

# CESTE I MOSTOV

Vol. 36

Zagreb, 1990.

Broj 2




**Izdavaci: Savez drustava za ceste Hrvatske, Zagreb**

**Predsjednik:** Ante Smit, dipl. inž., Zagreb  
**Objavni urednik:** dr. Branimir Orhan Avdović, dipl. inž., Skoplje, prof. dr. Zvonimir Hrestak, dipl. inž., Zagreb  
**Zastupnik objave:** dr. Zvonimir Hrestak, dipl. inž., Zagreb  
**Muhamed Cokljat, dipl. inž., Zagreb, Zeljko Hirc, dipl. inž., Zagreb, Zvonimir Hrestak, dipl. inž., Zagreb, Milan Jerković, dipl. ek., Rijeka, prof. dr. Aleksandar Janković, dipl. inž., Zagreb, Miroslav Jozak, dipl. inž., Zagreb, Luka Marček, dipl. ek., Zagreb, prof. dr. Jakša Miličić, dipl. inž., Split, Stjepan Preradec, dipl. inž., Zagreb, dr. sc. Zvonimir Stanić, dipl. inž., Zagreb, Zoran Šarac, dipl. inž., Zagreb, Miroslav Štrigam, dipl. inž., Zagreb, helle Strajnić, dipl. ek., Osijek, prof. dr. Aleksandar Selo, dipl. inž., Zagreb, Momčilo Šatro, dipl. inž., Novi Sad, prof. dr. Stanko Štem, dipl. inž., Zagreb, pak. dr. Miroslav Šušteršič, dipl. inž., Beograd, Čedo Tomljanović, dipl. inž., Zagreb**

**Urednički odbor**

**Glavni i odgovorni urednik:** Darko Milnerić, dipl. inž., Zagreb  
**Zamjenik gl. i odg. urednika:** dr. Zvonimir Marić, dipl. inž., Zagreb  
**Baldo Bakalić, dipl. inž., Split, Tomislav Bilić, dipl. inž., Zagreb, mr. Josip Bošnjak, dipl. inž., Osijek, Josip Budžak, dipl. inž., Zagreb, dr. sc. Miroslav Čuček, dipl. inž., Kadijević, dipl. inž., Zagreb, Ivan Kamber, prof., Zagreb, Ivica Kratošec, Zagreb, Mario Ladavac, dipl. inž., Pazin, prof. dr. Ivan Legac, dipl. inž., Zagreb, prof. dr. Ivo Miličić, dipl. inž., Zagreb, dr. sc. Miroslav Praeger, dipl. inž., Zagreb, dr. Zdravko Ramljak, dipl. inž., Zagreb, Josko Sakopet, dipl. inž., Zagreb, Zlatko Trštar, dipl. inž., Osijek**

**Adresa uredništva: Savez društava za ceste Hrvatske, Zagreb, Vojkova 3, tel. 45-42263.**

**Casopis izlazi mjesečno.**

**Lektor, korektor i tehnički urednik:** Mirjana Zec, prof. Klasifikacije i indeksiranje po UDK i IRRD: mr. Davor Sorogović

**Godišnja preplata**

— za pravne osobe: 500,00 dinara (za više od dva pri-  
 — za pojedince: 80,00 dinara  
 — za inozemstvo: 84 SAD dolara (za zrakoplovni li-  
 preporučenu dostavu još 24 SAD dolara)

**Pojedini primjerci u predaji**

— za pravne osobe: 80,00 dinara  
 — za pojedince: 10,00 dinara

**Oglašavanje**

— za tuzemstvo: obojna stranica 1/1 — 800,00 dinara; unutarnje obojna stranica 1/1 — 700,00 dinara; unutar-  
 nja stranica 1/1 — 600,00 dinara; unutarnja stra-  
 nica 1/2 stranica 1/1 — 600,00 dinara; unutarnja stra-  
 nica 1/2 stranica 1/1 — 600,00 dinara; unutarnja stranica 1/1 — 600,00 SAD dolara; unutarnja stranica 1/2 — 500 SAD dolara; unutarnja stranica 1/4 — 350 SAD dolara  
 Ziračunji: 30102-678-271, za inozemstvo 30101-620-3706-  
 -7210-00764-1

Za tiskanje časopisa koriste se sredstva Saveza, re-  
 publikitih i pokrajinskih samoupravnih interesnih zajednica  
 za naučne delatnosti i SPRJ, Samoupravne interesne  
 zajednice, kao i sredstva iz općih prihoda i doprinosa sa-  
 upravnih sporazuma o sufinansiranju časopisa.

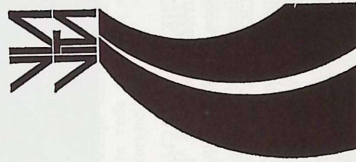
Nekladar: 2000

Tisak: NISPRO "VJESNIK" — ZAGREB

# SADRŽAJ

## CESTEMOSIOM

**GLASILO SAVEZA DRUŠTAVA  
 ZA CESTE HRVATSKE I  
 SAVEZA DRUŠTAVA ZA  
 PUTOVE JUGOSLAVIJE**



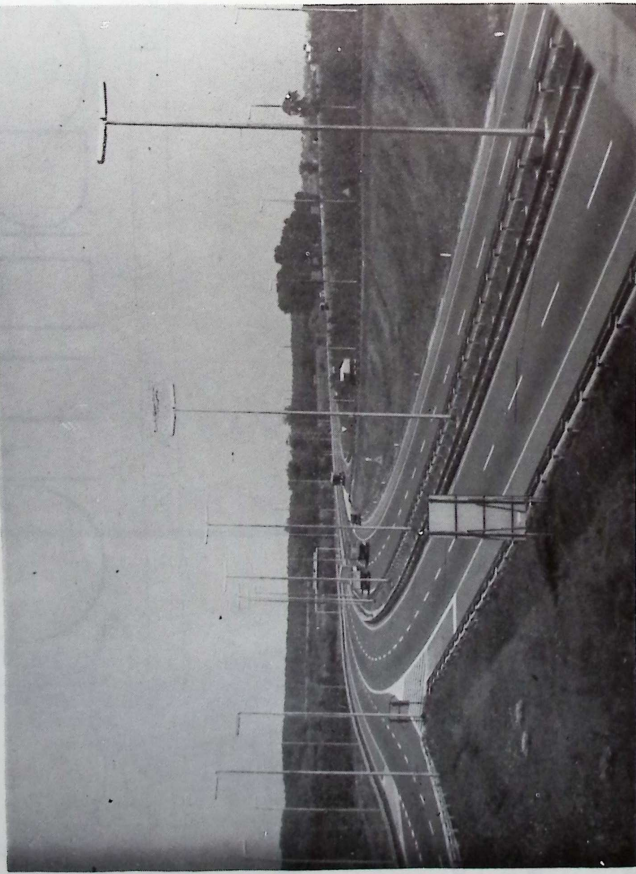
**CASOPIS ZA PROJEKTIRANJE,  
 GRAĐENJE, ODRŽAVANJE I  
 TEHNIČKO-EKONOMSKA  
 PITANJA CESTA, MOSTOVA  
 I AERODROMA**

**ZNANSTVENI I STRUČNI RADOVI**

- Zdenko Lanović, Zagreb  
**Analiza Websterove metode sa stajališta promjene  
 količine prometa na križanju**  
 prethodno priopćenje 35—39
- Maksimilijan Vukelić, Zagreb  
**Ugroženost pješaka u gradu Zagrebu**  
 stručni rad 41—51
- Blagota Radović, Ljubljana  
**Usporedba razine sigurnosti cestovnog prometa u  
 Jugoslaviji s onima u drugim evropskim zemljama**  
 stručni rad 53—55
- Miroslav Cesarac, Zagreb  
**Sistemacija cestovnih nasipa s aspekta lokalnih  
 uvjeta i korištenja prirodnih resursa**  
 izlaganje sa znanstvenog skupa 57—58
- RUBRIKE**
- Iz rada SIŽ-ova za ceste**  
 Ante Milović u RSIZ-u za ceste Hrvatske (B. Golub) 59—60
- Zakonska regulativa u području cesta**  
 Uključimo se u raspravu o prijedlogu za donošenje  
 Zakona o javnim cestama 60—65
- Prometna infrastruktura**  
 »Pioniri« po mjeri zadarskih otoka  
 Ipak se kreće 65—66
- Umjetnici i cesta**  
 Tomažinov most i min (M. Pokrivka) 66—67
- 68

**TER**

tvornice elektrotehničkih proizvoda · zagreb



**PROIZVODNI PROGRAM:**

- RASVJETNA TIJELA: Svjetiljke za uličnu i parkovnu rasvjetu, naselja i autoputeve, industrijski reflektori i svjetiljke, specijalne brodske svjetiljke i reflektori, jednofazni i trofazni sistem tračnica za reflektore s adapterima, svjetiljke dekorativne rasvjete, fluorescentne svjetiljke za poslovne i industrijske prostore, klima svjetiljke te svi tipovi svjetiljaka i dekorativne rasvjete po narudžbi za ugostiteljstvo, koncertne dvorane, kina, kazališta, dvorane i ostali rezervni pribor.
- NISKONAPONSKI RAZVODNI UREĐAJI (lijevani, limeni i plastični), razdjelnice za stambene i industrijske objekte, samostojeći razvodni ormari i pultovi, te mozaik sistem.
- ELEKTRICNE INSTALACIJE: Podne i zidne električne instalacije, podne instalacije posebne izvedbe i bolničke instalacije.
- INSTALACIONI MATERIJAL: Priključni pribor za industrijske svrhe, razvojne kutije, sklopke i tipkala, kabelaške uvodnice i obujnice.
- INDUSTRIJSKA ELEKTRONIKA: Samosigurnosni uređaji, upravljački uređaji i sistemi, mjerni uređaji, pretvarači, regulatori, elektronski releji i bezdodirni prekidači.
- KABELSKI PRIBOR ZA ENERGETIKU: Kabelaške glave za unutarnju i vanjsku montažu, spojnice za spajanje vodiča i kabela, kućni priključni ormari i alati.
- KABELSKI PRIBOR ZA TELEKOMUNIKACIJE: Kabelaške spojnice i kabelaške glave za telekomunikacije, razdjelnik i međurazdjelnik, konektori za spajanje vodiča, te alat.
- PROTUEKSPLOZIJSKI ZAŠTIĆENI ELEKTRICNI UREĐAJI: svjetiljke, signalni uređaji i pribor za petrokemiju, rudarstvo i brodogradnju.

**TER · zagreb**  
Medarska 69  
Telefon: 156-522  
yugoslavia telex: 21361

**Analiza Websterove metode sa stajališta promjene količine prometa na križanju**

Zdenko LANOVIĆ, dipl. inž.  
Gradski komitet za promet i veze, Zagreb

Prethodno priopćenje  
UDK 519.872.6:656.021  
IRKD 72  
Primljeno: 21. XII. 1989.  
Prihvaćeno: 17. I. 1990.

**SAŽETAK**

U radu se prikazuju uvjeti pod kojima se duljina trajanja ciklusa i pojedinih faza, izračunati po Websterovoj metodi, zadovoljavati sa stajališta propusne moći kada se mijenja količina prometa na pojedinom privozu. Promjena količine prometa u jednoj fazi utječe na sve ostale faze proporcionalno toj promjeni.

Iznijeta je metoda za izračunavanje duljine trajanja ciklusa i pojedinih faza koja polazi od uvjeta da odnos između izmjenog protoka vozila i propusne moći, za svaki privoz, mora biti manji od jedan, tj. da privoz nije zagašen.

**1. UVOD**

Za izračunavanje duljine trajanja ciklusa i rasporeda faza unutar ciklusa na izoliranom križanju postoji više metoda. Metoda koju je preporučio Webster, iako relativno stara, danas se često koristi. Uz dobro proveden proračun potrebnih veličina ona daje kvalitetne rezultate i u pogledu određivanja duljine ciklusa i u pogledu određivanja duljina pojedinih faza. Kasnije, tijekom praćenja rada semafora na križanju potrebne su minimalne korekcije.

**2. OPĆENITO O WEBSTEROVJ METODI**

Za izračunavanje optimalne duljine trajanja ciklusa prema Websterovj metodi potrebne su sljedeće veličine:

K — koeficijent koji ovisi o prosječnoj veličini zasićenog toka i odnosu njegovog iskorištenja po fazi (K > 0); najčešće se uzima vrijednost K = 1,5; to odgovara zasićenom toku od 1800 PAJ i odnosu iskorištenja po fazama u omjeru 1:1;

Y — suma zasićenja mjerodavnih privoza (Y ∈ [0, 1 >]); računa se:

$$Y = \sum_{i=1}^n y_i \quad (1)$$

gdje je: n — broj faza, y<sub>i</sub> — zasićenje i-tog privoza mjerodavnog za određivanje trajanja zelene faze:

$$y_i = \frac{Q_i}{S_i} \quad (1.1)$$

Q<sub>i</sub> — količina prometa izmjenjena na i-tom privozu (PAJ/h), S<sub>i</sub> — zasićen tok vozila na i-tom privozu (PAJ/h)

L — ukupno izgubljeno vrijeme na križanju (s). Ako je trajanje žutog svjetla 3 s i zakašnjenje prvog vozila pri startu 2 s, to je:

$$L = \sum_{i=1}^n (l-1) \quad (2)$$

l — svečveno vrijeme između faza (s), n — broj faza

Više o određivanju ovih veličina može se naći u [1] i [2].

Optimalna duljina trajanja ciklusa prema Websteru računa se:

$$C = \frac{K \cdot L + 5}{1 - Y} \quad (3)$$

U gradskim uvjetima vožnje gotovo uvijek uzima se vrijednost K = 1,5, pa jednadžba (3) prelazi u oblik:

$$C = \frac{1,5 \cdot L + 5}{1 - Y} \quad (3.1)$$

Jednadžba (3) može se napisati drugačije:

$$C = \frac{K}{1 - Y} \cdot L + \frac{5}{1 - Y} \quad (3.2)$$

Duljina trajanja ciklusa C pozitivan je realan broj i ovisi o veličinama Y, L i K. Međutim, samom građevinskom situacijom križanja, iskorištenjem zasićenog toka na privozu i prostornom raspodjelom odvijanja faza veličine L i K su određene a mijenja se opterećenje pojedinih privoza tj. veličina Y. Te promjene su najizraženije u vršnim periodima tzv. »špicama« pri odlasku na posao ili pri povratku s posla.

Na taj način određena je veličina C kao funkcija jedne varijable; C = f(Y). Funkcija C jednaka je zbroju dviju funkcija:

$$C(Y) = L \cdot U(Y) + W(Y) \quad (4)$$

gdje je:

$$U(Y) = \frac{K}{1 - Y}, \quad W(Y) = \frac{5}{1 - Y} \quad (4.1)$$

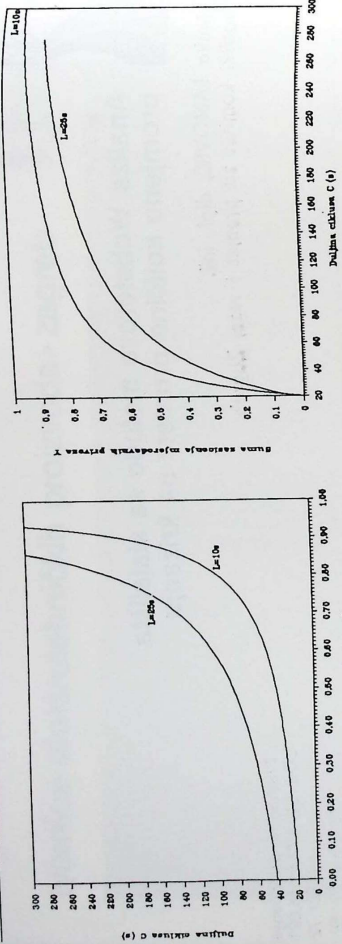
Da bi bio C ≥ 0 uz uvjet Y ∈ [0, 1 >], promatraju se restrikcije funkcija (4.1):

$$U_0(Y) = U(Y) | [0, 1 >, \quad U_0(Y) : [0, 1 > \rightarrow R^+ \quad (4.1.1)$$

$$W_0(Y) = W(Y) | [0, 1 >, \quad W_0(Y) : [0, 1 > \rightarrow R^+ \quad (4.1.2)$$

Iz (4.1.1) i (4.1.2) slijedi:

$$C_0 = C | [0, 1 >, \quad C_0 : [0, 1 > \rightarrow R^+ \quad (4.1.3)$$



Slika 1. Promjena duljine trajanja ciklusa C u zavisnosti od sume sume mjernih privruga Y

Duljina trajanja zelenog svjetla za i-tu fazu  $Z_i$  računa se:

$$Z_i = \frac{Y_i}{Y} \cdot (C - L) \tag{6}$$

Nakon izračunavanja duljine trajanja ciklusa i pojedinih faza provjerava se odgovaraju li odnosi zelenih vremena na privoza:  $Z_1 : Z_2 : \dots : Z_n = Y_1 : Y_2 : \dots : Y_n$

gdje je  $n$  — broj faza u ciklusu.

U praksi se uzima vrijednost minimalnog trajanja ciklusa od oko 40 s za dvofazna križanja, te maksimalna vrijednost od 120 s za četverfazna križanja. Ne preporuča se duljina zelene faze manja od 15 s.

Varijantom duljine trajanja ciklusa između 75% i 150% optimalne vrijednosti prosječno vrijeme čekanja jednog vozila na križanju povećava se u prosjeku do 10%, što je prihvatljiva vrijednost [1]. To znači da vrijednost duljine ciklusa može iznositi i 160 s, jer 150% od 120 s iznosi 180 s.

Iz slike 1 može se vidjeti da je interval maksimalne vrijednosti veltine  $Y$ , za koje se dobiva duljina ciklusa od 160 s, unutar vrijednosti  $Y = 0,734$  za  $L = 25$  s i  $Y = 0,875$  za  $L = 10$  s. Te vrijednosti dobivene su izračunavanjem veltine  $Y$  eksplicitno iz (3), uzimajući vrijednosti  $C = 160$  s,  $L = 10$  s i  $L = 25$  s.

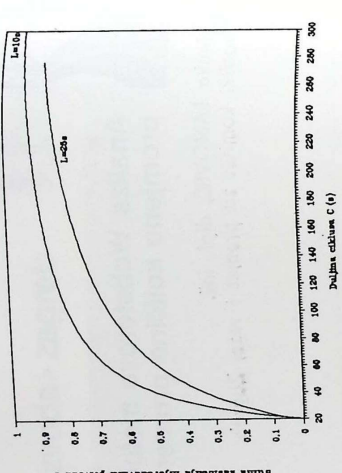
Povećanjem tih vrijednosti uz konstantnu duljinu ciklusa, tj. povećanjem prometa na križanju, doći će do povećanja vremena čekanja, stvaranja zepopava, a u krajnjim slučajevima do zagušenja križanja i tog dijela prometne mreže.

**3. MOGUĆNOST PROMIENE ZASIĆENIA PRIVOZA U ZAVISNOSTI OD DULJINE TRAJANJA CIKLUSA**

Izražavanjem eksplicitno veltine  $Y$  iz (3):

$$Y = 1 - \frac{K \cdot L + 5}{C} \tag{7}$$

dobiva se inverzna funkcija funkcije (3). Graf te funkcije prikazan je na slici 2. Može se primijetiti da pri duljini ciklusa za koju je vrijednost funkcije  $Y \approx 0,90$



Slika 2. Promjena sume mjernih privruga u zavisnosti od duljine trajanja ciklusa C

daljnje povećanje duljine trajanja ciklusa neznatno mijenja vrijednost funkcije.

Uz pomoć slike 1 i 2 može se zaključiti da će pri veltini  $Y \geq 0,90$ , povećanjem duljine trajanja ciklusa, križanje teoretski moći propustiti zahtijevanu količinu prometa, ali duljina ciklusa neće moći zadovoljiti s aspekta prosječnog vremena čekanja. Definiranjem veltina  $K$  i  $L$  može se točno utvrditi koja je to granična vrijednost  $Y$  za koju bi duljina trajanja ciklusa bila prihvatljiva.

Kako brzina promjene zasićenja privoza utječe na promjenu duljine trajanja ciklusa  $C$ , može se iskazati i tako da se funkcija (3) derivira po  $Y$ :

$$\frac{dC}{dY} = \frac{K \cdot L + 5}{(1 - Y)^2} \tag{8}$$

Nazivnik je manji od 1 i njegovim kvadriranjem proizlazi još manji broj, te cijeli izraz raste eksponencijalno.

**4. OSJETLJIVOST WEBSTEROVE METODE NA PROMJENU KOLIČINE PROMETA**

Čili semaforizacije križanja može biti povećanje sigurnosti i propusne moći križanja. Propusna moć križanja određuje se:

$$M_i = \lambda_i \cdot S_i = \frac{Z_i}{C} \cdot S_i \quad (FAJ/h) \tag{9}$$

gdje je:

$M_i$  — propusna moć i-tog privoza (FAJ/h),  
 $\lambda_i$  — odnos između duljine trajanja zelenog svjetla  $Z_i$  na i-tom privozu i duljine trajanja ciklusa:

$$\lambda_i = \frac{Z_i}{C} \tag{10}$$

$S_i$  — zasićen tok i-tog privoza (FAJ/h)

Stupanj zasićenosti i-tog privoza  $x_i$  pokazuje hoće li privoz moći propustiti zahtijevanu količinu prometa  $Q_i$ :

$$x_i = \frac{Q_i}{M_i} = \frac{Q_i}{\lambda_i \cdot S_i} \tag{11}$$

Diferencijal

$$d\lambda_i = -(1 - A) \cdot \frac{Y_i}{Y^2} \cdot \sum_{j=1}^n dy_j + \frac{\lambda_i}{Y_i} \cdot dy_i \tag{14.2}$$

analogno prema (13.1) stavlja se u odnos s  $dy_i$ :

$$d\lambda_i \geq dy_i \tag{15}$$

$$-(1 - A) \cdot \frac{Y_i}{Y^2} \cdot \sum_{j=1}^n dy_j + \frac{\lambda_i}{Y_i} \cdot dy_i \geq dy_i \tag{15.1}$$

$$\frac{\lambda_i}{Y_i} \cdot dy_i \geq dy_i + (1 - A) \cdot \frac{Y_i}{Y^2} \cdot \sum_{j=1}^n dy_j \tag{15.1.1}$$

$$\lambda_i \cdot dy_i \geq y_i \cdot dy_i + (1 - A) \cdot \left(\frac{Y_i}{Y}\right)^2 \cdot \sum_{j=1}^n dy_j / : dy_i \tag{15.2}$$

Ovisno o tome jesu li  $dy_i$  i  $\sum dy_j$  pozitivne ili negativne veltine, dobiva se interval prihvatljivih vrijednosti  $\lambda_i$  s aspekta propusne moći privoza:

a. ako je  $dy_i \geq 0$ :

$$\lambda_i \geq y_i \pm \frac{(1 - A)}{dy_i} \cdot \left(\frac{Y_i}{Y}\right)^2 \cdot \sum_{j=1}^n dy_j \tag{15.3}$$

b. ako je  $dy_i < 0$ :

$$\lambda_i \leq y_i \pm \frac{(1 - A)}{dy_i} \cdot \left(\frac{Y_i}{Y}\right)^2 \cdot \sum_{j=1}^n dy_j \tag{15.4}$$

Iz (15.3) i (15.4) vidljivo je da  $\lambda_i$  ovisi o promjeni zasićenja svih privoza, tj. o promjeni količine prometa na svim privozima a ne samo na promatranom.

S pomoću nejednadžbi (15.3) i (15.4) mogu se izračunati i ostale veltine. Kada se  $\lambda_i$  izrazi kao u (10) i  $A$  kao u (12.1.1), dolazi se do jednadžbi u kojima je izražena ovisnost duljine trajanja zelenog svjetla  $Z_i$  o promjeni količine prometa na križanju:

$$Z_i \geq \frac{(y_i dy_i + 1) \cdot (L \cdot K + 5) - L}{dy_i \cdot (1 - Y)} \cdot \left(\frac{Y_i}{Y}\right)^2 \cdot \sum_{j=1}^n dy_j \tag{16}$$

$$Z_i \leq \frac{(y_i dy_i + 1) \cdot (L \cdot K + 5) - L}{dy_i \cdot (1 - Y)} \cdot \left(\frac{Y_i}{Y}\right)^2 \cdot \sum_{j=1}^n dy_j \tag{16.1}$$

**5. ODREĐIVANJE DULJINE CIKLUSA**

Zbrajanjem veltina  $\lambda_i$  svih privoza na način da se  $\lambda_i$  izrazi u obliku (12) slijedi:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = \sum_{i=1}^n \frac{Y_i}{Y} \cdot \frac{C - L}{C} = 1 - \sum_{i=1}^n \frac{Y_i}{C} \tag{17}$$

Zbog (1) slijedi:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = \frac{C - L}{C} \tag{17.1}$$

Izražavanjem  $C$  eksplicitno iz (17.1):

$$C = \frac{L}{1 - \sum_{i=1}^n \lambda_i} \tag{18}$$

dobiva se jednadžba za izračunavanje duljine ciklusa. Za razliku od jednadžbe (3), u kojoj postoje tri nepo-

znate veličine, ovdje postoje dvije nepoznate veličine:  $L$  i  $\Sigma \lambda_i$ .

Duljina zelenog svjetla za  $i$ -tu fazu izračunava se: 
$$z_i = \lambda_i \cdot C \quad (19)$$

ili se s pomoću jednadžbi (16) i (16.1) nađe interval zelenog svjetla za koji neće doći do zagašenja privoza.

Na kraju, s pomoću (6) provjeri se odgovaraju li odnosi duljina zelenih vremena prema opterećenju privoza.

Analogno razmatranjima Websterove metode, očigledno je da mora biti ispunjen uvjet:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i < 1 \quad (20)$$

Grafički prikaz funkcije (18) sličan je grafičkom prikazu funkcije (3) na slici 1. Za vrijednost ciklusa  $C = 160$  s (ta vrijednost objašnjena je u drugom poglavlju) veličina  $\Sigma \lambda_i$  kreće se unutar intervala  $\Sigma \lambda_i = 0,844$  za  $L = 25$  s i  $\Sigma \lambda_i = 0,938$  za  $L = 10$  s.

Ako se križanje uklapa u neki sustav, odnosno ako je unaprijed poznata veličina  $C$ , s pomoću (17.1) određuje se dopušteno područje vrijednosti za  $\Sigma \lambda_i$ .

Kakva je razlika između Websterove metode i metode koja je izložena u ovom poglavlju? U Websterovoj metodi, kada je izračunana duljina ciklusa i zelenih faza, na kraju je još jednom potrebno provjeriti je li ispunjen uvjet (11.1), tj. uvjet da je stupanj zasićenja privoza manji od 1: ako uvjet nije ispunjen, potrebno je napraviti drugačiju raspodjelu zelenih vremena. U novoj metodi upravo se polazi od pretpostavke da stupanj zasićenja privoza mora biti manji od 1. Problem u novoj metodi je točno izračunavanje promjene zasićenja privoza  $dy_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ;  $n$  — broj faza). Vrijednosti  $dy_i$  ne mogu biti velike, jer su nejednadžbe (15.3) i (15.4) izražene s pomoću diferencijala  $\lambda_i$ , odnosno potrebno je obaviti brojenje prometa po kraćim vremenskim intervalima da se uoče maksimalne vrijednosti kotebanja tokova u pozitivnom i negativnom smislu.

5.1. Određivanje veličine  $dy_i$

Veličine  $X_i$ ,  $Y_i$  i  $A_i$ , koje se koriste u nejednadžbama (15.3) ili (15.4), određene su prije navedenim relacijama. Potrebno je još odrediti promjenu zasićenja svakoga mjerodavnog privoza  $dy_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ;  $n$  — broj faza).

Ako se obavlja brojenje prometa, potrebno je brojiti po petominutnim intervalima (12 intervala u satu) i izdvojiti ove vrijednosti:

— srednju količinu prometa  $Q_{im}$  u petominutnim intervalima na  $i$ -tom privozu (PAJ/5 min);

$$Q_{im} = \frac{Q_i}{12} \quad (21)$$

— najmanju količinu prometa  $Q_{im}$  u petominutnim intervalima na  $i$ -tom privozu (PAJ/5 min)

— maksimalnu količinu prometa  $Q_{im}$  u petominutnim intervalima na  $i$ -tom privozu (PAJ/5 min)

S pomoću tih veličina određuju se maksimalni pozitivni i negativni prirast prometa po privozima:

$$dy_{im} = \frac{Q_{im} - Q_{is}}{S_i} \quad (22)$$

$$dy_{im} = \frac{Q_{im} - Q_{is}}{S_i} \quad (22.1)$$

gdje je  $S_i$  — zasićen tok privoza (PAJ).

Ako se prometni tok opisuje nekom raspodjelom vjerojatnosti diskretne slučajne veličine (npr. Poissonova, binomna ili negativna binomna raspodjela), veličina  $dy_i$  određuje se s pomoću standardnog odstupanja slučajne veličine  $Q_i$ :

$$dy_i = \frac{\sigma_{Q_i}}{S_i} = \frac{\sqrt{D(Q_i)}}{S_i} \quad (23)$$

gdje je  $D(Q_i)$  — disperzija slučajne veličine  $Q_i$  (PAJ/5 min).

6. ZAKLJUČAK

Ako se s pomoću Websterove metode računa duljina trajanja ciklusa i pojedinih faza, ne može se promjena količine prometa u svakoj fazi promatrati izolirano, tj. samo za tu fazu. Nejednadžbe (15.3) i (15.4) potvrđuju da promjena količine prometa u bilo kojoj fazi utječe na sve ostale faze proporcionalno toj promjeni. Analiza Websterove metode sa stajališta propusne moći pojedinih privoza na križanju dovodi do još jedne metode za izračunavanje duljine trajanja ciklusa, prikazane u 5. poglavlju. Tu metodu bit će potrebno provjeriti u praksi. Budući da je ona posljedica analize Websterove metode, može se uvjetno zaključiti da za nju vrijede prednosti i nedostaci koji su vezani za Websterovu metodu.

Nedostatak u odnosu na Websterovu metodu jest problem određivanja veličine  $\lambda_i$ . Precizno određivanje te veličine u izravnoj je vezi s određivanjem optimalne duljine trajanja ciklusa, optimiziranjem propusne moći križanja i smanjenjem prosječnog vremena čekanja.

Prednost u odnosu na Websterovu metodu je u tome što se odmah u početku eliminira mogućnost da neki od privoza bude zagašen, tj. da ne bude zadovoljen uvjet (11.1). Prednost je i u tome što je uzeta u obzir i neravnomjernost protoka vozila.

Popis korištenih veličina (redoslijedom korištenja)

- $X$  — koeficijent koji ovisi o veličini zasićenog toka i odnosa njegovog iskorišćenja po fazama ( $X > 0$ )
- $Y$  — suma zasićenja mjerodavnih privoza ( $Y \in [0, 1 >)$ )
- $n$  — broj faza
- $Y_i$  — zasićenje  $i$ -tog privoza
- $Q_i$  — količina prometa izmjerena na  $i$ -tom privozu (PAJ/h)
- $S_i$  — zasićen tok  $i$ -tog privoza (PAJ/h)
- $L$  — ukupno izmjereno vrijeme na križanju (s)
- $I$  — svetereno vrijeme između potjednačnih faza (s)
- $C$  — duljina trajanja ciklusa (s)
- $R$  — skup pozitivnih realnih brojeva
- $C(X)$  — funkcija:  $C: [0, 1 > \rightarrow R^+$
- $U(X)$  — funkcija:  $U: [0, 1 > \rightarrow R^+$
- $W$  — funkcija:  $W: [0, 1 > \rightarrow R^+$
- $C_0$  — restrikcija funkcije  $C(X)$
- $U_0$  — restrikcija funkcije  $U(X)$
- $W_0$  — restrikcija funkcije  $W(X)$
- $Z_i$  — duljina trajanja zelenog svjetla u  $i$ -toj fazi ili na  $i$ -tom privozu (s)
- $M_i$  — proporcija moći  $i$ -tog privoza (PAJ/h)
- $\lambda_i$  — (lambda) odnos između duljine trajanja zelenog svjetla na  $i$ -tom privozu i duljine trajanja zelenog svjetla na  $A$  — supstitucijska veličina; vidi (12.1.1)
- $A_i$  — stupanj zasićenosti  $i$ -tog privoza
- $dy_i$  — diferencijal  $\lambda_i$
- $dy_{im}$  — promjena zasićenosti  $i$ -tog privoza u srednja količina prometa izmjerena na  $i$ -tom privozu u petominutnim intervalima (PAJ/5 min)

$Q_{im}$  — najmanja količina prometa izmjerena na  $i$ -tom privozu u petominutnim intervalima (PAJ/5 min)

$Q_{im}$  — maksimalna količina prometa izmjerena na  $i$ -tom privozu u petominutnim intervalima (PAJ/5 min)

$dy_{im}$  — minimalni prirast zasićenosti na  $i$ -tom privozu

$dy_{im}$  — maksimalni prirast zasićenosti na  $i$ -tom privozu

$\sigma_{Q_i}$  — (sigma) standardno odstupanje slučajne veličine  $Q_i$

$D(Q_i)$  — disperzija slučajne veličine  $Q_i$

SUMMARY

UDC 519.972.6:556.021

Preliminary communication  
Analysis of Webster's Method from the Aspect of the Change of Traffic Flow Rate of Intersection

This paper deals the terms in which the cycle length and phases, calculated by Webster's method, satisfy the aspect of the capacity when the traffic flow rate is changed on the single approach. The change of the capacity when the traffic flow rate is changed on the single approach is presented. The method of calculation of the cycle length and phases is presented which method starts from the condition that the ratio of flow rate to capacity, for every single approach, has to be less than one, i. e. that the approach is not saturated.

(fig. 2; ref. 2; original in Croato-Serbian)

Keywords  
Webster's method  
Traffic concentration  
Junction

UDK 519.972.6:556.021  
Teorija prijevosa i prometnih  
čvika  
556.021 Gustoća prometa: preglavlje, cenzus itd.

IRRD Subject Classification  
72 Traffic flow, Prometni tok  
Planiranje prometa i prijevosa  
Zastoj prometa

IRRD Keywords  
64 71 Analysis (math.), Analiza (matem.)  
61 02 Method, Metoda  
06 73 Traffic concentration,  
Gustoća prometa

04 55 Junction, Prijevosi  
06 43 Capacity (road, footway), Propusnost  
(cesta, pješćakoga puta)  
04 35 Access road, Prilazna cesta  
06 71 Traffic flow, Prometni tok  
06 32 Zastoj prometa



## Ugroženost pješaka u gradu Zagrebu

Mr. Maksimilijan VUKELIĆ, dipl. inž.  
Zagreb

Stručni rad  
UDK 656.14:711.51  
IRRD 83:85  
Primljeno: 17. XI. 1989.  
Prihvaćeno: 17. I. 1990.

### SAŽETAK

U članku autor ukazuje na opasnosti koje ugrožavaju pješake u Zagrebu i predlaže što bi trebalo učiniti da ih se smanji.

Autor podsjeca na historijat tehničkih propisa za pješačke hodnike (pločnike i kordone) s kraja prošlog stoljeća u gradu Zagrebu. Ocjene o prijedlozima što ih za postojeca rješenja u gradu daje autor — imaju svoje uporište u uvijek aktualnoj potrebi očuvanja kvalitete grada i sigurnosti za najbrojnije sudionike u prometu — pješake.

### 1. GRADSKI PROPISI ZA PJEŠAČKE HODNIKE

Pješaci u Zagrebu ugroženi su na tri načina:

- propadanjem pločnika,
- agresivnošću vozača,
- reklamama u pojedinim ulicama postavljenim iznad električnih vodova.

Pločnik je površina u ulici ili cesti određena za kretanje pješaka, odijeljena je prostorno od kolnika i izvedena od drugog materijala. Nekada su te površine bile popločene kamenim pločama pa je stoga i nastao naziv pločnik.

U pojedinim gradskim aglomeracijama vlasti su nastojale učiniti pločnike što je moguće sigurnijim i udobnim za kretanje pješaka. Bilo je zabranjeno kretanje pločnikom svim vozilima uključivši i bicikle. Jednako tako bilo je zabranjeno i jahanje pločnikom. U tome smislu je nalog kraljevske zemaljske vlade godine 1893. Gradsko poglavarstvo u Zagrebu izradilo »Statut za polaganje pločnika i kordona na području kr. i slobodnog glavnog grada Zagreba«. Statut je prihvaćen u skupštini grada Zagreba 3. siječnja 1893. pod članom 77 (br. 31.807). Godine 1898. taj je statut inoviran u pravnom smislu.

Kako Statut ima vrlo dobre i jasne odredbe i u tehničkom i u pravnom smislu i kako je vrlo napredan i za ono kao i za sadašnje vrijeme, navode se osnovni podaci:

- na području slobodnog kraljevskog glavnog grada Zagreba ima se za pločnike rabiti lijevani asfalt debljine 2 cm na betonskoj podlozi od 10 cm, a pred težana debljine 4 cm na betonskoj podlozi od 15 cm. Betonska podloga izrađuje se od portland cementa;

- obrub pločnika je kordon (rubbjak) od granita ili keramita. Kordon je od granita i mora biti najmanje duljine 1 m, širine 26 cm, visine 25 cm ili širine 18 cm, visine 25 cm, a najmanje duljine 1 m;

— pločnici se izvode na osnovi zaključka skupštine gradskog zastupstva ili na molbu pojedinoga kućevlasnika odnosno vlasnika gradilišta,

— troškove izgradnje pločnika snosi kućevlasnik odnosno vlasnik gradilišta s tim da ih može platiti od jednom ili u deset unaprijednih polugodišnjih obroka sa 6% kamata. Promjena vlasništva ne utiča obvezu plateža zaostalih i još nedospjelih obroka;

— troškove održavanja pločnika (osim ispred veža) snosi gradska općina, a sve nužne popravke nastale prekopavanjima snosi onaj za koga je prekopavanje izvedeno.

Današnje stanje pločnika u gradu Zagrebu vrlo je loše. Potpuno su zanemareni tehnički propisi Statuta iz godine 1898. Tehnička izvedba je vrlo loša. Za pokrovni materijal ne rabi se lijevani asfalt kako je predvidio Statut iz 1898. godine već pretežno razne vrste bitumenziranog materijala. Rubnjaci su od betona raznih dimenzija i u vrlo lošem su stanju. Poprečni nagib pločnika daleko je od dopuštenoga i na mnogim mjestima premašuje 12%. Na pločnicima ima protupadova što je posljedica neurednog izvođenja pokrovnog stropa. Zbog toga se za vrijeme oborina stvaraju mlake koje onemogućuju kretanje pješacima na mnogim mjestima. Mlake na pločnicima uzrokovane su često i parkiranjem vozila. Pločnici nisu dimenzionirani za teret vozila i stoga nastaju oštećenja.

Uslijed velikoga poprečnoga nagiba pločnika za vrijeme poledice pješaci su također ugroženi jer se lako pokliznu što dovodi do tjelesnih povreda, poglavito ekstremiteta. Pritom valja spomenuti i potpuno nemarno čišćenje pločnika od snijega i leda. Prema ranijim propisima za vrijeme snježnih padavina moralo se svaki dan do osam sati ujutro očistiti pločnik ispred kuće i posuti pepelom ili pilovinom. To je bila dužnost kućevlasnika između ostalim njihovim obvezama.

Dvadesetak godina nakon II. svjetskog rata u Zagrebu je bila ukinuta institucija kućepazitelja, a njihove dužnosti i obveze preuzeo je kućni savjet koji je rješavao čišćenje snijega i leda ispred kuće kao obvezu stanara. Međutim, to se pokazalo neprovedivim s obzirom na poslovne obveze te starosnu dob i zdravstveno stanje ukučana.

Posebna defektnost postoji pri polaganju rubnjaka uz rigol. Idealna visina rubnjaka iznad rigola je 12 cm a ona u gradu iznosi na gotovo svim mjestima više od 20 cm. Tako nenormalno visoka stuba predstavlja po-

## ZAJEDNICA ORGANIZACIJA ZA ODRŽAVANJE CESTA I AUTOCESTA HRVATSKE

Zagreb, Kačićeva 20

RO ZA ODRŽAVANJE CESTA BJELOVAR  
Bjelovar, Čehačeva 2, tel. 44-245

RO ZA ODRŽAVANJE CESTA DUBROVNIK  
Dubrovnik, V. Nazora 8, tel. 23-189

RO ZA ODRŽAVANJE CESTA GOSPIĆ  
Gospić, N. Tesle 41, tel. 20-43

RO ZA ODRŽAVANJE CESTA KARLOVAC  
Karlovac, I. L. Ribara bb, tel. 23-366

RO »PODUZEĆE ZA CESTE«  
OOUR ODRŽAVANJE JAVNIH CESTA  
Osijek, Gundulićeva 65, tel. 32-555

RO ZA ODRŽAVANJE I GRADENJE CESTA PULA  
OOUR ODRŽAVANJE CESTA PULA  
Pula, Čirilometodske družbe 4, tel. 33-477

RO ZA ODRŽAVANJE, IZGRADNJU I KOMUNALNU  
DJELETNOST  
OOUR ODRŽAVANJE CESTA  
Rijeka, Završničkova 7, tel. 39-299

RO ZA ODRŽAVANJE CESTA SISAK  
Sisak, Socijalističkog saveza 19, tel. 22-478

RO ZA ODRŽAVANJE CESTA SLAVONSKI BROD  
Slavonski Brod, I. G. Kovčića 58, tel. 232-366

RO ZA ODRŽAVANJE CESTA SPLIT  
OOUR ODRŽAVANJE CESTA SPLIT  
Split, Žrtava fašizma 89, tel. 514-366

RO ZA ODRŽAVANJE CESTA ŠIBENIK  
OOUR ODRŽAVANJE CESTA  
Šibenik, J. Barakovića 10, tel. 22-986

RO ZA ODRŽAVANJE CESTA VARAŽDIN  
OOUR ODRŽAVANJE CESTA  
Varaždin, Ulica JNA 25, tel. 48-155

RO ZA ODRŽAVANJE CESTA ZAGREB  
Zagreb, Rendićeva 32, tel. 217-017

OOUR »AUTOCESTA-ZAGREB«  
Lučko-Zagreb, Hrvatski Leskovac bb, tel. 525-738

OOUR »MOST KOPNO-OTOK KRK«  
Krk, Ognjena Price 6, tel. 851-012

OOUR »TUNEL-UČKA«  
Pazin, tel. 85-241

obavljaju:

održavanje cesta i autocesta na  
području SR Hrvatske