cestama, često izloženim nepredvidivim vremenskim uvjetima. Tunel je riješio ovaj problem, omogućujući brže i ugodnije putovanje, što je posebno važno za turizam, gospodarstvo i svakodnevne aktivnosti stanovnika regije.

Osim toga, Tunel Učka je također značajan jer povezuje različite dijelove Hrvatske i promiče ekonomsku aktivnost. To je ključna prometna veza koja olakšava prijevoz robe i putnika između Istre i ostatka zemlje. Ovaj tunel potiče trgovinu i razmjenu dobara, što ima pozitivan utjecaj na regionalni razvoj.

Tunel Učka također ima ekološki značaj. Smanjenje prometa na površini i zaobilazak osjetljivih prirodnih područja doprinose očuvanju okoliša. Također, tunel pruža siguran prolazak kroz planinski masiv za divlje životinje, minimizirajući rizik od nesreća na cestama.

Cjelokupan profil kojim prolazi tunel kroz Učku sastoji se od glavnog tunela Učka (5062 metra), poluvijadukta na istarskoj strani (94 metra), tunela Zrinščak II (45 metara) , vijadukta Vela Draga (124 metra) i tunela Zrinščak I (196 metara). Odmah pri izlasku iz tunela na istarsku stranu nalazi se glavna upravna zgrada u kojoj su smješteni uredi, garaže, radione te Centar upravljanja (interna dokumentacija Bina-Istra).

Tunel Učka izveden je u pravcu, a ulazni i izlazni dijelovi su u krivini radijusa 1400 metara, odnosno 1000 metara. Visinski je položaj oba portala na koti 495 metara nadmorske visine, a niveleta je u obostranom nagibu od 0,4 % prema sredini tunela gdje doseže 505 metara nadmorske visine (interna dokumentacija Bina-Istra).

Tunel je jednocjevni sa dvosmjernim prometom, širine kolničkih trakova $2 \times 3,75 \text{ m} + 2 \times 0,8 \text{ m}$ pješačkog hodnika koji je ujedno nadsvođeni betonski energetski kanal. Ukupna visina od kolnika do tjemena tunela iznosi 6,85 m. Tunel sadrži 3 okretišta i 1 ugibalište na sjevernoj strani (pravac Istra-Rijeka) te 4 ugibališta na južnoj strani (pravac Rijeka- Istra) (interna dokumentacija Bina-Istra),

2.1. Povijest tunela Učka

Prve aktivnosti na organizaciji izgradnje započinju kada Istarske općine s Opatijom, Rijekom i Lošinjem 16. siječnja 1971. godine u Pazinu osnivaju Koordinacijski odbor za izgradnju tunela kroz Učku (u nastavku Koordinacijski odbor), čiji je zadatak bio koordiniranje gradnje i prikupljanje financijskih sredstava.

Projekt tunela izrađen je 1972. u Zagrebu, a glavni projektant je bio Ivan Banjad. Cijena projekta iznosila je 2,095000 dinara od toga na tunel 970373 dinara. Nakon odluke o gradnji slijedile su probne bušotine dok su se paralelno gradile prilazne ceste i vijadukti, vodoopskrba i

elektro napajanje za potrebe tunela. Ugovor o izgradnji tunela sklopljen je 1976. s Hidroelekrom iz Zagreba i Konstruktorom iz Splita. Iste je godine započeo iskop: na kvarnerskoj strani izvodio ga je Konstruktor, a Hidroelektra na istarskoj strani tunela. Proboj tunela u punom profilu dovršen je 1978. Uslijedila je izrada betonske obloge, uređenje portalnih površina i ugradnja opreme. Tunel je 27. rujna 1981. to jest 3 godine nakon probijanja pušten u promet (<http://hrcak.srce.hr/file/8984015.05.2023.>).

2.2. Zakonodavna regulativa

Pravilnik o minimalnim sigurnosnim zahtjevima za tunele (NN, 96/2013 – u daljnjem tekstu Pravilnik) sadrži odredbe koje su u skladu s Direktivom 2004/54/EC Europskog parlamenta i Vijeća od 29 travnja 2004. o najnižim sigurnosnim zahtjevima za tunele u transeuropskoj cestovnoj mreži (Članak 1., Pravilnika o minimalnim sigurnosnim zahtjevima za tunele, Narodne novine, br. 96/2013.).

Ovim Pravilnikom opisuju se minimalni sigurnosni zahtjevi koje tuneli moraju ispunjavati, a temelje se na sljedećim osnovnim parametrima: duljina tunela, broj tunelskih cijevi, broj prometnih traka, geometrija poprečnog presjeka, prometna signalizacija i oprema, vrsta gradnje, jednosmjerni ili dvosmjerni promet, prometno opterećenje po tunelskoj cijevi, rizik zagušenja prometa, vrijeme dolaska hitnih službi, udio teških teretnih vozila u ukupnom prometu tunelom, udio vozila s opasnim tvarima i vrsta prijevoza, građevinske i prometne značajke pristupnih cesta, širina prometnih traka, brzina kretanja vozila, minimalne otpornosti tunelske građevine na požar, razred otpornosti na požar građevnih proizvoda od kojih se izvode dijelovi tunelske građevine te zemljopisno i meteorološko okružje (Članak 3., Pravilnika).

Članak 6. ovoga Pravilnika propisuje najveću dopuštenu brzinu vožnje u tunelu s jednosmjernim prometom od 100 km/h te u tunelu s dvosmjernim prometom 80 km/h.

Članak 18. ovoga Pravilnika propisuje da svi prometni znakovi i oprema koji kao izvor napajanja koriste električnu energiju, moraju biti spojeni na rezervni izvor napajanja (UPS). Tunel Učka spojena je na dva glavna električna dovoda struje, TS Vranje i TS Lovran dok se u samom tunelu nalazi još 6 trafostanica sa isto toliko UPS-a koji osiguravaju besprekidno napajanje.

2.3. Bina Istra upravljanje i održavanje d.o.o.

Republika Hrvatska i Bina-Ista d.d. su 1995. godine potpisali Ugovor o koncesiji s ciljem razvoja prometne infrastrukture u Hrvatskoj. Ugovorom o koncesiji definiran je „Projekt Istarskog ipsilona“ koji uključuje obnovu tunela Učka.

Bina Istra upravljanje i održavanje d.o.o. (u nastavku BIOU) upravlja tunelom Učka, autocestom A9 i poluautocestom u izgradnji B8.

Glavni zadaci poduzeća su:

- upravljanje i kontrola prometa
- održavanje tunela Učka i Istarskog ipsilona
- naplata cestarine

BIOU djeluje kroz 4 operativne službe a to su:

- Služba sigurnosti i upravljanja, među najvažnijima,
- Služba naplate cestarine,
- Služba održavanja,
- Služba administrativnih, financijskih i računovodstvenih poslova.

Glavni zadaci Službe sigurnosti i upravljanja su nadzor prometa, regulacija prometa, intervencije prilikom incidenata te izdavanje dozvola za rad i dozvola za prijevoz opasnih i izvanrednih tereta. Na čelu službe jest rukovoditelj koji je nadležan ostalim radnicima u službi sigurnosti i upravljanja koju sačinjavaju 48 radnika: pomoćnik rukovoditelja, tajnica službe, operateri (10), voditelj vatrogasca, vatrogasci (20) te ophodari vozači (15).

Centar upravljanja BIOU-a nalazi se u upravnoj zgradi na istarskoj strani tunela Učka. Prostoriju Centra sačinjavaju nekoliko operativnih pultova (slika 1) te video zid (slika 2). Video zid sadrži nekoliko ekrana koji služe za stalni video nadzor kako samog tunela tako i naplatnih kućica duž Istarskog ipsilona (slika 3), a uz to na video zidu nalazi se i glavni ekran računalnog sustava SCADA.

Slika 1. Operativni pult u centru upravljanja



Izvor: autor, 23.5.2023.

Operativni pult nalazi se između video zida i operatera, a na njemu su smješteni ekrani koji služe za daljinsko upravljanje tunelom Učka i Istarskim ipsilonom, za pregled vremenskih prognoza i uvjeta na cesti, uvid u SOS pozive, vatrodojavu te ekran za pregled video snimki. Osim ekrana operativni pult sadrži dva telefona za komunikaciju prema vanjskim službama (primjerice hitna služba), telefone za primanje SOS poziva unutar tunela Učka i konzolu za upravljanje kamerama u tunelu Učka te telefon koji služi za komunikaciju sa mobitelima službi BIOU-a. Komunikacijski čvor koji služi za smještaj informatičke opreme i računala svih sustava kojima se upravlja preko ekrana SCADA-e nalaze se u neposrednoj blizini Centra radi besprijekorne veze (interna dokumentacija Bina-Istra).

Slika 2. Video zid u Centru upravljanja



Izvor: autor, 23.5.2023.

Slika 3. Prikaz video nadzora tunela Učka i Istarskog ipsilona



Izvor: autor, 23.5.2023.

3. Inteligentni sustavi u funkciji kontrole i nadzora prometa u tunelu Učka

„Inteligentni transportni sustavi se mogu definirati kao holistička, upravljačka i informacijsko-komunikacijska (kibernetička) nadgradnja klasičnog sustava prometa i transporta kojim se postiže znatno poboljšanje performansi, odvijanje prometa, učinkovitiji transport putnika i roba, poboljšanje sigurnosti u prometu, udobnost i zaštita putnika, manja onečišćenja okoliša, itd.“ (<https://zir.nsk.hr/islandora/object/unin:5271> 19.5.2023)

Inteligentni transportni sustavi predstavljaju revolucionarni aspekt modernog prometnog sustava. Ovi napredni sustavi kombiniraju informacijske tehnologije, komunikaciju i prometne podatke kako bi poboljšali učinkovitost i, što je još važnije, sigurnost prometa. Jedna od ključnih prednosti ITS-a je sposobnost praćenja prometa u stvarnom vremenu. To omogućava brzu reakciju na prometne nesreće, zastoje i druge izvanredne situacije u prometu općenito, a posebice u tunelima. Nadzorne kamere, senzori za detekciju prometnih nesreća i sustavi za upravljanje prometom omogućavaju brzo prepoznavanje problema i pravovremeno djelovanje, što značajno povećava sigurnost u tunelima.

Ovi sustavi također pružaju mogućnost slanja upozorenja i informacija vozačima putem prometnih znakova, pametnih ploča ili čak mobilnih aplikacija. U tunelima, ovo može obuhvaćati obavijesti o prometnim uvjetima, zatvaranjima ili potrebama za usporavanjem brzine zbog nesreće ili radova na cesti. Vozači tako mogu pravovremeno reagirati i prilagoditi svoje ponašanje, što doprinosi većoj sigurnosti.

Osim toga, uključuju i sustave kontrole brzine koji mogu automatski ograničiti brzinu vozila u tunelu kako bi se smanjila opasnost od sudara. Ovi sustavi koriste senzore i komunikaciju s vozilima kako bi prilagodili brzinu prema prometnim uvjetima, smanjujući rizik od nesreća.

Tuneli su osjetljiva mjesta za požare i dim. Inteligentni transportni sustavi uključuju sustave za detekciju dima i požara koji automatski pokreću alarme i pružaju upute vozačima o evakuaciji. Ovo brzo reagiranje može spasiti živote i smanjiti štetu u slučaju požara u tunelu. Oni također omogućavaju brzu i učinkovitu komunikaciju s hitnim službama u slučaju nesreće ili hitne situacije u tunelu. Ovo je ključno za pružanje brze medicinske pomoći ili vatrogasne intervencije.

Tunel Učka specifičan je objekt posebice gledano sa stajališta sigurnosti sudionika u prometu. Naime prema podacima EUROTAP-a iz 2006. godine (*European tunnel assessment programme*) 95% svih nesreća u tunelu rezultati su nepropisnog ponašanja sudionika u prometu te je iz toga razloga iznimno važno pravovremeno informirati vozače o prometnim uvjetima na cestama. S druge strane, kod prometnog incidenta, brzina reakcije centra za upravljanje prometom, izlaska interventnih ekipa vatrogasaca i hitne pomoći ovisi o pravovremenoj i korektnoj informiranosti s terena. Sustavi poput video nadzora, detekcije incidentnih situacija, automatskog postavljanja prometne signalizacije, ventilacije, rasvjete, postaju ključni iz razloga pravovremene i učinkovite reakcije operativnih službi, (https://static.1987.hr/docs/eurotap/et_2006_mkapela_gric.pdf, 19.5.2023., <https://www.promel.hr/tuneli/tuneli.html> 19.05.2023.)

U tunel se obično ugrađuju sljedeći standardni sustavi (<https://www.prometna-signalizacija.com/informacijsko-komunikacijski-sustavi-u-prometu/sustavi-za-nadzor-tunela/> 20.05.2023.):

- „Sustav za opskrbu električnom energijom
- Sustav za ventilaciju
- Sustav za rasvjetu tunela
- Sustav za kontrolu kvalitete zraka
- Sustav za detekciju požara
- Sustav za video nadzor i automatsku video detekciju
- Sustav za promjenljivu prometnu signalizaciju
- Sustav za poziv u nuždi
- Sustav hidrantske mreže
- Sustav razglasa
- Sustav radiodifuzije
- Komunikacijski sustav za prijenos podataka“.

Tunel Učka opremljen je sa svim gore navedenim standardnim sustavima. Inteligentni sustavi u funkciji kontrole nadzora i prometa tunela Učka integrirani su u SCADA računalni sustav, a dijelovi su svih sustava koji su postavljeni u tunelu.

Svi sustavi koji su ugrađeni unutar tunela Učka opremljeni su raznim sensorima i mjeračima koji kontinuirano prate rad i ispravnost uređaja u svakom pojedinom sustavu (interna dokumentacija Bina-Istra).

3.1. Sustav vatrodjave

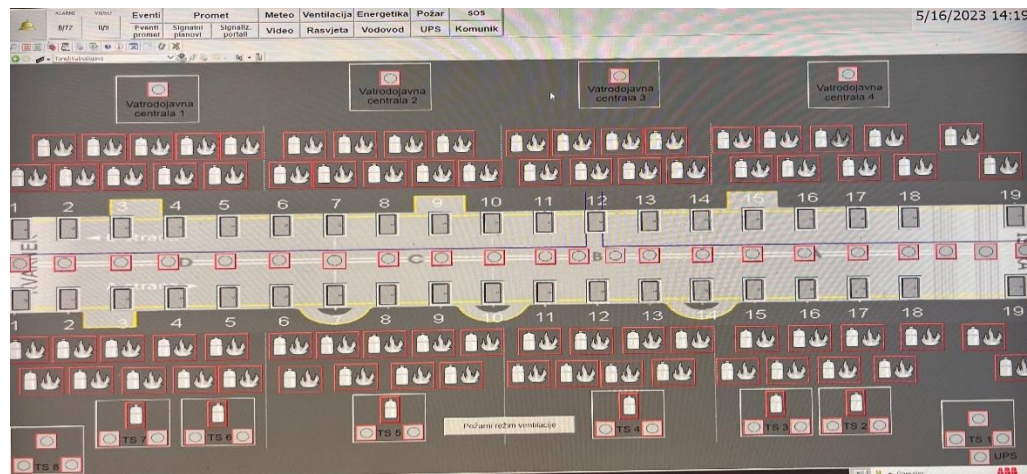
Požari u tunelima predstavljaju izuzetno veliku opasnost za sudionike u prometu zbog same konstrukcije tunela koja onemogućava odlazak vatre i dima već se oni zadržavaju i šire unutar omeđenoga prostora te je samim time važna brza i kvalitetna reakcija svih službi. Sustav vatrodjave požar u tunelu mora registrirati u što kraćem vremenu, mora biti pouzdan i otporan na lažne alarme te po mogućnosti pružati ostale informacije koje mogu biti od pomoći vatrogascima i spasilačkim službama unutar tunela.

Bitni elementi sustava su (<https://repositorij.vuka.hr/islandora/object/vuka:406>, 3.7.2023.):

- „vatrodjavna centrala
- ručni javljači požara
- automatski javljači požara
- elementi sustava za prosljeđivanje signala požara
- elementi sustava za upravljanje sustavom za gašenje požara
- napajanje“.

Na prikazu sustava vatrodjave (slika 4) vidljiv je trenutni prikaz stanja aktivnosti aparata za gašenje požara u tunelu i trafostanicama, vrata požarnih ormarića, reset i potvrda alarma.

Slika 4. Prikaz sustava vatrodojave tunela Učka



Izvor: autor, 23.5.2023.

Tunel Učka opremljen je automatskim javljačima požara u obliku senzorskog kabela koji ima svoje djelovanje kroz 22 zone kroz tunel te ručnim javljačima požara koji su smješteni na SOS-ovima, ugibalištima i okretištima. Uz javljače požara nalaze se i vatrogasni aparati.

3.2. Tunelska rasvjeta

Za ostvarenje cilja sigurnog i pouzdanoga ulaza, prolaska i izlaza iz tunela direktno je povezana odgovarajuća tunelska rasvjeta.

Adekvatna tunelska rasvjeta omogućava „prilagodbu vozača na svjetlo unutar tunela, identifikaciju potencijalno opasnih prepreka u tunelu kao i neometan prolaz motornih vozila kroz tunel bez drastičnog smanjenja brzine kretanja vozila. Ovi se zahtjevi najviše uočavaju tokom dana kada je kontrast jačine svjetlosti između unutrašnjosti tunela i vanjskog prostora velik, kao i tokom noći gdje vrijedi obrnuto, odnosno kontrast je smanjen (<https://repositorij.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A69/datastream/PDF/view>, 3.7.2023.).

Prilikom planiranja tunelske rasvjete potrebno je usmjeriti pažnju na 5 ključnih zona rasvjete tunela (<https://www.prometna-signalizacija.com/oprema-ceste/tunelska-rasvjeta/> 3.7.2023.):

a) „Pristupna zona (*Access zone*)

Pristupna zona predstavlja dio cestovne prometnice prije samoga ulaza u tunel. Iz položaja pristupne zone, vozač mora biti u stanju i mogućnosti vidjeti dio unutrašnjosti tunela i zamijetiti potencijalne prepreke, opasnosti te nastaviti vožnju ka tunelu bez reduciranja brzine kretanja.

b) Ulazna zona (*Threshold zone*)

Ulazna zona može se usporediti sa zaustavnom udaljenošću. U prvom dijelu ove zone razina iluminacije mora ostati konstantna i povezana s vanjskom iluminacijom. Pri završetku ulazne zone, razina potrebne iluminacije mora se u kratkom vremenskom periodu dovesti na vrijednost od 40% početne vrijednosti.

c) Tranzicijska zona (*Transition zone*)

Prostorom tranzicijske zone postepeno se smanjuje vrijednost iluminacije do razine koja je potrebna u unutarnjoj zoni (*Interior zone*). Faze smanjenja ne smiju biti veće od omjera 1:3 te moraju biti povezane s mogućnošću ljudskog oka da se prilagodi okolini u stvarnom vremenu. Kraj tranzicijske zone označava da je dostignuta vrijednost iluminacije jednaka trostrukoj razini unutrašnjosti.

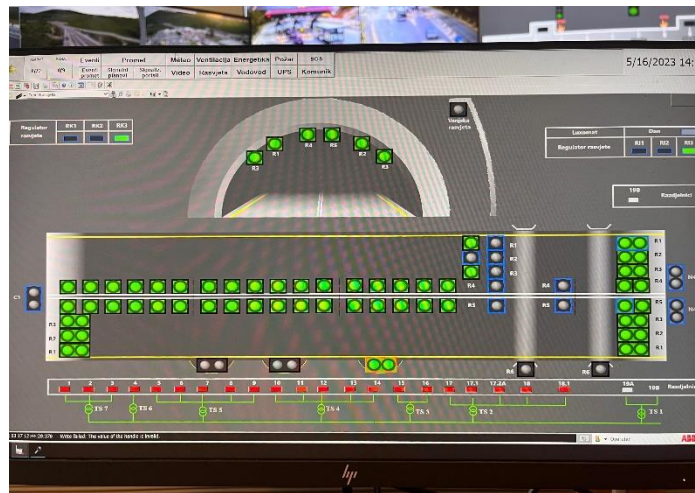
d) Unutarnja zona (*Interior zone*)

Unutarnja zona je prostor između tranzicijske i izlazne zone, a ujedno je i najduža sekcija tunela.

e) Izlazna zona (*Exit zone*)

Izlazna zona je dio tunela između unutarnje zone i završetka tunela (natkriveni dio). Tijekom dana u ovoj je zoni vidljivost vozača koji se približava izlasku iz tunela direktno povezana s razinom blještavila izvan tunela.,,

Slika 5. Prikaz sustava rasvjete tunela Učka



Izvor: autor

Rasvjeta u tunelu Učka sastoji se od prethodno opisanih pet zona R1,R2,R3,R4 i R5 (slika 5) od kojih su dvije konstantno uključene, dok ostale tri služe kao prilagodna rasvjeta koja se nalazi na ulazu/izlazu iz tunela, a opremljeni su luxomatom. To je uređaj koji je osjetljiv na svjetlost i koristi operateru da na vrijeme reagira i uključi rasvjetu po potrebi. Nedostatak adekvatne rasvjete dovodi do ne kvalitetnog video nadzora koji je glavni sustav zaslužan za pouzdano i brzo otkrivanje incidenata u tunelu.

3.3. Ventilacija tunela Učka

„Prilikom projektiranja, izgradnje i korištenja tunela potrebno je uzeti u obzir:

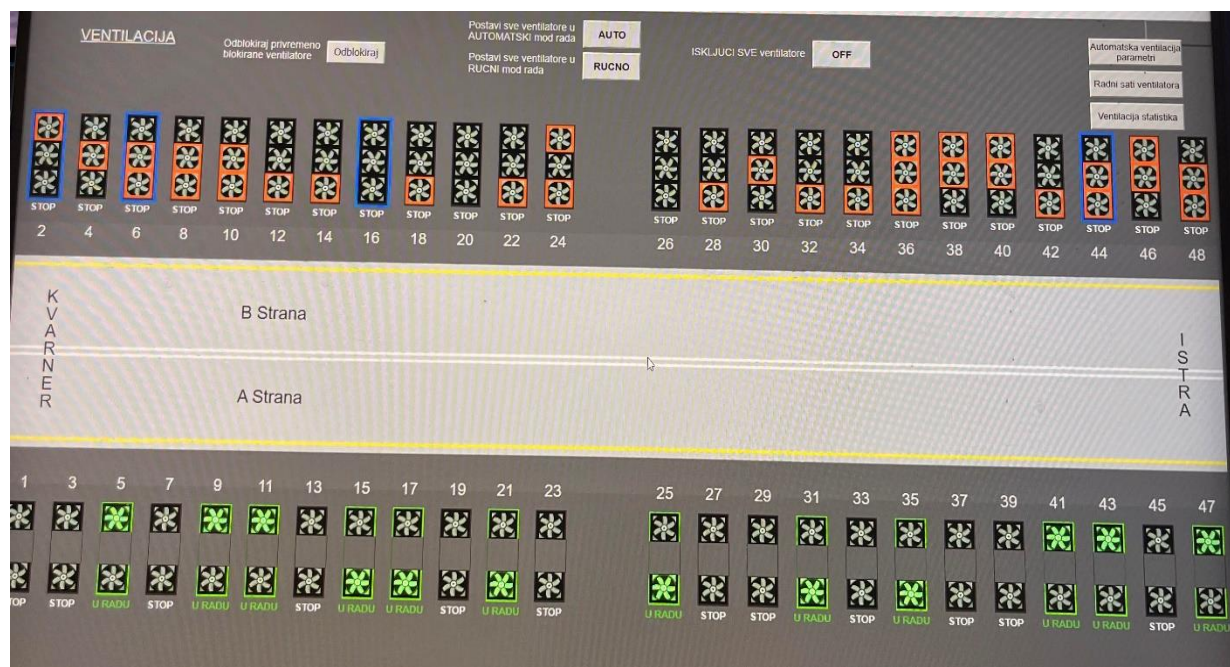
- kontrolu zagađivača koje emitiraju cestovna vozila, kod normalnog i vršnog prometnog toka;
- kontrolu zagađivača koje emitiraju cestovna vozila kada je promet zaustavljen zbog incidenta ili nesreće;

- kontrolu temperature i dima u slučaju požara, a kod dvocijevnih tunela mogućnost sprečavanje prodora dima iz ugrožene u drugu (evakuacijsku) cijev“ (http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2009_10_119_2933.html 28.06.2023.).

„Mehanički sustav ventilacije mora se postaviti u svim tunelima duljim od 1000 metara s prometnim opterećenjem većim od 2000 vozila po prometnoj traci na dan. Za tunele duljine od 500 do 1000 metara i prometnim opterećenjem većim od 2000 vozila na dan, potrebno je numerički dokazati da nije potrebna ugradnja mehaničkog sustava ventilacije, uzimajući u obzir redovni pogon i uvjete požara“ (http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2009_10_119_2933.html 28.06.2023.).

Tunelom Učka van ljetnih mjeseci prolazi između 8000 i 10 000 vozila dok se tokom sezone ta brojka kreće između 12 000 i 18 000 vozila dnevno (interna dokumentacija Bina- Istre).

Slika 6. Sustav ventilacije tunela Učka



Izvor: autor, 23.5.2023.

Tunel Učka opremljen je sa 48 ventilatorskih grupa (slika 6). Po 24 ventilatorske grupe zadužene su za strujanje zraka u smjeru Istre, a ostalih 24 ventilatorskih grupa za strujanje zraka prema Kvarneru. Tunelom Učka sustav ventilacije opremljen je sa sensorima i spojen na Meteo sustav tunela Učka kako bi posredstvom automatike održavao čistoću i vidljivost u tunelu.

3.4. Video sustav u tunelu Učka

Video nadzor ima zadaću omogućiti vizualno praćenje situacije unutar tunela operateru u Centru upravljanja te ima mogućnost automatskog prepoznavanja incidentnih situacija. Kamere koje služe video nadzoru mogu biti fiksne ili rotirajuće. Video detekcija služi prepoznavanju incidentnih situacija poput zaustavljenog vozila, vožnju u krivom smjeru, dima, rasutog tereta i slično, a sekundarno i video nadzoru.

Slika 7. Sustav video nadzora unutar tunela Učka te na ulazu/izlazu iz tunela Učka



Izvor: autor, 23.5.2023.

Video sustav u tunelu Učka temelji se na fiksnim i rotirajućim kamerama s mogućnošću *zooma* na portalnim površinama tunela (slika 7). Instalirane su 83 kamere duž pravca tunela, počevši na naplatnim/izlaznim kućicama. Ukupno su 2 kamere sa rotacijom i *zoomom*, 75 kamera sa video strojnom detekcijom te 6 kamera u okretnicama tunela. Radi vidnih polja susjednih kamera na kojima se vrši automatska detekcija incidenata isključuje se mogućnost tzv. „mrtvih zona“ odnosno područja u kojima nije moguće vršiti detekciju. Sam video sustav povezan je na posebnu daljinsku stanicu koja je povezana na *Programmable logic controller* (u nastavku PLC) te s njime čini sustav daljinskog upravljanja video sustavom u tunelu Učka (interna dokumentacija Bina-Istre).

Kamere za detekciju incidenata i video nadzor u tunelu proizvedene su od strane Bosch-a. Fiksne kamere spadaju u Bosch-ovu seriju LTC 0619 (slika 8). To su kamere u boji te su zbog uvjeta u kojima se nalaze postavljene u metalna kućišta koja ih štite od vlage, vatre, dima i onečišćenja. Vanjske pokretne kamere iz serije AutoDome 300 (slika 9) zaštićene su od atmosferskih utjecaja same po sebi unutar kućišta i imaju mogućnost okretanja u svim smjerovima te zoom velikog raspona.

Slika 8. Fiksna kamera Bosch LTC 0610



Izvor: [https://resources-](https://resources-boschsecuritycdn.azureedge.net/public/documents/Data_sheet_enUS_2011260939.pdf)

[boschsecuritycdn.azureedge.net/public/documents/Data_sheet_enUS_2011260939.pdf](https://resources-boschsecuritycdn.azureedge.net/public/documents/Data_sheet_enUS_2011260939.pdf) (29.06.2023.)

Slika 9. Pokretna kamera Bosch AutoDome 300



Izvor: <https://www.123securityproducts.com/vg4-322-ecs0c.html> (29.06.2023.)

Video sustav u tunelu Učka sastoji se od kamera u tunelu, ekrana u Centru upravljanja, dodatne Bosch konzole za mijenjanje sekvenci prikaza i upravljanja kamerama te softvera koji zaprima sve snimke, snima ih te je u njega implementiran sustav automatske detekcije incidenata (engleski: *Automatic Incident Detection* - AID).

„Incidenti koje AID sustav u tunelu Učka detektira i za koje prosljeđuje alarmne signale su (http://www.huka.hr/v2/objekti/publikacije/hr/2008_14.pdf, 3.7.2023.):

- dim u tunelu
- zaustavljeno vozilo u tunelu
- prepreke na kolniku (pješak, ispali teret...)
- neočekivano male brzine kretanja vozila
- vožnja u suprotnom smjeru
- rasuti teret“.

Slika 10. Incidentna situacija- prepreka na kolniku u tunelu Učka



Izvor: <https://www.24sata.hr/news/sok-u-tunelu-učka-otpao-dio-ventilacije-sudarila-se-dva-auta-567836> (29.06.2023.)

„Upravo je video sustav taj koji slikom i zvučnim signalom obavještava operatera o incidentu (slika 10). Potom operater poduzima daljnje aktivnosti u cilju otklanjanja posljedica incidenta što u konačnici daje povećanu sigurnost za sve sudionike u prometu“ (<https://repozitorij.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A346/datastream/PDF/view>, 3.7.2023.). Od 20-ak monitora u Centru upravljanja njih 8 služi za stalno praćenje prometa. (interna dokumentacije Bina- Istre) .

Video sustav automatske detekcije incidenata je povezan na SOS sustav, vatrodiojavni sustav te alarme detekcije vozila u ugibalištima i okretištima. Kako bi video nadzor i video detekcija u tunelu Učka bila što sigurnija i učinkovitija, tvrtka koja je razvila AID koristi Traficon Managment System (TMS) koja sakuplja podatke o prometu, događaje i video prikaze koji se čuvaju u bazi podataka. Serversko računalo TSM spaja se na glavni SCADA sustav na čijim monitorima prikazuje događaje i alarme, a preko ostalih monitora prikazuje video prikaz (interna dokumentacije Bina- Istre).

3.5. SCADA računalni sustav

„SCADA (eng. *Supervisory Control And Data Acquisition*) računalni sustavi koriste se za prikupljanje i analizu upravljačkih podataka u stvarnom vremenu. Njihov glavni cilj jest mjerenje, praćenje i kontrola postrojenja ili opreme u industriji. Svaki industrijski proces koji je podložan automatizaciji ujedno je i kandidat za primjenu SCADA sustava i mreža. S pojavom sve bržih i učinkovitijih računalnih uređaja SCADA sustavi doživljavaju sve veći razvoj. Mogu se primijeniti u jednostavnim sustavima koji podrazumijevaju praćenje temperature, vlažnosti zraka ili atmosferskog tlaka, ali njihove prednosti dolaze do izražaja u složenim sustavima praćenja i kontrole. SCADA sustavi se sastoje od uređaja za primanje i slanje signala, kontrolnih uređaja, sučelja čovjek-stroj, komunikacije, baze podataka i programske podrške“ (<http://www.zemris.fer.hr/predmeti/rg/diplomski/07Keserica/scada.html>, 29.06.2023.).

Dvije tipične i relativno kratke definicije SCADA sustava su (interna dokumentacije Bina- Istre):

1. „SCADA (s engleskog bi se moglo prevesti kao nadzirana kontrola i prikupljanje podataka) je tehnologija koja korisnicima omogućuje prikupljanje podataka s jednog ili više udaljenih uređaja (ili skupa uređaja) i/ili slanje ograničenih kontrolnih instrukcija prema tim istim uređajima.
2. SCADA je sustav koji u svom radu kodiranim signalima preko posebnih komunikacijskih kanala upravlja opremom.“

Uz svaki SCADA sustav se spominju sljedeći elementi (interna dokumentacije Bina- Istre):

- „Operator: zaposlenik koji prati i nadgleda rad SCADA sustava te obavlja upravljačke radnje kako bi po potrebi pokrenuo udaljene operacije i aktivnosti;
- Sučelje čovjek - stroj (eng. *Human Machine Interface*, HMI): prikazuje podatke operatoru i pruža mogućnosti unosa kontrolnih podataka u različitim formatima poput shema, izbornika, ekrana na dodir i slično;

- Glavni terminal (eng. *Master Terminal Unit*, MTU): centralno računalo („mozak“) SCADA sustava, prikuplja podatke s udaljenih senzora i uređaja te prenosi upravljačke signale prema njima;
- Komunikacijski mehanizmi: podrazumijevaju načine komunikacije između glavnog terminala i udaljenih upravljača,
- Udaljeni terminal (eng. *Remote Terminal Unit*, RTU): šalje upravljačke signale uređaju kojim upravlja, prikuplja podatke s njega i šalje ih natrag glavnom terminalu.“

SCADA sustavi koriste se u brojim postrojenjima diljem svijeta. Kao što je već navedeno, osnovni su dio kritične industrije i tehnološke infrastrukture gdje se koriste za upravljanje i nadzor operativnih procesa.

„Primjeri postrojenja i procesa gdje se SCADA sustavi koriste su (<https://www.e-spincorp.com/what-is-supervisory-control-and-data-acquisition-scada/> 29.06.2023.):

- Naftna rafinerija
- Naftne crpke i pumpe
- Spremnici s vodom, naftom, plinom
- Vodoopskrbna postrojenja i sustavi
- Transportni sustavi
- Hidroelektrane
- Termoelektrane
- Nuklearne elektrane
- Proizvodna postrojenja
- Građevinski procesi
- ostala industrijska i tehnološka postrojenja“.

SCADA sustavi mogu biti veoma kompleksni, ali se teži da oni budu što jednostavniji kako bi se kasnijim korisnicima, odnosno operaterima olakšao posao i kako bi imali što jednostavniji i bolji uvid u sve važne podatke.

4. Sustav daljinskog upravljanja u tunelu Učka

Sustav daljinskog upravljanja u tunelu Učka čini tehničko- tehnološku cjelinu koja nadzire i upravlja rad sljedećih podsustava u tunelu:

- Energetike
- Ventilacije
- Rasvjete
- Prometne signalizacije
- SOS sustava
- Vatrodojave
- Vodospreme
- UPS sustava
- Nadzor visine vozila na ulazu u tunel
- Podatci iz podsustava meteoroloških stanica
- Broj vozila
- Video nadzor tunela

Sustav daljinskog upravljanja (u daljnjem tekstu SDU) sastoji se od dva server računala i dva logička kontrolera (PLC) koji rade u redundanciji čime je omogućeno konstantno napajanje električnom energijom. PLC omogućavaju nadzor i upravljanje prometnom signalizacijom te upravljanje ostalim sustavima.

Bazu SDU tunela Učka čini SCADA računalni sustav na koji se povezuju ostale SCADA kao što su vatrodojava i video nadzor kao i svi ostali podsustavi ugrađeni u tunel Učku te se na taj način vrši upravljanje preko nje. Sve nepravilnosti rada nekog od podsustava i problemi u prometu javljaju se na SCADA sustav u obliku alarma čije se pojedinosti prikazuju na tri glavna ekrana.

Svim svjetlosno promjenjivim znakovima u tunelu, rasvjetom, ventilacijom, alarmima, energetikom i semaforima upravlja se preko jednog od 3 ekrana na kojima je instaliran softver SCADA-e tako da se pritiskom na tipku računalnog miša zada naredba koja se putem optičkog

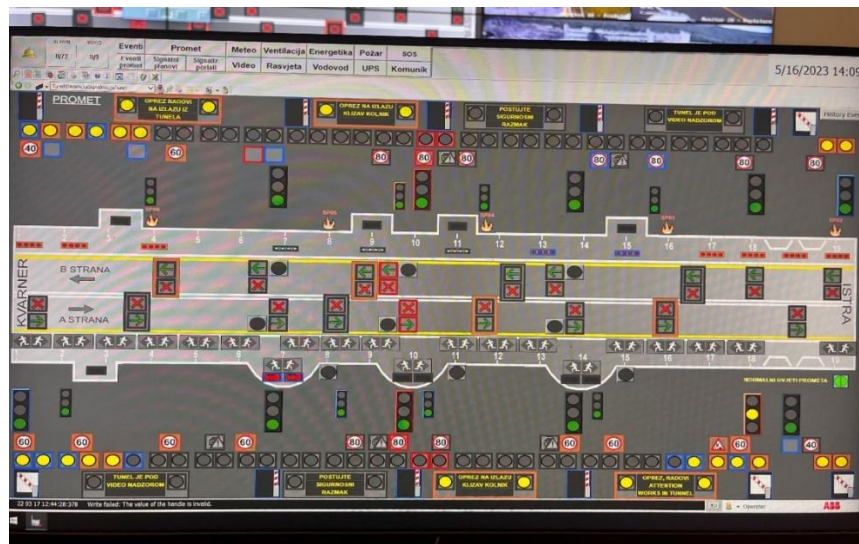
kabela prenese na uređaj u tunelu te se na taj način mijenja stanje prikaza i uključivanje ili isključivanje rasvjete i ventilacije.

U SCADA sustav tunela Učka implementirano je više sustava i njihovih softverskih paketa, a SCADA sustav postoji kako bi na najbrži i najsigurniji način prenesao operateru obavijesti i podatke koje bilježi svaki sustav pojedinačno. Svaki sustav se temelji na nizu senzora, od senzora za svjetlost (luxomat), brzinu zraka, vidljivost, količinu ugljičnog monoksida, temperaturu zraka ili dima te pritom obavještava putem alarma operatera na opasnost. S obzirom da je brza reakcija operatera prilikom incidenta u tunelu od životne važnosti za korisnike u tunelu, važno je da senzori pravodobno obavijeste operatera na moguću opasnost, ali na taj način da svi senzori nadopunjuju jedan drugog. Upravo zbog toga su cjelokupni sustavi u tunelu povezani na SCADA sustav, kako bi se olakšao nadzor i kontrola prometa u tunelu te osigurala što brža reakcija svih službi zaduženih za sigurnost tunela Učka. (interna dokumentacija Bina-Istre)

4.1. SCADA Promet

Kroz opciju SCADA promet pribavljaju se informacije o prometnoj signalizaciji unutar tunela. Pomoću SCADA promet omogućuje se izmjena svakog pojedinog svjetlosno promjenjivog znaka to jest svakog semafora (slika 11), portala (slika 12) , znakova za ograničenja brzine (slika 13), obaveznog smjera do uključanja samog katadioptera.

Slika 11. Prikaz signalizacije u tunelu Učka na SCADA sustavu



Izvor: autor, 23.5.2023.

„Upotreba promjenjivih prometnih znakova u tunelima i galerijama ili neposredno prije njih je pogodna stoga što pruža mogućnost prikazivanja različitih znakova ovisno o stanju i okolnostima prije i/ili u tunelu“ (<https://www.prometna-signalizacija.com/oprema-ceste/oprema-tunela/> 29.06.2023.).

Na slici 11 vidljivo je kako je prikaz Promet sačinjen od mnogo elemenata koji su promjenjivi ovisno o trenutnim situacijama. Tako su u nastavku prikazani načini daljinskog upravljanja sa prometnim znakom ograničenja brzine, prometnim znakom opasnosti na izlazu iz tunela, te upravljanje semaforom.

Slika 12. Daljinsko upravljanje prometnim znakom ograničenja brzine



Izvor: autor, 23.5.2023.

Na slici 12 je vidljiv prikaz aktivacije ograničenja brzine na znakovima u tunelu. Vidljivo je da je moguće ograničiti brzinu na 40, 60 i 80 km/h, a sama aktivacija ovisi od trenutnim uvjetima u tunelu.

Slika 13. Daljinsko upravljanje prometnim znakom opasnosti na izlazu iz tunela



Izvor: autor, 23.5.2023.

Aktivacijom znaka opasnosti na izlazu iz tunela (slika 13) moguće je prikazati znak upozorenja skliskoga kolnika, radova, pahuljica (snijega), kolone ili vjetra te postaviti ograničenje brzine.

Slika 14. Daljinsko upravljanje semaforom u tunelu Učka



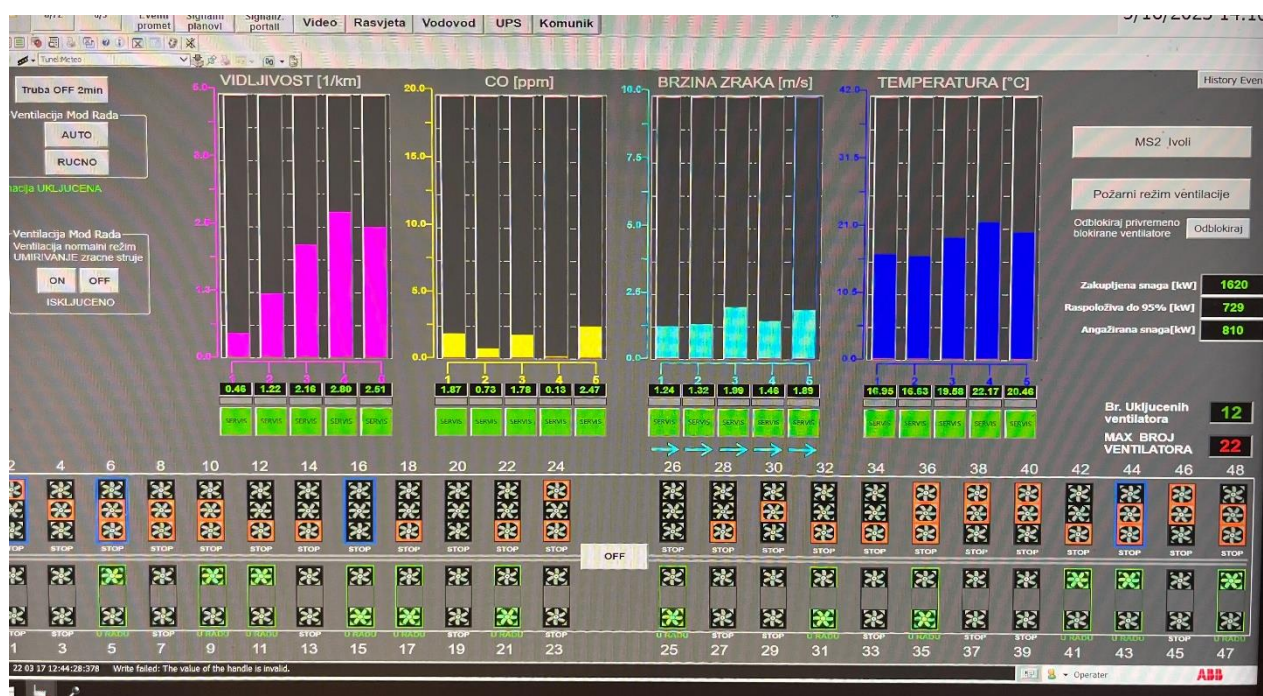
Izvor: autor, 23.5.2023.

Iz slike 14 vidljivo je na koji način se upravlja semaforima u tunelu. Na svakom semaforu moguća je aktivacija jedne od tri boje, zelene, žute i crvene, a prilikom odabira nekog od signalnih planova može se aktivirati i žuto treptajuće svjetlo.

4.2.SCADA Meteo

SCADA Meteo podsustav sastoji se od mjernih stanica raspoređenih po tunelu koje mjere vidljivost u tunelu, količinu ugljičnog monoksida, brzinu zraka i temperaturu na mjestima na kojima se te stanice nalaze. Uz pomoć Meteo prikaza (slika 15) može se vidjeti trenutna aktivnost ventilacije, uključivati i isključivati ventilatore, broj uključenih ventilatora i maksimalni broj ventilatora koji se mogu uključiti.

Slika 15. Meteo prikaz na SCADA-i

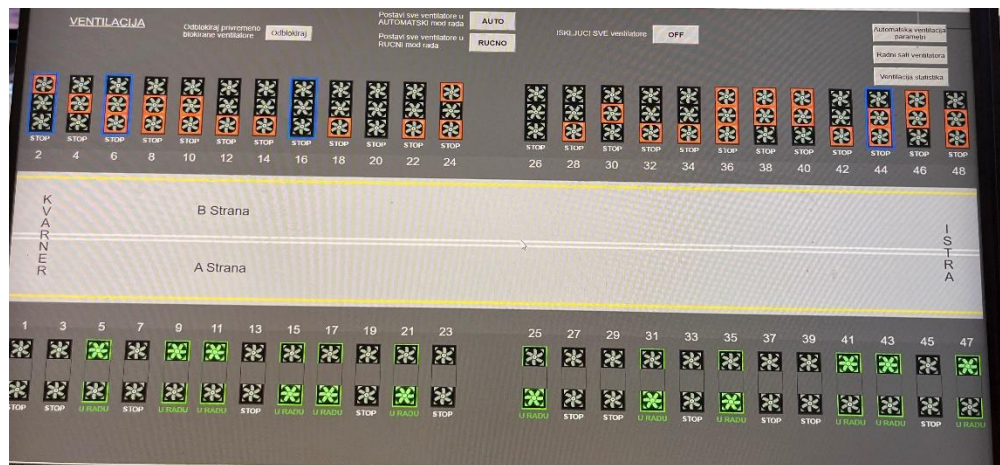


Izvor: autor, 23.5.2023.

4.3. SCADA Ventilacija

Nadzor nad radom ventilacije bitna je stavka SCADA-e jer omogućuje pravovremeno aktiviranje ventilatora u slučaju zagađenja i požara u tunelu. Cijelo vrijeme omogućen je prikaz ventilatorskih grupa i pojedinih ventilatora koji su trenutno aktivni te u kojem smjeru tjeraju zrak. Tako su ventilatorske grupe na prikazu Ventilacija (slika 16) posloženi u dva reda, gornji red sa parnim brojevima prikazuje ventilatorske grupe koje tjeraju zrak u smjeru Kvarnera, a donji red sa neparnim brojevima prikazuje ventilatorske grupe koje tjeraju zrak prema istarskoj strani tunela.

Slika 16. prikaz ventilacije u tunelu Učka



Izvor: autor 23.5.2023.

4.4. SCADA Energetika

Energetika je važna kako bi cjelokupan sustav u tunelu mogao pravilno funkcionirati. Sastoji se od dva glavna električna dovoda struje, iz trafostanice Vranja i iz trafostanice Lovran. U samom tunelu se nalazi još 6 trafostanica sa UPS-ima¹ koje primaju električnu energiju iz dviju vanjskih trafostanica.

¹ Uređaj koji osigurava besprekidno napajanje uređaja

4.5. SCADA Požar, SOS i Signalni planovi

SCADA Požar podsustav je integriran na SCADA sustav te čini zaseban sustav koji se sastoji od senzorskog kabela postavljenog uzduž tunela koji mjeri koncentraciju dima i topline te na taj način reagira i upozorava operatera na mogući požar u tunelu.

SCADA SOS integriran je sustav koji omogućava govornu vezu učesnika u prometu i operatera u Centru putem TPS-a (telefonsko pozivnih uređaja). Prilikom aktiviranja poziva iz nekog od 38 (19 u smjeru Istre i 19 u smjeru Rijeke) SOS uređaja koji su raspoređeni po tunelu Učka grafički je prikazan položaj SOS uređaja iz kojeg dolazi poziv.

Prikaz Signalni planovi omogućuje operateru u Centru upravljanja da prilikom požara, nezgode, izvanrednog događaja, radova ili zaustavljenog vozila u tunelu u što bržem vremenu postavi potrebnu prometnu signalizaciju u tunelu kako bi se vozači što prije upozorili na opasnost te sukladno znakovima pravilno reagirali.

Slika 17. Prikaz za odabir signalnih planova



Izvor: autor, 23.5.2023.

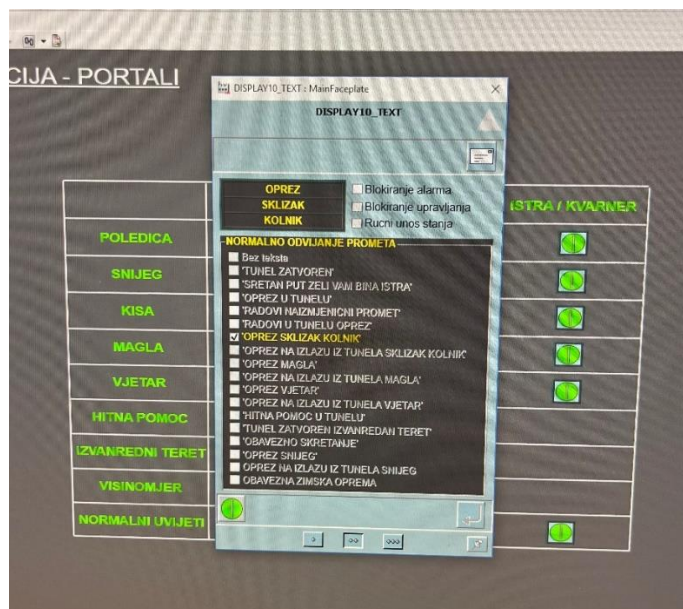
Signalni planovi podijeljeni su u pet zona (slika 17) koji se aktiviraju prema poziciji pojedinom djelu tunela ili u cijelom tunelu.

4.6. SCADA Signalni portal

Signalni portali smješteni su u neposrednoj blizini tunela Učka i to po jedan sa svake strane tunela. Postavljeni su iznad kolnika kako bi bili dobro uočljivi, a vozače unaprijed upozorili na trenutno stanje u tunelu (slika 18).

Signalni portali prikazuju obavijest o tome što se trenutno događa u tunelu, na koji način se odvija promet, vremenske uvjete prije i poslije tunela te ostale obavijesti koje služe da se vozači pripreme i prilagode način vožnje uvjetima na cesti i u tunelu.

Slika 18. Zamjena tekstualnog dijela portala na portalu Istra



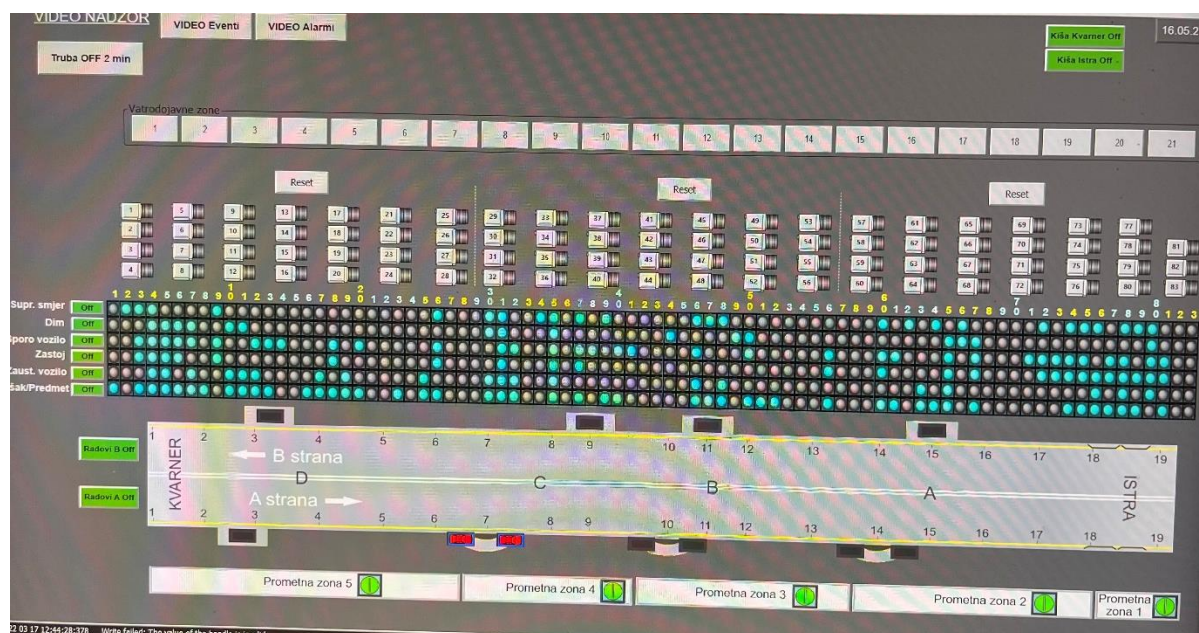
Izvor: autor, 23.5.2023.

4.7. SCADA Video

Prikaz Video služi za upravljanje primljenim alarmima od strane CCTV (*Closed Circuit Television*) kamera u tunelu, isključivanje i uključivanje pojedinih ili grupnih vrsta opasnosti koje svaka od kamera bilježi.

Na istom prikazu moguće je za svaku kameru posebno blokirati alarm od opasnosti koje ona može prepoznati. Tako se u slučaju kiše na izlazima iz tunela često javlja alarm pješaka, predmeta ili zaustavljenog vozila jer odbljesak od mokre podloge sustav prepozna kao opasnost. Tada se na toj kameri blokira njena osjetljivost na opasnost te se spriječi nepotrebno javljanje alarma pomoću gore desno (slika 19) dva vidljiva kvadratića Kiša Kvarner ON i Kiša Istra ON.

Slika 19. Prikaz video sustava na SCAD-i



Izvor: autor, 23.5.2023.

4.8. SCADA Rasvjeta, Vodovod, UPS i Komunikacija

Prikaz Rasvjeta služi kako bi se vidjelo trenutno stanje rasvjete u tunelu i moglo daljinski uključiti ili isključiti pojedini režim rasvjete (R1, R2, R3, R4, R5). Preko SCADA-e moguće je upravljati rasvjetom u tunelu i na portalu Kvarner dok je rasvjeta na portalu Istra upravljana automatski.

Prikaz SCADA Vodovod projicira shemu glavnih vodova za vodu kojom se opskrbljuje nekadašnja benzinska postaja na portalu Istra, upravna zgrada, nekadašnji restoran u sklopu upravne zgrade te hidrantska mreža u tunelu Učka. U svakom trenutku može se očitati količina vode u spremniku smještenome u neposrednoj blizini tune Učka sa istarske strane tunela, što je bitno kako bi se osigurala uvijek dostatna količina vode u slučaju požara ili onečišćenja u tunelu.

SCADA UPS prikazuje shema UPS uređaja, stanje baterija te trošila koja su priključena na UPS uređaj. Oni su sastavni dio kompletne energetske mreže tunela te jedan od najvažnijih faktora za pravilno funkcioniranje svih sustava u tunelu.

SCADA Komunikacija prati shemu rasporeda cestovno prometnih stanica (CPS) i daljinskih stanica (DAS) raspoređenih u tunelu i izvan tunela te shemu povezanosti uređaja iz Centra upravljanja na CPS- ove i DAS- ove preko dva logična kontrolera (PLC).

5. Zaključak

Tunel Učka specifičan je prometni objekt u sklopu Istarskog ipsilona. Kroz tunel Učka promet se odvija dvosmjerno, a s obzirom na to da je tunel glavna poveznica Istre sa ostatkom Hrvatske svakodnevno njime prometuje sve više prometa što znači i veći broj mogućih incidenata.

Kako bi tunel Učka bio što sigurniji za promet te kako bi se osiguralo kontinuirano odvijanje prometa, zaslužne su službe BIOU - a, posebno služba sigurnosti i upravljanja u koju spadaju operateri Centra upravljanja. Operateri u centru upravljanja zaduženi su za održavanje sigurnih i stabilnih uvjeta u prometu kroz tunel Učka ali i ostatku Istarskog ipsilona.

Upravljanje svim sustavima u tunelu omogućeno je preko SCADA računalnog sustava koji se nalazi u Centru upravljanja. SCADA sustav složen je računalni sustav kojega čine glavno pametno računalo te prikaz SCADA- e sustava na nekoliko ekrana u Centru upravljanja. Preko tih ekrana operater ima u svakom trenutku nadzor nad svim sustavima u tunelu Učka, te mu je omogućeno daljinsko upravljanje istima te nadzor nad alarmima koje sustav zaprima od sustava koji se nalaze unutar tunela.

SCADA računalni sustav osim nadzora nad sustavima i upravljanje istima omogućuje da se prilikom incidenata u tunelu Učka može što brže i sigurnije pomoći korisnicima, osigurati ostale sudionike u prometu, pravovremeno ih upozoriti na opasnost te osigurati neometano djelovanje službi za pomoć unesrećenima. Kako bi se što brže otkrila pozicija te kasnije utvrdili uzroci incidenata u tunelu, zaslužan je video sustav tunela Učka. Video sustav opremljen je automatskom detekcijom incidenata te integriran na SCADA sustav čime se nadzor tunela Učka pojednostavljuje te operateru daje brze i kvalitetne informacije o stanju prometa u tunelu.

Literatura

Knjige i članci:

1. Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001
2. Tomašević, G.: Modernizacija tunela Učka, Građevinar 62, 2010.

Pravni izvori:

1. Pravilnik o minimalnim sigurnosnim zahtjevima za tunele, Narodne novine, br. 96/2013.

Internetski izvori:

1. <http://hrcak.srce.hr/file/89840> (15.05.2023.)
2. https://static.1987.hr/docs/eurotap/et_2006_mkapela_gric.pdf (19.5.2023.)
3. <https://zir.nsk.hr/islandora/object/unin:5271> (19.5.2023)
4. <https://www.promet.hr/tuneli/tuneli.html> (19.05.2023.)
5. <https://www.prometna-signalizacija.com/informacijsko-komunikacijski-sustavi-u-prometu/sustavi-za-nadzor-tunela/> (20.05.2023.)
6. <https://repozitorij.vuka.hr/islandora/object/vuka:406> (3.7.2023.)
7. <https://repozitorij.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A69/datastream/PDF/view> (3.7.2023.).
8. <https://www.prometna-signalizacija.com/oprema-cesta/tunelska-rasvjeta/> (3.7.2023.):
9. http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2009_10_119_2933.html (28.06.2023.)
10. http://www.huka.hr/v2/objekti/publikacije/hr/2008_14.pdf (3.7.2023.)
11. <https://www.24sata.hr/news/sok-u-tunelu-ucka-otpao-dio-ventilacije-sudarila-se-dva-auta-567836> (29.06.2023.)
12. <https://repozitorij.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A346/datastream/PDF/view> (3.7.2023.).
13. <http://www.zemris.fer.hr/predmeti/rg/diplomski/07Keserica/scada.html>, (29.06.2023.)

14. <https://www.e-spincorp.com/what-is-supervisory-control-and-data-acquisition-scada/>
(29.06.2023.)

15. <https://www.prometna-signalizacija.com/oprema-ceste/oprema-tunela/> (29.06.2023.)

Ostali izvori:

1. Interna dokumentacija Bina-Istre

Popis slika

Slika 1. Operativni pult u centru upravljanja.....	6
Slika 2. Video zid u Centru upravljanja	6
Slika 3. Prikaz video nadzora tunela Učka i Istarskog ipsilona	7
Slika 4. Prikaz sustava vatrodjave tunela Učka.....	11
Slika 5. Prikaz sustava rasvjete tunela Učka	13
Slika 6. Sustav ventilacije tunela Učka	14
Slika 7. Sustav video nadzora unutar tunela Učka te na ulazu/izlazu iz tunela Učka	15
Slika 8. Fiksna kamera Bosch LTC 0610.....	16
Slika 9. Pokretna kamera Bosch AutoDome 300	17
Slika 10. Incidentna situacija- prepreka na kolniku u tunelu Učka.....	18
Slika 11. Prikaz signalizacije u tunelu Učka na SCADA sustavu	23
Slika 12. Daljinsko upravljanje prometnim znakom ograničenja brzine.....	24
Slika 13. Daljinsko upravljanje prometnim znakom opasnosti na izlazu iz tunela	24
Slika 14. Daljinsko upravljanje semaforom u tunelu Učka.....	25
Slika 15. Meteo prikaz na SCADA-i.....	26
Slika 16. prikaz ventilacije u tunelu Učka.....	27
Slika 17. Prikaz za odabir signalnih planova.....	28
Slika 18. Zamjena tekstualnog dijela portala na portalu Istra	29

Slika 19. Prikaz video sustava na SCAD-i 30