



VELEUČILIŠTE „NIKOLA TESLA“ U GOSPIĆU

Ulica bana Ivana Karlovića 16

53000 Gospić

"ODABIR TRASE PROMETNICA U PROSTORNO-PROMETNOM PLANIRANJU"

ZA KOLEGIJ: SUVREMENI PROMETNI SUSTAVI

dr. sc. Ivo Peko, dipl. ing. građ., dipl. ing. traff.

U Gospiću, ožujak 2024.

Nakladnik: Veleučilište "Nikola Tesla" u Gospiću, 2024

Autor: dr.sc. Ivo Peko, pred.

Recenzenti: prof. dr.sc. Hrvoje Baričević

prof.dr.sc. Siniša Vilke

Vrsta izdanja: recenzirani nastavni materijal, online

ISBN 978-953-8234-20-0

Sadržaj

1	OSNOVNA FUNKCIJA I RAZVOJ ITS-a , OPĆENITI PRIKAZ	1
1.1	Definicija ITS-a.....	1
1.2	Razvoj ITS-a kroz prošlost	2
1.3	Razvoj ITS-a u Europskoj uniji i Republici Hrvatskoj	3
2	PRIMJENA ITS-a U CESTOVNOM PROMETU.....	8
2.1	Inteligentne prometnice i vozila.....	8
2.2	Inteligentni sustavi informiranja putnika i vozača	15
2.3	Inteligentno upravljanje prometom i transportom	17
2.4	ITS kao čimbenik sigurnosti u prometu	22
3	PRIMJER PRIMJENE ITS-a MODELOM PROMETNE OPTIMIZACIJE POLOŽAJA TRASA AUTOCESTA U ODNOSU NA GRADOVE	25
3.1	Tehničko-tehnološki elementi modela prometne optimizacije.....	26
3.2	Prometno-tehnički elementi prometne optimizacije.....	27
3.3	Ekonomski parametri prometne optimizacije.....	28
3.4	Ekološki parametri.....	31
3.5	Izrada modela prometne optimizacije	33
4	GRAVITACIJSKI MODEL PROMETNOG PLANIRANJA.....	57
5	PRIJEDLOZI BOLJEG POVEZIVANJA POSTOJEĆE AUTOCESTE NA PROMETNU MREŽU ŠIREG PODRUČJA GRADA SPLITA, PRIMJENIM I TESTIRANJEM MODELA ITS-a	66
5.1	Prijedlog rješenja za društveno odlučivanje nakon provedenog istraživanja.....	66
5.2	Primjer realizacije jedne od mjera poboljšanja prometa, primjenom ITS rješenja	71
6	PROMETNO-EKOLOŠKI ASPEKTI ODRŽIVOG RAZVITKA CESTOVNE MREŽE ŠIREG PODRUČJA SPLITA.....	73
7	PRIMJENA MODELA OPTIMIZACIJE TRASIRANJA AUTOCESTA UZ VEĆE GRADOVE KOD DALJNJEG RAZVOJA CESTOVNE MREŽE	79
8	ZAKLJUČAK.....	81
	LITERATURA.....	82

1 OSNOVNA FUNKCIJA I RAZVOJ ITS-a , OPĆENITI PRIKAZ

1.1 Definicija ITS-a

Da bi uopće mogli razgovarati o primjeni inteligentnih transportnih sustava, ne samo u cestovnom nego i u ostalim granama prometa, potrebno je pojam ITS definirati i detaljno razmotriti.

Inteligentni transportni sustavi (ITS) mogu se definirati kao holistička, upravljačka i informacijsko-komunikacijska (kibernetika) nadgradnja klasičnog sustava prometa i transporta kojim se postiže znatno poboljšanje performansi odvijanja prometa, učinkovitiji transport putnika i roba, poboljšanje sigurnosti u prometu, udobnost i zaštita putnika, smanjenje onečišćenja okoliša, itd. [1]

ITS omogućuje informacijsku transparentnost, upravljivost i poboljšan odziv prometnog sustava čime on dobiva atribute inteligentnoga. Atribut „inteligentni“ općenito označuje sposobnost adaptivnog djelovanja u promjenjivim uvjetima i situacijama pri čemu je potrebno prikupiti dovoljno podataka i obraditi ih u realnom vremenu. [1]

Inteligentni transportni sustavi imaju mogućnost unapređenja prometa no zahtijevaju znatan trud za nadilaženje institucionalnih, organizacijskih i Inter operativnih prepreka. [2] Prednosti ITS rješenja su mnogobrojne, inteligentni transportni sustavi nastoje postići prometnu učinkovitost minimiziranjem prometnih problema. Cilj im je smanjiti vrijeme putovanja uz istodobno povećanje sigurnosti i udobnosti. Smanjenje vremena čekanja i gubitaka, smanjenje vremena putovanja, ušteda goriva i energije, povećanje sigurnosti i zaštite putnika i tereta, bolja informiranost korisnika usluga te pomoć interventnim službama u rješavanju prometnih nezgoda, samo su neke od prednosti ITS rješenja. Zbog mogućnosti pomaganja u rješavanju prometnih nesreća, ITS se sve više primjenjuje kod žurnih, to jest interventnih službi.

Isto tako, za ITS se može reći kako je to novi kritični pojam koji mijenja pristup i trend razvoja prometne znanosti i tehnologije transporta ljudi i robe tako da se učinkovito rješavaju rastući problemi zagušenja prometa, onečišćenja okoliša, učinkovitosti prijevoza te sigurnosti i zaštite ljudi i robe u prometu. U tom smislu inteligentna cestovna prometnica predstavlja upravljačku i informacijsko-komunikacijsku nadgradnju klasičnih cestovnih prometnica, tako da se osim osnovnih fizičkih funkcija ostvaruje bolje informiranje vozača, vođenje prometa, sigurnosne aplikacije itd. [3]

ITS se može opisati kao sustav koji isporučuje usluge i informacije korisnicima putem distribuiranog informacijskog sustava, sve to uz uporabu sučelja koje je prilagođeno korisniku ili pokretnom objektu. Osnovni cilj ITS-a je podizanje kvalitete prometovanja i transporta kroz poboljšavanje iskustava vozača i putnika, poboljšavanje postupaka vezanih za putovanja ljudi ili razmjenu dobara i usluga uz povećanje

sveukupne prometne informacijske transparentnosti. Osnovna zamisao ITS-a ogleda se kroz kombiniranje informacijskih tehnologija i komunikacija u transportnim rješenjima ili jednostavnije rečeno, integracija različitih transportnih podsustava s namjerom prikupljanja, pohranjivanja, obrade i distribucije podataka, odnosno informacija o cjelokupnom kretanju ljudi i tereta. Promatrajući sa stajališta prometne tehnologije, podatak ili informacija predstavlja određeni supstrat koji treba prenijeti od početne točke – izvorišta, do krajnje točke – odredišta.

U okviru ITS-a razvijaju se inteligentna vozila, inteligentne prometnice, bežične „pametne“ kartice za plaćanje cestarina, dinamički navigacijski sustavi, adaptivni sustavi semaforiziranih raskrižja, učinkovitiji javni prijevoz, brza distribucija pošiljaka podržana internetom, automatsko javljanje i pozicioniranje vozila u nezgodi, biometrijski sustavi zaštite putnika, itd. [1] Postoje 32 temeljne usluge i 11 funkcionalnih područja ITS-a što ih je definirao ISO¹.

Slika 1. Temeljna značenja termina ITS



Izvor: [4]

¹ISO – *International Organization for Standardization* (međunarodna organizacija za normizaciju)

Izvor: [4]

1.2 Razvoj ITS-a kroz prošlost

Zbog konstantnog rasta prometnih problema te rastućih zahtjeva za transportiranjem koji su bilježili neprekidan rast, krajem 20. stoljeća dolazi do potrebe za razvojem novog pristupa, odnosno nove tehnologije koja bi ponudila rješenja nastalih problema. Pojam ITS pojavio se 1991. godine u Sjedinjenim Američkim Državama.

Sintagma „inteligentni transportni sustavi“ odnosno akronim ITS ulazi u znanstveni i stručni rječnik prometnih i transportnih inženjera tijekom 90-ih godina 20. stoljeća odnosno nakon prvog ITS svjetskoga kongresa održanog u Parizu 1994. godine. Prije toga su korišteni drugi nazivi, kao što su cestovna transportna tematika (*road transport telematics*), inteligentni sustavi prometnica (*intelligent highways systems*) i sl. Početni razvoj ITS-a vezan je za prve programe i projekte koji su bili na tragu temeljne zamisli ITS-a. To su prvenstveno:

- ERGS – *Electronic Route Guidance Project* (SAD, 70-ih godina prošlog stoljeća,
- Siemensovi projekti (*Ali-Scout Route Guidance Project*, Berlin),
- IVHS – *Integrated Vehicle Highway System* (University of Michigan, 80-ih godina prošlog stoljeća),
- europski projekti DRIVE, PROMETEJ (90-ih godina prošlog stoljeća). [1]

Budući da razvoj inteligentnih transportnih sustava podrazumijeva programe i projekte, od velike je važnosti razumjeti razliku između dva navedena pojma. Program je namijenjen razvoju kompetencija, odnosno uspostavljanju unutarnjih sposobnosti organizacije ili znanstvene zajednice i ne može imati čvrsto definiran kraj. Na čelu programa može biti samo usmjeravajuća grupa (*task force*) koja vodi program, dok je projekt jednokratni pothvat s definiranim vremenskim rokovima (početnim i završnim događajima), ograničenim proračunom i izravno mjerljivim *outputima*, te može biti idejni, odnosno glavni ili izvedbeni prema kojem se fizički realizira sustav. [1]

1.3 Razvoj ITS-a u Europskoj uniji i Republici Hrvatskoj

Europska unija zajedno sa svojim zemljama članicama na vrijeme je shvatila značenje i mogućnosti primjene ITS-a. Razvoj inteligentnih transportnih sustava od strane Europske unije i njezinih tijela javlja se sredinom devedesetih godina prošlog stoljeća. Kako bi europski prometni sustav mogao zadovoljiti potrebe za mobilnošću europske ekonomije i društva u cjelini nekoliko velikih izazova mora biti svladano.

Procjenjuje se da zagušenja u cestovnom prometu direktno utječu na 10% EU cestovne mreže, a godišnji troškovi generirani ovim zagušenjima procjenjuju se od 0,9 do 1,5% BDP a Europske unije. Cestovni promet trenutačno sudjeluje u 72% svih emisija CO₂ vezanih za prijevoz. Osim toga, ove emisije su porasle za 32% u odnosu na razdoblje 1990. – 2005. Iako je broj smrtno stradalih na cestama Europske unije u opadanju, njihov ukupni broj je još za 4000 iznad planiranog cilja od 50% smanjenja smrtnih slučajeva u razdoblju 2001. – 2010., tj. 31 000 poginulih. [3] Navedeni podaci glavni su postojeći izazovi koje Europska unija nastoji prevladati. Budući da je industrija cestovne telemetričke opreme otprije bila razvijena, pojava inteligentnih transportnih sustava otvorila je nove mogućnosti, kako za razvoj prometnog i transportnog sektora,

tako i za razvoj pripadne industrije opreme i usluga u području inteligentnih transportnih sustava. Početkom 21. stoljeća Europska komisija sve aktivnije i učestalije objavljuje dokumente vezane uz ITS. 2008. godine nastaje Akcijski plan za uvođenje ITS-a u Europi, a svake godine od strane Europske komisije ulaže se više od 400 milijuna eura u područje ITS-a. Postoje tri temeljna programa preko kojih se vrši investiranje u područje ITS-a, a to su: TEN-T², Strukturni i kohezijski fond te Instrument za povezivanje Europe – *Connecting Europe Facility* (CEF). Glavni cilj Transeuropskih prometnih mreža je zemljopisno i gospodarski približiti dijelove Europe razvojem cesta, željeznica, unutarnjih plovni putova, zračnih i morskih luka, luka na unutarnjim vodama i sustava upravljanja prometom. Sastavnice Strukturnog fonda su: Europski fond za regionalni razvoj i Europski socijalni fond. Instrument za povezivanje Europe (CEF) osmišljen je kao instrument za ubrzavanje investicija na području Transeuropskih prometnih mreža (TEN-T) i iskorištavanje sredstava iz javnog i privatnog sektora uz istovremeno povećanje pravne sigurnosti i poštivanje načela tehnološke neutralnosti.

CEF bi trebao omogućiti sinergiju između prometa, telekomunikacija i energetike, čime se povećava učinkovitost djelovanja Europske unije i optimiziraju troškovi provedbe. TEN-T mreža trebala bi olakšati prekograničnu suradnju, potaknuti veću ekonomsku, socijalnu i teritorijalnu koheziju te doprinijeti konkurentnijoj tržišnoj ekonomiji i borbi protiv klimatskih promjena. [3]

Akcijski plan za uvođenje ITS-a u Europi (*Action Plan for the Deployment of Intelligent Transport Systems in Europe*) naziv je dokumenta kojim započinje snažniji i usmjereni razvoj ITS-a u cestovnom prometu na području Europske unije.

² TEN-T – *Trans-European Transport Networks* (Transeuropske prometne mreže)

U Akcijskom planu navedena su tri ključna problema cestovnog prometa u Europskoj uniji:

- zagušenje i troškovi zagušenja,
- emisija CO₂ u cestovnom prometu,
- prometne nesreće sa smrtnim posljedicama.

Temeljem navedenih problema, postavljeni su opći ciljevi, a to su: učinkovit, čišći te sigurniji promet. Glavni cilj Akcijskog plana je ubrzanje i koordinacija svih aktivnosti vezanih uz uvođenje ITS-a, kako u cestovnom prometu, tako i u multi modalnim čvorovima sa ostalim vidovima prometa. Prvi korak prema usklađenom razvoju predstavlja usvajanje specifikacija za propisana prioritetna područja. Uz akcijski plan, vezano uz zakonodavni okvir, važno je spomenuti Direktivu 2010/40/EU – sveobuhvatni dokument usmjeren razvoju inteligentnih transportnih sustava na području cijele Europske unije. Direktiva 2010/40/EU odredila je prioritetna područja glede optimalnog korištenja cestovnih, prometnih i putnih podataka, neprekinutosti usluga inteligentnih transportnih sustava u prometu i upravljanju teretom, ITS usluga za sigurnost i zaštitu na cestama te povezivanja vozila s prometnom infrastrukturom.

Nadalje, Europska komisija osnovala je nekoliko udruga odnosno grupa vezanih za razvoj ITS-a, od kojih su neke Europska ITS savjetodavna grupa (*ITS Commission Expert Group*) te savjetodavna grupa za gradski ITS (*Expert Group on Urban ITS*).

Unutar prioritetnih područja definirano je šest prioritetnih aktivnosti i to:

- a) pružanje multimodalnih prometnih informacija na području cijele Europske unije,
- b) pružanje prometnih informacija u stvarnom vremenu na području cijele Europske unije,
- c) dostupnost osnovnih podataka i postupaka u svezi sa sigurnošću na cestama, bez naplate, gdje god je to moguće,
- d) usklađeno osiguravanje usluge e-poziv (*eCall*) na području cijele Europske unije,
- e) pružanje usluga informiranja o sigurnim i zaštićenim parkirališnim mjestima za teretna vozila i gospodarska vozila,
- f) pružanje usluga rezervacije sigurnih i zaštićenih parkirališnih mjesta za teretna vozila i gospodarska vozila. [3]

Vezano za razvoj ITS-a u Republici Hrvatskoj prvenstveno treba spomenuti znanstveni projekt sustavnog razvoja inteligentnih transportnih sustava naziva „Opći modeli ITS-a i njihova modalna preslikavanja“ koji je pokrenut 1997. godine, a na čijem je tragu uspostavljena jezgra ITS studija. Za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih

sustava u Republici Hrvatskoj od posebnog je značenja bio program izgradnje autocesta.

Hrvatske autoceste su među najmodernijima i najsigurnijima u Europi, što je posljedica i primijenjenih ITS tehnologija, posebno u dijelu upravljanja prometom te sustavima upravljanja incidentima u tunelima. Za ove sustave dobiveno je više priznanja, kao naprimjer od EuroTAP-a. EuroTAP (*European Tunnel Assessment Programme*) je jedan od ukupno osam istraživačkih projekata o sigurnosti prometa u tunelima. [3] Što se tiče primjene ITS a na cestama u Republici Hrvatskoj, očekivano najbolja situacija je na autocestama, dok kod državnih i ostalih cesta situacija je puno lošija.

Autoceste u Republici Hrvatskoj opremljene su suvremenim informacijsko komunikacijskim sustavima za razmjenu informacija koje mogu biti podatkovne, govorne i slikovne. U centrima za održavanje i kontrolu prometa ugrađeni su sustavi za središnje upravljanje prometom koji se sastoje od nekoliko podsustava: prometne centrale, prometne radne stanice, informacijskog sustava vremenskih uvjeta na prometnicama, podsustava za video nadzor i sl. U slučaju da postoje i tuneli na nadziranoj dionici, dodaju se i sljedeći podsustavi: podsustav za daljinsko upravljanje i kontrolu energetskih postrojenja, podsustav upravljanja ventilacijom te nadzor i upravljanje ostalih sustava koji se ugrađuju u tunel. [3] Pristupanjem Republike Hrvatske Europskoj uniji, 1. srpnja 2013. godine, nastupile su značajne promjene za razvoj ITS-a, misleći pritom najviše na uvođenje ITS-a u Zakon o cestama, kao i osnivanjem Nacionalnog savjeta za razvoj i uvođenje ITS-a u Republici Hrvatskoj. Na taj način premijerno je uspostavljena stvarna infrastrukturna organizacijska osnova za učinkovit razvoj svih aspekata ITS-a. Kada govorimo o inteligentnim transportnim sustavima u Republici Hrvatskoj iznimno je važno naglasiti znanstveno stručnu udrugu ITS Hrvatska. Udruga Inteligentni transportni sustavi Hrvatska osnovana je 12. listopada 2005. godine sa ciljem promicanja i ostvarivanja harmoniziranog razvoja inteligentnih transportnih sustava.

Djelatnosti Udruge su:

- suradnja s obrazovnim i znanstvenim institucijama, komorama, trgovačkim društvima, tijelima državne uprave i drugim pravnim osobama i pojedincima koji mogu doprinijeti ostvarenju ciljeva Udruge,
- izdavanje ili suradnja u izdavanju stalnih i povremenih znanstvenih, stručnih i informativnih publikacija iz područja inteligentnih transportnih sustava,
- organizacija ili suradnja u organizaciji znanstvenih i stručnih skupova, savjetovanja, tečajeva, predavanja, okruglih stolova i seminara iz područja inteligentnih transportnih sustava,
- redovito i povremeno informiranje članstva o djelatnostima Udruge, dostignućima njenih članova i o zbivanjima na području inteligentnih transportnih sustava,

- informiranje javnosti o razvoju inteligentnih transportnih sustava te suradnja s elektroničkim i tiskanim medijima,
- rad na znanstvenim i stručnim projektima,
- sudjelovanje u uspostavljanju i održavanju javno-privatnih partnerstava,
- suradnja sa srodnim organizacijama i udrugama u Republici Hrvatskoj,
- suradnja s međunarodnim organizacijama i udrugama. [5]

Ciljevi znanstveno-stručne udruge ITS Hrvatska su:

- poticanje i promicanje suradnje među članovima u razvoju nacionalne arhitekture inteligentnih transportnih sustava,
- povećanje učinkovitosti i sigurnosti prometnih i transportnih sustava, · podrška harmoniziranom razvoju inteligentnih transportnih sustava u Republici Hrvatskoj,
- stvaranje javnog znanstvenog i stručnog mišljenja o inteligentnim transportnim sustavima,
- utjecaj na razvitak i napredak očuvanja prirode i čovjekova okoliša,
- ostvarivanje suradnje s ITS udrugama u Europi i svijetu. [5]

2 PRIMJENA ITS-a U CESTOVNOM PROMETU

Za primjenu inteligentnih transportnih sustava može se reći kako je moguća u svim prometnim podsustavima, a ujedno pruža širok spektar usluga svim korisnicima. Taj spektar usluga ogleda se kroz sustave informiranja korisnika o prometnim uvjetima u menadžmentu cestovnog, željezničkog, zračnog i vodnog prometa, kroz nadzor i kontrolu prometa; menadžment vozila žurnih službi u incidentnim situacijama, navigaciju, nadgledanje i vođenje prometnog toka. Elektroničko plaćanje naknade za korištenje prometne infrastrukture (cestarina, mostarina, tunelarina) te upravljanje javnim transportom, također su usluge širokog spektra primjene inteligentnih transportnih sustava.

Cilj razvijanja i primjene inteligentnih transportnih sustava je poboljšanje transporta što uključuje sljedeće:

- smanjenje zagušenja u prometu,
- smanjenje kapitalnih i operativnih troškova,
- poboljšavanje sigurnosti,
- povećanje produktivnosti transportne infrastrukture,
- smanjenje potrošnje energenata, smanjenje zagađenja. [2]

2.1 Inteligentne prometnice i vozila

Nadogradnjom klasičnih prometnica na kojima se promet obavlja uz osnovne fizičke funkcije, sa svim potrebnim oznakama i znakovima stvaraju se inteligentne prometnice. Inteligentna prometnica predstavlja kibernetiku i informatičku nadogradnju klasičnih prometnica tako da se osim osnovnih fizičkih funkcija ostvaruju bolje informiranje vozača, vođenje prometa, sigurnosne aplikacije itd. [1]

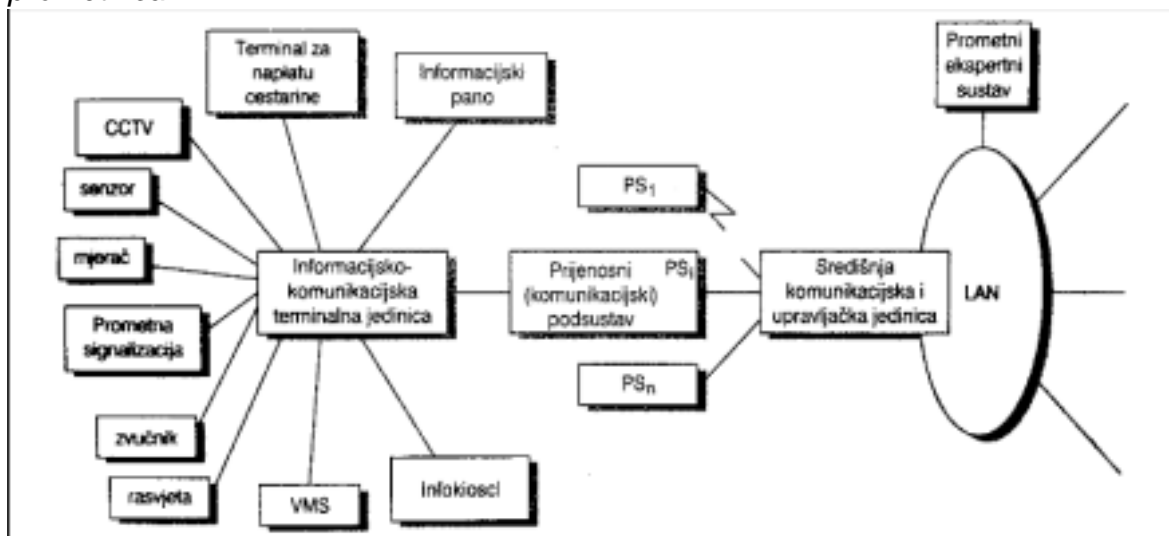
Tri su osnovna dijela (sustava) inteligentnih prometnica:

1. senzorsko-izvršni sustav,
2. telekomunikacijski sustav,
3. upravljački sustav.

Senzorsko-izvršni sustav služi za prikupljanje informacija o stanju na prometnici. Brojači prometa, meteor situacija i praćenje incidenata neki su od senzorskih elemenata, dok su semafori, prometna signalizacija i rampe izvršni elementi. Za telekomunikacijski sustav može se reći kako omogućuje razmjenu podataka glede govora ili video informacija između korisnika, to jest izdvojenih i centralnih jedinica. Upravljački sustav

donosi odluke vezane za dinamičko (adaptivno) upravljanje prometom i daje naloge izvršnom sustavu, sve to temeljem prikupljenih informacija i ugrađenog ekspertnoga prometnoga znanja.

Slika 2. Osnovna fizička struktura informacijsko-komunikacijskog sustava prometnica



Izvor: [1]

Na slici 2. prikazana je osnovna fizička struktura informacijsko-komunikacijskog sustava (ICS) prometnica. Na informacijsko-komunikacijsku terminalnu jedinicu priključeni su razni senzori, mjeraci, videokamere, prometna signalizacija kao i druga oprema, te se Izvor: [4] obavlja prilagodba prikupljenih podataka za prijenos po komunikacijskom sustavu. Središnja upravljačka jedinica zadužena je za prikupljanje i obradu informacijskih tokova od terminalnih jedinica te upravljanje ponašanjem prometnog sustava temeljem ekspertnih Izvor: [4] znanja i prometnih pravila.

Automatizirana prometnica postiže se upravljačkom i informacijsko-komunikacijskom Izvor: [4] nadgradnjom klasične prometnice. Time se, pak, postižu veća protočnost, sigurnost, učinkovitost prijevoza i smanjenje onečišćenja. Postojeći informacijsko-komunikacijski Izvor: [4] sustavi za telemetriju, tele kontrolu i telekomandnu moraju se nadograditi ITS funkcionalnostima. [1] Informacijsko-komunikacijski (ICS) sustav za tele kontrolu Izvor: [4] namijenjen je utvrđivanju ispravnosti rada uređaja na daljinu. Također, ovaj sustav omogućuje mjerenje odgovarajućih veličina na daljinu. ICS sustavi namijenjeni su za Izvor: [4] upravljanje prometom, to jest za regulaciju rada uređaja na daljinu. Izvor: [4]

ITS funkcionalnosti automatizirane prometnice uključuju:

- mjerenje prometa i klasifikaciju vozila te analizu prometnog toka,
- videonadzor i daljinsko upravljanje protočnošću prometnica,

- naplatu cestarine putem pametnih kartica,
- tele kontrolu gabarita (primjenom lasera i optičkih rešetaka),
- poboljšanje vidljivosti u tunelima,
- tele kontrolu pojave dima ili vatre,
- telemetriju meteoroloških uvjeta (temperatura, vlažnost, brzina vjetra, snijeg, kiša itd.),
- upravljanje promjenjivom prometnom signalizacijom, info panoima, semaforima i radio komunikacijskim porukama,
- navigacijske upute o trenutačno optimalnim prometnim smjerovima, · uključivanje i regulaciju rasvjete,
- automatsko uključivanje gašenja požara u tunelu, itd. [1]

Slika 3. Primjer inteligentne prometnice



Izvor: [7]

Poboljšanje protočnosti, sigurnosti, udobnosti i zaštićenosti vozača i putnika te ekološka poboljšanja dio su učinaka ITS rješenja.

Izvor: [4] Intelligentnim vozilima nazivaju se vozila koja imaju dodatne funkcionalnosti kojima se postiže prikupljanje i obrada podataka iz okruženja te automatizirana prilagodba kao pomoć ili zamjena za čovjeka odnosno vozača. Inteligentna vozila sve se više proizvode i upotrebljavaju što nije ni čudno budući da vozačima, kao i svim putnicima pružaju iznimnu udobnost i sigurnost. Automatsko upravljanje vozilom, držanje sigurnog razmaka te elektroničko vođenje autobusa i teretnih vozila posebnim prometnim trakom rješenja su inteligentnog vozila. Intelligentni sustavi vozila mogu biti autonomni ili kooperativni. Kod autonomnih inteligentnih sustava vozila instrumenti i inteligencija smješteni su u vozilu, dok kod kooperativnih inteligentnih sustava vozila asistencija dolazi od prometnice i/ili drugih vozila. Razvojem tehnologije sve se više inteligentna rješenja primjenjuju u suvremenim automobilima i u ostalim prometnim sredstvima.

ITS prilagodba uključuje:

- uređaje za upravljanje vozilom,
- uređaje za zaustavljanje vozila,
- uređaje za osvjetljavanje ceste,
- uređaje za davanje svjetlosnih znakova,
- uređaje za omogućavanje normalne vidljivosti,
- uređaje za kretanje vozila unatrag,
- uređaje za kontrolu i ispuštanje ispušnih plinova,
- uređaje za spajanje vučnog i priključnog vozila,
- ostale uređaje i opremu vozila. [1]

Svi ovi navedeni uređaji moraju biti izvedeni na način da pomognu vozaču i putnicima te im istovremeno omoguće sigurnost i udobnost tijekom putovanja. Uređaji za upravljanje vozilom moraju biti pouzdani i izvedeni na način da vozaču osiguravaju brzu, laku i sigurnu promjenu smjera vozila. Nadalje, uređaji za zaustavljanje vozila moraju biti izvedeni na način da se vozilo može zaustaviti sigurno i učinkovito bez obzira na razinu opterećenja i nagib ceste kojom se kreće. Isto tako, uređaji za osvjetljenje ceste, kao i ITS rješenja poboljšanja vidljivosti mogu znatno doprinijeti sigurnosti prometa.

Istraživanja pokazuju da je više od 95% svih odluka koje vozač donosi u vožnji vezano za osjet vidljivosti. ITS rješenja omogućuju:

- poboljšano uočavanje objekata,
- prilagođavanje na svjetlo i tamu pri izlasku iz tunela i ulasku u tunel,
- bolje uočavanje prometnih znakova i poruka, itd. [1]

Neka inteligentna rješenja koja trenutno susrećemo u suvremeno opremljenim prometnim sredstvima su: sustav automatskog kočenja kod opasnosti od sudara sa i bez detekcije pješaka (PCS – *Pre-Collision System*), sustav upozorenja prilikom napuštanja prometne trake s pomoći i korekcijom upravljača (LDA – *Lane Departure Alert*), sustav automatskog prebacivanja između dugih i kratkih svjetala (AHB – *Automatic High Beam*), sustav prepoznavanja prometnih znakova (RSA – *Road Sign Assist*), tempomat s prilagodbom brzine pomoću radara (ACC – *Adaptive Cruise Control*), jednostavni inteligentni sustav parkiranja (IPA – *Intelligent Park Assist*), nadzor mrtvog kuta (BSM – *Blind Spot Monitoring*), detekcija stražnjeg poprečnog prometa (RCTA – *Rear Cross Traffic Alert*), sustav protiv blokiranja kotača (ABS – *Anti-lock Braking System*), elektronička raspodjela kočione sile (EBD – *Electronic Brake-force Distribution*), sustav upozorenja pri naglom kočenju (EBS – *Electronic Brake Signal*), kontrola proklizavanja pogonskih kotača (TCS – *Traction Control System*), sustav nadzora stabilnosti vozila uz pomoć upravljača (VSC – *Vehicle Stability Control*). [8]

Sustav automatskog kočenja kod opasnosti od sudara sa i bez detekcije pješaka (PCS) koristi radar s kamerom za detekciju objekata ispred vozila i, posljedično, predikciju mogućih sudara sa ostalim sudionicima u prometu ili preprekama na putu. [8] U slučaju rizika od sudara, vozač je upozoren zvučnim i vizualnim upozorenjima koja se nalaze na kontrolnoj ploči automobila. Ako vozač ne uspije pravodobno reagirati i stisnuti papučicu kočnice, PCS sustav pokreće potpuno i samostalno kočenje te na taj način sprječava ili umanjuje posljedice, odnosno udar u vozilo ili objekt ispred.

Sustav upozorenja prilikom napuštanja prometne trake s pomoći i korekcijom upravljača (LDA) radi na minimalnoj brzini od 50 km/h i na relativno ravnoj cesti. Osmišljen je na način da pokušava odrediti položaj vozila u svojoj traci pomoću kamere namijenjene otkrivanju vidljivih bijelih i žutih uzdužnih linija horizontalne signalizacije na cesti, te ukoliko vozilo počne izlaziti iz vozne trake bez uključivanja pokazivača smjera vozač bude upozoren zvučno i vizualno.

Sustav automatskog prebacivanja između dugih i kratkih svjetala (AHB) pomaže u osiguravanju izvrsne vidljivosti ispred vozila tijekom noćne vožnje bez zasljepljivanja ostalih sudionika u prometu. Sustav koristi kameru za detekciju prednjih svjetala nadolazećih vozila i stražnjih svjetala vozila ispred, te se automatski prebacuje između dugih i kratkih svjetala kako ne bi došlo do zasljepljivanja ostalih sudionika. U uvjetima slabog osvjetljenja pri brzinama nešto iznad 30 km/h duga svjetla se automatski aktiviraju, zatim se koristi kamera u vozilu kako bi se uočila svjetlost nadolazećih vozila i stražnja svjetla vozila ispred. Ako kamera otkrije jedan od navedenih izvora svjetlosti ili ako brzina padne ispod približno 27 km/h, sustav se automatski prebacuje na kratka svjetla. [8] Sustav prepoznavanja prometnih znakova (RSA) osmišljen je i izveden na način da koristi kameru za prepoznavanje prometnih znakova te informira vozače. U slučaju da vozač ne poštuje prometne znakove, sustav osigurava vizualno upozoravanje vozača paljenjem lampica na upravljačkoj ploči uz zvučno upozorenje.

Tempomat s prilagodbom brzine pomoću radara (ACC) je sustav koji pomoću radara održava minimalnu namještenu udaljenost do vozila ispred u istoj voznoj traci. Kada se udaljenost između vozila smanji, sustav smanjuje brzinu i, po potrebi, aktivira sustav za kočenje, a kada se udaljenost ponovo poveća, sustav postupno ubrzava vozilo sve dok se ne vrati na prethodno odabranu brzinu.

Jednostavni inteligentni sustav parkiranja (IPA) osmišljen je kako bi pomogao vozaču prilikom parkiranja vozila na način da koristi ultrazvučne senzore u prednjem i stražnjem odbojniku vozila za prepoznavanje odgovarajućeg parkirnog mjesta. Kad se sustav aktivira, automatski upravlja vozilom, dok vozač mora kontrolirati brzinu vožnje. Nadzor mrtvog kuta (BSM) omogućava vozaču sigurnije manevriranje tijekom promjene vozne trake. Ako stražnji radarski senzori detektiraju vozilo u bočnom ili stražnjem mrtvom kutu vozila, u odgovarajućem retrovizoru upaliti će se svjetlo upozorenja. Ako se upali pokazivač smjera, a vozilo se nalazi u mrtvom kutu, svjetlo upozorenja će treptati kako bi upozorilo da se ne krene u promjenu vozne trake. [8]

Detekcija stražnjeg poprečnog prometa (RCTA) omogućava siguran izlazak unatrag iz parkirnog mjesta na način da sustav detekcije prepoznaje druga vozila koja se približavaju mrtvom kutu te ako je potrebno upozorava vozača zvučnim i vizualnim signalima. Sustav protiv blokiranja kotača (ABS) počinje se ugrađivati u vozila 80-ih godina prošlog stoljeća te se za njega može reći kako je najvažniji dio sigurnosne opreme vozila. ABS sustav radi na način da sprječava blokiranje kotača pri kočenju i time omogućuje lakše upravljanje automobilom prilikom snažnog kočenja. Na vlažnim i skliskim podlogama povećava stabilnost vozila te omogućava kraći zaustavni put, dok na mekanim podlogama, kao što su makadam ili snijeg, produžuje zaustavni put i ujedno poboljšava kontrolu nad vozilom.

Osnovni sastavni dijelovi ABS sustava su:

1. senzori brzine – mjere brzinu kretanja vozila i brzinu okretanja kotača, 2. ventil – služi za popuštanje pritiska kočnice,
3. pumpa – služi za vraćanje pritiska kojeg ventil smanjuje,
4. kontroler „mozak“ ABS sustava – računalo koje upravlja radom ABS sustava, prima informacije od senzora te automatski aktivira ventil koji zatvara pritisak na kočnice. [9]

Elektronički uređaj za raspodjelu kočne sile (EBD), kao što mu i sam naziv kaže, ima za zadaću raspodijeliti kočnu silu na kotače ovisno o njihovom opterećenju, odnosno prijanjanju na podlogu. EBD sustav ugrađuje se uz svaki suvremeni ABS sustav. Sustav upozorenja pri naglom kočenju (EBS) pomaže smanjiti rizik od udara u stražnju stranu vozila. Osmišljen je na način da se tijekom naglog kočenja automobila svjetla za upozorenje (najčešće su to stop svjetla) počnu paliti i gasiti velikom brzinom kako bi vozila iza bila upozorena na iznenadnu opasnu situaciju u prometu ispred njih. Vozač u automobilu iza mora brzo reagirati kako bi pokušao izbjeći udar u vozilo ispred sebe i pokušao održati sigurni razmak. [8]

Sustav kontrole proklizavanja pogonskih kotača (TCS) osmišljen je na način da prepoznaje okretanje pogonskih kotača „u prazno“ tijekom ubrzavanja, te automatski smanjuje snagu motora kako bi se vratilo adekvatno prijanjanje kotača uz podlogu. Zahvaljujući TCS sustavu osigurava se bolji prijenos snage na cestu, povećava životni vijek pneumatika i povećava sigurnost prometa.

Kontrola stabilnosti vozila (VSC) je sustav koji je osmišljen da ima funkciju sprječavanja klizanja vozila bočno, u zavoju ili prilikom iznenadnog okretanja upravljača, odnosno stabilizira vozilo i pokušava ga vratiti u položaj prije zanošenja. U tom trenutku se kočenje automatski primjenjuje na sva četiri kotača, dok se snaga motora smanjuje kako bi se osigurala sigurnost vozila. Također, sustav neće moći kvalitetno kontrolirati vozilo ako su gume potrošene. Najčešće se angažira tijekom pogrešno procijenjenog naglog skretanja i vodenog klina. Djeluje na svim voznim površinama i pokazao se učinkovitim kao sredstvo održavanja kontrole vozila i smanjenja nesreća. [8] Dinamičan razvoj područja inteligentnih vozila je sadašnjost, dok se u budućnosti očekuju brojna nova ITS rješenja vezana uz inteligentna vozila.

Slika 4. Oprema inteligentnog osobnog vozila



Izvor: [1]

2.2 Inteligentni sustavi informiranja putnika i vozača

Inteligentni sustavi informiranja putnika i vozača sustav su složen od usluga Izvor: [1] pred putnih i putnih informacija, obavješćavanja u javnom prijevozu te rutiranja i navigacije osobnih vozila na putu od polazišta do odredišta. U funkcionalnom području informiranja putnika (TI – *Traveller Information*) prva je ITS usluga pred putnog informiranja (PTI – *Pre* Izvor: [1]

Trip Information).

Svrha sustava PTI je pružiti korisnicima prije početka putovanja kvalitetne ažurne Izvor: [1] podatke, odnosno informacije koje će omogućiti donošenje bolje odluke o:

- načinu putovanja,
- modu,
- ruti,
- vremenu polaska, itd.

Informacije se mogu odnositi na:

- planiranje putovanja javnim prijevoznim sredstvima, Izvor: [1]

- stanje na cestovnim prometnicama,
- vremenske prilike (snijeg, kiša, led, magla i sl.), Izvor: [1]
- mjesta mogućeg parkiranja (P&R terminali), Izvor: [1]
- vozne redove u željezničkom, zračnom i vodnom prometu,
- turističke i ugostiteljske sadržaje,
- korisne obavijesti vezane uz putovanje i dr. [1]

Pred putne informacije dostupne su korisniku putem različitih telekomunikacijskih medija, a dva su načina dobivanja informacija. Prvi način dobivanja informacija je kada korisnik interaktivnim upitom dobiva traženu informaciju i na taj način planira putovanje ili način putovanja ovisno o stanju na prometnicama. Drugi je pak način radijska i televizijska distribucija informacija, s tim da takve informacije nisu usmjerene na individualnog korisnika.

ITS usluga putne informacije vozaču (ODI – *On-Trip Driver Information*) realizira se kao samostalni sustav ili integrirana s drugim informacijskim uslugama. Osmišljena je kako bi vozaču i putnicima pružila kvalitetne informacije o prometnim uvjetima, kako prije, tako i nakon kretanja na put. Zahvaljujući ODI uslugama vozač ili putnici u vozilu mogu donijeti bolje odluke glede korištenja rute, promjene načina, odnosno moda putovanja (*Park and Ride* sustavi).

Putne informacije vozaču u pravilu se odnose na:

- uvjete na prometnici,
- nezgode i nesreće na cesti,
- posebne događaje (utakmice, štrajk i sl.), koji utječu na odvijanje prometa, · nastale promjene nakon što su dane pred putne informacije,
- raspoloživa parkirna mjesta (P&R) nakon kojih se može nastaviti putovanje javnim prijevozom,
- alternativne rute i modove na mjestima njihova sučeljavanja,
- atraktivna turistička ili zabavna događanja. [1]

ITS usluga putne informacije o javnom prijevozu (OPI – *On-Trip Public Transport Information*) realizira se samostalno ili integrirano sa uslugama informiranja putnika ili s drugim gradskim informacijskim uslugama. Svrha ove ITS usluge je poticanje što većeg korištenja javnog gradskog prijevoza na način da se korisnici tih usluga što bolje informiraju. Informacije ove usluge raspoložive su korisnicima na različitim mjestima (dom, ulica, ured, kolodvor).

Još jedna usluga koja pripada skupini putnih informacija je ITS usluga rutni vodič i navigacija (RGN – *Route Guidance and Navigation*). Ova je usluga realizirana putem

relativno samostalnog sustava ili u okviru sustava lokacije i navigacije. Navigacijski sustavi vozila temelje se na zemaljskim i satelitskim sustavima. Razlika između zemaljskih i satelitskih navigacijskih sustava je u tome što satelitski navigacijski sustavi omogućuju pokrivenost na područjima koja zemaljski sustavi ne pokrivaju. ITS usluga RGN iznimno je popularna i općeprihvaćena što nije ni čudno budući da korisnicima izračunava optimalnu rutu te ih glasovnim i pismenim uputama vodi ka odredištu, koristeći pritom stvarno vremenske informacije te na taj način izbjegava rute na kojima su prometna zagušenja. Razlikujemo tri načina rutnog vođenja: autonomni rutni vodič (*Autonomous Route Guidance*), centralizirani dinamički rutni vodič (*Centralised Dynamic Route Guidance*) te dualni mod rutnog vodiča (*Dual Mode Route Guidance*).

Autonomni rutni vodič (*Autonomous Route Guidance*) radi na principu izračunavanja optimalne rute. Vozač ima zadatak upisati odredište na koje želi stići, a navigacijsko računalo određuje optimalnu rutu temeljem trenutne lokacije vozila i digitalne karte. U slučaju da vozač greškom napusti dobivenu rutu, sustav to prepozna te daje novi plan putovanja do na početku postavljenog odredišta. Sastavnice autonomnog navigacijskog sustava ugrađenog u vozilo čine: navigacijsko računalo, GPS prijamnik, senzori na kotačima vozila, magnetski kompas, CD ili DVD *player* te cestovna digitalna mapa. Kako bi se postigla što veća preciznost koriste se više senzorski sustavi s relativnim sensorima.

U centraliziranom dinamičkom rutom vodiču (*Centralised Dynamic Route Guidance*) obrada zahtjeva obavlja se u središnjem računalu prometnog informacijskog centra koje raspolaže dinamičkim podacima o stanju prometa. Nakon zahtjeva iz vozila u središnjem računalu izračunava se optimalna ruta i skup uputa šalje se natrag vozilu na svakom raskrižju. Vozilo je opremljeno dupleksnim komunikacijskim sustavom te koristi infracrvene usmjerivače (*infrared beacons*) raspoređene na gradskim raskrižjima. Digitalna mapa u opremi vozila nije neophodna. [1]

Dualni mod rutnog vodiča (*Dual Mode Route Guidance*) kombinacija je prethodna dva rutna vodiča, a omogućuje obradu stvarno vremenskih podataka o prometu.

2.3 Inteligentno upravljanje prometom i transportom

Vođenje prometnog toka (*traffic control*) i „integrirano upravljanje prometom“ (*integrated traffic and transport management*) u ITS okruženju razlikuju se u pristupu, sadržaju i razini integracije. [1]

Vođenje prometa (*traffic control*) odnosi se na upravljanje prometnim tokovima, kako u mreži gradskih prometnica, tako i izvan gradova (na autocestama i dr.). Primjeri tih usluga su: adaptivno upravljanje prometnim svjetlima odnosno semaforima, promjenjive prometne poruke, kontrola pristupa na autocestu, kontrola brzine, upravljanje parkiranjem, itd. [4] Svrha upravljanja prometom (MT – *manage traffic*) je određivanje razine usluge na nekoj prometnici. Za operativni kapacitet prometne mreže može se reći kako je određen razinom investiranja ili izgrađenosti osnovne infrastrukture i kvalitetom

prometa. Nadalje, svrha integriranog upravljanja prometnim tokom vozila i javnim prijevozom je omogućavanje povećanja operativnog kapaciteta pritom dajući prioritet određenim vozilima, točnije vozilima javnog prijevoza i žurnih službi.

Ključne operativne zadaće MT_{ITS} su:

- kontrola pristupa na mrežu,
- ublažavanje posljedica zagušenja na prometnicama i njihovim sučeljima prema drugim modovima,
- rješavanje uskih grla zbog incidentnih događaja,
- postizanje zadovoljavajuće razine sigurnosti u prometu,
- prometna logistika specijalnih sportskih, političkih, vjerskih, zabavnih događaja,
- kontrola nepovoljnih utjecaja na odvijanje prometnog toka (vremenske neprilike, agresivna vožnja, itd.)
- preraspodjela modova prema korištenju učinkovitijih modova javnog prijevoza. [1]

Europska arhitektura funkcionalno područje podijelila je na pet funkcija visoke razine, a to su: vođenje prometnog toka, upravljanje incidentnim situacijama, upravljanje potražnjom, pružanje meteoroloških informacija te održavanje cesta. Dva su osnovna načina vođenja protoka kod upravljanja prometom – centralizirano odnosno automatsko i individualno vođenje.

Centralizirano (automatsko) vođenje podrazumijeva:

- osiguranje ekskluzivnoga korištenja kapaciteta prometnice (gdje neće biti ometanja drugih),
- razmaci između vozila su pred terminirani za sigurno odvijanje prometa, · prometni podaci se prikupljaju i obrađuju u realnom vremenu,
- odluke su programirane i korektivno djelovanje je incidentno.

Individualno vođenje podrazumijeva:

- zajedničko korištenje raspoloživih kapaciteta prema utvrđenim pravilima, · razmaci između vozila ovise o individualnoj sposobnosti (vozača, pilota, kapetana itd.),
- prometni podaci se individualno prikupljaju i obrađuju u realnom vremenu, · odluke su trenutačne i nisu programibilne. [1]

Nadzor i otklanjanje incidenata na prometnicama (*Transport Related Incident Management*) je područje detektiranja, odziva i raščišćavanja incidenata nastalih na prometnicama ili u njihovoj neposrednoj blizini. Osim djelovanja nakon što je određeni incident nastao, područje nadzora i otklanjanja incidenata na prometnicama obuhvaća predviđanje i prevenciju nezgoda.

Težište je na prometnim nezgodama i nesrećama iako sustav uključuje odziv na druge uzroke malih incidenata (puknuće gume, nestanak vozila, itd.) te velikih nesreća i katastrofa (potresi, klizanje terena, veliki požari i sl.). [1]

Nadalje, upravljanje potražnjom može se definirati kao skup usluga kojima se djeluje na razinu potražnje u različitim vremenskim intervalima dana i na promjenu moda. Usluge upravljanja potražnjom su: upravljanje tarifama javnog prijevoza, kontrola pristupa pojedinim gradskim zonama, cijene parkiranja, naplata doprinosa zagušenju, uvođenje posebnog prometnog traka za osobna vozila s više putnika.

Upravljanje održavanjem transportne infrastrukture je skupina usluga koja se temelji na aplikaciji ITS tehnologija u upravljanju održavanjem cestovnih prometnica, odnosno pripadajuće komunikacijske i informatičke infrastrukture. [1]

Nadzor kršenja prometne regulative radi na principu automatskog detektiranja tipa vozila, registracijske pločice, prekoračenja brzine uz efikasne *backoffice* procedure. Područje prijevoza tereta objedinjuje usluge administriranja komercijalnih vozila, multi modalne logistike i međusobne koordinacije prijevoznika i ostalih aktera uključenih u proces prijevoza tereta. Neke od tih usluga su: upravljanje Inter modalnim informacijama o prijevozu robe, upravljanje (menadžment) Inter modalnim centrima, upravljanje opasnim teretima i automatska provjera dokumenata vozila.

Područje javnog prijevoza definiralo je više usluga koje omogućuju redovite i učinkovite radnje javnog prijevoza uz pružanje pravovremenih informacija korisnicima. Područje usluga žurnih službi objedinjuje funkcionalne procese koji omogućuju brzu i učinkovitu intervenciju kako hitne pomoći, vatrogasaca i policije, tako i ostalih žurnih službi.

U području elektronička plaćanja vezana za transport nalaze se usluge:

- elektronička naplata javnog prijevoza,
- elektronička naplata cestarine,
- elektronička naplata parkiranja,
- daljinska plaćanja, itd. [1]

Kao primjer elektroničke naplate cestarine može se navesti sustav ENC, koji je zastupljen na autocestama u Republici Hrvatskoj.

Elektronička naplata cestarine (ENC) metoda je beskontaktna naplata bez posredovanja blagajnika, a proces naplate cestarine odvija se pomoću ENC-uređaja smještenog na vjetrobranskom staklu vozila i antene na naplatnoj stazi. ENC-uređaj mogu koristiti korisnici svih skupina vozila (IA, I, II, III i IV skupine). [10]

Proces naplate cestarine vrši se na sljedeći način: naplata cestarine vozila je tipa *stop and go*. Kada se vozilo opremljeno ENC uređajem približava izlaznoj hibridnoj traci koja je opremljena ENC sustavom, antena na nadstrešnici detektira prisutni ENC uređaj, čita pohranjene podatke, te ako je komunikacija uspješna, na ekranu se prikazuje

kategorija vozila, iznos cestarine, sredstvo plaćanja i preostalo stanje na računu, brklja se diže i vozilo napušta izlazni trak. [11]

Vezano uz inteligentno upravljanje prometom i transportom treba izdvojiti adaptivno upravljanje prometom na semaforiziranim raskrižjima do čije potrebe dolazi zbog toga što na raskrižjima gdje se promet regulira nekoordiniranim i neadaptivnim svjetlosnim signalima česta su i nepotrebna zaustavljanja prometnog toka.

ITS rješenje adaptivnog vođenja prometnog toka povećava propusnu moć tako da se redosljed odlučivanja i trajanje ciklusa stalno prilagođavaju promjenjivim potrebama prometnog toka i uvjetima okruženja. [1] Bez obzira što je adaptivni sustav kompleksniji od koordiniranog fiksnog režima rada semafora, postiže bolje rezultate glede smanjivanja ukupnih vremenskih gubitaka. Efikasnost funkcioniranja sustava upravljanja prometom ogleda se kroz neke od sljedećih parametara: vremenske gubitke, veličine reda čekanja, prosječno vrijeme putovanja zonom, rizik od nastajanja prometnih nesreća, maksimalno individualno čekanje te maksimalnu duljinu reda oko raskrižja. Vremenski gubici (*delays*) u praktičkim proračunima izražavaju se u sekundama po vozilu. U tablici 1. prikazani su učinci integracije ITS rješenja i to: adaptivnog odnosno dinamičkog upravljanja prometnim tokom, adaptivnog upravljanja zajedno s putnim informiranjem te adaptivnog upravljanja s putnim informiranjem i upravljanjem potražnjom.

Tablica 1. Koristi integracije ITS rješenja

	Adaptivno vođenje prometa (ATC)	ATC+ informiranje vozača (DRI)	ATC+DRI+upravljanje potražnjom (DM)
uštede vremena za osobna vozila	do 20%	do 22% (na čitavom putu)	>22%
uštede vremena javnog prijevoza	do 15%	do 20%	>20%
smanjenje onečišćenja okoliša	5-7% lokalno	do 18% lokalno do 8% globalno	do 21% lokalno do 11% globalno

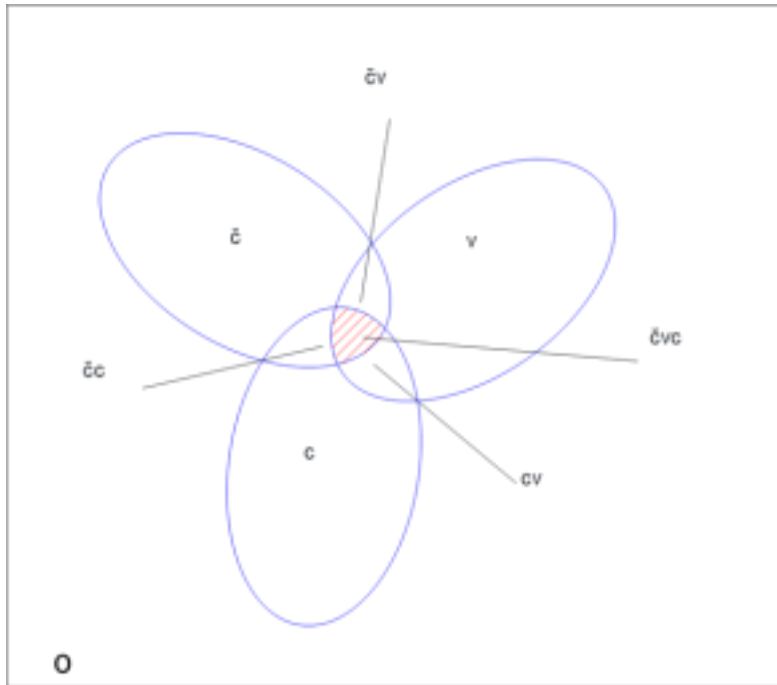
Izvor: [1]

Slika 5. Adaptivno upravljanje prometnim svjetlima

2.4 ITS kao čimbenik sigurnosti u prometu

Da bi se sustavno istražila prometna sigurnost potrebno je odlično razumijevanje interakcije tri osnovna čimbenika sigurnosti prometa – čovjek – vozilo – cesta (okolina).

Slika 6. Interakcije čovjek - vozilo - cesta



Izvor: [12]

Interakcije tri osnovna čimbenika sigurnosti prometa vrlo su važne za sigurnost i Izvor: [1]

upravljanje prometom, kao i za dizajniranje prometnica. Na ponašanje čovjeka kao čimbenika sigurnosti u prometu utječu: osobne značajke, psihofizičke karakteristike te obrazovanje i kultura. Pod osobne značajke čovjeka ubrajaju se: sposobnost obilježena Izvor: [1] brzinom reagiranja, registriranja i rješavanja, stajališta, koja mogu biti privremena i stalna, temperament odnosno psihičke osobine čovjeka povezane s emocijama, osobne crte – Izvor: [1] samopouzdanje, samokritičnost, upornost, marljivost, dominacija, agresivnost, te karakter koji se može opisati kao moral čovjeka i odnos prema ljudima. U psihofizičke karakteristike Izvor: [1] spadaju: funkcije organa osjeta, psiho motoričke sposobnosti i mentalne sposobnosti. Obrazovanje se postupno stječe kroz život, dok se kultura može definirati kao cjelokupno društveno nasljeđe neke grupe ljudi. Izvor:[1]

Vozilo je određeno svojom duljinom širinom, visinom, težinom, konstrukcijom, Izvor: [1] polumjerom kruga okretanja, snagom motora, gumama, kočnicama, itd.

Svojstva komponente „cesta“ određena su: vođenjem ceste, širinom traka, kvalitetom kolničkog zastora, širinom bankine, odvodnjom vode, nečistoćama na kolniku .Izvor: [1]

Izvor: [1] Uvođenje ITS-a sadrži brojne prednosti sa stajališta sigurnosti u prometu. Veća sigurnost u odvijanju prometa, smanjenje broja žrtava u prometnim nesrećama i brži odziv žurnih službi samo su neke od njih.

ITS usluge, odnosno suvremena telekomunikacijska rješenja, znatno mogu povećati učinkovitost i sigurnost odvijanja prometnog procesa unutar prometnog sustava koristeći telekomunikacijskog operatora. [13] ITS tehnologije koje smanjuju rizik od sudara, ITS tehnologije koje smanjuju posljedice sudara i ITS tehnologije koje utječu na izloženost riziku od sudara neke su od ITS tehnologija koje znatno utječu na poboljšanje sigurnosti u prometu. Uvjerljivi razlozi „za“ ITS slijede iz poraznih podataka o sigurnosti i eksternim troškovima odvijanja prometa. Prema podacima organizacije WHO³, preko 1,2 milijuna ljudi svake godine smrtno strada u prometu, a 50 milijuna biva ozlijeđeno. Ukupni izravni i eksterni troškovi prometnih nesreća iznose 3 do 4 % BDP-a pojedinih zemalja. [14] Upravo iz ovih razloga osmišljene su neke ITS sigurnosne aplikacije i ITS sigurnosna rješenja koja poboljšavaju sigurnost prometa na cestama. Primjeri tih sigurnosnih aplikacija i rješenja su: promjenjivi znakovi, inicijativa Europske unije e-sigurnost (*eSafety*), sustav e-poziv (*eCall*) i video detekcija incidenata. Promjenjivi prometni znakovi koriste se za upravljanje prometnim tokom, smanjenje zagušenja i incidenata te za razne druge informacije korisne u prometu. Inicijativa Europske unije e-sigurnost (*e-safety*) osmišljena je kako bi znatno poboljšala sigurnost svih sudionika u prometu na cestama i autocestama u zemljama članicama. Sustav e-poziv (*eCall*) kao glavnu zadaću ima povećati sigurnost u cestovnom prometu. Radi na principu obavještanja operativno komunikacijskog centra (PSAP⁴) u trenutku prometne nesreće, dajući operateru važne informacije. GPS komponenta sustava *eCall* omogućit će hitnim službama da odu na točno mjesto incidenta bez trošenja dragocjenih minuta u potrazi za pozivateljem. Video detekcija incidenata koristi algoritme koji prepoznaju i razlikuju normalan tok prometa od okolnosti povezanih s incidentima i prometnim nesrećama. [15] Uz navedene aplikacije i sustave važno je spomenuti i policijske kamere za nadzor brzine kao jedan od ključnih faktora smanjenja brzine vožnje na određenim dionicama. Uzevši u obzir kako se brzina smatra jednim od četiri „ubojice“ u prometu, kamere za nadzor brzine izuzetno su praktično i korisno ITS pomagalo sa ciljem poboljšanja sigurnosti u prometu.

Najugroženija skupina sudionika u prometu su pješaci. Pitanje sigurnosti pješaka jedno je od rijetkih područja na kojima su razvijene posebno prilagođene ITS aplikacije, a inicijative ITS-a u Japanu i Europi usredotočene su na razvoj sustava za otkrivanje i zaštitu pješaka. Uređaji za upozoravanje i ograničavanje brzine vjerojatno će donijeti najveće koristi u smanjenju incidencije i ozbiljnosti sudara koji uključuju pješake. [16] Nadalje, upravljanje incidentnim situacijama možemo opisati kao koordiniran skup aktivnosti pomaganja unesrećenima, uklanjanja vozila i normaliziranja prometnog toka nakon nastanka prometne nesreće ili uslijed druge incidentne situacije kao što su kvar vozila ili puknuće gume. Sustavi incidentnih situacija dijele se u dvije skupine: sustav

za upravljanje zagušenjima i sustav za intervencije uslijed nastanka prometne nesreće ili druge incidentne situacije na prometnici. Pri nastanku incidentnih situacija na prometnicama ključni zahtjevi su brz odziv policije i ostalih žurnih službi.

³WHO – *World Health Organization* (svjetska zdravstvena organizacija)

⁴PSAP – *Public Service Answering Point* (operativno komunikacijski centar)

3 PRIMJER PRIMJENE ITS-a MODELOM PROMETNE OPTIMIZACIJE POLOŽAJA TRASA AUTOCESTA U ODNOSU NA GRADOVE

Model optimizacije prometa sastoji se od tehničko-tehnoloških i prometno-tehnoloških elemenata kao i od ekonomskih i ekoloških parametara, što čine polazne osnove izrade modela prometne optimizacije, odnosno modela uključivanja autocesta u prometne mreže velikih gradova. Model optimizacije položaja autocesta, brzih cesta i važnijih priključnih državnih cesta u odnosu na šire gradsko područje sagledava i uzima u obzir one elemente koji optimiziraju kapacitet ceste, duljinu putovanja, kako izvorišno-ciljnih tako i tranzitnih te duljih putovanja u mreži na širim područjima gradova. Tako daleko položene autoceste od središta velikih gradova pogoduju samo tranzitnim ali ne i ishodišnim, odredišnim i unutarnjim tokovima. Polazne osnove za izradu modela prometne optimizacije položaja trasa autocesta te brzih i važnijih državnih cesta čine tehničko-tehnološki elementi modela, prometno-tehnički elementi modela, kao i ekonomski i ekološki parametri [22], [23]. Tehničko-tehnološki elementi modela sadržavaju dužinu trase, računsku brzinu, prosječnu brzinu i vrijeme putovanja te prosječno vrijeme čekanja. Prometno-tehnički elementi modela uključuju broj semaforiziranih i nesemaforiziranih križanja, pješačke prijelaze, autobusna stajališta te broj mjesta usporavanja prometa. Ekonomske parametre čine troškovi izgradnje ceste i cestovnih objekata, kao i njihove eksploatacije. Ekološki parametri su razina dopuštene buke i zagađivanje okoliša.

Metodologijom i planom istraživanja očekuje se optimalni model uključivanja autocesta koji će poslužiti kao podloga za društveno odlučivanje [24], [25].

3.1 Tehničko-tehnološki elementi modela prometne optimizacije

Tehničko-tehnološki elementi modela sadržavaju dužinu trase, računsku brzinu, prosječnu brzinu i vrijeme putovanja te prosječno vrijeme čekanja.

- **Dužina trase [km]** kao jedna od sastavnica ili potkriterija tehničko – tehnoloških elemenata modela. Varijantna rješenja određena su trasama, odnosno po varijantama 1,2,3 i 4. Rangiranje može biti od broja 1 do X, 1 za najpovoljnije rješenje, dok je X za najnepovoljnije rješenje.
- **Računska brzina [km/h]**, kao jedna od sastavnica ili potkriterija tehničko – tehnoloških elemenata modela. Računska brzina definira se po trasama, odnosno po varijantama 1,2,3 i 4. Rangiranje može biti od broja 1 do X, 1 za najpovoljnije rješenje, dok je X za najnepovoljnije rješenje ovisno o predloženoj računskoj brzini.
- **Prosječna brzina putovanja [km/h]**, kao jedna od sastavnica ili potkriterija tehničko – tehnoloških elemenata modela. Prosječna brzina putovanja definira se po trasama, odnosno po varijantama 1,2,3 i 4 a predstavlja brzinu koja se postigne na putovanju uključujući čekanja i zastoje. Rangiranje može biti od broja 1 do X, 1 za najpovoljnije rješenje, dok je X za najnepovoljnije rješenje ovisno o srednjoj brzini koja se postigne na putovanju za svaku od varijanti.
- **Prosječno vrijeme putovanja [min]**, kao jedna od sastavnica ili potkriterija tehničko – tehnoloških elemenata modela. Prosječno vrijeme putovanja definira se po trasama, odnosno po varijantama 1,2,3 i 4 a uključuje vrijeme vožnje i vrijeme čekanja tijekom vožnje. Rangiranje može biti od broja 1 do X, 1 za najpovoljnije rješenje, dok je X za najnepovoljnije rješenje ovisno o vremenu putovanja koja se postigne pri putovanju u odnosu na varijante ili trase.
- **Prosječno vrijeme čekanja [min]**, kao jedna od sastavnica ili potkriterija tehničko – tehnoloških elemenata modela. Prosječno vrijeme čekanja definira se po trasama, odnosno po varijantama 1,2,3 i 4 a uključuje čekanja na raskrižjima, autobusnim stajalištima na cesti te pješačkim prijelazima. Rangiranje može biti od broja 1 do X, 1 za najpovoljnije rješenje, dok je X za najnepovoljnije rješenje ovisno o vremenu čekanja koje se dogode na putovanju u odnosu na varijante ili trase.

3.2 Prometno-tehnički elementi prometne optimizacije

Prometno-tehnički elementi modela uključuju broj semaforiziranih i nesemaforiziranih raskrižja, pješačke prijelaze, autobusna stajališta, broj mjesta usporavanja prometa, i broj prometnih trakova.

Broj semaforiziranih raskrižja podrazumjeva broj semaforiziranih raskrižja koja se nalaze na trasama od točke A do točke B s ciljem što bržeg i sigurnijeg putovanja od točke A do točke B. Poželjno je imati što manje semaforiziranih raskrižja. Varijanta s najmanjim brojem semaforiziranih raskrižja imat će najpovoljniji rang.

- **Broj nesemaforiziranih raskrižja** iskazuje sličnu situaciju kao i semaforizirana raskrižja samo što se ovdje navodi broj nesemaforiziranih raskrižja. U svrhu što bržeg putovanja od točke A do točke B uz što veću opću sigurnost, povoljniji je manji broj nesemaforiziranih raskrižja, što rang varijante s najmanjim brojem nesemaforiziranih raskrižja čini najpovoljnijom.
- **Broj pješačkih prijelaza**, varijantna rješenja definiraju broj pješačkih prijelaza preko ceste, koji se ne nalaze na raskrižjima. Uzimaju se u obzir jer usporavaju prometni tok, stoga će varijanta s najmanjim brojem pješačkih prijelaza biti najpovoljnija.
- **Autobusna stajališta na cesti** prikazuju broj autobusnih stajališta na samoj cesti, bez izvedenih ugibališta. Autobusna stajališta na cesti znatno usporavaju prometni tok i stvaraju čekanja te smanjuju sigurnost svih sudionika u prometu, jer dolazi do zaobilaženja autobusa u mirovanju. Varijanta s najmanje autobusnih stajališta imat će najpovoljniji rang.
- **Broj mjesta usporavanja na cesti**, svako od varijantnih rješenja ima određeni broj mjesta na kojima se promet usporava, pa ih se smatra usporivačima na cesti. Usporivači povećavaju buku i smanjuju prosječnu brzinu putovanja, a time i udobnost. Njihova uloga u povećanju prometne sigurnosti zanemariva je uzevši u obzir buku, vibracije i ostale negativne efekte.
- **Broj raskrižja na cesti** definira za svaku od varijanti kupan broj raskrižja na cesti. Varijanta koja ima manji broj raskrižja na cesti imati će najpovoljniji rang.
- **Broj prometnih trakova na cesti** definira broj prometnih trakova za svako od varijantnih rješenja. Varijanta koja ima više prometnih trakova na cesti imati će najpovoljniji rang.

3.3 Ekonomski parametri prometne optimizacije

Ekonomske parametre čine troškovi izgradnje ceste i cestovnih objekata, kao i njihove eksploatacije. U tablici 12. dani su troškovi izgradnje prometnice, koji uključuju izgradnju ceste s pripadajućom opremom te otkup zemljišta.

Tablica 1. Troškovi izgradnje

VARIJANTA	TROŠKOVI IZGRADNJE	RANG
1	73 mil €	1
2	73 mil €	1
3	80 mil €	2
4	80 mil €	2

U tablici 13. prikazano je koliko će biti potrebno izgraditi konstrukcijskih građevina (mostovi, vijadukti, tuneli, podvožnjaci, nadvožnjaci i dr.). Kako se radi o gradskom području, uzeta je u obzir izgradnja podvožnjaka ispod željezničke pruge.

Tablica 2. Konstrukcijske građevine

VARIJANTA	PODVOŽNJAK (izgradnja)	RANG
1	0	1
2	1	2
3	1	2
4	1	2

3.3.1 Eksploatacijski troškovi cestovne infrastrukture

Za proračun troškova korisnika u procjeni opravdanosti uzeti su u obzir troškovi potrošnje za sljedeće vrste vozila:

- mala osobna vozila
- srednje osobno vozilo
- veliko osobno vozilo
- malo teretno vozilo nosivosti 2t
- srednje teretno vozilo nosivosti 5t
- teško teretno vozilo nosivosti 9t
- teško teretno vozilo nosivosti 13t
- teretno vozilo s prikolicom nosivosti 20t
- teretno vozilo s prikolicom nosivosti 30t
- autobus.

U analizi eksploatacijskih troškova obuhvaćeni su sljedeći troškovi:

- A. troškovi potrošnje
- B. vremenski zavisni troškovi
- C. dodatni operativni troškovi.

3.3.2 Troškovi vremena putnika

Jedan od rezultata izgradnje glavnih cestovnih pravaca i prilaznih cesta jest povećanje razine uslužnosti na novoizgrađenim dionicama, koje se ogleda i u povećanju brzine putovanja u odnosu na postojeće stanje. Kvantitativno smanjenje vremena putovanja, odnosno vremenska ušteda lako je određiva.

U ovoj analizi obično se primjenjuje metodologija Međunarodne banke za obnovu i razvoj, za određivanje vrijednosti uštedenog vremena koja polazi od dvije kategorije:

- ušteda radnog vremena
- ušteda slobodnog vremena.

Kod putovanja za vrijeme radnog vremena pretpostavlja se da će vremenska ušteda biti proizvodno upotrijebljena te se prosječna primanja određuju kao novčani izraz jedinične vremenske uštede. Ušteda jednog sata poslovnog putovanja ima vrijednost koja je za 10% veća od prosječnog bruto prihoda na sat.

Kod ušteda slobodnog vremena, obuhvaćena su sva putovanja izvan radnog vremena, a kod ovih ušteda se pretpostavlja da se aktivnosti mogu obavljati na slobodniji i ugodniji način. Vrijednost jednog sata za ostala, odnosno neposlovna putovanja iznosi 33% vrijednosti prosječnog bruto prihoda na sat. Osnova iz proračunskih vremenskih troškova jest proračun bruto plana u Republici Hrvatskoj iz mjeseca, npr. travnja prve promatrane godine.

3.3.3 Prometne nesreće

Prosječna vrijednost očekivanih prometnih nesreća određena je na temelju pretpostavljenih vrijednosti:

- nesreća sa smrtnim posljedicama
- nesreća s tjelesnim povredama
- nezgoda s materijalnom štetom.

Prema raspoloživim podacima o strukturi prometnih nesreća te izračunatim jediničnim troškovima, prosječni ekonomski trošak jedne prometne nesreće iznosi više od 25.000,00 kn.

3.3.4 OPCOST rezultati

Proračun ukupnih troškova korisnika analiziranih cestovnih mreža izvršava se obično pomoću OPCOST programa. OPCOST program se koristi za proračun ukupnih troškova korisnika koji uključuju eksploatacijske troškove vozila, režijske troškove vozila, troškove vremena putnika, troškove prometnih nesreća te troškove održavanja cesta.

Proračun ukupnih troškova korisnika cesta izvršen je za mrežu s investicijskom ulaganjima i mrežu bez investicijskih ulaganja, odnosno analizirane su sljedeće OPCOST mreže prema prilogu 2.

- Mreža „O“ - mreža bez investicijskih ulaganja
- Mreža „1“ - mreža glavnih cestovnih pravaca s prilaznim cestama

OPCOST rezultati sadrže sljedeće troškove:

1. eksploatacijske troškove vozila
2. režijske troškove vozila
3. troškove vremena korisnika
4. ukupne troškove korisnika
5. ukupne troškove.

3.4 Ekološki parametri

Ekološki parametri su razina dopuštene buke i zagađivanje okoliša. Ekološki parametri za izgradnju krupne cestovne infrastrukture vezani su za Studiju utjecaja na okoliš, koja definira sve propisane mjere ekoloških utjecaja unutar planiranog projektog zahvata.

Kao glavne ekološke parametre koji se moraju istražiti unutar planiranog projektog zahvata navode se buka i ostale mjere zaštite okoliša.

Kao jedna od najvažnijih propisanih mjera zaštite okoliša kojima se u posljednje vrijeme u Republici Hrvatskoj i u svijetu posvećuje dosta pažnje je razina buke, a naročito u naseljenim mjestima, te se stoga obvezno provode mjere zaštite prije početka izgradnje, za vrijeme gradnje te mjere zaštite od buke, koje je potrebno provoditi kada planirani cestovni zahvat bude u funkciji.

Utjecaj buke cestovnog prometa na čovjeka

Poznato je da se buka u odnosu djelovanja na čovjeka može sistematizirati na sljedeći način:

- principi za procjenu utjecaja na zdravlje
- specifični efekti
- interferencija s akustičkom komunikacijom
- gubitak sluha uzrokovan bukom
- učinci ometanja sna
- učinci na produktivnost
- dodijavanje
- učinak na socijalno ponašanje
- specifični okoliš.

Kako bi se smanjilo djelovanje buke na čovjeka postavljeni su odgovarajući kriteriji maksimalno dopuštene razine buke duž cesta i autocesta.

Kriterij maksimalno dopuštene buke

Primijenjeni kriterij za postojeću izgradnju uz prometnicu uzet je iz Pravilnika o najvišim dopuštenim razinama buke u sredinama u kojima ljudi rade i borave. To su poslovno-stambena zona s objektima javne namjene unutar naselja, zone uzduž autocesta i glavnih prometnica.

Za navedenu zonu najviša dopuštena razina vanjske buke iznosi za dan (65 dB), a za noć (50 dB). Prema hrvatskim normama razina buke prometa u stambenim prostorima kod zatvorenog prozora može iznositi maksimalno (45 dB) danju i (35 dB) noću.

Prometni podaci za predviđanje buke prometa

Prometni podaci za predviđanje buke prometa uzeti su iz prognoze prometa za planirani cestovni zahvat s pristupnim cestama za petu godinu eksploatacije.

Prema prognozi za petu godinu prosječni godišnji dnevni promet (PGDP) vozila na dan utvrđuje se za predmetnu građevinu. Analizom dobivenih prometnih podataka i podataka iz DIN 18005 došlo se do pokazatelja da je postotak teških vozila sljedeći:

- DAN: $p = 20\%$
- NOĆ: $p = 30\%$

DIN preporučuje korištenje stvarnih podataka o udjelu teškog prometa ako postoje konkretna istraživanja i studije, te je korištena ta preporuka.

U tablici 3. je prikazan kriterij ekologije, a kao potkriterij je uzeta buka.

Tablica 3. Ekologija- utjecaj buke

Varijanta	Buka	RANG
Varijanta 1.	Izrazito visoka	3
Varijanta 2.	Visoka	2
Varijanta 3.	Visoka	2
Varijanta 4.	Najmanja	1

U tablici 4. je prikazan kriterij ekologije, a kao potkriterij je uzeta vibracija.

Tablica 4. Ekologija-utjecaj vibracija

Varijanta	Vibracija	RANG
Varijanta 1.	Velika	2
Varijanta 2.	Velika	2
Varijanta 3.	Izrazito visoka	3
Varijanta 4.	Nizak stupanj vibracije	1

3.5 Izrada modela prometne optimizacije

Izrada modela prometne optimizacije zasniva se na definiranju kriterija modela, kao i njegovim sastavnicama što čine potkriterije modela [26], [27]. Za definiranje kriterija modela prometne optimizacije potrebno je izvršiti izbor kriterija najpovoljnije varijante trase podijeljene u četiri skupine s potkriterijima te izvršiti rangiranje kriterija [28],[29].

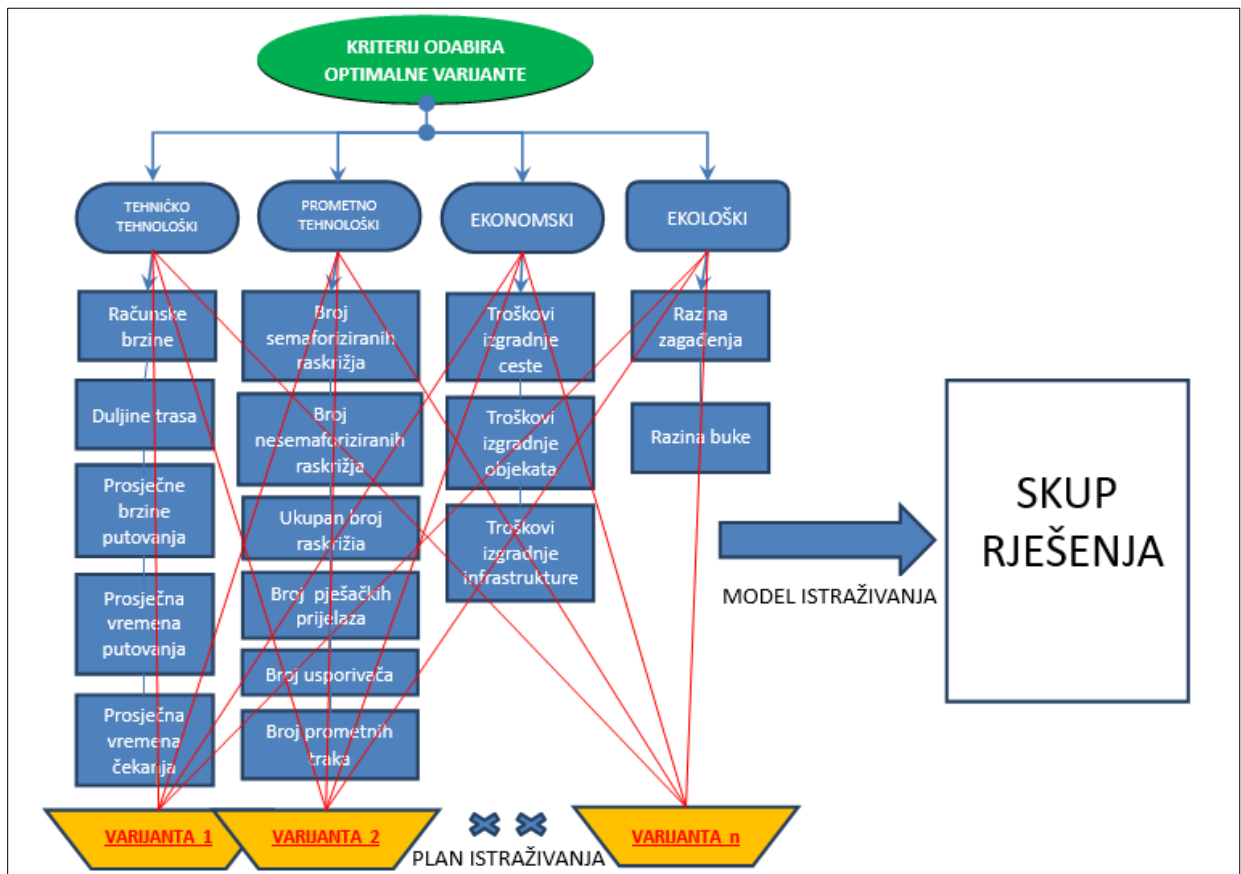
3.5.1 Izbor i rangiranje kriterija modela

Kriteriji za određivanje najpovoljnije varijante trase podijeljeni su u četiri skupine sa potkriterijima (slika 24.).

Prva skupina su tehničko tehnološki kriteriji u koje spadaju sljedeći potkriteriji: duljina trase, računaska brzina, prosječna brzina putovanja, prosječno vrijeme putovanja te prosječno vrijeme čekanja.

Sljedeći kriteriji su prometno tehnološki i odnose se na prometne čimbenike koji povećavaju vrijeme čekanja, a to su: broj semaforiziranih raskrižja, broj nesemaforiziranih

raskrižja, broj pješačkih prijelaza, broj autobusnih stajališta na cesti ,broj mjesta usporavanja prometa, ukupan broj raskrižja te broj prometnih traka. Sljedeći kriteriji su ekonomski i odnose se na troškove izgradnje ceste i troškove izgradnje objekata na trasi, kao i troškove njihova održavanja. Zadnji kriterij je ekološki i odnosi se na razinu buke i vibracija. Izabrani kriteriji i potkriteriji za rangiranje varijantnih trasa dani su u tablici 16.



Slika 9. Izrada prometnog modela

Tablica 5. Izabrani kriteriji i potkriteriji

R. b.	KRITERIJ	POTKRITERIJI
1.	Tehničko- tehnološki	Duljina trase Računska brzina Prosječna brzina putovanja Prosječno vrijeme putovanja Prosječno vrijeme čekanja
2.	Prometno tehnološki	Broj semaforiziranih raskrižja Broj nesemaforiziranih raskrižja Broj pješačkih prijelaza Broj autobusnih stajališta na cesti Broj mjesta usporavanja prometa Ukupan broj raskrižja Broj prometnih traka
3.	Ekonomski	Troškovi izgradnje ceste Troškovi izgradnje objekata Troškovi održavanja Troškovi izrade projektne dokumentacije
4.	Ekološki	Razina buke Vibracija Zagađenje zraka

Tehničko- tehnološki kriterij i potkriteriji

Tablica 6. Duljina trase

TRASA	DULJINA TRASE (km)	RANG
1	37,0	4
2	23,0	3
3	22,0	2
4	16,0	1

Tablica 7. Računska brzina

TRASA	RAČUNSKA BRZINA (km/h)	RANG
1	130	1
2	100	2
3	90	3
4	60	4

Tablica 8. Prosječna brzina putovanja

TRASA	PROSJEČNA BRZINA PUTOVANJA (km/h)	RANG
1	120	1
2	100	2
3	80	3
4	50	4

Tablica 9. Prosječno vrijeme putovanja

TRASA	PROSJEČNO VRIJEME PUTOVANJA (min)	RANG
1	17	4
2	13	3
3	6	2
4	4	1

Tablica 10. Prosječno vrijeme čekanja

TRASA	PROSJEČNO VRIJEME ČEKANJA (min)	RANG
1	4,9	4
2	3,5	3
3	1,5	2
4	1	1

Prometno- tehnološki kriterij i potkriteriji

Tablica 11. Broj semaforiziranih raskrižja

TRASA	SEMAFORIZIRANA RASKRIŽJA	RANG
1	7	4
2	3	3
3	2	2
4	3	3

Tablica 12. Broj nesemaforiziranih raskrižja

TRASA	NESEMAFORIZIRA NA RASKRIŽJA	RANG
1	4	4
2	2	3
3	1	1
4	1	1

Tablica 13. Broj pješačkih prijelaza

TRASA	BROJ PJEŠAČKIH PRIJELAZA	RANG
1	4	3
2	6	4
3	1	1
4	1	1

Tablica 14. Autobusna stajališta na cesti

TRASA	AUTOBUSNA STAJALIŠTA NA CESTI	RANG
1	4	4
2	3	3
3	0	1
4	0	1

Tablica 15. Broj usporivača prometa

TRASA	BROJ MJESTA USPORAVANJA NA CESTI	RANG
1	2	1
2	3	2
3	3	2
4	3	2

Tablica 16. Ukupan broj raskrižja

TRASA	BROJ RASKRIŽJA NA CESTI	RANG
1	2	1
2	3	2
3	3	2
4	3	2

Tablica 17. Broj prometnih traka

TRASA	BROJ PROMETNIH TRAKA NA CESTI	RANG
1	2	2
2	3	1
3	3	1
4	3	1

Ekonomski kriterij i potkriteriji

Tablica 18. Rekonstrukcija prometnice

TRASA	REKONSTRUKCIJA PROMETNICE 500 000€/KM	RANG
1	0	1,2
2	0	1,2
3	9.700,000	4
4	9.200,000	3

Tablica 19. Troškovi izgradnje

TRASA	IZGRADNJA NOVE PROMETNICE 4 mil €/km	RANG
1	80 mil €	4
2	76 mil €	2
3	77,6 mil €	3
4	73,6 mil €	1

Tablica 20. Troškovi održavanja

TRASA	TROŠKOVI ODRŽAVANJA (100,000€/Km)	RANG
1	2.000,000	4
2	1.900,000	2
3	1.940,000	3
4	1.840,000	1

Tablica 21. Troškovi projektne dokumentacije

TRASA	TROŠKOVI PROJEKTNE DOKUMENTACIJE (mil €)	RANG
1	2,5	4
2	0,9	2
3	1,2	3
4	0,7	1

Ekološki kriterij i podkriteriji

Tablica 22. Buka

TRASA	RAZINA BUKE (dB)	RANG
1	60	3
2	55	2
3	55	2
4	45	1

Tablica 23. Vibracije

TRASA	VIBRACIJA	RANG
1	Velika	2
2	Velika	2
3	Izrazito visoka	3
4	Nizak stupanj vibracije	1

3.5.2 Model prometne optimizacije

Rješavanje složenih problema pomoću jedne ili više metoda temelji se na odabiru one metode ili metoda kojima se dolazi do optimalnog modela koji pomaže donositeljima odluke fleksibilnost odlučivanja, odnosno pomaže donositeljima odluka postaviti prioritete i donijeti najbolju odluku uzevši u obzir kvalitativne i kvantitativne čimbenike.

U modelu se koriste već poznate metode kao što su PERT (Program Evaluation and Review Technique) i CPM (Critical Path Method) koje su odabrane i koje mogu rješavati složene probleme odlučivanja, a prema osnovnim komponentama na koje se problem rastavlja, te definiraju:

- cilj
- kriterije (potkriterije)
- alternative.

Ovi elementi se zatim povezuju u model s više razina (hijerarhijska struktura) pri čemu je na vrhu cilj, a na prvoj nižoj razini su glavni kriteriji. Kriteriji se mogu rastaviti na potkriterije, a na najnižoj razini nalaze se alternativna rješenja. Nakon hijerarhijske dekompozicije osnovnog problema, primjenjuje se matematički model pomoću kojega se računaju prioritete (težine) elemenata koji su na istoj razini hijerarhijske strukture .

Općenito, rješavanje problema pomoću jedne od metoda sastoji se od četiri dijela:

- strukturiranje problema (funkcija cilja, kriteriji, potkriteriji, alternative)
- prikupljanje podataka
- ocjenjivanje relativnih težina
- određivanje rješenja problema.

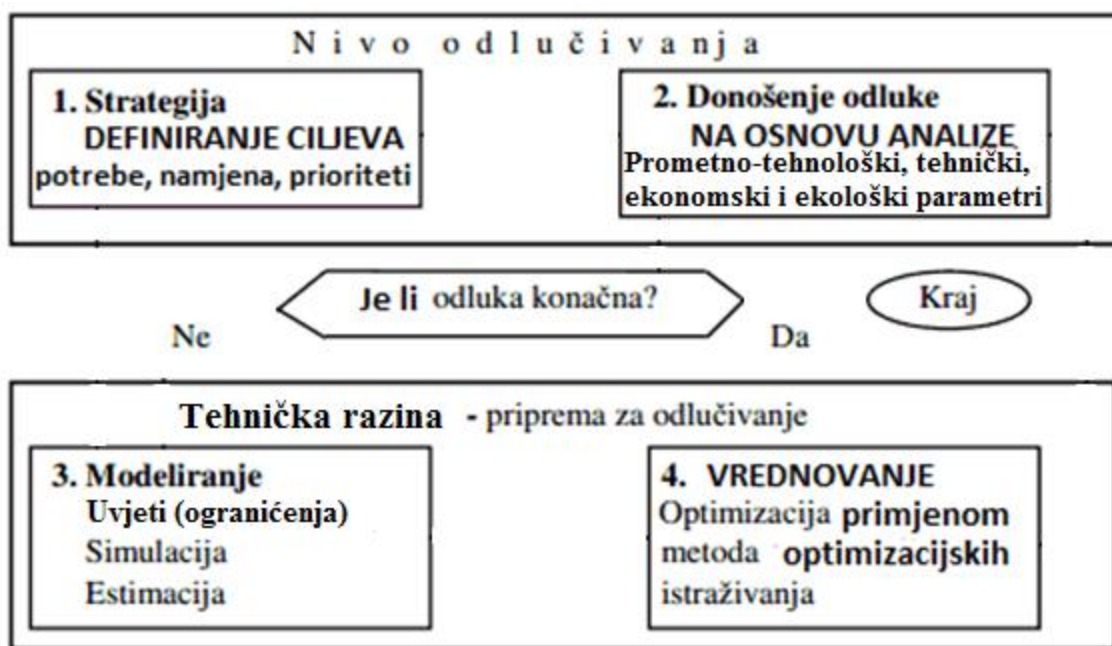
▪ **Metodološki pristup procesu odlučivanja planiranja**

Zadaci planiranja i upravljanja složenim prometnim sustavom prema metodološkom pristupu odvijaju se na dvije razine kompetentnosti, i to:

- razina društvenog odlučivanja predstavničkog tijela koje donosi odluku (općina, grad, županija i država),
- tehnička razina pripreme određene vrste i razine dokumentacije za društveno odlučivanje.

Razgraničavanje kompetencija je jako važno, a posebno u slučaju velikih investicija i složenih ciljnih struktura stanovništva, odnosno društvenih potreba. Donositelj odluke je u pravilu tijelo ili institucija u čiju nadležnost spada donošenje odluke, koja se od predloženih varijanti usvaja za realizaciju iz skupa opcija dobivenih optimizacijskim postupkom. Može se mijenjati samo organizacijsko pravni okvir donošenja odluka, ali donosilac odluke uvijek ostaje sa svojim izvršnim kompetencijama, a planer sa svojim obvezama ocjene varijanti i argumentacijom za donošenje odluke (slika 25.).

Planer mora donosiocu odluke jasno ukazati na bitne posljedice donošenja društvenih odluka, koje mogu imati za posljedicu stvaranja ekonomskih, socijalnih i političkih problema s kojima će se društvo morati nositi kada se problemi nagomilaju, kao što je slučaj u Republici Hrvatskoj zbog prekomjernog investiranja u infrastrukturu koja nije donijela gospodarski rast nego pad i recesiju u proteklih šest godina.

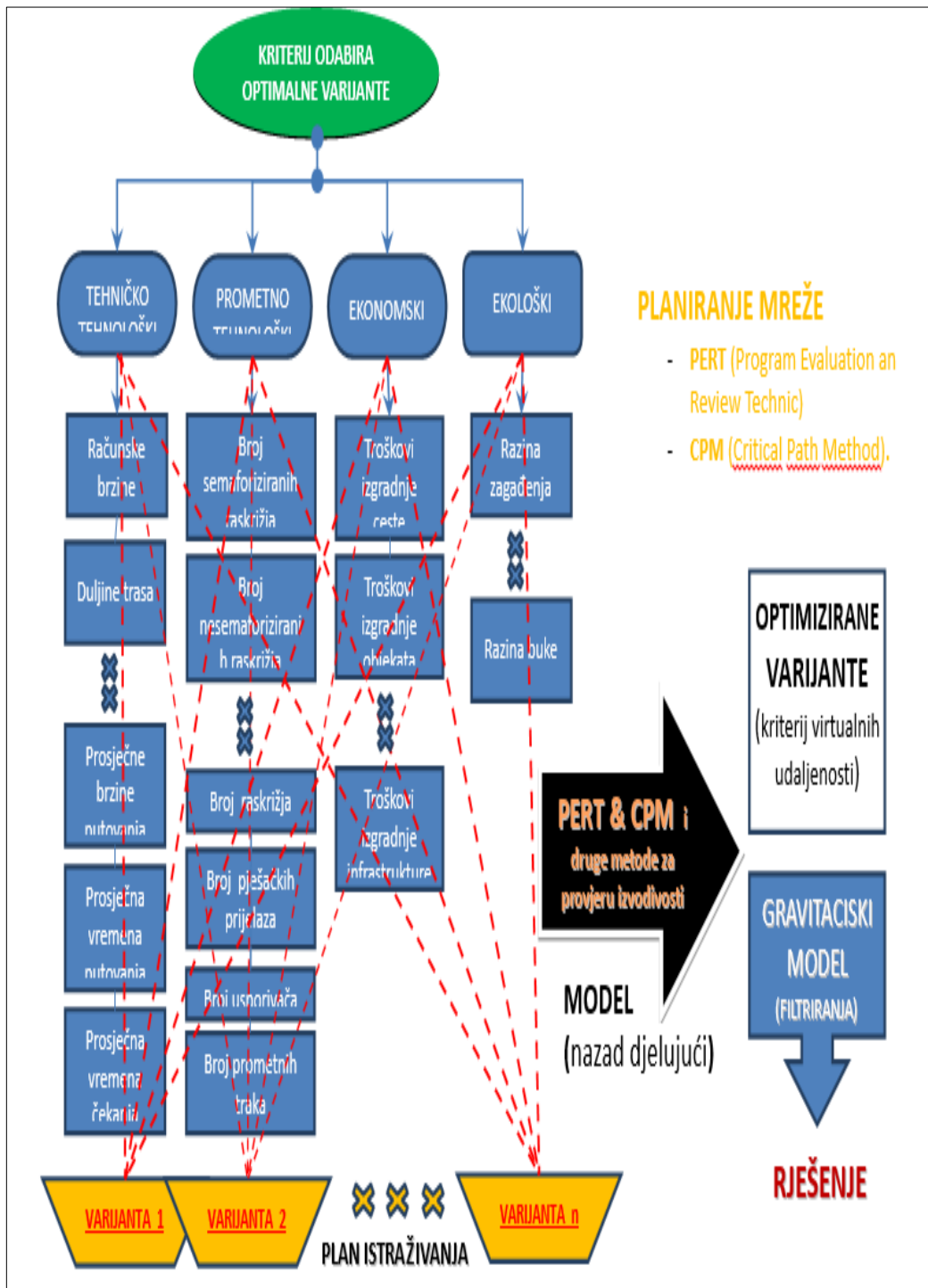


Slika 25. Tehnička razina u sustavu odlučivanja prometnim sustavom

Izvor: Zeleny, M.: "Multiple Criteria Decision Making", McGraw – Hill, New York, 1992.

Na slici 25. prikazana je isključivo tehnička razina donošenja odluka u slučaju odlučivanja o prometnom sustavu na slikovit način, upravo iz razloga odgovornosti planera i izrađivača prostorno-prometne dokumentacije, bilo da se radi o lokalnoj ili državnoj razini odlučivanja.

Kako se ovo istraživanje provodi u domeni prostorno-prometnog odlučivanja, na slici su prikazane međusobno povezane strategije, modeliranja, analize za izradu studija društveno-ekonomske opravdanosti koje se izrađuju i dorađuju do konačne odluke, koju provodi druga razina odlučivanja, a to je društvena razina.



PLANIRANJE MREŽE

- PERT (Program Evaluation and Review Technic)
- CPM (Critical Path Method).

3.5.3 Testiranje modela prometne optimizacije

Testiranje modela prometne optimizacije izvršeno je na širem području grada Splita. To je najgušće naseljen prostor Splitsko-dalmatinske županije. Uski prostor uz more koji se proteže od Marine preko Trogira, Kaštela, Solina, Splita, Stobreča, Podstrane i Dugog

Rata do Omiša i Makarske s najvećim brojem stanovnika. Zagorski dio Splitsko-dalmatinske županije daleko je manje naseljen. Ova dva područja su odvojena planinama Kozjak, Mosor i Biokovo, a spojena su s nekoliko prirodnih prometnih spojeva od kojih su najizrazitiji: Kliška vrata između.4. Testiranje modela optimizacije na širem području Splita Kozjaka i Mosora, te Vrulja između Mosora i Biokova.

Auto cestovna mreža i mreža cesta koja povezuje šire područje gradova treba biti u funkciji općeg gospodarskog razvitka i decentralizacije gradova u širi okolni prostor. Tako je potrebno usporediti odvijanje prometa od Trogira do Omiša (Trogir, Kaštela, Solin, Split, Žrnovnica, Podstrana, Omiš), postojećim i predloženim cestovnim vezama i prometnim mrežama sličnih gradova u Hrvatskoj i svijetu.

Predmet istraživanja je povezivanje grada Splita, Solina, Kaštela i Omiša s autocestom A1, s posebnim naglaskom na skraćanje putovanja od izgrađene autoceste do navedenih odredišta, vodeći računa o izvorišno ciljnim prometnim tokovima.

Značajno je usporediti skraćanje putovanja autocestom od Šibenika, Zadra i Zagreba preko budućeg čvora Radošić na autocesti A1 i kružnog toka u Solinu koji se nalazi na križanju dviju državnih cesta i predstavlja najvažniju prometnu točku šireg područja Splita u priobalju (slika 27. i 28.).

Usporedno s tom dionicom od čvora Radošić (Č. R.) kroz budući tunel Kozjak u dužini približno 2,5 km do križanja s brzom cestom u Kaštel Starom (Č. K S.) i dalje do kružnog toka u Solinu (Č. S.) postiže se skraćanje od 15 km u odnosu na postojeću cestovnu vezu preko čvora Dugopolje(Č. D.) do Solina (Č.S.).

Osim skraćanja putovanja važno je napomenuti i odnos visinske razlike čvor Radošić (227 m.n.m.), čvor Vučevica (350 m.n.m.), čvor Dugopolje (343 m.n.m.), dok je spojna cesta Solin - Klis (Č. S.-Č. KL.) s kontinuiranim usponom do 8%.

Drugim varijantnim rješenjem čvor Radošić (227 m.n.m.) kroz budući tunel Kozjak i spojnom cestom do Kaštel Starog (maksimalni uspon 6%, predviđenom računskom brzinom 100 km/h) povezuje se dionica predviđenom računskom brzinom 90 km/h od čvora Kaštel Stari (40 m.n.m.) do kružnog toka u Solinu (23 m.n.m.) 15 km kraćom dionicom što predstavlja razliku u troškovima putovanja i utroška energije za 5-10 tisuća vozila dnevno.

Na osnovi dostupnih parametara uspoređujući navedene varijante, analitičkom obradom dobije se podatak da je zbog 15 km kraće dionice varijante Radošić (Č. R.)-Kaštel Stari (Č. KS.)-Solin (Č. S.) na bazi troškova oko 10 kn/km, 5.000 vozila/dan, godišnja ušteda iznosi 273.750.000,00 kn, u odnosu na postojeću dionicu Radošić(Č. R.)-Dugopolje (Č. D.) – Solin (Č. S.), bez obrade troškova visinske razlike navedenih trasa i drugih nepovoljnih elemenata (sigurnost prometa, nepovoljan utjecaj na okoliš i sl.).

Ako se usporede navedene dionice od čvora Radošić (Č. R.) do čvora Dugopolje(Č. D.) na autocesti A1(slika 27. i 28.) te nastavno brzom cestom do čvora Solin (Č. S.) ukupne dužine 37 km, računске brzine 130, 100 i 90 km/h, a vrijeme putovanja 19 minuta i 38

sekundi, s planiranom dionicom od čvora Radošić (Č. R.) do postojećeg čvora Kaštel Stari (K. S.) te brzom cestom do čvora Solin (Č. S.) ukupne dužine 22,0 km, računске brzine 100, 90 km/h, i planiranog vremena putovanja 14 minuta i 16 sekundi, dobiva se podatak da je dionica Radošić – Kaštel Stari – Solin kraća za 15 km, a vrijeme putovanja je smanjeno za 5 minuta i 22 sekunde.

Značajno je usporediti dionicu od čvora Klis (Č. KL.) do autoceste A1 (slika 27. i 28.), dužine 5,0 km, gdje je računska brzina 100 km/h, te nastavno autocestom A1 do budućeg čvora Konjsko (Č. K.) dužine 5,0 km, računске brzine 130 km/h, gdje je vrijeme putovanja na ovoj dionici 5 minuta i 19 sekundi, s planiranom dionicom od čvora Klis (Č. K.) do planiranog čvora Konjsko (Č. K.) u dužini 5 km, gdje je predviđena računska brzina 80 km/h, a planirano vrijeme putovanja 3 minute i 45 sekundi.

Uspoređujući navedene dionice ušteda je u skraćanju dužine putovanja za 5 km te vremena putovanja za 1 minutu i 34 sekunde u korist planirane dionice čvor Klis (Č. KL.) do čvora Konjsko (Č. K.) na autocesti A1.

Kao treći primjer u skraćanju putovanja na širem području Splita navodi se dionica od čvora Solin (Č. S.) nastavno do čvora Klis (Č. K.) te dalje do čvora Dugopolje (Č. D.) te autocestom A1 do čvora Bisko (Č. B.) zaključno s čvorom Blato na Cetini (Č. B/C.) (slika 22. i 23.) ukupne dužine 44 km, računске brzine 90, 100 i 130 km/h, ukupnog vremena putovanja od 22 minute i 51 sekundu. Ovu dionicu uspoređuje se s dionicom od čvora Solin (Č. S.) do čvora Blato na Cetini ukupne dužine 32 km, predviđene računске brzine 100 km/h, te ukupno vremena putovanja od 19 minuta i 12 sekundi. Planiranom dionicom od čvora Solin do Blata na Cetini skraćanje putovanja je za 12,0 km, a u vremenu putovanja za 3 minute i 39 sekundi.

Zaključuje se da za tri planirana zahvata promatrana u prometnom modelu (čvor Radošić – čvor Kaštel Stari, čvor Klis – čvor Konjsko te čvor Solin - čvor Blato na Cetini) u širem području Splita ušteda je u skraćanju putovanja za 32 km, a u vremenima putovanja za 10 minuta i 34 sekunde.

Rezultat takvih odnosa u prostoru vidljiv je na slici 30. gdje su prikazane vremenske, odnosno virtualne udaljenosti navedenog prometnog istraživanja šireg područja Splita, koje oslikavaju opravdanost predloženih prometnih zahvata u prostoru.

Uspoređujući dužine i vremena putovanja na svakoj od navedenih dionica zaključuje se da su vremena i dužine putovanja na usporednim dionicama na osnovi predviđenih računskih brzina i udaljenosti od početnog do završnog čvora, uvijek u korist planiranih dionica.

Kao posebno vrijedan podatak analitičke obrade prometa šireg područja Splita je koeficijent poboljšanja u postocima gustoće prometa [voz./km.] prikazano u tablici 35. i slici 27. Obradujući tri planirana zahvata (slika 27., Opcija 1,2 i 3) čvor Solin – čvor Radošić, čvor Solin – čvor Konjsko te čvor Solin – čvor Blato na Cetini na bazi (tablica 35.) predviđenog broja vozila koji će koristiti planirana prometa poboljšanja uspoređuje se s postojećim dionicama, te na bazi udaljenosti i računске brzine, dobiju se usporedni elementi gustoće prometnog toka, odnosno koeficijent usporedbe.

Analitičkom obradom pri planiranju prometa predloženim dionicama uzima se u obzir broj vozila na predloženoj dionici u odnosu na računsku brzinu vožnje na predloženoj dionici, te vrijeme putovanja provedeno na toj istoj dionici analitički iskazano u formuli (1).

I predložena dionica

$$G_{\square} = \frac{\text{broj vozila na dionici}}{\text{brzina na dionici} * \text{vrijeme provedeno na dionici}} \left(\frac{\text{vozila}}{\text{km}} \right) \quad (1)$$

$$G_I = \sum_{\square} G_{\square} \left(\frac{\text{vozila}}{\text{km}} \right)$$

Analitičkom obradom pri planiranju prometa uspoređuje se postojeća dionica tako da se uspoređi broj vozila na postojećoj dionici u odnosu na računsku brzinu vožnje na postojećoj dionici, te vrijeme putovanja provedeno na toj istoj dionici analitički iskazano u formuli 2.

II postojeća dionica

$$G_{\square} = \frac{\text{broj vozila na dionici}}{\text{brzina na dionici} * \text{vrijeme provedeno na dionici}} \quad \left(\frac{\text{vozila}}{\text{km}}\right)$$
$$G_{II} = \sum_{\square} G_{\square} \quad \left(\frac{\text{vozila}}{\text{km}}\right) \quad (2)$$

Omjerom usporedbe planirane dionice (1) i postojeće dionice (2) dobije se koeficijent usporedbe, iskazan u formuli (3):

Koeficijent

$$K_u = \frac{(G_I - G_{II}) * 100 \%}{G_{II}} \quad (\%) \quad (3)$$

TUMAČ SIMBOLA

koeficijent usporedbe omjera kompariranih dionica [%]

broj vozila na predloženoj dionici u odnosu na računsku brzinu i vrijeme putovanja
[vozila/km]

broj vozila na postojećoj dionici u odnosu na računsku brzinu i vrijeme putovanja
[vozila/km]

Analitičkom obradom dobije se iskaz koeficijenata usporedbe predloženih i planiranih dionica za istu količinu prometa obrađenu u tablici 35. i na slici 27. Tako za dionicu (slika 27., Opcija 1) čvor Solin – čvor Radošić, uspoređujući predloženu dionicu čvor Solin – čvor Kaštel Stari – čvor Radošić, s postojećom dionicom čvor Solin – čvor Dugopolje – čvor Radošićna bazi 4000 vozila, s usporednim udaljenostima i računskim brzinama putovanja, dobije se usporedni podatak gustoće prometa [voz/km] za svaku od navedenih dionica, te njihovom usporedbom dobije se koeficijent usporedbe koji iznosi 13,416 % u korist predložene „žute dionice“ čvor Solin – čvor Kaštel Stari – čvor Radošić.

Sljedeću predloženu dionicu (slika 27., Opcija 2) čvor Solin – čvor Konjsko uspoređuje se s postojećom dionicom čvor Solin – čvor Dugopolje – čvor Konjsko na bazi 2000 vozila, s usporednim udaljenostima i računskim brzinama, te dobiju se usporedni podaci gustoće prometa [voz/km] za svaku od navedenih dionica, te njihovom usporedbom dobije se koeficijent usporedbe koji iznosi 6,916% u korist predložene „žute dionice“ čvor Solin – čvor Konjsko.

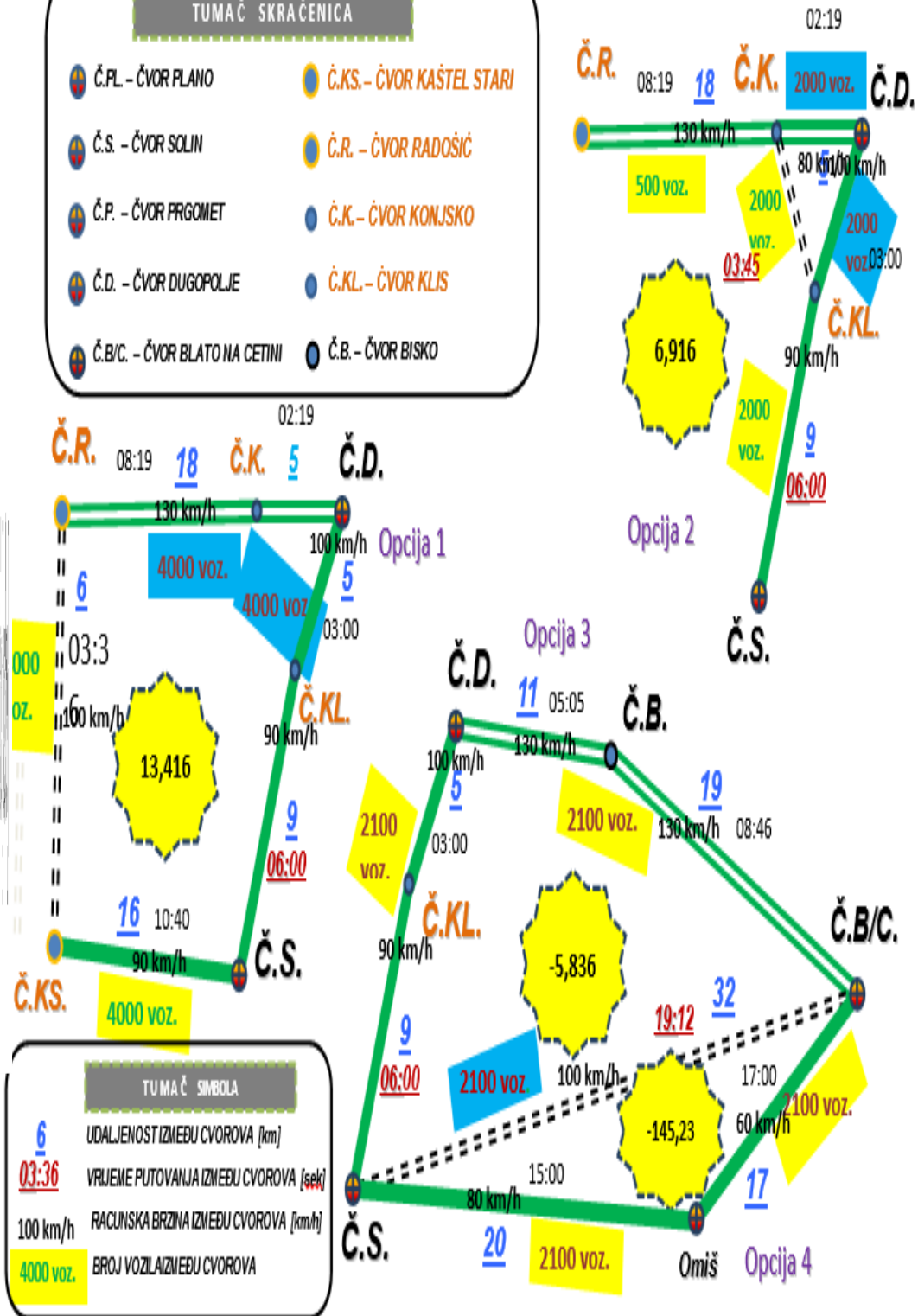
U predloženoj dionici (slika 27., Opcija 3) zamijenjena je postojeća dionica čvor Solin – čvor – Dugopolje – čvor Blato na Cetini s predloženom dionicom čvor Solin – čvor Blato na Cetini, na bazi 2100 vozila, s usporednim udaljenostima i računskim brzinama, dobije se usporedni podatak gustoće prometa [voz/km] za svaku od navedenih dionica, te njihovom usporedbom dobije se koeficijent usporedbe koji iznosi – 5,836% što znači da je i u ovom slučaju predložena „plava dionica“ čvor Solin - čvor Blato na Cetini povoljnija.

Usporedno predloženoj dionici (slika 27. Opcija 4) čvor Solin - čvor Blato na Cetini uspoređuje se sa postojećim dionicama državnih cesta (D8, D70) čvor Solin – Omiš - čvor Blato na Cetini, na bazi 2100 vozila, s usporednim udaljenostima i računskim brzinama, te se dobiju usporedni podaci gustoće prometa [voz./km] za svaku od navedenih dionica, i njihovom usporedbom dobije se koeficijent usporedbe koji iznosi - 145,23% što znači da je i u ovom slučaju predložena dionica čvor Solin - čvor Blato na Cetini izrazito povoljnija od postojećih dionica državnih cesta.

Planirani broj vozila uzet je analizom postojećeg prometa na autocesti, te prometa na postojećim državnim i lokalnim cestama u zoni planiranih čvorova, kao i promet koji bi nastao razvojem gospodarske djelatnosti oko budućih čvorova na autocesti (čvorovi Radošić i Konjsko) koji je u modelu jednak za postojeću i planiranu dionicu.

TUMAČ SKRAĆENICA

- Č.PL. – ČVOR PLANO
- Č.S. – ČVOR SOLIN
- Č.P. – ČVOR PRGOMET
- Č.D. – ČVOR DUGOPOLJE
- Č.B/C. – ČVOR BLATO NA CETINI
- Č.KS. – ČVOR KAŠTEL STARI
- Č.R. – ČVOR RADOŠIĆ
- Č.K. – ČVOR KONJSKO
- Č.KL. – ČVOR KLIS
- Č.B. – ČVOR BISO



TUMAČ SIMBOLA

- 6 UDALJENOST IZMEĐU CVOROVA [km]
- 03:36 VRIJEME PUTOVANJA IZMEĐU CVOROVA [sek]
- 100 km/h RACUNSKA BRZINA IZMEĐU CVOROVA [km/h]
- 4000 voz. BROJ VOZILA IZMEĐU CVOROVA

Primjenom modela i analizom rezultata istraživanja (slika 27., Opcija 1,2,3 i 4, tablica 35.) temeljem istog broja vozila na dionicama, koji se uspoređuju u odnosu na računsku brzinu na pojedinoj dionici kao i vremenu putovanja na pojedinoj dionici dobije se koeficijent usporedbe za svaku od Opcija, te se uočava da je koeficijent usporedbe povoljniji za svaku od predloženih dionica u odnosu na postojeću dionicu spojne ceste na autocestu A1.

Rezultati istraživanja upućuju na analizu postojeće cestovne mreže brzih cesta kao i važnijih državnih cesta u širem području Splita, u povezivanju s autocestom A1, čijom bi dogradnjom autocesta pripomogla u razrješenju i preuzimanju dijela prometa u širem području Splita, što potvrđuje postavljenu hipotezu da autocesta A1 u širem području Splita opslužuje najvećim djelom samo tranzitni promet.

Koeficijenti usporedbe postojećih u odnosu na predložene dionice u povezivanju sa autocestom primjenom analitičkog modela kreće u rasponu od 5,84% do 145,23%, što potvrđuje opravdanost znanstvenog istraživanja, a eventualna primjena rezultata istraživanja može pripomoći u razrješenju prometnih problema u širem području Splita.

Ovakvim analitičkim pristupom moguće je usporediti pojedine dionice, te koeficijentom usporedbe odrediti koja je dionica prihvatljivija i opravdana u određenom promatranom prometnom modelu, kao i za analizu pojedinih prometno - prostornih elemenata, što može naći primjenu u planiranju prometa važnijih državnih cesta, brzih cesta i autocesta.

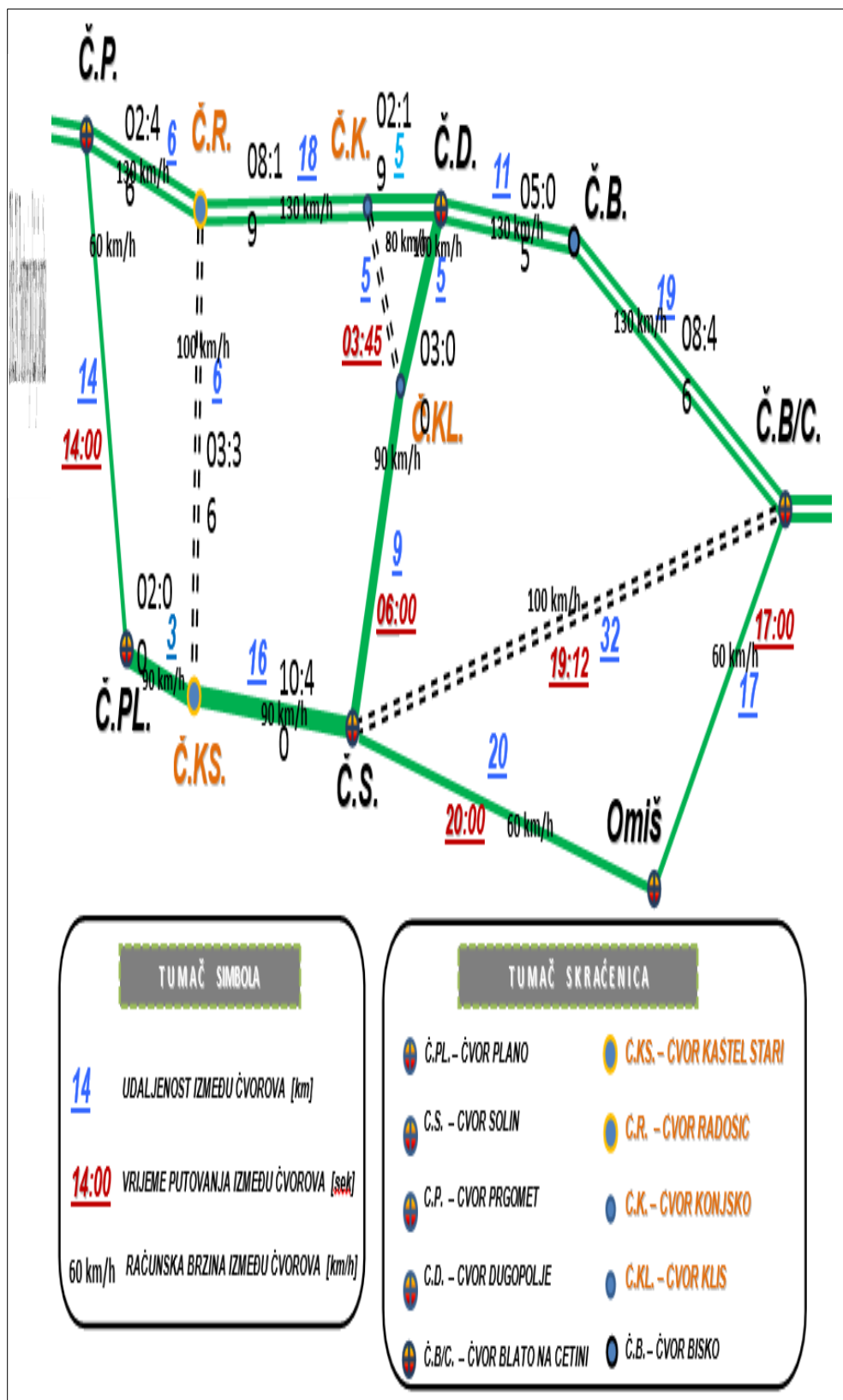
Pored ovih prednosti znatno bi se skratila putovanja iz područja Radošić prema Kaštelima i Trogiru, kao i dionicom državne ceste Drniš – Klis od čvora Konjsko do Klisa.

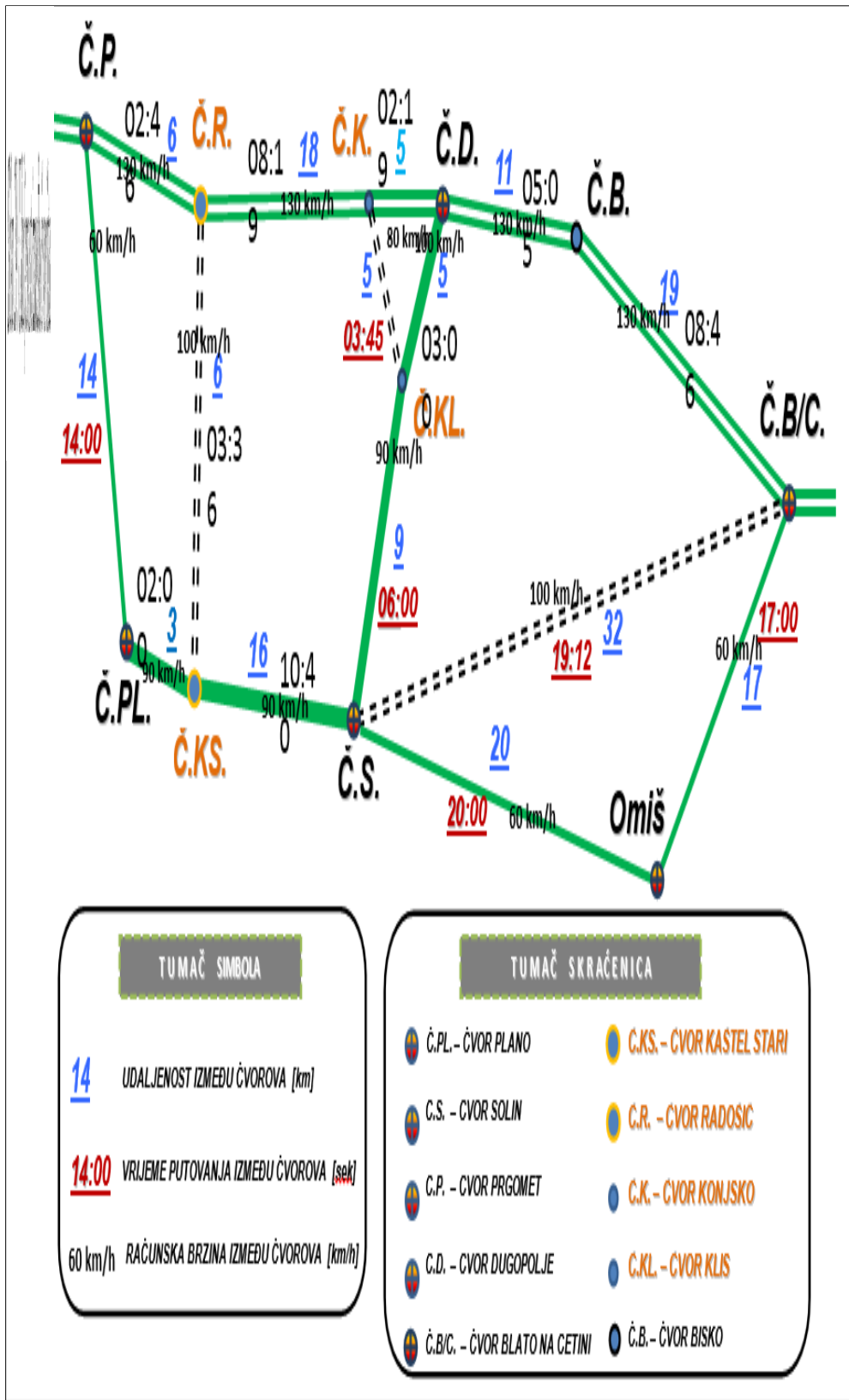
To bi omogućilo razvoj poslovnih i stambenih zona u širem području Radošića, Konjskog i Prugova, iz čega proizlazi društvena korist.

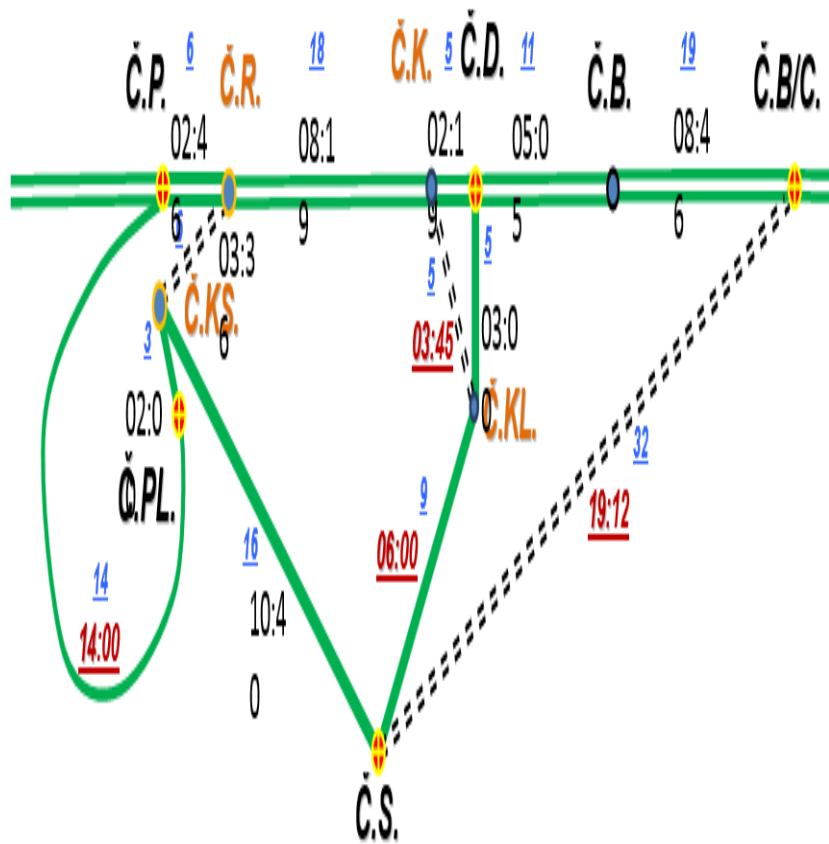
Tablica 35. Gustoća prometa prema usporednim dionicama

Opcija 1 (Č.R. - Č.S.)		Idu u Č.S.				Koefficient usporidbe		
Δ - min.	Δ - sek.	SATI	Δ-BRZINA	UDALIENOST	Δ-Br.VOZILA		Δ-GUSTOĆA	GUSTOĆA
3	36	0,06	100	6	4000	2,4		13,416
10	40	0,17777778	90	16	4000	7,901234568	10,301235	
10	38	0,17722222	130	23	4000	5,452991453		
3	0	0,05	100	5	4000	2		
6	0	0,1	90	9	4000	4,444444444	11,897436	
Opcija 2 (Č.R. - Č.S.)								6,916
8	19	0,13861111	130	18	500	0,533119658		
3	45	0,0625	80	5	2000	1,5625		
6	0	0,1	90	9	2000	2,222222222	4,3178419	
8	19	0,13861111	130	18	500	0,533119658		
2	19	0,03861111	100	5	2000	0,772222222		
3	0	0,05	90	5	2000	1,111111111		
6	0	0,1	90	9	2000	2,222222222	4,6386752	
Opcija 3 (Č.B/C.- Č.D.- Č.S.)								-5,836
13	51	0,23083333	130	30	2100	3,728846154		
3	0	0,05	100	5	2100	1,05		
6	0	0,1	90	9	2100	2,333333333	7,1121795	
19	12	0,32	100	32	2100	6,72	6,72	
Opcija 4 (Č.B/C.-Omiš Č.S.)								-145,23
15	0	0,25	80	20	2100	6,5625		
17	0	0,28333333	60	17	2100	9,916666667	16,479167	
19	12	0,32	100	32	2100	6,72	6,72	

Slika 10. Prostorni položaj čvorišta







TUMAČ SIMBOLA

14 UDALJENOST IZMEĐU ČVOROVA [km]

14:00 VRIJEME PUTOVANJA IZMEĐU ČVOROVA [sek]

60 km/h RAČUNSKA BRZINA IZMEĐU ČVOROVA [km/h]

TUMAČ SKRAĆENICA

- Č.PL. - ČVOR PLANO
- Č.S. - ČVOR SOLIN
- Č.P. - ČVOR PRGOMET
- Č.D. - ČVOR DUGOPOLJE
- Č.B/C. - ČVOR BLATO NA CETINI
- Č.KS. - ČVOR KASTEL STARI
- Č.R. - ČVOR RADOŠIĆ
- Č.K. - ČVOR KONJSKO
- Č.KL. - ČVOR KLIS
- Č.B. - ČVOR BISKO

4 GRAVITACIJSKI MODEL PROMETNOG PLANIRANJA

Prometni model optimalnog položaja autocesta u odnosu na središta velikih gradova, testirat će se na nešto širem području Splita gravitacijskim modelom prometnog planiranja, na osnovi broja vozila od postaje do postaje na autocesti A1, kojom će se revalorizirati uloga autoceste A1u povezivanju priobalnih gradova šireg područja Splita.

Gravitacijskim modelom prometnog planiranja obuhvaćen je prostor od čvora Zadar 2 do čvora Zagvozd na autocesti A1, te državna cesta D8 od Zadra do Makarske, kao i međusobne poprečne veze između autoceste A1 i državne ceste D8, promatrano iz središnje točke Grada Splita kao cilja ili odredišta putovanja (Slika 31.)

Međusobne poprečne veze prometnog modela između autoceste A1i državne ceste D8, čine državna cesta D424, kao spojnica čvora Zadar 2 i grada Zadra, državna cesta D503 kao spojnica čvora Benkovac i Biograda na moru, državna cesta D33 kao spojnica čvora Šibenik i grada Šibenika, državna cesta D58 i županijska cesta Ž 6112 kao spojnica čvora Prgomet i grada Trogira, državna cesta D1 kao spojnica čvora Dugopolje i grada Splita, državna cesta D70 kao spojnica čvora Blato na Cetini s gradom Omišem te državna cesta D532 i državna cesta D8 kao spojnice čvora Zagvozd i grada Makarske (slika 31.).

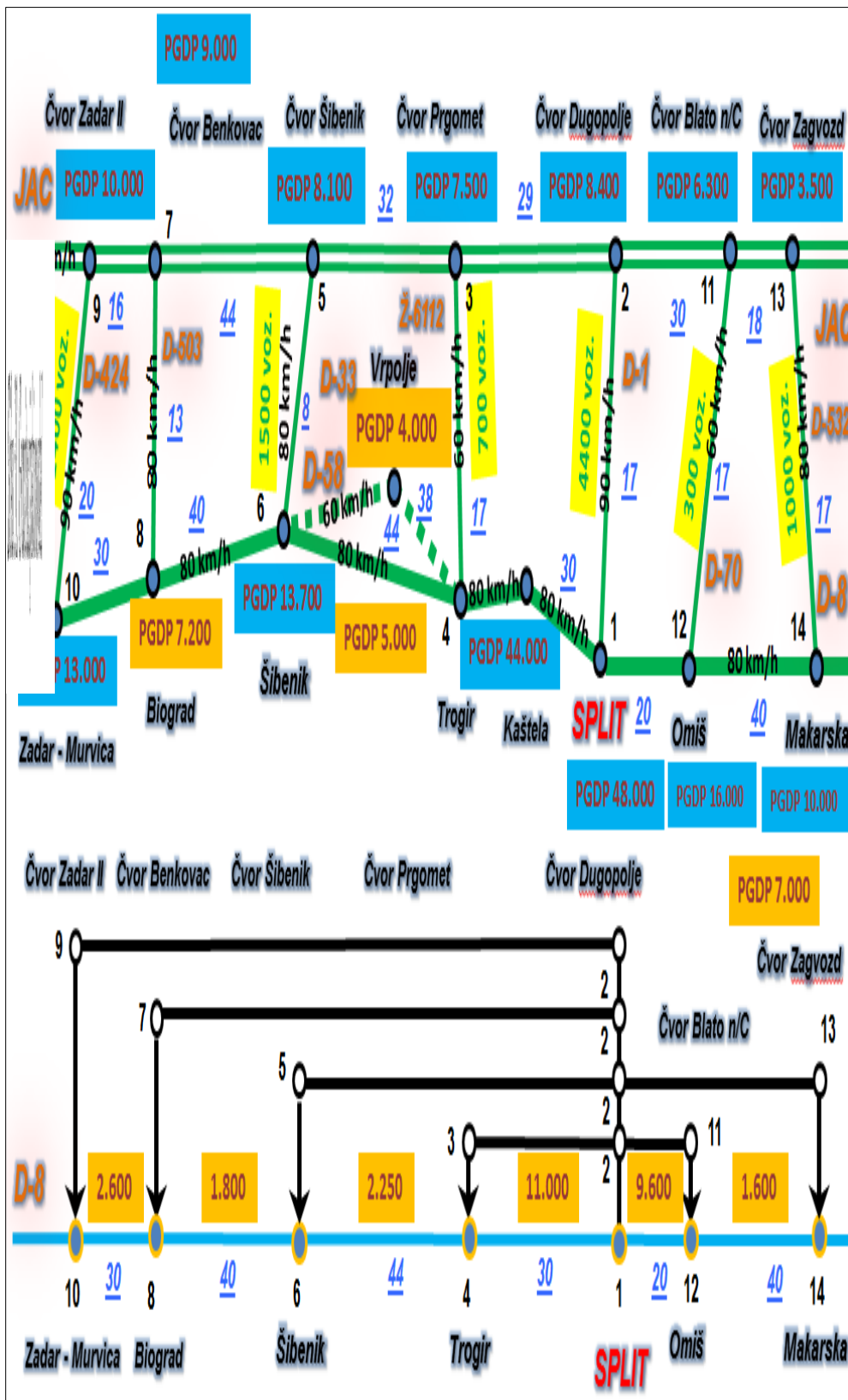
Osim broja vozila od postaje do postaje i PGDP u čvorovima autoceste, navedeni model sadržava međusobnu udaljenost između središta priobalnih gradova i najbližeg čvora na autocesti A1 s prometnim opterećenjem, kao i međusobnu udaljenost između središta priobalnih gradova, prometno opterećenje u širem području priobalnih gradova, te prometno opterećenje između priobalnih gradova na državnoj cesti D8, u odnosu na grad Split (slika 32., točka 1) kao ishodište putovanja te međusobno povezivanje priobalnih gradova Trogir, Šibenik, Biograd, Zadar, Omiš i Makarska (slika 32., točke 4, 6, 8, 10, 12 i 14).

Analizom putovanja u odnosu na svaku točku (slika 31. i 32, tablica 36., 37. i 38.) utvrđuje se uloga autoceste A1 u prometnom povezivanju svakog priobalnog grada u nešto širem području Splita, kao i za sam grad Split, primjenom gravitacijskog modela na bazi broja vozila koja koriste autocestu A1 (tablica 36.), računskoj brzini na svakoj dionici (slika 31.), te vrijeme provedeno na dionici (tablica 37. i 38.), uspoređujući putovanja od središta do središta grada, koristeći državnu cestu D8 na bazi broja vozila koji čini 20-30% (slika 15.) od ukupnog prosječnog godišnjeg dnevnog prometa (PGDP) do središta do središta grada (slika 31. i 32.), te računске brzine na dionici D8 (slika 31.) i vremenu putovanja od središta do središta grada (tablica 37. i 38.) dobije se koeficijent usporedbe privlačnosti putovanja postojećom državnom cestom D-8 u odnosu na autocestu A1 (tablica 37. i 38.).

Analiziranjem podataka koeficijenta privlačnosti putovanja (tablice 37. i 38.) od središta do središta grada, dobije se podatak da je privlačnost putovanja državnom cestom D8 od središta grada do središta grada puno privlačnija nego poprečnim vezama i autocestom A1 u rasponu od 63,68% do 98,75% uspoređeno u oba smjera od Zadra do Makarske.

Testiranjem modela uključivanja autocesta u prometne mreže većih gradova i rezultati dobiveni gravitacijskim modelom prometnog planiranja, upućuju na zaključak zašto je prometno opterećenje državne cesta D8 posebno na potezu od Trogira do Omiša višestruko opterećenije od autoceste A1 od čvora Prgomet do čvora Blato na Cetini, što upućuje na zaključak da autocesta A1 u širem području Splita opslužuje najviše tranzitni promet, a u vrlo maloj mjeri pripomaže prometnim potrebama šireg području Splita u međusobnom povezivanju priobalnih gradova koje povezuje državna cesta D8, na čemu se temeljila znanstvena hipoteza.

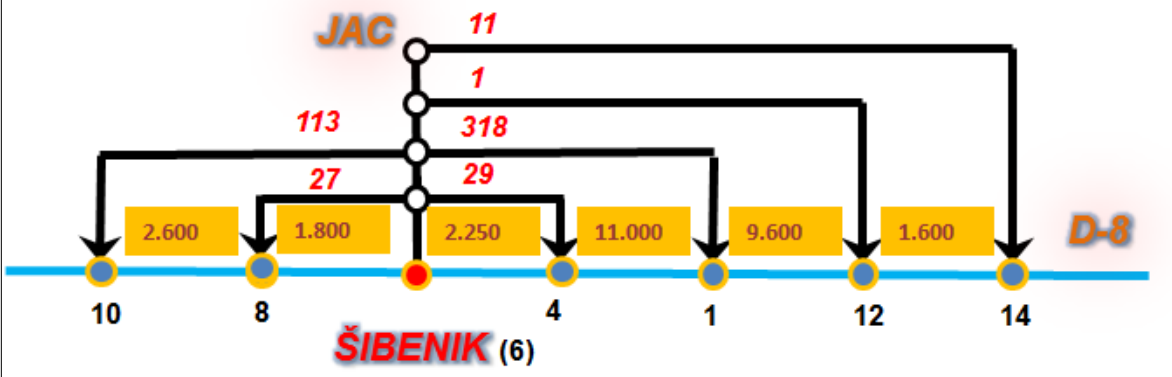
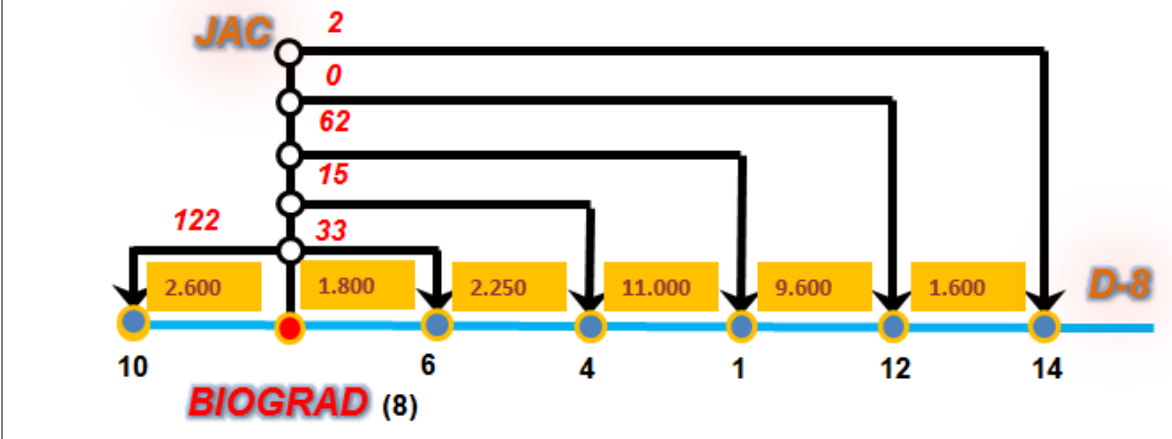
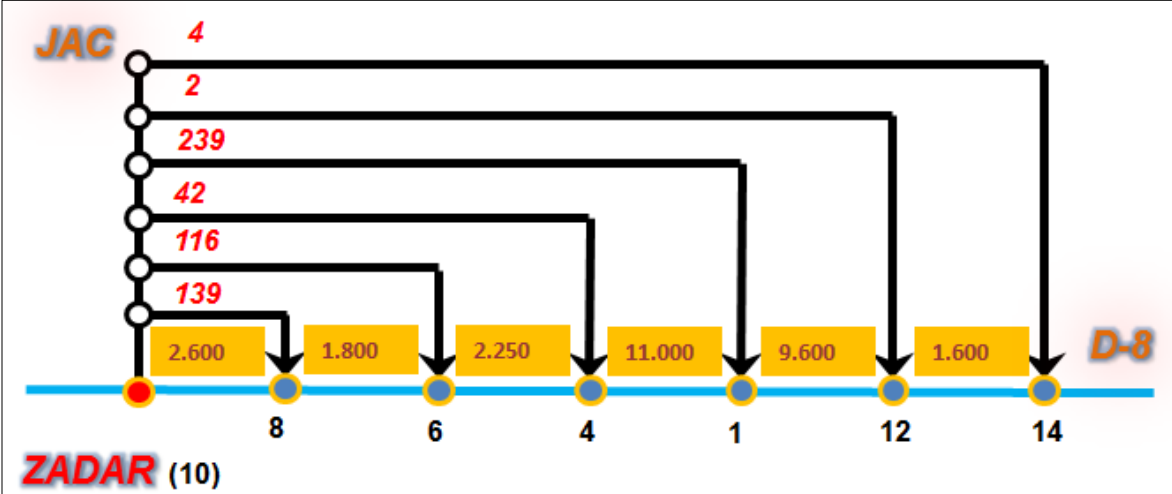
Primjenom navedenog modela može se doći do analitičkih podataka, kojima se ocjenjuje privlačnost putovanja na pojedinim dionicama važnijih državnih cesta, brzih cesta i autocesta čime se vrši dodatna provjera modela uključivanja autocesta u prometne mreže velikih gradova pri planiranju prometa.

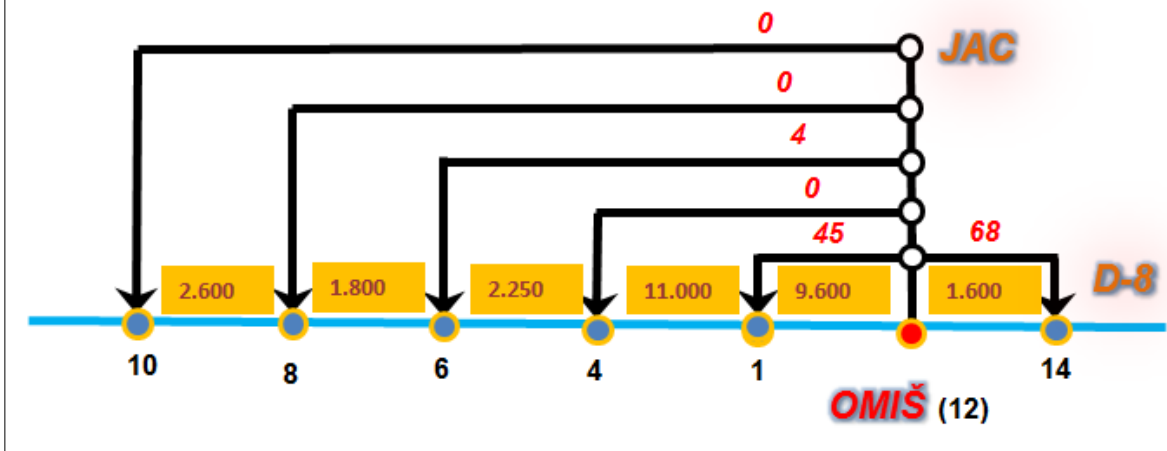
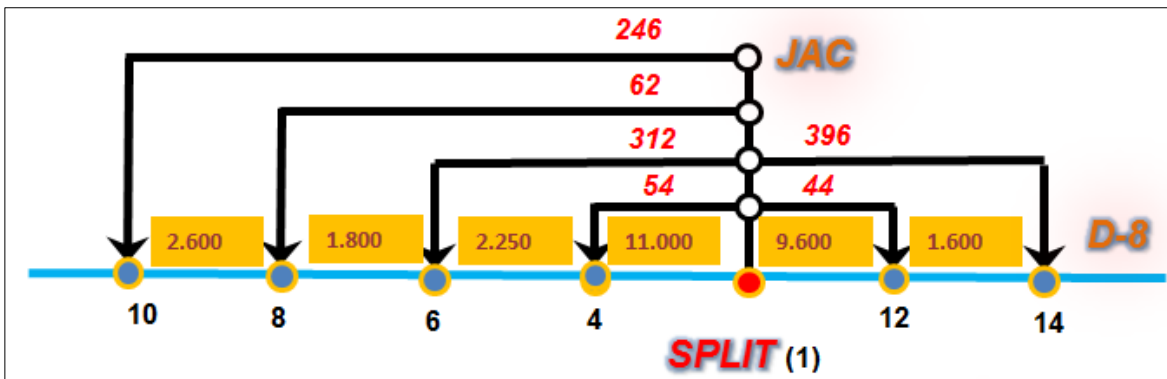
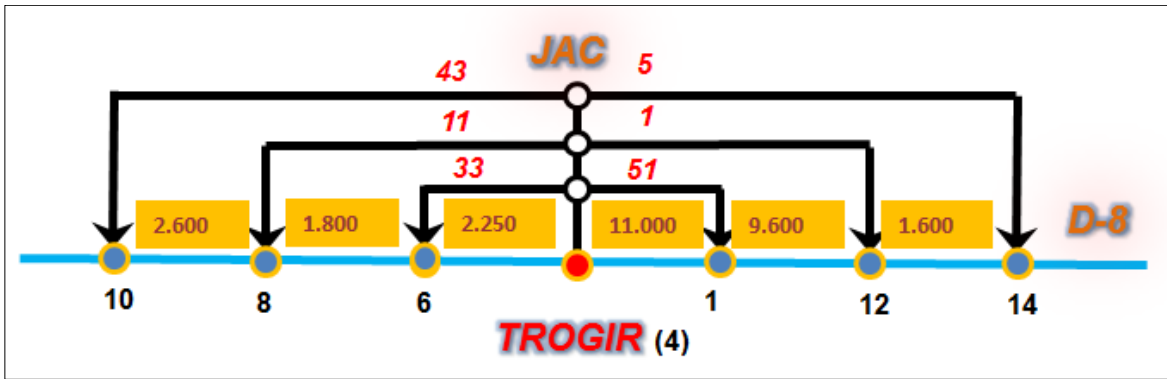


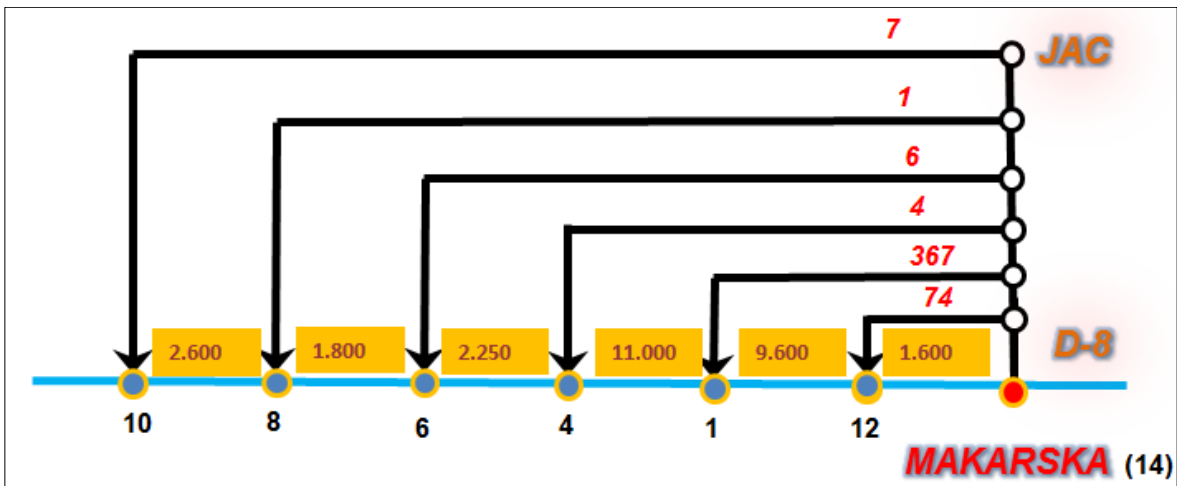
Tablica 25. Brojanje vozila od postaje do postaje na autocesti A1 od čvora Zadar II do čvora Zagvozd

Čvorovi na JAC-u		ZADAR	BENKOVAC	ŠIBENIK	PRGOMET	DUGOPOLJE	BLATO	ZAGVOZD
		II					NA CETINI	
ZADAR	-->	-	139	116	42	239	2	4
II	<--	7	1	6	4	367	74	-
BENKOVAC	-->		-	33	15	62	0	2
	<--	122	-					
ŠIBENIK	-->			-	29	318	1	11
	<--	113	27	-				
PRGOMET	-->				-	51	1	5
	<--	43	11	33	-			
DUGOPOLJE	-->					-	44	396
	<--	246	62	312	54	-		
BLATO NA CETINI	-->						-	68
	<--	0	0	4	0	45	-	

Izvor: Hrvatske autoceste Zagreb, brojanje prometa za dan 21.03.2012. godine







Slika 11. Grafički prikaz putovanja od točke 1 do točke 14

Tablica 37. Gravitacijski model putovanja od točke 1 do točke 14

Dionica	SATI	Δ-BRZINA	UDALJENOST	Δ-Br.VOZILA	Δ-GUSTOĆA	GUSTOĆA	Koeficijent uspoředbe
od 10 do 8	0,222222	90	20	139	0,34320988		93,78748
	0,123077	130	16	139	0,13159763		
	0,1625	80	13	139	0,28234375	0,757151	
od 10 do 8	0,375	80	30	2600	12,1875	12,1875	
od 8 do 6	0,1625	80	13	33	0,06703125		98,27379
	0,338462	130	44	33	0,08591716		
	0,1	80	8	33	0,04125	0,194198	
od 8 do 6	0,5	80	40	1800	11,25	11,25	
od 6 do 4	0,1	80	8	29	0,03625		68,083
	0,246154	130	32	29	0,05491124		
	3,529412	17	60	29	6,02076125	6,111922	
od 6 do 4	0,55	80	44	1250	8,59375		68,083
	0,633333	60	38	1000	10,5555556	19,14931	
od 4 do 1	1,166667	60	70	51	0,99166667		97,69946
	0,223077	130	29	51	0,08751479		
	0,188889	90	17	51	0,10703704	1,186218	
od 4 do 1	0,375	80	30	11000	51,5625	51,5625	
od 1 do 12	0,188889	90	17	44	0,09234568		98,74791
	0,223077	130	29	44	0,07550296		
	0,283333	60	17	44	0,20777778	0,375626	
od 1 do 12	0,25	80	20	9600	30	30	
od 12 do 14	0,283333	60	17	68	0,32111111		94,25838
	0,138462	130	18	68	0,07242604		
	0,2125	80	17	68	0,180625	0,574162	
od 12 do 14	0,5	80	40	1600	10	10	

Tablica 38. Gravitacijski model putovanja od točke 1 do točke 14 (povratni smjer)

Dionica	SATI	Δ-BRZINA	UDALIENOST	Δ-Br.VOZILA	Δ-GUSTOĆA	GUSTOĆA	Koeficijent usporedbe
od 8 do 10	0,222222	90	20	122	0,30123457		94,54728
	0,123077	130	16	122	0,11550296		
	0,1625	80	13	122	0,2478125	0,66455	
od 8 do 10	0,375	80	30	2600	12,1875	12,1875	
od 6 do 8	0,1625	80	13	27	0,05484375		98,58765
	0,338462	130	44	27	0,07029586		
	0,1	80	8	27	0,03375	0,1588896	
od 6 do 8	0,5	80	40	1800	11,25	11,25	
od 4 do 6	0,1	80	8	33	0,04125		63,680
	0,246154	130	32	33	0,06248521		
	3,529412	17	60	33	6,85121107	6,9549463	
od 4 do 6	0,55	80	44	1250	8,59375		
	0,633333	60	38	1000	10,5555556	19,149306	
od 1 do 4	1,166667	60	70	54	1,05		97,56413
	0,223077	130	29	54	0,09266272		
	0,188889	90	17	54	0,11333333	1,2559961	
od 1 do 4	0,375	80	30	11000	51,5625	51,5625	
od 12 do 1	0,188889	90	17	45	0,09444444		98,71946
	0,223077	130	29	45	0,07721893		
	0,283333	60	17	45	0,2125	0,3841634	
od 12 do 1	0,25	80	20	9600	30	30	
od 14 do 12	0,283333	60	17	74	0,34944444		93,75176
	0,138462	130	18	74	0,07881657		
	0,2125	80	17	74	0,1965625	0,6248235	
od 14 do 12	0,5	80	40	1600	10	10	

5 PRIJEDLOZI BOLJEG POVEZIVANJA POSTOJEĆE AUTOCESTE NA PROMETNU MREŽU ŠIREG PODRUČJA GRADA SPLITA, PRIMJENIM I TESTIRANJEM MODELA ITS-a

Prometni model optimalnog položaja autocesta u odnosu na središta velikih gradova omogućit će optimalnu dogradnju prometne mreže, kako bi se zadovoljili ishodišno-određeni prometni tokovi.

U tom pogledu prijedlozi položaja novih spojnih cesta s postojećom autocestom na širem području Splita i brze ceste od Trogira do Omiša pomoći će valorizaciji ukupne prometne mreže, čime će dati značajan doprinos optimizaciji prometnih tokova na širem području Splita (slika 27. i 31., tablice 35., 37. i 38.).

Kompariranjem ili usporedbom postojećih i predloženih prometnih mreža na širem području Splita, kao i usporedbom s prometnim mrežama sličnih gradova u Republici Hrvatskoj i svijetu, optimizirat će se prometna mreža šireg područja Splita s mogućom generalizacijom na slične gradove.

5.1 Prijedlog rješenja za društveno odlučivanje nakon provedenog istraživanja

Značajno je usporediti skraćenje putovanja autocestom od Šibenika, Zadra i Zagreba preko budućeg čvora Radošić na autocesti A1 i kružnog toka u Solinu koji se nalazi na križanju dviju državnih cesta i predstavlja najvažniju prometnu točku šireg područja Splita u priobalju (prilog 2.).

Usporedno s tom dionicom od čvora Radošić kroz budući tunel Kozjak u dužini približno 2,5 km do križanja s brzom cestom u Kaštel Starom i dalje do kružnog toka u Solinu skraćenje je 15 km u odnosu na postojeću cestovnu vezu preko čvora Dugopolje .

Osim skraćanja putovanja važno je napomenuti i odnos visinske razlike čvora Radošić (227 m.n.m.), čvora Vučevica (350 m.n.m.), čvora Dugopolje (343 m.n.m.), te spojne ceste Solin - Klis s kontinuiranim usponom do 8%.

Drugim varijantnim rješenjem čvor Radošić (227 m.n.m.) kroz budući tunel Kozjak i spojne ceste do Kaštel Starog (maksimalni uspon 6%) povezuje se čvor Kaštel Stari (40 m.n.m.) do kružnog toka u Solinu (23 m.n.m.) 15 km kraćom dionicom što predstavlja razliku u troškovima putovanja i utroška energije za 5-10 tisuća vozila dnevno.

Na osnovi dostupnih parametara uspoređujući navedene varijante, analitičkom obradom dobio se podatak da je zbog 15 km kraće dionice varijante Prgomet-Kaštel Stari -Solin na bazi troškova oko 10 kn/km, 5.000 vozila/dan, godišnja ušteda 273.750.000,00 kn, u odnosu na postojeću dionicu Radošić – Dugopolje-Solin, bez obrade troškova visinske razlike navedenih trasa i drugih nepovoljnih elemenata (sigurnost prometa, nepovoljan utjecaj na okoliš i sl.), kao i na osnovi provedenog istraživanja (slika 27., 30. i 31., tablica 35., 37. i 38.) opravdano predstavlja jednu od mjera prijedloga poboljšanja prometa za društveno odlučivanje u širem području Splita.

Prometni i prostorni planeri nisu u dosadašnjim državnim, županijskim, prostornim i prometnim planovima uvažavali troškove eksploatacije i prometne potrebe Splitsko-dalmatinske županije.

Umjesto sada već izgrađene autoceste od Prgometa preko Dugopolja, Biska i Šestanovca [11], trebalo je razmotriti pružanje trase od Prgometa preko Labina, Kaštel Starog, Solina i Žrnovnice do Šestanovca. Takvo stanje danas karakterizira prometno opterećenje autoceste od Prgometa do Šestanovca i u ljetnim mjesecima do 15% kapaciteta, te svakodnevnog zastoja u prometu, a osobito u vrijeme turističke sezone na državnoj cesti D8 od Trogira do Omiša.

Jedna od mjera poboljšanja prometa koja bi mogla pripomoći da se takvo stanje ublaži je spojna cesta od čvora Radošić (autocesta A1) do čvora Kaštel Stari (D8), predložena je prema karakteristikama nedavno izgrađenog tunela „Sv. Ilija“- Biokovo (čvor Zagvozd autocesta A1, do čvora Baška Voda D8), koji je gotovo identičan predloženom tunelu kroz brdo Kozjak sa pristupnim cestama [30], [31].

Čvor Radošić (autocesta A1) – Kaštel Stari (D8)

Cestovni četvero tračni priključak sa sjeverne strane tunela Kozjak povezuje sjeverni portal tunela s autocestom A1 u čvoru Radošić, a s južne strane završava vezom na denivelirano križanje s državnom cestom D8 u Kaštel Starome. Ovo je dosta teška dionica gledano morfološki, te se stoga može graditi etapno, kako bi se mogla završiti za vrijeme izgradnje brze ceste Trogir – Omiš.

U građevinskom smislu, spojna cesta čvor Radošić (autocesta A1) do čvora Kaštel Stari (D8) može se podijeliti na više pod dionica:

1. Pod dionica: Sjeverni portal tunela Kozjak – priključak na čvor Radošić
2. Pod dionica: Tunel Kozjak, dvije tunelske cijevi
3. Pod dionica: Južni portal tunela Kozjak – priključak na čvor Kaštel Stari

Što se tiče elementa trase, predložena su projektna rješenja za računsku brzinu ($V_R = 100$ km/h), te minimalni horizontalni radijus ($R_{m,h} = 250$ m, $L_{m,h} = 50.0$ m) uz

usklađenje horizontalne i vertikalne geometrije. Maksimalni primijenjeni uzdužni nagib iznosi $i=8\%$.

Normalni poprečni profil sjeverne pristupne ceste tunela

Normalni poprečni profil usvojen je u skladu s kategorijom ceste i raspoloživim topografskim uvjetima te se predviđa na trasi:

- širina prometnog traka
- širina rubnog traka
- širina bankina i bermi
- širina traka za spora vozila

Odvodnja prometnice izvest će se kontroliranim zahvatom vode s kolnika, te nakon tretmana na uređajima za pročišćavanje, ispuštati u recipijent.

Kolnička konstrukcija

Kolnička konstrukcija predviđa se izvesti sljedećeg tipa:

- asfalt-beton, habajući sloj
- bitumenizirana drobljena sitnež (BNS)
- tamponski sloj od zrnatog kamenog materijala.

Križanja sa ostalom cestovnom mrežom izvest će se sukladno rangu ceste, u razini što je uvjetovano traženom razinom uslužnosti. Elementi glavne trase su visinski i točrtno položeni tako da omogućavaju nesmetan tok prometa s jedne na drugu stranu ceste (nadvožnjak, podvožnjak, križanja i čvorišta).

Čvorišta omogućuju priključak planirane spojne ceste na autocestu A1. S obzirom na postojeće prostorne planove ili izrađenu dokumentaciju planira se izrada čvora na spajanju D8 u Kaštel Starome.

Predviđeni pokosi na trasi izvode se u usjeku 3:1 a u nasipu 1:1,5. Zbog strmog nagiba na dijelovima trase pokos nasipa će se izvoditi kamenom oblogom u nagibu 1:1 kako bi se izbjeglo izvođenje dugih gravitacijskih betonskih potpornih zidova, te umanjilo utjecaj na okoliš i smanjili troškovi izgradnje.

Građevinski i investicijski troškovi

Troškovi građenja cijele dionice četvero tračnog cestovnog priključka sjeverne i južne priključne ceste uključujući tunel Kozjak, u dužini 6,0 km iskazani su u tablici 39., a sve

prema usporednim podacima nedavno dovršenog tunela sličnih karakteristika sv. Ilija – Biokovo [30], [31].

Tablica 39. Investicijski troškovi izgradnje priključka od čvora Radošić (autocesta A-1) do čvora Kaštel Stari (D8)

Redn i broj	VRSTA RADOVA	TUNEL KOZJAK, SJEVERNA I JUŽNA PRISTUPNA CESTA (u €)
		L = 6,0 km
A.	Sjeverna pristupna cesta (L= 1,5 km)	4.800.000,00
B.	Tunel Kozjak (L= 2,5 km)	45.000.000,00
C.	Južna pristupna cesta (L= 2,0 km)	6.300.000,00
	SVEUKUPNO GRAĐEVINSKI TROŠKOVI	56.100.000,00
D.	Projektiranje i priprema	9.900.000,00
	A+B+C+D UKUPNO:	66.000.000,00
	Ukupno investicijski troškovi	66.000.000,00
	Troškovi po kilometru	11.000.000,00

Izvor: Usporedni podaci iz Studije opravdanosti povezivanja županijske ceste u Rastovcu i lokalne ceste u Bastu tunelom „Sv. Ilija“ – Biokovo, Split 2001. godine

Troškovi održavanja, upravljanja i obnove

Troškovi održavanja i upravljanja se sastoje od troškova redovitog održavanja i upravljanja. Troškovi održavanja nastaju zbog radova neophodnih za sigurno odvijanje prometa kao što su:

- košenje trave
- neophodni popravci signalizacije
- čišćenje, uređenje bankine i berme
- neophodno održavanje objekata
- zimsko održavanje.

Prema projektnim podacima za troškove napravljene na cestama za promet motornih vozila u Republici Hrvatskoj, troškovi održavanja i upravljanja za cestovni priključak sa sjeverne strane tunela Kozjak godišnje bi iznosili 25.000,00 €/km.

Troškovi pojačanog održavanja, uključivo svakih 10 godina obnove završnog sloja asfalta debljine 4 cm iznosili bi 44.000,00 €/km¹, što podrazumijeva trošak koji se periodično događa.

Troškovi redovnog održavanja u iznosu 25.000,00 € godišnje, te pojačanog održavanja za svakih 10 godina 44.000,00 €, u što ubrajaju troškovi održavanja, upravljanja i obnove, potrebni su za izradu stručne prethodne studije opravdanosti, te studije izvodljivosti budućeg tunela Kozjak s priključnim cestama.

¹ Studija opravdanosti županijske ceste u Rastovcu i lokalne ceste u Bastu tunelom „Sv. Ilija“ - Biokovo, (str. 15), Split 2001. godine

5.2 Primjer realizacije jedne od mjera poboljšanja prometa, primjenom ITS rješenja

Primjer realizacije jedne od mjera poboljšanja prometa na širem području Splita je izgradnja tunela „Sv. Ilija“ – Biokovo kojim se priobalna odredišta Makarskog primorja povezuju s autocestom A1.

Navedenim primjerom iskazujemo prometnu potrebu realizacije navedenog projekta, s iskazom stvarnih troškova realizacije.

Čvor Zagvozd (autocesta A1) – čvor Baško Polje (D8)

Tunelom Biokovo povezuje se autocesta A1 u čvoru Zagvozd s državnom cestom D8 u Baškoj Vodi. Pristupna cesta južnom portalu tunela „Sv. Ilija“ – Biokovo veže se na postojeću prometnu mrežu raskrižjem s državnom cestom D8 na lokaciji Baško Polje.

Ukupna dužina dionice pristupne prometnice od državne ceste D8 u mjestu Baško Polje do južnog portala tunela iznosi 1880 m.

Postojeća lokalna cesta L67177 koja povezuje državnu cestu D8 i naselje Bast, koje se nalazi u neposrednoj blizini južnog portala tunela s istočne strane, nije prihvatljiva kao pristupna cesta, već se može koristiti isključivo kao alternativna veza za naselje Bast.

Kako bi se ostvarili elementi tunelske osi, odnosno maksimalni uzdužni nagib u tunelu od 2,5% pristupna prometnica od državne ceste D8 do južnog portala tunela mora savladati visinsku razliku od cca 185 m.

Zadovoljavajući navedene kriterije prometnica je trasirana u kontinuiranom usponu s nagibima. Zbog navedenih nagiba na cijelom potezu projektirana je kao četvero tračna prometnica, odnosno s dodatkom traka za spora vozila. Položena trasa predstavlja kompromis unutar zadanih ograničenja obzirom na topografiju terena i vrlo strme padine Biokova s južne strane.

Projektnim rješenjem ostvarena je relativno ispružena trasa koja zadovoljava računsku brzinu $V_r = 70$ km/h, te primijenjeni su polumjeri tlocrtnih zavoja $R = 300, 130, 225, 200, 120, 600, 120, 120, 120$ i 120 m. Uočljiva je ujednačenost elemenata horizontalne i vertikalne geometrije. Izvedba prometnice nije zahtijevala značajnije zemljane radove, a trasa se u cijelosti nalazi izvan područja parka prirode Biokovo.

5.2.1 Normalni poprečni profil južne pristupne ceste tunela

Normalni poprečni profil izveden je u skladu s kategorijom ceste i raspoloživim topografskim uvjetima na trasi, i to:

- širina prometnog traka
- širina rubnog traka
- širina bankina i bermi
- širina traka za spora vozila

a u tunelu:

- širina prometnih traka
- širina rubnih traka
- širina revizione staze.

Odvodnja prometnice i tunela izvest će se kontroliranim zahvatom vode s kolnika, te nakon tretmana na uređajima za pročišćavanje, ispuštati u recipijente.

Kolnička konstrukcija

Kolnička konstrukcija izvedena je sljedećeg tipa:

- habajući sloj asfalt-betona debljine
- bitumenizirani nosivi sloj debljine (BNS, drobljena sitnež)
- tamponski sloj od zrnastog kamenog materijala debljine

Čvorište Baško Polje u dva nivoa na državnoj cesti D-8 omogućuje priključak spojne ceste na autocestu A1 u čvoru Zagvozd i na buduću obilaznicu Baške Vode. Kolnička konstrukcija i trasa ceste postavljena je tako da omogućuje buduću planiranu spoj obilaznice Baške Vode i autoceste A1. Veze na postojeću prometnu mrežu izvedena su raskrižjima izvan razine.

Investicijski troškovi izgradnje ceste Baško Polje – Tunel „Sv. Ilija“ (južna pristupna cesta tunelu „sv. Ilija“ $L_0=1880$ m)

Troškovi građenja dionice od državne ceste D8 u smjeru Baško Polje do južnog portala tunela „Sv. Ilija“ dati su u sljedećoj tablici 40.

6 PROMETNO-EKOLOŠKI ASPEKTI ODRŽIVOG RAZVITKA CESTOVNE MREŽE ŠIREG PODRUČJA SPLITA

Skraćenje putovanja za planirani PGDP između priobalnih odredišta i autoceste A1, te njihovo međusobno povezivanje gledano s ekološkog aspekta vrlo je značajno. Znatno će se skratiti put za izvorišno ciljne unutarnje tokove, a neće se produžiti za tranzitne.

Izradom studije utjecaja na okoliš definirat će se mjere zaštite okoliša kako pri realizaciji međusobnog povezivanja priobalnih odredišta šireg područja Splita, tako i u povezivanju priobalnih odredišta s autocestom A1 u kopnenom dijelu Splitsko-dalmatinske županije.

Prometni parametri

Prometni parametri analizirajući sve državne, županijske i lokalne ceste šireg područja Splita posebno su interesantni i s ekološkog aspekta. Naime, planine Kozjak, Mosor i Biokovo opasane su cestovnom mrežom šireg područja Splita kako sa sjeverne tako i s južne strane, a spojene su s nekoliko prirodnih prometnih spojeva od kojih su najizraženiji: Kliška vrata između Kozjaka i Mosora, te Vrulja između Mosora i Biokova. Ove istaknute planine koje se na udaljenosti od nekoliko stotina metara do 2 km od morske obale strmo uzdižu kamenim liticama, čine jedinstven i neponovljiv krajolik. Sadrže bogate rezervate šumske vegetacije, bogate su biljnim vrstama, ali isto tako i faunom. Posebno su zanimljivi geomorfološki oblici kao ponori, spilje i jame.

U Parku prirode dopuštene su djelatnosti i radnje koje ne ugrožavaju bitne značajke i uloge, ali u okviru njega posebno mogu biti naglašeni turističko-rekreacijski sadržaji. Budući da se Park prirode nalazi dijelom u šumskom području, što se posebno odnosi na dionicu sjeverne pristupne ceste tunelu „Sv. Ilija“, zaštita vrijednosti i krajobraza Parka prirode izvršen je prema uputama Studije utjecaja na okoliš, koja je napravljena za ovaj projekt. Same granice Parka prirode utvrđene su tako da ostavljaju izvan granica zaštite čitava područja, integralni zeleni dio impresivnog amfiteatra biokovskih stijena.

Potrebno je respektirati vrijednosti ovog izuzetno vrijednog kultiviranog agrarnog krajolika na kojem su obradiva polja oskudna, ali su zastupljeni izuzetno vrijedni maslinici, važni za doživljajnu komponentu priobalnog prostora s morske strane.

Osim navedenih značajki, priobalni prostor predstavlja i zanimljivo područje bogatog spomeničkog nasljeđa, koje je bilo naseljeno od prapovijesti. Prostor iza Kozjaka, Mosora i Biokova također raspolaže brojnim nalazima iz doba kasne antike te starokršćanskim nalazima.

Višestoljetna podložnost različitim kulturama te blizina zapadno-mediteranske baštine raznih povijesnih razdoblja ostavila je zanimljiv kulturni spoj koji se prvenstveno očituje u etnološkom nasljeđu. Analizirajući osnovne karakteristike planina Kozjak, Mosor i Biokovo te uzimajući u obzir sve veću ekološku svijest što rezultira i kroz zakonske odredbe, potrebno je obraditi prometne parametre koji bitno utječu na očuvanje okoliša.

Definirane granice navedenih planina nalaze se na udaljenosti do 1 km (Prilog 1.) od sljedećih državnih cesta:

- D8 Trogir–Split- Omiš – Makarska - granica Splitsko-dalmatinske županije
- D58 Trogir-Ljubitovica (Ž6112)
- D1 Solin-Klis-Dugopolje
- D511 Klis-Konjsko

EKOLOŠKI UTJECAJI

Na primjeru tunela Radošić, odnosno spoja autoceste Radošić-Kaštela najmanje oko 5.000 vozila skraćuje put za više od 15 km. Na taj način smanjuje se nepovoljan utjecaj prometa na zagađenje zraka samo smanjenjem ugljičnog dioksida.

Tako se može sa sigurnošću pretpostaviti da će prosječno vozilo ispustiti u zrak najmanje 200 grama/km što na 5.000 vozila x 15 km iznosi godišnje smanjenje od najmanje 5.475 t ugljičnog dioksida te 2.737.500 litara goriva što iznosi 27.375.000 kn godišnje. Taj iznos je za sve primjene prijedloga najmanje dvostruko veći. Tako bi društvo realizacijom ovih prijedloga značajno smanjilo transportne troškove, povećalo sigurnost prometa te smanjilo nepovoljan utjecaj na okoliš kroz smanjenje zagađenja zraka i smanjenje buke. Na ovom primjeru prosječna potrošnja iznosi 10,00 kn/litri i prosječna potrošnja 10 litara/100 km. Izravna korist na društvo (država, građani) od realiziranih projekata iznosi više od 540 milijuna kuna godišnje.

Izradom studije utjecaja na okoliš definiraju se mjere zaštite okoliša kako pri realizaciji međusobnog povezivanja priobalnih odredišta šireg područja Splita, tako i u povezivanju priobalnih odredišta sa autocestom u kopnenom dijelu Splitsko – dalmatinske županije.

Studijom utjecaja na okoliš propisane su sljedeće mjere zaštite okoliša ili monitoring:

- mjere zaštite okoliša prije realizacije projekta
- mjere zaštite okoliša u fazi izgradnje
- mjere zaštite okoliša kada je objekt u funkciji.

Mjera razine buke duž promatrane prometnice izrađena je metodom proračuna buke prema DIN 18005, i jedna je od najvažnijih mjera propisana Studijom utjecaja na okoliš. Točka emisije buke prema DIN 18005 iznosi 0,5 m iznad kote nivelete planiranog cestovnog zahvata. Proračunom se ispituju potrebne udaljenosti od osi ceste za stambenu zonu prema Pravilniku, propisane su najviše dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave.

Studija utjecaja na okoliš sadržava potrebne zone zaštite od buke, temeljene na Pravilniku o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave, za petu godinu eksploatacije planiranog cestovnog zahvata.

Proračun se radi za najnepovoljniji slučaj ravnog terena bez uzimanja u obzir poprečnog profila i vegetaciju. Potrebne udaljenosti od osi ceste u zoni zaštite definiraju se Studijom utjecaja na okoliš za planirani zahvat. Navodi se primjer provedenih mjera zaštite od buke na tunelu sv. Ilija- Biokovo, nakon što je tunel stavljen u funkciju.

Naselja uz sjevernu pristupnu cestu tunela „Sv. Ilija“ Biokovo koja se nalaze unutar zone od 70,0 m, potrebno je razraditi dodatne mjere zaštite od buke, te kontrolirati razine buke prema propisanim mjerama. Što se tiče južne pristupne ceste tunela „Sv. Ilija“ Biokovo, gdje je zona zaštite 50 m od osi ceste, tu se nalaze 4 objekta unutar zone zaštite.

Mjere zaštite od buke propisane za dan i noć definirane su prema ukupnom broju vozila, s naglaskom na postotak teških vozila, brzini kretanja vozila, uzdužnom nagibu ceste te horizontalnoj i vertikalnoj udaljenosti od ceste do naselja. Za računsku brzinu 70 km/h, i uzdužni nagib ceste 7%, dozvoljena razina buke za dan (6-22 h) iznosi 65 d BA, dok za noć (22-6 h) dozvoljena razina buke iznosi 50 d BA [31].

Studijom utjecaja na okoliš obrađuje se onečišćenje zraka ili aerozagađenje što je također definirano Pravilnikom, u odnosu količinu energije i štetnih čestica koje nastaju sagorijevanjem različitih oblika goriva u motornim vozilima. Količina ugljičnog dioksida CO₂ izražena u gramima po kilometru (g/km) čija je dopuštena razina propisana za svaki tip vozila, u odnosu na broj vozila po kilometru predstavlja značajnu ulogu u ekonomičnosti potrošnje goriva i emisije CO₂ na godišnjoj razini. Kako je prometnim parametrima (točka 6.1) omogućeno skraćivanje putovanja predloženim dionicama šireg područja Splita za 58,0km (11,0 + 15,0 + 32,0), u odnosu na broj vozila koja će voziti kraćim dionicama omogućena je ekonomičnost potrošnje goriva i smanjenje emisije CO₂ u značajnoj mjeri, koji na godišnjoj razini donose značajne materijalne uštede, ali pridonosi i smanjenju onečišćenja zraka.

Ove mjere zaštite provode se i kontroliraju sukladno Studiji utjecaja na okoliš, nakon što je tunel s pristupnim cestama stavljen u funkciju.

Ostale mjere zaštite okoliša

Studijom utjecaja na okoliš definirane su i ostale mjere zaštite okoliša i to prostorno – planske mjere, mjere za zaštitu voda, mjere zaštite šuma i šumskog zemljišta, mjere zaštite tla i poljodjelstva, mjere zaštite prirodnih i poluprirodnih životnih zajednica, mjere zaštite za divljač i lovstvo i mjere zaštite krajobraza.

Prostorno – planskim mjerama utvrđeno je da se prilikom polaganja trase planiranih cesta i tunela vodi računa da se ne degradira prirodni pejzaž, da se ne ugroze prirodne osobitosti i biološka raznolikost područja, kao ni kulturno – povijesne vrijednosti. Potrebno je voditi računa da se planirani cestovni zahvat optimalno položi u odnosu na naselja, jer su građevna područja naselja šireg područja Splita relativno blizu planiranih cestovnih zahvata. Potrebno je voditi računa o povećanom sezonskom prometnom opterećenju tog prostora i adekvatno tome treba predvidjeti odgovarajuće standarde opremljenosti prometnom i ostalom infrastrukturom.

Mjerama za zaštitu voda predviđa se potreba da se prilikom iskopa za ceste i tunele, prirodne otvore i koncentrirane komunikacijske putove vode ostaviti otvorene, bez prekidanja ili preusmjeravanja. Procjene vode i kolničke vode iz tunela potrebno je pročišćene pustiti u teren (postojeće jaruge), s tim da se tehnički spriječi jaružanje (zaustavljanje). Ne očekuju se bitno veće količine od onih koje nastaju poslije jakih i intenzivnih oborina, pri procjeni prije početka izvođenja radova.

Mjere zaštite šuma i šumskog zemljišta određenog područja pri izgradnji planiranih cestovnih zahvata te tunela i prilaznih cesta što spada u zonu visokog rizika od izbijanja požara, osobito u ljetnim mjesecima, prije svega se moraju odnositi na poduzimanje intenzivnih mjera zaštite od požara. Štetu nastalu na šumskom području izvođenjem radova treba nadoknaditi podizanjem novih, koristeći isključivo autohtone biljke.

Mjere zaštite tla i poljodjelstva obuhvaćaju u okviru prijedloga mjera za zaštitu šumskog i poljoprivrednog tla, maksimalnu zaštitu tla, bez obzira na njihov bonitet vrijednosti ili načina korištenja. Na rubovima šumskog područja kroz koje će se graditi pristupne ceste potrebno je podići uski vegetacijski pojas od vrsta drveća koje tvori aktualnu šumsku vegetaciju u okolišu ceste. Ovakvim nasadima brzo bi se uspostavila barijera za emisije onečišćenja u otvorena šumska područja.

Slične filtrirajući nasade prema posebnom hortikulturnom projektu, treba podići duž čitave dionice, a posebno uz poljoprivredne površine ograničiti kretanje teške mehanizacije prilikom izgradnje prometnice i tunela, kako bi površina devastirana radovima bila što manja. Na tlu s osrednjim, visokim i ekstremnim razlikama od erozije tla vodom potrebno je provoditi odgovarajuće mjere zaštite tla od erozije.

Obvezno provoditi kontrolirano zbrinjavanje otpadnog materijala i komunalnog otpada na legalna odlagališta, a posebno otpadnih voda (kemijski WC-i) s gradilišta. Zabraniti bilo kakvo privremeno ili trajno odlaganje suvišnog i otpadnog materijala u okoliš te osigurati nepropusne kontejnere za otpad.

Potrebno je izvesti zatvorene sustave odvodnje na mjestima stajališta za odmor, te na platou naplate i upravljanja tunelom, kako bi se onemogućila emisija tekućih tvari u okolna tla. Ukoliko sustav upravljanja i održavanja predviđa izgradnju bazne zimske službe, skladište soli treba izgraditi u zatvorenoj izvedbi, koja će onemogućiti oborinsko ispiranje soli u tlo. Ukoliko praćenje stanja poljoprivrednog tla ukaže na povećanje razlike teških metala, potrebno je primijeniti sredstva koja vežu teške metale npr. na bazi zeolita. Ta središta imaju sposobnost vezanja teških metala u ograničenom sloju tla.

Ovo je jedna od najširih mjera zaštite okoliša koja se provodi prije početka realizacije projekta, za vrijeme izgradnje te nakon što se projekt stavi u funkciju.

Mjere zaštite životnih zajednica općenito. Najveći nepovoljni utjecaj za floru i faunu se očekuje iskopom tunela u vapnenačkoj podlozi planine koji može poremetiti i ugroziti pretpostavljena izolirana staništa i nalazišta izuzetno vrijedne podzemne flore, te u području portala pretpostavljenih zračnih strujanja iz tunela koji će imati utjecaj na mikroklimu te opterećenja zraka od onečišćenja ispušnim plinovima.

Stoga tijekom planiranja i realizacije projekta potrebno je provesti sljedeće mjere zaštite. Radove prilikom proboja tunela obavezno mora pratiti stručnjak biospeleolog. Potrebno mu je omogućiti da uz hidro geologe prvi uđe u podzemne prostore, kako bi mogao evidentirati zatečeno stanje i sakupiti uzorke podzemne faune. U slučaju nailaska na podzemne objekte potrebno je osigurati uređenje tih lokaliteta i za kasniji pristup bio speleologa, sa ciljem znanstvenog istraživanja lokaliteta koji bi vjerojatno bez toga ostali trajno nedostupni, ali i sa ciljem praćenja stanja okoliša tijekom korištenja tunela.

Prije početka izvođenja radova potrebno je odrediti nulto stanje flore i vegetacije na stijenama i točilima neposredno iznad i oko južnog portala tunela, posebno s obzirom na sastav i gustoću populacije reliktnih termofilnih biljnih vrsta, što će biti temelj budućeg monitoringa. To uključuje pregled terena od strane stručnjaka entomologa s tim da evidentira faunu dnevnih leptira, a posebno stanište endemičnog leptira u proljetnom periodu.

Također je potrebno u širem području oko portala tunela istražiti nužno stanje faune izvora i ostalih vodenih tokova. Isto tako potrebno je prije početka radova odrediti nulto stanje mikroklimе (posebno temperature i vlage zraka) u okolici južnog portala tunela, te nulto stanje parametara kakvoće i opterećenja zraka, kao temelj budućeg monitoringa. Tijekom izgradnje objekta potrebno je unaprijed odabrati mjesta za kretanje mehanizacije u cilju minimalizacije oštećene površine pod prirodnim ili protuprirodnim biljnim zajednicama.

Kompletan materijal iz iskopa, koji neće biti upotrijebljen u graditeljskim aktivnostima, potrebno je deponirati na predviđenim lokacijama, na kojima je sagledan utjecaj na okoliš. Kako se na pristupnim cestama u pravilu predviđa autobusno ugibalište i pothodnik, objekti naplate i održavanja te odmorišta uz cestu, povećano zadržavanje ljudi na ovim područjima je neizbježno.

Stoga je potrebno postaviti informativne table, na kojima će se ljudi upoznati sa zakonskom regulativom i pravilima ponašanja u zaštićenom području prirode. Putem informativnih tabli sa slikama i opisom ugroženih i osjetljivih rijetkih biljnih vrsta, čije bi pojavljivanje na terenu trebalo utvrditi, smanjio bi se negativan utjecaj uslijed uništenja takvih biljnih vrsta.

Mjere zaštite za divljač i lovstvo predviđaju niz mjera da bi smanjili mogućnost nastajanja štete na divljači i staništima, vlasnike lovišta na trasi objekta treba izvijestiti o poziciji trase kako bi mogli na vrijeme izmjestiti elementarne postojeće objekte (lovno gospodarstvene i lovno tehničke) na nove lokacije. Pri odabiru novih lokacija potrebno je obratiti pažnju na mjesta gdje će se divljač premjestiti, te na ta mjesta postaviti objekte. Prikladna mjesta u lovištima zasijati poljoprivrednim kulturama koja bi služila kao hrana divljači.

Naglasak je potrebno staviti na prehranu divljači unutar lovišta, koja će biti zaklonjena od utjecaja izgradnje objekta, pogotovo tijekom zimskog razdoblja u kojem je i izvor manje dostupne hrane u lovištu. Također je potrebno zabraniti nekontrolirano odlaganje i razlaganje otpada, naročito organskog podrijetla koji privlači čagljeve, lisice, te pse i mačke lualice, koji su opasni za svu divljač.

Mjera zaštite krajobraza podrazumijeva da je zaštitni pojas ceste trebao biti projektiran od strane tima stručnjaka (arhitekti, pejzažni arhitekti, šumarski) koji će utvrditi mjeru i način njegovog oblikovanja, a ujedno ostaviti vizualno dostupna atraktivna mjesta putniku.

Građevine uz cestu potrebno je prilagoditi veličinom, oblikom i materijalima lokalnim uvjetima i dominantnoj vizualnoj slici u krajoliku (kamen). Ovim se u prvom redu podrazumijeva oblikovanje odmorišta i naplatnih mjesta. Potrebno je koristiti prirodne materijale pri gradnji pojedinih izraženih formi koji su nužni u cestogradnji (definiranje pokosa).

Mjesta ugradnje materijala iz iskopa tunela potrebno je arhitektonski oblikovati i hortikulturno urediti na način koji će osigurati ukapanje ovih zahvata u okoliš. Pokose nasipa, zasjeka i usjeka potrebno je izvoditi pod što strmijim nagibom i utvrđivati u skladu s navedenim mjerama, kako bi se širina zadiranja u postojeće stanje terena svela na najmanju moguću mjeru.

7 PRIMJENA MODELA OPTIMIZACIJE TRASIRANJA AUTOCESTA UZ VEĆE GRADOVE KOD DALJNJEG RAZVOJA CESTOVNE MREŽE

Analizom skupa rješenja dobivenim znanstvenim istraživanjem u širem području Splita te primjenom modela optimizacije trasiranja priključnih cesta i autocesta, potrebno je iznaći optimalni prijedlog za društveno odlučivanje, te utvrditi prioritete realizacije pojedinih prometnih inačica i istraživanje prilagoditi financiranju pojedinih projektnih zahvata u okviru predloženog prometnog modela (slika 27. i 31.).

Metodologijom i planom istraživanja izrađen je analitički model za određivanja položaja važnijih državnih cesta, brzih cesta i autocesta koji u sebi sadrži tehničko-tehnološke, prometno-tehnološke, ekonomske i ekološke aspekte, kojim možemo dobiti skup rješenja primjeren za društveno odlučivanje.

Model optimizacije položaja autocesta, brzih i priključnih cesta uspostavljen je na primjeru šireg područja Splita, bit će moguće primijeniti na razvoju cestovne mreže bilo kojeg većeg grada što je krajnji cilj znanstvenog istraživanja.

Ovaj model optimizacije trasiranja autocesta uz veće gradove, kao i važnijih priključnih cesta na autocestu kod daljnjeg razvoja cestovne mreže svoju primjenu može naći u izradi prostornih planova općina, gradova, županija, regija i država, kao i pri izradi projektne dokumentacije za kandidiranje prometnih projekata iz fondova Europske unije [31], [32], [33], [34]. Model optimizacije trasiranja autocesta uz veće gradove postaje alat za društveno odlučivanje u razvoju mreže autocesta i priključaka na njih. Ovaj model može koristiti prometnim i prostornim planerima pri oblikovanju prometnih mreža brzih cesta i autocesta na širem području većih gradova.

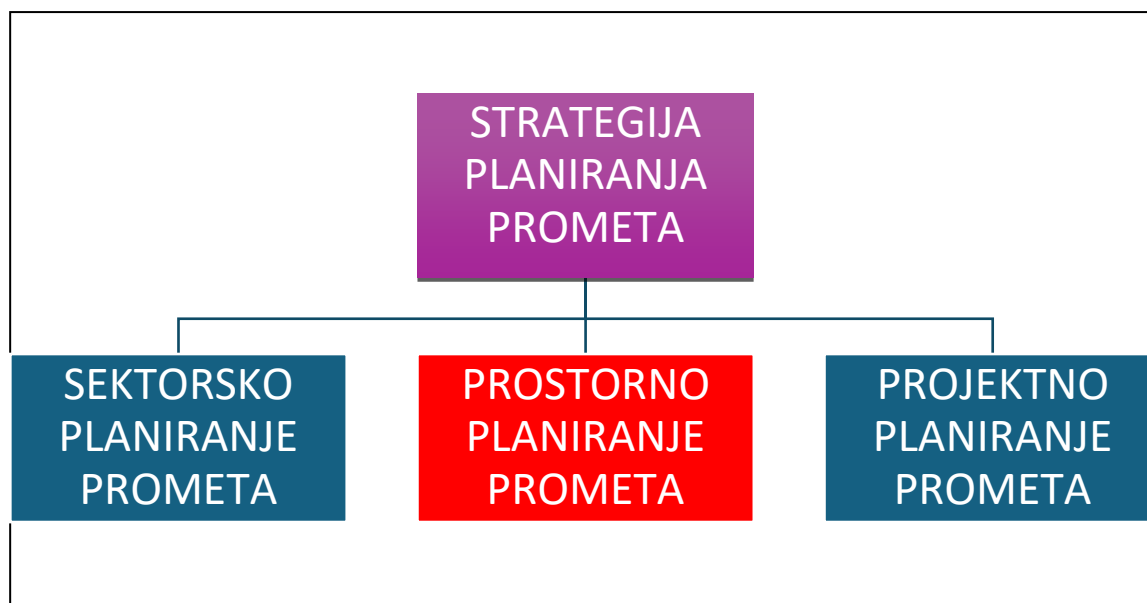
Strategijom planiranja prometa, navedeni model svoju primjenu nalazi u prostornom planiranju prometa (slika 33.), jer upravo kvalitetno projektno planiranje počiva na dobro pripremljenom prostornom planiranju prometa [35], [36].

Upravo na ovakvom uočenom prometnom problemu temeljila se glavna hipoteza ovog znanstvenog istraživanja, da su autoceste u Republici Hrvatskoj udaljene od središta većih gradova, kakvih primjera nemamo u drugim zemljama, a samim time autoceste nisu preuzele onakvu ulogu u funkcioniranju prometa oko velikih gradova kakvu su prema svom kapacitetu trebale, što se posebno odnosi na šire područje Splita [37], [38], [39], [40].

Model optimizacije trasiranja autocesta uz veće gradove kod daljnjeg razvoja cestovne mreže potrebno je dalje dograđivati i istraživati kako bi se postojeći rezultati istraživanja dalje obrađivali i dopunjavali, u funkciji što kvalitetnijeg prometnog opsluživanja u blizini većih gradova.

Unutar prostorno prometnog planiranja kod nas malo se vodilo računa o modeliranju prometnih tokova, a posebno malo pri trasiranju autocesta, već se sve svelo na projektno planiranje koje nije vodilo računa o stvarnim prometnim potrebama posebno većih gradova, pa je ovaj model primjenjiv pri trasiranju autocesta uz veće gradove kod daljnjeg razvoja cestovne mreže.

Dosadašnjim poznatim istraživanjima provedenim u širem području Stuttgarta, samo djelomično je obrađena problematika koju sadržava model uključivanja autocesta u prometne mreže velikih gradova, čije je istraživanje provedeno i testirano na širem području grada Splita [16].



Slika 12. Područje znanstvenog doprinosa

8 ZAKLJUČAK

Nagli porast prometa i njegov loš utjecaj na društvo u cjelini glavni su problemi s kojima se susrećemo svakodnevno. Budući da su prometni problemi bilježili konstantan porast bilo je potrebno osmisliti rješenje koje bi olakšalo i pojednostavnilo prometovanje te pružilo što veću dozu sigurnosti za sve sudionike u prometu. Inteligentni transportni sustavi pružaju niz pametnih i korisnih rješenja te na taj način uvelike olakšavaju kretanje roba, ljudi i informacija. Također, inteligentni transportni sustavi su se pokazali kao odlično rješenje za kontrolu, upravljanje i rješavanje najzastupljenijih prometnih problema.

Primjena inteligentnih transportnih sustava moguća je u svim prometnim podsustavima, a pruža širok spektar usluga svim korisnicima. Najveća odlika inteligentnih transportnih sustava je brzina. Inteligentni transportni sustavi i ITS rješenja u velikoj su mjeri zastupljeni i kod interventnih službi, što ne čudi, budući da nude brojna pomagala koja mogu na brz i efikasan način razriješiti incidentne situacije. Izuzev autocesta, na cestama u Republici Hrvatskoj spektar primjene inteligentnih transportnih sustava, nažalost, nije dovoljno širok te postoji mnogo prostora za boljitak.

Naposljetku, sasvim je jasno kako je uloga inteligentnih transportnih sustava općenito u prometu vrlo važna. Stoga se može zaključiti da su inteligentni transportni sustavi tehnologija budućnosti, a daljnja ulaganja i istraživanja u području inteligentnih transportnih sustava neophodna, želimo li što brže, jednostavnije i sigurnije putovati.

Kompariranje trasa može biti od velike koristi prometnim planerima kako bi brzo i efikasno, izračunom koeficijenta gustoće prometa, koeficijenta usporedbe te ostalih analitičkih podataka odredili najpovoljniju i najprihvatljiviju varijantu, odnosno trasu prometnice te na taj način donijeli ispravnu odluku prilikom planiranja i projektiranja novih prometnica. Provedeno istraživanje može biti polazna osnova daljnjim istraživanjima za odabir najpovoljnije prometnice u prostorno-prometnom planiranju.

LITERATURA

- [1] Bošnjak, I., Inteligentni transportni sustavi 1. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.
- [2] Jolić, N., Logistika i ITS. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.
- [3] Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine. Preuzeto s <https://wiki.srce.hr/display/DI/XI.+Promet+i+logistika>.
- [4] http://e-student.fpz.hr/Predmeti/I/Inteligentni_transportni_sustavi_I/Materijali/Predavanje_1.pdf, (pristupljeno 9. ožujka 2020.).
- [5] http://www.its-croatia.hr/?page_id=49&lang=hr, (pristupljeno 11. ožujka 2020.).
- [6] Sršen, M., Inteligentni transportni sustavi u upravljanju cestovnom mrežom. Suvremeni promet, vol. 28. 2008. br: 1/2; str. 141-152.
- [7] <http://zumzumauto.blogspot.com/2018/01/pametne-ceste-odasiljati-ce-informacije.html>, (pristupljeno 22. ožujka 2020.).
- [8] Božić, D., Mileta, D., Elektronički sustavi aktivne sigurnosti automobila Toyota Prius. Zbornik radova Veleučilišta u Šibeniku, br. 1-2/2018 (2018): 161-168. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/198593>.
- [9] <https://auto-mane.com/abeceda-automobila/sto-je-abs>, (pristupljeno 28. ožujka 2020.).
- [10] <https://www.hac.hr/hr/cestarina/enc?etc=1>, (pristupljeno 28. ožujka 2020.).
- [11] <https://www.prometna-zona.com/cestarina/>, (pristupljeno 28. ožujka 2020.).
- [12] Burazer-Pavešković, J., Autorizirana predavanja iz kolegija Sigurnost cestovnog prometa, Veleučilište Nikola Tesla u Gospiću, Gospić, 2019. Preuzeto s <https://loomen.carnet.hr/my/>.

- [13] Antoliš, K., Strmečki, S., Magušić, F. Informacijska sigurnost i inteligentni transportni sustavi. *Suvremeni promet*, vol: 28, 2008., br. 5., str. 353-355.
- [14] <http://www.infotrend.hr/clanak/2008/6/razvoj-inteligentnih-transportnih-sustava-%E2%80%93-its,14,323.html> , (pristupljeno 29. ožujka 2020.).
- [15] <https://international.fhwa.dot.gov/ipsafety/ipsafety.pdf>, (pristupljeno 30. ožujka 2020.).
- [16] <https://www.monash.edu/muarc/archive/our-publications/other/racv0101> , (pristupljeno 30. ožujka 2020)
- [17] Peko, I., Model uključivanja autocesta u prometne mreže velikih gradova, Doktorski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015
- [18] Dadić, I.; Vidović, K.; Ševrović M.: Hrvatske autoceste u funkciji razrješenja prometa u velikim gradovima i usporedba sa svjetskim modelima, Drugi B i H kongres o cestama, Sarajevo, BiH, 24.-25.2009. (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni)
- [19] Internet
- <http://routes.tomtom.com/#/>
- [20] Odluka o razvrstavanju javnih cesta, (N.N. 044/2012)
- [21] Brojanje prometa na cestama u Republici Hrvatskoj, Hrvatske ceste d.o.o. 2012.
- [22] Molnar, L.: Promising approaches for enhancing elderly mobility, 2003.
- [23] Garber, N.J.; Hoel, L.A.: Traffic and Highway Engineering, 2009.
- [24] Forman, R.: Estimate of the Area Affected Ecologically by the Road System in the United States, Forman Article first published online, 2001.
- [25] McGraw - Hills: Handbook of transportation engineering, 2004.
- [26] Girmscheid, G.: Projektentwicklung in der Bauwirtschaft, Springer, Deutschland, 2010.
- [27] Even, S.: Graph Algorithms, Cambridge University, 2012.
- [28] Makinson, D.: Sets-Logic and Maths for Computing, Springer, 2012.
- [29] Schels, I.: Projekt management mit Excel, Addison Wesley, 2006.
- [30] Autocesta Zagreb – Split – Dubrovnik za prometno povezivanje Juga i Sjevera Hrvatske, Zbornik radova, Hrvatski inženjerski savez, Plitvice, 2000.

- [31] Peko, I.: Prometna opravdanost izgradnje tunela kroz Biokovo, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, znanstveni magistarski rad, Zagreb, 2007.
- [32] Schwedes, O.: VS Vorlag Verkehrs politik, 2010.
- [33] Helmut, H.: Urbanismus und Verkehr, Studium, 2012.
- [34] Jakoby, W.: Projekt management für Ingenieure, Studium, Deutschland, 2010.
- [35] Swokowski, E.W.; Cole, J.A.: Algebra and Trigonometry with analytic Geometry, Brooks, 2010.
- [36] Prethodna studija opravdanosti izgradnje tunela „Sv. Ilija“ kroz Biokovo, IGH Zagreb, Zagreb 1999.
- [37] Dadić, I.; Šoštarić, M.; Kostelić, R.: Problem of integration of Croatian motorway in cities traffic networks, ICTS 2009–Prometna znanost, stroka in praksa/Jenček, P., Zanne, M., Fabjan, D. (ur.). Portorož, Slovenija: Fak. za pom. in promet, Univerzitet v Ljubljani, 2009.
- [38] Šegvić, S.; Brkić, K.; Kalafatić, Z.; Stanisavljević, V.; Ševrović, M.; Budimir, D.; Dadić, I.: A computer vision assisted geoinformation inventory for traffic infrastructure, ITSC '10. 13th International IEEE Conference on Yibing, Wang (ur.), Piscataway, New Jersey (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni).
- [39] Dadić, I.; Šoštarić, M.; Ševrović, M.: Tentative survey of transit traffic volume in Zagreb city centre, Proceedings ISEP 2010 / Anžek, M., Hernavš, B.; Kavran, Z.; Meše, P.; Štern, A. (ur.). Ljubljana, 2010. P6-P6 (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni).
- [40] Dadić, I.; Hlača, B.; Badanjak, D., Vidović K.: Prometna infrastruktura u funkciji ekonomskog razvoja RH, zbornik radova sa znanstvenog skupa HAZU, ocjena dosadašnjeg prometnog razvitka Hrvatske i osnovne smjernice daljnjeg razvoja, st.216-223, Zagreb, travanj 2012.