

VIA
VITA



CESTE I MOSTOVI

broj

7-8

godište 48.

Zagreb, srpanj-kolovoz 2002.

UDK 625.7:624.2/.8

CODEN CSMVB2

ISSN 0411-6380

Ceste i mostovi

God. 48

Br. 7-8

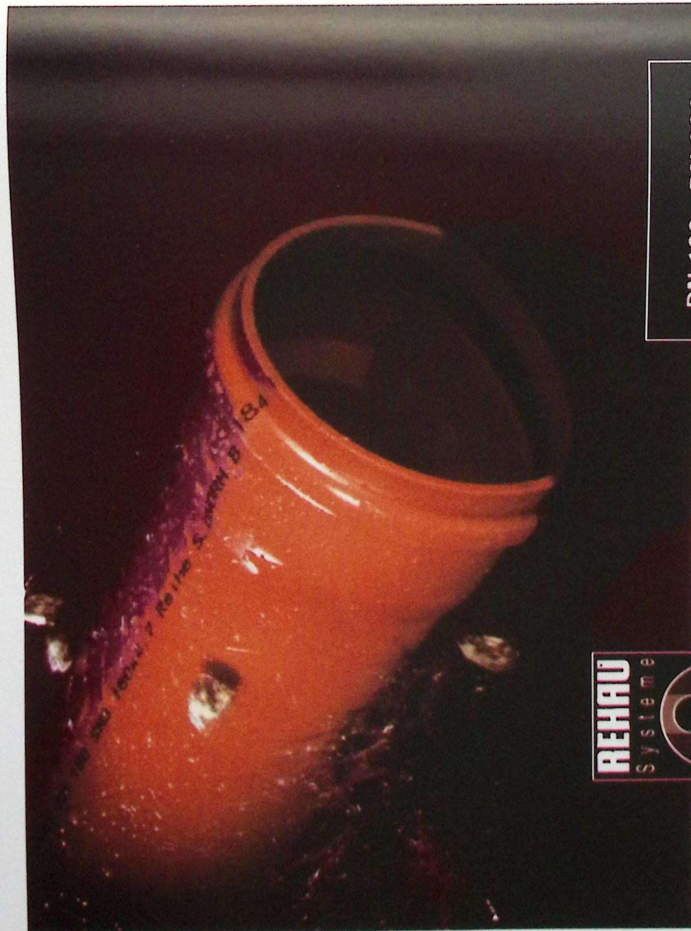
Str. 165-208

Zagreb, Hrvatska

srpanj-kolovoz 2002.

REHAU

AWADUKT PVC SN8:
kanalizacijska cijev povećane čvrstoće
stijenke



DN 100 - DN 800

REHAU d.o.o.
Prodajni ured
HR - 10000 Zagreb
Zagrebačka 128
Telefon: 01/388 69 98 / 126
Telefax: 01/388 69 85
e-mail: hrv.ve.weiner@rehau.hr
www.rehau.hr



CESTE I MOSTOVI

broj

7-8

godište 48.

Zagreb, srpanj-kolovoz 2002.

UDK 625.7:624.2/.8 CODEN CSMVB2 ISSN 0411-6380

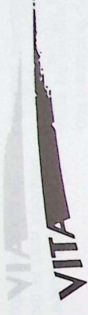
SADRŽAJ CONTENTS

ZNANSTVENI I STRUČNI ČLANCI SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL PAPERS

- Dražen Cvitančić, Ivo Lozić, Split
izvorni znanstveni članak
- original scientific paper
167 Modeli kapaciteta nesematoforiziranih raskrižja
Capacity Models at Unsignalized Intersections
- František Klepsatel, Petar Baláž, Bratislava
stručni članak - professional paper
177 Izgradnja cestovnih tunela u Slovačkoj
Construction of Automobile Tunnels in Slovakia
- Ivan Tomičić, Zagreb
stručni članak - professional paper
183 Duktilni armiranobetonski stupovi mostova od betona visokih svojstava
Ductile Reinforced Concrete Bridge Piers made of High Quality Concrete
- Ivan Bradvica, Zagreb
stručni članak - professional paper
189 Upornjak mosta minimalnih dimenzija
Bridge Abutment of Minimal Dimensions
- Zlata Karlović, Željko Tomljanović, Mirjana Spehar, Jasna Razlog-Gričica, Virovitica
izlaganje na znanstvenom skupu - conference paper
191 Utjecaj cestovnog prometa na kakvoću zraka u gradu Virovitici
Impact of Road Traffic on the Air Quality in the Town of Virovitica
- Juraj Padjen, Zagreb
pregledni članak - review
195 Prometna politika na području Hrvatske u okviru jugoslavenske države u razdoblju 1918-1941. i položaj Hrvatske (II. dio)
Transport Policies in Croatia within the Former Yugoslavia in the Period 1918-1941 and the Status of Croatia (Part II)

RUBRIKE

- Prenosimo 207 Strah od zastoja nakon granice



Izvorni znanstveni članak – Original scientific paper

UDK 625.739:389.64

Primljeno: 22. VI. 2002.

Prihvaćeno: 13. VII. 2002.



CESTE I MOSTOVI

ROADS AND BRIDGES

Izdavač Hrvatsko društvo za ceste Zagreb, Vovčina 3, tel. 47-22-605

Published by Hrvatsko društvo za ceste Zagreb, Vovčina 3, tel. 47-22-605

Predsjednik Dr. sc. Darko Mlinarić, dipl. ing. Ministarstvo pomorstva, prometa i veza Republike Hrvatske, Prisavlje 14, 10000 Zagreb

Chairman Dr. sc. Darko Mlinarić, dipl. ing. Ministry of Maritime, Transport and Communications, Prisavlje 14, 10000 Zagreb

Izdavački savjet Željko Vovoda, dipl. oec. Hrvatske ceste d.o.o., Vovčina 3, 10000 Zagreb

Publishing Director Željko Vovoda, dipl. oec. Croatian Roads d.o.o., Vovčina 3, 10000 Zagreb

Urednički odbor Miro Črnjak (Osijek), Aleksandar Čaklović (Zagreb), Đuro Dekanić (Zagreb), Ante Dvici (Zagreb), Peter Đukan (Zagreb), Zlatan Frelj (Zagreb), Željko Hinec (Zagreb), Vladimir Kos (Zagreb), Vlado Kos (Zagreb), Aleksandar Kuzmanović (Zagreb), Ivo Lozić (Split), Željko Lužanec (Zagreb), Jaska Milić (Split), Ljiljana Milić (Zagreb), Miroslav Milić (Zagreb), Miroslav Milić (Zagreb), Ivan Prgomet (Zagreb), Jure Rade (Zagreb), Josip Švamić (Zagreb), Miro Šušteršič (Zagreb), Dražen Topolnik (Zagreb)

Editorial Board Miro Črnjak (Osijek), Aleksandar Čaklović (Zagreb), Đuro Dekanić (Zagreb), Ante Dvici (Zagreb), Peter Đukan (Zagreb), Zlatan Frelj (Zagreb), Željko Hinec (Zagreb), Vladimir Kos (Zagreb), Vlado Kos (Zagreb), Aleksandar Kuzmanović (Zagreb), Ivo Lozić (Split), Željko Lužanec (Zagreb), Jaska Milić (Split), Ljiljana Milić (Zagreb), Miroslav Milić (Zagreb), Miroslav Milić (Zagreb), Ivan Prgomet (Zagreb), Jure Rade (Zagreb), Josip Švamić (Zagreb), Miro Šušteršič (Zagreb), Dražen Topolnik (Zagreb)

Glavni i odgovorni urednik Prof. dr. sc. Ivan Legas, dipl. ing. Fakultet prometnih znanosti, Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

Editor Prof. dr. sc. Ivan Legas, dipl. ing. Faculty of Transport Sciences, Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

Zamjenik gl. i odg. urednika Mr. sc. Mate Jurišić, dipl. ing. Ministarstvo razvika, obnove i graditeljstva Republike Hrvatske, Nazorova 61, 10000 Zagreb

Associate Editor Mr. sc. Mate Jurišić, dipl. ing. Ministry of Development, Reconstruction and Construction of the Republic of Croatia, Nazorova 61, 10000 Zagreb

Bystrik Brajk (Brijuni), Pravo Boban (Mostar), Josip Bošnjak (Osijek), Vjekoslav Brčić (Zagreb), Boris Gouba (Zagreb), Ante Jurjević (Zagreb), Stjepan Kežić (Zagreb), Mario Ladinac (Ploče), Martin Lisčan (Ljubljana), Ivo Lozić (Split), Zvonimir Murić (Ploče), Stjepan Matoš (Zagreb), Stanislav Pavlin (Zagreb), Pal Szakos (Budimpešta), Palmar Šarar (Ploča), Stjepan Štorga (Zagreb)

Editorial Board Bystrik Brajk (Brijuni), Pravo Boban (Mostar), Josip Bošnjak (Osijek), Vjekoslav Brčić (Zagreb), Boris Gouba (Zagreb), Ante Jurjević (Zagreb), Stjepan Kežić (Zagreb), Mario Ladinac (Ploče), Martin Lisčan (Ljubljana), Ivo Lozić (Split), Zvonimir Murić (Ploče), Stjepan Matoš (Zagreb), Stanislav Pavlin (Zagreb), Pal Szakos (Budimpešta), Palmar Šarar (Ploča), Stjepan Štorga (Zagreb)

Preplata: pojedina 260,00 kn, studenti i umirovljenici 180,00 kn, poduzeća 1.200 kn Inozemna preplata: za poduzeća 175 eura

Subscription: individual 260.00 kn, students and pensioners 180.00 kn, companies 1,200 kn Foreign subscription: for companies 175 euros

Oglašavanje: 1/2 unutarinja 1.500 kn, 1/1 unutarinja 2.500 kn, omeđa unutarinja (color) 3.700 kn, zadnja omeđa (color) 5.500 kn (nije uračunavan PDV)

Advertising: 1/2 domestic 1,500 kn, 1/1 domestic 2,500 kn, border domestic (color) 3,700 kn, back border (color) 5,500 kn (not including VAT)

Inozemni oglaš: 1/1 unutarinja 800 eura, 1/2 unutarinja 500 eura, 1/4 unutarinja 300 eura

Foreign advertising: 1/1 domestic 800 euros, 1/2 domestic 500 euros, 1/4 domestic 300 euros

Ziro račun: ZABA 2960000-1101596175 Devizni žiro račun: 70300-978-3280004

Bank account: ZABA 2960000-1101596175 Exchange rate account: 70300-978-3280004

Adresa uredništva Hrvatsko društvo za ceste, Zagreb, Vovčina 3

Editor's Office Croatian Roads Society, Zagreb, Vovčina 3

Nikšićki: 1.200

»TISKAR – VJESNIK d.d., Slavonska avenija 4, Zagreb, predsjednik Uprave Rikard Pompek, graf. ing.«

Printed by: »TISKAR – VJESNIK d.d., Slavonska avenija 4, Zagreb, Chairman of the Board Rikard Pompek, graphic engineer.

Tiskanje dovršeno 15. kolovoza 2002.

Printing completed on August 15, 2002.

Slika na naslovnici: Detalj dionice državne ceste br. 39 (Aržano – Dubci) i spoj s Jadranskom magistralom

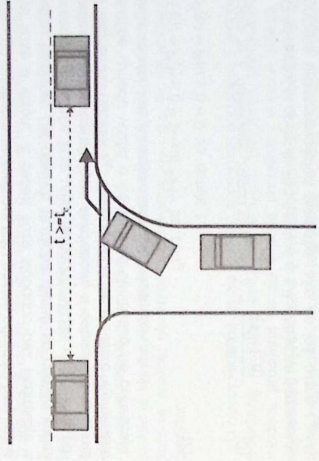
Cover image: Detail of a section of the state road no. 39 (Aržano – Dubci) and its connection to the Adriatic coast highway

MODELI KAPACITETA NESEMAFORIZIRANIH RASKRŠŽJA

SAŽETAK

U Hrvatskoj se za procjenu kapaciteta prometnica koristi metodologija Highway capacity manual kojom su vrijednosti parametara modela proizvedene na temelju prikupljenih podataka na cestama u SAD-u. Postavlja se pitanje pouzdanosti modela te primjenjivosti parametara u ovdašnjim uvjetima odvijanja prometnih tokova.

U ovom radu razmatraju se postojeći modeli kapaciteta nesemaforiziranih raskrižja. U uvodnom dijelu prikazane su osnovne teorije prihvaćanja vremenskih praznina koje predstavljaju temelj za razvoj modela kapaciteta. Prikazani su različiti izrazi za proračun kapaciteta ovisno o primjenjivoj razdiobi vjerojatnosti vremenskih praznina u prioritarnom toku. Opisane su metode za proračun kapaciteta složenih modela s interakcijom više od dva prometa toka različitog ranga prioriteta. Razvijen je proračunski program pomoću kojeg je, na temelju konkretnog opaženog uzorka, izvršena procjena kritične praznine. Na konkretnom uzorku testirane su osnovne pretpostavke modela. Kako je tok vremenski neproporcionalan, te da su vremenske praznine u prioritarnom toku nezavisne varijable sa zajedničkom razdiobom vjerojatnosti. Testirani su različiti modeli, prvo korištenjem procijenjenih vrijednosti parametara modela, a zatim i korištenjem preporučjenih vrijednosti iz literature te su izabrani oni s najboljim svojstvima.



Slika 1. Osnovni koncept modela prihvaćanja vremenskih praznina

Kritična vremenska praznina nije ista za sve vozače, te može varirati od prilike do prilike i za pojedinih vozača. Stoga se u opisivaju ponašanja vozača koriste sljedeća definicije:

- Vozač se smatra konzistentnim ako uvijek prihvaća jednaku vremensku prazninu.
- Vozači su homogeni ako prihvaćaju jednaku vremensku prazninu u jednakim uvjetima.

Nehomogenost i inkonzistentnost rezultiraju različitim složenim modelima. Mnoga provedena istraživanja [1], [2], [15], [17] pokazala su da pojednostavljani modeli koji pretpostavljaju homogenost i konzistentnost vozača daju neznatne razlike u odnosu na složenije modele.

Zbog toga, te uopće radi mogućnosti razvoja modela primjenjivih za praktičnu uporabu, postojeće metodologije polaze od pretpostavke o konzistentnosti i homogenosti vozača. Pri tom se za vrijednost kritične praznine uzima očekivanje od primijenjene razdiobe vjerojatnosti kritičnih praznina, a za vrijeme slijeda se uzima prosječna vrijednost zabilježenih vremena.

Drugi problem koji proučava teorija prihvaćanja praznina je udjel odgovarajućih praznina koje se pojavljuju vozaču na spo-

rednom privozu, odnosno razdioba između vremena prolaska vozila iz prioritelnog toka kroz promatranu presjek raskršća.

Postojeći modeli kapaciteta načelno se razlikuju po primijenjenoj razdiobi vjerojatnosti pojave vremenskih praznina u prioritelnom toku. Tako npr. *Highway Capacity Manual* [14], *The New German Guideline for Capacity of Unsignalized Intersections* [4] te *A New Swedish Capacity Manual/CAPCAL 2*, [10], koriste eksponencijalnu razdiobu, dok australska metodologija SIDRA koristi Cowanovu razdiobu [6].

Funkcija razdiobe vjerojatnosti te funkcija gustoće vjerojatnosti eksponencijalne razdiobe vremenskih praznina za eksponencijalnu razdiobu dane su izrazima

$$F(h) = P(h \leq t) = 1 - e^{-\alpha t} \quad \text{za } t \geq 0 \quad (1)$$

$$F(h) = 0 \quad \text{za } t < 0$$

$$f(h) = \frac{dF(h \leq t)}{dt} = \alpha e^{-\alpha t} \quad \text{za } t \geq 0$$

Parametar α je prosječno prometno opterećenje glavnog toka (voz/sat). Očekivana vrijednost ove razdiobe je $1/\alpha$. Ova razdioba se dobro prilagođava stvarnim opažanjima kada je prometno opterećenje manje od kapaciteta prioritelnog toka, a nema mogućnost opisivati stvaranja kolona u glavnom toku.

Brojni autori su pokušali definirati razdiobe kojima bi postigli realnije opisanje vremenskih praznina između vozila, uz pretpostavku da u jednom prometnom toku postoji određeni broj vozila koja voze u koloni, a ostala voze slobodno bez interakcije s drugim vozilima. Od ovakvih razdioba danas se najviše koristi Cowanova razdioba koja udjel slobodnih vozila α modelira pomakom eksponencijalnom razdiobom, a ostatak od $1-\alpha$ ima istu vremenski razmak t_m . Ona praktički ne modelira vremenske praznine između vozila u koloni koje se ionako ne prihvaćaju. Takav model ima funkciju razdiobe vjerojatnosti

$$F(h) = P(h \leq t) = 1 - \alpha e^{-\lambda(h-t_m)} \quad \text{za } t > t_m \quad (2)$$

$$F(h) = P(h \leq t) = 0 \quad \text{za } t \leq t_m$$

$$f(h) = \frac{dF(h \leq t)}{dt} = \alpha \lambda e^{-\lambda(h-t_m)} \quad \text{za } t > t_m \quad (3)$$

Ovaj model je općenit. Ako se stavi $\alpha = 0$, dobije se pomaknuta negativna eksponencijalna razdioba, ako se još uzme $t_m = 0$, dobiva se negativna eksponencijalna razdioba. Ova razdioba se prilagođava veličini i svojstvima prometnog toka preko parametara α i t_m .

Brillon [3] je na temelju prikupljenih podataka utvrdio slijedeći empirijski izraz za udjel slobodnih vozila u ovisnosti o veličini prometnog opterećenja glavnog toka

$$\alpha = e^{-A q_p} \quad (4)$$

gdje je A parametar ovisan o širini traka i njegovu položaju (vanjski, unutarnji...)

1.1.1 Osnovni modeli kapaciteta

Iako na gotovo svim raskršćima postoji više od dva prometna tokova, osnovni modeli kapaciteta se temelje na opisu konflikta samo dvaju prometnih tokova, prioritelnog i sporednog. Na temelju osnovnog modela izvode se složeni modeli.

Osnovni modeli koji opisuju interakciju samo dva toka izvode se iz broja "sporednih" vozila $g(t)$ koja mogu ući u vremensku prazninu trajanja t sekundi. Očekivani broj vremenskih praznina trajanja t sekundi u jednom satu jednak je $3600 q_p(t)$, a ukupni kapacitet (voz/sat) sporedne ceste omogućen brojem vremenskih praznina trajanja t u jednom satu je $3600 q_p(t) g(t)$ gdje je $f(t)$ funkcija gustoće vjerojatnosti pojave vremenskih praznina u prioritelnom toku, a q_p je prioritelni tok (voz/s).

Za proračun ukupnog kapaciteta Q_m (voz/s) sporednog toka prethodni izraz se mora integrirati preko cijelog područja trajanja vremenskih praznina

$$Q_m = \int_0^{\infty} f(t) g(t) dt \quad (5)$$

Sada se za osnovni model može izvesti jednadžba kapaciteta uz slijedeće pretpostavke:

- vozači su homogeni i konzistentni tj. t_c i t_s su konstantne vrijednosti
- vremenske praznine u glavnom prometnom toku su slučajne varijable sa zajedničkom razdiobom
- veličine toka su konstantne u vremenu.

Ovisno o izboru funkcije $g(t)$ dobiju se dvije različite familije jednadžbi za kapacitet sporednog toka. Prva familija jednadžbi pretpostavlja stepenastu funkciju za $g(t)$ (sl. 2.), koja rezultira slijedećim cjelobrojnim vrijednostima

$$g(t) = \sum_{n=0}^{\infty} n p_n(t) \quad (6)$$

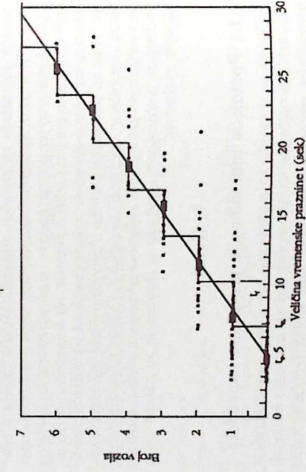
gdje je $P_n(t)$ vjerojatnost da n vozila može ući u konfliktno područje za vrijeme praznine t .

$$P_n(t) = \begin{cases} 1 & \text{za } t_c + (n-1)t_s \leq t < t_c + nt_s / 0 \\ 0 & \text{za sve ostale slučajeve} \end{cases} \quad (7)$$

Druge familije jednadžbi pretpostavlja kontinuiranu linearnu funkciju prikazanu na slici 2.

Ovakav pristup rezultira ne cjelobrojnim vrijednostima za $g(t)$

$$g(t) = 0 \quad \text{za } t < t_c, \text{ a } \frac{t-t_c}{t_s} \text{ za } t \geq t_c, \text{ gdje je } t_c = t_c - \frac{t_s}{2} \quad (8)$$



Slika 2. Linearna i stepenasta funkcija $g(t)$ prihvaćanja vremenskih praznina

Koristeći izraze (5) i (6) te eksponencijalnu razdiobu vremenskih praznina u glavnom toku, dobije se jednadžba kapaciteta koju su nezavisno izveli Drew [8], Buckley [5] i Harders [11], na različite načine

$$Q_m = Q_p \frac{e^{-\lambda t_c} / 3600}{e^{-\lambda t_c} / 3600 - 1} \quad (9)$$

Ovaj model koristi se u metodologiji HCM 1985 [13]. Slegloch [18] je korištenjem kontinuirane linearne funkcije za $g(t)$ izveo slijedeći izraz za kapacitet sporednog toka

$$Q_m = \frac{3600}{t_s} e^{-\lambda t_c} / 3600 \quad (10)$$

$$gdje \text{ je } t_c = t_c - t_s / 2$$

Ovaj model se koristi u metodologiji HCM 1994. Razlika od Hardersovog modela je posljedica korištenja kontinuirane funkcije $g(t)$, što rezultira ne cjelobrojnim vrijednostima broja vozila. Slegloch i Hardersov model daju gotovo jednake rezultate.

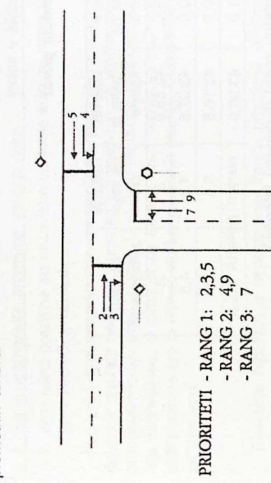
Općenitiji izrazi za kapacitet mogu se dobiti korištenjem realističnije Cowanove razdiobe vremenskih praznina i uporabom stepenaste funkcije za $g(t)$. Na taj način se dobije općenitiji izraz za kapacitet slijedećeg oblika

$$Q_m = \frac{\alpha q_p e^{-\lambda(t_c - t_s/2)}}{e^{-\lambda t_c} - 1} \quad (11)$$

gdje je $\lambda = \frac{\alpha q_p}{(3600 - t_m q_p)}$, α udjel slobodnih vozila, t_m - minimalna vremenska praznina između prolaska vozila. To je tzv. Troubeckova modifikacija Hardersova modela.

1.1.2 Složeni modeli kapaciteta

Složeni modeli koji opisuju interakciju više tokova različitog ranga prioriteta izvode se iz osnovnih modela uporabom faktora impendancije iz teorije repova te empirijski utvrđenih težinskih faktora prometnih tokova. Na slici 3. prikazana je hijerarhija prometnih tokova.



Slika 3. Hijerarhija prometnih tokova za T raskršće

Faktori impendancije P_0 predstavljaju vjerojatnosti da nijedno vozilo ne čeka u repu prioritelnog privoza.

$$P_0 = 1 - P \quad (12)$$

gdje je

$$P = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{Q_p} \text{ (stupanj saturiranosti, odnosno intenzitet prometnog toka)}$$

Q_p - prometno opterećenje prioritelnog toka (voz/sat)

Q_p - kapacitet prioritelnog toka (voz/sat)

Vozilo iz toka ranga 3 može ući u raskršće samo za vrijeme dok nema nijednoga konfliktnog vozila u koloni toka ranga 2, tj. samo u dijelu $P_{0, rang2}$ od ukupnog analiziranog razdoblja. Stoga osnovnu vrijednost kapaciteta toka ranga 3, q_m , za slučaj interakcije samo dva konfliktna toka treba umanjiti na $P_{0, rang2} q_m$, da bi se dobio maksimalni potencijalni kapacitet q_p .

$$Q_{p, rang3} = P_{0, rang2} \cdot Q_{p, rang3} \quad (13)$$

Za T raskršće slijedi

$$Q_{p,7} = P_{0,4} \cdot Q_{p,7} \quad (14)$$

Za svaki prometni tok maksimalni potencijalni kapacitet se računa po navedenim metodama uvijetavajući u izrazu zbroj svih konfliktnih prometnih opterećenja višeg ranga. U različitim metodologijama se za određivanje konfliktnih opterećenja koriste tzv. težinski faktori koji se dobiju uspoređivanjem kapaciteta utvrđenog na terenu i rezultata modela. Njemačka metodologija i HCM 1994, koriste vrijednosti težinskih faktora konfliktnih prometnih opterećenja predložene u tablici 1.

Konfliktna prometna opterećenja prema HCM 1994.

Predmetno kretanje	Oznaka manevara	Konfliktno prometno opterećenje q_p
Lijevo skret. s glavne ceste	4	$q_2 + q_3^{(3)}$
Desno skret. sa sporedne ceste	9	$q_2^{(2)} + 0.5q_3^{(1)}$
Lijevo skret. sa sporedne ceste	7	$q_2 + 0.5q_3^{(1)} + q_4 + q_5$

Mapomene uz tablicu

1) Ako postoji trak za desno skretanje, q_3 i q_4 se ne uzimaju u proračun.
2) Ako postoji više od jednog traka na glavnoj cesti, q_2 i q_5 se uzimaju kao opterećenje dasnoga vanjskog traka.

Ako je desno skretanje s glavne ceste odvojeno trokutastim prometnim otokom i ima znak sporedne ceste ili znak obveznog zaustavljanja, q_3 i q_5 se ne uzimaju u proračun.

3) Ako je skretanje desno iz sporedne ceste odvojeno prometnim otokom sa znakom obveznog zaustavljanja, q_3 i q_4 se ne uzimaju u proračun.

U ovom radu će se na temelju snimljenih podataka s jednog trokutastog raskršća prikazati rezultati testiranja pretpostavki modela, procijenit će se kritična praznina i vrijeme slijeda te usporediti s vrijednostima iz literature. Zatim će se testirati osnovni te na kraju složeni modeli kapaciteta i izvesti zaključci o pouzdanosti modela te primjenjivosti parametara iz stranih metodologija u ovašnjim uvjetima odvijanja prometa.

2. Prikupljanje podataka na terenu, analiza pretpostavki modela te procjena kritične praznine

2.1 Prikupljanje podataka te procjena stvarnoga kapaciteta

Za potrebe rada izvršeno je dvosatno snimanje odvijanja prometa na trokutastom nesemaforiziranom raskršću županijske ceste 6137 te priključka s državne ceste D-8 u Kaštel Starom. Za potrebe provedenih analiza i testiranja morali su se prikupiti te izvesti podaci prikazani u tablici 2. Na osnovi podataka obavljeno je testiranje pretpostavki modela, određen je stvarni kapacitet te procijenjena kritična praznina.

Primjer sortiranja zabilježenih i izvedenih podataka za sporedni privoz analiziranog raskršća prikazan je u tablicama 3. i 5., a za glavni privoz u tablici 4.

Potrebni podaci za analizu i testiranje modela

Ulazni podaci za testiranje modela	
Podaci o geometriji raskrižja	
• broj trakova prilaza; manevar kretanja po trakovima; uzdužni nagib; preglednost iz sprovednog prilaza	
Podaci o toku	
• veličina toka za sve pravce i manevre kretanja; udjel slobodnih vozila za tokove na prioritetoj cesti; struktura toka po manevrima kretanja; stvarni kapacitet za sprovedne manevre kretanja	
Podaci o vremenskim prazninama	
• kritična praznina za sve manevre kretanja iz sprovednog toka	
• vremena slijeda za sve manevre kretanja iz sprovednog toka	
• minimalna vremenska praznina između vozila u koloni	
Podaci potrebni za testiranje modela	
Za svako vozilo	
• vrijeme prolaska konfliktnim presjekom; manevar kretanja; tip vozila; korišteni trak	
Dodatni podaci za vozila iz sprovednog prilaza	
• vrijeme dolaska na stop-crtu; vrijeme odlaska sa stop-crte	
Izračunati ili izvedeni podaci potrebni za procjenu modela	
Za svaki manevar kretanja	
• veličina toka; struktura prometnog toka	
Za sve manevre kretanja sprovednog prilaza	
• mjereni ili procijenjeni stvarni kapacitet; vrijeme čekanja na stop-crti	
Za manevre kretanja vozila iz glavnog toka	
• udjel slobodnih vozila; minimalna vremenska praznina između vozila u koloni	

Tablica 3.

Prikaz sortiranih podataka za sprovedni pravac																
Vremenski period	T _i	n	n _l	n _d	V _i (voz/sat)	V _d (voz/sat)	Tot.V (voz/sat)	q _l (voz/s)	q _d (voz/s)	Sd (s)	t _m (s)	% RT				
10.42-10.47	1	20	5	15	60	180	240	0.017	0.05	0.067	6.3	3.5	1.6	5	25	75
10.47-10.52	2	14	7	7	84	84	168	0.023	0.023	0.047	8	4.5	1.5	7	50	50
10.52-10.57	3	14	6	8	72	96	168	0.027	0.027	0.047	6.6	3.9	2.2	14	42.9	57.5
10.57-11.02	4	14	2	12	24	144	168	0.007	0.04	0.047	10	2.7	1.4	0	14.3	85.7

Tablica 4.

Prikaz izvedenih podataka za sprovedni pravac												
Razdoblje	n	broj vozila	q _p (voz/sat)	n _{zp}	%	n _{zl}	%	n _{pl}	%	n _{ld}	%	%ITV
T1	56	672	17	30	6	11	27	48	6	11	14	14
T2	58	696	18	31	8	14	25	43	7	12	15	15
T3	61	732	16	26	9	15	30	49	6	10	11	11

Tablica 5.

Napomene uz tablice 3.-5.												
T _i	n	broj vozila koja su skrenula lijevo	SD	vrijeme usluge, odnosno čekanja na stop-crti	t _u	vrijeme slijeda	n _o	broj vozila koja su skrenula desno				
T ₁	56	672	17	30	6	11	27	48	6	11	14	14
T ₂	58	696	18	31	8	14	25	43	7	12	15	15
T ₃	61	732	16	26	9	15	30	49	6	10	11	11

V_i - promjeno opterećenje lijevo
 V_d - promjeno opterećenje desno
 Tot. V - ukupno promjeno opterećenje
 t_u - minimalna praznina između vozila u koloni
 %ITV - postotak teških teretnih vozila
 %LT - postotak vozila koja skreću lijevo
 %RT - postotak vozila koja skreću desno

Prikaz rezultata regresijske analize

Tablica 6.

Coefficient									
Model	minibus	12-24-32	124	129	t	S _{pr}	95% Confidence Interval for B	Lower Bound	Upper Bound
Standardized Coefficients									
Unstandardized Coefficients	B	Std. Error	Delta	Beta	t	S _{pr}			
	12.4E-02	0.24	-0.129	0.384		38.4			

uzoraka hipoteza o nepostojanju trenda odbijena. Ujecaaj vremenske promjene broja praznina rezultira porastom udjela većih i manjih vremenskih praznina. Kao posljedica toga dolazi se porast kapaciteta.

Ako se koriste uzorci s takvim svojstvima, na rezultat procjene parametara uječu vremenska promjenjivost i zavisnost pojave praznina. Ako vremenske promjene nisu značajne, one se mogu računati kroz procjenu parametara. Kako se procjena kapaciteta obavlja za vršna razdoblja, realna je pretpostavka da i u njima postoji vremenska promjena pojave broja praznina, što rezultira prihvatljivim procjenama kapaciteta. Na temelju istraživanja se može pretpostaviti kako će postojati modeli dati zadovoljavajuće rezultate za većinu praktičnih situacija.

2.2.2 Testiranje hipoteze o nezavisnosti vremenskih praznina

Testiranje hipoteze je izvršeno Wald-Wolfowitz testom, te zaliim autokorelacijskim testom. Wald-Wolfowitz testom može se utvrditi pojavljuju li se praznine slučajno ili se gomilaju po veličini više nego što bi se gornilele da su nezavisne, odnosno nekorelirane. Ako su praznine nezavisne varijable, tada se dužine kolona ravnaju po geometrijskoj razdiobi [8]. Stoga navedeni testovi predstavljaju i testiranje razdiobe dužine kolona. Ako se vremenske praznine ne pojavljuju slučajno, potrebno je utvrditi mjeru njihove zavisnosti, što se može izvršiti autokorelacijskim testom.

Rezultati Wald-Wolfowitz testa za podatke prikupljene na analiziranom raskrižju prikazani su u tablici 7.

Rezultati testa pokazuju kako se hipoteza slučajnosti pojave vremenskih praznina za odabranu razinu značajnosti od 5% može odbaciti. Ovaj rezultat ukazuje na postojanje korelacije vremenskih praznina. Stoga je izvršen autokorelacijski test kako bi se utvrdila značajnost korelacije. Testiranje je izvršeno za parove sukcesivnih vremenskih praznina te za drugu po redu prazninu. Prikaz rezultata ovog testa je prikazan u tablici 8.

Rezultati ovog testa ukazuju na to kako se hipoteza o nezavisnosti vremenskih praznina može prihvatiti za zadanu razinu značajnosti od 5%. Korelacija nije značajna. U literaturi su također navedeni neki rezultati istraživanja. Na većini uzoraka hipoteza o nezavisnosti vremenskih praznina mogla se odbaciti ali je srećom uočena korelacija bila vrlo slaba. Korelacija ne uječe toliko na kapacitet koliko na prosječno zakašnjenje vozila.

2.2.3 Testiranje prilagodbe pretpostavljenih razdioba vremenskih praznina u prioritetoj toku

Za potrebe modeliranja kapaciteta mora biti pretpostavljena razdioba vremenskih praznina u glavnom toku. Odabrani modeli kapaciteta pretpostavljaju eksponencijalnu, odnosno Cowanovu razdiobu. Na slici 5. su prikazani odnosi funkcija razdioba vjerojatnosti pretpostavljenih razdioba i empirijske razdiobe vremenskih praznina na analiziranom raskrižju. Kako na procjenu kapaciteta

$$q = \frac{3600}{t_u + t_{misp}} \quad (15)$$

gdje su:

q - stvarni kapacitet sprovednog prilaza

t_u - prosječno vrijeme čekanja vozila na stop-crti, odnosno prosječno vrijeme usluge

t_{misp} - vrijeme napredovanja tj. prosječno vrijeme dolaska s druge pozicije na stop-crtu

Ova metoda se temelji na pretpostavki kako je vrijeme usluge slučajna varijabla čija razdioba ovisi o strukturi i opterećenju prometnog toka, kao i o procesu prihvaćanja praznina. Zbroj vremena usluge i vremena napredovanja predstavlja prosječno vrijeme koje svako vozilo provede na prvom mjestu prilaza. Kapacitet sprovednog prilaza je tada inverzna vrijednost prosječnog čekanja na prvom mjestu prilaza. Prednost ove metode je u tome što ne zahtijeva kontinuirani rep za procjenu kapaciteta, te je usporediva s rezultatima modela kapaciteta.

2.2 Testiranje modela i njegovih pretpostavki

Teoretski modeli kapaciteta izvedeni su uz sljedeće pretpostavke:

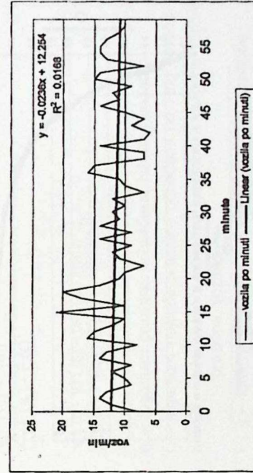
1. nema vremenske promjene veličine toka
2. uzasopne praznine su nezavisne varijable koje se ravnaju po zajedničkoj razdiobi.

Ako prva pretpostavka nije zadovoljena, postojeći modeli i dobiveni rezultati neće biti općenito prihvatljivi ili se vremenske promjene moraju uzeti u obzir. U slučaju da druga pretpostavka nije zadovoljena, u obzir bi se trebala uzeti korelacija vremenskih praznina što bi dovelo do kompleksnijih modela nepraktičnih za primjenu.

2.2.1 Analiza trenda

Testiranje hipoteze o nepostojanju trenda promjene veličine toka izvršeno je regresijskom analizom pojave vremenskih praznina kao zavisne, te vremena kao nezavisne varijable. Rezultati analize za promatrano raskrižje prikazani su na slici 4. i u tablici 6.

Iz slike 4. i tablice 6. uočava se kako ne postoji značajan trend, te se hipoteza o nepostojanju trenda za testirani uzorak može prihvatiti. I u drugim provedenim istraživanjima [5] i [9] dobiveni su slični rezultati, odnosno samo je u malom broju



Slika 4. Prikaz rezultata linearne regresije