

# Tuneli na utocesti A1

---

**Sertić, Antonio**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Polytechnic Nikola Tesla in Gospić / Veleučilište Nikola Tesla u Gospiću**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:107:744276>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-03**



*Repository / Repozitorij:*

[Polytechnic Nikola Tesla in Gospić - Undergraduate thesis repository](#)



**VELEUČILIŠTE „NIKOLA TESLA“ U GOSPIĆU**

Antonio Sertić

**TUNELI NA AUTOCESTI A1**

Završni rad

Gospić, 2015.

# **VELEUČILIŠTE „NIKOLA TESLA“ U GOSPIĆU**

Prometni odjel

Stručni studij Cestovnog prometa

## **TUNELI NA AUTOCESTI A1**

Završni rad

**MENTOR**

mr. sc. Predrag Brlek, dipl. ing., viši predavač

**STUDENT**

Antonio Sertić

MBS: 2961000351/11

Gospić, rujan 2015.

Veleučilište „Nikola Tesla“ u Gospiću

Cestovni odjel

Gospić, 09.03.2015.

## ZADATAK

za završni rad

Pristupniku Antonio Sertiću MBS: 2961000351/11

Studentu stručnog studija Cestovni promet izdaje se tema završnog rada pod nazivom

Tuneli na autocesti A1

Sadržaj zadatka :

Cestovni tuneli, sigurnost u tunelima, detaljna podjela tunela na autocesti A1 i detaljan opis tunela u Ličko-senjskoj županiji.

*Završni rad izraditi sukladno odredbama Pravilnika o završnom radu Veleučilišta „Nikola Tesla“ u Gospiću.*

Mentor: Predrag Brlek zadano: 09.03.2015. , Predrag Brlek  
(ime i prezime) ( nadnevak) (potpis)

Pročelnik odjela: Katerina Dulčić predati do: 30.09.2015. , Katerina Dulčić  
(ime i prezime) ( nadnevak) (potpis)

Student: Antonio Sertić primio zadatak: 09.03.2015. , Antonio Sertić  
(ime i prezime) ( nadnevak) (potpis)

Dostavlja se:

- mentoru
- pristupniku

## IZJAVA

Izjavljujem da sam završni rad pod naslovom Tuneli na autocesti A1 izradio samostalno pod nadzorom i uz stručnu pomoć mentora Predraga Brleka.

Antonio Sertić

Antonio Sertić  
(potpis studenta)

## SAŽETAK

Dobra prometna povezanost je vrlo važan faktor u Republici Hrvatskoj jer pridonosi samom razvoju države te zbog povoljnog položaja Hrvatske utječe na razvoj prometnih puteva s drugim europskim zemljama. Razvoj prometne mreže u Hrvatskoj seže daleko u povijest te uključuje velik broj prometnica. Među njima se nalazi i autocesta A1 koja spaja sjever i jug Hrvatske od Zagreba do Splita a čija ukupna dužina iznosi 380km. Prilikom izgradnje autocesta veliku ulogu ima i izgradnja tunela zbog savladavanja prirodnih prepreka i skraćivanja duljine puta. Tunel je dio prometnice koji osigurava prostor za različite namjene i s jednim ili oba kraja izlazi na površinu. Autocesta A1 ima 20 tunela čija ukupna dužina iznosi 20 701 m. Dva najveća tunela na autocesti su tunel Mala Kapela i tunel Sv. Rok dok je tunel Brinje jedan od najsigurnijih tunela u Europi. S obzirom na cjelokupnu tunelsku mrežu u Republici Hrvatskoj te vrhunsku opremljenost može se reći da pružaju visoku razinu sigurnosti.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1. Predmet i cilj rada .....	1
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja.....	2
1.3. Struktura rada .....	2
<b>2. CESTOVNI TUNELI</b> .....	<b>3</b>
2.1. Sigurnost u tunelima .....	13
2.2. EuroTAP.....	14
<b>3. TUNELI NA AUTOCESTI A1</b> .....	<b>15</b>
3.1. Tunel Sv. Marko .....	16
3.2. Tunel Mala Kapela .....	16
3.3. Tunel Brinje .....	17
3.4. Tunel Brezik.....	17
3.5. Tunel Plasina.....	18
3.6. Tunel Grič .....	18
3.7. Tunel Krpani.....	19
3.8. Tunel Sv. Rok.....	19
3.9. Tunel Ledenik .....	20
3.10. Tunel Bristovac .....	20
3.11. Tunel Čelinka.....	21
3.12. Tunel Dubrave .....	21
3.13. Tunel Konjsko.....	22
3.14. Tunel Zaranač.....	22
3.15. Tunel Bisko.....	23
3.16. Tunel Crna brda .....	23
3.17. Tunel Stražina.....	24
3.18. Tunel Sv. Ilija.....	24
3.19. Tunel Umac .....	25
3.20. Tunel Šubir.....	25
<b>4. TUNELI U LIČKO SENJSKOJ ŽUPANIJI</b> .....	<b>26</b>
4.1. Mala Kapela .....	26
4.2. Tunel Brinje .....	27
4.3. Tunel Brezik.....	29

<b>4.4. Tunel Plasina.....</b>	<b>29</b>
<b>4.5. Tunel Grič .....</b>	<b>30</b>
<b>4.6. Tunel Krpani.....</b>	<b>31</b>
<b>4.7. Tunel Sv. Rok.....</b>	<b>31</b>
<b>5. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>33</b>
<b>6. LITERATURA .....</b>	<b>34</b>
<b>7. POPIS SLIKA .....</b>	<b>35</b>
<b>8. POPIS TABLICA.....</b>	<b>36</b>



# 1. UVOD

## 1.1. Predmet i cilj rada

Tema završnog rada su Tuneli na Autocesti A1 koja je od iznimne važnosti za Republiku Hrvatsku jer povezuje sjever i jug Hrvatske te kao takva utječe na razvoj gospodarstva, turizma i drugih gospodarskih grana.

Tuneli su podzemne građevine u obliku cijevi otvorene na oba kraja, postavljena horizontalno ili u blagom nagibu, a kroz njih se provodi prometnica, željeznica, cesta kanal ili vodni tok, koji spajaju dva dijela puta razdvojena preprekom koju nije moguće savladati na drugi način. Uz mostove, mogu se svrstati u najsloženije inženjerske objekte za promet.

Tunel je sastavni dio prometnice, te se njegova trasa označava na karti sitnijeg mjerila, a način projektiranja trase ovisi o dužini tunela. Kod kratkih tunela oblik osi tunela prilagođava se osi prometnice. Kod dugačkih tunela najprije se izabere položaj tunela a zatim se trasa prometnice ispred i iza tunela prilagođava s već izabranim položajem i pravcem. Prirodno je da su niski tuneli najduži, što najčešće znači i najskuplji. Kako bi se oni skratili tunel se može projektirati na višoj koti. Tunel se znatno skraćuje projektiranjem na višoj koti, ali se zbog toga trasa prometnice mora razvijati tako da bi se pod povoljnim usponom i padom mogla priključiti na os tunela. Kad je trasa tunela utvrđena, potrebno je obaviti opsežna geološka i geofizička istraživanja da bi se provjerile pretpostavke o geološkom sustavu tla kroz koji se probija tunel. Za geodetske radove način izgradnje tunela vrlo je bitan jer o njemu ovise metode rada, način stabilizacije točaka i točnost mjerenja. Upravo o ovim faktorima izgradnje tunela i ostalim potrebnim informacijama ćemo se upoznati kroz različita poglavlja rada.

## **1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja**

Završni rad je rezultat sustavnog proučavanja dostupne stručne literature, internetskih izvora, istraživanja promatrane problematike te predstavlja sistematizaciju odgovarajuće građe. U ovom završnom radu, za opisivanje i definiranje pojmova korištene su metode prikupljanja podataka iz raznih izvora stručne literature o tunelima.

## **1.3. Struktura rada**

Rad je podijeljen u 5 poglavlja.

U prvom dijelu, Uvodu, navedena je tema rada te predmet i cilj završnog rada, obrazložena je struktura rada i navedeni su izvori podataka.

U drugom dijelu pod nazivom Cestovni tuneli govori se o tunelima općenito gdje je detaljno opisan sam proces izgradnje tunela, tj. koji su uvjeti povoljni da bi se tunel izgradio. Nadalje, ono što je bitno kada se govori o tunelima je sigurnost vozača i pravila kojih se treba pridržavati kako bi vožnja protekla u najboljem redu. Isto tako, spomenut je program EuroTap koji pripada skupini od osam istraživačkih projekata o sigurnosti u tunelima.

U trećem dijelu se govori o tunelima na Autocesti A1 uz priložene slike i informacije o svakom od njih.

U četvrtom dijelu govori se o tunelima u Ličko-Senjskoj Županiji uz detaljan opis svakog od njih.

Na kraju rada u Zaključku, dana je sistematizacija rada te uvid u cjelokupnu sliku tunela nakon provedenog istraživanja.

## 2. CESTOVNI TUNELI

Ovisno o načinu građenja tunela razvijeno je nekoliko metoda nazvanih po zemljama u kojima su prvi puta našle svoju primjenu, pa tako razlikujemo: belgijsku, austrijsku, englesku, njemačku, talijansku metodu itd.

Prema namjeni tuneli se dijele na:

- Prometni,
- Hidrotehnički,
- Komunalni,
- Tunele rudarske industrije.

Prema položaju na terenu tunele dijelimo na:

- Brdske tunele,
- Podvodne tunele,
- Gradske tunele.

Podjela tunela prema broju voznih traka:

- Jednotračni tuneli,
- Dvotračni tuneli
- Višetračni tuneli.

Podjela tunela prema dužini:

- Mali tuneli – kraći od 50 m,
- Kratki tuneli – 50 – 500 m,
- Srednji tuneli – 500 – 2200 m,
- Dugi tuneli – 2200 – 4000 m,
- Vrlo dugi tuneli – duži od 4000m.

Podjela tunela prema težini rada:

- Laki tuneli,
- Teški tuneli,
- Vrlo teških.

Podjela tunela prema strukturi:

- Potpuno ozidani tuneli,
- Djelomično ozidani tuneli,
- Neozidani tuneli.

Svaki tunel mora sadržavati odgovarajuću opremu koja se može podijeliti na minimalnu, osnovnu i proširenu opremu.

Minimalna oprema obuhvaća: ograničenje brzine, zabrana pretjecanja, kraj zabrana na dionici i piktogram (uključiti/isključiti svjetla). Osnovnu opremu čine multifunkcionalni prometni znakovi, uz pomoć kojih se, u slučaju smetnji, može reducirati brzina, ili, po potrebi, (opći znakovi upozorenja, piktogrami koji ukazuju na zastoj ili upozorenja na zatvaranje tunela). Proširena oprema obuhvaća prikazivanje ploča za preusmjeravanje prometa i označavanje prometnog traka, signalizaciju voznog traka te sustave za vođenje i zaustavljanje u područjima preusmjeravanja. Nadalje, proširena oprema može biti potrebna i na temelju lokalnih posebnosti kao što je: utjecanje na promet duž čitave dionice, križanja u blizini ulaza u tunel koja su regulirana svjetlosnim signalima, posebni uvjeti u prometu, posebni uvjeti trase.

Gradilišne prometnice su uvjetovane prema odabranoj tehnologiji izvedbe, konfiguraciji terena na gradilištu i projektom organizacije građenja. Izvodi ih izvođač radova kao privremene građevine i održava tijekom građenja. Te prometnice uglavnom povezuju mjesta izvedbe građevinskih radova sa proizvodnim pogonima (drobilane, separacije, betonare, skladišta eksplozivnih tvari, skladišta građevinskih materijala, laboratorij te zgrade direktora projekta, nadzora i uprave gradilišta izvođača radova).

Izrada skladišta za eksplozivne tvari podrazumijeva izradu skladišnog prostora gdje se mogu nalaziti jedna ili više građevina za smještaj, čuvanje i održavanje eksplozivnih tvari, za potrebe miniranja kod iskopa usjeka i tunela. Ta skladišta mogu biti: zidana skladišta za količine eksplozivnih tvari većih od 5000 kg i to razdvojeno od sredstava za paljenje (upaljače) i čuvarske kućice, prijenosni spremnik (kontejner) namjenjuje se za održavanje, smještaj i čuvanje eksplozivnih tvari do 5000 kg i 5000 komada detonatora, a izrađen je od metala, priručno skladište je prostorija gdje se može smjestiti, čuvati i držati do 20 kg eksplozivnih tvari. Sva skladišta koja budu postavljena na gradilište trebaju imati građevnu i uporabnu dozvolu izdanu od mjerodavnih tijela. Izrađuju se na lokacijama podalje od ostalih

objekata kako se zahtjeva propisima, u prirodnim udolinama i na mjestima gdje ne smetaju izvođenju svih radova na cesti i tunelu.

Visoko naponski priključci izvode se prema projektu organizacije građenja (POG), uvjetima nadležnog elektroprivrednog tijela. Broj trafostanica (TS) u tunelu, kao i njihove karakteristike biti će ovisni o dužini tunela i tehničkim karakteristikama kablova za visoki napon. Postavljanje tih trafostanica u tunnelske niše i kabliranje kao i njihova zaštita biti će provedena tako da se zadovolje svi uvjeti i propisi za takvu vrstu rada.

Priključak vodovoda sa postojeće vodovodne mreže odnosno kaptaže izvodi se oprema uvjetima nadležnog vodoupravnog tijela. Svi radovi na izvedbi vodovodnog priključka izvode se prema projektu organizacije građenja (POG) i odgovarajućem projektu. Iskopni materijal iz tunela može biti: neupotrebljivi otpadni materijala, upotrebljivi miješani materijal za nasipe, upotrebljivi čisti i kvalitetni kameni materijal.

Neupotrebljivi otpadni materijal, je zemljani materijal sa prevelikom ili potpunom zasićenosti s vodom, koji nije moguće dalje korisno upotrijebiti, već je potrebno obaviti njegovo odlaganje na trajno odlagalište predviđeno projektom ili odredbom nadzornog inženjera. Miješani materijal (kamenozemljani) koji nema preveliku vlažnost, odlaže se na posebno odlagalište ili se odmah ugrađuje u nasipe ceste. Čisti i kvalitetni kameni materijal odlaže se na posebno odlagalište radi naknadne dorade i predrobljavanja za proizvodnju kamenog materijala za nosive slojeve kolničke konstrukcije i frakcija kamenog agregata za betonske i asfaltne radove. Odvod otpadnih i brdskih voda iz tunela mora biti kontroliran tako da se neposrednog ispred portala izvedu odgovarajući objekti za prihvatanje i pročišćavanje, a sve uz suglasnost nadležnih tijela.

Tunel, jame, okna i potkopi moraju se cijelo vrijeme iskopa provjetravati kako bi se stvorili uvjeti za siguran rad bez potencijalno eksplozivnih ili štetnih plinova, prašine i nedostatka kisika. Pušenje je zabranjeno u tunelima, potkopima, jamama ili oknima i svim zatvorenim prostorima. Kod prisilnog sistema ventilacije, ventilatori se postavljaju van tunela. Svaki ventilator kod prisilnog sistema ventilacije koji je montiran van tunela mora imati nesmetan dovod svježeg zraka. Ne smije biti u blizini spremišta ulja, kemikalija ili bačava s gorivom. Kod gradnje dužih tunela, gdje nije moguća brza prirodna ventilacija, iskop nije dozvoljen ako nije uspostavljen siguran sustav ventilacije. U slučaju kvara ventilacijske opreme osoblje se mora povući sa podzemnih radova, a kod upotrebe stroja za bušenje tunela, rad stroja se odmah prekida i stroj se izolira dok se ventilacija ne popravi.

Rasvjeta reflektorima mora omogućiti sigurno izvođenje radova. Rasvjeta u tunelu mora pokrivati cijelu duljinu i ne smije biti manja od potrebne za siguran rad i pristup, najmanje 100 Wata na svakih 10 m dužine tunela. Alternativan izvor energije i sustav rasvjete u slučaju nužde mora postojati kako bi se omogućilo izvođenje nužnih zahvata i sigurna evakuacija u slučaju prekida primarnog napajanja. Također mora biti dostupan odgovarajući broj ručnih svjetiljaka na ključnim mjestima u tunelu. Razina buke i granice vibracije moraju biti u skladu s Zakonom o zaštiti na radu, kao i ostalim zakonskim odredbama i propisima. Pristup gradilištu mora imati čvrstu, ravnu, kontinuiranu površinu koja nije skliska i mora biti pogodna za korištenje u nuždi kada nema rasvjete.

Zadržavanje vode neće biti dopušteno. Zato se mora isporučiti, postaviti, pustiti u rad i održavati dovoljan broj crpki i cijevi za kontrolu i odvod vode iz bilo kog dijela podzemnih radova.

Predusjek se izvodi na portalnom dijelu dviju tunelskih cijevi budućeg tunela autoceste. Nakon izvršenog iskopa predusjeka ili još za vrijeme njegovog iskopa (kod dubokih usjeka) obavlja se i osiguranje čela predusjeka kad za to postoje utvrđeni svi elementi sraslog tla. Ugradnja sidara, armaturnih mreža i mlaznog betona obavlja se na potpuno isti način kakav je predviđen i kod osiguranja tunelskog iskopa.

Faze iskopa i razrada profila iskopa bit će u skladu s projektom, ovim tehničkim uvjetima i nacrtima iz izvedbenog projekta, koga će izraditi izvođač prema ustanovljenom stanju stijene tijekom iskopa tunela. Radovi iskopa će se izvesti na način da se ispune uvjeti za osiguranje iskopa za ustanovljenu tunelsku kategoriju. Kategoriziranje stijenskih masa provodi se na osnovi geomehaničke kategorizacije. Primjenjuje se pri izvođenju cestovnih tunela u stijenskim masama bušenjem i miniranjem ili strojnim iskopom u podzemlju. Geomehnička kategorizacija se temelji na bodovanju slijedećih šest parametara stijenske mase: jednoaksijalna tlačna čvrstoća stijenskog materijala, RQD - indeks kvalitete jezgre, razmak pukotina (diskontinuiteta), stanje diskontinuiteta, stanje podzemne vode, pružanje i nagib diskontinuiteta. Svi radovi miniranja izvest će se prema projektu miniranja i u skladu s propisima u pogledu mjera opreza i mjera sigurnosti pri rukovanju eksplozivima. Projekt miniranja obuhvaća: model bušenja, promjere bušotina, udaljenost, dubinu i nagib, tip, jačinu, količinu (težinu) i patrone eksploziva koji će se koristiti u svakoj pojedinoj bušotini, raspored opterećenja u bušotinama i prvo punjenje u svakoj bušotini, učvršćenje/zaštita bušotina i

prekrivanje ili pokrivanje miniranog područja, pisani dokazi o kvalifikacijama osoba koje će biti izravno odgovorne za nadzor punjenja i paljenja.

Izbor metode iskopa, način miniranja i sustav podgrađivanja zavisit će o kategoriji stijene u kojoj se izvodi tunelski iskop. Bušenje i miniranje obavlja se na takav način da se osigura da stijena puca uzduž željenih linija. Iskop stijene obavlja se primjenom suvremenih metoda miniranja. Kontrolirane metode miniranja kao što su glatko miniranje ili metoda predminiranja koristit će se kako bi prekoprofilnog iskopa bilo što manje i kako bi se spriječilo drobljenje površina stijene. Miniranje se dopušta samo nakon što su poduzete odgovarajuće mjere opreza za zaštitu svih osoba, rada i imovine. Plakati sa obavijestima o miniranju moraju se polijepiti po gradilištu

Iskop u vrstama stijenske mase koje su visokoosjetljive na vodu, potrebno je obaviti uz posebnu pažnju, kako bi se izbjeglo svako oštećenje na stijeni. U ovim zonama potrebna je takva izvedba i kvaliteta izrade da se izbjegne kontakt između stijenske mase i vode. Iskop tunela treba se odvijati kontinuirano, osim ako drugačije odobri nadzorni inženjer.

Primarna podgrada obuhvaća one elemente tunelske obloge koji su potrebni za uspostavu stabilnosti tunelskog iskopa. Sva mehanizacija i oprema za izvedbu primarne podgrade bit će prikladna za navedene radove u pogledu kakvoće i pozitivnih hrvatskih propisa o sigurnosti. Oprema će se valjano održavati, a rezervni dijelovi za opremu biti će u odgovarajućoj mjeri osigurani na gradilištu kako bi se osigurala neposredna raspoloživost opreme potrebne za postavljanje podgrade svugdje gdje se odvijaju radovi podzemnog iskopa.

Tunelska podgrada koja se postavlja odmah nakon iskopa izravno je vezana za utvrđenu kategorizaciju stijena. Prije početka nanošenja mlaznog betona napraviti će se pripremni radovi za podgradu stijene: slaba i nevezana stijena bit će uklonjena s površine; stijena će biti kartirana tako da se može razjasniti ukupna potreba za podgradom, i mjesta propuštanja vode bit će isušena bilo drenažnim kanalima ili će biti začepljena upotrebom cementne smjese ubrzanog djelovanja - mortom ili injektiranjem. Najveća debljina jednog sloja mlaznog betona koja se ugrađuje neće biti veća od 15 cm. Ako debljina mora biti veća, sljedeći slojevi ne ugrađuju se prije nego prethodni sloj ne postigne dovoljnu čvrstoću da podnese dodatni sloj/slojeve. Ovi dodatni slojevi trebajuse ugraditi u roku od najviše tri dana. Čelični lukovi, armaturna mreža i druge armature ubetoniraju se u mlazni beton kako je prikazano na nacrtima u projektu.

Armaturne mreže i šipke moraju biti s unutrašnje strane prekrivene sa minimalno 2 cm mlaznog betona ili kako je navedeno u projektu. Ako se postavlja više od jednog reda armature, drugi red se postavlja nakon što se prvi ubetonira i prekrije mlaznim betonom. Otpadni mlazni beton će se ukloniti odmah po završetku svake ugradnje mlaznog betona. Ni u kom slučaju se otpadni materijal ne vraća u izvedbu. Rad se neprekidno mora odvijati tako da nema nikakvog otpadnog materijala.

Prilikom doziranja agregat treba biti osušen ili dovoljno ocijeđeni kako bi sadržaj vlage bio stabilan, ne veći od 7%. Miješanje cementa i agregata obavlja se mehanički strojem za miješanje. Mlazni beton se ne ugrađuje ukoliko se ugradnja ne može završiti u roku od 90 minuta od vremena miješanja. Vrijeme miješanja je najmanje 3 minute.

Čelični lukovi postavljaju se prema nacrtima iz projekta. Koristit će se temeljni blokovi od tvrdog drva i klinovi za dovođenje čeličnih lukova u potrebni položaj. Za spajanje luka sa susjednim čeličnim lukom koristit će se šipke za učvršćivanje na licu mjesta. Čelični lukovi ubetoniraju se u mlazni beton debljine zaštitnog sloja najmanje 20 mm. Čelični lukovi postavljaju se okomito na os tunela. Spojevi lukova moraju osigurati predviđenu statičku nosivost luka. Pilot je element podgrade koji se ugrađuje prije samih radova na iskopu. On se primjenjuje kod takvog stanja stijene i zemljanog tla koji imaju tendenciju izazvati prekopofilni iskop, urušavanje ili nalet materijala odmah nakon iskopa. Čelične platice koriste se uglavnom u slabo nosivom tlu niske kohezije, da bi se spriječilo urušavanje materijala tijekom iskopa i odmah nakon iskopa. Štapna sidra dio su primarne podgrade, a cilj im je aktivirati spregnuto djelovanje između okolne stijene i mlaznog betona, pridonoseći nosivosti primarne tunelske podgrade. Cijevni krov (kišobran) sastoji se od čeličnih cijevi koje se ugrađuju u zoni svoda tunela. Mikro piloti postavljaju se u podlogu gornje štosne u područjima plitkog sloja i ispod kuća. Mikro-piloti prenose opterećenje sa obloge mlaznog betona na okolnu stijensku masu i na taj način smanjuju slijeganja obloge od mlaznog betona u gornjoj štosni, smanjuju rizik smicanja između obloge gornje štosne i obloge privremenog podnožnog svoda i povećavaju sigurnost bočnih zidova tijekom iskopa.

Prije početka injektiranja treba se utvrditi sve tražene pojedinosti za izvedbu ovih radova, što se posebno odnosi na: sastav injekcione smjese, tlakove injektiranja, raspored, smjer i dubinu bušotine, vremenski tok injekcionih radova, vrstu i kapacitet odabranih strojeva. Tlak za injektiranje treba odabrati tako da ne nastanu štete na betonskoj oblozi tunela. Radovi na injektiranju tunela obuhvaćaju:



- Kontaktno injektiranje šupljina preostalih iza postavljenih čeličnih platica i zapunjavanja eventualno ostalih šupljina između stijene i betonske obloge u cilju postizanja potpunog kontakta stijene i betona,
- Konsolidaciono injektiranje za stabiliziranje stijene oko iskopanog otvora radi povećanja njenih mehaničkih svojstava.

Odvodnja sadrži tehničke uvjete za izvođenje: zahvata podzemnih procjednih voda, uzdužne drenaže iza unutarnje betonske obloge i pripadajućih kontrolnih niša, glavne kanalizacije i pripadnih revizijskih-kontrolnih okana, poprečnih cijevnih spojeva, rubnjaka za kontroliranu odvodnju tekućina s kolnika, šupljih rubnjaka za prihvaćanje-odvodnju tekućina sa kolnika, sifonskog okna za kontrolu i čišćenje, te ispuštanje tekućina s kolnika u glavnu kanalizaciju.

Rad na zahvaćanju vode s površine izbijenog otvora obuhvaća zahvat vode prikladnima zahvatnim elementima na površini izbijenog otvora te odvođenje cijevima ili polucijevima u drenažni sustav uzdužne drenaže iza unutarnje betonske obloge. Za izradu zahvatnih elemenata potrebno je odabrati nehrđajuće lagane plastične materijale kao što su polipropilen (PP) i polietilen (PE). Odvodne cijevi i polucijevi također su od istih materijala, jer svojom fleksibilnošću omogućuju prilagodbu zakrivljenim plohama izbijenog otvora te su pogodne za međusobno spajanje. Kod jakih prodora vode često je potrebno izvoditi drenažni sustav kojim se dreniraju vode po cijelom presjeku i odvede u prostor iza betonske obloge. Drenažne bušotine izbuše se u zadanim presjecima okomito ili koso na os tunela prema dužini kampade predviđene za betoniranje.

Na potezima tunela u vodoodrživom tlu, gdje postoji mogućnost od stvaranja hidrostatskog tlaka izvodi se uzdužna drenaža. Uzdužna drenaža izvode se od perforirane cijevi zadanog promjera u filtarskom sloju. Filtarski sloj mora biti povezan sa stijenom iskopa po cijeloj dužini cijevi, kako bi bio omogućen dotok vode u drenažnu cijev. Drenažne cijevi postavljaju se u pravcu i nagibu kako je određeno projektom, a polažu se na podlogu od betona. Uzdužne drenažne cijevi za podzemnu vodu prekrivaju se i zaštićuju filtarskim slojem. Filtarski sloj se izvodi od drenažnog betona ili filtarskog šljunka ili pijeska, a treba zadovoljiti filtarsko pravilo u odnosu na materijal u kojem se izvodi drenaža. Filtarski sloj izvodi se od šljunka ili pijeska. Drenažni beton se izrađuje od običnog Portland cementa i prirodnog agregata jedne veličine zrna. Omjer agregata i cementa bit će 8:1 po volumenu ili

10:1 po masi. Količina vode koja se koristi neće biti veća od one koja je potrebna za prekrivanje svih dijelova agregata, a da se pritom ne formira višak mase.

Glavna kanalizacija je položen kanalizacijski cjevovod putem kojeg se odvode svode zahvaćene drenažom, i tekućine s kolnika (zauljene vode) do separatora izvan tunelskih cijevi. Na glavnoj kanalizaciji izvode se kontrolna okna na pravilnim razmacima, tj. na mjestima bočnih priključaka drenaže ili priključka odvodnje kolnika. Glavna odvodna kanalizacijska cijev se polaže tek nakon završenih iskopa i čišćenja dna tunela kako bi se izbjeglo njeno zamuljivanje.

Kontrolna okna izvode se kao monolitne betonske građevine ili kao montažni elementni (tipski elementi) na razmaku kako je određeno projektom i moraju biti vodonepropusna. Tipska montažna kontrolna okna trebaju odgovarati izabranom cijevnom materijalu (PEHD, PVC, beton, azbestcement, poliester). Poprečni cijevni priključci na glavnu kanalizaciju su spojevi uzdužne drenaže na glavnu kanalizaciju. Na mjestu spoja na glavnoj kanalizaciji se izvodi kontrolno okno. Cijevi se polažu u iskopani rov na posteljicu od betona, te se oblažu betonom debljine min.  $\frac{1}{4}$  veličine profila cijevi, ukoliko projektom nije drugačije određeno.

Montažni šuplji rubnjaci polažu se na izravnavajući sloj cementnog morta debljine 20-30 mm u projektiranom pravcu i padu. Spojevi elemenata se brtve trajnoelastičnim kitom ili drugom brtvećom masom koja mora biti odobrena po nadzornom inženjeru.

Sifonska okna za prekid zračnog kontakta odvodnje kolnika s glavnom kanalizacijom i za kontrolu, čišćenje te priključenje odvodnje kolnika na glavnu kanalizaciju su montažni betonski elementi koji se ugrađuju na pravilnim razmacima u sklopu šupljih vodolovnih rubnjaka. Sifonska okna moraju biti vodonepropusna.

Hidroizolaciju tunelske cijevi izvedenu primjenom termoplastičnih PVC folija, sačinjava: podložni sloj, izolacijski sloj, zaštitni sloj. Izolacijski se sloj u pravilu izvodi jednoslojno, osim u slučaju kada ispitani tlak svode prelazi 3 bara. Podložni sloj služi kao mehanička zaštita izolacijskog sloja i izvodi se od odgovarajuće vrste geotekstila. Izolacijski sloj služi kao direktna zaštita od prodora vode do sekundarne betonske obloge tunelske cijevi. Zaštitni se sloj ugrađuje u području dna tunelske cijevi iznad drenažnog kanala, a izvodi se od istog materijala kao i izolacijski sloj. Na mjestima razdjelnica u betonskoj oblozi, izolacijski se sloj s unutarnje strane ojačava zavarivanjem trake od istog materijala. Podložni sloj treba

biti izveden od nutkanog geotekstila na bazi kontinuiranih polipropilenskih vlakana, tvoreći stabilnu mrežu jednolike debljine i površinske teksture.

Za izvedbu hidroizolacijskog sloja upotrebljavaju se termoplastične sintetičke folije, proizvedene od omekšanog polivinilklorida (PVC-P). Termoplastična PVC folija mora biti vodonepropusna, bez mjehura, pukotina i šupljina, a može biti transparentna ili obojena. Hidroizolacijsku zaštitu tunela na dijelovima koji su ugroženi brdskom vodom ili trajnim vlaženjem, treba izvesti oblaganjem zidova i svoda tunelske cijevi od jedne do druge strane bočnih drenaža.

Pravilna receptura betona za sekundarnu oblogu zahtijeva optimiranje materijala bi kvalitativno i kvantitativno kako bi se postigli što povoljniji preduvjeti za razne zahtjevne kao što su: obradivost, vrijeme skidanja oplata i čvrstoća prilikom skidanja oplata, izbjegavanje pukotina i uporabna svojstva. Osnovni sastojci betona su: cement, mineralni dodaci, agregat, voda i kemijski dodaci (plastifikatori, superplastifikatori, plastoeranti i aeranti). Radi smanjenja temperaturnih naprezanja preporuča se koristiti cement koji sadrži mljevene mineralne dodatke ili jedan određeni dio veziva pokriti hidraulički efikasnim dodacima npr. Letećim pepelom. Vrlo fini dodaci mogu osim toga poboljšati ugradivost svježeg betona kao i nepropusnost sastava betona. Odabrana količina cementa i dodataka mora kod ogovarajuće temperature svježeg betona garantirati traženu čvrstoću i zadržavanje uporabnih svojstava. Osim recepture betona i temperatura svježeg betona utječe na razvoj temperature i brzinu stvrdnjavanja betona sekundarne obloge, što je od velikog značenja za što brže skidanje oplata ali i za maksimalne temperature betona i izbjegavanje stvaranja pukotina. Temperature svježeg betona između 13 i 18°C pokazale su se kao naročito povoljne. Temperature svježeg betona ispod 10°C evidentno usporavaju stvrdnjavanje, više temperature od 25°C negativno se odražavaju na stvaranje pukotina. Nisu dozvoljene temperature svježeg beton iznad 30°C. Razvitak temperature betona ovisi o temperaturi svježeg betona, stvaranju topline (toplina od hidratacije cementa, odnosno veziva, doziranja cementa/veziva), o debljini građevnih elementa i o vanjskim utjecajima (npr. Temperaturni zraka, brzini zraka). S obzirom na sveobuhvatno sprečavanje pukotina treba maksimalna temperatura betona biti što niža.

Kako bi se izbjegle pukotine treba odrediti što je moguće kasnije vrijeme skidanja oplata. Kako bi se održao uobičajeni 24-satni takt za betoniranje jednog dijela, za beton svoda proizlazi vrijeme skidanja oplata od 13-14 sati, što je povoljno sa stanovišta tehnologije betona. Kod vremena skidanja oplata ispod 10 sati treba poduzeti mjere protiv prejakog

hlađenja i isušivanja. Čvrstoća kod skidanja oplata ne smije biti prevelika, jer je inače i temperatura betona vrlo visoka upravo u vrijeme najveće mogućnosti za stvaranje pukotina. Za beton svoda čvrstoća kod skidanja oplata, mjereno na objektu, iznosi između 1,5 N/mm<sup>2</sup> i 3,0 N/mm<sup>2</sup>. Najčešći uzrok stvaranja pukotina u betonu obloge je vlastito, odnosno prisilno naprezanje zbog spriječenih kontrakcija kod hlađenja i zbog skupljanja.

Sekundarna obloga se izvodi, ovisno o njenoj funkciji, bez armature ili s armaturom. U obje izvedbe može se predvidjeti i izolacija. U principu možemo razlikovati tunele koji imaju nepropusnu cijev (koja zadržava tlačnu vodu) i drenirane tunele. Odluka da li će se tunel izvoditi prema jednom od navedenih načina ovisi o slijedećem: mogućnosti slobodnog, prigušenog ili pumpanog ispusta podzemne ili procjedne vode u recipijent, o očekivanom prodoru vode, o očekivanim pritiscima vode, hidrološkom djelovanju okoline, građevinskim troškovima kao i o pogonskim troškovima pumpne i prigušne stanice.

Armirana sekundarna obloga se u pravilu izvodi u tunelima namijenjenim prometu koji zadržavaju tlačnu vodu kao i u tunelima u naseljima, pri čemu se kod ove posljednjeg izvedbe prednost daje vodonepropusnoj sekundarnoj oblozi. Ukrute i potpornji oplata moraju se prilagoditi zahtjevima dozvoljenih naprezanja i deformacija. Kod kontinuiranih ankarskih rupa (npr. kod otvorenog načina gradnje) trebaju se koristiti zaštitne cijevi i sustavi zatvaranja, koji onemogućavaju prodor vode i osiguravaju trajnu izolaciju.

Sustav oplata se konstruktivno izvode tako da dinamička naprezanja ne uzrokuju nastajanje nedozvoljenih deformacija na čeonj oplati zbog vibracione oplata, hidrostatskog tlaka svježeg betona kao i hidrauličkog tlaka pumpe. U pravilu su elementi oplata u tlocrtu ravni kod dužine blokova do 12 m, čime nastaje poligonalna krivulja. Treba paziti da se u geometriji pridržava dozvoljenih toleranci. Izrada oplata na licu mjesta koristi tamo gdje se ekonomično ne može koristiti uobičajena višekratna oplata zbog malog broja pravilnih dionica za betoniranje, ili zbog promjenjivog oblika presjeka. Ta oplata se izrađuje od predfabriciranih elemenata. Kao nosači oplata koriste se presavijeni ili poligonalno sastavljeni nosači ili drvena konstrukcija sa oplatom od blanjanih dasaka. Postupak izmjene se vrši spuštanjem pomoću klinova i eventualno djelomičnom demontažom pomoću vitla ili dizalica.

Konstrukcija tunela (obloga) mora imati otpornost na požar u trajanju od najmanje 60 minuta, ovisno o duljini puta za evakuaciju i udaljenosti vatrogasne postrojbe, što se utvrđuje Elaboratom zaštite od požara, sukladno posebnim propisima. (<http://www.hrvatske-cesteceste.hr/UserDocsImages/knjiga5.pdf>)

## 2.1. Sigurnost u tunelima

Vožnja tunelom razlikuje se od vožnje na otvorenoj cesti, ima svoje zakonitosti i zadanu dinamiku vožnje (zabranjena je vožnja unatrag, okretanje ili polukružno okretanje, zaustavljanje ili parkiranje na saobraćajnim trakama, problem adaptacije oka na razinu osvjettljenja tunela pri ulasku ili izlasku, održavanje propisanog razmaka od vozila ispred, strogo pridržavanje propisane brzine vožnje – koja je u pravilu niža od ograničenja brzine za cestu kojom vozite).

U jednocjevnim tunelima, odnosno u onima u kojima postoji samo po jedna saobraćajna traka za svaki smjer vožnje, najstrože je zabranjeno pretjecanje. U dvosmjernim tunelima s tri prometne trake (2+1), pretjecanje je dozvoljeno samo za onaj smjer u kojem postoje dvije usporedne prometne trake, ukoliko nije drugačije određeno prometnim znakovima.

U tunelima koji imaju dvije cijevi, svaka za svoj smjer, s po dvije ili više prometnih traka u pravilu je pretjecanje dozvoljeno, ukoliko prometnim znakom nije drugačije određeno.

Svaki tunel, bez obzira ubraja li se u kategoriju kratkih, srednje dugih ili dugih tunela, najavljen je prometnim znakom opasnosti. Respektirajte tu opasnost i odmah, bez oklijevanja počnite smanjivati brzinu, ali ne naglo. Uvjerite se, čine li to vozači iza vas. Ako ocijenite da ne smanjuju brzinu, uključite sve pokazivače smjera i tako ih upozorite. Morate u vrlo kratkom vremenu uočiti sve informacije i znakove na ulasku u tunel (broj prometnih traka, vozi li se dvosmjerno ili jednosmjerno, ograničenje brzine i sl.). U dugim tunelima radio podesite na radio postaju koja se preporuča, jer jedino nju možete „hvatati“, a na toj radio postaji daju se važne informacije o prometu. Na ulasku u tunel skinite sunčane naočale ako ste ih nosili. Isključite brisače ako ste vozili po kiši. Ako ste vozili s dugim svjetlima uključite kratka. Zatvorite prozore, isključite dovod zraka izvana, zbog mogućeg lošeg zraka u tunelu. Uključite klimatizaciju ili provjetravanje kako vam se naglo ne bi orosila stakla. Ne pušite i ne koristite mobitel. Pridržavajte se propisanog razmaka. Pri izlasku iz tunela ponovno stavite sunčane naočale ako je vani sunčan dan. Ne ubrzavajte odmah na izlasku iz tunela, neka vam se oči priviknu na intenzivniju rasvjetu.

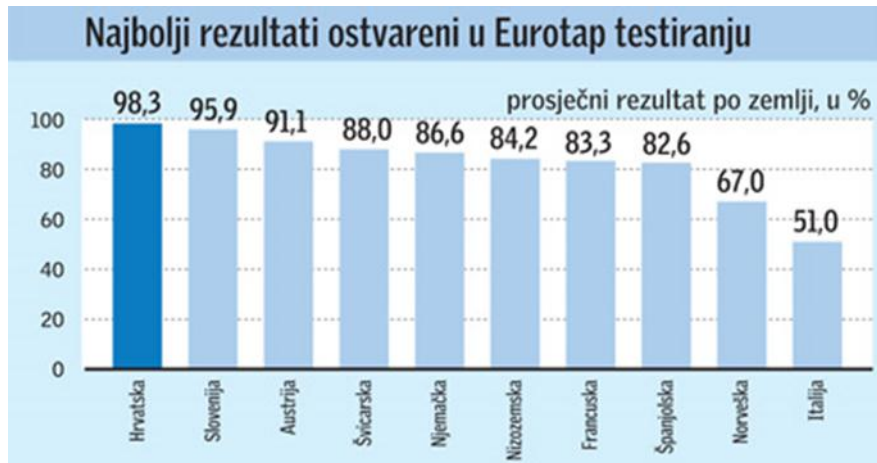
## 2.2. EuroTAP

EuroTAP (European Tunnel Assessment Programme ) je jedan od ukupno osam istraživalačkih projekata o sigurnosti tunela. U program EuroTAP uključeno je 11 automobilskih klubova iz 10 europskih zemalja. Ovo istraživanje izravno je povezano uz podizanje razine sigurnosti cestovnog prometa, a pokrenuto je na temelju Europska direktive 2004/54/EC koja govori o sigurnosti tunela. U EuroTap istraživanju sigurnosti tunela hrvatski tuneli ocjenjuju se od 2004. kada se, kao nositelj tog projekta za Hrvatsku priključio HAK (Hrvatski autoklub).

EuroTAP - kronološki pregled aktivnosti u HAK-u:

- 2004. god. testirano je 50 tunela u EU od kojih su dva tunela testirana u RH: tunel “Učka” i tunel “Tuhobić”.
- 2005. god. testirano je 49 tunela od kojih su u RH testirana dva tunela: tunel “Javorova Kosa” i “Plasina”.
- 2006. god. testirana su 52 europska tunela od kojih dva tunela na autocesti A1: tunel “Mala Kapela” i tunel “Grič”
- 2007. god. testirano je 51 tunel od kojih je jedan tunel testiran na autocesti A1: tunel “Brinje”, koji je ocijenjen najboljim u Europi.
- 2008. god testiran je 31 tunel od kojih je tunel Veliki Gložac postigao je izrazito dobre rezultate. Tijekom 2009. godine projekt EuroTAP konzorcij nastavio je kontinuitet testiranja tunela na TERN europskoj mreži prometnica, ali ovaj puta na bilateralnoj osnovi temeljem suradnje FIA/ADAC/ nacionalni autoklub. Sukladno odluci rukovodstva HAK-a odlučeno je da će HAK, zajedno sa ARZ-om sufinancirati testiranje jednog tunela.
- 2009. tunel “Tuhobić”, u ponovljenom testu s dvije cijevi otvorene i nakon usvojenih smjernica EuroTAP stručnjaka osvaja drugo mjesto u Europi i najvišu ocjenu “Jako dobar”
- 2010. tunel Sveti Rok ima također najvišu ocjenu "Jako Dobar" što potvrđuje da visoke ocjene hrvatskih tunela nisu "slučajnost". (<http://www.hak.hr/sigurnost-u-prometu/projekti/eurotap/>)

*Slika 1.* Najbolji rezultati ostvareni u Eurotap testiranju



Izvor: <http://www.poslovní.hr/hrvatska/tunel-veliki-glozac-meu-cetiri-najbolja-u-europi-77516>

### 3. TUNELI NA AUTOCESTI A1

Autocesta Zagreb - Split dio je cestovnog prometnog pravca između kontinentalnoga sjeverozapadnog dijela Hrvatske (Zagreb-Karlovac) i sjeverno-dalmatinske regije (s oslanjanjem na jadranski cestovni pravac). U mreži planiranih cesta ova autocesta dopunjava i čini vezu između dva vitalna europska pravca: (E-59) Maribor - Zagreb - Split i (E-65) Rijeka - Split - Dubrovnik. Ova autocesta podvezuju je sjever i jug Hrvatske i iz niza je razloga od izuzetnog značaja za Republiku Hrvatsku. Predstavlja stratešku pretpostavku za razvoj gospodarstva u najširem smislu, od oživljavanja cijele privrede, a naročito turizma do prihvata i provođenja tranzitnog prometa. Dužina cijele dionice iznosi 380 km i na njoj se nalazi 20 tunela.

*Tablica 1.* Stanje cestovne i tunelske mreže na A1

Stanje cestovne i tunelske mreže na A1		
Cesta	Ukupna duljina u km	Dužina svih tunela u m
A1 Zagreb - Split	380	20,701

### 3.1. Tunel Sv. Marko

Tunel Sveti Marko nalazi se na dionici Karlovac - Novigrad. Duljina tunela iznosi 265 m. Tunelom upravlja Centar kontrole prometa Bosiljevo. Tunel Sveti Marko ima dvije tunelske cijevi, a svaka cijev ima po dva vozna traka. Maksimalna dozvoljena brzina u tunelu iznosi 100 km / h.

*Slika 2.* Tunel Sv. Marko



Izvor: <http://www.jutarnji.hr/-ukleti--tunel-sv--marko--kriv--za-jos-jednu-nesrecu/310931/>

### 3.2. Tunel Mala Kapela

Tunel Mala Kapela jedan je od najznačajnijih objekata na autocesti Zagreb-Split-Dubrovnik.

*Slika 3.* Tunel Mala Kapela



Izvor: [http://hr.worldmapz.com/photo/72485\\_ar.htm](http://hr.worldmapz.com/photo/72485_ar.htm)



### 3.3. Tunel Brinje

Tunel Brinje nalazi se na dionici Tunel Mala Kapela - Žuta Lokva autoceste Zagreb – Split.

*Slika 4.* Tunel Brinje



Izvor: <http://www.cro-eu.com/forum/index.php?topic=39.0>

### 3.4. Tunel Brezik

Tunel Brezik nalazi se na dionici Žuta Lokva - Ličko Lešće autoceste Zagreb - Split.

*Slika 5.* Tunel Brezik



Izvor: <http://www.glasgacke.hr/?ispis=detalji&novost=9173&kat=74>

### 3.5. Tunel Plasina

Tunel Plasina nalazi se na dionici Žuta lokva - Ličko Lešće autoceste Zagreb - Split.

*Slika 6.* Tunel Plasina



**Izvor:** <http://www.mobilytrip.com/guide/croacia/podgora/a1-croacia,686825/>

### 3.6. Tunel Grič

Tunel Plasina nalazi se na dionici Žuta lokva - Ličko Lešće autoceste Zagreb - Split.

*Slika 7.* Tunel Grič



**Izvor:** <http://www.alltravels.com/croatia/licko-senjska/covici/photos/current-photo-82041169>

### 3.7. Tunel Krpani

Tunel Krpani nalazi se na dionici Čvor Sveti Rok - Tunel Sveti Rok autoceste Zagreb – Split.

*Slika 8.* Tunel Krpani



**Izvor:** [http://hr.geoview.info/autocesta\\_a1\\_dalmatina\\_kroz\\_liku\\_tunel\\_krpani,70310217p](http://hr.geoview.info/autocesta_a1_dalmatina_kroz_liku_tunel_krpani,70310217p)

### 3.8. Tunel Sv. Rok

Tunel Sveti Rok je dvocijevni tunel koji se nalazi se na dionici tunel Sveti Rok - Maslenica autoceste Zagreb - Split - Dubrovnik.

*Slika 9.* Tunel Sv. Rok



**Izvor:** <http://hac.hr/en/information-on-motorways/major-structures/about-the-tunnel-671>

### 3.9. Tunel Ledenik

Tunel Ledenik nalazi se na dionici tunel Sveti Rok - Maslenica autoceste Zagreb - Split. Ledenik je dvocijevni tunel a svaka cijev ima dva vozna traka. Duljina lijeve tunelske cijevi iznosi 752,41 m a desne 768,00 m. Sjeverni portal tunela nalazi se na nadmorskoj visini od 445,11 m.n.m. a južni na 433,94 m.n.m. Dozvoljena brzina vožnje kroz tunel iznosi 80 km/h.

*Slika 10.* Tunel Ledenik



Izvor: <https://geolocation.ws/v/P/107692913/tunel-ledenik-740m-highway-a1/en>

### 3.10. Tunel Bristovac

Tunel Bristovac nalazi se na dionici tunel Sveti Rok - Maslenica autoceste Zagreb - Split. Bristovac je dvocijevni tunel a svaka cijev ima dva vozna traka. Duljina lijeve cijevi iznosi 656,92 m a desne 700,34 m a. Sjeverni portal tunela nalazi se na nadmorskoj visini od 419,11 m.n.m. a južni na 4001,00 m.n.m. Dozvoljena brzina vožnje kroz tunel iznosi 80 km/h.

*Slika 11.* Tunel Bristovac



Izvor: <http://www.viadukt.hr/tunel-bristovac-autocesta-zagreb-split>

### 3.11. Tunel Čelinka

Tunel Čelinka nalazi se na dionici tunel Sveti Rok - Maslenica autoceste Zagreb - Split. Čelinka je dvocijevni tunel. Duljina lijeve cijevi iznosi 205,57 m i ima tri vozna traka a desne 220,00 m i ima dva vozna traka. Čelinka je jedini tunel na autocesti Zagreb - Split s tri vozna traka u jednome smjeru. Sjeverni portal tunela nalazi se na nadmorskoj visini od 366,90 m.n.m. a južni na 359,60 m.n.m. Dozvoljena brzina vožnje kroz tunel iznosi 100 km/h.

*Slika 12.* Tunel Čelinka



Izvor: <https://geolocation.ws/v/P/105585381/tunel-elinka/en>

### 3.12. Tunel Dubrave

Tunel Dubrave nalazi se na dionici Vrpolje - Prgomet autoceste Zagreb - Split. Dubrava je dvocijevni tunel svaka cijev ima dva vozna traka. Duljina lijeve cijevi iznosi 868,50 m a desne 837,50 m. Sjeverni portal tunela nalazi se na nadmorskoj visini od 266,80 m.n.m. a južni na 268,10 m.n.m. Dozvoljena brzina kroz tunel iznosi 100 km/h.

*Slika 13.* Tunel Dubrave



Izvor: <http://www.konstruktor-split.hr/reference/tabid/905/a/View/pid/36/Default.aspx>

### 3.13. Tunel Konjsko

Tunel Konjsko nalazi se na dionici Prgomet - Dugopolje autoceste Zagreb - Split. Konjsko je dvocijevni tunel a svaka cijev ima dva vozna traka. Duljina lijeve cijevi iznosi 1261,70 m a desna 1133,80 m. Sjeverni portal tunela nalazi se na nadmorskoj visini od 343,70 m.n.m. a južni na 338,70 m.n.m. Dozvoljena brzina kroz tunel iznosi 100 km/h.

*Slika 14.* Tunel Konjsko



**Izvor:** <http://www.konstruktor-split.hr/reference/tabid/905/a/View/pid/37/Default.aspx>

### 3.14. Tunel Zaranač

Tunel Zaranač nalazi se na dionici Dugopolje – Bisko autoceste Zagreb –Split. Tunel Zaranač je dvocijevni tunel duljine 375 m i ima dva vozna traka. Duljina lijeve cijevi iznosi 398,00 m a desna 324,28 m. Sjeverni portal tunela nalazi se na nadmorskoj visini od 329,90 m.n.m. a južni na 333,60 m.n.m. Dozvoljena brzina vožnje iznosi 100 km/h.

*Slika 15.* Tunel Zaranač



**Izvor:** <http://www.panoramio.com/photo/105528894>

### 3.15. Tunel Bisko

Tunel Bisko nalazi se na dionici Dugopolje – Bisko autoceste Zagreb – Split. Tunel Bisko je dvocijevni tunel duljine 520 m i ima dva vozna traka. Duljina lijeve cijevi iznosi 517,87 m a desna 524,91 m. Sjeverni portal tunela nalazi se na nadmorskoj visini od 400,20 m.n.m. a južni na 392,30 m.n.m. Dozvoljena brzina vožnje iznosi 100 km/h.

*Slika 16.* Tunel Bisko



**Izvor:** <http://www.konstruktor-split.hr/reference/tabid/905/a/View/pid/33/Default.aspx>

### 3.16. Tunel Crna brda

Tunel Crna brda je na dionici Bisko – Šestanovac autoceste Zagreb – Split. Tunel Crna brda je dvocijevni tunel duljine 356,36 m. Obje cijevi imaju dva vozna traka. Duljina lijeve cijevi iznosi 356,36 m a desna 421,00 m. Sjeverni portal tunela nalazi se na nadmorskoj visini od 282,80m.n.m. a južni na 280,30 m.n.m. Dozvoljena brzina vožnje iznosi 100 km/h.

*Slika 17.* Tunel Crna brda



**Izvor:** <http://i574.photobucket.com/albums/ss182/falusi1/DSC06445.jpg>

### 3.17. Tunel Stražina

Tunel Stražina nalazi se na dionici Bisko – Šestanovac autoceste Zagreb – Split. Tunel Stražina je dvocijevni tunel duljine 584 m. Obje cijevi imaju dva vozna traka. Duljina lijeve cijevi iznosi 613,43 m a desna 611,20m. Sjeverni portal tunela nalazi se na nadmorskoj visini od 278,80 m.n.m. a južni na 282,50 m.n.m. Dozvoljena brzina vožnje iznosi 100 km/h.

*Slika 18.* Tunel Stražina



Izvor: <http://www.konstruktor-split.hr/reference/tabid/905/a/View/pid/931/Default.aspx>

### 3.18. Tunel Sv. Ilija

Tunel Sveti Ilija nalazi se na spojnoj dionici Zagvozd – Baška Voda. Sveti Ilija je jednocjevni tunel duljine 4.249,00 m.

*Slika 19.* Tunel Sv. Ilija



Izvor: <http://arhiva.nacional.hr/clanak/111529/bast-tunel-kroz-biokovo-izisao-na-more>



### 3.19. Tunel Umac

Tunel Umac nalazi se na dionici Ravča- Ploče. Umac je dvocijevni tunel svaka cijev ima dva vozna traka. Duljina lijeve cijevi iznosi 440,00 m a desne 387,00 m.

*Slika 20.* Tunel Umac



Izvor: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tunel\\_Umac.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tunel_Umac.jpg)

### 3.20. Tunel Šubir

Tunel Šubir nalazi se na dionici Ravča- Ploče. Šubir je dvocijevni tunel svaka cijev ima dva vozna traka. Duljina lijeve cijevi iznosi 825,00 m a desne 962,00 m.

*Slika 21.* Tunel Šubir



Izvor: <http://skladgradnja.hr/reference-graditeljstvo/>

## 4. TUNELI U LIČKO SENJSKOJ ŽUPANIJI

### 4.1. Mala Kapela

Tunel Mala Kapela jedan je od najznačajnijih objekata na autocesti Zagreb-Split-Dubrovnik te je sa svojih 5800 m dužine najduži tunel u Republici Hrvatskoj. Mala Kapela je dvocijevni tunel koji se nalazi na dionici Josipdol - tunel Mala Kapela a svaka cijev ima po dva vozna traka. Sjeverni ulaz (portal) u lijevu cijev tunela Mala Kapela nalazi se na nadmorskoj visini od 562,00 m.n.m. a južni ulaz (portal) na nadmorskoj visini od 575,00 m.n.m. Lijeva tunelska cijev je dugačka 5.821,77 m a desna 5.780,00 m. Tunel je opremljen najmodernijim sustavom za nadzor i upravljanje prometom. Nadzor se provodi svakodnevno 24 sata iz Centra za održavanje i kontrolu prometa (COKP) Mala Kapela. Maksimalna dopuštena brzina vožnje iznosi 100 km/h. Desna tunelska cijev puštena je u promet u lipnju 2005. godine. Radovi na iskopu desne tunelske cijevi započeli su 2002. godine. Tunel je građen prema Novoj austrijskoj metodi (NATM-bušenje i miniranje) koja se pokazala prilagodljivom za različite geološke uvjete koji su se javljali duž trase tunela. Dogradnja drugih tunelskih cijevi tunela Mala Kapela nametnula se iz sigurnosnih razloga odnosno značajnim povećanjem prometa te prometnim zastojsima u ljetnim turističkim mjesecima na A1. Prema smjernicama Europske unije, uvjeti koji nalažu dovršenje druge cijevi tunela su dnevna gustoća prometa veća od 10 tisuća vozila po prometnom traku, sezonski promet koji značajno premašuje prosječni godišnji dnevni promet te 15 % udjela vozila težih od 3,5 t.

Ostvareni prosječni godišnji dnevni promet već u 2006. godini premašio je 10 000 vozila, a ljeti je dosegno i 28 000 vozila (prosječni ljetni dnevni promet). U 2008. godini u tunelu Mala Kapela ostvaren je prosječni ljetni dnevni promet od 28.149 vozila. Opremljeni su video kamerama, a kroz sustav svjetlosne promjenjive signalizacije provodi se informiranje u vidu upozorenja ili ograničenja vozačima. Korisnicima je na raspolaganju komunikacijski sustav za SOS intervencije, putem kojih se u slučaju kvara ili nezgode obavještava i poziva u pomoć operatera u COKP-i. Sustavom radiodifuzije osigurano je ostvarivanje radioveza između radiostanica unutar tunela i vanjskih radiostanica. Za davanje potrebnih informacija ili uputa korisnicima tunela, koji su zaustavljeni u tunelu radi nekog prometnog incidenta postavljeno je ozvučenje. Omogućeno je korištenje mobilnih uređaja, a putnici se izvještavaju putem radio-prijemnika, i to na frekvenciji HR 2 - 98,2 MHz. (<http://hac.hr/odnosi-s-javnoscju/informacije-i-obavijesti/sveti-rok-i-mala-kapela>)

*Slika 22.* Tunel Mala Kapela



**Izvor:** <http://www.gradimo.hr/clanak/tunel-mala-kapela-najduzi-tunel-u-hrvatskoj/40331>

#### **4.2. Tunel Brinje**

Tunel Brinje nalazi se na dionici Tunel Mala Kapela - Žuta Lokva autoceste Zagreb – Split. Brinje je dvocijevni tunel, svaka cijev ima dva vozna traka. Duljina lijeve tunelske cijevi iznosi 1561,29 m a desne 1560,00 m. Sjeverni portal tunela nalazi se na nadmorskoj visini od 496,00 m.n.m. a južni na 495,00 m.n.m. Dozvoljena brzina vožnje kroz tunel iznosi 100 km/h. Za promet je otvoren od 2004. godine, a u funkciji su obje tunelske cijevi. U poprečnom presjeku nalaze se dva vozna traka širine 3,5 m, dva rubna traka od 0,35 m te revizijske staze 0,9 m. Tunel je građen Novom austrijskom metodom (NATM), koja se pokazala prilagodljivom za različite geološke uvjete, koji se javljaju duž trase tunela. Ukupna vrijednost investicije iznosila je 270 mil. kn (36 mil. EUR-a). Tunel je opremljen najmodernijim sustavom za nadzor i upravljanje prometom. Nadzor se provodi svakodnevno, 24 sata iz Centra za održavanje i kontrolu prometa (COKP) Brinje. Opremljen je video kamerama, koje omogućavaju prikaz situacije na monitorima u COKP-i, a imaju i mogućnost automatske detekcije zastoja, vožnje u suprotnom smjeru, očitovanja broja, vrste kretanja vozila i daju potpune podatke prometnoj centrali u cilju prevencije zastoja. Kroz sustav svjetlosne promjenjive signalizacije provodi se informiranje u vidu upozorenja, ili ograničenja vozačima. Korisnicima je na raspolaganju komunikacijski sustav za SOS intervencije, putem

kojih se u slučaju kvara, ili nezgode obavještava i poziva u pomoć operatera u COKP-i. U tunelu se nalazi 10 SOS niša opremljenih telefonskim uređajima za poziv u pomoć.

U svakoj tunelskoj cijevi postoji po jedno ugibalište za vozila duljine 40 m i širine 3,5 m. Pješački prolazi za nuždu projektirani su kao veza dviju tunelskih cijevi, na svakih 240-300 m, a ukupno ih je 3. Tunel Brinje ima automatski sustav za otkrivanje požara i vatrodjavu duž cijelog tunela, kao i ručne dojavljivače požara na portalima, opremljen je i hidrantskom mrežom te ručnim vatrogasnim aparatima. Osigurano je 24-satno dežurstvo vatrogasne postrojbe HAC-a, smještene na južnom portalu tunela Mala Kapela. Sustavom radiodifuzije osigurano je ostvarivanje radioveza između radiostanica unutar tunela i vanjskih radiostanica, kao i za prijenos jednog, ili više javnih radio programa te davanje eventualnih obavijesti korisnicima, koji slušaju program unutar tunela. Putnici se izvještavaju putem radio-prijamnika i to na frekvenciji HR 1 - 102,3 MHz i HR 2 - 97,5 MHz. U tunelu je omogućeno i korištenje mobilnim telefonima. Tunel Brinje osvojio je prvo mjesto između 51 tunela koliko ih je testirano u cijeloj Europi u sklopu Europskog programa sigurnih tunela. (<http://hac.hr/podaci-o-autocestama/vazniji-objekti/tunel-brinje>)

*Slika 23.* Tunel Brinje



**Izvor:** <http://www.ezadar.hr/clanak/tunel-brinje-najsigurniji-tunel-u-europi>

### 4.3. Tunel Brezik

Tunel Brezik nalazi se na dionici Žuta Lokva - Ličko Lešće autoceste Zagreb - Split. Brezik je dvocijevni tunel svaka cijev ima dva vozna traka. Duljina lijeve tunelske cijevi iznosi 426,00 m a desne 400,00 m. Sjeverni portal tunela nalazi se na nadmorskoj visini od 470,00 m.n.m. a južni na 455,00 m.n.m. Dozvoljena brzina vožnje kroz tunel iznosi 100 km/h.

VRIJEDNOST RADOVA: 66.663.170,62 kn

*Slika 24.* Tunel Brezik



Izvor: <http://www.panoramio.com/photo/105522194>

### 4.4. Tunel Plasina

Tunel Plasina nalazi se na dionici Žuta lokva - Ličko Lešće autoceste Zagreb - Split. Plasina je dvocijevni tunel, svaka cijev je dugačka 2300,00 m i ima dva vozna traka. Sjeverni portal tunela nalazi se na nadmorskoj visini od 532,00 m.n.m. a južni na 547,00 m.n.m. Dozvoljena brzina vožnje kroz tunel iznosi 100 km/h. Tunel Plasina lociran je na 151. km autoceste Zagreb - Split - Dubrovnik, a 2005. godine proglašen je drugim najboljim tunelom u Europi od strane organizacije EuroTAP. Opremljen je najboljom tunelskom opremom (ventilacijom, vodoopskrbom, sustavima zaštite od požara, videom, strujom, telekomunikacijskim instalacijama itd.) Izgrađen je u roku od 15 mjeseci uz prosječno dnevno

napredovanje od cca 7,5m. 2005. godine, prema tradicionalnom i etabliranom ispitivanju europske organizacije EuroTAP osvojio je drugo mjesto u Europi za kvalitetu i sigurnost.

*Slika 25.* Tunel Plasina



**Izvor:** <http://www.hidroelektra-niskogradnja.hr/PC/Rijeka/pcrijeka.html>

#### **4.5. Tunel Grič**

Tunel Grič nalazi se na dionici Ličko Lešće - Lički Osik autoceste Zagreb - Split. Grič je dvocijevni tunel svaka cijev ima dva vozna traka. Duljina lijeve tunelske cijevi iznosi 1235,00 m a desne 1253,00 m. Sjeverni portal tunela nalazi se na nadmorskoj visini od 614,00 m.n.m. a južni na 627,00 m.n.m. Dozvoljena brzina vožnje kroz tunel iznosi 100 km/h. Tunel Grič na autocesti A1 Zagreb - Split drugi je na ljestvici 52 europska tunela u 14 zemalja ispitana u okviru Europskog programa procjene sigurnosti tunela (EuroTAP) s ocjenom vrlo dobar.

*Slika 26.* Tunel Grič



**Izvor:** <http://www.panoramio.com/photo/7788117>

#### 4.6. Tunel Krpani

Tunel Krpani nalazi se na dionici Čvor Sveti Rok - Tunel Sveti Rok autoceste Zagreb - Split. Krpani je dvocijevni tunel, svaka cijev je dugačka 178,00 m i ima dva vozna traka. Sjeverni portal tunela nalazi se na nadmorskoj visini od 608,77 m.n.m. a južni na 608,11 m.n.m. Dozvoljena brzina vožnje kroz tunel iznosi 100 km/h.

*Slika 27.* Tunel Krpani



Izvor: [http://hr.geoview.info/autocesta\\_a1\\_dalmatina\\_kroz\\_liku\\_tunel\\_krpani,70310217p](http://hr.geoview.info/autocesta_a1_dalmatina_kroz_liku_tunel_krpani,70310217p)

#### 4.7. Tunel Sv. Rok

Tunel Sveti Rok je dvocijevni tunel koji se nalazi se na dionici tunel Sveti Rok - Maslenica autoceste Zagreb - Split - Dubrovnik. Duljina lijeve tunelske cijevi iznosi 5767,02 m a desne 5698,00 m a promet se odvija kroz obje cijevi za svaki smjer posebno. Sjeverni portal tunela nalazi se na nadmorskoj visini od 561,00 m a južni na nadmorskoj visini od 510,00 m. Tunel prolazi kroz Velebit u koridoru velebitskog prijevoja Malog Alana. Zanimljivo je znati da je prilazna cesta do tunela izgrađena još 1832 godine pod vodstvom Josipa Kajetana Knežića i proteže se dalje od tunela preko Malog Alana i Tulovih greda sve do mjesta Sveti Rok. Tunel je opremljen najmodernijim sustavom za nadzor i upravljanje prometom a upravljanje i nadzor se provode svakodnevno 24 sata iz Centra za upravljanje i kontrolu prometa (COKP) Sveti Rok. Tunel Sveti Rok proglašen je trećim najsigurnijim

tunelom u Europi. Ovaj dvocijevni tunel, izgrađen je 2003., a od 2009. godine u prometu je i druga cijev tunela.

Tunel je opremljen je sa 172 video kamere s automatskom detekcijom u slučaju zaustavljanja vozila ili neke incidentne situacije, 12 ugibališta za vozila, sustavom svjetlosne promjenjive signalizacije kroz koji se provodi informiranje u vidu upozorenja ili ograničenja vozačima. Korisnicima je na raspolaganju komunikacijski sustav za SOS intervencije, putem kojih se u slučaju kvara ili nezgode obavještava i poziva u pomoć operatera u COKP-i. Sustavom radiodifuzije osigurano je ostvarivanje radioveza između radiostanica unutar tunela i vanjskih radiostanica, a omogućuje davanje potrebnih informacija ili uputa korisnicima tunela, koji su zaustavljeni u tunelu radi nekog prometnog incidenta. U tunelu je moguće korištenje mobilnih uređaja, a putnici se izvještavaju putem radio-prijemnika, i to na frekvenciji HR 2 - 98,2 MHz. Tunel ima i vatrogasnu postrojbu koja radi u 24 satnom režimu, a svake godine održava se vatrogasna vježba s ciljem uvježbanosti osoblja za hitne intervencije.

Testiranje tunela Sveti Rok provedeno je u sklopu međunarodnog programa testiranja tunela EuroTAP (European Tunnel Assessment Program). (<http://hac.hr/podaci-o-autocestama/vazniji-objekti/tunel-sv-rok>)

*Slika 28.* Tunel Sv. Rok



**Izvor:** <http://www.konstruktor-split.hr/reference/tabid/905/a/View/pid/42/Default.aspx>



## 5. ZAKLJUČAK

Cestovni promet je najrazvijeniji i najvažniji oblik kopnenog prometa kojim se prevozi najviše putnika i robe. Promet i infrastruktura su neizostavni dijelovi razvoja svake zemlje, a u smislu zaštite okoliša, korištenje podzemnog prostora predstavlja međunarodni trend i preporučivi oblik razvoja urbanih sredina.

Tuneli su podzemne građevine u obliku cijevi otvorene na oba kraja, postavljena horizontalno ili u blagom nagibu, a kroz njih se provodi prometnica koja spaja dva dijela puta razdvojena preprekom koju nije moguće savladati na drugi način. Uz mostove, mogu se svrstati u najsloženije inženjerske objekte za promet.

Vožnja tunelom razlikuje se od vožnje na otvorenoj cesti, ima svoje zakonitosti i zadanu dinamiku vožnje, što znači da tuneli moraju ispunjavati posebne zahtjeve glede prometne sigurnosti.

Promatrajući tunelsku mrežu u Republici Hrvatskoj, dolazimo do zaključka da tuneli na autocesti A1 posjeduju zadovoljavajuću razinu sigurnosti. Opremljeni su najmodernijim sustavima vatrodjave i vatrozaštite, dinamičke signalizacije, video nadzora i ostalim sustavima za kontrolu i upravljanje tunelima koji znatno doprinose povećanju stupnja prometne sigurnosti.

*Antonia Sertić*

## 6. LITERATURA

### Internet

1. <http://www.hrvatske-ceste.hr/UserDocsImages/knjiga3.pdf>
2. <http://www.hrvatske-ceste.hr/UserDocsImages/knjiga4.pdf>
3. <http://www.hrvatske-ceste.hr/UserDocsImages/knjiga5.pdf>
4. <http://www.hak.hr/sigurnost-u-prometu/projekti/eurotap/>
5. <http://hac-onc.hr/hr/interaktivna-karta-autocesta->
6. <http://hac.hr/odnosi-s-javnoscu/informacije-i-obavijesti/sveti-rok-i-mala-kapela>
7. <http://hac.hr/podaci-o-autocestama/vazniji-objekti/tunel-sv-rok>
8. <http://hac.hr/podaci-o-autocestama/vazniji-objekti/tunel-brinje>

## 7. POPIS SLIKA

<b>Redni broj</b>	<b>Naslov slike</b>	<b>Stranica</b>
<b>Slika 1.</b>	Najbolji rezultati ostvareni u EuroTap testiranju	15
<b>Slika 2.</b>	Tunel Sv. Marko	16
<b>Slika 3.</b>	Tunel Mala Kapela	16
<b>Slika 4.</b>	Tunel Brinje	17
<b>Slika 5.</b>	Tunel Brezik	17
<b>Slika 6.</b>	Tunel Plasina	18
<b>Slika 7.</b>	Tunel Grič	18
<b>Slika 8.</b>	Tunel Krpani	19
<b>Slika 9.</b>	Tunel Sv. Rok	19
<b>Slika 10.</b>	Tunel Ledenik	20
<b>Slika 11.</b>	Tunel Bristovac	20
<b>Slika 12.</b>	Tunel Čelinka	21
<b>Slika 13.</b>	Tunel Dubrave	21
<b>Slika 14.</b>	Tunel Konjsko	22
<b>Slika 15.</b>	Tunel Zaranač	22
<b>Slika 16.</b>	Tunel Bisko	23
<b>Slika 17.</b>	Tunel Crna brda	23
<b>Slika 18.</b>	Tunel Stražina	24
<b>Slika 19.</b>	Tunel Sv. Ilija	24
<b>Slika 20.</b>	Tunel Umac	25
<b>Slika 21.</b>	Tunel Šubir	25
<b>Slika 22.</b>	Tunel Mala Kapela	27
<b>Slika 23.</b>	Tunel Brinje	28
<b>Slika 24.</b>	Tunel Brezik	29
<b>Slika 25.</b>	Tunel Plasina	30
<b>Slika 26.</b>	Tunel Grič	30
<b>Slika 27.</b>	Tunel Krpani	31
<b>Slika 28.</b>	Tunel Sv. Rok	32

## 8. POPIS TABLICA

<b>Redni broj</b>	<b>Naslov slike</b>	<b>Stranica</b>
Tablica 1	Stanje cestovne i tunelske mreže na A1	15