

Primjena inteligentnih transportnih sustava na autocestama u Republici Hrvatskoj

Grgurač, Ivana

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Economics and Business / Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:148:265863>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported/Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 3.0](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-12**



Repository / Repozitorij:

[REPEFZG - Digital Repository - Faculty of Economics & Business Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Ekonomski fakultet
Specijalistički diplomski studij Menadžmenta i marketinga maloprodaje

**PRIMJENA INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SUSTAVA NA
AUTOCESTAMA U REPUBLICI HRVATSKOJ**

Diplomski rad

Ivana Grgurač

Zagreb, rujan 2023

Sveučilište u Zagrebu

Ekonomski fakultet

Specijalistički diplomski studij Menadžmenta i marketinga maloprodaje

**PRIMJENA INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SUSTAVA NA
AUTOCESTAMA U REPUBLICI HRVATSKOJ**

**APPLICATION OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS ON
HIGHWAYS IN THE REPUBLIC OF CROATIA**

Diplomski rad

Student: Ivana Grgurač

JMBAG studenta: 0067386958

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Dora Naletina

Zagreb, rujan 2023

Sažetak

Glavni predmet ovog rada su inteligentni transportni sustavi koji se koriste u procesu funkcioniranja i naplate autocesta u Republici Hrvatskoj. Uloga inteligentnih transportnih sustava je postizanje smanjenja prometnih nesreća, povećanje efektivnog kapaciteta cesta, ušteda vremena provedenog na putu. U radu su opisani inteligentni sustavi koji se koriste na autocestama u RH te procesi naplate na autocestama i budućnost i perspektive razvoja inteligentnih transportnog sustava na autocestama. Također, provedeno je primarno istraživanje o funkcioniranju inteligentnih prometnih sustava koji se koriste u procesu naplate i funkcioniranju autocesta u Republici Hrvatskoj. sa direktorom naplate cestarine zaposlenog u Hrvatskim autocestama d.o.o.

Ključne riječi: inteligentni transportni sustavi, autocesta, ENC, naplatne kućice, pametne ceste

Abstract

The main subject of this paper is the intelligent transport systems used in the process of functioning and tolling of highways in the Republic of Croatia. The role of intelligent transport systems is to reduce traffic accidents, increase the effective capacity of roads, and save time spent on the road. The paper describes the intelligent systems used on highways in the Republic of Croatia, the tolling processes on highways, and the future and perspectives of the development of intelligent transportation systems on highways. Also, primary research was conducted on the functioning of intelligent traffic systems used in the tolling process and the functioning of highways in the Republic of Croatia. with the director of toll collection employed by Hrvatske autoceste d.o.o.

Key words: intelligent transport systems, highway, ENC, toll booths, smart roads



Sveučilište u Zagrebu
Ekonomski fakultet



IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

A. AGNEŠ, 15. 03. 2023

(mjesto i datum)

Ivana Gajurac

(vlastoručni potpis studenta)

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Predmet i cilj rada	1
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja podataka	1
1.3. Sadržaj i struktura rada.....	1
2. POJMOVNO ODREĐENJE I KARAKTERISTIKE INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SUSTAVA	3
2.1. Pojmovno određenje inteligentnih transportnih sustava	3
2.2. Uloga i važnost inteligentnih transportnih sustava	6
2.3. Primjena inteligentnih transportnih sustava	10
3. INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI NA AUTOCESTAMA	14
3.1. Proces naplate cestarine putem inteligentnih transportnih sustava	14
3.2. Proces informiranja i upravljanja procesima na autocesti putem inteligentnog transportnog sustava.....	17
3.3. Analiza primjene inteligentnih transportnih sustava na autocestama u regiji	21
3.4. Budućnost i perspektive razvoja inteligentnog transportnog sustava na autocestama...	26
4. EMPIRIJSKO ISTRAŽIVANJE PRIMJENE INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SUSTAVA NA AUTOCESTAMA U REPUBLICI HRVATSKOJ	31
4.1. Pregled postojećih istraživanja.....	31
4.2. Metodologija istraživanja.....	35
4.3. Rezultati istraživanja	36
4.4. Ograničenja i preporuke za buduća istraživanja	39
5. ZAKLJUČAK.....	40
LITERATURA	42
POPIS SLIKA.....	44

1. UVOD

1.1. Predmet i cilj rada

Predmet rada su inteligentni prometni sustavi koji se koriste u procesu naplate i funkcioniranja autoceste u Republici Hrvatskoj. Cilj rada je definirati i objasniti ulogu i značaj inteligentnih prometnih sustava, zanimanje za inteligentni prometni sustav proizlazi iz problema uzrokovanih prometnim zagušenjem i sinergijom nove informacijske tehnologije za simulaciju realnog vremena i komunikacijskih mreža. Među ostalim cilj rada je i utvrditi važnost primjene inteligentnih transportnih sustava na mreži autocesta u Republici Hrvatskoj.

1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja podataka

Prilikom izrade rada korištena je dostupna literatura te relevantni internetski izvori. U svrhu ostvarivanja cilja rada korišteni su sekundarni i primarni podaci. Sekundarni podaci prikupljeni su iz stručnih i znanstvenih članaka, priručnika, knjiga kao i publikacija te web stranica vezanih za proučavanu temu. U svrhu prikupljanja ostvarivanja cilja rada, provedeno je i primarno istraživanje, a u kojem je kao instrument istraživanja korišten podsjetnik za intervju. Pitanja su bila usmjerena na utvrđivanje ocjene postojećeg stanja upravljanja mrežom autocesta u Republici Hrvatskoj, kao i zastupljenosti rješenja temeljenih na inteligentnoj transportnoj tehnologiji. Metode koje su se koristile u ovom radu su metoda deskripcije, metoda kompilacije, metoda komparacije, induktivna i deduktivna metoda te metode analize i sinteze.

1.3. Sadržaj i struktura rada

Rad se sastoji od pet poglavlja.

Prvo poglavlje je uvod, a u istom se objašnjava predmet i cilj rada, izvori i metode prikupljanja podataka te sadržaj i struktura rada.

Drugo poglavlje teorijski definira pojam inteligentnih prometnih sustava, potom se definira uloga i važnost inteligentnih sustava te njihova primjena u prometu.

U trećem poglavlju analiziraju se inteligentni transportni sustavi, obrađuje se proces naplate cestarine putem inteligentnih prometnih sustava, potom proces informiranja i upravljanja

procesima na autocesti. Analizira se primjena samog inteligentnog prometnog sustava te budućnost i perspektive.

Četvrto poglavlje predstavlja provedeno empirijsko istraživanje u kojem se definira uzorak, metodologija te rezultati istraživanja.

Posljednje poglavlje je zaključak.

2. POJMOVNO ODREĐENJE I KARAKTERISTIKE INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SUSTAVA

2.1. Pojmovno određenje inteligentnih transportnih sustava

U zemljama u razvoju migracija iz ruralnih u urbanizirana staništa drugačije je napredovala. Mnoga područja svijeta u razvoju su se urbanizirala bez značajne motorizacije i formiranja predgrađa. Mali dio stanovništva može si priuštiti automobile, ali automobili uvelike povećavaju gužvu u ovim multimodalnim prometnim sustavima. Oni također proizvode značajno onečišćenje zraka, predstavljaju značajan sigurnosni rizik i pogoršavaju osjećaj nejednakosti u društvu. Visoka gustoća naseljenosti mogla bi se podržati multimodalnim sustavom pješaćenja, prijevoza biciklima, motociklima, autobusima i vlakovima. Ostali dijelovi svijeta u razvoju, poput Kine, Indije i Brazila, i dalje su uglavnom ruralni, ali se brzo urbaniziraju i industrijaliziraju.¹ U tim se područjima uz motorizaciju stanovništva razvija i motorizirana infrastruktura. Velika razlika u bogatstvu znači da se samo djelić stanovništva može voziti motorom, pa je stoga vrlo gust multimodalni prometni sustav za siromašne presječen visoko motoriziranim prometnim sustavom za bogate.

Inteligentni transportni sustavi razlikuju se po primijenjenim tehnologijama, od osnovnih sustava upravljanja kao što je automobilska navigacija; sustavi za kontrolu prometne signalizacije; sustavi upravljanja kontejnerima; promjenjivi znakovi poruka; automatsko prepoznavanje registarskih pločica ili kamere za nadzor brzine, za nadzor aplikacija, kao što su sigurnosni CCTV sustavi i sustavi za automatsko otkrivanje incidenata ili zaustavljenih vozila; do naprednijih aplikacija koje integriraju podatke uživo i povratne informacije iz niza drugih izvora, kao što su navođenje pri parkiranju i informacijski sustavi; informacije o vremenu; sustavi za odleđivanje mostova i slično.²

Osim toga, razvijaju se tehnike predviđanja kako bi se omogućilo napredno modeliranje i usporedba s povijesnim osnovnim podacima. Ključni su za podršku zapošljavanju i rastu u prometnom sektoru, ali kako bi bilo učinkovito, uvođenje inteligentnih transportnih sustava mora biti koherentno i pravilno koordinirano diljem Europske unije. Mnogi od predloženih inteligentnih

¹ Mandžuka, S. (2010). *Inteligentni transportni sustavi II*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, str. 11

² Mandžuka, S. (2010). *Inteligentni transportni sustavi II*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, str. 16

transportnih sustava također uključuju nadzor prometnica, što je prioritet domovinske sigurnosti. Financiranje mnogih sustava dolazi ili izravno preko organizacija za domovinsku sigurnost ili uz njihovo odobrenje.

Raspon postojećih sustava je širok, uključujući podršku za usluge komercijalnog tereta i javnog prijevoza, kao i telematiku u vozilu i informacije o putnicima. Proširuju se na sve načine prijevoza ne samo cestovni, već i željeznički, vodeni i zračni. Kako bi se maksimalno iskoristio njihov potencijal, važno je da ovi sustavi rade koordinirano u cijeloj prometnoj mreži, ne samo na nacionalnoj, već i na europskoj razini. To se može postići ako postoji suglasnost s europskom arhitekturom ITS okvira. Ovaj sustav prikazuje tipične elemente primjene ITS-a u upravljanju i kontroli gradskog prometa. Takvi sustavi će se vjerojatno segmentirati tijekom godina, kako financiranje bude dopuštalo, i kao odgovor na promjene u prometnoj politici. Postojanje ITS arhitekture daje sustavnu osnovu za postupno širenje sustava i osigurava da su sve aplikacije interoperabilne. Gužve mogu biti jednako loše izvan gradova. Postoje mnoge ITS aplikacije dizajnirane za pomoć u upravljanju prometom i podršku vozačima na autocestama i drugim cestama, a neke od istih su:³

1. Automatska rampa koja regulira pristup zakrčenim autocestama ili čvorovima. Pružanje prometnih informacija i savjeta vozačima putem znakova iznad glave ili uređaja u vozilu.
2. Kontrola brzine prometa na zakrčenim autocestama kako bi se uravnotežio ukupni protok vozila (kako bi se izbjegao efekt 'harmonike').
3. Sustavi za otkrivanje nesreća koji automatski šalju poruke centrima za kontrolu prometa i trenutno upozoravaju vozače.
4. "Intelligent Speed Adjustment" (ISA) sustavi koji osiguravaju da se ograničenja brzine poštuju u svakom trenutku pa čak i dinamički mijenjaju ograničenja na temelju cesta, prometa ili vremenskih uvjeta.

S obzirom na sve veći broj putovanja na velike udaljenosti i prekograničnih putovanja, potrebna je međunarodna interoperabilnost kako bi se osigurala komunikacija ITS uređaja u vozilu s

³ Kolosz, B., Grant-Muller, S., Djemame, K. (2013). Modelling uncertainty in the sustainability of Intelligent Transport Systems for highways using probabilistic data fusion, *Environmental Modelling & Software*, str. 49, 78-97.

opremom uz cestu bilo gdje duž rute i kako bi se dobile informacije o putovanju iz bilo koje zemlje. Svrha ITS-a je prikupljanje informacija o prometnim uvjetima i tokovima prometa na cestama te njihovo predstavljanje u neiskrivljenom obliku za sustave kontrole (GPS, kontrola ruta i stvaranje sustava kontrole javnog prijevoza, sustavi kontrole komercijalnog prometa, sustavi elektroničkog plaćanja i naplate poreza, itd.).

Sami kontrolni sustavi mogu se definirati kvalitativnim parametrima: opseg kontrole, ekspedicija, prilagodba, kontrolni algoritam i učinkovitost sustava prikupljanja, raznolikost i korisnost informacija koje isporučuju. Inteligentni elektronički sustav upravljanja transportom obično sadrži sljedeće glavne dijelove: podsustav za prikupljanje informacija; podsustav za obradu informacija; podsustav za prijenos informacija; upravljački podsustav; podsustav sučelja između zasebnih hijerarhijskih razina.⁴

Elektronički ITS sadrži skup tehničkih alata povezanih s općim kompleksom obrade informacija. Budući da se najmanje dva sustava koji rade prema zajedničkim algoritmima i povezani sučeljima mogu smatrati minimalnim integriranim sustavom, na taj način elektronički ITS također predstavlja integrirani sustav (obrada signala videonadzora, sustav upravljanja itd.).⁵ Glavni dio sustava koji prikuplja podatke s video kamera čine digitalne video kamere i posebne kartice za obradu i prijenos video signala koje se ugrađuju u odgovarajuće dionice cesta i raskrižja. Takav sustav pomaže u dobivanju informacija u stvarnom vremenu o prometnim uvjetima na dionicama cesta od interesa; stoga se sve ove informacije mogu učinkovito koristiti za kontrolu transportnog prometa.

Svi signali digitalnih video kamera prenose se u centralne sustave koji analiziraju prometne tokove. Trenutačno se statistički podaci prikupljaju u stvarnim operativnim objektima gdje su povezane video kamere sa softverskom podrškom koje mogu prepoznati automobile i njihove

⁴Crainic, T.G., Gendreau, M., Potvin, J.Y. (2009). Intelligent freight-transportation systems: Assessment and the contribution of operations research, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 17(6), str. 541-557.

⁵Kolosz, B., Grant-Muller, S., Djemame, K. (2013). Modelling uncertainty in the sustainability of Intelligent Transport Systems for highways using probabilistic data fusion, *Environmental Modelling & Software*, str. 49, 78-97.

registarske brojeve. Kada se te informacije prikupe moguće je detaljno procijeniti učinkovitost podsustava za prikupljanje informacija.

2.2. Uloga i važnost inteligentnih transportnih sustava

Dokazano je da su ITS aplikacije valjan i troškovno učinkovit način podrške upravljanju i funkcioniranju prometnih usluga, a također mogu pomoći u postizanju sljedećeg:⁶

- veliko smanjenje prometnih nesreća,
- povećanje efektivnog kapaciteta cesta, bez izgradnje novih cesta (prikazano do 20%),
- ušteda vremena provedenog na putu (procijenjeno ukupno vrijeme tijekom jedne godine u prosječnom životnom vijeku);
- značajno smanjenje onečišćenja uzrokovano vozilima, npr. emisija ugljičnog dioksida.

Sve veći broj ITS aplikacija sada je dostupan u različitim transportnim modelima. Kako bi pružile maksimalnu korist, ove aplikacije moraju biti kompatibilne, što znači da se njihova implementacija mora temeljiti na strateškom okviru. Svrha arhitekture sustava za ITS, ili ITS arhitekture, je osigurati taj okvir. Korištenje računala proteže se na gotovo sva područja ljudskog rada, pa tako ni transport nije iznimka. Inteligentni transportni sustavi (ITS), koji se nazivaju i transportna telematika, uključuju širok raspon alata i usluga proizašlih iz informacijskih i komunikacijskih tehnologija.

Ovi sustavi imaju potencijal pružiti značajne prednosti vezane uz operativnu učinkovitost, pouzdanost usluge, upravljanje infrastrukturom, kao i povećanu sigurnost, smanjen utjecaj na okoliš i vrijedne informacijske usluge za korisnike prijevoza. Asortiman sustava uključuje sustave za:⁷

- automatsko upravljanje prometom;
- podrška radu javnog prijevoza;
- upravljanje potražnjom;
- usluge informiranja putnika i planiranja putovanja;

⁶ Mandžuka, S. (2010). *Inteligentni transportni sustavi II*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, str. 23

⁷ Lam, A. Y., Lazarz, B., Peruń, G. (2022). Smart Energy and Intelligent Transportation Systems, *Energies*, 15(8), str. 29

- upravljanje teretom i flotom;
- rješavanje incidenata i podrška hitnim službama;
- usluge elektroničkog plaćanja i naplate cestarine;
- napredne tehnologije u vozilu.

Kao i drugi vrlo složeni sustavi, integrirane ITS aplikacije zahtijevaju strateški okvir kao osnovu za izbore koji se odnose na njihov dizajn i korištenje, kao i za donošenje odluka. Takav okvir obično se naziva arhitektura sustava. Arhitektura inteligentnog transportnog sustava treba uključivati tehničke aspekte i povezana organizacijska, pravna i poslovna pitanja. ITS arhitekture mogu se kreirati na razini nacije, regije ili grada ili se mogu povezati s određenim sektorima ili uslugama, a pomažu rezultirajućoj upotrebi ITS-a jer:⁸

- može planirati na logičan način;
- se uspješno integrira s drugim sustavima;
- zadovoljava željene razine performansi;
- se ponaša na željeni način;
- lak za upravljanje;
- lak za održavanje;
- lako proširiv;
- ispunjava očekivanja korisnika.

Sposobnost integracije sustava značajno povećava njihov potencijal. Primjenom europske arhitekture okvira ITS-a, ne samo da će aplikacije raditi zajedno, već mogu postati i interoperabilne na europskoj razini, značajka od sve veće važnosti. Interoperabilnost uključuje tehničke, operativne i organizacijske aspekte te podrazumijeva skladno i komplementarno funkcioniranje cjelokupnog sustava. Zanimanje za inteligentni prometni sustav proizlazi iz problema uzrokovanih prometnim zagušenjem i sinergijom nove informacijske tehnologije za simulaciju realnog vremena i komunikacijskih mreža. Prometne gužve rastu u cijelom svijetu kao rezultat povećane motorizacije, urbanizacije, rasta stanovništva i promjena u gustoći naseljenosti. Zagušenje

⁸ Mandžuka, S. (2010). *Inteligentni transportni sustavi II*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, str. 36

smanjuje učinkovitost prometne infrastrukture i povećava vrijeme putovanja, zagađenje zraka i potrošnju goriva.⁹

Današnji razvoj cesta stvorio je novu pustoš koja je dovela do povećanja broja nesreća u cijelom svijetu, kako bi se prevladao takav problem, Inteligentni transportni sustav ima dobru točku. Inteligentni transportni sustav dizajniran je za organizaciju gradskog/državnog/privatnog cestovnog prijevoza. Sustav se sastoji od pozadinske i hardverske komponente za pružanje integriranog rješenja za jedinicu vozačke konzole, elektronički uređaj za otkucavanje putničkog informacijskog sustava usred sustava za praćenje vozila. Inteligentni transportni sustav pruža jedno rješenje za prijevoznike tvrtke za raspored i nadzor autobusa uz pomoć naprednih tehnologija kao što su GPS, Wi-Fi i GPRS. Inteligentni transportni sustav omogućava bolje usluge javnog prijevoza uzimajući u obzir zaradu autobusa, javnu sigurnost i sigurnost.

Svjetsko stanovništvo se sve brže povećavalo ali je prešlo brojku od 7 milijardi; istodobno raste i svjetska ekonomija. Ljudi su navikli na veću mobilnost i stoga je, kada je riječ o mobilnosti, prijevoz, posebice cestovni, onaj koji je svima lako dostupan. Nema sumnje da će među ljudima koji koriste sustav prijevoza biti više sukoba (nesreća) u prijevozu, a stoga dolazi do potrebe za pravilnom sustavnom potražnjom za sustavom prijevoza koji je sposoban sigurno rukovati velikom masom ljudi na kotačima i pobrinuo se da bude i ekološki prihvatljivo.

Diljem svijeta osnovana su razna društva i udruge za razvoj inteligentnog transportnog sustava, prvi je 1991. godine osnovan od strane Ministarstva prometa SAD-a: zajedno s tim predloženo je nekoliko prototipova u kontekstu istog, samo nekoliko implementiranih. Komunikacija između vozila i vozila, komunikacija između vozila i infrastrukture, elektroničko prikupljanje naknada neki su od vrlo popularnih projekata koji se odvijaju diljem svijeta.¹⁰ Kada je riječ o zemljama u razvoju poput Indije, inteligentni transportni sustav je u primarnoj fazi razvoja. Svaka nacija, bila

⁹Bošnjak, I., Mandžuka, S., Šimunović, Lj. (2007). Mogućnosti inteligentnih transportnih sustava u poboljšanju stanja sigurnosti u prometu, Kaštela, S., Steiner, S. (ur.). *Zbornik radova: Nezgode i nesreće u prometu i mjere za njihovo sprječavanje*, Zagreb: Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, str. 17

¹⁰Bošnjak, I., Mandžuka, S., Šimunović, Lj. (2007). Mogućnosti inteligentnih transportnih sustava u poboljšanju stanja sigurnosti u prometu, Kaštela, S., Steiner, S. (ur.). *Zbornik radova: Nezgode i nesreće u prometu i mjere za njihovo sprječavanje*, Zagreb: Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, str. 17

ona razvijena ili u razvoju, kada implementira inteligentne tehnologije, površinski transportni sustav bit će najsigurniji, najekonomičniji i na kraju, ali ne najmanje prihvatljiv za okoliš.

Tehnologija inteligentnog transportnog sustava može se definirati kao primjena informacijske tehnologije na površinski transport kako bi se postigla povećana sigurnost i mobilnost uz smanjenje utjecaja transporta na okoliš. Inteligentni transportni sustav (ITS) novo je istraživačko područje koje uključuje upotrebu različitih područja kao što su mreže senzora, strojno učenje (ML), transportno područje iz građevinarstva i mnoga druga. To je zapravo kombinacija različitih istraživačkih područja koja se posebno fokusiraju na problem sigurnosti na cestama. ITS-ovi su dizajnirani i implementirani za rješavanje problema povezanih s prometom kao što su upravljanje prometom sprječavanje nesreća, naplata cestarina, sustavi parkiranja i kontrola zagađenja. ITS se posebno bavi pružanjem pametnog transportnog sustava za upravljanje ogromnim brojem vozila na cesti kako bi se smanjile prometne gužve i izbjegle nesreće. ITS-ovi jačaju prometni sustav koristeći različite tehnologije za osnaživanje usluga povezanih s prometnim zagušenjem, upravljanjem prometom i prometnim nesrećama putem informiranja korisnika o scenariju ceste u stvarnom vremenu.¹¹

ITS osigurava sigurnost na cestama i spašava živote ljudi tako što ih prethodno informira o uvjetima na cesti, klimatskim uvjetima i prometnim uvjetima. Ovo uglađuje i čini transportni sustav učinkovitijim poboljšavajući kvalitetu transportnih mreža. Može se potvrditi da ITS radi pomoću informacijske tehnologije i bežičnih mreža koje su uključene u komunikaciju signala među različitim vozilima koja se kreću cestom. Vozila u pokretu na taj se način upoznaju sa stanjem prometne gužve na cestama i na temelju toga se mogu pripremiti za upravljanje prometom.

Na taj način, ITS pomaže da prometni sustav radi na učinkovit način. Brzi porast stanovništva drastično utječe na mobilnost ljudi na kolniku. Promet vozila uključuje upravljanje prometom u uličnoj organizaciji. Smanjuje zagušenja, smanjuje sudare vozila i poboljšava protok vozila na

¹¹ Bošnjak, I., Mandžuka, S., Šimunović, Lj. (2007). Mogućnosti inteligentnih transportnih sustava u poboljšanju stanja sigurnosti u prometu, Kaštela, S., Steiner, S. (ur.). *Zbornik radova: Nezgode i nesreće u prometu i mjere za njihovo sprječavanje*, Zagreb: Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, str. 17

cesti, posebno normalno korištenje resursa kolnika. Pravila, znakovi i svjetla za promet i policijski promet dodali smo kako bismo predstavili temelje smjernica za promet.

Sustav prijevoza u zemljama u razvoju suočio se s problemima s nekoliko stvarnih čimbenika zbog nepostojanja ulične infrastrukture: velikoj većini ovih zemalja u razvoju nedostaju odgovarajući okviri kolnika. To implicira da se bilo koja vrsta vozila kreće jednim kolosijekom. Štoviše, neke od zemalja pate od telekomunikacijskih tehnologija zbog kojih se ne mogu uhvatiti u koštac s problemima prometnog sustava. ITS je integracija informacijske i komunikacijske tehnologije koja im pomaže u rješavanju problema nastalih zbog tradicionalnog transportnog sustava. Prometni okviri u poljoprivrednim nacijama suočeni su s nekoliko stvarnih čimbenika. Nedostaje vrijedna ulična infrastruktura: veći dio ovih nacija nema sjajnu uličnu infrastrukturu. Nedostatak telekomunikacijskih temelja je drugi problem u ovim narodima. Dodatno imaju nedostatak učinkovitog okvira za promatranje vježbi vezanosti.¹²

Osim toga, u tim je zemljama velika stopa prometnih nesreća, osobito na ulicama koje povezuju urbane gradove. Za implementaciju ITS- a korištene su različite tehnologije. Najpopularnije tehnologije koje se koriste su Internet stvari (IoT) i Internet vozila.

2.3. Primjena inteligentnih transportnih sustava

ITS aplikacije mogu povećati učinkovitost poslovanja, potaknuti korištenje različitih načina prijevoza i poboljšati razinu sigurnosti, a neke od istih su:¹³

1. Sustavi za raspoređivanje i povezivanje vozila, tereta i vozača te automatsko prikupljanje izvješća o vožnji.
2. Optimalne rute za standardni i 'nestandardni' transport, kao što su prevelika vozila ili opasna roba.

¹² Bošnjak, I., Mandžuka, S., Šimunović, Lj. (2007). Mogućnosti inteligentnih transportnih sustava u poboljšanju stanja sigurnosti u prometu, Kaštela, S., Steiner, S. (ur.). *Zbornik radova: Nezgode i nesreće u prometu i mjere za njihovo sprječavanje*, Zagreb: Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, str. 17

¹³ Crainic, T.G., Gendreau, M., Potvin, J.Y. (2009). Intelligent freight-transportation systems: Assessment and the contribution of operations research, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 17(6), str. 541-557.

3. Praćenje rada vozila u vezi sa sigurnošću, uz pohranjivanje podataka u vozilu za odgovaranje na upite na putu.
4. Praćenje i praćenje komercijalnih vozila, kontejnera ili tereta na njihovom putu, dok se prati njihov fizički status, npr. za hranu ili opasnu robu.
5. Automatizacija komercijalne i regulatorne dokumentacije koja prati gospodarska vozila i robu.
6. Pružanje "ureda u taksiju" za vlasnike/vozače vozila.

ITS koristi informacijsku tehnologiju i razne druge napredne tehnologije koje ne koriste tradicionalni ITS. ITS pruža prednosti u dva područja: prvo je smanjenje prometnih gužvi i smanjenje broja nesreća, a drugo, transformacija konvencionalnog ITS -a u inteligentni kako bi se poboljšala njegova učinkovitost i olakšalo vozačima.

Dolje su opisane prednosti korištenja ITS-a:¹⁴

1. Mobilnost: Budući da je prijevoz vrlo važan čimbenik u životu ljudi, gospodarstvo nacije i ljudi ovise o ITS-u. Zbog čega se moraju seliti s jednog mjesta na drugo, a slično robi i uslugama također je potreban prijevoz kako bi služili potrebama ljudi. ITS pomaže putnicima u osiguravanju putanje s jednog mjesta na drugo tako što ih prethodno obavještava o prometnim uvjetima na cesti. Na taj način, ITS igra vitalnu ulogu u mobilnosti ljudi i proizvoda diljem svijeta.
2. Prometne gužve: ITS se općenito koristi za izbjegavanje prometnih gužvi pružanjem informacija o uvjetima na cesti, klimatskim uvjetima i drugim čimbenicima poput semafora i mnogo više i vodi ljude najprikladnijom rutom kako bi se izbjegao problem prometnih zagušenja i na taj način uglađuje prometni sustav.
3. Kontrola onečišćenja: promet na cesti raste iz dana u dan zbog nekoliko razloga zbog povećanja broja vozila; povećava se i emisija onečišćujućih tvari iz vozila što šteti okolišu. Onečišćenje može biti bilo koje vrste, poput emisije štetnog dima iz vozila koji uzrokuje onečišćenje zraka i glasne sirene vozila uzrokuju zagađenje bukom.

¹⁴ Antoliš, K., Strmečki, S., Magušić, F. (2008). Informacijska sigurnost i inteligentni transportni sustavi, *Suvremeni promet*, 28(5), str. 353-355

Dakle, implementacija ITS-a može voditi ljude i vozila da uoče zagađivače dajući im pravovremene smjernice za njihovo održavanje vozila.

4. Sprječavanje nesreća: Povećanje prometa na cesti također povećava broj nesreća koje stvarno prijete životima. ITS implementacija može spriječiti nesreće i može spasiti živote ljudi dajući im ispravne upute tijekom vožnje.
5. Poboljšanje pouzdanosti vremena do putovanja: Implementacija ITS smanjuje vrijeme potrebno da se stigne do odredišta pružanjem najbolje optimizirane rute za putovanje.

Nedostaci ITS-a su:¹⁵

1. Ovisnost: Implementacija ITS-a u potpunosti ovisi o internetskoj povezanosti. To znači da ne može raditi u područjima koja nemaju internetsku vezu i u područjima gdje je internetska povezanost vrlo loša. Implementacija ITS-a zahtijeva korištenje niza najnovijih tehnologija koje mogu, ali i ne moraju biti poznate ljudima koji je koriste, tako da trenutno nije previše uspješna. To je tehnologija u nastajanju koja još uvijek treba puno rada da bi se provela. Štoviše, mnoga vozila nisu ugrađena u najnovije tehnologije na kojima se ITS može implementirati. ITS je koristan samo za ona vozila koja imaju ugrađene najnovije tehnologije i komponente.
2. Visoki troškovi: Zbog upotrebe velikog broja komponenti u implementaciji ITS-a, cijeli ITS sustav postaje vrlo skup pa ga nije moguće implementirati za sve. Potrebno je mnogo poboljšanja kako bi se moglo učiniti jeftinijim i svatko si može lako priuštiti kupnju potrebnih komponenti kako bi se njihova vozila mogla povezati s ITS-om. Štoviše, troškovi održavanja su vrlo visoki.
3. Nedostatak svijesti: budući da je ITS tek u nastajanju tehnologije, mnogi ljudi još uvijek nisu svjesni ove tehnologije pa nisu ni svjesni prednosti ovog sustava. Da bi ITS bio uspješan, potrebna je svijest među ljudima.
4. Nedostatak resursa: ITS ne može postati uspješan dok svi potrebni resursi nisu dostupni. Za implementaciju ITS-a potrebni su različiti resursi koji mogu biti povezani

¹⁵ Antoliš, K., Strmečki, S., Magušić, F. (2008). Informacijska sigurnost i inteligentni transportni sustavi, *Suvremeni promet*, 28(5), str. 353-355

s tehnologijom, random snagom te je potrebno usvojiti pravila i politike na kojima je vrlo teško surađivati.

3. INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI NA AUTOCESTAMA

3.1. Proces naplate cestarine putem inteligentnih transportnih sustava

Cestarine su se tradicionalno naplaćivale za određeni pristup (npr. grad) ili za određenu infrastrukturu (npr. ceste, mostovi). Ovi koncepti bili su široko korišteni sve do prošlog stoljeća. Međutim, razvoj tehnologije omogućio je provedbu politika naplate cestarina na temelju različitih koncepata. Različiti koncepti naplate osmišljeni su tako da odgovaraju različitim zahtjevima u vezi s namjenom naknade, politikom naplate, mrežom do naplate, diferencijacijom tarifnih klasa itd.¹⁶

U konceptu sustava naplate udaljenosti ili područja, vozila se naplaćuju po ukupnoj prijeđenoj udaljenosti u definiranom području. Prometna djelatnost značajno doprinosi ukupnom gospodarskom i društvenom razvoju. To se odnosi i na prijevoz robe koji omogućuje da proizvedena roba i usluge dopiju na tržište, tj. biti na raspolaganju samim potrošačima, kao i prijevozu putnika koji omogućuje mobilnost ljudi u svrhu ostvarivanja profesionalnih i drugih društvenih aktivnosti.

No, unatoč tome što predstavlja osnovnu pokretačku snagu svakog modernog gospodarstva i pruža velike mogućnosti socijalne interakcije među ljudima, danas, zbog negativnog utjecaja na okoliš, s jedne strane, i nužnosti održivog razvoja, na s druge strane, sektor prometa je pred velikim ispitom. Naime, primjetno je da posljednjih godina postojeće tendencije razvoja, pristupi i dostupne tehnologije u prometnom sektoru imaju snažne posljedice na okoliš, zdravlje ljudi, au konačnici i gospodarstvo u cjelini, te stoga nisu dugoročno održivi.

Zbog toga se u razvijenim zemljama i zemljama u razvoju posljednjih godina ulažu veliki napor u kreiranje i provedbu strategije prometnog razvoja koja će istovremeno omogućiti i jamčiti mobilnost pojedinaca te poboljšati ekološke i društvene uvjete. Cestovni promet javlja se kao najznačajniji izvor negativnih vanjskih učinaka ili troškova za okoliš, zdravlje i sigurnost ljudi. Zbog toga se ovoj vrsti prometa posvećuje posebna pažnja u iznalaženju instrumenata za provedbu strategije održivog razvoja. Inače, sam pojam održivog prometa može se izvesti iz šireg pojma

¹⁶ Sršen, M. (2012). Inteligentni transportni sustavi u upravljanju cestovnom mrežom, *Suvremeni promet*, 24(1/2), str. 141-151.

održivosti koji podrazumijeva ekonomsku, društvenu i ekološku dimenziju održivosti, a koji glasi: održivi razvoj znači zadovoljavanje potreba sadašnje generacije bez ugrožavanja sposobnosti budućim generacijama kako bi zadovoljili svoje potrebe.¹⁷

U sektoru prometa koriste se tri osnovne kategorije ekonomskih instrumenata:¹⁸

- Subvencije,
- dražbe i nadmetanja,
- naknade i porezi.

Subvencije imaju za cilj pojeftiniti određene vrste prometa za iznos plaćene subvencije. Na taj način ovi financijski poticaji utječu na trenutni obujam i strukturu različitih vrsta prometa, a time i na učinke koje prometna djelatnost ima na okoliš.

Učinci na okoliš očituju se kroz utjecaj subvencija na:¹⁹

- ekološka učinkovitost vozila, omogućavanjem premošćivanja jaza između troškova vozila koja su mnogo ekološki prihvatljivija i troškova konvencionalnih vozila.
- upravljanje prometom (npr. utječu na odluke koje se tiču obujma i strukture voznog parka, planiranih ruta itd.), a time i na učinkovitost prometnog sustava.
- polje djelovanja različitih vrsta prometa, dovodeći do preusmjerenja s više na manje, za okoliš, štetne vrste prometa i obrnuto.
- obujam prijevoza, jer raste potražnja za prijevoznim uslugama koje su jeftinije zbog subvencioniranja, što može utjecati na promjenu ukupne emisije onečišćujućih tvari.

Aukcije i natječaji predstavljaju kategoriju kvantitativnih instrumenata koji se koriste za određivanje cijena prijevoza u situacijama kada postoje režimi koji kvantitativno ograničavaju pristup prijevozu. Glavni cilj poreza i naknada je prikupljanje novca potrebnog za financiranje državnih rashoda. No, s obzirom da porezi i pristojbe dovode do promjene relativnih cijena

¹⁷ Mandžuka, S. (2010). *Inteligentni transportni sustavi II*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, str. 72

¹⁸ Sršen, M. (2012). Inteligentni transportni sustavi u upravljanju cestovnom mrežom, *Suvremeni promet*, 24(1/2), str. 141-151.

¹⁹ Novikov, A., Pribyl, P., Vasileva, V., Katunin, A. (2017). ITS control of highways capacity, *Transportation research procedia*, Vol. 20, str. 468-473.

oporezovanih proizvoda i usluga u odnosu na neoporezovane, oni mogu uvelike utjecati na promjenu ponašanja potrošača i proizvođača.²⁰Zbog toga se sve više koriste kao instrumenti za postizanje određenih ciljeva u okviru prometne, energetske i politike zaštite okoliša.

Porezi su instrument kojim država, obvezno bez izravne naknade, prikuplja novčana sredstva za podmirenje svojih financijskih potreba i postizanje drugih, prvenstveno gospodarskih ciljeva. S druge strane, porezi su javni prihodi koje država i njezina tijela dobivaju kao naknadu od pojedinaca ili skupina za usluge koje pružaju njihova tijela i ustanove. Osnovni cilj uvođenja naknada i poreza u prometu i prijevozu je osigurati smanjenje ukupne potražnje za prometnim uslugama te destimulirati korištenje prometnih tehnologija i načina prijevoza koji su štetniji za okoliš i zdravlje ljudi, povećanjem cijene transportnih usluga. Porezi i naknade predstavljaju najvažniju kategoriju ekonomskih instrumenata i zato se njihovom proučavanju posvećuje najveća pozornost, a u ovom slučaju je fokus na naknade za vožnju određenom cestom ili određenim područjem. Osnovna ideja ovog instrumenta je da korisnici plaćaju određenu naknadu za vožnju određenom cestom ili određenim područjem. S obzirom da njegova primjena povećava troškove kretanja vozila, javlja se kao važan instrument za poticanje vozača na korištenje alternativnih oblika prijevoza.²¹ Osim toga, predstavlja važan instrument u funkciji povećanja prihoda za financiranje prometne infrastrukture (uz napomenu da ovaj instrument, s obzirom da je njegova primjena na cijeloj cestovnoj mreži tehnički i financijski teško izvediva, ne može predstavljati jedan od najvažnijih) važni instrumenti za stvaranje prihoda iz kojih će se financirati prometna infrastruktura) i važan instrument u borbi za smanjenje prometnih gužvi, što dovodi do smanjenja potrošnje goriva i manje emisije štetnih tvari.

Troškovi i tehnologija potrebni za nametanje i prikupljanje ovih vrsta pristojbi važno su pitanje pri odlučivanju o njihovoj primjeni. Također, važno je pitanje preusmjerenja vozila s prometnica na kojima se naplaćuju ove vrste pristojbi na okolnu cestovnu mrežu, jer će se mnogi vozači, kako bi izbjegli ovu vrstu naplate, prebaciti na sporedne ceste ili ceste čija pojačana uporaba može imati mnogo veće posljedice po život.

²⁰ Mandžuka, S. (2010). *Inteligentni transportni sustavi II*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, str. 73

²¹ Novikov, A., Pribyl, P., Vasileva, V., Katunin, A. (2017). ITS control of highways capacity, *Transportation research procedia*, Vol. 20, str. 468-473.

Kako bi se preusmjeravanje vozila zadržalo u prihvatljivim granicama, visina ovih naknada ne bi trebala biti previsoka. S druge strane, u ovaj sustav naplate moguće je uključiti i okolnu mrežu prometnica.

3.2. Proces informiranja i upravljanja procesima na autocesti putem inteligentnog transportnog sustava

Za svaki slučaj potrebno je izraditi procjenu utjecaja na okoliš (posebice ili u vezi s prometnicom), te analizirati stupanj sigurnosti/opasnosti prometa zbog postavljanja naplatne postaje na kolniku.

Naplatne postaje ne smiju se postavljati:²²

- na područjima gdje postoje izvori pitke vode,
- (pre)blizu gusto izgrađenim područjima namjenjenim za miran boravak (stanovi, bolnice, škole),
- u područjima sa slabim provjetranjem,
- u područjima depresija ili u područjima sa velikim uzdužnim nagibom kosine (preporučljivo: manjim od 2%),
- u područjima horizontalnih krivina sa takvim radijusima da je vidljivost sa desne strane iznad površine kolovoza (pregledna udaljenost na ulazu).

Kada nije moguće ispuniti navedene uvjete, građevinske ili druge zaštitne mjere moraju se odrediti za svaki slučaj posebno, kako bi se osiguralo normalno funkcioniranje naplatnih postaja.

Karakteristike sustava su brojne veze, besplatno uključivanje i isključivanje s njih, kao i izbjegavanje kretanja cestama na kojima se plaća cestarina. Zbog toga su glavne naplatne postaje postavljene na mjestima koja je nemoguće ili barem vrlo teško izbjeći.

OSNP omogućuje projektiranje određene dionice ceste za prometnu funkciju koja nije tipična za cestu na kojoj se provodi naplata cestarine, a unutar te dionice se ne provodi naplata cestarine za

²² Crainic, T.G., Gendreau, M., Potvin, J.Y. (2009). Intelligent freight-transportation systems: Assessment and the contribution of operations research, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 17(6), str. 541-557.

vozila. Zbog toga se u pravilu ovakvi sustavi uvode na području gdje cesta prolazi kroz veće gradove, a dionica ceste je projektirana kao obilaznica. Prednosti OSNP-a su sljedeće:²³

- manja iskorištenost prostora (manje naplatnih kućica)
- manji investicijski troškovi;
- manji troškovi naplate cestarine.

Nedostaci OSNP-a su sljedeći:²⁴

- vozila se mnogo češće zaustavljaju unutar prijeđene udaljenosti,
- cestarina se naplaćuje prema dužini, bez obzira na prijeđenu udaljenost,
- ne naplaćuje se cestarina za prometne tokove koji ne prolaze kroz glavnu naplatnu postaju,
- manji dotok zbog izbjegavanja cesta s naplatom cestarine,
- veća koncentracija štetnih utjecaja na okoliš.

Kod zatvorenog sustava naplate cestarine (ZSNP), naplatne postaje postavljaju se na priključcima. Sustav funkcionira tako da se vozilo registrira na ulaznoj stanici, a cestarina se naplaćuje na izlaznoj stanici.²⁵ Glavna naplatna postaja postavljena je na početku i na kraju naplatne dionice. Sustav karakteriziraju priključne točke gotovo svakih 10 km (u ruralnim područjima) i 6 km (u predgrađima), kao i na svim lokacijama s velikim prometnim potencijalom. Kada su spojne točke bliže jedna drugoj, troškovi izgradnje naplatne postaje kao i troškovi naplate cestarine u pravilu su puno veći. Često je mnogo jeftinije izgraditi dodatnu (servisnu) cestu između dvije susjedne priključne točke. Stoga je navedeni sustav ekonomski nepogodan za područja velikih gradova.

Prednosti ZSNP-a su sljedeće:²⁶

- prohodnost na cijeloj dionici ceste bez zaustavljanja ili smanjenja brzine,
- cestarina se naplaćuje samo za stvarno prijeđenu udaljenost,
- cestarina se naplaćuje za sve prometne tokove cijelom dužinom ceste,

²³ Bošnjak, I., Mandžuka, S., Šimunović, Lj. (2007). Mogućnosti inteligentnih transportnih sustava u poboljšanju stanja sigurnosti u prometu, Kaštela, S., Steiner, S. (ur.). *Zbornik radova: Nezgode i nesreće u prometu i mjere za njihovo sprječavanje*, Zagreb: Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, str. 17

²⁴Bošnjak, I. (2006). *Inteligentni transportni sustavi I*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, str. 26

²⁵ Mandžuka, S. (2010). *Inteligentni transportni sustavi II*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, str. 85

²⁶ Bošnjak, I. (2006). *Inteligentni transportni sustavi I*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, str. 27

- zabranjeno kretanje u suprotnom smjeru.
- Nedostaci ZSNP-a su sljedeći:
- veći investicijski troškovi,
 - veći troškovi naplate cestarine,
 - mala potrošnja energije u područjima gdje su spojne točke gusto postavljene.

Dopunjeni otvoreni sustav naplate cestarine je otvoreni sustav naplate cestarine koji je dopunjen naplatnim postajama koje se nalaze na dva kraka spojne ceste koja vodi od obližnje glavne naplatne postaje. Čvorne naplatne postaje ne smiju se postavljati na čvorištu koje se nalazi neposredno između dviju uzastopnih glavnih naplatnih postaja. Naplatne postaje na čvorištima mogu se izostaviti, kao ekonomski neopravdane, na onim čvorišnim krakovima gdje je gustoća prometa vrlo mala.²⁷Ovaj sustav podrazumijeva kombinaciju zatvorenog i otvorenog sustava naplate cestarine, pri čemu se naplata cestarine vrši za sva vozila na dionici, neovisno o tome je li na pojedinom kraku priključka namjerno izostavljena naplatna stanica. Cilj postavljanja naplatnih postaja na čvornim krakovima je spriječiti izbjegavanje glavne naplatne postaje i naplatu prometnih tokova na području između dviju glavnih naplatnih postaja, za koje se inače ne bi naplaćivala cestarina.

Ovaj sustav omogućuje naknadnu izgradnju individualnih naplatnih postaja na čvorištima tijekom eksploatacije cesta, na kojima čak i kada se obujam prometa toliko poveća da naplata postaje ekonomski opravdana. Prednosti dopunjenog otvorenog sustava naplate cestarine u odnosu na otvoreni sustav naplate cestarine su:²⁸

- smanjenje gubitaka sredstava prikupljenih naplatom cestarine zbog izbjegavanja glavne naplatne postaje,
- iznos naplaćene cestarine uvećava se za iznos naplaćene cestarine na prometnim tokovima za koje se cestarina ne naplaćuje u otvorenom sustavu naplate,
- jednake troškove snose korisnici,
- većina korisnika plaća cestarinu prema stvarno prijeđenoj udaljenosti,

²⁷ Mandžuka, S. (2010). *Inteligentni transportni sustavi II*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, str. 89

²⁸ Bošnjak, I. (2006). *Inteligentni transportni sustavi I*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, str. 30

- za preustroj u zatvoreni sustav naplate cestarine bilo bi potrebno ukloniti glavnu naplatnu postaju (troškovi),
- mogućnost postupnog uvođenja pojedinačnih naplatnih postaja na čvorištu (ekonomski aspekt).

Nedostaci dopunjenog otvorenog sustava naplate cestarine u odnosu na otvoreni kod sustava naplate cestarine veći su investicijski troškovi i dodatni troškovi naplate.

Izmijenjeni zatvoreni sustav naplate cestarine (DZSNP) je izmijenjeni zatvoreni sustav naplate cestarine kod kojeg se glavna naplatna postaja ne postavlja na početak/kraj cijele dionice za koju se naplata cestarine provodi unutar zatvorenog sustava.²⁹

Naplatne postaje na čvorovima postavljaju se na čvorne krakove koji su izvan zatvorenog sustava naplate cestarine. Postavljaju se na onim krakovima koji vode promet od glavne naplatne postaje. Ovaj sustav najčešće se uvodi u područjima velikih gradova, gdje je glavna naplatna postaja, zbog prometnih (zagušenosti) i razloga vezanih za okoliš (negativni utjecaji), postavljena dalje od gusto izgrađenih urbanih područja.

Prednosti dopunjenog zatvorenog sustava naplate cestarine u odnosu na zatvoreni sustav naplate cestarine su:³⁰

- cestarine se naplaćuju na prometnim tokovima koji se inače ne bi naplaćivali,
- cestarina se naplaćuje za sva vozila na određenoj cesti s naplatom cestarine.

Nedostaci dopunjenog zatvorenog sustava naplate cestarine u odnosu na zatvoreni sustav naplate cestarine su:

- dodatni investicijski troškovi,
- dodatni troškovi naplate cestarine.

²⁹ Mandžuka, S. (2010). *Inteligentni transportni sustavi II*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, str. 93

³⁰ Bošnjak, I. (2006). *Inteligentni transportni sustavi I*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, str. 33

3.3. Analiza primjene inteligentnih transportnih sustava na autocestama u regiji

U svrhu razvoja i implementacije ITS-a, CEF se usredotočuje na provedbu prioriternih radnji Direktive 2010/40/EU i njezinih delegiranih uredbi. Financiranje CEF-a u ovom području djeluje kao katalizator za razvoj dotičnog koridora, gdje ITS usluge imaju dokazan utjecaj na učinkovitost i sigurnost na njegovoj mreži. Štoviše, ITS usluge su usklađene, interoperabilne i postavljene na razini koridora, tako da europski vozač može nesmetano putovati kroz nekoliko država članica. Arc Atlantic ITS koridor (faza 2 i 3), s ukupnim udjelom financiranja koridora od 13,9 milijuna eura, cilja na provedbu prioriternih radnji Direktive 2010/40/EU i njezinih delegiranih uredbi.³¹ Cilj mu je, između ostalog, implementacija ITS-a koji izravno utječe na prijevoz putnika i robe na više od 29 000 km cesta koridora Sjeverno more – Sredozemlje i Atlantik. Ovaj cilj će se postići ugradnjom potrebne ITS opreme i infrastrukture na tim koridorima kako bi se osigurale nove ili nadograđene usklađene usluge upravljanja prometom i prometnih informacija. To je posebno važno za Atlantski koridor koji ima visoku pomorsku komponentu i gdje roba uvezena iz inozemstva kroz njegove luke uglavnom stiže do središta Europe vrlo dugim cestovnim putovanjima. Atlantski koridor ima dobre rezultate u odnosu na ITS i C-ITS. Uz veliku potporu EU-a (tj. projekti Arc Atlantique, MEDTIS, itd.), glavne atlantske ceste već su dobro pokrivene sustavima upravljanja prometom i prometnim informacijskim sustavima, u skladu s "Akcijom b" ITS Direktive.

Nadalje, od Portugala prema Francuskoj (kroz Španjolsku) i dalje do Njemačke (iako bez cestovne komponente na koridoru), implementacija interoperabilnih C-ITS usluga Day 1 i Day 1.5 postiže se punim angažmanom triju zemalja u platforma C-Roads. To je već omogućilo provedbu nekoliko prekograničnih pilot projekata interoperabilnih rješenja, s planiranim višim razinama u narednim godinama. Štoviše, u tijeku je nekoliko projekata duž Atlantic Roads koji se tiču sigurnosti na cestama i pripreme za automatizaciju. Posljedično, može se potvrditi da Atlantski koridor ne samo da ima koristi od implementacije ITS uređaja u poboljšanju sigurnosti, održivosti i učinkovitosti u svojoj cestovnoj mreži, već se također dokazuje kao vrlo zanimljiv laboratorij za stečeno iskustvo

³¹ Walter, J. (2022) The C-Roads Platform, An overview of harmonised, C-ITS deployment in Europe, Bruxelles, str. 1-36

i naučene lekcije. To će omogućiti pružanje vrlo korisnih pokazatelja o tome kako dodatno poboljšati ulogu ITS-a unutar tekućeg procesa revizije Uredbe TEN-T.

Implementacija usluga inteligentnih transportnih sustava (ITS) u Europi bila je prioritet dugi niz godina jer su kreatori politika shvatili potencijal da se cestovni promet učini pametnijim. TEN-T program EU-a (2007.-2013.), koji je označio početak europske ITS platforme i prvih "ITS koridora" zapravo je već podržavao ITS projekte diljem našeg kontinenta. Od 2014. implementaciju ITS-a i C-ITS usluga u mnogo većem opsegu podržava program potpore infrastrukturi Europske unije, Instrument za povezivanje Europe (CEF). Kroz više od 50 projekata, oko 500 milijuna eura dodijeljeno je ITS-u, što je pokrenulo ulaganja od preko 1,3 milijarde eura. Značajan udio ovog financiranja EU-a dodijeljen je "ITS koridorima": 16 CEF akcija s financiranjem iznad 160 milijuna eura, koje generiraju ulaganja veća od 720 milijuna eura. ITS koridori, koji su usklađeni s koridorima osnovne mreže TEN-T i predstavljaju prioritet u ulaganjima EU-a za sve načine prijevoza, zahtijevaju blisku suradnju država članica.³² Omogućuju provedbu dugih dionica cesta opremljenih ITS uslugama, koje stoga moraju biti usklađene i interoperabilne. Ovo je za dobrobit europskih korisnika cesta koji mogu uživati u bespriječnom putovanju bez tehničkih neugodnosti različitih ITS usluga i standarda preko granica. U tom smislu, uvjeren sam da potpora CEF-a nije samo financijski poduprla uvođenje ITS usluga, već je također pomogla u koordinaciji među brojnim dionicima ITS-a, posebno državama članicama EU-a, potičući njihovu podršku ovoj tehnologiji.

Unatoč postignućima i stvarnim prednostima EU EIP-a i ITS koridora, promet i njegova infrastruktura moraju se više digitalizirati kako bi pružili bolje usluge korisnicima, kao i ispunili ključne ciljeve za okoliš, sigurnost, europsku sigurnost, kohezija kroz bolji prometni sustav i poboljšano funkcioniranje zajedničkog jedinstvenog tržišta u domeni prometa. ITS koridori i dosadašnji rad EU EIP-a pomoći će, budući da se bavi kako, da se kapitalizira sve gušća domena podataka. Nove i poboljšane usluge koje su povećale digitalizaciju mogu se smatrati vrijednim rezultatom: EU EIP i koridori imaju ulogu u postizanju veće multimodalnosti diljem Europe. Kao

³² Walter, J. (2022) The C-Roads Platform, An overview of harmonised, C-ITS deployment in Europe, Bruxelles, str. 1-36

takav, cilj EU EIP1 i ITS koridora je podržati optimizaciju jedinstvenog prometnog područja kroz usklađenu implementaciju digitalnih ITS sustava i usluga, doprinijeti formiranju digitalnog transportnog sloja, istovremeno osiguravajući interoperabilnost i kontinuitet usluga na Europska prometna mreža. Ovaj dokument ilustrira neka od ovih dosadašnjih postignuća.³³

Općenito, europska ITS platforma do danas je isporučila kako je planirano i nastaviti će prikupljati, obrađivati i stavljati na raspolaganje rezultate evaluacije koridora od sada do kraja programa Europske ITS platforme. Potpuna i ažurna detaljna izvješća o koridorima mogu se pronaći u Europskoj biblioteci za evaluaciju ITS platforme. Dok izvješćivanje o koridorima u nekim slučajevima tek treba biti dovršeno, neki dobri primjeri utjecaja prijavljenih do danas uključeni su u sljedeće odjeljke.

C-Roads Austria izgrađena je na projektu europskog C-ITS koridora u Austriji (ECo-AT7), kako je definirano u austrijskoj C-ITS strategiji. Cilj je bio zamijeniti ECo-AT Living Lab s operativnim C-ITS sustavom na mreži austrijskih autocesta. Za to je 2018. godine objavljen veliki natječaj za nacionalno uvođenje potpuno "hibridnog" C-ITS sustava uz cestu, uključujući nekoliko stotina stanica uz cestu i različite slučajeve upotrebe Dan 1 i budući Dan 2 iz kataloga C-Roads. Nakon formiranja Grupe za implementaciju C-ITS-a8 i njezine uspješne izjave o nastavku implementacije krajem 2019., prvi ugovor za namjenske pilot instalacije dodijeljen je krajem 2019., s 25 ITS-G5 stanica uz cestu oko Beča, Graza i Linza. Iste godine sklopljen je okvirni ugovor za prikolice za radove na cestama opremljene ITS-G5.³⁴

Natječaj za implementaciju C-ITS-a na nacionalnoj cesti zaključen je u listopadu 2020. godine, a okvirni ugovor dodijeljen je tvrtki Siemens Mobility Austria. Izvan tog okvira, početni ugovor uključivao je isporuku središnje C-ITS stanice i 175 ITS-G5 postaja uz cestu, uključujući servis i rad do dvanaest godina. Do kraja 2021. te će cestovne postaje biti postavljene na autocestama oko

³³ Walter, J. (2022) The C-Roads Platform, An overview of harmonised, C-ITS deployment in Europe, Bruxelles, str. 1-36

³⁴ Walter, J. (2022) The C-Roads Platform, An overview of harmonised, C-ITS deployment in Europe, Bruxelles, str. 1-36

Beča, zapadnom koridoru Beč-Linz-Salzburg (kao dio C-ITS koridora Rotterdam-Frankfurt-Beč), oko Graza i na nekoliko pograničnih regija.

Češka je jedan od osnivača C-Roads Platforme zbog svog prethodnog iskustva u implementaciji C-ITS tehnologije. Pilot je ciljao gradove, javni prijevoz i željezničke prijelaze, kao i autoceste. Gradovi Brno, Ostrava i Pilsen među prvim su europskim gradovima u kojima je C-ITS u potpunosti implementiran.³⁵ Slično tome, prvi tramvaji i prvi sustavi signalizacije željezničkih prijelaza u Europi bili su opremljeni C-ITS tehnologijom kao dio češkog pilota C-Roads. C-ITS usluge postavljene na dionicama čeških autocesta pružaju sigurne poruke upozorenja vozačima o radovima na cesti, sporim i zaustavljenim vozilima, opasnim lokacijama i približavanju vozila hitne pomoći, omogućujući vozačima da prilagode način vožnje.

Osim informacija za vozače, usluga upozorenja na radove na cesti također štiti cestare putem poruka koje obavještavaju vozače o predstojećim radovima na cesti. Nacionalna terenska testiranja provedena su u ožujku 2020. kako bi se provjerila funkcionalnost sustava. U urbanom kontekstu, cestovni operater u Brnu okupio je brojne javne i privatne dionike kako bi formirali složeni C-ITS sustav, koji se već koristi u suradnji s javnim prijevozom i vatrogascima.

U skladu s pristupom usklađivanja C-Roadsa, pokazalo se da je čak moguće stvoriti funkcionalnu i potpuno interoperabilnu kooperativnu C-ITS mrežu s toliko različitih aktera. U gradovima Ostrava i Pilsen, poseban izazov opremanja vozila javnog prijevoza uključivao je potrebu rješavanja posebnih željezničkih propisa. Ovo je istaknulo buduću potražnju za tješnjom koordinacijom ovih zahtjeva s proizvođačima C-ITS opreme.

U Mađarskoj je implementacija C-ITS-a započela još 2015. Dio autoceste M1 između Austrije i Budimpešte dug 136 km odabran je za pilot implementaciju C-ITS usluga. Fokus ispitivanja bio je poboljšanje sigurnosti na cestama – posebno u zonama radova – stoga su također instalirana vozila za održavanje i mobilni RSU-ovi, koji mogu raditi i samostalno. Kao dio C-Roadsa, tvrtka

³⁵ Walter, J. (2022) The C-Roads Platform, An overview of harmonised, C-ITS deployment in Europe, Bruxelles, str. 1-36

Mađarske javne ceste provela je nadogradnju i proširenje pilota iz 2015. u pogledu pokrivenosti i funkcionalnosti. Dodatni Day 1 slučajevi upotrebe uvedeni su s mogućnošću hibridne komunikacije duž autoceste M1 (prema Austriji) i autoceste M7 (prema Hrvatskoj i Sloveniji).³⁶ Osim koridora jezgre mreže, posebna je pažnja posvećena i urbanim primjenama. Kontroleri semafora poboljšani su u gradu Győru kako bi se pružile informacije TTG/GLOSA na 10 susjednih raskrižja duž glavnog prometnog pravca, gdje su također dostupne usluge sigurnosti raskrižja. Pilot lokacije su operativne od veljače 2021. Mađarska je također već potpisala ugovor o dodjeli bespovratnih sredstava za C-Roads 2 Mađarska, kao nastavak trenutne faze. Planirani mađarski radni program posebnu pozornost posvećuje stvaranju urbanog ispitnog okruženja za autonomna i povezana vozila u gradu Zalaegerszegu, povezanom s Automotive Proving Ground Zala (APZ), i nadogradnjom na iskustva pilot projekta u Győru.

Implementacija će se usredotočiti na C-ITS usluge Dan 1 i Dan 1.5 s mogućnošću skaliranja do C-ITS usluga Dan 2. “ZalaZone” je šire područje koje uključuje grad i testnu stazu koja će biti spremna za testiranje autonomnih vozila, ali postoje još ambiciozniji planovi. U sklopu trilateralne suradnje na više razina, Austrija, Slovenija i Mađarska planiraju implementirati prekogranične testne rute. C-Roads 2 Mađarska će poboljšati ove napore implementacijom C-ITS usluga u širem gradskom području i TEN-T koridorima (s domaćim i prekograničnim dionicama).

Od 2016. godine, DARS, slovensko provedbeno tijelo, implementiralo je C-ITS usluge prvog dana koristeći i ITSG5 kratkog dometa i mobilne tehnologije dugog dometa. Usluge su implementirane na dionici autoceste A1 između Postojne i Divače u sklopu jezgre TEN-T mreže. Pilot mjesto je namjerno odabrano zbog ekstremnih vremenskih uvjeta koji se javljaju, posebno zimi (jaki vjetrovi, magla, snježne oluje), a često uzrokuju prometne nesreće u kojima sudjeluje i do 70 vozila (2016.). Ukupna duljina poligona je 24 km, gdje je postavljeno devet jedinica uz cestu na fiksnim pozicijama. Cjeline uz cestu povezane su s Centrom za upravljanje prometom u Kozini.

³⁶ Walter, J. (2022) The C-Roads Platform, An overview of harmonised, C-ITS deployment in Europe, Bruxelles, str. 1-36

Dodatno, postavljena je jedna mobilna postaja uz cestu za emitiranje C-ITS poruka u samostalnom načinu rada (npr. s prikolicama). Središnja aplikacija, koja se izvodi u pozadinskom uredu, omogućuje pokretanje različitih C-ITS poruka za implementaciju slučajeva korištenja koji uključuju usluge Obavijest o opasnim lokacijama, Upozorenje o radovima na cesti i Signalizacija u vozilu, u skladu s usklađenim specifikacijama C-Roads.³⁷

U 2020. godini ITS-G5 infrastruktura uz cestu nadograđena je i opremljena PKI-jem kako bi se zajamčila sigurna C-ITS komunikacija. Uz aktivnosti vezane uz cestovnu infrastrukturu ITS-G5, ITS infrastruktura je nadograđena i integrirana u usluge u stvarnom vremenu, s prometnim informacijama u stvarnom vremenu koje će postati operativne 2019. Pružanje prometnih informacija u stvarnom vremenu podržava usluge informiranja u oblaku. U 2017. godini započele su aktivnosti vezane uz mobilne telefone, što je rezultiralo mobilnom aplikacijom koja je svjesna lokacije za krajnje korisnike. Lansiran je, uspješno testiran i ocijenjen 2019.

3.4. Budućnost i perspektive razvoja inteligentnog transportnog sustava na autocestama

Budućnost pametnih načina je olakšavanje i kontroliranje prometa korištenjem energije, svjetla i informacija, koji se preklapaju. Neka od poboljšanja koja imaju priliku biti široko rasprostranjena na futurističkim autocestama uključuju:³⁸

- električni prioritetni trakovi (za punjenje EV baterija tijekom vožnje),
- cestovni znakovi (za slova i crteže),
- svjetla na vjetar (koristeći struju zraka iz automobila u prolazu)
- interaktivna svjetla (pale se kada se automobil približava), i
- dinamičke linije (kontinuirane ili isprekidane)

³⁷ Walter, J. (2022) The C-Roads Platform, An overview of harmonised, C-ITS deployment in Europe, Bruxelles, str. 1-36

³⁸ Saleemi, H., Rehman, Z. U., Khan, A. H., Aziz, A. (2022). Effectiveness of Intelligent Transportation System: case study of Lahore safe city, *Transportation Letters*, 14(8), 898-908.

Slika 1. Prikaz punjenja električnih vozila tijekom vožnje



Izvor: <https://automobili.hr/novosti/novosti-2/elektricna-vozila-puniti-ce-se-bezicno-tijekom-voznje>

Neke futurističke vizije čak govore o staklenim cestama (od stakla koje je jače od čelika) koje će omogućiti sigurno zaustavljanje automobila čak i pri velikim brzinama. Ove autoceste također trebaju uključivati rješenja kao što su solarni paneli, LED diode i mikroprocesori. Automatizirana vožnja i autonomna vozila možda su na naslovnica, ali pametni prijevoz i tehnologije koje ih pokreću puno su više od toga. Mnogi od nas se svakodnevno susreću i doživljavaju prijevoz temeljen na podacima – kada putuju na posao, kreću se gradom ili putuju na veće udaljenosti.

Inteligentni transportni sustavi (ITS) su oni koji koriste ICT tehnologije kako bi cestovni prijevoz i upravljanje prometom učinili lakšim, sigurnijim i bolje koordiniranim. S ITS-om se vrijeme putovanja skraćuje, a kapacitet ceste povećava, budući da se korisnicima cesta često predlažu alternativni načini ili ih se upozorava na probleme.³⁹

Postoji ogroman broj alata, rješenja, sustava, mreža i uređaja koji omogućuju npr. napredne sustave pomoći vozaču, pametno parkiranje, korištenje automobilskih senzora i tehnologiju vozilo-vozilo i vozilo-sve, ili pametno upravljanje prometom općenito. Kako bi se omogućila njihova upotreba,

³⁹ Saleemi, H., Rehman, Z. U., Khan, A. H., Aziz, A. (2022). Effectiveness of Intelligent Transportation System: case study of Lahore safe city, *Transportation Letters*, 14(8), 898-908.

nevjerojatne skupove podataka – kako povijesnih tako i onih u stvarnom vremenu – potrebno je prikupiti i analizirati pomoću najsuvremenijih tehnologija, na različite načine.

Neke od najnovijih tehnologija koje se koriste za stvaranje ili poboljšanje inteligentnih transportnih sustava uključuju umjetnu inteligenciju i strojno učenje, računalstvo u oblaku, rubno računalstvo s višestrukim pristupom, 5G i Internet stvari (IoT) u transportu – potonji u obliku IoT tehnologija, IoT senzori i IoT uređaji koji omogućuju neviđenu mobilnost i povezanost.⁴⁰ Sva rješenja mobilnosti u prijevozu mogu se integrirati u jedan sveobuhvatni alat za mobilnost kao uslugu (MaaS) koji pomaže korisnicima da brzo pronađu, rezerviraju i plate odgovarajuću uslugu vezanu uz prijevoz. Jednostavno pruža jedno sučelje, platformu ili račun, gdje mogu planirati i pratiti sve faze svog putovanja u stvarnom vremenu.

Jedan od primjera kako implementacija inteligentnih transportnih sustava može izgledati u praksi su pametne autoceste. Poznate i kao pametne ceste, pametne autoceste interaktivne su i održive dionice cesta koje uključuju mnoge vrhunske tehnologije za regulaciju protoka prometa, ublažavanje zagušenja i čine ceste sigurnijima. Tehnologija cestovne infrastrukture sutrašnjice prepuna je tehnologije. Neke od značajki ili rješenja koja se koriste u ili na pametnim cestama uključuju:⁴¹

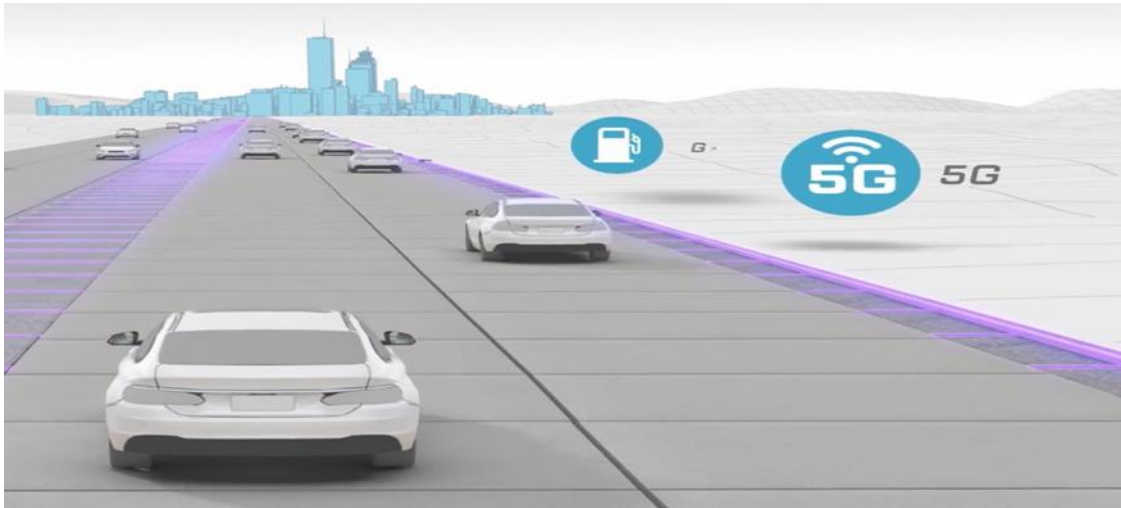
- Promjenjiva ograničenja brzine: S ciljem lakšeg odvijanja prometa, ograničenja brzine na pametnim autocestama prilagođena su trenutnoj situaciji na cesti. Upravljeni sensorima i kamerama za brzinu, automatski reagiraju ne samo na promjene u prometu (npr. formiranje kolona), već i na nesreće.
- Prometni znakovi: Informiranje vozača o ograničenjima brzine, kolonama, opasnim vremenskim uvjetima ili bilo kojim drugim važnim čimbenicima može na dobar način utjecati na situaciju na cesti, a u tome pomažu prometni znakovi, koji upravljaju brzinom prometa i upozoravaju na sve opasnosti ispred vozača.

⁴⁰ Walter, J. (2022) The C-Roads Platform, An overview of harmonised, C-ITS deployment in Europe, Bruxelles, str. 1-36

⁴¹ Saleemi, H., Rehman, Z. U., Khan, A. H., Aziz, A. (2022). Effectiveness of Intelligent Transportation System: case study of Lahore safe city, *Transportation Letters*, 14(8), 898-908.

- Svjetleće linije i fotoosjetljive boje: Punjenje tijekom dana i svijetljenje noću, svjetleće linije koje se koriste na pametnim cestama izvrstan su primjer održivosti. Održivo svjetlo može se postići korištenjem fotoosjetljivih boja za oznake na cesti (npr. one koje označavaju rubove ceste). Povrh toga, ova svjetla mogu generirati simbole koji upozoravaju na pogoršanje vremenskih uvjeta, kao što su skliske ceste.

Slika 2. Prikaz pametne ceste



Izvor: <http://zumzumauto.blogspot.com/2018/01/pametne-ceste-odasiljati-ce-informacije.html>

Vozila koja silaze s proizvodnih traka godinama su puna tehnologije, no u posljednje vrijeme fokus se promijenio s inovacija samo na vozila na poboljšanje samih cesta pametnim rješenjima. Na primjer, pametne autoceste postale su uobičajena pojava u Ujedinjenom Kraljevstvu, s oko 10% autocesta koje su već označene kao pametne. Dobro je pogledati kako stvari izgledaju u ovoj zemlji da se s jedne strane vide velika očekivanja vezana uz ideju pametnih autocesta, a s druge reality check.

Integracija informatike i komunikacija može imati doista impresivne rezultate, a pametne autoceste svakako mogu biti jedan od njih. Imaju potencijal transformirati način na koji se ljudi kreću i odlaze na mjesta čineći promet lakšim i štedeći mnogo problema putnicima svih vrsta. Prelazak na pametan prijevoz pomaže u smanjenju prometnih gužvi, troškova goriva i broja prometnih nesreća. No posljedice ovog poteza mogu biti dalekosežnije, s ponovnim

uspostavljanjem ravnoteže između poslovnog i privatnog života i svakodnevnim sretnijim životom na vrhu popisa.

U godinama koje dolaze, više AI i 5G povezivosti, sensorizacija sigurnosti na cesti (sa sensorima velike propusnosti) i podaci u stvarnom vremenu koji se dijele s vozačima kako bi im pomogli u planiranju unaprijed spremni su igrati značajniju ulogu u putovanjima. Povrh toga, automatizirana vozila neizbježno će morati koegzistirati s konvencionalnim automobilima, što ponekad može biti izazovno. Budućnost pametnih autocesta čini se izvjesnom i već odlučenom i nikako se iz nje ne možemo izvuci.

4. EMPIRIJSKO ISTRAŽIVANJE PRIMJENE INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SUSTAVA NA AUTOCESTAMA U REPUBLICI HRVATSKOJ

4.1. Pregled postojećih istraživanja

Priroda nekih utjecaja ITS-a bitno se razlikuje od onih konvencionalnih cestovnih projekata i to dovodi do značajno drugačijih zahtjeva za evaluaciju projekta. Sustav cestarina kroz povijest je činio najveći dio financiranja mreže autocesta. Izgradnjom kolnika s naplatom cestarine moguće je pružiti brojne poboljšane usluge korisnicima cesta, koje se mogu mjeriti kako bi se osiguralo postizanje predviđenih rezultata. U sektoru naplate cestarine, glavni dionici, obično Vlada i izvođači, odgovorni su za razvoj projekta naplate cestarine i pružanje operativnih usluga, korištenjem povezanih tehnologija, čime se ispunjava primarni cilj stvaranja cestarine, a to je zadovoljstvo korisnika. Nekoliko godina nakon što su projekti naplate cestarina pušteni u rad, očekuje se da će svaki dan vidjeti veliki promet koji se sastoji od raznih vozila, od osobnih vozila, lakih i teških komercijalnih do višeosovinskih kamiona i tako dalje. Sukladno propisanim smjernicama Vladine politike, cestarina se naplaćuje za većinu vozila koja koriste objekt na cestama s naplatom cestarine. Sudionicima u prometu važno je osigurati kvalitetnu cestovnu infrastrukturu kao i druge potrebne sadržaje, s fokusom na povećanje sigurnosnih mjera.⁴²

Saleemi i suradnici (2022.) navode kako je operaciju naplate cestarine potrebno promatrati kao poseban i važan aspekt uspjeha projekta. Uz veliki broj projekata koji ne ispunjavaju svoje financijske ciljeve, viši menadžment sada se uključuje u operacije naplate cestarine. Navedeno je rezultiralo time da je naplata cestarine postala zasebna i neovisna cjelina unutar organizacije.⁴³ Međutim, čini se da sustav cesta s naplatom cestarine prema studiji koja uključuje te ceste s naplatom cestarine nije funkcionalno zadovoljavajući s nekim vidljivim nedostacima u glavnim funkcionalnim područjima kao što su naplata cestarine, usluge na cestama i tako dalje. Dakle, ovdje ostaje ključno pitanje kako razumjeti i procijeniti relativnu izvedbu cestarina koje rade u gotovo sličnim fizičkim i prometnim uvjetima i kako se te organizacije za naplatu cestarine uspoređuju s ključnim indeksima operativne učinkovitosti. Dakle, sustav naplate cestarine već

⁴² Bommes, M. (2016) Video based Intelligent Transportation Systems—state of the art and future development, *Transportation Research Procedia*, Vol.14, str. 4495-4504

⁴³ Saleemi, H., Rehman, Z. U., Khan, A. H., Aziz, A. (2022). Effectiveness of Intelligent Transportation System: case study of Lahore safe city, *Transportation Letters*, 14(8), 898-908.

neko vrijeme funkcionira u Europskoj uniji i koristi svim putnicima koji putuju cestama s naplatom cestarine. Dok su naplata cestarine i povrat troškova razvoja projekta ključni ciljevi privatnih subjekata, problemi koji proizlaze iz pružanja kvalitetnih usluga korisnicima cesta s naplatom cestarine su predmet najveće brige i potrebno ih je adekvatno riješiti (Bommes, 2016.).

Evaluacija ITS-a u konceptu naplate također je komplicirana prisutnošću jedinstvenih varijabli koje utječu na ishode projekata, što uključuje reakciju ponašanja vozača i tržišni prodor ITS-a. Prodor na tržište je stupanj do kojeg putnici kupuju ili koriste ITS opremu. Utjecaji koje generiraju ITS i konvencionalni cestovni projekti mogu biti generirani različitim mehanizmima. Operativni troškovi vozila (VOC), na primjer, izračunavaju se u postojećim metodologijama procjene kao funkcija prosječne brzine prometa, neravnina ceste, terena i vrste vozila, dok ITS projekt može smanjiti operativne troškove vozila ujednačavanjem protoka prometa i smanjenjem broja zaustavljanja vozila.⁴⁴

Procjena ITS-a s postojećim procesima evaluacije cestovnih projekata koji isključuju ili podcjenjuju ove utjecaje ozbiljno bi podcijenila ukupne koristi projekta. Malo je dostupnih povijesnih podataka za većinu učinaka ITS-a, dok su drugi učinci ITS-a, poput povećane udobnosti, kvalitativni ili ih je teško izmjeriti. Kako je ITS tehnologija u nastajanju, malo je razumijevanja uzročno-posljedičnih odnosa između projekata i utjecaja i često neće biti prikladno ekstrapolirati izmjerene utjecaje s postojeće lokacije na predloženu lokaciju.⁴⁵

Pregledom literature istaknuta su dva bitno različita stajališta o tome kako bi ITS projekte trebalo vrednovati. Jedno mišljenje je da bi trebalo razviti potpuno novi okvir za evaluaciju ITS-a; dok je drugi da treba koristiti postojeće postupke evaluacije cestovnih projekata prilagodbom metoda mjerenja i vrednovanja utjecaja ITS-a. Postoji mala razlika između ITS i konvencionalnih cestovnih projekata te da je u većini slučajeva dovoljno primijeniti postojeće metode evaluacije za procjenu ITS projekata. Problem leži u mjerenju i vrednovanju troškova i koristi uz nedostatak

⁴⁴ Zou, X., Wen Long Y., Hai L. V. (2018) Visualization and analysis of mapping knowledge domain of road safety studies, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 118, str. 131-145,

⁴⁵ Bommes, M. (2016) Video based Intelligent Transportation Systems—state of the art and future development, *Transportation Research Procedia*, Vol.14, str. 4495-4504

povijesnih podataka. S druge strane, sugeriraju da trenutni postupci evaluacije nisu prikladni za mjerenje ili vrednovanje mnogih učinaka koji čine obrazloženje za neke ITS projekte. Posljedično, postoje dva različita dijela problema istraživanja.⁴⁶

Prvi dio se općenito slaže – da ITS utjecaji zahtijevaju inovativne metode mjerenja ili predviđanja. Drugi je sporniji i sadržan je u pitanju - treba li se razviti potpuno novi postupak evaluacije za evaluaciju ITS-a ili bi se novi postupci mjerenja učinka ITS-a trebali uključiti u postojeće metodologije evaluacije.⁴⁷ Pouzdanost vremena putovanja može se poboljšati ujednačavanjem protoka prometa, smanjenjem učestalosti i trajanja incidenata i pružanjem informacija o vremenu putovanja i kašnjenjima putniku. Uz poboljšane informacije i osiguranje vremena putovanja, ruta i načina putovanja, putnici imaju veću kontrolu nad svojim odabirom putovanja. Potencijalni negativni učinak ITS-a je taj da s prirodnom intenzivnog nadzora i prikupljanja podataka nekih ITS aplikacija, putnici mogu postati zabrinutiji za svoju privatnost. ITS projekti također imaju veći tehnički rizik zbog tehničke komponente odnosno činjenice da korištena oprema mora biti učinkovita i ostati fleksibilna budućim tehnološkim naprecima.⁴⁸

Neke prednosti ITS-a, poput povećanog zadovoljstva i udobnosti korisnika, poboljšane dostupnosti ili kvalitete informacija ili smanjenog rizika od nezgoda, teško je kvantificirati i izmjeriti. Autori daju primjer uređaja za lociranje vozila za hitne slučajeve koji se nikada ne smije koristiti, ali je važna sigurnosna značajka. Ovaj primjer ukazuje na poteškoće vrednovanja kvalitativnih učinaka, koji se općenito mjere anketama o spremnosti korisnika da plate. Bez povijesnih podataka o utjecaju teško je procijeniti ili modelirati utjecaje ITS-a. Kao i poteškoće u mjerenju prednosti ITS-a, vrijednost nekih koristi, na primjer vrijeme putovanja, može varirati ovisno o ITS-u.⁴⁹

⁴⁶ Sjoberg, K., Andres, P., Buburuzan, T., Brakemeier, A. (2017). Cooperative intelligent transport systems in Europe: Current deployment status and outlook, *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 12(2), 89-97.

⁴⁷ Kadłubek, M., Thalassinou, E., Domagała, J., Grabowska, S., Saniuk, S. (2022). Intelligent transportation system applications and logistics resources for logistics customer service in road freight transport enterprises, *Energies*, 15(13), str. 46-68.

⁴⁸ Liu, Xiao-Yang, et al. (2018) Deep Reinforcement Learning for Intelligent Transportation Systems, arXiv preprint arXiv, str. 12-18.

⁴⁹ Sumalee, A., Ho, H. W. (2018). Smarter and more connected: Future intelligent transportation system, *IATSS Research*, 42(2), str. 67-71.

U konvencionalnoj evaluaciji cestovnih projekata, poboljšanja kapaciteta obično smanjuju količinu čistog vremena putovanja. S ITS-om, međutim, putnički informacijski sustav može jednostavno smanjiti količinu vremena koje putnik provede planirajući svoje putovanje ili tražeći parkirno mjesto na kraju svog putovanja. Stoga se količina čistog vremena putovanja ne smanjuje, ali se smanjuje trajanje povezanih bitnih aktivnosti na oba kraja putovanja. Vrijeme planiranja putovanja, na primjer, može se provoditi zajedno s drugom aktivnošću (kao što je pauza za kavu) i stoga ima manju vrijednost od čistog vremena putovanja koje se provodi isključivo.

Navedeno je da su odnosi između uzroka i posljedice u ITS projektima složeniji od konvencionalnih cestovnih projekata. Učinci međudjelovanja i sinergije između komponenti često su značajniji od učinaka bilo koje pojedinačne komponente.

Kako bi se uzela u obzir ova složenost, metodologija evaluacije ITS-a mora biti sposobna procijeniti utjecaje pojedinačnih komponenti projekta, kao i rezultirajuće učinke različitih kombinacija komponenti. Osim toga, neki ITS projekti postižu vrlo malo poboljšanje kapaciteta u usporedbi s konvencionalnim cestovnim projektima.⁵⁰ Posljedično, metodologija evaluacije ITS-a mora biti osjetljivija i detaljnija od postojećih modela evaluacije i osigurati da učinci ITS-a nisu prikriveni vremenskim fluktuacijama utjecaja prometa. Budući da ITS općenito ima visok sadržaj elektronike i komunikacija, postoji velika količina tehnološkog rizika. Aplikacija može biti podložna tehničkom kvaru i mora ostati fleksibilna budućim tehnološkim inovacijama. Kao rezultat nedostatka iskustva s ITS projektima i znanja o troškovima i koristima, postoje potencijalne varijacije u predviđenim koristima i troškovima projekta. Zbog većeg rizika i kraćeg vijeka trajanja ITS projekata, proces evaluacije mora uključivati opsežnu analizu rizika i osjetljivosti. Uspjeh nekih ITS aplikacija ovisi o ponašanju putnika.⁵¹ Na primjer, preporuka alternativne rute prikazana na znaku s promjenjivom porukom neće imati učinka na ublažavanje zagušenja ako putnici ne shvate poruku i ne postupe prema njoj. Na ponašanje putnika utječu

⁵⁰ Sharma, S., Awasthi, S. K. (2022). Introduction to intelligent transportation system: overview, classification based on physical architecture, and challenges, *International Journal of Sensor Networks*, 38(4), str. 215-240.

⁵¹ Sharma, S., Awasthi, S. K. (2022). Introduction to intelligent transportation system: overview, classification based on physical architecture, and challenges, *International Journal of Sensor Networks*, 38(4), str. 215-240.

prethodno iskustvo, poznavanje mreže i ponašanje drugih vozača, kao i dostupnost ITS opreme.⁵² Proces evaluacije mora uključivati čimbenike ponašanja vozača, varijablu koja je mnogo manje zastupljena u konvencionalnoj evaluaciji cestovnih projekata.

Primarna korist od provođenja konzultacija bila je informiranje o razvoju metodologije evaluacije ITS-a. Sekundarna korist faze konzultacija bila je povećana svijest o ovom istraživačkom projektu i potrebi za razvojem metodologije evaluacije ITS-a. Osim toga, dobra volja stvorena fazom konzultacija poboljšat će provedbu razvijene metodologije evaluacije.⁵³

Točnije, povratne informacije dobivene tijekom konzultacija u vezi s poteškoćama u mjerenju stvarnih učinaka ITS-a i skepticizam da se metodologija evaluacije može razviti bez temeljitog poznavanja učinaka ITS-a značajno su usmjerili projekt. Dok je cilj istraživačkog projekta ostao nepromijenjen, utvrđeno je da neće biti uključena procjena utjecaja za različite ITS učinke. Umjesto toga, utvrđeno je da će se razviti metodologija za evaluaciju niza ITS projekata, ali da će većina istraživačkih napora biti usmjerena na proučavanje učinaka jedne specifične ITS aplikacije i razvoj sveobuhvatne metodologije evaluacije za tu odabranu aplikaciju.

4.2. Metodologija istraživanja

Prilikom provedbe primarnog istraživanja kao instrument istraživanja korišten je podsjetnik za intervju sastavljen od šesnaest (16) pitanja otvorenog tipa. U primarnom istraživanju sudjelovao je jedan ispitanik muškog spola u dobi od 45 godina sa završenim diplomskim studijem, magistar prometa. Ispitanik je bio gosp. Ivan Ribičić, direktor naplate cestarine u tvrtci Hrvatske Autoceste d.o.o., sa sjedištem u Zagrebu. Cilj provedbe primarnog istraživanja bio je utvrditi načine funkcioniranja inteligentnih prometnih sustava koji se koriste u procesu naplate i funkcioniranju autocesta u Republici Hrvatskoj te mogućnosti za poboljšanja i inovacija istih.

⁵² Zou, X., Wen Long Y., Hai L. V. (2018) Visualization and analysis of mapping knowledge domain of road safety studies, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 118, str. 131-145,

⁵³ Wang, H., Jasim, A., Chen, X. (2018). Energy harvesting technologies in roadway and bridge for different applications - A comprehensive review, *Applied energy*, Vol. 212, str. 1083-1094,

4.3. Rezultati istraživanja

Ispitanik navodi kako Republika Hrvatska ima modernu, kvalitetnu mrežu autocesta, koja brzo i sigurno povezuje sve turističke regije u Hrvatskoj s ostatkom Europe. Autoceste su se kontinuirano gradile u proteklih 20-ak godina i dovele su do velikih promjena u Hrvatskoj, pridonijele su većoj mobilnosti u zemlji, učinile je dostupnim turistima i omogućile posjetiteljima da dođu do mnogih do tada manje poznatih destinacija. Uz autoceste s naplatom cestarine, postoji dobro održavana i korisniku laka mreža državnih i regionalnih cesta, koja vodi do svih odredišta koja bi turistima mogla biti zanimljiva. Ispitanik navodi kako je bitno imati na umu važnost poštivanja prometnih propisa ograničenje brzine, kako bi svi mogli uživati u Hrvatskoj potpuno sigurno i bezbrižno, čak i u jeku najveće ljetne sezone. Prema mišljenju ispitanika državni operater autocesta (HAC) digitalizirao je mrežu autocesta, a digitalizacija je dovršena krajem 2022. godine. Tom digitalizacijom je 1727 analognih kamera na autocestama zamijenjeno digitalnima te je uveden potpuno novi sustav informiranja o prometu koji će ulagati u funkcioniranje ITS sustava.

Nadalje, direktor Sektora za naplatu cestarine kao osnovni nedostatak postojećeg sustava mreže autocesta u Republici Hrvatskoj napominje problem oko naplate koji se javio nakon uvođenja eura. U vezi istoga kao najveći problem ističe nesnalaženje u odnosu na euro i kunu kao i nespremnost samih vozača koji dođu na naplatnu kućicu i traže novac i kartice. Najveći problem su mali vozači iz Hrvatske koji nemaju ENC uređaje što nije potpuno jasno iz razloga jer je jeftinije plaćati ENC uređajem te je plaćanje njime osiguran prolaz bez čekanja.

U najvećem prometu na naplatnim postajama tvrtka Hrvatske autoceste d.o.o. zadržava pravo pretvaranja naplatnih staza rezerviranih za ENC u kombinirane naplatne staze u kojima se cestarina može plaćati ENC uređajem, kreditnim karticama, stranom i domaćom valutom te SMART karticom što bi trebalo povećati brzinu na naplatnim mjestima. Hrvatske autoceste (HAC), koje upravljaju i održavaju hrvatske autoceste, savjetuju vozačima da kupe elektroničku naplatu cestarine ili takozvane ENC uređaje za lakše kolanje prometa.

Kod ocjenjivanja stupnja digitalizacije autoceste u Republici Hrvatskoj i ostalim članicama Unije ispitanik navodi kako su hrvatske autoceste jedne od modernijih u Europskoj uniji i sa sigurnošću se može reći kako spadaju u pet najboljih. Većina Hrvata ne zna da su naše ceste u razini

Njemačkih, a Slovačka je jedna od manjih država koja ima zavidne autoceste. Za razliku od Mađarske imamo puno kvalitetnije i opremljenije ceste.

Ispitanik je naglasio kako je većina financiranja kroz povijest bila iz državnog proračuna, odnosno kreditnih sredstava no u posljednje vrijeme sve je više financijskih sredstava iz fondova Europske unije, odnosno integracije prometnih mreža EU. Kao preporuku za budući razvoj i poboljšanje digitalizacije hrvatskih autocesta ispitanik navodi naplatu usluga te poboljšanje ENC uređaja.

Slika 3. Naplatne kućice



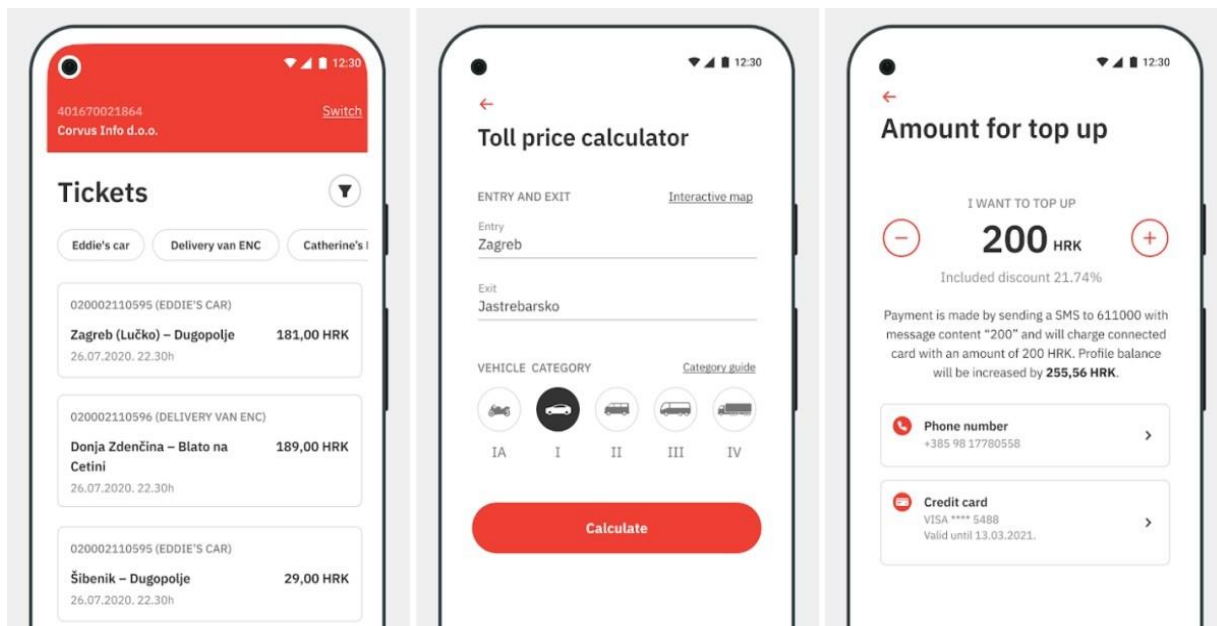
Izvor: <https://www.jutarnji.hr/naslovnica/enc-paketi-na-svim-naplatnim-postajama>

Kao najbolje primjere digitalizacije sustava mreže autocesta u Republici Hrvatskoj ispitanik izdvaja uspostavu Centra za upravljanje i nadzor prometa koji će u stvarnom vremenu prikupljati informacije o stanju u prometu na svim autocestama u Hrvatskoj. Za realizaciju ovog skupog i zahtjevnog projekta Hrvatska, Italija, Slovenija, Mađarska i Austrija zajedno su aplicirale za sredstva EU u okviru programa CROCODILE. Hrvatskoj je odobreno 100 milijuna kuna, što je 85% opravdanih troškova kako navodi direktor za naplatu cestarine Ivan Ribičić.

Direktor Ribičić je želio istaknuti kako su institucije Europske unije sudjelovale u sufinanciranju digitalizacije našeg sustava autocesta jer je Hrvatska ulaskom u EU prihvatila integrirani plan EU o prometnoj umreženosti i digitaliziranosti.

Ispitanik navodi da je u svrhu unaprjeđenja naplate cestarine uvedena je marketinška aktivnost kojom korisnici autoceste plaćaju cestarinu putem ENC uređaja s kojim ostvaruju popust od 21 posto. Elektronička naplata cestarine (ENC) je beskontaktni način naplate cestarine bez posredovanja naplatnog službenika kod kojeg se postupak naplate cestarine provodi pomoću ENC-uređaja postavljenog na vjetrobransko staklo vozačevog automobila i antene na naplatnoj stazi. ENC-uređaj mogu koristiti korisnici svih kategorija vozila (IA, I, II, III i IV). Zadovoljstvo korisnika je također poraslo pogotovo nakon pandemijskog razdoblja i bojaznosti ljudi za svoje zdravlje i živote. Sve je više zadovoljnih korisnika što pokazuju i recenzije (review) na stranicama HAC-a. Također ispitanik navodi kako je napravljena nova aplikacija HAC ENC- a putem koje korisnik može nadoplatiti svoj ENC račun kreditnom karticom, ENC bonom, internet bankarstvom ili ENC SMS sustavom.

Slika 4. Prikaz HAC ENC mobilne aplikacije



Izvor: <https://www.bug.hr/appdana/hac-enc--osvjezena-aplikacija-za-placanje-cestarine-18172>

U planu su nova poboljšanja i razvitak infrastrukture cesta koja su vezana i uz integracijski plan EU o umreženosti prometnih pravaca Unije te što većeg stupnja digitalizacije te da bi se kroz ponudu novih usluga i ENC uređaja trebala razviti i nova razina inovativnosti. U budućnosti se

kako navodi ispitanik predlaže i raspravlja o arhitekturi za pametnu rasvjetu na autocesti, pametni promet te upravljanje u hitnim slučajevima, također govori o značaju implementacije pametnih ploča te obnovljivih izvora s aplikacijama u stvarnom vremenu. Štoviše, integracija umjetne inteligencije u autoceste razmatra se iz perspektive povećanja sigurnosti na cestama. Pametni reflektori, usvajanje obnovljivih izvora energije, razvoj komunikacije između vozila u vozilima i pametni rasvjetni stupovi nekoliko su preporuka Europske komisije za implementaciju digitalizacije autocesta kako navodi direktor Ivan Ribičić.

4.4. Ograničenja i preporuke za buduća istraživanja

Provedno primarnom istraživanje ima nekoliko ograničenja. Prije svega se isto ogleda u veličini uzorka. Tako je u primarnom istraživanju sudjelovao samo jedan ispitanik, a što onemogućuje generaliziranje podataka. S druge strane razgovor je, obzirom na pandemijska vremena vođen e-mailom. Obzirom na specifičnost teme i činjenicu da je analizirana problematika digitalizacije te primjenu pametnih sustava u prometu, preporuka je da se kod provedbe budućih istraživanja uzorak poveća na način da se intervjuira vođitelja u svakoj županiji. Na taj način bi se moglo utvrditi da li postoje neke razlike obzirom na geografsku lokaciju poduzeća.

Nadalje, također se mora uzeti u obzir da ispitanik (gosp. director Ivan Ribičić iz HAC-a) zadržava pravo o tajnosti poslovanja te da ne iznosi sve podatke o poslovanju prema javnosti. Isto tako proces digitalizacije poslovanja autoceste je osjetljiva tema u današnjem načinu poslovanja te se određene izjave ili loše formulirane rečenice mogu shvatiti drukčije.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu se obrađuje problematika upotrebe inteligentnih prometnih sustava na primjeru autoceste u Republici Hrvatskoj. U radu je tematika definirana kroz teorijski i praktični dio, odnosno intervjuiranje direktora za naplatu cestarine na hrvatskim autocestama, gospodina Ivana Ribičića. Prometna djelatnost ima značajne gospodarske i društvene učinke. U uvjetima nedovoljno razvijenog i neučinkovitog prometnog sustava dolazi do različitih oblika gubitka društvenog blagostanja, frustracija, smanjene mobilnosti i rasta ekonomskih troškova. Naprotiv, kada je prometni sustav učinkovit, postižu se društvene i ekonomske koristi, podiže se razina ekonomskog blagostanja ljudi, stupanj njihove sigurnosti i kvaliteta okoliša.

Inteligentni transportni sustavi rade s informacijskim i kontrolnim tehnologijama koje osiguravaju srž ITS funkcija. Neke od tih tehnologija, poput detektora petlje, dobro su poznate prometnim stručnjacima. Međutim, postoji niz manje poznatih tehnologija i koncepata sustava koji su ključni za funkcije ITS-a. Zapravo se ITS usluge mogu se smatrati informacijskim lancem, informacijski lanac uključuje prikupljanje podataka (iz transportnog sustava), komunikacije, obradu podataka, distribuciju informacija i korištenje informacija (za odlučivanje i kontrolna podrška za korisnike ITS-a). Opća učinkovitost ITS sustava može se podijeliti u dva dijela: učinkovitost prikupljanja i prijenosa informacija i stupanj u kojem te informacije zadovoljavaju potrebe i kvalitetu kontrole: parametri opsega kontrole, prilagodljivosti i smanjenja trajanja djelomičnog održavanja prijevoznih sredstava.

U razmatranju mogućih političkih instrumenata koji mogu dovesti do održivog razvoja prometa, posebice cestovnog, koji se pojavljuje kao najveći izvor negativnih vanjskih učinaka, ekonomski instrument predstavlja vrlo važan segment. Međutim, samo primjenom ekonomskih instrumenata nije moguće odgovoriti na različite gospodarske, društvene i ekološke izazove s kojima se promet i transport danas suočavaju.

Kombinacija različitih planskih, regulatornih, informacijskih, tehnoloških i različitih cjenovnih i kvantitativnih ekonomskih instrumenata može biti mnogo učinkovitija u postizanju održive cestovne mobilnosti, ali i prometa općenito. Iz priloženog se jasno može zaključiti da suvremeni ITS sustavi imaju važnu ulogu u svim granama prometa, ali se može istaknuti da je njihova

primjena u naplati cestarine jedna od važnih karika suvremenih prometnih sustava. Brzina i jednostavnost u funkcioniranju cijelog sustava daje rješenje za kvalitetnije funkcioniranje ne samo u prometu već i u mnogim drugim područjima.

Na temelju rezultata provedenog primarnog istraživanja može se zaključiti da Hrvatske autoceste (HAC) rade na poboljšanju i digitalizaciji autocesta. Posebna pažnja pridaje se regulaciji prometa, naplati te digitalizaciji sigurnosnih sustava. Također je utvrđeno kako još nije dovoljno rasprostranjena digitalizacija naplate cestarine obzirom kako vrlo malo Hrvata koristi ENC uređaje koji ubrzavaju naplatu cestarine a obzirom kako je isto jeftinije od naplate cestarine gotovinom/karticama te je naplatom ENC uređajem omogućen nesmetani prolazak naplatnim kućicama. Hrvatskoj je ulaskom u Uniju omogućeno financiranje modernizacije, digitalizacije, sigurnosti autocesta iz proračuna EU odnosno EU fondova. Ispitanik kao preporuku za budućnost navodi ulaganje u arhitekturu za prometnu rasvjetu na autocesti, pametni promet, upravljanje u hitnim slučajevima, implementaciju pametnih ploča.

LITERATURA

1. Antoliš, K., Strmečki, S., Magušić, F. (2008). Informacijska sigurnost i inteligentni transportni sustavi, *Suvremeni promet*, 28(5), str. 353-355
2. Arief, B., Blythe, P., Fairchild, R., Selvarajah, K., Tully, A. (2007). Integrating smartdust into intelligent transportation system, *School of Computing Science Technical Report Series*, str. 27-31.
3. Bohli, J.M., Hessler, A., Ugus, O., Westhoff, D. (2008). A secure and resilient WSN roadside architecture for intelligent transport systems, Xu, W., Trappe, W., Zhany, Y. (Ur.) *Proceedings of the first ACM conference on Wireless network security*, ACM, str. 161-171.
4. Bommès, M. (2016) Video based Intelligent Transportation Systems—state of the art and future development, *Transportation Research Procedia*, Vol. 14, str. 4495-4504
5. Bošnjak, I. (2006). *Inteligentni transportni sustavi 1*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti.
6. Bošnjak, I., Mandžuka, S., Šimunović, Lj. (2007). Mogućnosti inteligentnih transportnih sustava u poboljšanju stanja sigurnosti u prometu, Kaštela, S., Steiner, S. (ur.). *Zbornik radova: Nezgode i nesreće u prometu i mjere za njihovo*, Zagreb: Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti.
7. Crainic, T.G., Gendreau, M., Potvin, J.Y. (2009). Intelligent freight-transportation systems: Assessment and the contribution of operations research, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 17(6), sr- 541-557.
8. Hasan, M.K. (2010). A Framework for Intelligent Decision Support System for Traffic Congestion Management System, *Engineering*, 2(04), str. 270.
9. Jarašūnienė, A., Batarlienė, N. (2013). Lithuanian road safety solutions based on intelligent transport systems, *Transport*, 28(1), str. 97-107.
10. Kadłubek, M., Thalassinos, E., Domagała, J., Grabowska, S., Saniuk, S. (2022). Intelligent transportation system applications and logistics resources for logistics customer service in road freight transport enterprises, *Energies*, 15(13), str. 4668.
11. Kolosz, B., Grant-Muller, S., Djemame, K. (2013). Modelling uncertainty in the sustainability of Intelligent Transport Systems for highways using probabilistic data fusion, *Environmental Modelling & Software*, 49, str. 78-97.

12. Lam, A. Y., Łazarz, B., Peruń, G. (2022). Smart Energy and Intelligent Transportation Systems, *Energies*, 15(8), str. 2900.
13. Liu, Xiao-Yang, et al. (2018) Deep Reinforcement Learning for Intelligent Transportation Systems, *arXiv preprint arXiv*, str. 12-18.
14. Mandžuka, S. (2010). *Inteligentni transportni sustavi II*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti,
15. Novikov, A., Pribyl, P., Vasileva, V., Katunin, A. (2017). ITS control of highways capacity, *Transportation research procedia*, Vol. 20, str. 468-473.
16. Saleemi, H., Rehman, Z. U., Khan, A. H., Aziz, A. (2022). Effectiveness of Intelligent Transportation System: case study of Lahore safe city, *Transportation Letters*, 14(8), str. 898-908.
17. Sengupta, R., Rezaei, S., Shladover, S.E., Cody, D., Dickey, S., Krishnan, H. (2007). Cooperative collision warning systems: Concept definition and experimental implementation, *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 11(3), str. 143-155.
18. Sharma, S., Awasthi, S. K. (2022). Introduction to intelligent transportation system: overview, classification based on physical architecture, and challenges, *International Journal of Sensor Networks*, 38(4), str. 215-240.
19. Sjoberg, K., Andres, P., Buburuzan, T., Brakemeier, A. (2017). Cooperative intelligent transport systems in Europe: Current deployment status and outlook, *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 12(2), str. 89-97.
20. Sršen, M. (2012). Inteligentni transportni sustavi u upravljanju cestovnom mrežom, *Suvremeni promet*, 24(1/2), str. 141-151.
21. Sumalee, A., Ho, H. W. (2018). Smarter and more connected: Future intelligent transportation system, *IATSS Research*, 42(2), str. 67-71.
22. Walter, J. (2022) The C-Roads Platform, An overview of harmonised, C-ITS deployment in Europe, *Journal of transport*, Bruxelles, str. 1-36
23. Wang, H., Jasim, A., Chen, X. (2018). Energy harvesting technologies in roadway and bridge for different applications - A comprehensive review, *Applied energy*, Vol. 212, str. 1083-1094.
24. Zou, X., Wen Long Y., Hai L. V. (2018) Visualization and analysis of mapping knowledge domain of road safety studies, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 118, str. 131-145.

POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz punjenja električnih vozila tijekom vožnje.....	27
Slika 2. Prikaz pametne ceste.....	29
Slika 3. Naplatne kućice	37
Slika 4. Prikaz HAC ENC mobilne aplikacije	38

ŽIVOTOPIS

Osobni podaci:

Ime/ prezime	Ivana Grgurač
Adresa/e	Ulica Ivana Šveara 13
Telefonski brojevi	mob: 0913072649
Email adresa	ivanagrgurac@gmail.com
Državljanstvo	Hrvatsko
Datum rođenja	12.03.1987.
Spol	žensko

Obrazovanje

2020.-Ekonomski fakultet Zagreb- Specijalistički
diplomski stručni studij -smjer-Menadžment i marketing
maloprodaje
2017- Ekonomski fakultet Zagreb- Stručni studij Poslovna
ekonomija – smjer financije i računovodstvo
2002-2006. Srednja ekonomska škola Ivanić Grad

Radno iskustvo

datumi:	03/2016- do danas
Glavni poslovi i odgovornosti	viši menadžer za odnose s klijentima- rad sa bazom od 570 klijenata, investicijsko savjetovanje krediti, ostali poslovi po nalogu voditelja
	08/2014-02/2016
	Bankarski službenik- rad na šalteru
Naziv i adresa poslodavca	Privredna banka Zagreb, Radnička cesta 50

datumi:	01/2011-11/2013
Glavni poslovi i odgovornosti	prodavač u trgovini sportske opreme- (Nike)-
Naziv i adresa poslodavca	Vlamanda Grupa d.o.o., Zagreb
datumi:	06/2009-03/2010
Glavni poslovi i odgovornosti:	Administrativna djelatnica- rad u uredu u poduzeću koje se bavi klimom i grijanjem
Naziv i adresa poslodavca	De- Lisjak d.o.o., Ivanić Grad
Osobne vještine i kompetencije	Fleksibilna sam i sklona timskom radu. Dugo godina radim sa klijentima te posjedujem dobre komunikacijske vještine
Materinji jezik	Hrvatski
Drugi jezik/ici	Engleski
Organizacijske vještine	organizirana sam i fleksibilna osoba usmjerena na rad, brza i točna u obavljanju zadataka
Računalne vještine I kompetencije	poznavanje ms office paketa
Druge vještine I kompetencije	usmjerena na ostvarivanje rezultata. Sposobna za timski rad, motivirana za daljnji napredak, pomalo glazbeno orijentirana (sviram saksofon)