

Koncepcija naplate zagašenja u gradovima

Jakić, Ante

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:058545>

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

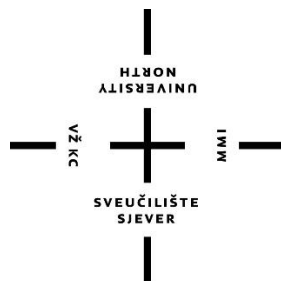
Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-01**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





Sveučilište Sjever

Diplomski rad br. 158/OMIL/2022

Koncepcija naplate zagušenja u gradovima

Ante Jakić, MBS: 1219055833

Koprivnica, rujan 2022. godine



Sveučilište Sjever

Odjel logistike i održive mobilnosti

Diplomski rad br. 158/OMIL/2022

Koncepcija naplate zagušenja u gradovima

Student

Ante Jakić, MBS: 1219055833

Mentor

doc. dr. sc. Predrag Brlek, dipl.ing.


Koprivnica, rujan 2022. godine

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za logistiku i održivu mobilnost		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Održiva mobilnost i logistika		
PRISTUPNIK	Ante Jakić	MATIČNI BROJ	1219055833
DATUM	26.09.2022	KOLEGIJ	Upravljanje prometnim sustavima u urbanim sredinama
NASLOV RADA	Konceptija naplate zagušenja u gradovima		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	The concept of congestion charging in cities		
MENTOR	dr.sc. Predrag Brlek	ZVANJE	docent
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. prof. dr. sc. Krešimir Buntak, predsjednik		
	2. doc.dr.sc. Predrag Brlek, mentor		
	3. prof. dr. sc. Goran Kos, član		
	4. doc. dr. sc. Ivana Martinčević, zamjena		
	5. _____		

Zadatak diplomskog rada

BROJ	158/OMIL/2022
OPIS	Mobilnost unutar gradova pojavila se kao veliki problem posljednjih godina. Kako masovna urbanizacija nije prestala, gradovi su postali prenapučeni, a postojeća infrastruktura to ne može izdržati. Gradovi su postali zagušeni, klimatski i prostorno. Najveći gradovi na svijetu, poput Istanbula, New Yorka i Londona, imaju problema sa zagušenjima. Brz životni stil i financijske prilike najveći su uzroci gradske gužve. Posjedovanje vlastitog automobila postalo je trend posljednjih godina, a u današnjem svijetu gotovo svaki vozač ima svoj automobil, što ih čini sudionikom gradskih gužvi. Kako bi smanjili gužve u urbanim područjima, mnogi su gradovi prisiljeni naplaćivati samo zagušenje, uglavnom u središtu grada. Pionir naplate zagušenja bio je Singapur, koji je kasnije postao model kako smanjiti zagušenje i istovremeno ga ekonomično iskoristiti. Hrvatska zapravo nema posebne naknade za zagušenje, a na kraju rada predloženo je uvođenje takve naknade u Splitu
ZADATAK URUČEN	28.9.2022
POTPIS MENTORA	

Predgovor

Posebno bih se zahvalio svom mentoru doc. dr. sc. Predragu Brleku koji me je sa svojim stručnim i korisnim savjetima usmjeravao u pisanju ovog diplomskog rada, najviše zbog strpljenja i utrošenog vremena kako bih mi pomogao da dovršim ovaj diplomski rad.

Ujedno se zahvaljujem svim profesorima i predavačima na Sveučilištu Sjever koji su nesebično prenosili svoja znanja i iskustva za vrijeme obrazovanja na diplomskom studiju. Također se ovim putem zahvaljujem svom osoblju Sveučilišta Sjever, ponajviše referadi jer su u svakom trenutku bili na raspolaganju te mi pomagali kod svake administrativne prepreke na koju sam naišao.

Naposljetku želim zahvaliti svojoj obitelji koja mi je pružila neizmjernu pomoć i podršku za vrijeme moga školovanja.

Sažetak

Mobilnost unutar gradova pojavila se kao veliki problem posljednjih godina. Kako masovna urbanizacija nije prestala, gradovi su postali prenapučeni, a postojeća infrastruktura to ne može izdržati. Gradovi su postali zagušeni, klimatski i prostorno. Najveći gradovi na svijetu, poput Istanbula, New Yorka i Londona, imaju problema sa zagušenjima. Brz životni stil i financijske prilike najveći su uzroci gradske gužve. Posjedovanje vlastitog automobila postalo je trend posljednjih godina, a u današnjem svijetu gotovo svaki vozač ima svoj automobil, što ih čini sudionikom gradskih gužvi. Kako bi smanjili gužve u urbanim područjima, mnogi su gradovi prisiljeni naplaćivati samo zagušenje, uglavnom u središtu grada. Pionir naplate zagušenja bio je Singapur, koji je kasnije postao model kako smanjiti zagušenje i istovremeno ga ekonomično iskoristiti. Hrvatska zapravo nema posebne naknade za zagušenje, a na kraju rada predloženo je uvođenje takve naknade u Splitu.

Ključne riječi: urbanizacija, urbana mobilnost, zagušenje, naplata zagušenja, zona

Abstract

Mobility within cities has become a major issue in recent years. As massive urbanization has not stopped, the cities are overcrowded and the existing infrastructure cannot bear it. Cities are overloaded both climatically and spatially. The world's largest cities such as Istanbul, New York and London all have congestion problems. Fast lifestyles and finances are the biggest causes of urban congestion. Owning your own car has become a trend in recent years, and in this day and age, almost every driver has their own car, making them a participant in the hustle and bustle of the city. To reduce congestion in urban areas, many cities are forced to only charge for congestion, mainly in the city center. The pioneer of congestion charging was Singapore, which later became an example of how to reduce congestion and use it economically at the same time. Croatia does not actually have a specific congestion charge, and at the end of the paper it was proposed to introduce such a charge in Split.

Key words: urbanization, urban mobility, congestion, congestion pricing, zone

Popis korištenih kratica

ANPR	Automatic number plate recognition
BDP	Bruto domaći proizvod
CEO	Certificate of Entitlement
DGPS	differential global position system
DSRC	Dedicated short-range communications
ENC	elektronička naplata cestarine
ERP	electroni road price
EU	Europska unija
GNSS	global navigation satellite system
GPS	global position system
GSM	global system for mobile communication
HOT	High-occupancy toll
HRK	Hrvatska kuna
JGP	javni gradski prijevoz
LEZ	Low Emission Zone
NFC	Near Field Communication
OBU	on board unit
PCU	passenger car unit
POUM	planovi održive urbane mobilnosti
PRC	Pseudo Random Code
RFID	Radio frequency identification
RH	Republika Hrvatska
SEK	Švedska kruna
SGD	Sinagapurski dolar
ULEZ	Ultra Low Emission Zone
UPP	upravljanje prijevoznom potražnjom
UTC	Coordinated Universal Time
VQS	Vehicle Quota System

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Predmet i problem istraživanja	1
1.2. Hipoteza	2
1.3. Metode istraživanja.....	2
1.4. Izvori podataka	2
1.5. Struktura rada.....	2
2. Urbana mobilnost	4
2.1. Planovi održive urbane mobilnosti u EU.....	5
2.2. Elementi planiranja održive urbane mobilnosti.....	7
3. Upravljanje prijevoznom potražnjom u gradovima	10
3.1. Strategija upravljanja prijevoznom potražnjom.....	11
3.1.1. Strategije povezane s prostornim planiranjem.....	11
3.1.2. Strategije za održivu mobilnost	12
3.1.3. Strategije smanjenja uporabe automobila.....	13
4. Zagušenost gradova.....	15
4.1. Problem zagušenosti uzrokovan privatnim automobilima.....	16
4.1.1. PCU.....	17
4.2. Najzagušeniji gradovi u svijetu	19
5. Naplata zagušenja u gradovima.....	22
5.1. Pristupi za upravljanjem zagušenja	23
5.2. Modeli naplate korištenja cestovne infrastrukture.....	24
5.2.1. Modeli neizravne naplate korištenja cestovne infrastrukture	24
5.2.2. Modeli izravne naplate korištenja cestovne infrastrukture	25
5.3. Elektronska naplata korištenja cestovne infrastrukture	29
5.3.1. Aktivni elektronski sustavi naplate korištenja cestovne infrastrukture	29
5.3.2. Pasivni elektronski sustavi naplate korištenja cestovne infrastrukture.....	36
6. Analiza postojećih modela naplate zagušenja u gradovima.....	38
6.1. Model naplate zagušenja u Singapuru	38
6.2. Model naplate zagušenja u Londonu	41
6.3. Model naplate zagušenja u Milanu	43

6.4. Model naplate zagušenja u Stockholmu	45
7. Analiza prometnog sustava u gradu Splitu.....	48
7.1. Problem zagušenosti grada Splita	49
7.2. Prijedlog rješenja prometnih gužvi na području grada Splita.....	50
8. Zaključak	53
Literatura	54
Popis slika.....	57
Popis tablica.....	58
Popis grafikona.....	59

1. Uvod

Naplata zagušenja je jedna od suvremenijih strategija upravljanja prometnom potražnjom koju uvode mnogi gradovi u svijetu kako bi se smanjila zagušenost gradova. Naplata zagušenja se vrši tako da se vozilima direktno i indirektno naplaćuje ulaz u pojedina područja grada, u pravilu su to centri gradova gdje je najveća koncentracija kulturnih, gospodarskih, financijskih i raznih događanja. Osim smanjenja zagušenja, gradovi imaju i višestruku financijsku korist od same naplate te time mogu financirati razne projekte kojima će poboljšati kvalitetu života svih građana. Metodu upravljanja prometnom potražnjom uvode mnogi gradovi, kako bih oblikovali život u gradu na najkvalitetniji način, a jedna od najpopularnijih mjera ili strategija je sama naplata zagušenja. Glavni razlog za uvođenje naplate zagušenja počinje još od pojma urbanizacije, jer problem počinje od pre velike napučenosti gradova. Brz način života i bolje financijske mogućnosti građana, dovelo je do situacije da su mnogi građani počeli kupovati automobile te pritom prestati druge načine putovanja.

Pionir u naplati zagušenja je grad/država Singapur koja je 70-ih godina prošlog stoljeća uvela naplatu za ulazak u centar grada. Razvoj Singapura je enorman, u samo 10 godina od neovisnosti bruo domaći proizvod po stanovniku se povećao s 500 dolara na 2500 dolara. Po uzoru na Singapur, mnogi gradovi poput Londona, Milana, Stockholma i ostalih su počeli uvoditi naplatu zagušenja, al tek 2000-ih kad je voda došla do grla te se morala pronaći solucija, kako smanjiti zagušenje u samom gradu.

1.1. Predmet i problem istraživanja

Predmet i problem istraživanja je zagušenost gradova te sama naplata zagušenja u gradovima. Najveća pažnja u ovom diplomskom radu će se posvetiti na cestovnu zagušenost gradova te raznim načinima kako se ta zagušenost smanjuje tj. u ovom slučaju naplaćuje. Najveću ulogu u uvođenju naplate zagušenja u gradovima imaju politički elementi koji moraju donijeti odluku, jer sama naplata nije objeručke prihvaćena u javnosti te ljudi izražavaju negodovanje kod donošenja odluke o naplati. Te zbog tih razloga, politički faktori često odustaju od uvođenja naplate, kako ne bih izgubili trenutne radne pozicije.

1.2. Hipoteza

Hipoteza ovog diplomskog rada glasi: Provedbom naplate zagušenja poboljšava se kvaliteta života svih građana koji žive na području istoga te se osiguravaju financijska sredstva za provedbu novih projekata.

1.3. Metode istraživanja

U izradi ovog diplomskog rada biti će upotrebljavane razne metode istraživanja kao što su slijedeće navedene:

- Analiza
- Integriranje i obrada podataka
- Statistička obrada
- Komparacija
- Sinteza

1.4. Izvori podataka

Prilikom izrade diplomskog rada korištena je razna odgovarajuća literatura. Najviše su se koristile knjige koje su preuzimane s raznih internet platformi. Od ostale literature vrijedi izdvojiti internet stranice, novinske članke te službene portale koje prikazuju razne statističke podatke. Proučavanje i analiziranje literature omogućilo je realiziranje samog rada. Svi izvori koji su se koristili u pisanju rada navedeni su u poglavlju Literatura.

1.5. Struktura rada

1. Uvod, početno poglavlje u kojem je rečeno nešto o samoj tematici diplomskog rada, te su navedeni predmet i problem istraživanja, izvori podataka, hipoteza, metode istraživanja te struktura rada

2. Urbana mobilnost, poglavlje u kojem je općenito opisana Urbana Mobilnost, te se pisalo o prometnom planiranju na razini EU te elementi prometnog planiranja.

3. Upravljanje prometnom potražnjom u gradovima, je poglavlje u kojem je pisano koje se sve odluke donose u svrhu kvalitetnijeg života u gradovima.

4. Zagušenost gradova, je problem s kojim se susreću mnogi gradovi u svijetu, a pobliže je objašnjen pojam PCU koji se koristi u Engleskoj te se na kraju pisalo o najzagušenijim gradovima u svijetu.

5. Naplata zagušenja u gradovima, je poglavlje u kojem je pisano koji su modeli naplate zagušenja.

6. Analiza postojećih modela naplate zagušenja u pojedinim gradovima, je poglavlje u kojem je uzeto nekoliko gradova te je analizirano kako oni izvršavaju naplatu zagušenja.

7. Analiza prometnog sustava u gradu Splitu, zadnje poglavlje gdje je opisan problem zagušenosti grada Splita te su predložena potencijalna rješenja

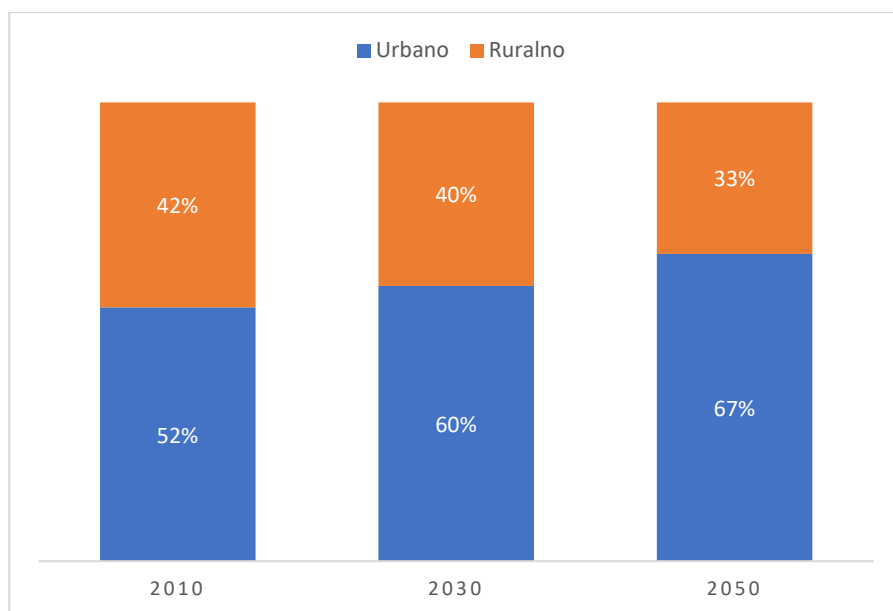
8. Zaključak, u završnom poglavlju je sve u kratko objašnjeno i zaključeno.

2. Urbana mobilnost

Na startu samog ovog poglavlja treba prvo objasniti što je to mobilnost. Dakle mobilnost je najprostije rečeno sposobnost prenošenja ljudi, roba ili usluga korištenjem više vrsti putovanja. Mobilnost se snažno počela razvijati još u 19. stoljeću zbog prve industrijske revolucije te izuma parnog stroja, dok je još više ojačala početkom 20. stoljeća tj. tijekom druge industrijske revolucije gdje su ljudi na veliko počeli koristiti automobile koji su bili cjenovno prihvatljivi za pučanstvo.

Urbana mobilnost jedan je od najtežih izazova s kojima se gradovi suočavaju danas, jer je postojeći mobilni sustav blizu kolapsa. Svjetsko stanovništvo sve više živi u gradovima. 53% stanovništva trenutno živi u urbanim područjima, a do 2050 očekuje se da će ta brojka doseći 67%. Danas se 64% putovanja odvija u granicama grada i očekuje se da će se kilometraža utrostručiti do 2050. godine. Urbana mobilnost koja će odgovoriti na ovu rastuću potražnju bit će takva da će se u budućnosti zahtijevati puno veća financijska ulaganja [1].

Grafikon 2.1. Povećanje urbanog stanovništva



Izvor: izrada studenta prema: Van Audenhove, F.J.; Korniiichuk, O.; Dauby, L.; Pourbaix, J.; Arthur D. Little & UITP: Future of Urban Mobility 2.0, Full Study, 2014. (28.08.2022.)

Grafikon 2.1. prikazuje povećanje urbanog stanovništva, te procjenu porasta urbanog stanovništva za 2030. i 2050. godinu u odnosu na 2010. godinu. Vidljivo je da 2030. godine možemo očekivati da će 60% zemljine populacije živjeti u gradovima to jest 67% 2050. godine.

2.1. Planovi održive urbane mobilnosti u EU

Planiranje održive urbane mobilnosti je zapravo europska zamisao palniranja prometa u urbanim područjima. Ovu zamisao pokrenula je Europska Unija još 2005. godine, gdje su godinama pripremali teren za donošenje konačnog plana. Krajem 2013. godine, napokon se ta zamisao pretvorila u stvarnost te je Europska Komisija objavila paket urbane mobilnosti kojom promovira razne promjene u urbanoj mobilnosti, tako da omoguće održivo razvijanje urbanih područja te da se ispune razni ciljevi EU. Sam plan održive urbane mobilnosti temelji se na slijedećim načelima[2]:

1. Planiranje održive mobilnosti u funkcionalno urbanom području
2. Suradnja među institucijama
3. Uključivanje građana i ostalih dionika
4. Procjena trenutne i iduće izvedbe
5. Definiranje dugoročne vizije i jasnog plana
6. Razvoj svih načina prijevoza na integrirani način
7. Priprema nadzora i procjene
8. Osiguravanje kvalitete

Trenutno je vrlo važno da razlikujemo tradicionalno planiranje prometa od plana održive urbane mobilnosti. Tradicionalno planiranje odlazi u prošlost te se sve više koristi POUM. Glavne razlike su prikazane u slijedećoj tablici.

Tablica 2.1. Razlike između tradicionalnog planiranja prometa i POUM

Tradicionalno planiranje prometa	Planiranje održive urbane mobilnosti
Fokus na promet	Fokus na ljude
Glavni cilj: Protok prometa, kapacitet i brzina	Glavni ciljevi: Pristupačnost, kvaliteta života, društvena korist, ekonomska isplativost, zdravlje i očuvanje okoliša
Fokusiranost na iste načine prometa bez integriranja	Integriranje svih načina prometa
Glavna tema je infrastruktura	Kombiniranje infrastrukture, tržišta, zakona, informacija i promocije
Dokument sektorskog planiranja	Planski dokument
Kratkoročni i srednjeročni plan provedbe	Isto ko kod tradicionalnog samo je još uključena dugoročna vizija i strategija
Planiranje izvode isključivo stručnjaci	Uz stručnjake planiranje izvode građani te ostali sudionici sa svojim prijedlozima i primjedbama

Izvor: Izrada studenta, podaci preuzeti iz: European Platform on Sustainable Urban Mobility Plans: Guidelines for developing and implementing a sustainable urban mobility plan, second edition, 2019. (25.03.2022.)

Iz tablice 2.1. može se vidjeti da je osnovna razlika između tradicionalnog planiranja prometa i POUM-a je ta da kod tradicionalnog nisu uključeni ljudi tj. ostali dionici u prometu poput pješaka i biciklista. POUM je dakle puno više okrenut samom čovjeku, čije je mišljenje itekako bitno jer na kraju čovjek sam koristi usluge unutar urbanog područja.

2.2. Elementi planiranja održive urbane mobilnosti

Planovi održive urbane mobilnosti sastoje se od vrlo bitnih elemenata. Ti elementi podijeljeni su u četiri faze od kojih svaka sadrži po 3 koraka. Ovo se također naziva i ciklus planiranja koji je poprilično složen, ali sami koraci ga pojednostavljaju. Koraci planiranja se u pravilu izvode korak po korak, osim u iznimnim slučajevima gdje se više koraka izvode u isto vrijeme.

Grafikon 2.2. Faze planiranje održive urbane mobilnosti



Izvor: : Izrada studenta, podaci preuzeti iz: European Platform on Sustainable Urban Mobility Plans: Guidelines for developing and implementing a sustainable urban mobility plan, second edition, 2019. (05.04.2022.)

Prva faza planiranja održive urbane mobilnosti je sama priprema i analiza. Ova faza je sami početak gdje se donosi odluka o poboljšanju postojeće urbane mobilnosti te povećanje same održivosti. Prilikom odrađivanja same prve faze važno je da se prihvate osnovni ciljevi kao što su: poboljšanje pristupačnosti za sve ljude ne vezano za društveni status, povećanje same kvalitete života, povećanje sigurnosti, suzbijanje onečišćavanje okoliša i postavljanje gospodarske održivosti gdje se primarno radi na racionalnoj potrošnji energije i energenata. Prvi korak prve faze je postavljanje radne strukture gdje analiziramo postojeće kapacitete i resurse kako bi uspostavili učinkovitu radnu strukturu, te je od velike važnosti da radne

strukture budu upoznati sa svim poslovima administracije te da budu involvirani u društvo kako bih dobili političku potporu te onu najvažniju a to je potpora krajnjih korisnika a to su građani. Drugi korak prve faze je određivanje samog okvira za planiranje u kojem se razvoj POUM-a mora prilagoditi lokalnoj razini te se treba odrediti geografski opseg. Za drugi korak važno je da se poštuju zakonski zahtjevi, da se poštuju svi dogovoreni rokovi te da se prilikom određivanja okvira pruža podrška iz vana. Treći korak prve faze je analiziranje mobilnosti u gradu, gdje je na početku potrebno odrediti sami izvor informacija te uspostaviti suradnju s vlasnicima podataka. U trećem koraku vrlo je bitno da se analiziraju svi problemi te da se istraže sve mogućnosti tj. načini prijevoza.

Druga faza planiranja održive urbane mobilnosti je razvoj strategije. Glavni cilj ove faze je definirati strateški cilj POUM-a. Prvi korak druge faze je da se na temelju analize problema i prilika treba razviti različite opcije i raspraviti ih s građanima i dionicima. Različite opcije su u biti scenariji koji pomažu u boljem razumijevanju mogućeg utjecaja vanjskih čimbenika (demografija, klimatske promjene, financije...) na urbanu mobilnost u kombinaciji s alternativnim načinima reagiranja. Kako bi se dobila općeprihvaćena vizija o mobilnosti unutar grada potrebno je otvoriti rasprave s građanima i svim ostalim dionicima kako bi se razmijenilo više ideja i mišljenja te došlo do nekog zajedničkog konsezusa. Drugi korak druge faze je razvoj vizije i strategije sa sudionicima, gdje se postavlja zajednička vizija te dogovaraju ciljevi za ključne probleme i sve načine prijevoza. Treći korak druge faze je određivanje pokazatelja za sve ciljeve te postavljanje dogovora o svim ciljevima.

Treća faza planiranja održive urbane mobilnosti je planiranje mjera gdje se ono prebacuje iz strateške u operativnu fazu. O ovoj fazi, POUM se finalizira gdje se pravi popis svih mjera te opisuje sama njihova izvedivost. Prvi korak treće faze je donošenje sveobuhvatnog popisa mjera koje se kasnije preliju u pakete mjera, te se na kraju planira praćenje i procjena utvrđenih mjera. Drugi korak treće faze je podjela zadataka i odgovornosti za sve sudionike u planiranju POUM-a. U ovom koraku se pravi popis svih akcija, definira izvor financiranja, dogovaraju prioritete i odgovornosti te se osigurava politička potpora i potpora javnosti. Treći korak treće faze je donošenje konkretnog financijskog plana, gdje dolazi do razvijanja samog financijskog plana i dogovora o podjeli troškova, te se na kraju vrši pregled donesenih mjera i planova.

Četvrta faza ujedno i posljednja faza planiranja održive urbane mobilnosti je provedba i praćenje mjera. U ovoj fazi se pažljivo prate sve akcije i radnje koje su postavljene prilikom planiranja. Prvi korak je upravljanje implementacijom gdje se vrši koordinacija provedbe akcija i nabava raznih dobara i usluga. Drugi korak je konstantno praćenje gdje se prati napredak i prilagodba te se vrši informiranje građana i ostalih dionika. Treći korak je vršenje pregleda gdje se sagledava što je se dobro a što loše napravilo te ujedno služi za učenje kako drugi put drugačije postupiti ako je se nešto loše napravilo [2].

3. Upravljanje prijevoznom potražnjom u gradovima

Prometne gužve i slični problemi postali su glavna briga za sve prometne planere, političare i druge članove javnosti. Prometnoj problematici treba posvetiti pozornost, tim više što sve dosadašnje politike nisu pronalazile adekvatna rješenja. Tradicionalni način rješavanja problema više nije održiv, odnosno izgradnja većeg broja cesta nije rješenje, već samo maskira problem dok se ne pojavi novi. Dakle, prilikom planiranja dolazimo do novih mjera za rješavanje problema, a to je predviđanje i upravljanje, odnosno upravljanje prijevoznom potražnjom (UPP).

Mjere UPP-a skup su politika čiji je primarni cilj utjecati na ponašanje pojedinaca prilikom putovanja pružanjem alternativnih načina putovanja kako bi se dobrovoljno smanjila ili ograničila privatna uporaba i vlasništvo vozila. UPP mjere se često nazivaju "push-pull" mjerama i mogu uključivati regulatorne politike i politike cijena, kao i politike ili programe uvjeravanja. Ove politike pokušavaju promijeniti vremensku i prostornu dimenziju putovanja, način na koji se putuje i konačno odluke o samom putovanju. Cilj ovih mjera je potaknuti pojedince da putuju izvan vršnih sati, koriste neki drugi oblik prijevoza ili pronađu drugi način putovanja. Primjenom ovih mjera može se postići učinkovitiji prometni sustav, smanjiti onečišćenje okoliša i poboljšati sigurnost prometa. UPP mjere mogu se podijeliti u dvije kategorije: fiskalne mjere i nefiskalne mjere [3].

Tablica 3.1. Kategorizacija UPP mjera

Fiskalne mjere	Ne fiskalne mjere
Naplata parkiranja	Smirivanje i kontrola prometa
Porez na fosilna goriva	Smanjenje prometnica
Trošarine na vozilo	Kontrola parkinga
Subvencioniranje JGP-a	Ograničenje i zabrana prometa
Naplata korištenja ceste	Poboljšanje JGP-a

Izvor: : Izrada studenta, podaci preuzeti iz: Saleh, W.; Sammer, G.: Travel Demand Management and Road User Pricing, 2009. (12.04.2022.)

3.1. Strategija upravljanja prijevoznom potražnjom

Strategija UPP poboljšava učinkovitost prometnog sustava pružajući ljudima različite inicijative: promjene u vremenu putovanja, rutama, načinima prijevoza, odredištima, učestalosti putovanja i troškovima. Primjena strategija UPP-a je usmjerena na dostupnost usluga i aktivnosti a ne automobilima. Primjerice, ako su cesta ili parkiralište zagušeni u određeno vrijeme, umjesto njihova proširivanja strategije UPP-a mogu stimulirati (potaknuti) neke osobe da promijene vrijeme putovanja u vršnom periodu s izvanvršnim periodom, da putuju alternativnim načinima (pješačenje, bicikl, javni prijevoz, dijeljenje vožnje), da odaberu alternativna odredišta ili da parkiraju na drugom parkiralištu u blizini odredišta [4].

Prema (Brčić i sur.,2016.) strategije UPP-a možemo podijeliti:

- S obzirom na vremenski period na: kratkoročne, srednjoročne i dugoročne
- S obzirom na stranu ponude i potražnje
- Opća podjela strategije: strategije povezane s prostornim planiranjem, strategije za održivu mobilnost , strategije za smanjenje uporabe automobila i ostale

3.1.1. Strategije povezane s prostornim planiranjem

Prilikom primjene ovih strategija najviše se pozornosti pruža na samu namjenu zemljišta na kojem se izvode prijevozna rješenja. Ove strategije su dugog vijeka te ih je na vrijeme potrebno razraditi te uzeti svi faktori koji će ljudima olakšati putovanja u naseljima i gradovima. Naglasak ove strategije je da se pametno i održivo iskorištava svaki komad slobodnog zemljišta.

Planirani urbani razvoj je jedna od strategija koje uključuje prostorno i prometno planiranje. Naglasak se vodi na dostupnost svih javnih sadržaja poput škole, ambulante... tako da stanovnicima bude dostupna s više načina prijevoza. Tijekom provođenja ove strategije ulice moraju biti prilagođene pješacima te moraju služiti za smirivanje prometa, broj parking mjesta mora biti ograničen.

Razvoj strategije koji se temelji na javnom prijevozu je jedna od najučinkovitijih mjera UPP-a kod prostornog planiranja. Glavne karakteristike razvoja ove strategije su [5]:

- Gusta naseljenost poslovnih i stambenih zgrada uz linije JGP-a

- Mješovita namjena zemljišta tako da u istom okruženju imamo mjesto stanovanja te objekte koji su neophodni za život (prodavaonice, ljekarne...)
- Pješačke zone te šetnice koje su sigurne kako bi se došlo do stajališta JGP-a

Orijentiranost na smanjenje korištenja automobila je jedna od strategija prostorno planiranja. Kod projektiranja nastoji se iskoristiti što manje površina za korištenje automobila gdje se urbane četvrti razvijaju tako da ljudima nije ni potrebno posjedovanje automobila, uvode pješačke zone ulice gdje je promet automobilima zabranjen ili ograničen na samo neko doba dana. Od ostalih strategija koje su povezane s prostornim planiranjem imamo mjere za smirivanje prometa te upravljanje parkinga u urbanim sredinama.

3.1.2. Strategije za održivu mobilnost

Zajednička vožnja je stvar dogovora skupine ljudi koji će zajedno putovati jednim prijevoznim sredstvom (najčešće auto) umjesto više njih kako bi se smanjio trošak putovanja ali i broj automobila na prometnicama. Carpooling ili zajednička vožnja automobilom uglavnom koriste 2 ili više osoba koje putuju u istom smjeru. Najbolji primjer Carpoolinga je odlazak na posao. Vanpooling je sličan sustav kao prethodni al u ovom slučaju zajednička vožnja se vrši kombijem kojim se koristi veći broj osoba, razlika je u tome što se korisnici ne kupe pojedinačno već na dogovorenoj lokaciji.

Carsharing je jedna od strategija za održivu mobilnost. Ova usluga je u principu kratkoročni najam automobila. Kao strategija je odlična jer na jedan automobil imamo puno više vozača te je automatski smanjen broj vozila. Prednosti Carsharinga je ta da je dostupan svugdje, povoljne cijene, pouzdan te se sama vozila iznajmljuju na skroz jednostavan način.

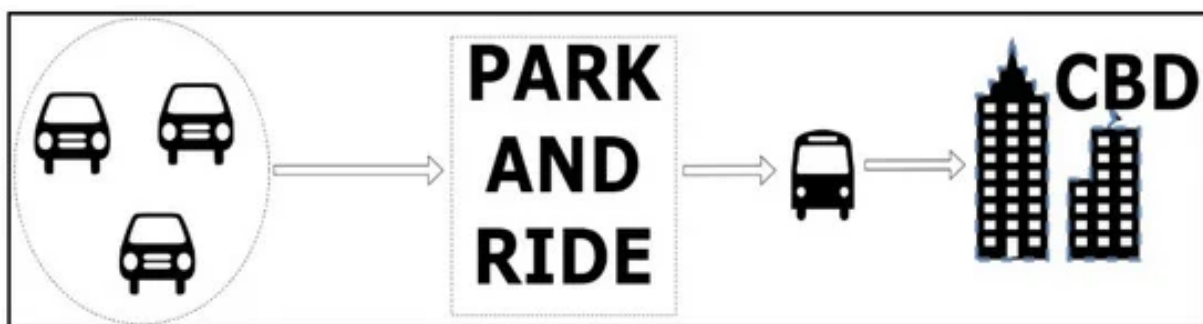
Subvencioniranjem JGP-a potiče se ljude da što manje koriste automobile kao prijevozno sredstvo. Subvencioniranje se uglavnom vrši dogovorom prijevozničke tvrtke s upravnom jedinicom koja u određenom postotku subvencionira putničku kartu. Također vrijedi naglasiti da i samim poboljšanjem usluge kao što je veći broj linija, udobnija prijevozna sredstva i mnogi drugi faktori doprinose da se smanji broj automobila na cesti.

Sustav javnih bicikala je strategija koja bilježi najveću popularnost u samim gradovima. Samom strategijom potiče se korisnike da koriste bicikla u svrhu smanjenja broja

vozila na prometnicama te ujedno i na fizičku aktivnost. Sustav javnih bicikala na veliko je prepoznat kod građana pogotovo zbog razloga jer biciklu nisu dužni vratiti na isto mjesto gdje su preuzeli te im tako olakšava korištenje samih bicikala.

Park and ride sustav funkcionira tako da vozači svoja vozila ostavljaju na periferiji grada te svoje putovanje prema centru grada nastavljaju javnim gradskim prijevozom ili nekim drugim načinom. Park and Ride je odlični sustav ali najviše ovisi o volji ljudi, gdje se postavlja jesu li spremni žrtvovati mali dio svoga vremena zbog potencijalnog presjedanja. Ovim sustavom smanjuje se broj vozila u samom centru grada.

Slika 3.1. Koncept Park and Ride sustava



Izvor: MDPI Journals, 2021., raspoloživo na: <<https://www.mdpi.com/2673-7590/1/1/6>> (23.04.2022.)

3.1.3. Strategije smanjenja uporabe automobila

Različite ekonomske i regulatorne mjere potiču korisnike prometnog sustava na što učinkovitije opcije za odabir putovanja. Kod ekonomskih mjera imamo naplatu cestarina, parkinga, zagušenja, goriva te različite poreze i namete, dok se kod regulatornih mjera direktno utječe na dostupnost samih usluga. Strategije smanjenja uporabe automobila su u principu snažne i učinkovite kod rješavanja prometnih problema te služe za povećanje učinkovitosti transportnog sustava. One također ostvaruju dodatne prihode kojima se financiraju različiti projekti ili smanjuju neki drugi porezi. Problem se javlja tek kod provedbe jer ljudi teško prihvaćaju ove mjere a politika je konstantno na strani ljudi te se boje provesti ove mjere. Kako bi se ipak provele, potrebno je pregovarati te objasniti ljudima koje su višestruke koristi od provođenja ovih mjera.

Naknada za uporabu ceste se najčešće koristi kod autocesta gdje korisnici plaćaju cestarinu kako bi se investicija isplatila. U određenim zemljama imamo vinjete

(dnevne,tjedne,mjesečne ili godišnje) kojima plaćamo uporabu ceste. U RH plaćamo cestarinu na naplatnim postajama na autocesti. Osim autocesta tu još imamo tunelarinu (naknada za prolazak kroz tunel) i mostarinu (naknada za prelazak preko mosta).

Ograničenje broja vozila je strategija gdje u nekim određenim zonama unutar urbane sredine imamo maksimalni dopušten broj automobila koji se smiju nalaziti u toj zoni. Najbolji primjer ovog ograničavanja je Singapur gdje gradske vlasti odlučuju koliko se automobila smije nalaziti u točno određenoj zoni. Dozvola za korištenje vozila unutar zone dobiva se putem licitacije po principu tko plati više dobiva licencu. Licenca vrijedi 10 godina.

Cijena goriva je najbolja mjera kod smanjenja uporabe automobila. Naknada se plaća po litri kupljenog goriva. Prilikom kupnje goriva najmanje novca ide prodavaču i proizvođaču, jer većina novca otpada na državu koja sa svojim nametima financira razne projekte te održavanje istih.

Implementiranjem zona sa smanjenim emisijama staklenički plinova kojima je cilj poboljšanje kvalitete zraka i smanjenje buke. Kroz proteklih nekoliko godina moglo je se čuti da su mnogi njemački gradovi uveli zakone po kojima je zabranjeno ući u grad ako vozilo ne odgovara EURO 6 normi, dok su neki gradovi išli još dalje te su u svojim gradovima zabranili prometovanje vozila koji kao pogonsko gorivo koristi dizel. Ove mjere u Njemačkoj naišle su na niz negodovanja jer je ljude prisilio da kupuju nove automobile, dok stare nisu mogli prodati po stvarnoj cijeni te im je to stvorilo ogromne gubitke.

Naknadu za okoliš plaćaju sve pravne i fizičke osobe koji koriste vozila na motorni pogon. Posebna naknada za okoliš se najčešće plaća prilikom registracije i osiguranja vozila. Ova naknada se određuje prema specifikacijama vozila (starost vozila, vrsta motora, obujam motora, pogonsko gorivo, snaga motora) [4].

4. Zagušenost gradova

U gradovima je trenutno smještena većina svjetskog stanovništva, gospodarstva, industrije te je grad ujedno i financijsko središte. Što se tiče prometa, naselja u gradovima su prepoznati po tome što su pretrpani automobilima na ulicama. Za razliku od ruralnih sredina u gradovima je zauzetost površine automobilima puno veći. Kroz povijest gradovi su nastajali na čvorištima prometa, te su takvi ostali. U svim većim gradovima osim automobila imamo i neke druge verzije prometa kao što su tramvaji, podzemne nadzemne željeznice te mnoge druge vrste.

Posljednjih nekoliko godina, pogotovo od 90-ih godina prošlog stoljeća porast cestovnog prometa i same potražnje za prijevozom uzrokovali su ogromne gužve u prometu, kašnjenja, nesreće te razne ekološke probleme ponajviše u gradovima. Gužve u prometu postale su svakodnevnica koja muči mnoge razvijene zemlje te one koje su još u razvoju. Ovaj problem zahvatio je sve ljude koji su uključeni u promet kako vozače tako i korisnike javnog prijevoza, a osim smanjenja ekonomske učinkovitosti imaju i razne druge negativne učinke na samo društvo.

Pojam zagušenja se u novije vrijeme više intenzivirao, te bez nekih ograničenja postaje veliki problem koji utječe na kvalitetu života u urbanim sredinama. U zadnjih nekoliko desetljeća bilježi se porast broja motornih vozila na ulicama gradova. Razlog tomu može se prepisati povećanju kupovne moći srednje klase, dostupnost kredita, niža cijena automobila pogotovo onih rabljenih. Sve veća dostupnost automobila omogućila je veću individualnu mobilnost, koja zajedno sa manjim broj osoba po kućanstvu te lošim politikama javnog prijevoza dovelo do zagušenja u gradovima. Individualna mobilnost je dobra stvar u smislu da se gleda čovjekova ne ovisnost o javnom prijevozu ili nekim drugim prijevozima, ali u konačnici ima štetne posljedice jer se tako dodatno opterećuje sama prometnica.

Najbolji primjer zagušenja u gradovima je veći broj individualnih putovanja pogotovo u vršnim satima kada su najveće gužve na prometnicama te pojedinca čini kao jednu od odgovornih osoba koja je kriva za nastanak zagušenja. Zagušenost u prometu ima i negativne utjecaje na vozača jer ga spor tempo i duga čekanja čine nervoznim i agresivnim te takvim ponašanjem postaje poprilično opasan za sudjelovanje u prometu.

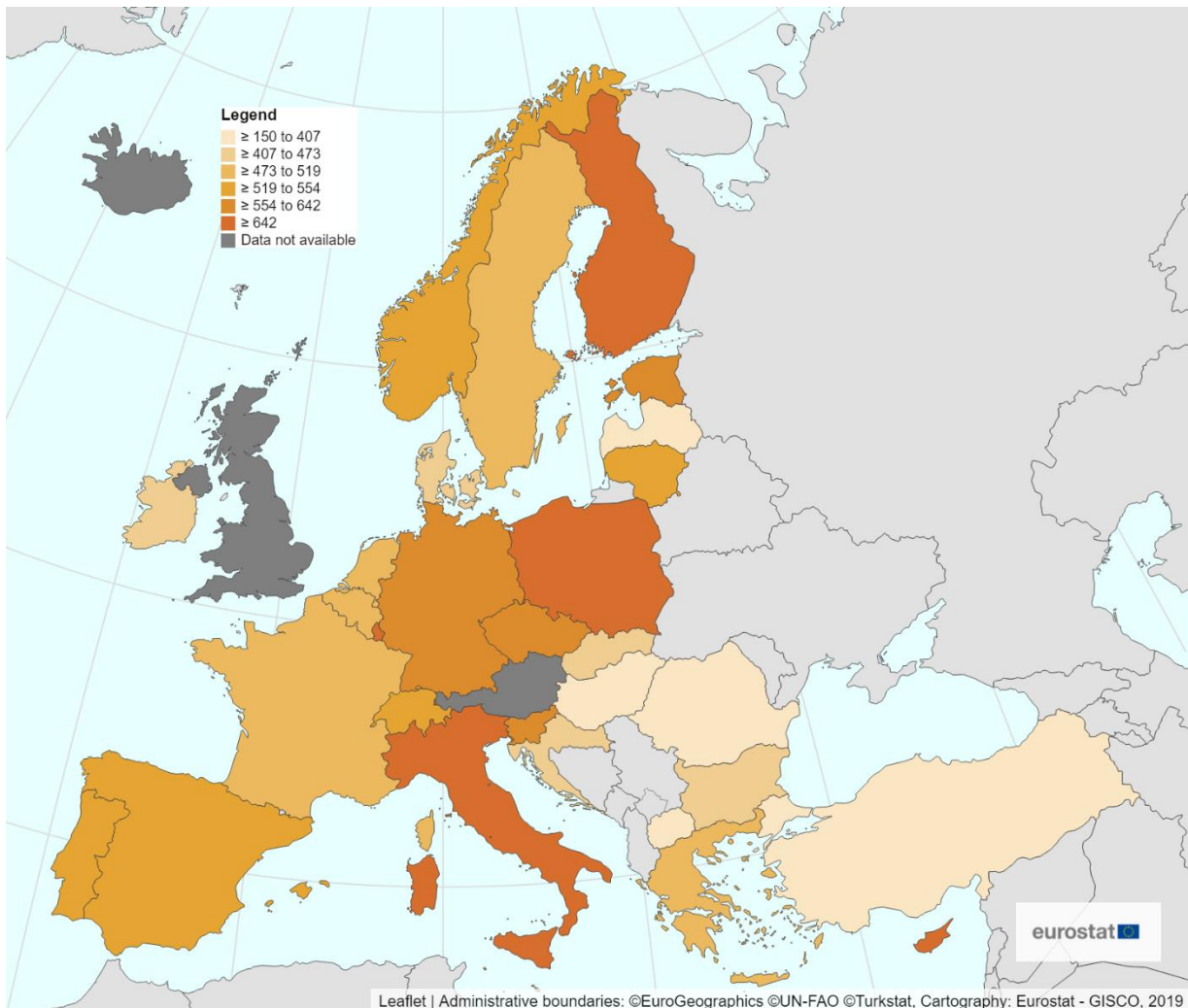
4.1. Problem zagušenosti uzrokovan privatnim automobilima

U prometu pojedina vozila uzrokuju veće zagušenje od ostalih. U transportnom sustavu, svakoj vrsti vozila dodijeljena je oznaka zvana PCU (passenger car unit). Privatni automobil je ekvivalent 1 PCU, dok druga vozila imaju druge ekvivalente koji odgovaraju njihovom utjecaju na sam prometni tok ili površinu koju zauzimaju u njemu u usporedbi s privatnim automobilom.

Iako autobus zauzima puno veću površinu nego osobno vozilo, u prosjeku prevezenih osoba ta je brojka manja nego kod automobila jer prevozi više osoba. Autobus u prosjeku prevozi oko 50 putnika, dok automobil 1,5 osobu, stoga se daje zaključak da putnik u privatno automobilu uzrokuje 11 puta veće zagušenje nego putnik u autobusu. Ako autobus u prosjeku prevozi 5 putnika što je poprilično neisplativo, ono i dalje manje zagušuje nego privatni automobil. Prazni autobusi se dešavaju u noćnim satima kad je potražnja za prijevozom višestruko manja. Postojanjem prevelikog broja vozila javnog prijevoza, zagušenost će se još više povećati kao što imamo u ponekim većim gradovima. Jedna od značajki trenutnih ekonomskih modela je deregulacija, koja se u slučaju urbanog prijevoza putnika odražava u prekomjernom broju autobusa i taxi vozila te pogoršanje pravila i regulacija koje su povezane s njihovim radnjama [6].

Na slici 4.1. prikazana je mapa Europe gdje je vidljiv broj osobnih automobila na 1000 stanovnika u 2019. godini, legenda na mapi označava u koju grupu spada pojedina država. Države koje imaju najveći broj osobnih automobila na 1000 stanovnika su Lihtenštajn koji ima 781 automobil i Luksemburg koji ima 681 automobil. Najzanimljiviji podatak je za Poljsku koja broji 642 osobna automobila dok je 1990. godine ta brojka bila 138 automobila. U RH na 1000 stanovnika imamo 425 osobna automobila, rast broja automobila je poprilično povećan s obzirom na 1990. Godinu kada je broj automobila na 1000 stanovnika bilo tek 196.

Slika 4.1. Broj automobila na 1000 stanovnika u Europi 2019. godine



Izvor: Dnevno HR-internet portal. Koliko automobila posjeduju hrvati. 2019., Raspoloživo na: <
<https://bit.ly/3zLaVWx> > (25.04.2022.)

4.1.1. PCU

PCU je relativni težinski faktor koji se daje prometnom volumenu pojedinačne kategorije vozila, da bi se riješila heterogenost u mješovitoj prometnoj situaciji. Dovoljan broj studija je proveden do danas kako bi se dobio PCU od različitih vrsta vozila. Prometni tok je generalno gledano totalno heterogene prirode, stupanj heterogenosti ovisi o kontekstu. Primjerice, stupanj heterogenosti obično je viši za zemlje u razvoju, te zbog njih prometne studije često postaju kritične. PCU je definiran kao mjera relativne interakcije između vozila u

prometnog toka u odnosu na standardnog putnika uslijed specifičnih cestovnih i prometnih uvjeta. Procjena PCU-a je važna za svaku kategoriju vozila koja se nalazi u prometnom toku kako bi se dizajnirali i analizirali performansi različitih prometnih objekata te upravljanje regulacijom i kontrolom prometa. Korištenje odgovarajućeg PCU-a za različite kategorije vozila, dolazi se do točne kvantifikacije homogenog prometnog volumena u mješovitoj prometnoj situaciji koja ima značaj u pružanju željene razine usluga. Neodgovorno usvajanje PCU-a može dovesti do ozbiljnog zagušenja. Mnogi istraživači PCU su postavili kao statičku vrijednost, međutim mnoga studija u posljednja dva desetljeća pokazala su kako ono varira s promjenom prometnih, geometrijskih i nekih drugih faktora.

PCU kategorije vozila uvelike varira ovisno o vrsti cestovne infrastrukture. Primjerice, skup PCU-a preporučen za urbane ceste nije primjenjiv za određivanje homogenog ekvivalenta volumena prometa na autocesti, semaforiziranim i nesemaforiziranim raskrižjima, rotora ili bilo kakvog drugog cestovnog objekta. Ovaj rad je isključivo usmjeren na procjenu PCU-a na gradskim cestama jer sama procjena interakcije ima dodatni značaj na zagušenim urbanim koridorima. Uz samu urbanu mobilizaciju dolazi do ubrzanog širenja urbanog stanovništva kao i povećanje broja automobila u metropolama zemalja u razvoju. Širenje ceste kao prilagodba povećanom opsegu prometa, nije uvijek moguća ponajviše zbog nedostatka zemljišta u urbanim područjima kojima bi proširili prometnice. Ova situacija dovodi do loše discipline i zagušenja na urbanim prometnicama, te dolazi do interakcije između različitih kategorija vozila. PCU se može dobiti izračunavanjem različitih metoda. Od mnogih metoda kojima izračunavamo PCU najviše se koristi: metoda napredovanja, metoda homogenog koeficijenta, Walkerova metoda, metoda multilinearne regresije, metoda simultanih jednadžbi, metoda temeljena na brzini, Huberova metoda i tehnika simulacije [7].

Tablica 4.2. PCU po pojedinoj kategoriji vozila

Vrsta vozila	PCU vrijednost
Bicikl	0.2
Motocikl	0.4
Automobil	1.0
Mala gospodarska vozila	1.0
Srednja gospodarska vozila	1.5
Velika gospodarska vozila	2.3
Kočije i busevi	2.0
Zglobni autobus	3.2

Izvor: Izrada studenta, podatci preuzeti iz: Traffic Modelling – Version 4.0 . Beestone L. i sur. London. 2021., raspoloživo na: < <https://content.tfl.gov.uk/traffic-modelling-guidelines.pdf> > (26.04.2022.)

4.2. Najzagušeniji gradovi u svijetu

Najbolji pokazatelj zagušenosti gradova napravljen je pomoću TomTom prometnim indeksom. Ovaj indeks prikazuje kretanje ljudi na lokalnoj razini, u stvarno vrijeme i tijekom vremena. Ovi podatci o prometu pružaju snažan uvid u to što obrasci za promet znače za živote i poslovanje. Podatci za TomTom indeks prikupljaju se od preko 600 milijuna vozača koji koriste TomTom tehnologiju u navigacijskim uređajima, sustavima na upravljačkoj ploči i pametnim telefonima. Vrijedi naglasiti da se podatci ne prodaju i da se ne zna od koga su došli. Razina zagušenja se mjeri u postotcima. Primjerice ako je razina zagušenja u određenom gradu 50%, to znači da će putovanje za koje je potrebno 30 minuta u osnovnim uvjetima, trebati 50% više vremena u uvjetima zagušenosti. Postotci se vrlo lako pretvaraju u vrijeme, tako da njihov koeficijent koji je u ovom slučaju 0,5 pomnožimo sa 30 minuta, te tako dobijemo 15 minuta dodatnog prosječnog putovanja, te ukupno prosječno putovanje umjesto 30 traje 45 minuta [8].

Tablica 4.3. 10 najzagušenijih gradova u svijetu 2021. godine

	Grad	Izgubljeno vrijeme tijekom godine (h)	Razina zagušenja
1	Istanbul	142	62%
2	Moskva	140	61%
3	Kijev	128	56%
4	Bogota	126	55%
5	Bombay	121	53%
6	Odesa	117	51%
7	Sankt Petersburg	115	50%
8	Bukurešt	115	50%
9	Novosibirsk	110	48%
10	Bangalore	110	48%

Izvor: Izrada studenta, podaci preuzeti iz internet stranice: < https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/ranking/> (26.04.2022.)

Istanbul je 2021. godine bio najzagušeniji grad na svijetu s razinom zagušenja od 62% te 142 izgubljena sata u prometu. U odnosu na 2020. godinu zagušenje je veće za enormnih 11%. Najzagušeniji dan u godini je bio 28.04. kada je razina zagušenja iznosila ravnih 100%.

Moskva je u 2021. godini nastavila trend u top 10 najzagušenijih gradova, te je se našla na drugom mjestu s razinom zagušenja 61% te 140 sati izgubljenih u prometu. Najzagušeniji dan u godini bio je 12.02. s razinom zagušenja od 134%. 2020. Godine razina zagušenja bila je 7% manja.

Kijev je 3 grad po zagušenosti s razinom zagušenja od 56% te 128 sata izgubljena u prometu. Najzagušeniji dan u godini bio je 08.02. s razinom zagušenja od 139%. U odnosu na 2020. godinu razina zagušenja se povećala za 5%.

Bogota je 4 grad po zagušenosti s razinom zagušenja od 55% te 126 sata izgubljena u prometu. Najzagušeniji dan u godini bio je 26.03. s razinom zagušenja od 86%. U odnosu na 2020. godinu razina zagušenja se povećala za 2%.

Bombay je 5 grad po zagušenosti s razinom zagušenja od 53% te 121 sata izgubljena u prometu. Najzagušeniji dan u godini bio je 21.08. s razinom zagušenja od 88%. U 2020. godini razina zagušenja je bila potpuno ista.

Odesa je 6 grad po zagušenosti s razinom zagušenja od 51% te 117 sati izgubljenih u prometu. Najzagušeniji dan u godini bio je 01.02. s razinom zagušenja od 84%. U odnosu na 2020. godinu razina zagušenja se povećala za 7%.

Sankt Petersburg je 7 grad po zagušenosti s razinom zagušenja od 50% te 115 sati izgubljenih u prometu. Najzagušeniji dan u godini bio je 24.02. s razinom zagušenja od 94%. U odnosu na 2020. godinu razina zagušenja se povećala za 6%.

Bukurešt je 8 grad po zagušenosti s razinom zagušenja od 50% te 115 sati izgubljenih u prometu. Najzagušeniji dan u godini bio je 20.05. s razinom zagušenja od 87%. U odnosu na 2020. godinu razina zagušenja se povećala za 8%.

Novosibirsk je 9 grad po zagušenosti s razinom zagušenja od 48% te 110 sati izgubljenih u prometu. Najzagušeniji dan u godini bio je 29.01. s razinom zagušenja od 104%. U odnosu na 2020. godinu razina zagušenja se povećala za 3%.

Bangalore je 10 grad po zagušenosti s razinom zagušenja od 48% te 110 sati izgubljenih u prometu. Najzagušeniji dan u godini bio je 09.10. s razinom zagušenja od 75%. U odnosu na 2020. godinu razina zagušenja se smanjila za 3%.

Kada se uspoređuje 2020. i 2021. godina, vidljivo je da je se u većini gradova razina zagušenja povećala. Glavni razlog tomu možemo reći da je u mnogim zemljama početkom 2020. godine nastupio lockdown zbog virusa Covid-19.

5. Naplata zagušenja u gradovima

Naplata zagušenja je i dalje neiskorištena strategija prijevoza koja može smanjiti zagušenja prometnica u gradovima, poboljšati kvalitetu zraka te u krajnju ruku povećati prihode kojima će se financirati novi prometni projekti kojima će se poboljšati život u urbanim područjima. Naplata zagušenja kod ljudi prvo izaziva nezadovoljstvo zbog potencijalnog izdvajanja financijskih sredstava, ali kada se naplata kvalitetno implementira ona ima višestruke koristi za sve stanovnike koji žive na tom području. Ova strategija će uvijek izazivati razne kontroverze među ljudima ponajviše zbog prevelike razlike u slojevima društva. Naplata zagušenja je velika dilema s kojom se svaki grad mora suočiti kako bi se upravljalo sa zagušenjem u gradovima. Ona je politika naplaćivanja naknade za korištenje određene prometnice unutar grada koje doživljavaju zagušenja, čime odvrću vozače od tih prometnica te ih čine slobodnim od zagušenja. Glavni cilj prilikom uvođenja naplate je poticanje vozača da se koriste nekom drugom vrstom prijevoza, da koriste druge rute putovanja koja nisu zagušene te da promjene vrijeme putovanja, prvenstveno da se izbjegnu satovi s najvećim vršnim opterećenjem.

Naplata zagušenja na razne načine utječe na aktivnosti putovanja različitih socioekonomskih skupina, ovisno o okolnostima. Koridorske cijene su implementirane u razne Europske i Azijske gradove, dok je na području Sjeverne Amerike bio predložen takav način naplate, on u konačnici nije prihvaćen. Razne studije istraživale su promjene koje mogu utjecati na ljudsko ponašanje pri putovanju te pretpostavili različitu raspodjelu prihoda kako bi se postigla jednakost između različitih socioekonomskih skupina. Prilikom razmatranja ovog sustava javlja se pitanje pravednosti, jer putnici koji dolaze izvan koridora moraju plaćati punu cijenu dok ljudi koji žive unutar samog koridora imaju određene beneficije prilikom naplate, također se još javlja problem da vozači koji više puta dnevno ulaze u koridor moraju za isti svaki put platiti. Najbolji primjer problema kod ovakve naplate je Edinburg, gdje su imućniji ljudi koji žive u samom centru grada bili oslobođeni plaćanja zagušenja a putnici slabije platežne moći bili su podvrgnuti naplati jer žive van granica naplate.

Naplata zagušenja je strategija upravljanja prijevoznom potražnjom da bi prijevoz pomaknuo u smjer ekonomske i ponajprije ekološke održivosti. Samo određivanje cijene naplate je nezahvalan posao jer je to mjera progresivne politike u kojoj se favorizira određene

grupe putnika a na veliko opterećuju neke druge skupine. Najnoviji urbani prometni sustavi nastoje se temeljiti na jednakosti, kojima će omogućiti isti prometni sustav za sve vrste ljudi bez obzira kojoj od socioekonomskih ili demografskih skupina pripadali. U planiranju prijevoza pravednost je središnji element, jer se prijevoz smatra kao osnovno pravo koji moraju imati sve društvene skupine. Zato su mnogi znanstvenici brigu o pravednosti identificirali kao jednu od glavnih prepreka u javnom prihvaćanju naplate zagušenja [9].

5.1. Pristupi za upravljanjem zagušenja

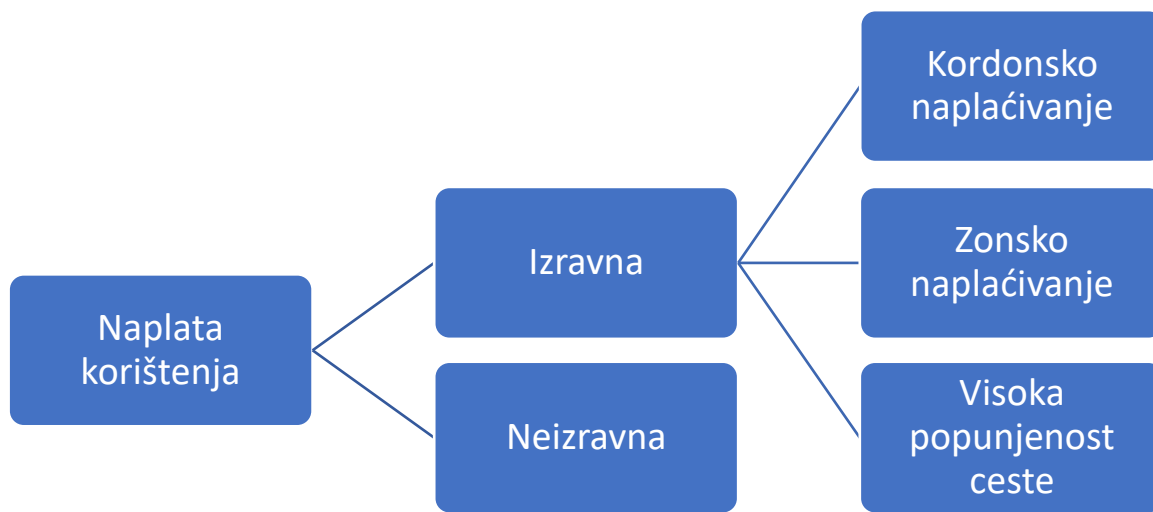
Tijekom godina mnoge su zemlje diljem svijeta predložile ili primijenile različite metode za smanjenje prometnih gužvi i poboljšanje razine usluga na cestama. Ovi pristupi se mogu razmotriti u upravljanju opskrbom ili prometnom potražnjom. Upravljanje opskrbom tradicionalni je odgovor na prometne gužve, uključujući različite tehnologije, poput povećanja kapaciteta kolnika proširenjem ili nadogradnjom postojećeg kolnika ceste ili graditi nove. Tradicionalni pristupi usmjereni su na upravljanje zagušenjem cesta, tako što povećaju sposobnost cestovne mreže da zadovolji trenutne i buduće prometne zahtjeve. Cilj ovog pristupa je maksimizirati kapacitet ceste kako bi se poboljšala razina usluge.

Drugi pristup je korištenje različitih tehnika upravljanja prometnom potražnjom kao što su poticanje ljudi da koriste javni prijevoz, obeshrabrivanje ljudi da putuju za vrijeme gužvi, nametanje zabrane za gospodarska vozila, ograničeno parkiranje i ograničen pristup prometnim površinama. Druga skupina tehnologija upravljanja prometnom potražnjom ima za cilj povećati učinkovitost cestovnih sustava tako da se ista potražnja može zadovoljiti uz niže troškove. Primjer ovog pristupa uključuje naplatu cestarine za sudionike u prometu, teška vozila i mjerenje pristupa rampama za ulaz na autocestu [9].

5.2. Modeli naplate korištenja cestovne infrastrukture

Na slici 5.2. može se vidjeti osnovna podjela modela naplate korištenja cestovne infrastrukture.

Slika 5.2. Modeli naplate korištenja cestovne infrastrukture



Izvor: Izrada studenta (04.05.2022.)

5.2.1. Modeli neizravne naplate korištenja cestovne infrastrukture

Pod neizravnom naplata korištenja cestovne infrastrukture smatra se da je ljudi plaćaju kroz razne namete. U Hrvatskoj je takav slučaj kada kupujemo gorivo gdje se od svake kupljene litre goriva određeni iznos ide za korištenje cestovne infrastrukture. Drugi model neizravne naplate u RH je prilikom registracije vozila, koja je drugačija ovisno o kakvoj vrsti vozila se radi. U RH Hrvatskoj se naknada izračunava pomoću izrazu $GN=ON*K$ gdje je:

GN - iznos godišnje naknade u kunama

ON - osnovna naknada

K – korektivni koeficijent

Osnovna naknada iznosi 215,00 kn a korektivni koeficijent ovisi o vrsti vozila.

Tablica 5.3. Shema za izračun naknade za ceste prilikom registracije vozila

Red. Br.	Vrsta vozila	Kriterij za izračun naknade	Osnovna naknada	Korektivni koeficijent
1.	Moped		215,00 kn	0,00
2.	Motocikl		215,00 kn	0,35
3.	Osobni automobil	$V < 1001 \text{ cm}^3$	215,00 kn	0,84
		$V = 1001 - 1600 \text{ cm}^3$	215,00 kn	1,74
		$V = 1601 - 2000 \text{ cm}^3$	215,00 kn	2,10
		$V = 2001 - 2500 \text{ cm}^3$	215,00 kn	3,49
		$V > 2500 \text{ cm}^3$	215,00 kn	5,59

Izvor: Izrada studenta prema: Narodne Novine 96/2015 (04.05.2022.)

U tablici 5.3. prikazane su brojke koje služe za izračunavanje naknade za ceste prilikom registracije vozila. U tablici su prikazane brojke samo za mopede, motocikle i osobne automobile dok još imamo brojke za autobuse, teretne automobile, priključna vozila, radne strojeve, vozila koja su po posebnoj namjeni za koje je potrebno odraditi velik broj atesta prilikom registracije (vatrogasna vozila, pčelarska vozila, oldtimeri..) i vozila koja su opremljena plinskom instalacijom

U nekim zemljama u Europi se koriste vinjete koje služe za plaćanje autoceste ili nekih drugih cestovnih infrastruktura. Vinjeta dolazi u obliku naljepnice te imamo različite tarife, te su izuzetno praktične i jeftine te donose poboljšanje u prometni sustav.

5.2.2. Modeli izravne naplate korištenja cestovne infrastrukture

Glavna osobina izravne naplate korištenja cestovne infrastrukture je u tome da se proces obračuna naknade odvija prije ili po završetku korištenja cestovne infrastrukture za koju se ubire naknada. Ovi modeli iziskuju izgradnju dodatne infrastrukture na prometnicama ili korištenje dodatnih uređaja u automobilima. Izravna naplata se vrši na 2 načina i to na:

- Ručna naplata koju izvršava čovjek uz pomoć elektroničke opreme u naplatnim kućicama
- Elektronska naplata u kojoj je sustav potpuno automatiziran gdje se vozila elektronski identificiraju te se tako vrši naplata, ovaj način može biti sa zaustavljanjem ili bez zaustavljanja vozila

5.2.2.1. Kordonsko naplaćivanje

Cestarine za zagušenje u kordonu predstavljaju oblik određivanja cijena cesta namijenjen smanjenju prometa u gustim urbanim područjima, kao što su gradska središta. Pojam kordon odnosi se na jasno označenu geografsku granicu koja okružuje područje naplate cestarine, a vozila koja prijeđu granicu ili se voze u području kordona tijekom vršnih sati putovanja, podliježu naplati cestarine. U najjednostavnijem slučaju, program naplate cestarine može uključivati paušalnu naknadu koja se primjenjuje tijekom radnog vremena tijekom radnog dana (npr. Od 07:00 do 18:00 sati, od ponedjeljka do petka), te se ne bi primjenjivala u ostalim danima poput neradnih dana i državnih praznika. U sofisticiranim programima cestarine variraju najčešće o dobu dana (npr. cijena je veća u 08:00 sati nego u 10:00) i kategoriji vozila (komercijalna vozila plaćaju veću cijenu nego osobna vozila).

Određivanje cijena u kordonu ima potencijal za smanjenje gužvi u kordonu uz stvaranje značajnih prihoda. Ova mjera se smatra da je najprikladnija na područjima gdje je kapacitet ceste ograničen, velika potražnja za putovanjima, mjesta gdje vozači imaju mogućnost odabrati neku drugu vrstu prijevoza. Ova strategija naplaćivanja provodi se u gradovima poput Londona, Singapura i Stockholma [9].

5.2.2.2. Zonsko naplaćivanje

Ova strategija naplate cestarine nameće troškove kordonskog prijelaza za ulazak u određeno zemljopisno područje bilo prelaskom cjenovne zone ili prijednom udaljenosti (po km putovanja). Razlikuje se od kordonske cijene tako da putnicima naplaćuje fiksnu naknadu za putovanje preko kordonskog područja za neograničen broj putovanja u i unutar cjenovne zone. Ovaj sustav pruža popust za stanovnike unutar kordona. Manje je učinkovit od kordonske cijene budući da su naknade fiksne i ne mijenjaju se s brojem putovanja do i iz cjenovne zone, međutim smatra se pravednijim [9].

5.2.2.3. Visoko popunjene trake (HOT lanes)

HOT je skraćenica od High-occupancy toll. Ova strategija uključuje varijabilne naknade na odvojenim trakama unutar autoceste. Potiče zajednički prijevoz tijekom razdoblja najvećeg opterećenja. HOT trake smatraju se verzijom traka za vozila s većim brojem putnika. Putnici koji dijele vožnju mogu koristiti HOT trake besplatno ili uz popust, dok vozila s jednim putnikom ili ona koja ne ispunjavaju uvjete minimalnog broja putnika za pristup trakama moraju platiti. Jedino vozila hitnih službi nisu izloženi ovim mjerama, dok sva ostala vozila imaju pravo izbora koristiti koju god traku hoće, al ako izaberu HOT traku istu će i platiti. Ova strategija najčešće se provodi u gradovima na području SAD-a, te je njezin cilj da potakne ljude da primjenjuju zajedničke vožnje [10].

Na slici 5.3. prikazan je znak koji označava HOT traku. Na ovoj traci mogu prometovati samo osobna vozila u kojoj se nalazi 2 ili više putnika te autobusi koji naravno prevoze veći broj ljudi. Promet u ovoj traci strogo je zabranjen teškim teretnim vozilima

Slika 5.4. Znak za HOT traku



Izvor: preuzeto sa: < <https://bit.ly/3cUqan3> > (10.05.2022.)

Varijabilna cijena cestarine na cijelim prometnicama je strategija koja ovisi o promjeni cijene naplate u vršnim satima kako bi cijena bila veća nego izvanvršnih sati. Ova strategija se provodi na prostorima cestovnih infrastruktura gdje se već od prije provodi naplata. Ovim se pokušava potaknuti vozače da putuju kad su manje gužve te da tim činom prođu puno jeftinije nego kad bi putovali kad su najveće gužve.

Određivanje cijene na temelju vremena, mjesta ili udaljenosti je strategija koja putnicima naplaćuje cijenu prema prijedenoj udaljenosti, lokaciji, vrsti vozila te periodu u danu kada se putovanje izvršava. Prednost ove strategije je da ne zahtijeva nikakvu dodatnu infrastrukturu na prometnicama, već sve ovisi o naprednoj tehnologiji gdje transponderi i komunikacijski uređaji moraju biti ugrađeni u svako vozilo. Ovakav sustav se trenutno primjenjuje u Njemačkoj gdje je isti implementiran za sve teške kamione koji rade u nacionalnom sustavu. Nizozemska je u procesu razvitka ovog sustava sa cjelokupnu uličnu i cestovnu mrežu [10].

5.3. Elektronska naplata korištenja cestovne infrastrukture

Sustavi elektroničke naplate cestarina korisnicima naplaćuju cestarinu bez potrebe za ikakvim zaustavljanjem. Sustav funkcionira tako da tereti račune registriranih vlasnika vozila ili identificira registarske oznake automobila kako bi se kasnije naplatila cestarina, sve to bez zaustavljanja vozila. Trake na kojima se elektronski naplaćuje cestarina služe za poboljšanje brzine i učinkovitost protoka prometa te samu uštedu vremena vozačima.

Elektronska naplata može se dodati svakom objektu kroz razne tehnologije poput bar koda pričvršćenog na vozilo, radio frekvencijski transponderi u automobilima te u raznim drugim navigacijskim uređajima koje možemo pronaći u vozilu.

5.3.1. Aktivni elektronski sustavi naplate korištenja cestovne infrastrukture

U aktivne elektronske sustave naplate korištenja cestovne infrastrukture spadaju slijedeći sustavi:

- elektronska naplata korištenjem aktivnih radio komunikacijskih uređaja baziranih na komunikacijskom protokolu kratkog dometa (DSRC).
- elektronska naplata korištenjem satelitske navigacije i radiokomunikacijske tehnologije.
- elektronska naplata korištenjem RFID tehnologije.
- elektronska naplata korištenjem pametnih telefona.

5.3.1.1. Elektronska naplata korištenjem DSRC

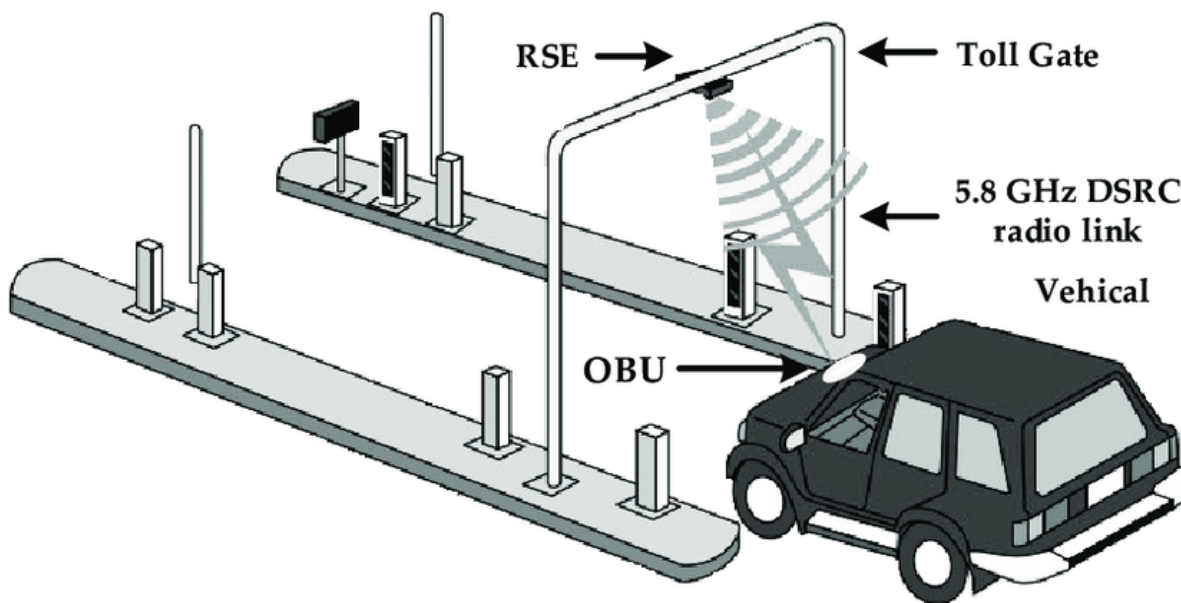
Komunikacijski protokol kratkog dometa (DSRC) je dvosmjerni širokopolasni komunikacijski kanal koji omogućuje komunikaciju između vozila i infrastrukture. Protokol se odnosi na područje Europe, koji radi u mikrovalnom frekvencijskom području od 5,8 GHz (5,9 GHz u Italiji). Sustav temeljen na ovome protokolu se sastoji od dva dijela, aktivnog primopredajnika (infrastruktura) i pasivnog primopredajnika (vozilo). Aktivni primopredajnik konstantno šalje modulirani signal nositelju koji se, u slučaju da je pasivni primopredajnik u dometu, reflektira uz modulaciju natrag prema aktivnom primopredajniku. Zbog toga što

pasivni primopredajnik koristi reflektirani signal, domet ovakvog sustava znatno je ograničen zbog pada jačine signala, ali je s druge strane ovaj sustav iznimno pogodan jer uzrokuje vrlo malu potrošnju energije na pasivnom primopredajniku [11].

U RH najbolji primjer komunikacijskog protokola je ENC (elektronička naplata cestarine) sustav, koji se koristi na autocestama. Sustav funkcionira tako da korisnik koji želi koristiti ovaj sustav za početak mora kupiti ENC uređaj koji se pričvršćuje za vjetrobransko staklo u vozilu. Ovaj sustav funkcionira tako da vozač polaže novac na ENC uređaj te prilikom prolaska kod naplatnih kućica s računa mu se skidaju financijska sredstva predviđena za plaćanje cestarine. Nedostatak ENC sustava u RH je ta da se vozač mora zaustaviti na naplatnim kućicama kako bih nastavio putovanje te time se ne ispunjava glavna zadaća ENC sustava a to je vožnja bez zaustavljanja. Prednost sustava je ta da korisnici imaju razne pogodnosti poput popusta na cestarinu.

Mnoge zemlje prepoznale su DRSC kao vrhunski sustav naplate korištenja cestovne infrastrukture na autocestama, te se taj sustav sve više počinje primjenjivati u gradovima pogotovo onim koji vrše naplatu zagušenja.

Slika 5.5. Princip naplate pomoću DRSC tehnologije



Izvor: Imran A., i sur.; A Highly Reliable, 5.8 GHz DSRC Wake-UpReceiver with an Intelligent Digital Controller foran ETC System, Seoul, 2020., raspoloživo na: < <https://bit.ly/3PYRFtU> > (12.07.2022.)

5.3.1.2. Elektronska naplata korištenjem satelitske navigacije i radiokomunikacije

Sustavi naplate koji koriste satelitsku navigaciju i radiokomunikaciju bazirani su na poprilično kompleksnim tehnologijama poput GNSS i GSM.

Cilj korištenja GNSS-a za naplatu korištenja cesta je naplata korisnika (tj. vozila) na temelju njegovog prijavljenog položaja. Kako bi se to postiglo, mora biti ispunjeno nekoliko zahtjeva. Da bi se ispravno odredila naknada koja će se primijeniti na korisnika, mora se slijediti niz koraka. Oni odgovaraju tijekom rada inteligentnog klijenta, koji može malo varirati ovisno o dobavljaču rješenja. Kod GNSS imamo sljedećih 5 koraka:

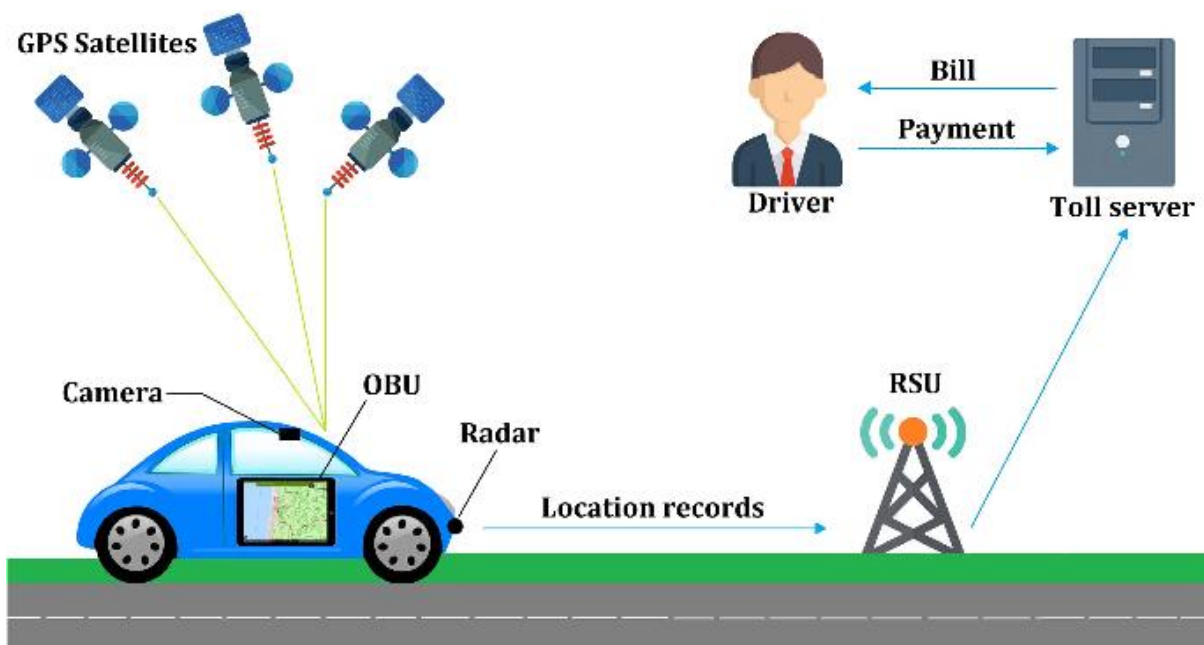
1. Pozicioniranje – OBU integrirani GNSS prijammnik služi za pružanje informacija poput položaja, brzine, orijentacije i stupnja pouzdanosti.
2. Algoritmi usklađivanja – Pomoću ovih algoritama, ispravni cestovni segment kroz koje vozilo prolazi ili se identificira virtualni portal kroz koji vozilo prolazi. Da bi se ovo izvelo prvo je potrebno na svoj OBU preuzeti digitalnu kartu putem OBU softvera. Karte se ažuriraju kada je to baš potrebno bez prekida ikakvih usluga te bez napora korisnika.
3. Detekcija cestarine – Nakon što su se algoritmi podudarali, treba potvrditi da je vozilo koristili određeni dio ceste ili prošlo kroz virtualni portal, proces detekcije cestarine provjerava je li vozilo dio naplative cestovne mreže. Ako otkriveni segment ili virtualni portal nisu dio cestovne mreže s naplatom cestarine, svi podaci koji su prikupljeni o položaju su odmah izbrisani, čime se štiti privatnost samog korisnika.
4. Ocjena - Ako vozila voze dionicom ceste koja se naplaćuje ili prolaze kroz virtualni portal, naplata cestarine obračunava se na temelju tarifnih pravila vezanih uz objekt naplate. Ovaj proces se zove ocjenjivanje te on generira podatke o naplati eng. CDR (Charge Data Record). U ovom slučaju pozicija vozila nije prenosiva, ali zbog potencijalnih pravnih razloga podaci o položaju se pohranjuju na OBU na određeni vremenski period.
5. Prijenos – Pohranjeni podaci o naplati se putem OBU-a periodično izvješćuju pružatelju usluga naplate cestarine sigurnim prijenosom preko operatera mobilne mreže. Prikupljeni podaci o naplati iz određenog vozila se obrađuju za naplatu iz središnjeg ili pozadinskog sustava.

Ovisno o pružatelju usluga naplate cestarine i konfiguraciji OBU, proces može itekako varirati. U slučaju da se koristi pristup "tanki klijent", usklađivanje, detekciju cestarine i ocjenjivanje provodi središnji sustav a podaci o položaju se povremeno i sigurno putem OBU prenose u GNSS putem operatera mobilne mreže. Potom središnji sustav pregledava položaje vozila na karti, te pregledava da li segmenti ili virtualni portali kroz koje je vozilo prošlo podliježu naplati cestarine ili naknade [12].

GNSS je kartica za globalne sustave satelitske radio navigacije od kojih je najpoznatiji, i najčešće korišteni sustav GPS razvijen od strane američke vojske, a stavljen na raspolaganje za civilnu uporabu. GPS je sastavljen od konstelacije tridesetak satelita i nekoliko kontrolnih zemaljskih stanica. GPS koristi satelite kao referentne točke pomoću kojih je u mogućnosti matematički izračunati položaj na zemlji s točnošću i do nekoliko centimetara. GPS prijemnici koriste se geometrijskim mjerenjem tj. triangulacijom kako bi odredili točan položaj u prostoru. U suštini, GPS sateliti šalju kodiran radio signal „Pseudo Random Code“ pomoću kojega GPS prijemnici mogu odrediti udaljenost od satelita. Poznajući udaljenost od minimalno 3+1 satelita GPS uređaj može odrediti položaj u prostoru. Udaljenost od satelita određuje se mjerenjem vremena potrebnog signalu da stigne od satelita do prijemnika. Kako se radi o vrlo kratkim vremenima (0.05 sekundi) sateliti imaju vrlo precizne atomske satove kojima se koriste za sinkronizaciju PRC radio signala na GPS predajniku. GPS prijemnik koristeći signal četvrtog satelita vrlo precizno određuje UTC vremensku koordinatu pomoću koje može izmjeriti koliko je „kašnjenje“ PRC signala od ostala tri satelita. Na taj način ostvaraju se vrlo precizna mjerenja udaljenosti od satelita. Za točno određivanje položaja potrebno je znati i točan položaj satelita u svemiru. To se postiže korištenjem precizno određenih putanja satelita u orbiti prema „master“ planu. GPS uređaj, kada se sinkronizira sa signalom iz satelita, uspoređuje unaprijed poznati položaj satelita s podacima dobivenim mjerenjem i tako određuje točnu poziciju na zemlji. PRC kod sadrži i podatke o eventualnim pogreškama putanje satelita. Dodatna pogreška u mjerenju 22 uzrokovana je promjenama u atmosferi, refleksijom signala itd. Te pogreške ispravljaju se korištenjem diferencijalnih GPS uređaja (DGPS). Osnovna ideja DGPS uređaja sastoji se od bazne stanice na zemlji postavljene na precizno određenoj poznatoj lokaciji. Kako je pogreška uzrokovana prolaskom signala kroz atmosferu približno jednaka za određeno manje područje, bazna stanica prima signal sa satelita i uspoređuje dobivena mjerenja sa svojom točnom lokacijom, te na taj način

određuje pogrešku signala sa svakog satelita. DGPS stanica zatim šalje signal o pogreškama na pokretni DGPS prijemnik koji lokaciju izmjerenu uz pomoć satelita ispravlja pomoću tih informacija. Takvim načinom ispravljanja pogreške postižu se vrlo visoke točnosti mjerenja. Ispravljanje pogreške na taj način moguće je provesti i naknadno [11].

Slika 5.6. Naplata cestarine pomoću GPS-a



Izvor: Bouchelaghem, S. i Omar, M.: Reliable and Secure Distributed Smart Road Pricing System for Smart Cities. Journal of Latex class files. 2015., raspoloživo na: < <https://bit.ly/3PW7Wjr> > (12.07.2022.)

5.3.1.4. Elektronska naplata korištenjem RFID tehnologije

RFID (Radio frequency identification) je tehnologija koja je bazirana na radijskoj frekvenciji u svrhu razmjnjivanja informacija između prijenosnih uređaja i središnjeg računala. Cijeli sustav se sastoji od RFID oznaka koje se nalaze unutar vozila te RFID čitača koji se uglavnom nalaze uz prometnicu na kojoj se vrši naplata korištenja cestovne infrastrukture. Sami čitač detektirani dobiva informacije iz oznaka koje se nalaze u vozilu poput ANPR sustava gdje kamera očitava broj registarskih oznaka vozila. Oznaka u vozilu je čip koji se nalazi u registarskoj pločici vozila, koju RFID čitač može očitati u punoj brzini vozila. Najveća prednost RFID čitača u odnosu na ANPR kamere je ta da su čitači znatno

jeftiniji, osim toga ova tehnologija smanjuje broj prevara vezanih uz registarske oznake vozila [13].

Za standardiziranje RFID tehnologije zadužena je vodeća organizacija u tom području EPCglobal. Ova organizacija je RFID uređaje standardizirala tako što je napravila 2 podjele, na 6 klasa te 2 generacije. Podjele su prikazane u sljedećim tablicama.

Tablica 5.4. Podjela RFID uređaja na klase

EPC klasa	Definicija	Programiranje
Klasa 0	moгуće samo čitanje	Programira ih proizvođač
Klasa 1	jednostruko programiranje	Programira ih korisnik
Klasa 2	višestruko programiranje	programibilni
Klasa 3	djelomično aktivni transponderi	
Klasa 4	aktivni transponderi	
Klasa 5	čitači	

Izvor: Cert.hr – odjel Hrvatske akademske i istraživačke mreže CARNET, RFID identifikacija, 2007.,
raspoloživo na: < <https://www.cert.hr/NCRFID#> > (19.07.2022.)

Tablica 5.5. Generacije RFID čipova

Karakteristika	Generacija 1	Generacija 2
Frekvencija	860-930 MHz	860-960 MHz
Memorijski kapacitet	64 ili 96 bita	96–256 bita
<i>Field</i> programibilnost	da	da
Reprogramibilnost	Klasa 0 – samo čitanje Klasa 1 – jednostruko programiranje Višestruko programiranje	-
Ostale karakteristike	-	Bolji čitači i poštivanje ostalih globalnih standarda

Izvor: Izvor: Cert.hr – odjel Hrvatske akademske i istraživačke mreže CARNET, RFID identifikacija, 2007.,
raspoloživo na: < <https://www.cert.hr/NCRFID#> > (19.07.2022.)

5.3.1.5. Elektronska naplata korištenjem pametnih telefona

Plaćanjem putem pametnih telefona do prije nekoliko godina bilo je potpuno nezamislivo. Danas više manje svugdje se more platiti korištenjem telefona. Kombinacijom modernih telefona, tehnološkog napretka u području NFC-a (Near Field Communication) i proširenja postoje mobilne mreže dovelo je do integracije mobilnih telefona s elektroničkom naplatom. Integracija s elektroničkom naplatom cestarine može se postići na više razina poput praćenja plaćanja cestarine za vrijeme putovanja, mogućnost ažuriranja osobnih podataka i korisničkog računa ili odabir načina plaćanja. Primjer ovoga je AfirGis Navigator Logbook, mobilna aplikacija koja je razvijena od strane AfriGis-a, koja za vrijeme vožnje automatski bilježi informacije o samom putovanju te duljinu samog putovanja. Korisnici aplikacije također mogu zatražiti savjete o odabiru alternativne rute putovanja, ako je potrebno.

C2S je pilot projekt koji razvijen u Portugalu od strane instituta za komunikacije na sveučilištu u Aveiru. Ovaj sustav je izgrađen oko OBU-a, koji integrira DRSC i GNSS tehnologije s mobilnim aplikacijama koje koriste NFC tehnologiju. Ova tehnologija nudi:

- Mobilnu aplikaciju laganu za korištenje, koja pruža informacije poput odabira rute, sredstva plaćanja, način plaćanja...
- Način plaćanja gdje korisnik prislanja svoj pametni telefon na OBU uređaj kako bih platio račun.

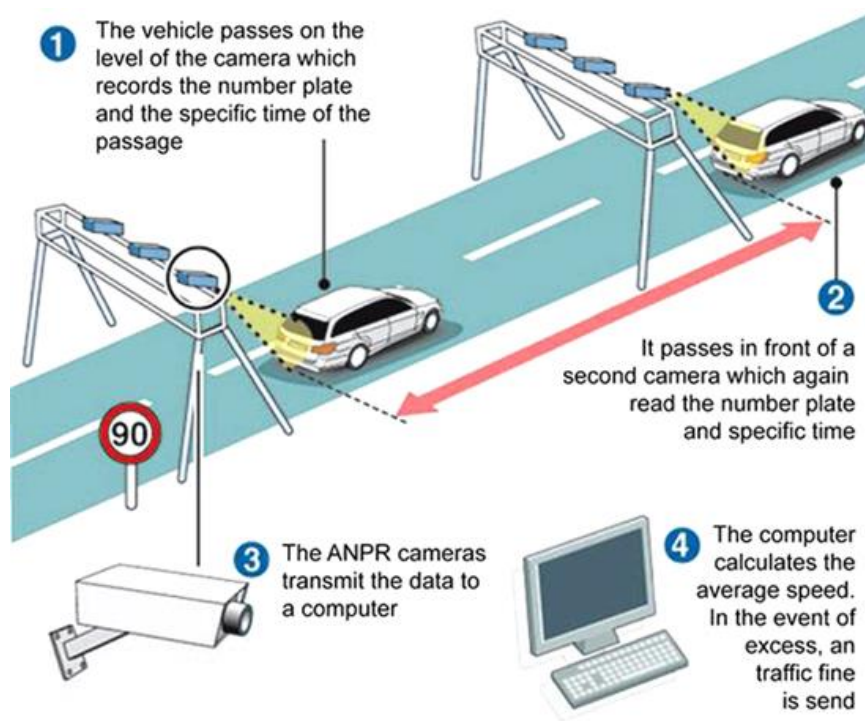
Ako vozila koja koriste C2S imaju OBU uređaj kojeg ne prepoznaje konvencionalni DSRC sustav, tada je vozilo detektirano ANPR sustavom te je vozač dužan u određenom periodu platiti račun za cestarinu.

GeoToll je tehnologija koja se temelji na pametnim telefonima koji su opremljeni RFID sustavom, te imaju kapacitet sučelja s više sustava elektroničke naplate cestarine. Korisnici GeoTolla, cestarinu plaćaju automatski prolaskom kroz naplatni portal, korištenjem NFC, RFID i GPS tehnologija. Zadatak GPS-a je uključivanje mobilne aplikacije GeoToll prilikom približavanja vozila naplatnom portalu. RFID čip koji je povezan s mobilnim uređajem je identificiran od strane naplatnog portala. NFC dozvoljava komunikaciju naplatnog sustava s pametnim telefonom, omogućujući skidanje financijskih sredstava s korisničkog računa [14].

5.3.2. Pasivni elektronski sustavi naplate korištenja cestovne infrastrukture

ANPR (Automatic number plate recognition) je sustav automatskog prepoznavanja tablice. Ovo je vrsta tehnologije u kojoj program u računalu automatski iščitava broj tablice s fotografije automobila koji je kamera uslikala. Prilikom plaćanja cestarine svaka se registarska oznaka slikava, te je vozač dužan platiti cestarinu u određenom roku. U slučajevima kada vlasnik vozila ne plati cestarinu, onda se njegovi podatci uzimaju iz nacionalne baze registarskih oznaka te slijede neminovne posljedice za korisnika vozila poput ovrhe.

Slika 5.7. ANPR sustav



Izvor: TrafficInfraTech Magazine: ANPR is a very useful tool in traffic management, enforcement, tolling and security. Mumbai. 2014., raspoloživo na: < <https://bit.ly/3OQO5RC> > (24.07.2022.)

Sustavi bazirani na pasivnim uređajima satelitske navigacije su najčešće uređaji koji se sastoje od prijamnika satelitske navigacije poput GPS-a s adekvatnom memorijom koja omogućava bilježenje putanje vozila tijekom određenog vremenskog perioda. Putanja se vrlo precizno snima u vremenu i prostoru. Podaci nam omogućuju da se iz putanje vozila iščita: trasa vozila, brzina vozila po vremenu i prostoru te zadržavanje vozila. Cestarina se

obračunava tako da se mjesečnom, polugodišnjom ili godišnjom rekonstrukcijom putanje, temeljem utvrđenih tarifa za ceste, pomoću računalnog programa utvrditi cijenu koju će vlasnik vozila platiti [11].

6. Analiza postojećih modela naplate zagušenja u gradovima

6.1. Model naplate zagušenja u Singapuru

Za razliku od mnogih razvijenih gradova gdje je planiranje cijena cestarine formulirano u kontekstu stanovništva gdje su vlasnici automobila u zrelijim godinama, politika naplate cestarine u Singapuru pokrenuta je tijekom naglog gospodarskog rasta gdje je jedna generacija doživjela da zemlja s niskim dohotkom postane zemlja s visokim dohotkom i to u vrlo kratkom periodu. 1965. Kada je se osigurala neovisnost BDP po stanovniku je iznosio oko 500 američkih dolara, dok je 10 godina kasnije kad je uveden prvi sustav naplate zagušenja ALS (Area Licesing Sheme) iznosio 2500 američkih dolara, a 1998. Godine kada je uvedena elektronička naplata cestarine taj je iznos bio već oko 22000 američkih dolara.

ALS bi u prijevodu na hrvatski značilo shema područnog licenciranja koja je primijenjena 1975., a definirala je zonu ograničenja oko središnje poslovne četvrti. Za ulazak u zonu ograničenja od 07:30 do 09:30 radnim danom, vozači su morali kupiti i jasno prikazati dnevnu licencu koja je u početku iznosila 3 SGD(singapurski dolar). Kako bi se potaknula javnost da prihvati ALS, planeri su odlučili ljudima pružiti druge alternativne mogućnosti, poput park and ride sustava izvan zone ograničenja, kako bi vozačima omogućilo slobodno korištenje prometnica osim u najzagušenijim dijelovima grada. Fokus je bio na tome da se spriječi ulazak automobilima s niskom popunjenošću, te da koriste prednosti park and ride sustava tako da parkiraju izvan zone naplate. Pošto je fokus stavljen na automobile s niskom popunjenošću, od licenciranja su izuzete neke druge vrste vozila, vozila s većom popunjenošću, a naplaćuje se ulazak samo tijekom jutra. U međuvremenu su izuzeća smanjena a okvir naplate proširen.

Do 1980-ih postalo je sve jasnije da bez obzira na učinak ALS-a na upravljanje prometom u vršnim satima u središtu grada, problemi zagušenja brzo su se gomilali drugdje na ključnim magistralnim pravcima i brzim cestama. Vlasništvo osobnih automobila, koje je 1960-ih i ranih 1970-ih bilo ograničeno na tada malu višu srednju klasu, brzo se širilo u tandemu s rastućom srednjom klasom. Od 1980. do 1990. populacija broj osobnih automobila povećao se sa 134 897 na 247 808, unatoč sve većim porezima na uvoz i registracijskim pristojbama koje nameće vlada kao dio politike ograničenja vlasništva vozila. 1985. Vlada je

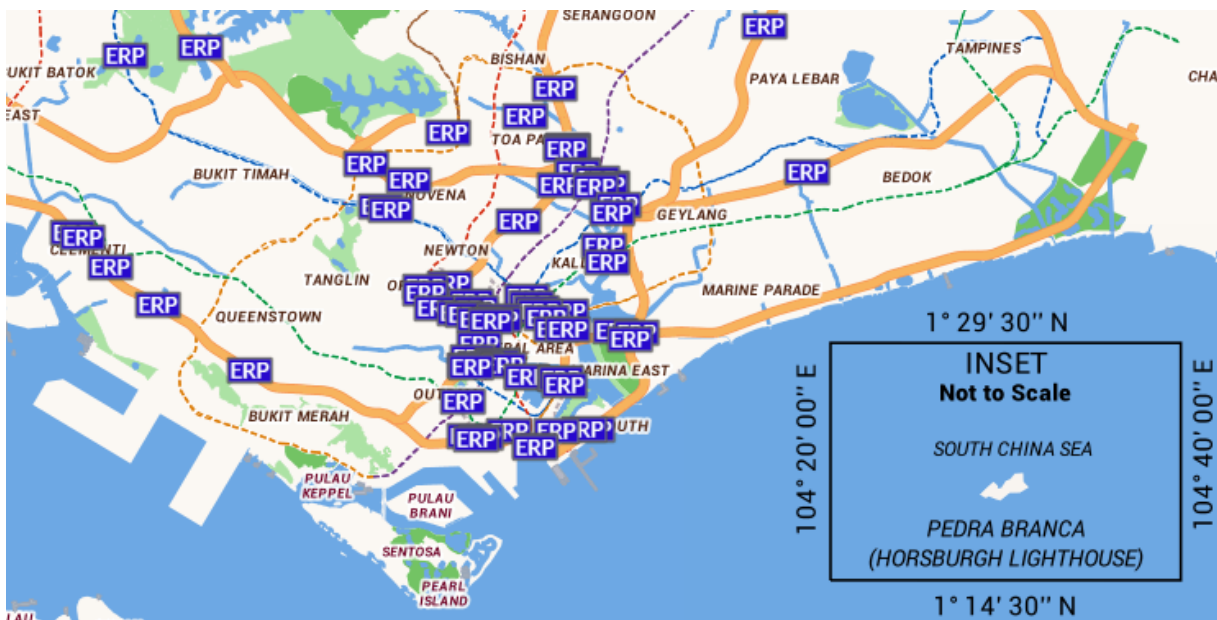
počela proučavati izvedivost implementacije računalne zamjene za ALS, koja će se na kraju nazvati elektroničkom naplatom cestarine, kao sredstvo progresivnog širenja cijena cesta izvan središnje poslovne četvrti.

Kao popratnu mjeru, vlada je također iznijela ideju o uvođenju stroge kontrole rasta broja vozila, kroz stvaranje sustava kvota za vozila VQS (Vehicle Quota System). Ovi prijedlozi su privukli značajnu pozornost javnosti. U kolovozu 1989. godine parlament je sazvaio odbor za politike kopnenog prometa, kako bi se ispitala potreba za mjerama koje služe za suzbijanje korištenja ceste i učinkovitost mjera koje su trenutno na snazi. Odbor je zasjedao nekoliko mjeseci, te su se u obzir uzeli razna stajališta. Izvješće koje je doneseno od strane odbora je prihvaćen s vladine strane, te je ono poslužilo kao temelj izrade VQS sustava 1990. godine. Prema ovom sustavu, motorno vozilo može biti registrirano samo za korištenje u Singapuru ako vlasnik ima valjanu potvrdu o pravu CEO (Certificate of Entitlement), koja je trajno povezana s vozilom pri registraciji. Potvrda nije trajna te ona vrijedi na određen period, a cijena se postiže putem javne dražbe. Vozila svoju registraciju mogu držati deset godina, nakon čeka CEO prestaje vrijediti te za daljnju registraciju je potrebno početi postupak iz početka, naravno javnom dražbom. VQS sustav uspješno kontrolira rast vozila te postaje jedan od glavnih doprinositelja za državne financije, međutim cijena za vlasništvo nad vozilom postala je prevelika te je izazvala ozbiljan politički problem. Cijena kvota je kroz nekoliko godina otišla u nebo, te su ih mogli platiti samo korisnici s većom platežnom moći. Postavila se percepcija o tome da srednja i niža klasa ne može imati automobil u vlasništvu, bez obzira na to što su se uvele podkvote za automobile masovnog tržišta.

Elektronička naplata cestarine - ERP (Electroni Road Price) uvedena je u rujnu 1998. godine. Postavljanje sustava elektroničke naplate zahtijevala je razne izmjene i dopune zakona o cestovnom prometu. Nametanje elektroničke naplate, javnosti je prikazano kao nužno ograničenje koje bi vladi omogućilo da popusti ss strogom kontrolom sustava za kvotu vozila. Prema postojećem ALS-u, naknada za licencu za ulaz od 7:30 do 9:30 iznosila je 3,00 SGD, što je korisniku također davalo pravo na više ulazaka tijekom ostatka dana. ERP je to zamijenio naplatom koja se povećavala u koracima od 0,50 SGD svako pola sata, počevši od 2,00 SGD u 7:30 ujutro, povećavajući se na najviše 3,00 SGD od 8:30 do 9:00 ujutro, a zatim pada na 2,50 SGD u 9:00 ujutro. Čini se da sama promjena mehanizma naplate cestarine – s dozvole za višestruki ulaz na naknadu za graničnu uporabu, doveli su do smanjenja prometa

od 10-15% u zoni ograničenja odmah nakon promjene ERP sustava, unatoč tomu što su cestarine smanjene. Osim smanjenog prometa, ERP je također omogućio učinkovitiju raspodjelu prometa jer cestarine mogu biti promjenjive u skladu sa specifičnom vremenskom potražnjom za putovanjem [15].

Slika 6.1. Singapur - ERP portali



Izvor: preuzeto sa: < <https://bit.ly/3BIWnb8> > (27.07.2022.)

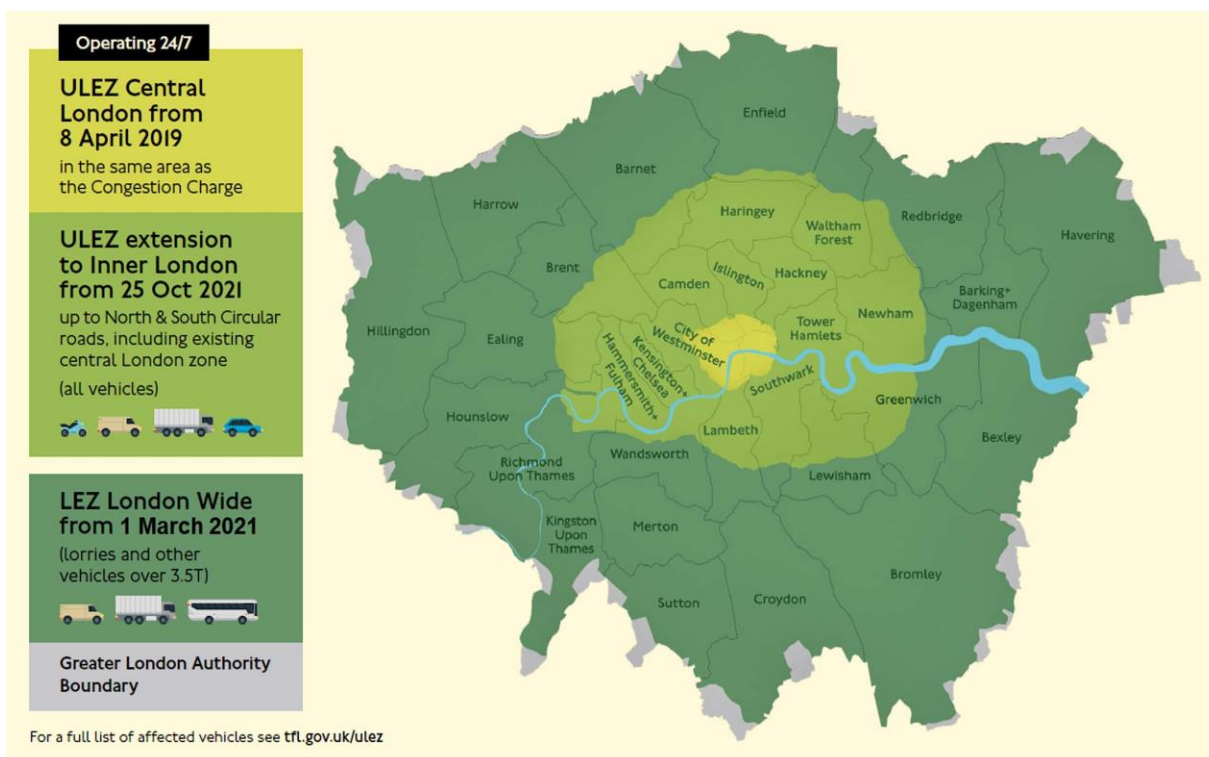
Sva vozila koja su registrirana u Singapuru moraju instalirati uređaj IU (In-Vehicle Unit) kako bi prolazili kroz ERP portale. Ako vozilo nema IU, za svaki prolazak kroz ERP portal će mu se naplatiti kazna od 70 SGD. IU u svakom vozilu komunicira s ERP portalom za oduzimanje ERP naknade. IU se može instalirati u ovlaštenim centrima po cijeni od 155,80 SGD. Svaki IU dolazi s naljepnicom na kojoj se nalazi IU broj. Postoje 2 načina ERP naplate dok se prolazi ispod ERP portala, a to su:

- Pohranjenom vrijednosnom karticom koja se nalazi u IU – ERP naknada se odmah odbija prolaskom ispod ERP portala. Od velike je važnosti da prilikom prolaska ispod portala, na računu ima sredstava za naplatu.
- Pozadinske usluge plaćanja – plaćanje debitnom ili debitnom karticom, prednost je ta što se ne treba voditi računa da li na vrijednosnom kartici ima dovoljno sredstava za izvršiti naplatu.

6.2. Model naplate zagašenja u Londonu

Prije nego što je uvedena zona naplate zagašenja 2003. godine, privatna vozila su krčila ceste, što je gospodarstvo koštalo oko 4 milijuna funti tjedno zbog izgubljenog vremena u prometu. Ciljane cestarine, uz bolje održive alternative putovanja, promijenile su kvalitetu zraka i prijevoz u Londonu. Glavni grad Engleske ima 3 zone naplaćivanja, kojima su granice jasno određene. Najveća zona je LEZ (Low Emission Zone) ili ti ga zona niske emisije te ona pokriva gotovo cijelo gradsko područje površine 1580 km² i usmjerena je na velika i teška vozila koja najviše zagađuju. ULEZ (Ultra Low Emission Zone) u prijevodu zona ultra niske emisije, pokriva cijeli London na području od 381 km² i cilja na najstarije automobile, motocikle i kombije te one koji najviše zagađuju. Naknada za zagašenje je najstariji sustav naplate te se ona odnosi na benzinska i dizel vozila u samom središtu, bez obzira na njihovu emisiju. Područje koje pokriva ova naknada je površine od 21 km².

Slika 6.2. Zone naplate u Londonu



Izvor: C40 KNOWLEDGE: How road pricing is transforming London. London. 2022., raspoloživo na: <
<https://bit.ly/3vKJWb8> > (29.07.2022.)

ULEZ kao sustav cilja na onečišćenje zraka, te je osmišljen kako bih pomogao Londonu da ispuni britanska zakonska ograničenja u vezi dušikovog dioksida koji iznosi 40 mikrograma po metru kubnom, najkasnije do 2025. godine, te do 2030. godine postignuti privremeni cilj svjetske zdravstvene organizacije za čestice PM_{2.5} (Fine čestice koje su puno opasnije za organizam te im je promjer manji od 2.5 mikromilimetra) u iznosu od 10 mikrograma po metru kubnom, godišnji prosjek. Ovaj sustav pokrenut je u travnju 2019. godine, te je pokrivaio zonu naplate zagušenja do 2021. godine kad je ULEZ proširen. U prvih deset mjeseci nakon što je ULEZ uveden u središtu Londona, razina dušikova oksida unutar zone je pala za 44%, a koncentracija PM_{2.5} čestica je pala za 27%.

LEZ je prvi put uveden u veljači 2008. godine, kako bi se London uskladio sa zakonskim okvirima od 40 mikrograma po metru kubnom PM₁₀ čestica (koje su grublje i dolaze u obliku peludi ili prašine, te im je promjer manji od 10 mikromilimetara). U istoj godini London je ispunio zakonska ograničenja. 2012. godine opseg LEZ-a je proširen te su standardi postroženi. Zadnje mijenjanje LEZ-a bilo je 2021. godine, kada je dodatno postrožen kako bi ciljao na emisije dušikovog dioksida, te danas uz ULEZ pomaže Londonu da se uskladi sa zakonskim ograničenjima u vezi dušikova dioksida.

Naplata zagušenja u Londonu automatiziran je sustav jer koristi pomoć softvera za prepoznavanje registarskih pločica i kamera koje nadziru sve ulazne i izlazne točke, kao i ceste unutar zona. Registarski brojevi UK-a uključuju podatke o starosti vozila, koji se mogu koristiti za utvrđivanje zadovoljava li vozilo standarde emisije (primjenjuju se progresivno na temelju starosti vozila). Nesukladna vozila provjeravaju se prema bazi podataka o plaćanjima ili registriranim izuzećima. Ako se ne pronade podudaranje, izdaje se novčana kazna. Troškovi se mogu platiti automatski, do tri dana nakon putovanja ili do 90 dana unaprijed, putem aplikacije, online ili telefonom. Naknade su aditivne, vozilo koje nije u skladu s ULEZ-om morat će platiti ULEZ i naknadu za zagušenje ako se vozi u središte Londona.

ULEZ je zona koja funkcionira 24 sata dnevno kroz cijelu godinu osim za Božić kada su svi u svojim kućama. Vozila koja ne podliježu ULEZ standardima moraju platiti dnevnu naknadu koja se kreće od 12.5 funti za auta do 100 funti za kamione. U ULEZ standarde spadaju motocikli s EURO 3 normom, benzinski automobili s EURO 4 normom te dizel automobili i kamioni s EURO 6 normom.

LEZ naplaćuje najveće zagađivače poput teških dizel vozila koja ulaze u veću zonu Londona. Ciljna skupina naplate su teška teretna vozila poput velikih kombija, autobusa, kamiona i drugih velikih vozila sve u svrhu prelaska na novija i čišća vozila koja zadovoljavaju standarde. Pod LEZ standarde spadaju sva vozila s EURO 6 normom te za pojedine kombije i minibusove vrijedi EURO 3 norma. Zona je funkciji cijelo vrijeme a naknada iznos 100 funti dnevno ili 300 funti dnevno ako nije zadovoljena EURO 6 norma.

Zona naplate zagušenja u centru Londona se naplaćuje svakim radnim danom od 07:00 do 18:00, a vikendom i praznicima od 12:00 do 18:00 sati. Dnevna naknada iznosi 15 funti, dok stanovnici koji žive na području zone imaju popust od 90%, a vozači s invaliditetom te vozila hitnih službi s izuzeti plaćanja naknade. Također postojala su izuzeća za vozila koja manje zagađuju okoliš npr. hibridi, al su s vremenom ta izuzeća smanjena te ih se planira potpuno ukinuti do 2025. godine, jer takva vozila također doprinose zagušenju [16].

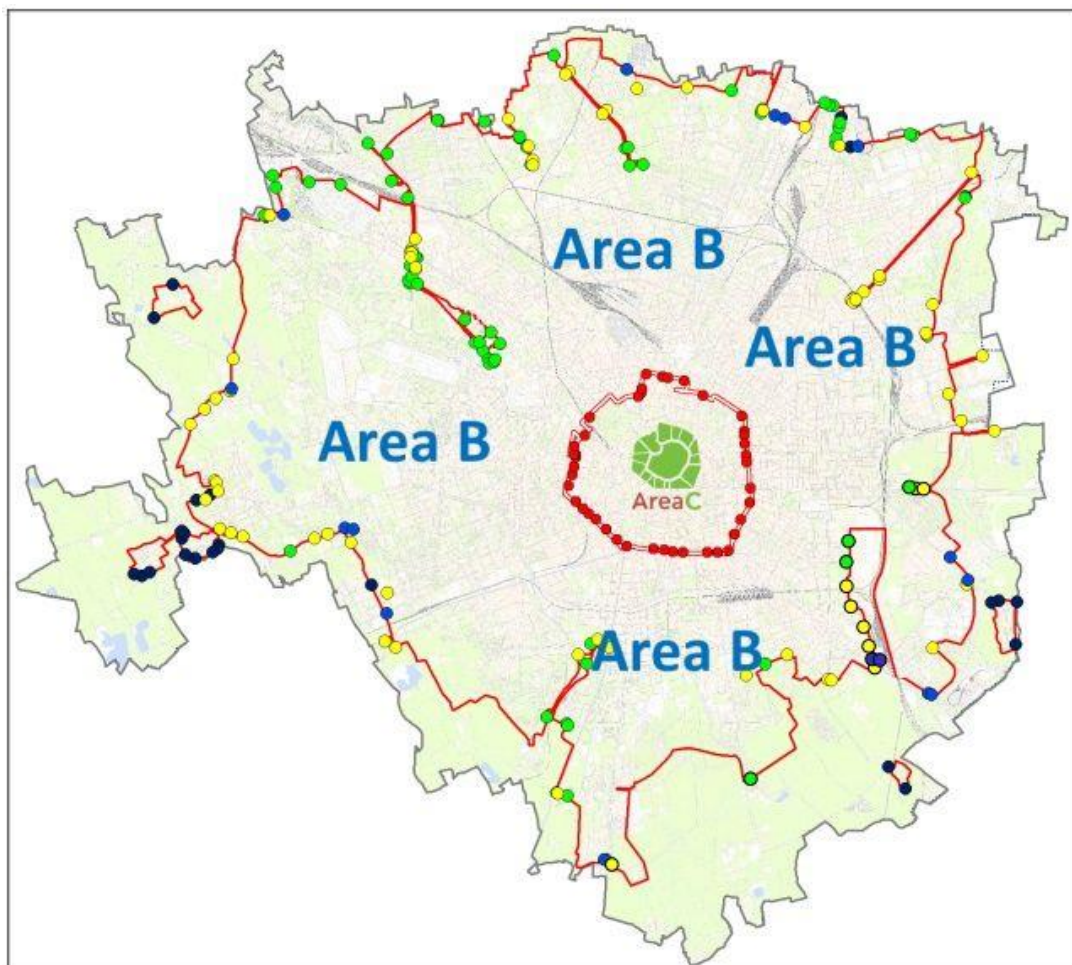
6.3. Model naplate zagušenja u Milanu

Milano je 2012. uveo sustav naplate zagušenja Zona C. Naknade za zagušenje su naknade koje se naplaćuju vozilima koja pristupaju centru Milana, na površini od 8,2 četvornih kilometara. Naplata u Zoni C se vrši radnim danom od 7:30 do 19:30 sati, osim za vrijeme državnih praznika. Ovo područje je dostupno kroz 43 ulazne točke kontinuirano nadzirane ANPR (Automatic Number Plate Recognition) kamerama. Ovaj pametni sustav identificira klasu vozila uspoređivanjem registarskih pločica s registriranim vozilima i punjenjem ispravna naknada. Pristup Zoni C je zabranjen za sljedeće skupine vozila [17]:

- EURO 0 benzin
- EURO 4 dizel bez DPF filtera
- EURO 3 i EURO 4 dizel s DPF-om te s potvrdom o registraciji certifikata V.5 > 0,0045 g/km
- EURO 4 dizel s DPF-om kao standard i bez ikakvih podataka u certifikatu V.5 prometne dozvole.
- EURO 0, 1, 2, 3, 4 dizel s postprodajnim FAP-om ugrađenim nakon 31. prosinca 2018. i s klasom mase čestica od najmanje Euro 4
- Sva vozila dulja od 7,5 metara

Sve ostale kategorije mogu slobodno mogu pristupiti Zoni C, tako što kupe dnevnu kartu. Kartu je moguće kupiti online ili na automatima za parkiranje, cijena dnevne karte je 5 eura, te jednom kada je aktivirate tako što je povežete s registarskim oznakama vašeg automobila ona vrijedi 24 sata.

Slika 6.3. Zone Area C i B u Milanu



Izvor: ReVeAL: Milan launches Area B, Italy's largest Low-Emission Zone. 2019., raspoloživo na: <
<https://bit.ly/3BK9Gbl>> (01.08.2022.)

25 veljače 2019. godine uspostavljena je nova zona naplate koja se zove Zona B. Ova zona obuhvaća područje u kojoj živi 97,6% stanovništva grada (gotovo 1,4 milijuna stanovnika). Naplata utječe na sve one koji svakodnevno ulaze u grad motornim vozilima, te postojano i progresivno ograničava one koje najviše zagađuju u nastojanju da poboljša kvalitetu zraka. Naplata u Zoni B se vrši radnim danom od 7:30 do 19:30 sati, osim za vrijeme državnih praznika. Pristup Zoni B zabranjen je dvotaktnim mopedima i motociklima EURO 0,

1 i dizel EURO 0, 1 te svim automobilima koji pripadaju sljedećim ekološkim kategorijama [17]:

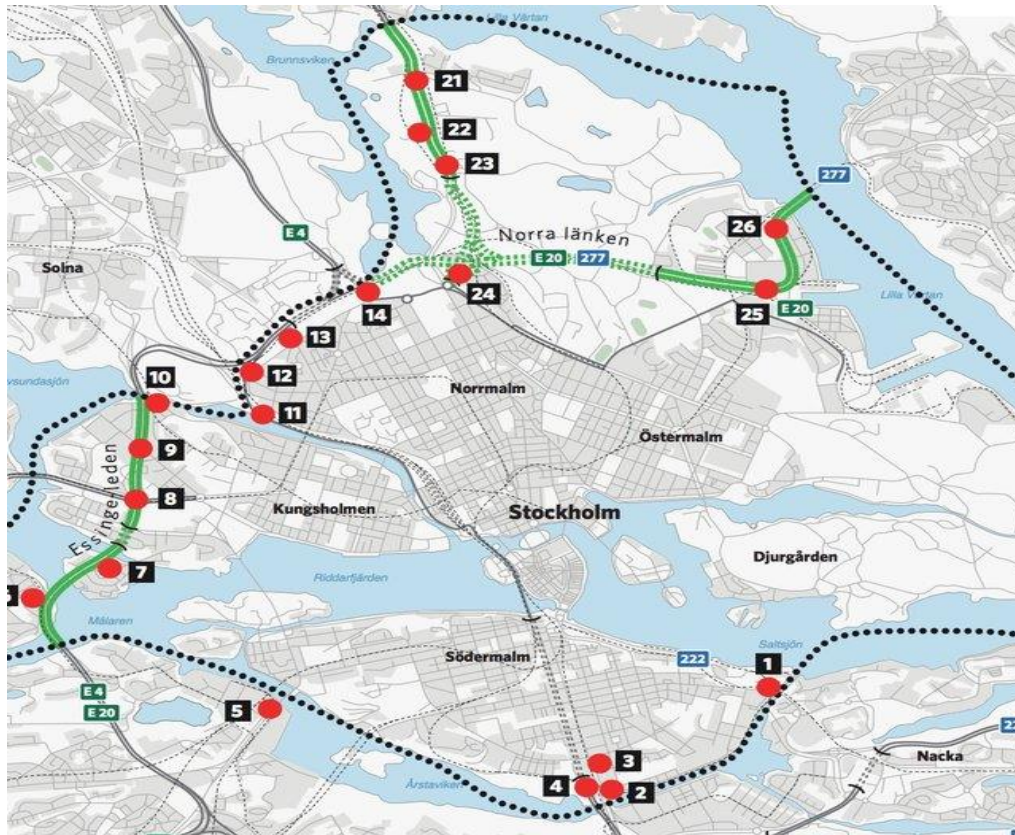
- EURO 0, 1 benzin
- EURO 0,1,2,3,4 dizel bez DPF filtera
- EURO 3 i EURO 4 dizel s DPF-om te s potvrdom o registraciji certifikata V.5 > 0,0045 g/km
- EURO 4 dizel s DPF-om kao standard i bez ikakvih podataka u certifikatu V.5 prometne dozvole.
- EURO 0, 1, 2, 3, 4 dizel s postprodajnim FAP-om ugrađenim nakon 31. prosinca 2018. i s klasom mase čestica od najmanje Euro 4
- Vozila s dvostrukom opskrbom goriva kao što je dizel-LPG I dizel-metan EURO 0,1,2

6.4. Model naplate zagušenja u Stockholmu

Grad Stockholm je najveća upravna jedinica od svih koji se nalaze u okrugu Stockholm, područje koje se sastoji od 25 upravnih jedinica . Grad je izgrađen na luci, pošto je sa svih strana okružen jezerima, te putnici koji trebaju doći u grad moraju prijeći preko mostova koji su često zagušeni. Unatoč tomu što je javni prijevoz dobar te je populacija relativno mala, Stockholm je zagušen u razini najvećih europskih gradova poput Londona i Pariza. Cijeli okrug broji oko 2 milijuna stanovnika, od čega je 900 000 ljudi živjelo u središtu grada. Od te brojke 320000 ljudi živi u području zone naplate koja je površine 35 km², od kojih 60 000 putuje na posao izvan centra grada. Prije uvođenja naplate zagušenja, kordon oko unutarnjeg dijela grada prelazilo je u prosjeku oko 530000 automobila te oko 800000 tranzitnih putnika u jednom danu.

Pilot projekt naplate zagušenja počeo je u siječnju 2006. godine, te je trajao do srpnja iste godine. Promet preko zone pao je istog dana, što je dovelo do dramatičnog pada zagušenja prometa u samom gradu. Nakon što se pilot projekt svidio većini u javnosti, građani su u rujnu iste godine izašli na referendum te su odlučili da se uvede naplata zagušenja. Konačni sustav uspostavljen je u kolovozu 2007. godine. Sustav naplate zagušenja u Stockholmu se sastoji od naplatnog kordona oko središta grada, čime se smanjuje promet kroz uska grla koja vode u centar grada.

Slika 6.4. Točke naplate zagušenja u Stockholmu



Izvor: preuzeto sa: < <https://bit.ly/3dmbRYF> > (04.08.2022.)

Sustav se sastoji od 18 naplatnih točaka koje su smještene na glavnim uskim grlima koje vode u središte grada i iz njega. Ovih 18 točaka čine kordon oko središta grada. Vozila se automatski registriraju kamerama koje fotografiraju registarske tablice, te nema mogućnosti plaćanja na kontrolnim mjestima. Vlasniku vozila šalje se mjesečni račun za ukupne troškove nastale u proteklom mjesecu. Za vrijeme pilot projekta, glavna sredstva identifikacije bili su transponderi poput DRSC sustava. Kada je sustav uveden za stalno, automatska kamera identifikacije bila je zamišljena kao sekundaran sustav, no ono je radilo toliko dobro da je zamijenilo transpondere [18].

S ulaskom u 2016. godinu naplata zagušenja je proširena na promet na autocesti Essingelden. Naplata zagušenja uvedena je na pristupnim i izlaznim rampama dvaju čvorova na Essingeledenu kako bi se smanjile prometne gužve u razdobljima najvećeg prometa. Cijena naknade zagušenja je različita za autocestu i zonu unutar grada. Imamo 2 cjenika prema kojima se vrši naplata a to je cjenik za sezonu i cjenik za van sezone. Sezona je između 1. ožujka i 24. lipnja, te 15. kolovoza i 30. studenog.

Tablica 6.5. Cjenik naplate zagušenja u zoni centra grada

Sati naplate	Vansezonska cijena u SEK	Izvansezonska cijena u SEK
6:00-6:29	15	15
6:30-6:59	25	30
7:00-8:29	35	45
8:30-8:59	25	30
9:00-9:29	15	20
9:30-14:59	11	11
15:00-15:29	15	20
15:30-15:59	25	30
16:00-17:29	35	45
17:30-17:59	25	30
18:00-18:29	15	20

Izvor: izrada studenta prema: < <https://bit.ly/3PfybAt> > (05.08.2022.)

Tablica 6.6. Cjenik naplate zagušenja na autocesti Essingelden

Sati naplate	Vansezonska cijena u SEK	Izvansezonska cijena u SEK
6:00-6:29	15	15
6:30-6:59	22	27
7:00-8:29	30	40
8:30-8:59	22	27
9:00-9:29	15	20
9:30-14:59	11	11
15:00-15:29	15	20
15:30-15:59	22	27
16:00-17:29	30	40
17:30-17:59	22	27
18:00-18:29	15	20

Izvor: izrada studenta prema: < <https://bit.ly/3PfybAt> > (05.08.2022.)

7. Analiza prometnog sustava u gradu Splitu

Split je najveći grad u Dalmaciji, i po broju stanovnika drugi najveći grad u Hrvatskoj. Split ima oko 180.000 stanovnika, druga je po veličini hrvatska trgovačka luka, najveća putnička luka u Hrvatskoj i treća luka na Sredozemlju po broju putnika. Upravno je središte Splitsko Dalmatinske županije i gravitira mu područje triju najjužnijih hrvatskih županija (nekadašnja Zajednica općina Split), te dio Hercegovine, pa i Bosne. U luci Lora na sjevernoj strani poluotoka nalazi se sjedište Hrvatske ratne mornarice. Gradsko središte čini starovjekovna Dioklecijanova palača iz 4. stoljeća (pod UNESCO-voim zaštitom). Split je smješten na jadranskoj obali u srednjoj Dalmaciji na Splitskom (Marjanskom) poluotoku. Od uzvisina, okružuju ga u zaleđu - sa sjevera i sjeveroistoka planina Mosor, sa sjeverozapada brdo Kozjak, s istoka brdo Perun, a najstarija gradska jezgra se nalazi podno brda Marjana, koje se nalazi zapadno od stare gradske jezgre. Splitski poluotok okružuju otoci Brač, Hvar, Šolta i Čiovo. Trajekti iz luke Split često su jedina veza otoka srednje Dalmacije s kopnom.

Na području grada se vrše skoro sve vrste prometa, al u najvećem broju to je cestovni promet. Na području grada imamo 3 glavne prometnice a to su Ulica Domovinskog rata, Poljička ulica te Vukovarska ulica. Možemo reći da su te tri ulice žile kucavice grada Splita. Te ulice su paralelno jedna od druge. Poljička ulica počinje na samom ulazu u grad, te se proteže Južnim dijelom grada sve do šireg centra i na nju su vezane bolnice Križine i Firule. Ulica Domovinskog rata počinje na samom ulazu u grad te se proteže njegovim sjevernim dijelom te nas dovodi do strogog centra, autobusnog kolodvora, trajektne luke i naselja u centru grada kao što su Varoš, Spinut, Skalice... Vukovarska se nalazi između prethodne dvije ulice te povezuje istočni dio grada na kojem se nalaze veliki trgovački centri sa samim središtem.

Grad Split trenutno je u puno boljem prometnom položaju u odnosu do prije 20 godina, dok autocesta nije došla do grada. Proteklih 20 godina osim autoceste napravljene su još brze ceste: Solin-Klis koja je omogućila Splitu spoj na autocestu i brza cesta Solin-Trogir koja je rasteretila staru Kaštelansku cestu koja prolazi kroz sva Kaštela i tako vremenski skratila putovanje između Trogira i Splita. Na području Solina se nalazi rotor na kojeg su spojene te brze ceste te omogućuje lakši ulazak odnosno izlazak iz grada. Iznad rotora se proteže Ulica Zbora Narodne Garde koja je nastavak brze ceste Solin-Trogir i magistralnog puta D8 i vodi

sve do Stobreča. Ta se ulica može nazvati i obilaznicom Splita, ali ako ste ikad putovali u Split cestovnim prometom 100% ste prošli tom ulicom.

7.1. Problem zagušenosti grada Splita

Grad Split je jedan od najzagušenijih gradova u Hrvatskoj, razlog tomu leži ponajviše u prevelikom broju automobila koji se nalaze na prometnicama grada. Najveći problemi koji zagušuju grad Split jesu gužve u trajektnoj luci te ne dovoljan broj parking mjesta da bi se zadovoljila potražnja.

Gužve u trajektnoj luci su neizbježne tijekom ljetnih mjeseci. Trajektna luka se nalazi u samom centru grada, te se na istom mjestu nalaze željeznički i autobusni kolodvor što dodatno donosi na povećanju zagušenja. Da bi se pristupilo luci mora se proći kroz razna uska grla na prometnicama. Tako imamo podatak da je 2019. godine, kroz trajektnu luku prošlo oko 5,9 milijuna putnika te 827 000 vozila.

Slika 7.1. Gužve u trajektnoj luci



Izvor: preuzeto sa: < <https://bit.ly/3vVfiMc> > (07.08.2022.)

Problem parkinga se povećava iz godine u godinu ponajviše zbog većeg broja automobila na ulicama grada. Parkinga kronično manjka, te se procjenjuje da gradu fali oko 5000 parkirnih mjesta. Najveći problem se javlja tijekom ljeta, u jeku turističke sezone, kada grad izgleda ne prepoznatljivo te više izgleda kao Napulj.

7.2. Prijedlog rješenja prometnih gužvi na području grada Splita

Za rješenje prometnih gužvi koje muče grad Split, pogotovo tijekom ljetnih mjeseci, idealno bi bilo uvođenje naplate zagušenja po uzoru na sve velike gradove koji su istu uveli. Idejno rješenje bi bilo uvođenje zone naplate koja bi u početku bila ograničena samo na uži centar grada, jer su tamo najveće gužve. Razlog tomu leži jer se u centru Splita nalaze autobusni i željeznički kolodvor te trajektna luka. Cestovne prometnice u centru su uske te više ne mogu podnijeti ogromni priljev automobila, također se ne mogu proširiti iste zbog manjka slobodnog prostora. Split bi se trebao voditi primjerom grada Milana, koji je u svrhu zaštite gradske jezgre uveo naplatu zagušenja.

Slika 7.2. Zona naplate u Splitu



Izvor: Izrada studenta u Google Earth-u (03.09.2022.)

Na slici 7.2. je iscrtana zona koja bi mogla poslužiti za naplatu zagušenja unutar centra grada. Zona pokriva područje trajektne luke, Dioklecijanove palače, te stambene četvrti Varoš, Get, Meje, Bačvice... Također samo uvođenje naplate ne bih riješilo problem onečišćenja zraka koje je uzrokovano velikim brojem vozila koji uglavnom koriste motore s unutarnjim

sagorijevanjem najčešće fosilnih goriva. Stoga bih po uzoru na Milano trebalo uvesti ograničenja po kojima se pojedinim kategorijama vozila zabranjuje ulazak u samu zonu.

Što se tiče samog sustava naplate Split bi se trebao voditi primjerom grada Stockholma koji koristi ANPR sustav naplate. Kamere bi se postavljale na sve ulazne i izlazne točke u zonu naplate, a cijena naplate bih trebala biti sezonskog karaktera, pošto su gužve u Splitu znatno veće u ljetnim mjesecima za vrijeme turističke sezone te se predlaže sljedeći cjenik naplate zagušenja. Sezonsko naplaćivanje bi se trebalo vršiti u razdoblju od 1. svibnja do 15. listopada, a ivansezonsko od 16. listopada do 30. travnja. U tablici 7.1. prikazan je prijedlog cjenika naplate zagušenja koji je prikazan u kunama.

Tablica 7.1. Prijedlog cjenika naplate zagušenja u Splitu

Sati naplate	Sezonska cijena u HRK	Izvansezonska cijena u HRK
5:00-5:59	4,00	-
6:00-6:59	5,00	2,00
7:00-8:29	8,00	5,00
8:30-8:59	10,00	5,00
9:00-9:59	10,00	4,00
10:00-14:29	9,00	3,00
14:30-15:29	10,00	5,00
15:30-16:59	12,00	4,00
17:00-18:29	10,00	-
18:30-19:59	7,00	-
20:00-21:59	4,00	-

Izvor: Izrada studenta (05.09.2022.)

Na tablici se može vidjeti nesrazmjer u cijenama za vrijeme i izvan sezone, razlog tomu je vrlo dobar a to da za vrijeme sezone grad sa svojom infrastrukturom ne može podnijeti gužve kakve smo mogli vidjeti proteklih godina.

Ovakva naplata zagušenja koja je predložena nije moguća ako se kolodvori i trajektna luka ne premjeste na neko drugo područje unutar grada. Glavni problem je taj što se ljudima ne pruža nikakvo alternativno rješenje da bi izbjegli naplatu zagušenja. Ovakvim sustavom se

prisiljava ljude da plate ulazak u zonu zagušenja, te se od njih oduzimaju dodatna financijska sredstva, pored toga što plaćaju karte za daljnja putovanja trajektom, vlakom ili autobusom. Primjenom ovakve naplate zagušenja jedino što bi se postiglo je to da vozači više ne bi bespotrebno dolazili u sami centar grada. Posljednjih godina se sve više spominje kako bih trebalo premjestiti kolodvore i trajektnu luku. Premještaj kolodvora i luke je itekako izvediv, te bih najbolje područje bilo u sjevernom djelu grada na Kopilici gdje se već nalazi manja željeznička stanica i tzv. Sjeverna luka koja trenutno ne služi svojoj svrsi. Jedini prihvat brodova koji obavlja Sjeverna luka je kada dolaze putnički brodovi izvanrednih linija kao što je dolazak navijača jer se u blizini nalaze objekti za sportske namjene. U ovom dijelu grada ima puno neiskorištenog prostora te se može izgraditi veći i moderniji autobusni kolodvor. Ova zamisao bila bih idealna jer bi kolodvori i luka bili na istom mjestu, te postoje ambicije da se napravi most između Kaštela i Splita te bih se tako omogućila kvalitetnija povezanost sa zračnom lukom. Stoga se da zaključiti, da bi se uvela naplata zagušenja u centru, moraju se provesti ozbiljni infrastrukturni projekti kako bih sama naplata imala smisla.

8. Zaključak

Proces urbanizacije u svijetu je na samom vrhuncu, u prilog tomu govori brojka da na svijetu preko 50% svjetskog stanovništva živi u gradovima, a procjene su da će do 2050. godine broj urbanog stanovništva biti oko 67%. Taj podatak je zabrinjavajuć, i takva situacija je daleko od idealne jer ruralna područja kao danas će izumrijeti. Razlog urbanizacije je čovjekova potraga za boljim životom gdje napušta selo i odlazi u grad kako bih poboljšao vlastitu kvalitetu života. Urbanizacija je donijela jedan veliki problem a to je zagušenost gradova, gradovi su postali krcati automobilima te je vrijeme izgubljeno na čekanje u prometu puno veće nego primjerice prije 40 godina kada je vozila bilo puno manje. Mnoge svjetske metropole muku muče za problemom zagušenja na vlastitim ulicama, te da bi riješili taj problem provode razne strategije u svrhu smanjenja zagušenja.

Naplata zagušenja je strategija koju provode mnogi gradovi zemalja u razvoju. Generalno gledajući ova strategija je odlična, jer je smanjila zagušenja u mnogim gradovima. Naplata zagušenja se vrši tako što gradovi odrede područje grada gdje će se naplata vršiti, najčešće ta područja obuhvaćaju centre gradova. Postoje izravni neizravni pristupi naplate zagušenja. Neizravni pristup je kada korisnici vozila kroz razne namete plaćaju korištenje cestovne infrastrukture. Najbolji primjer neizravne naplate u RH su naknade koje se plaćaju na litru kupljenog goriva i naknada za korištenje ceste koja se plaća prilikom registracije vozila. U većini gradova naplata se vrši elektronskim putem, sustavom prepoznavanja registarskih oznaka...

Split je grad koji ima velikih problema za prometnim zagušenjem, pogotovo tijekom ljetnih mjeseci kada je velik priljev u sam grad. Split je mali grad te se s jednog kraja grada na drugi pješice može doći za sat vremena, pa se postavlja pitanje da li vrijedi provoditi sate u autu čekajući u kolonama. Također vrijedi spomenuti da je javni prijevoz katastrofalan te građani nemaju drugih alternativa osim pješice i bicikla.

Sveučilište Sjever



IZJAVA O AUTORSTVU

I SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Ante Jakić pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor diplomskog rada pod naslovom *Koncepcija naplate zagušenja u gradovima* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student:
Ante Jakić

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Ante Jakić neopozivo izjavljujem da sam suglasan s javnom objavom diplomskog rada pod naslovom *Koncepcija naplate zagušenja u gradovima* čiji sam autor.

Student:
Ante Jakić

(vlastoručni potpis)

Literatura

- [1] Van Aудenhove, F.J.; Korniiuchuk, O.; Dauby, L.; Pourbaix, J.; Arthur D. Little & UITP: Future of Urban Mobility 2.0, Full Study, 2014.
- [2] European Platform on Sustainable Urban Mobility Plans: Guidelines for developing and implementing a sustainable urban mobility plan, second edition, 2019.
- [3] Saleh, W.; Sammer, G.: Travel Demand Management and Road User Pricing, 2009.
- [4] Brčić Davor, Šimunović Ljupko, Slavuj Marko: Upravljanje prijevoznom potražnjom u gradovima, priručnik, Zagreb. 2016.
- [5] Evans, J. E.; Pratt, R. H.: Transit Oriented Development: Traveler Response to Transportation System Changes, 2007.
- [6] Bull Alberto: Traffic Congestion – The problem and How to deal with it, Santiago, 2003
- [7] Manjul Sharma, Subhadip Biswas: International Journal of Transportation Science and Technology, Estimation of Passenger Car Unit on urban roads, 2021.
- [8] https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/ranking/, dostupno 26.04.2022.
- [9] AbuLibdeh Ammar, Traffic Congestion Pricing: Methodologies and Equity Implications, Al Ain, 2017.
- [10] Sorensen P., i sur., Moving Los Angeles: Short-Term Policy Options for Improving Transportation, Los Angeles, 2008.
- [11] Civitas – Elan: Studija naplate zagušenja, Zagreb, 2011.
- [12] European GNSS Agency: GNSS adoption for road user charger in Europe, Luxembourg, 2015.
- [13] TNO – nezavisna istraživačka organizacija, Technology options for road pricing, Delft, 2015.
- [14] European Parliament, Policy Department B; Structural and cohesion policies: Technology options for the European Electronic Toll Service, Study, Brussels, 2014.
- [15] Theseira, W., “Congestion Control in Singapore”, International Transport Forum Discussion Papers, No. 2020/10, OECD Publishing, Paris, 2020.
- [16] https://www.c40knowledgehub.org/s/article/How-road-pricing-is-transforming-London-and-what-your-city-can-learn?language=en_US, dostupno 29.07.2022.

[17]<https://parkimeter.com/en/blog/milan-limited-traffic-zone-italy-city-center>, dostupno 30.07.2022.

[18] Eliasson J., Stockholm's Congestion Pricing, Stockholm, 2014.

Popis slika

Slika 3.1. Koncept Park and Ride sustava.....	13
Slika 4.1. Broj automobila na 1000 stanovnika u Europi 2019. godine.....	17
Slika 5.2. Modeli naplate korištenja cestovne infrastrukture.....	24
Slika 5.4. Znak za HOT traku.....	28
Slika 5.5. Princip naplate pomoću DRSC tehnologije.....	30
Slika 5.6. Naplata cestarine pomoću GPS-a.....	33
Slika 5.7. ANPR sustav	36
Slika 6.1. Singapur - ERP portali.....	40
Slika 6.2. Zone naplate u Londonu.....	41
Slika 6.3. Zone Area C i B u Milanu.....	44
Slika 6.4. Točke naplate zagušenja u Stockholmu.....	46
Slika 7.1. Gužve u trajektnoj luci.....	49
Slika 7.2. Zona naplate u Splitu.....	50

Popis tablica

Tablica 2.1. Razlike između tradicionalnog planiranja prometa i POUM.....	6
Tablica 3.1. Kategorizacija UPP mjera.....	10
Tablica 4.2. PCU po pojedinoj kategoriji vozila.....	19
Tablica 4.3. 10 najzagušenijih gradova u svijetu 2021. godine.....	20
Tablica 5.3. Shema za izračun naknade za ceste prilikom registracije vozila.....	24
Tablica 5.4. Podjela RFID uređaja na klase.....	34
Tablica 5.5. Generacije RFID čipova.....	34
Tablica 6.5. Cjenik naplate zagušenja u zoni centra grada.....	47
Tablica 6.6. Cjenik naplate zagušenja na autocesti Essingelden.....	47
Tablica 7.1. Prijedlog cjenika naplate zagušenja u Splitu.....	51

Popis grafikona

Grafikon 2.1. Povećanje urbanog stanovništva.....	4
Grafikon 2.2. Faze planiranje održive urbane mobilnosti.....	7