

# GRADSKE PROMETNICE

## OSNOVNI PARAMETRI PROMETNOG TOKA

SVEUČILIŠTE  
JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
U OSIJEKU



JOSIP JURAJ STROSSMAYER  
UNIVERSITY OF OSIJEK

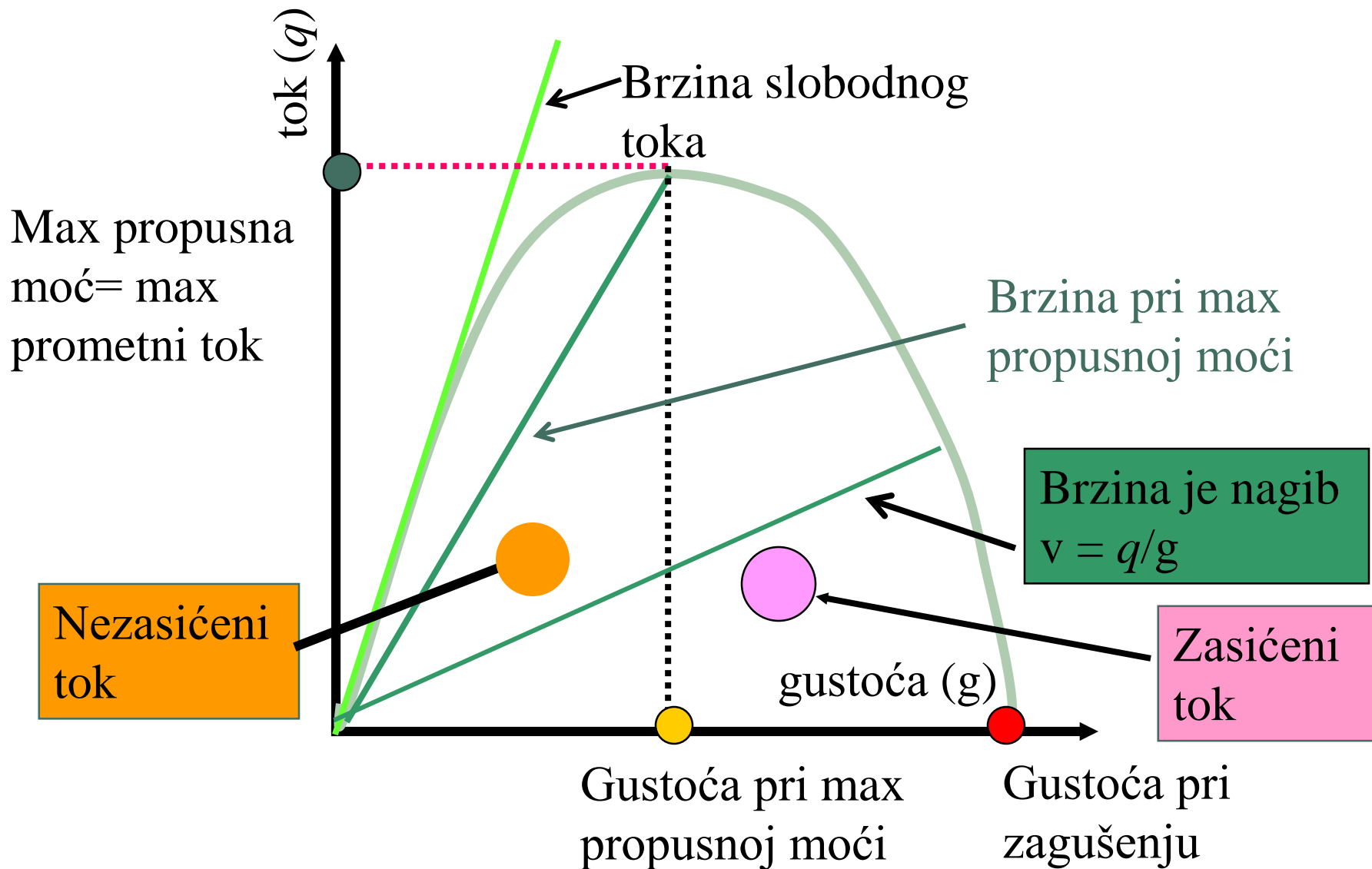
# SADRŽAJ



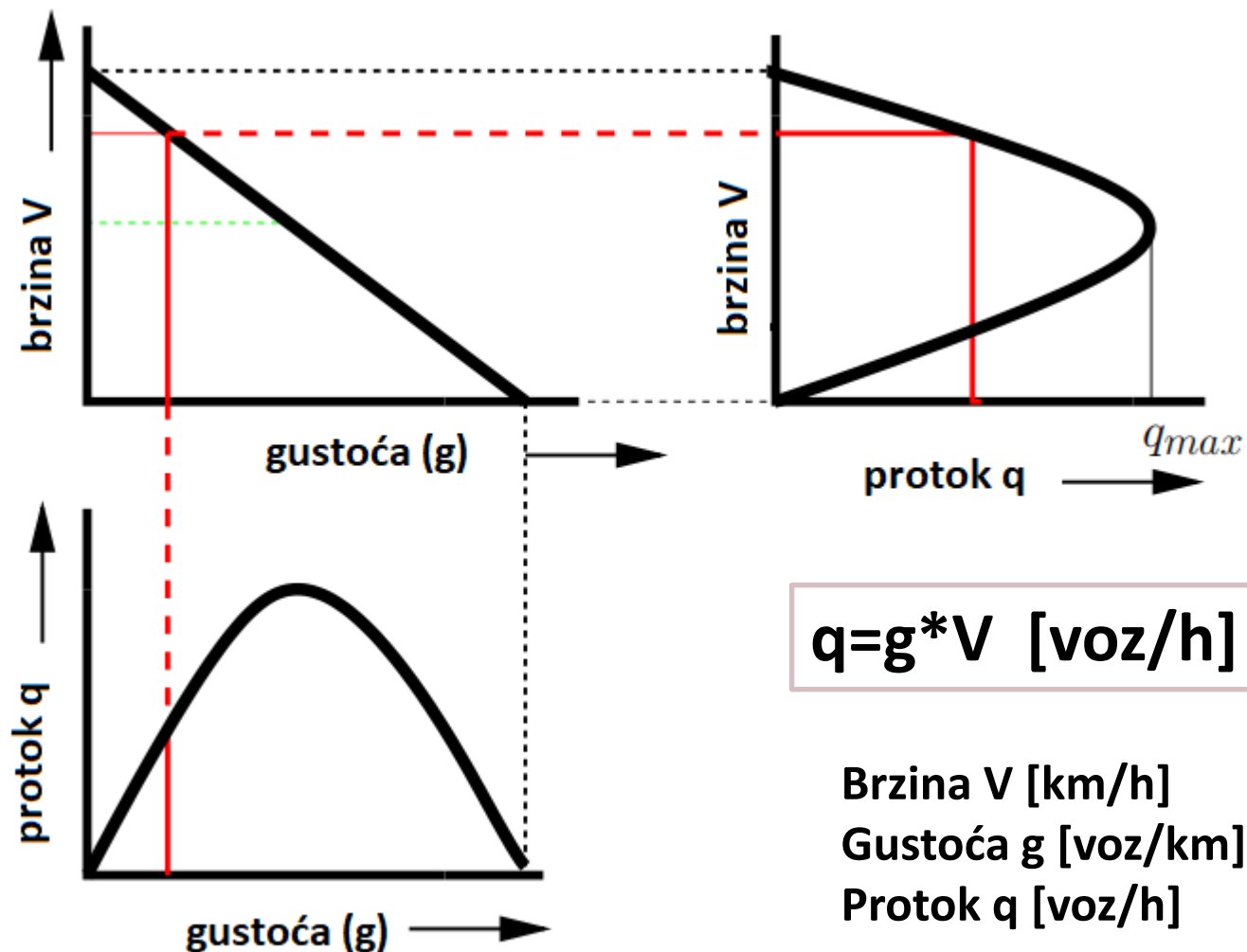
- DIJAGRAM PROMETNI TOK – GUSTOĆA - BRZINA
- PROMETNO OPTEREĆENJE
- MODELIRANJE PROMETNOG TOKA
- PLANERSKI POKAZATELJI PROMETA PGDP, PDP, DP
- MJERODAVNO PROMETNO OPTEREĆENJE
- STRUKTURA PROMETNOG TOKA
- GRAFIČKA INTERPRETACIJA PROMETNOG TOKA
- PROPUSNA MOĆ
- POKAZATELJI UVJETA ODVIJANJA PROMETA
- RAZINA USLUŽNOSTI



# MAKROSKOPSKI TEMELJNI DIJAGRAM PROMETNOG TOKA (ODNOS PROTOK – GUSTOĆA)



# MAKROSKOPSKI TEMELJNI DIJAGRAM PROMETNOG TOKA (ODNOS PROTOK - GUSTOĆA - BRZINA)

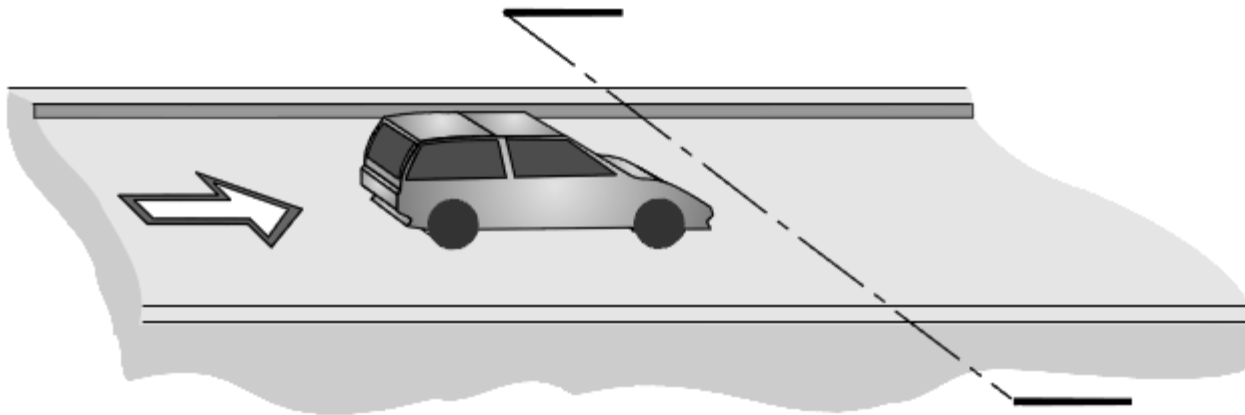


# GRADSKE PROMETNICE

## PROTOK VOZILA NA PRESJEKU

$$q = g \cdot V \text{ (voz/h)}$$

Protok vozila/pješaka na presjeku se definira kao broj vozila (i/ili pješaka) koja u određenom vremenskom intervalu prolaze ili se očekuje da će proći kroz određeni presjek ceste.

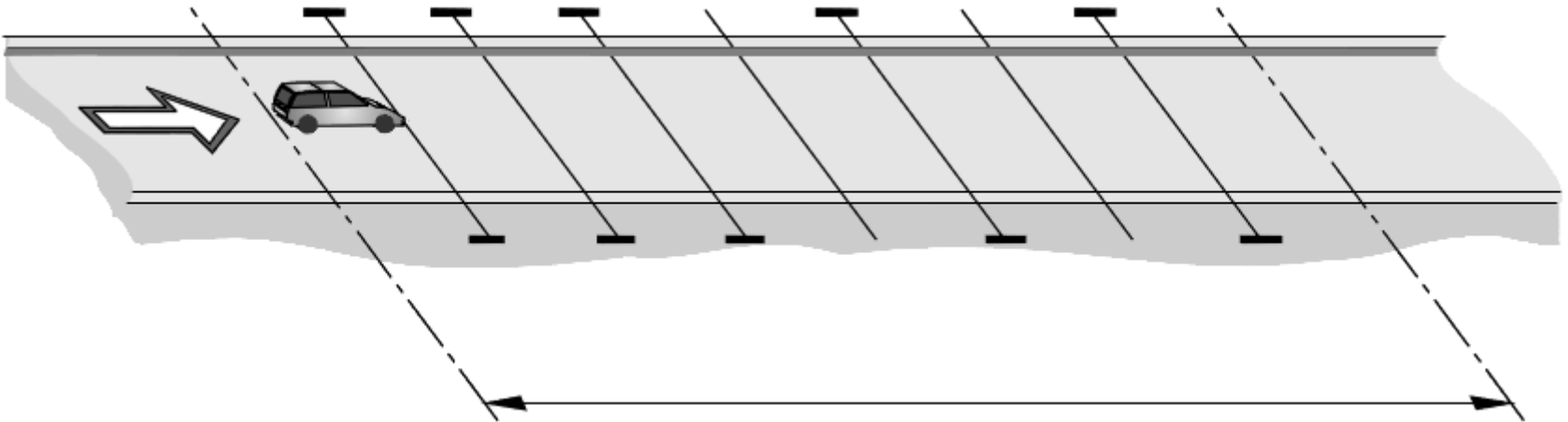


*Protok vozila na presjeku*

# GRADSKE PROMETNICE

## PROTOK VOZILA NA DIONICI

Protok vozila na dionici je protok vozila na dijelu ili dionici ceste predstavlja aritmetičku sredinu protoka na  $n$  - presjeka na dijelu ili prometnoj dionici, gdje  $n \rightarrow \infty$



# GRADSKE PROMETNICE

## PROTOK VOZILA

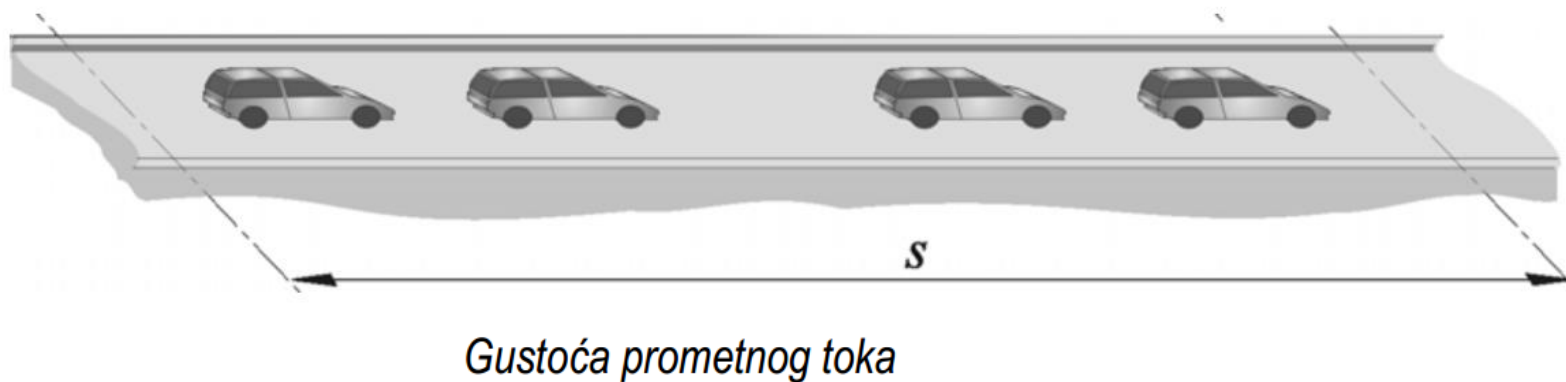
Osnovna jedinica za iskazivanje protoka vozila je broj vozila u jednom satu (voz/h).

Također, se koriste i simboli PGDP (prosječni godišnji dnevni promet, voz/dan), zatim PDP (voz/24h) kao i DP (voz/24h).

U literaturi iz engleskog govornog područja koriste se simboli AADT=PGDP, ADT=PDP i DT=DP

# GRADSKE PROMETNICE

## GUSTOĆA PROMETNOG TOKA



Gustoća prometnog toka je broj vozila na jedinicu duljine prometnice, po prometnom traku, po smjerovima za jednosmjerne prometnice, odnosno u oba smjera za dvosmjerne prometnice.



# GRADSKE PROMETNICE

## SREDNJA PROSTORNA GUSTOĆA PROMETNOG TOKA

Broj vozila po jedinici dužine promatranog odsjeka (dionice) u trenutku promatranja  $g$  (voz/km).

$$g = \frac{N}{s} \left[ \frac{\text{voz}}{\text{km}} \right]$$

$N$  - broj vozila u prometnom toku na promatranom dijelu puta u određenom trenutku,  
 $s$  - duljina dijela u kilometrima.

## SREDNJA VREMENSKA GUSTOĆA PROMETNOG TOKA

Broj vozila po jedinici duljine promatranog dijela (dionice) kao aritmetička sredina više trenutnih promatranja u nekom vremenskom periodu

# GRADSKE PROMETNICE

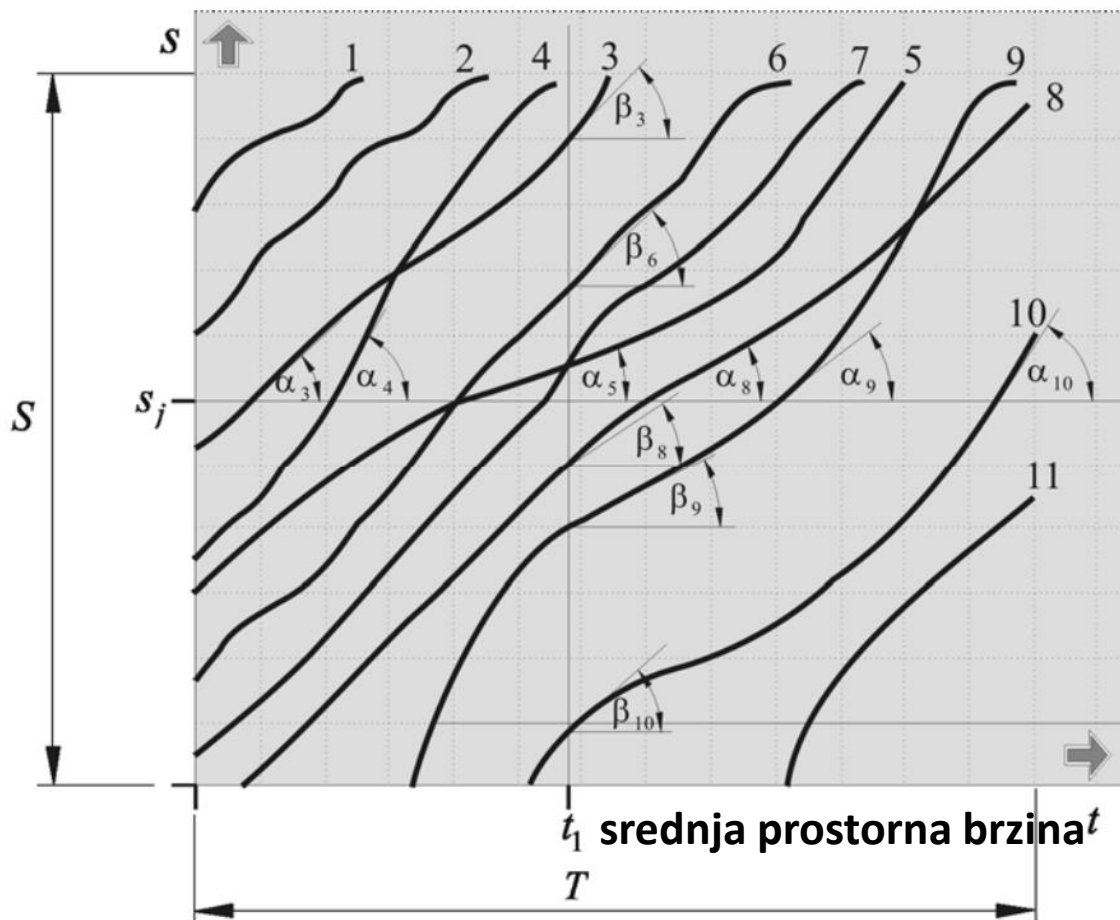
## BRZINA PROMETNOG TOKA

Brzina prometnog toka je srednju vrijednost brzina svih vozila koja sudjeluju u promatranom prometnom toku.

- Ovisno o načinu promatranja protoka u odnosu na prostor i vrijeme, imamo dva pojma za definiranje brzine prometnog toka:
- a) **srednja prostorna brzina toka**, koja je vezana za odsjek puta ( $S$ ), a vremenski za jedan trenutak.
  - b) **srednja vremenska brzina toka**, koja je prostorno vezana za određeni presjek puta, a vremenski za period promatranja ( $T$ )

# GRADSKE PROMETNICE

## BRZINA PROMETNOG TOKA U PROSTORU I VREMENU



$s_j$  - srednja vremenska brzina  
jedan presjek za vrijeme  
promatranja  $T$

$$\bar{v}_t = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \operatorname{tg} \alpha_i$$

$t_1$  srednja prostorna brzina  $t$   
 $T$

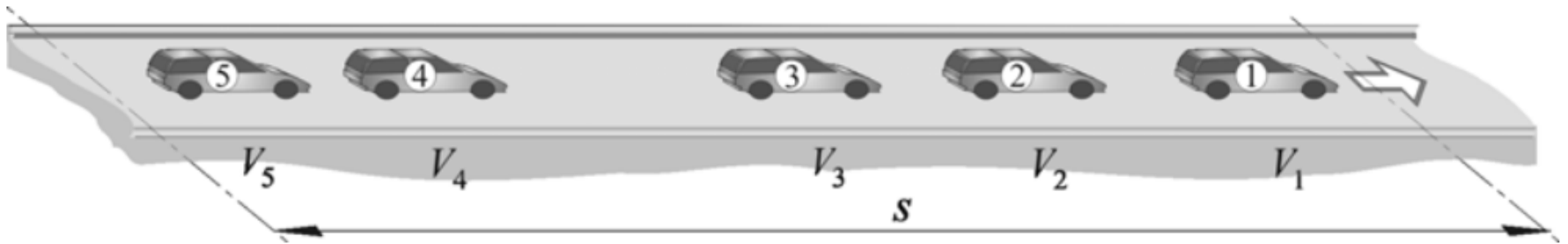
jedan trenutak na dionici ceste  
duljine  $S$

$$\bar{v}_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \operatorname{tg} \beta_i$$

# GRADSKE PROMETNICE

## SREDNJA PROSTORNA BRZINA

Srednja prostorna brzina prometnog toka predstavlja srednju brzinu svih vozila u prometnom toku na promatranom odsjeku puta. Ova brzina se u stručnoj literaturi naziva i *srednja trenutna brzina*.



$$v_s = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{v_i}}$$

# GRADSKE PROMETNICE

## SREDNJA PROSTORNA BRZINA

Ako promatramo jediničnu dužinu ceste – vrijeme potrebno da vozilo prijeđe jediničnu dužinu brzinom  $v_i$  je  $t_i = L/v_i \rightarrow t_i = 1/v_i$ . Ako imamo  $n$  vozila srednje vrijeme bilo bi:

$$t_s = \frac{\sum t_i}{n} = \frac{1}{n} \sum \frac{1}{v_i}$$

Srednja brzina na jediničnoj dužini ceste bila bi  $v_s = 1/t_s$

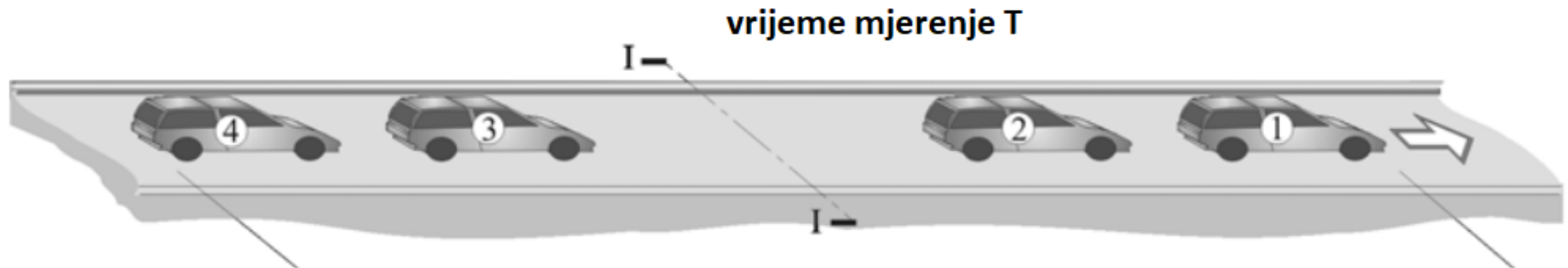
$$v_s = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{v_i}}$$

Srednja prostorna brzina je **harmonijska sredina** pojedinačnih brzina.

# GRADSKE PROMETNICE

## SREDNJA VREMENSKA BRZINA

Srednja vremenska brzina prometnog toka predstavlja **aritmetičku sredinu** brzina svih vozila u prometnom toku koja prolaze kroz promatrani presjek puta, u određenom periodu vremena T.



$$\bar{v}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i$$

# GRADSKE PROMETNICE

## ODNOS IZMEĐU SREDNJE VREMENSKE I SREDNJE PROSTORNE BRZINE

$$v_t = v_s + \frac{\sigma^2}{v_s}$$

$\sigma$  je standardna devijacija pojedinačnih brzina.

Srednja vremenska brzina bit će uvijek veća od srednje prostorne brzine, jer standardna devijacija ne može biti negativna.

Standardnu devijaciju moguće je izračunati:

$$\sigma^2 = \frac{\sum f_i \cdot v_i^2}{\sum \frac{f_i}{v_i}} - v_s^2$$

$f_i$  je frekvencija vozila brzine  $v_i$

## ZADATAK

U jednosatnom opažanju na promatranom presjeku ceste na jednom prometnom traku u realnim prometnim uvjetima izmjerene su pojedinačne brzine vozila i učestalost brzina.

- Izračunati srednju vremensku i srednju prostornu brzinu.
- Srednju vremensku brzinu provjeriti analizom standardne devijacije srednje prostorne brzine.
- Izračunati prosječnu gustoću vozila na 1 km ceste

BRZINE $v_i$ [km/h]	UČESTALOST $f_i$
40	45
45	62
50	70
54	67
60	50



Srednja vremenska i prostorna brzina

$$v_s = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{v_i}} \quad \bar{v}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i$$

$$v_t = v_s + \frac{\sigma^2}{v_s}$$

Kvadrat standardne devijacije srednj. prost.brz.

$$\sigma^2 = \frac{\sum f_i \cdot v_i^2}{\sum \frac{f_i}{v_i}} - v_s^2$$

Fundamentalna makro jednadž. prometnog toka

$$q = g \cdot V \text{ (voz/h)}$$

BRZINE $v_i$	UČESTALOST $f_i$	$f_i \cdot v_i$	$f_i/v_i$
40	45	1800	1,125
45	62	2790	1,3777777778
50	70	3500	1,4
54	67	3618	1,240740741
60	50	3000	0,8333333333
<b>249</b>	<b>294</b>	<b>14708</b>	<b>5,976851852</b>

# GRADSKE PROMETNICE

BRZINE $v_i$	UČESTALOST $f_i$	$f_i * v_i$	$f_i / v_i$
40	45	1800	1,125
45	62	2790	1,3777777778
50	70	3500	1,4
54	67	3618	1,240740741
60	50	3000	0,8333333333
249	294 = $q$ (voz/h)	14708	5,976851852

## RJEŠENJA

SREDNJA VREMENSKA BRZINA	$\Sigma f_i * v_i / \Sigma f_i = 50,03$
SREDNJA PROSTORNA BRZINA	$\Sigma f_i / \Sigma (f_i / v_i) = 49,19$
PROVJERA	
KVADRAT STANDARDNE DEVIJACIJE VS	$\Sigma f_i * v_i / \Sigma (f_i / v_i) - (v_s)^2 = 41,19$
SREDNJA VREMENSKA BRZINA	$v_s + \sigma^2 / v_s = 50,03$
GUSTOĆA	$g = q / v$
	$\Sigma f_i / v_s = 5,9768519$

# GRADSKE PROMETNICE

## VREMENSKA PRAZNINA U KOLONI VOZILA INTERVAL SLIJEĐENJA VOZILA

Interval slijeđenja vozila u prometnom toku predstavlja **vrijeme između prolaska dva uzastopna vozila** kroz zamišljeni presjek promatranog odsjeka puta (čeonni prolazak vozila).

Osnovna jedinica za iskazivanje intervala slijeđenja vozila je sekunda.

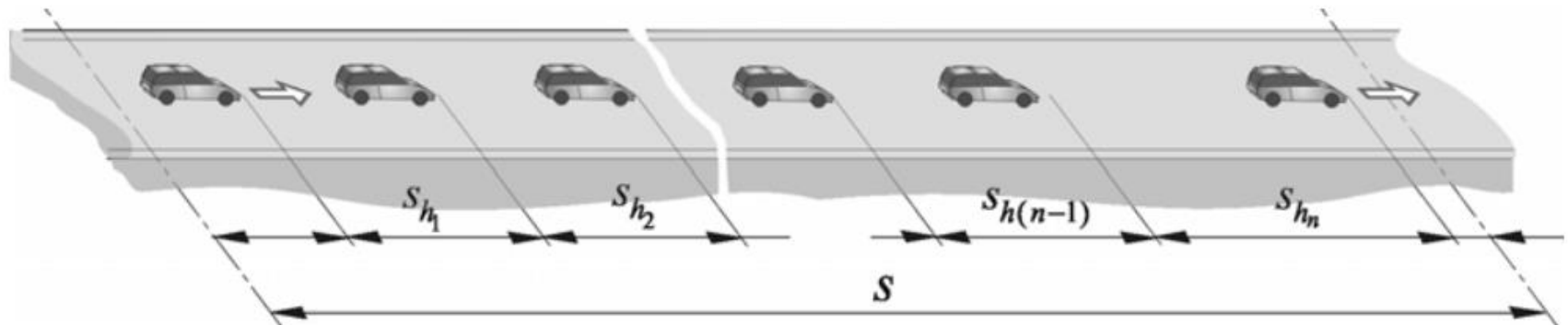
Interval slijeđenja vozila služi u inženjerskoj praksi kao osnovni indikator kvalitete odvijanja prometa na određenoj lokaciji.

# GRADSKE PROMETNICE

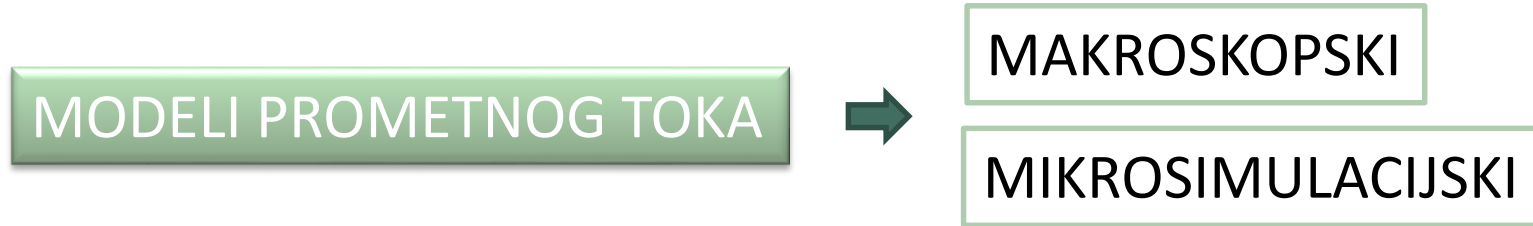
## PROSTORNA PRAZNINA U KOLONI VOZILA RAZMAK U SLIJEĐENJU VOZILA

Razmak slijeđenja vozila predstavlja prostorni razmak između dva uzastopna vozila u prometnom toku i najčešće se označava sa  $S_h$ , a izražava u metrima.

Sa stajališta realnih prometnih tokova na odsjeku puta razmak u slijeđenja predstavlja srednju vrijednost svih razmaka slijeđenja između uzastopnih vozila u određenom toku na promatranom odsjeku ili dionici puta.



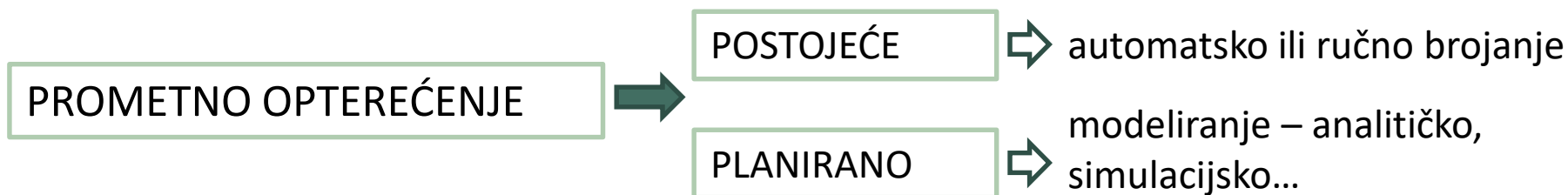
# MODELI PROMETA



***Makroskopski modeli*** opisuju ponašanje prometnog toka koristeći prosječne vrijednosti brzine, gustoće i intenziteta toka promatrajući ga kao kontinuiranu cjelinu (prema zakonima kontinuuma, kao fluid).

***Mikrosimulacijski modeli*** polaze od promatranja zakonitosti kretanja pojedinih elemenata toka tj. pojedinih vozila i njihove interakcije. Inkorporiraju modeliranje ponašanja vozača i u pravilu su stohastički.

# GRADSKE PROMETNICE



**Prosječan godišnji dnevni promet (PGDP)** predstavlja srednju vrijednost dnevnog prometnog opterećenja (24 - satno opterećenje) svih 365 dana godišnje.

$$\text{PGDP} = \Sigma \text{ svih vozila godišnje } / 365 \quad (\text{voz/dan})$$

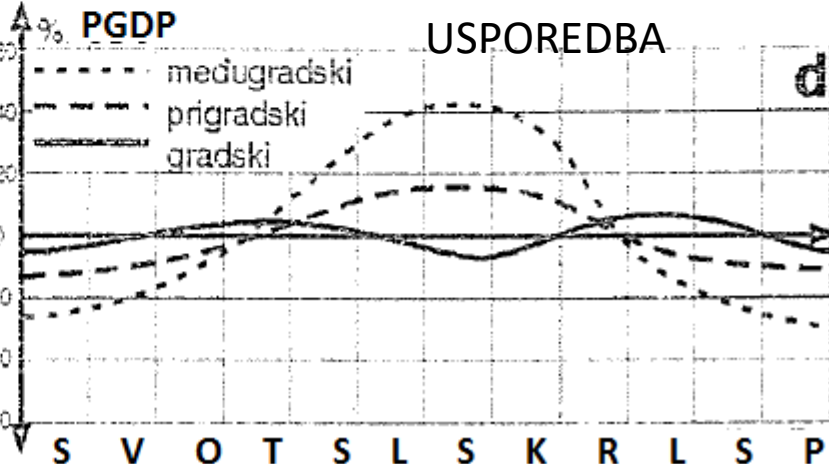
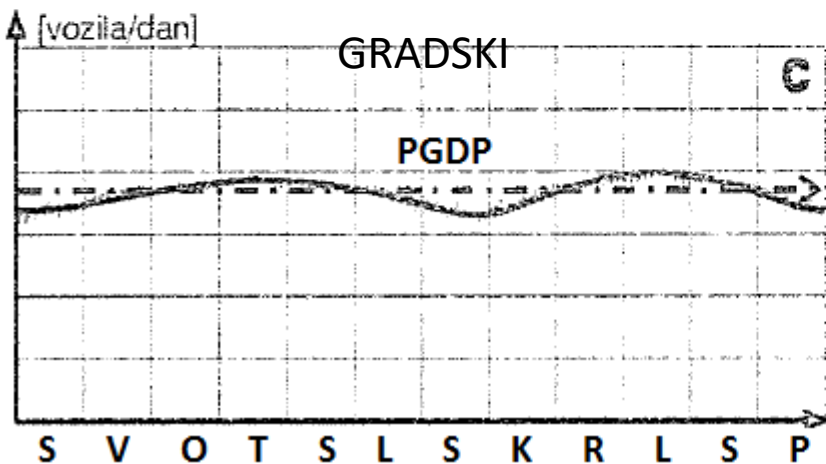
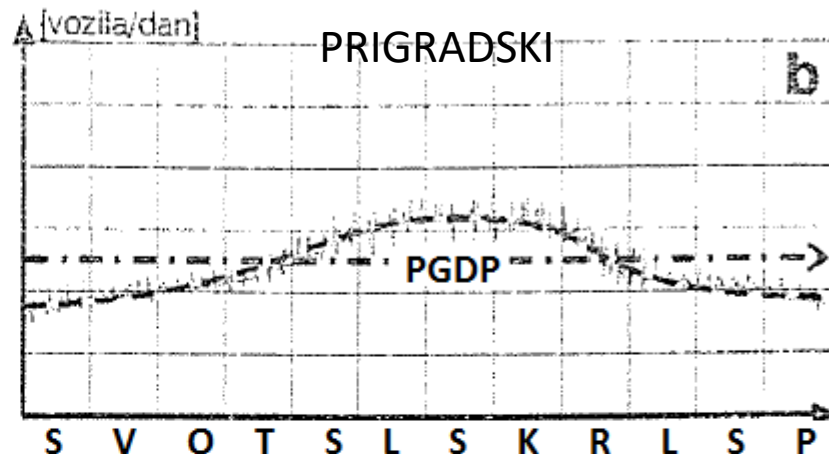
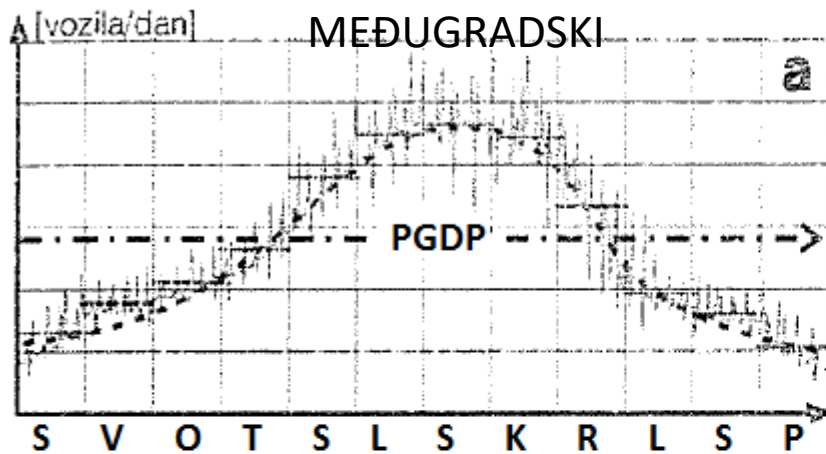
PGDP je makropokazatelj koji služi za polazne analize u postupku dimenzioniranja.

PDP – prosječan dnevni promet (voz/24h)

DP – dnevni promet (voz/24h)

# GRADSKE PROMETNICE

PGDP – GODIŠNJA NERAVNOMJERNOST PROMETA



# GRADSKE PROMETNICE

## NERAVNOMJERNOST OPTEREĆENJA PO SMJEROVIMA

### KOEFICIJENT NERAVNOMJERNOSTI

$$k_s = \frac{\text{broj vozila dnevno za opterećeniji smjer (voz/dan)}}{\text{ukupan broj vozila dnevno za oba smjera (voz/dan)}}$$

Za ujednačeno opterećenje po smjerovima koeficijent neravnornosti  $k_s = 0,5$ .

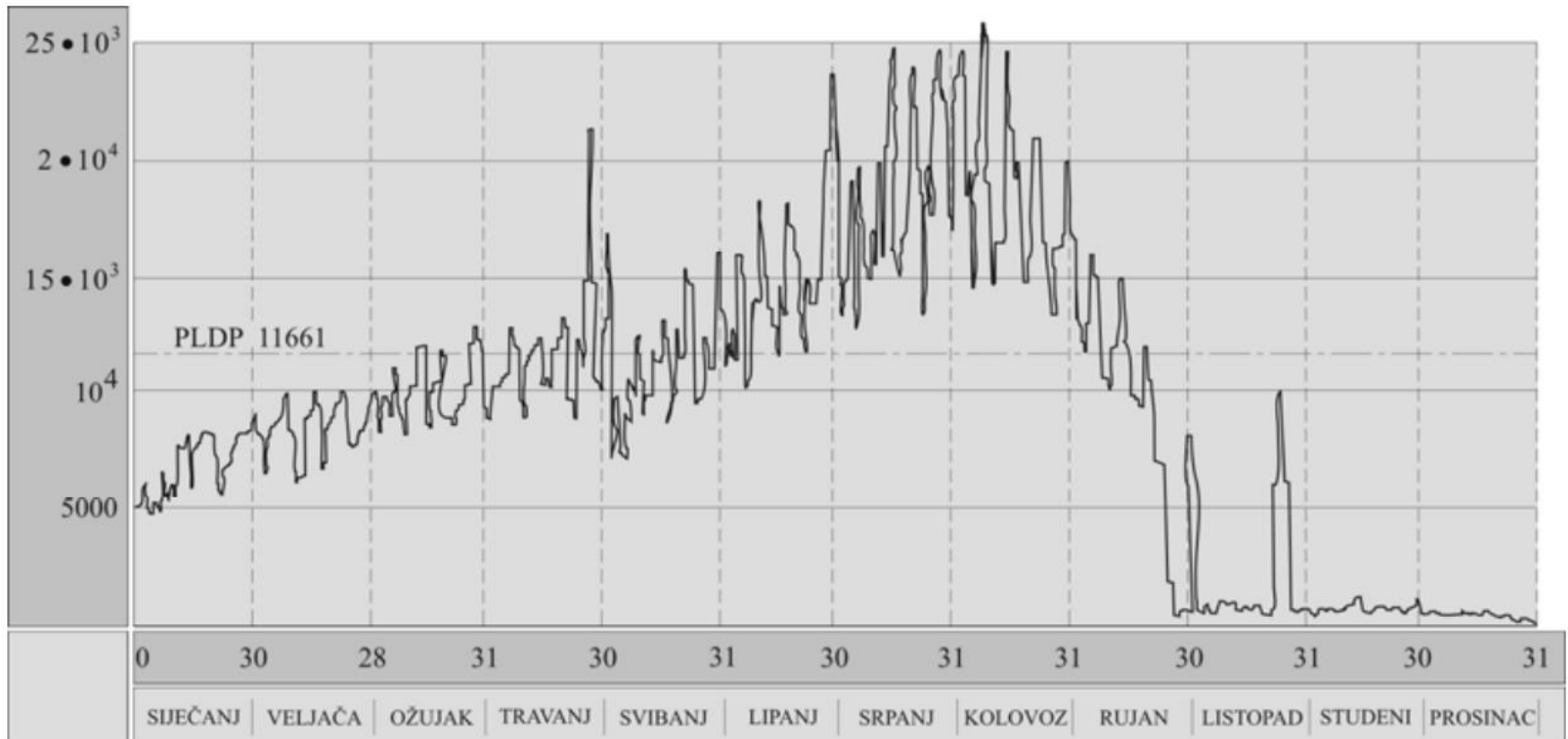
U urbanim uvjetima on se najčešće kreće u granicama 0,5 do 0,60



# MJERODAVNO PROMETNO OPTEREĆENJE

## PROGRAMSKI I PROJEKTNI UVJETI – MJERODAVNO OPTEREĆENJE

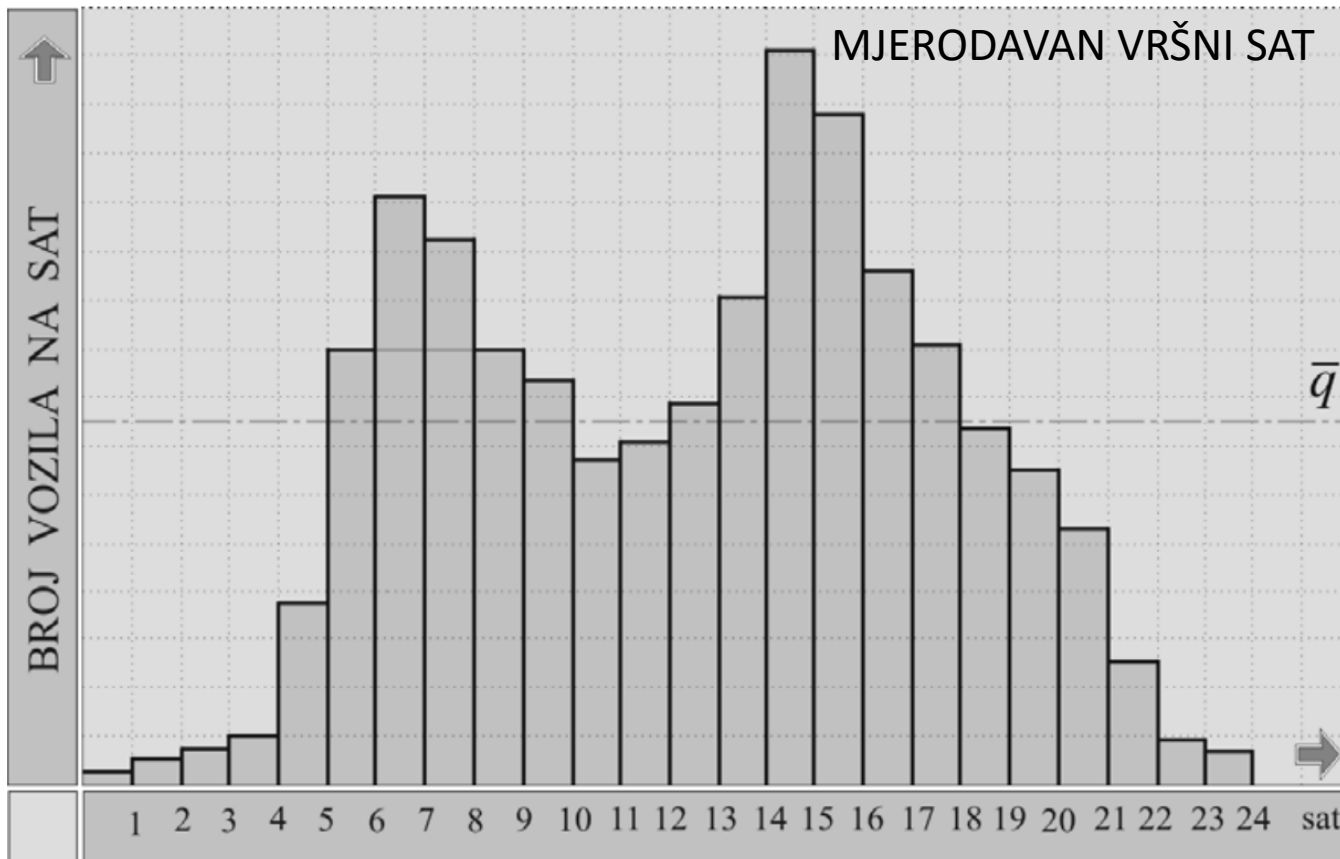
Dnevna neravnomjernost protoka vozila u periodu godine



# MJERODAVNO PROMETNO OPTEREĆENJE

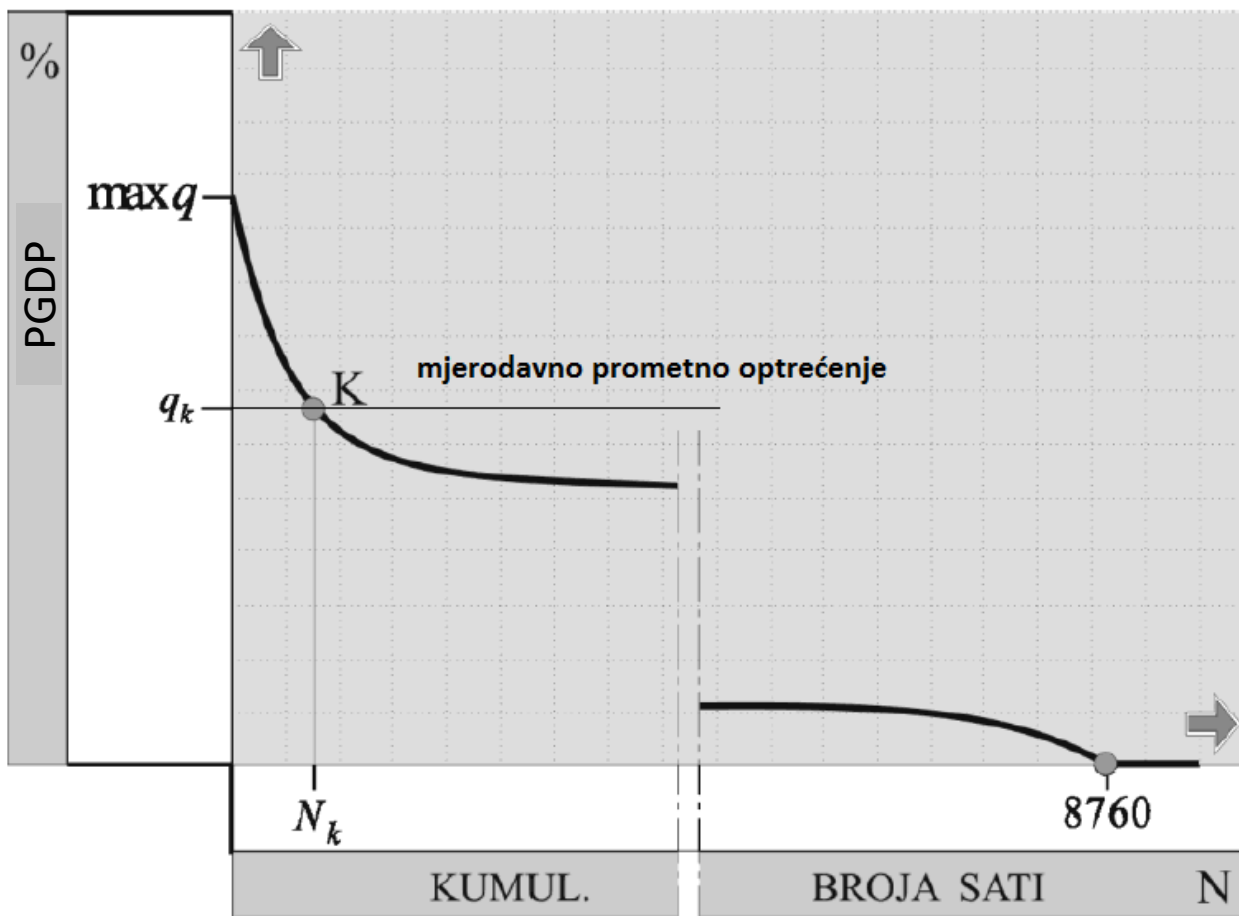
## PROGRAMSKI I PROJEKTNI UVJETI – MJERODAVNO OPTEREĆENJE

Satna neravnomjernost protoka vozila u periodu jednog dana



# MJERODAVNO PROMETNO OPTEREĆENJE

## PROGRAMSKI I PROJEKTNI UVJETI – MJERODAVNO OPTEREĆENJE



# GRADSKE PROMETNICE

## MJERODAVNO PROMETNO OPTEREĆENJE $q_m$

Služi za dimenzioniranje cestovnih elemenata i za usporedbu varijantnih rješenja.

Mjerodavno prometno opterećenje ima ekonomske implikacije

$q_m = q_{30}$  za gradske prometnice višeg ranga, a  $q_{60}$  za ostale (voz/h)

# GRADSKE PROMETNICE

Faktor n-tog sata FNS

$$\text{FNS} = \frac{q_m \times 100}{\text{PGDP}} \% = 6,5 - 8 (12) \%$$

Dvosmjerni promet na jednom kolniku

$$Q_m = \text{PGDP} \times \text{FNS}/100 \text{ (voz/h/oba smjera)}$$

Razdvojeni kolnici prema smjeru

$$Q_m = \text{PGDP} \times k_s \times \text{FNS}/100 \text{ (voz/h/smjer)}$$



# THINK About It.

Promet se sastoji od određenih tipova vozila – osobnih automobila, autobusa, kamiona različitih dimenzija i nosivosti, bicikala, motocikala i dr.

1. Da li isti utjecaj na prometnu infrastrukturu, funkcionalne prometne pokazatelje i sigurnost prometa imaju različiti tipovi vozila?
2. Da li je promet na dvije različite lokacije ili u različito vrijeme na istoj lokaciji usporediv?

# GRADSKE PROMETNICE

## STRUKTURA PROMETNOG TOKA

Prometni tok nije homogen i u njegovoj strukturi sudjeluju:

- osobna vozila (OV),
- laka teretna vozila (LTV),
- teretna vozila (TV),
- teška teretna vozila (TTV),
- autobusi (BUS),
- tramvaji (TRM),
- motocikli (MOT),
- bicikli (BIC).

Pješački tokovi najčešće se (PJŠ) promatraju se odvojeno, ako je njihovo vođenje u poprečnom profilu odvojeno od prometnih tokova vozila.

# GRADSKE PROMETNICE

## STRUKTURA PROMETNOG TOKA

Da bi prometno opterećenje bilo usporedivo nehomogeni tok pretvara se u uvjetno homogeni tok uvođenjem ekvivalentnih jedinica osobnog automobila (EJA):

za bicikle i motocikle ( $EJA < 1$ )

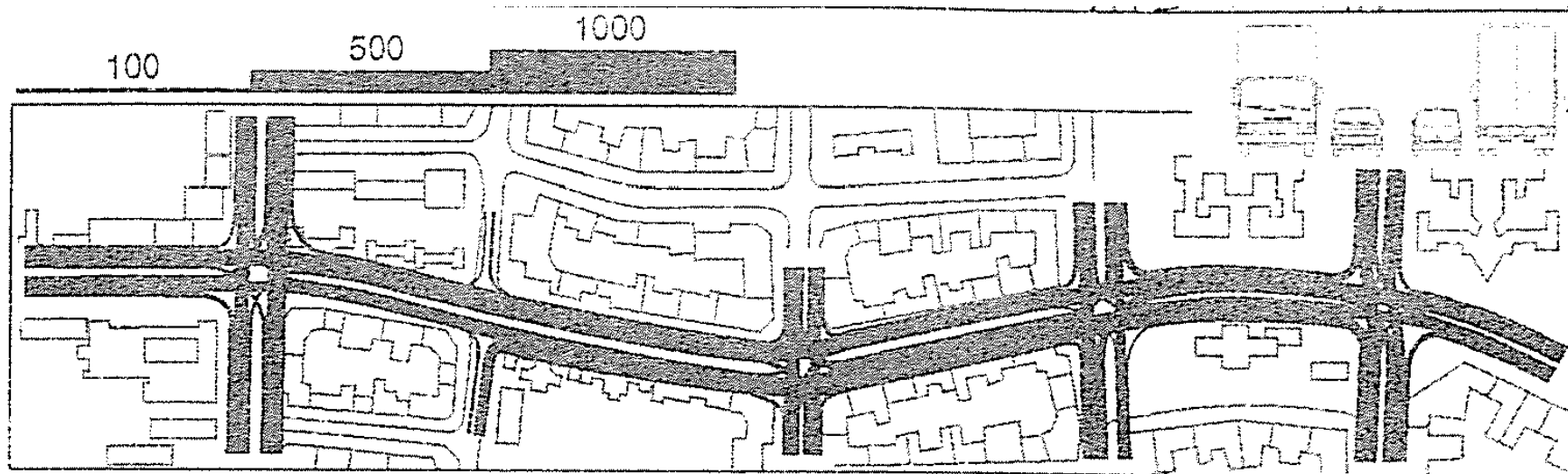
za putničke automobile ( $EJA = 1$ )

za sva ostala vozila ( $EJA > 1$ ).



# GRADSKE PROMETNICE

GRAFIČKA INTERPRETACIJA PROMETNOG OPTEREĆENJA



PROMETNA SLIKA OPTREĆENJA PRIMARNE GRADSKE MREŽE

# GRADSKE PROMETNICE

## PROGRAMSKI I PROJEKTI UVJETI – PROMETNA SLIKA OPTEREĆENJA

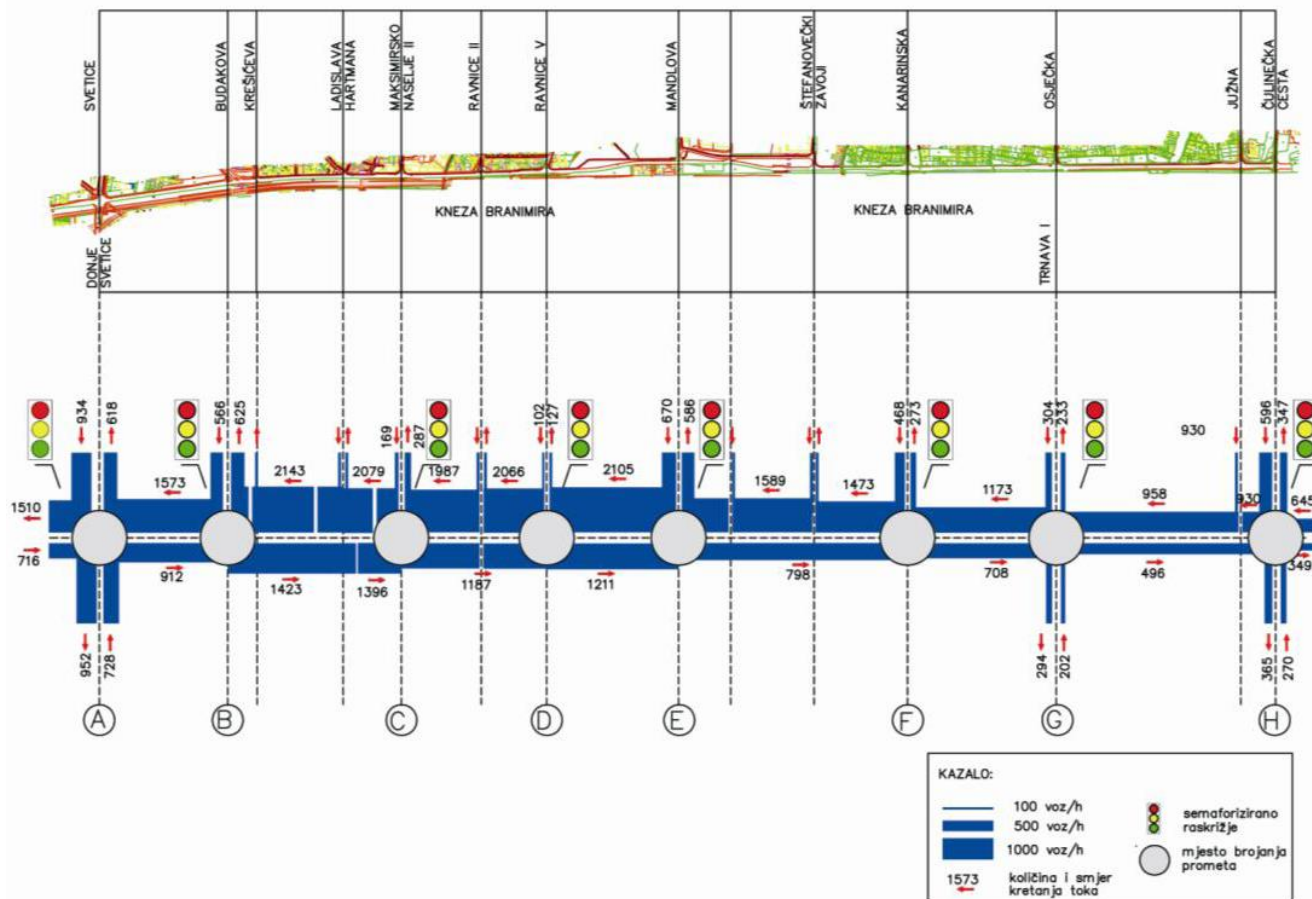
Grafička interpretacija prometnog opterećenja u zoni obuhvata



# GRADSKE PROMETNICE

## PROGRAMSKI I PROJEKTI UVJETI – PROMETNA SLIKA OPTEREĆENJA

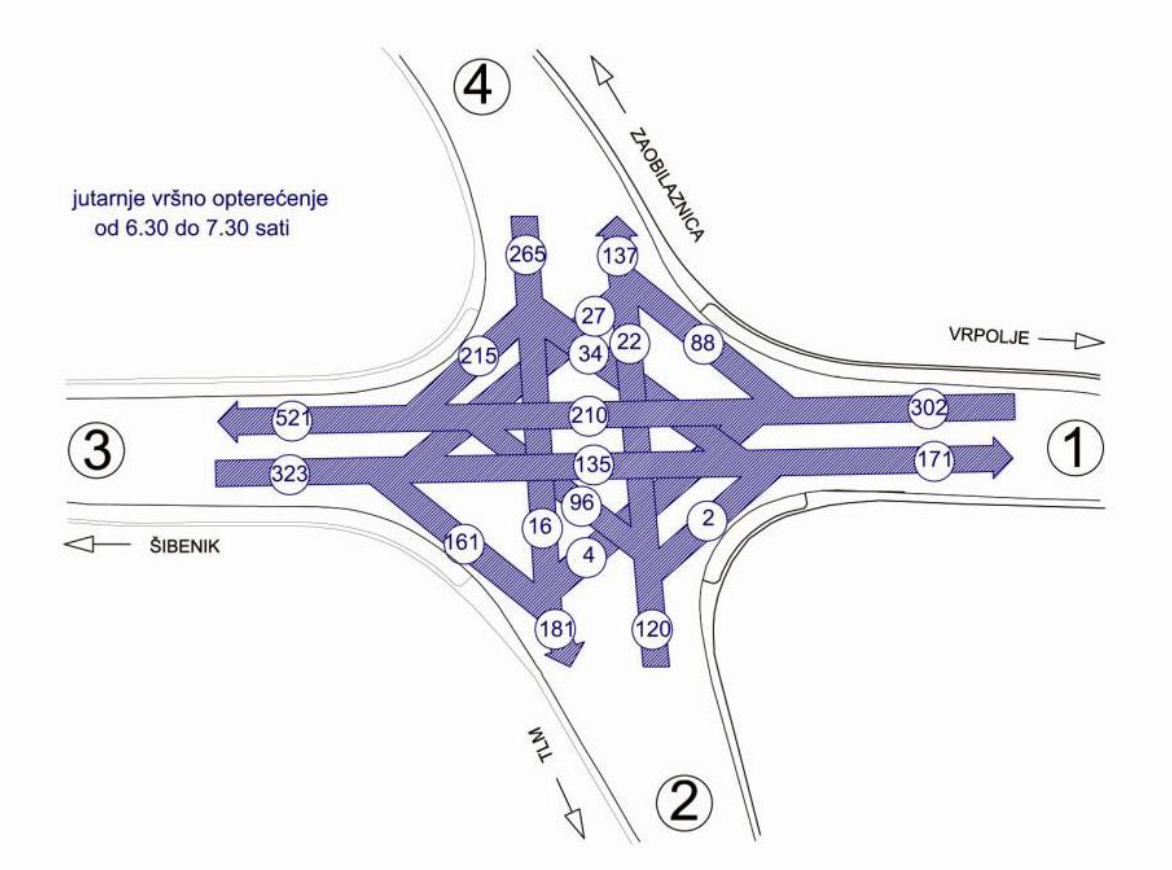
Grafička interpretacija prometnog opterećenja dionice



# GRADSKE PROMETNICE

## PROGRAMSKI I PROJEKTNI UVJETI – PROMETNA RAZDIoba

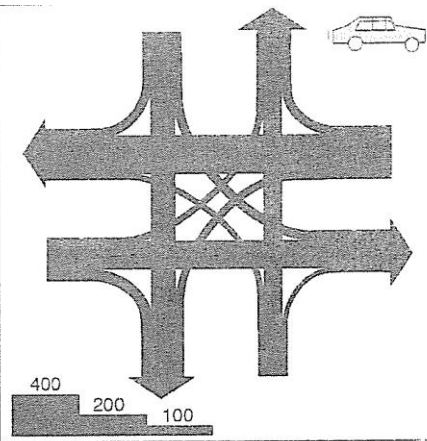
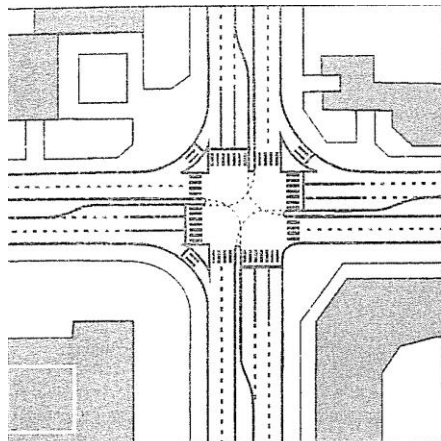
Grafička interpretacija prometnog opterećenja i prometne razdiobe raskrižja



# GRADSKE PROMETNICE

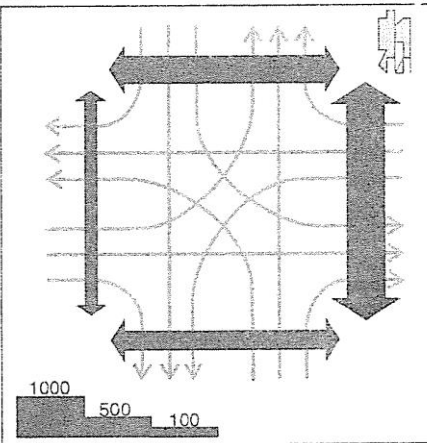
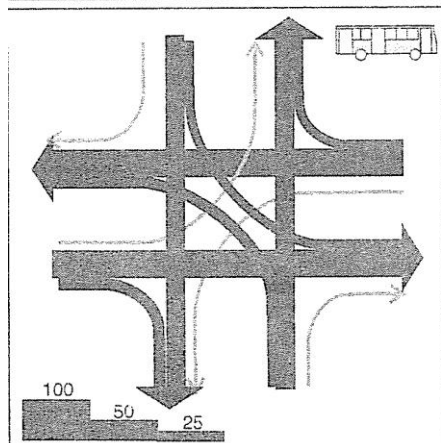
Grafička interpretacija prometnog opterećenja raskrižja za različite sudionike u prometu

PROMATRANO  
RASKRIŽJE



PROMETNA  
RASPODJELA ZA  
OSOBNA VOZILA

PROMETNA  
RASPODJELA ZA  
AUTOBUSE



PROMETNA  
RASPODJELA ZA  
PJEŠAČKE TOKOVE

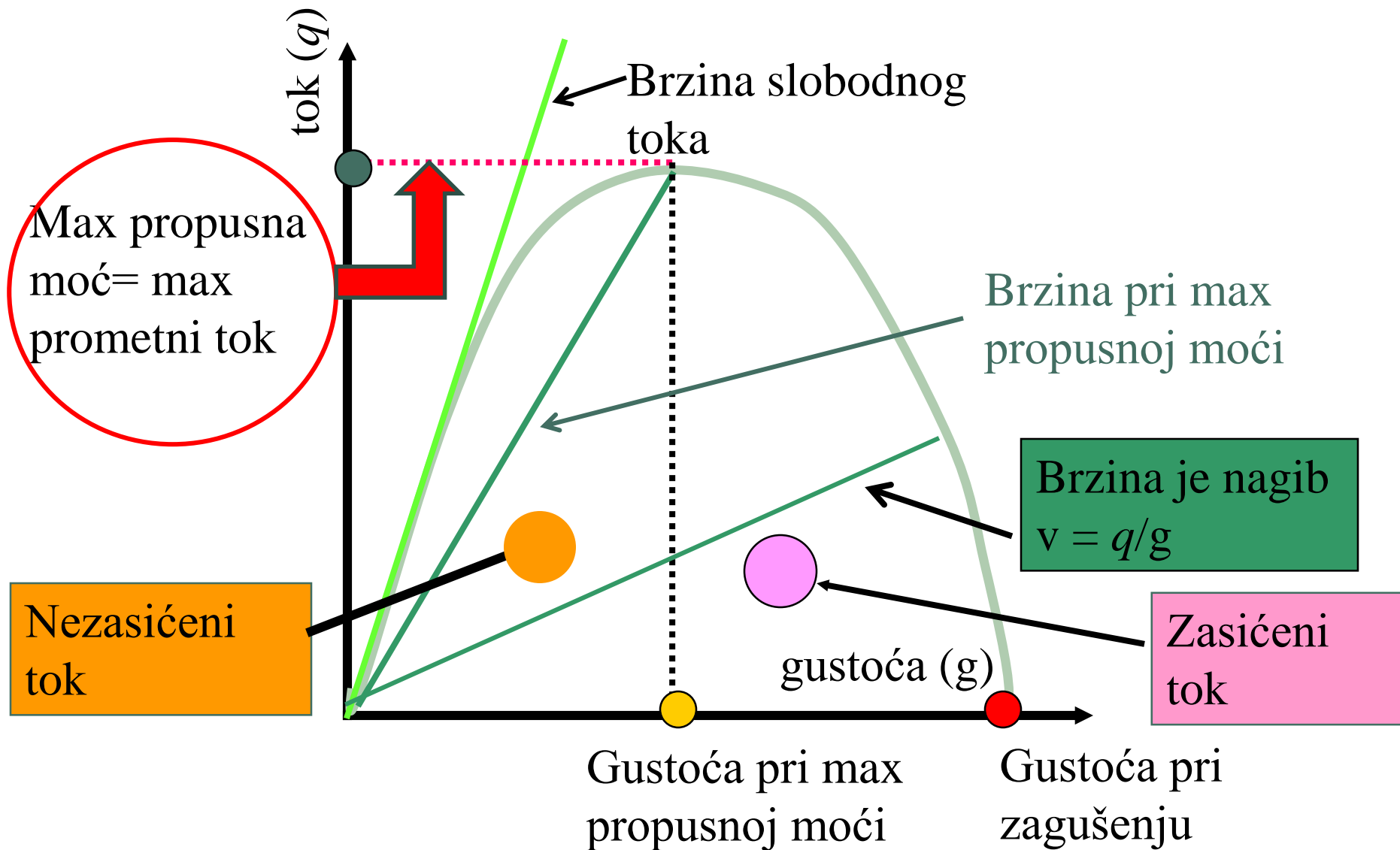
# GRADSKE PROMETNICE

PROPUSNA MOĆ (KAPACITET)  $q_{max}$

maksimalan broj vozila koji može proći kroz promatrani presjek ceste ili traka u jedinici vremena pri prevladavajućim uvjetima prometa i prometnice.



# MAKROSKOPSKI TEMELJNI DIJAGRAM PROMETNOG TOKA (ODNOS TOK – GUSTOĆA)



# GRADSKE PROMETNICE

## POKAZATELJI UVJETA ODVIJANJA PROMETA

**REZERVA PROPUSNE MOĆI (R)** je razlika između propusne moći i stvarnog opterećenja

$$R = q_{\max} - q_{\text{stv}} \text{ (EJA)}$$

**STUPANJ ZASIĆENJA (A)** definiran je odnosom stvarnog opterećenja i propusne moći i izražava se u postotcima.

$$A = q_{\text{stv}} / q_{\max} / (\%)$$



# GRADSKE PROMETNICE

## RAZINA USLUŽNOSTI

Razina uslužnosti je mjera kvalitete odvijanja prometnog toka. Za sva stanja prometnog toka koji se javljaju u realnim uvjetima usvojena je podjela na 6 razina uslužnosti od A do F.

Razina uslužnosti opisuje uvjete kretanja vozila, kroz parametre:

- brzine,
- gustoće prometnog toka,
- vremenskih gubitaka,
- ponuđenog komfora,
- razine sigurnosti,
- troškova putovanja itd.

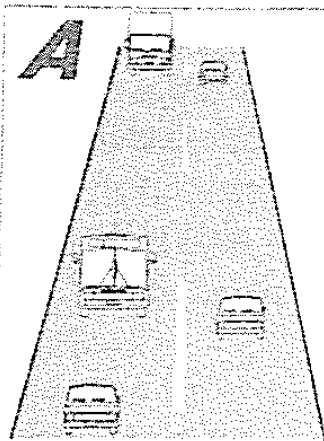
# GRADSKE PROMETNICE

## RAZINA USLUŽNOSTI

Razina uslužnosti A opisuje najbolje uvjete odvijanja prometa prema navedenim parametrima, razina uslužnosti E opisuje uvjete odvijanja prometa pri dostignutoj propusnoj moći dionice, a razina uslužnosti F vladaju u uvjetima zagušenja prometa.

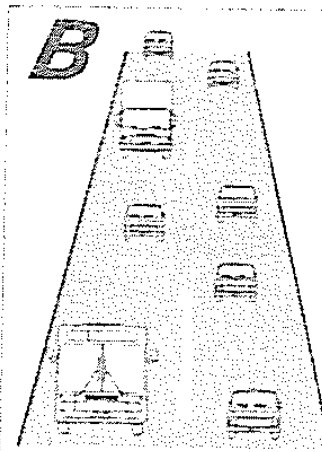
# GRADSKE PROMETNICE

## RAZINA USLUŽNOSTI



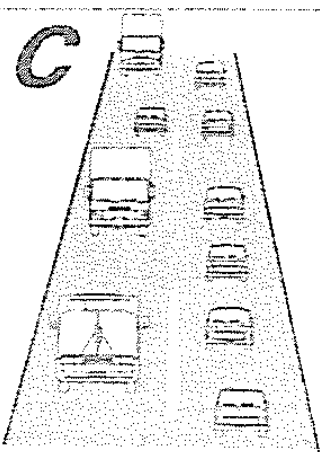
### RAZINA USLUŽNOSTI A

slobodan tok  
male gustoće  
visoke brzine  
puna sloboda manevara  
visoka razina komfora



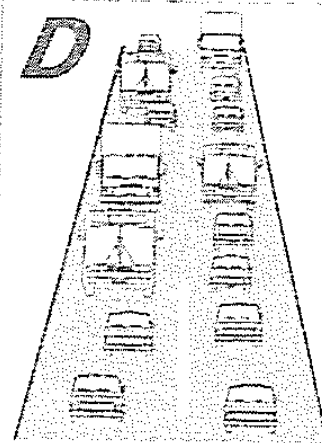
### RAZINA USLUŽNOSTI B

slobodan tok  
manje gustoće  
visoke brzine  
sloboda manevara  
dobra razina komfora



### RAZINA USLUŽNOSTI C

stabilan tok  
srednje gustoće  
ograničene brzine  
ograničen manevar  
srednja razina komfora

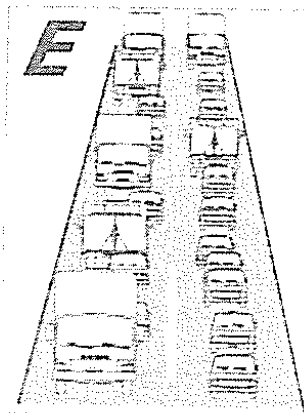


### RAZINA USLUŽNOSTI D

uvjetno stabilan tok  
veće gustoće  
smanjene brzine  
otežano manevriranje  
granična razina komfora

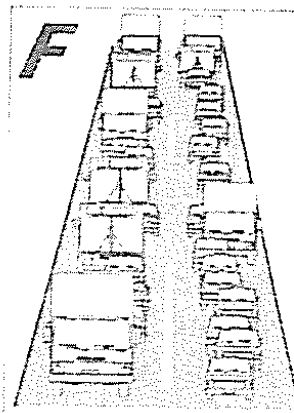
# GRADSKE PROMETNICE

## RAZINA USLUŽNOSTI



### RAZINA USLUŽNOSTI E

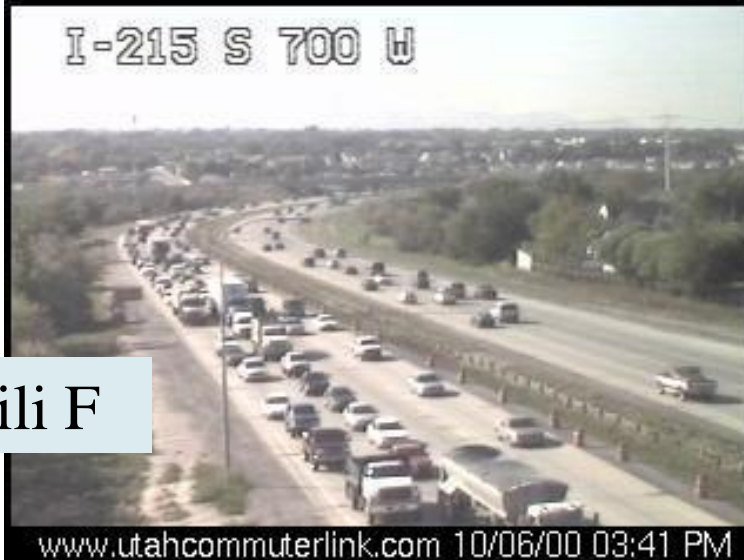
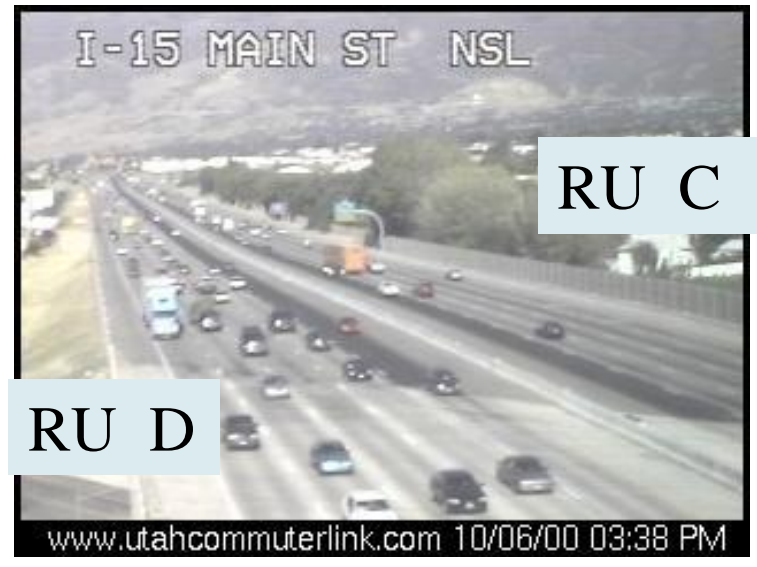
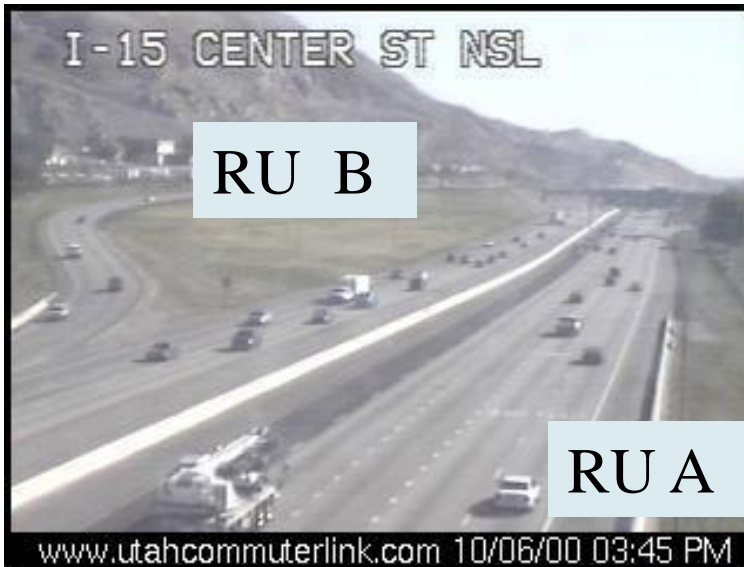
nestabilan tok s vožnjom u nizu  
gustoća blizu zagušenja  
protok jednak propusnoj moći  
brzine bitno smanjene  
onemogućeno manevriranje  
mogući povremeni zastoji



### RAZINA USLUŽNOSTI F

zagušenje  
prisilni tok  
brzina varira oko 0  
onemogućeno manevriranje  
protok se kreće od 0 do manje od propusne moći  
duži zastoji

# GRADSKE PROMETNICE



Razina usluge	Gustoća (pc/mi/ln)
A	0 - 11.0
B	11.1 - 18.0
C	18.1 - 26.0
D	26.1 - 35.0
E	35.1 - 45.0
F	> 45.0

# GRADSKE PROMETNICE

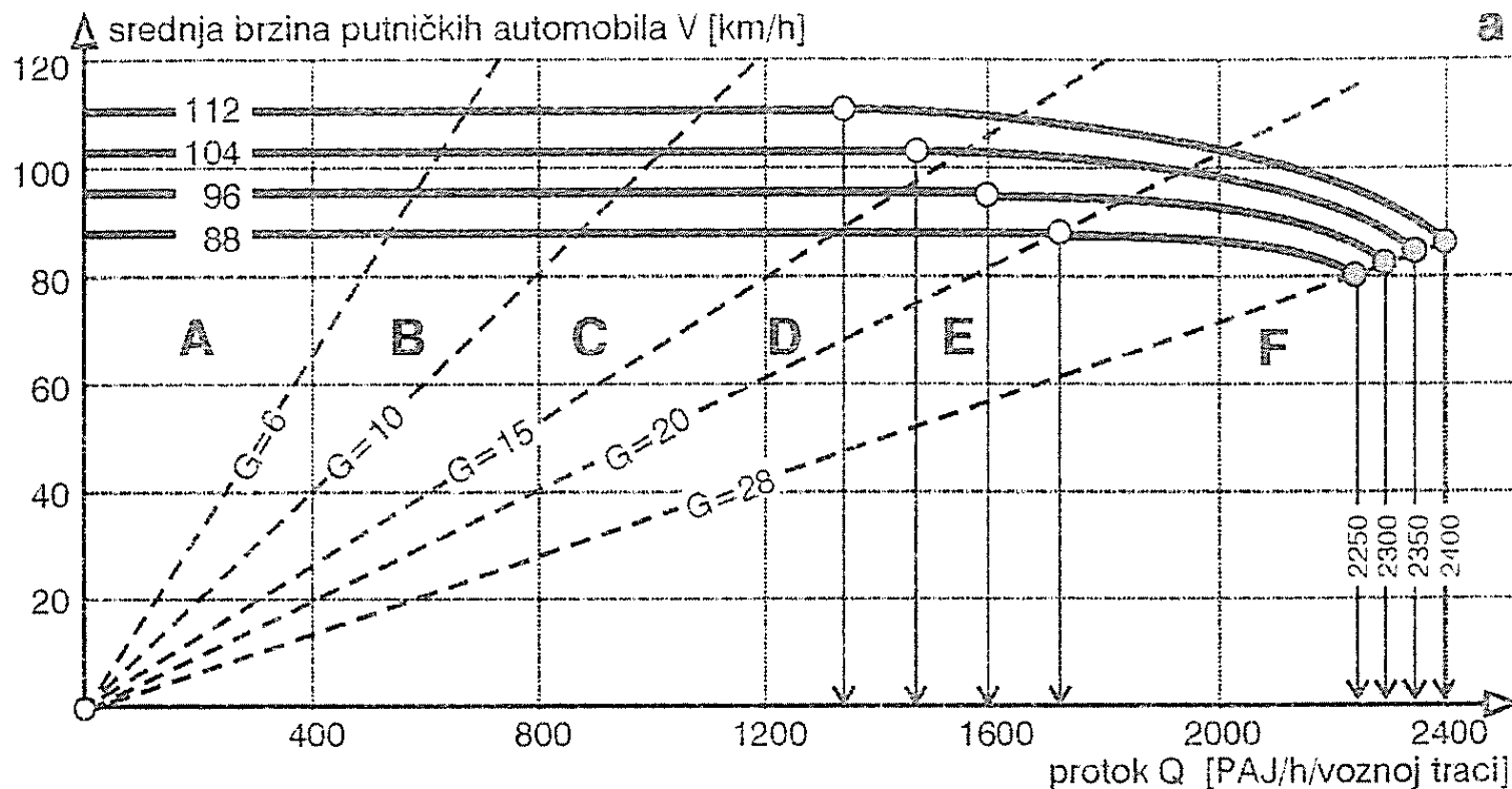
## RAZINA USLUŽNOSTI ZA GRADSKE PROMETNICE

KONTINUIRANI TOK – ne postoji vanjski uzrok zaustavljanja vozila, osim prometnih uvjeta na cesti. U gradskim uvjetima to su ceste visoke učinkovitosti – gradske autoceste ili brze gradske ceste.

GRADSKE PROMETNICE SA PREKINUTIM TOKOVIMA to su ceste na kojima je prometni tok zaustavljan prometnom regulacijom, npr. semaforском signalizacijom. Većina gradskih prometnica ulazi u ovu kategoriju.

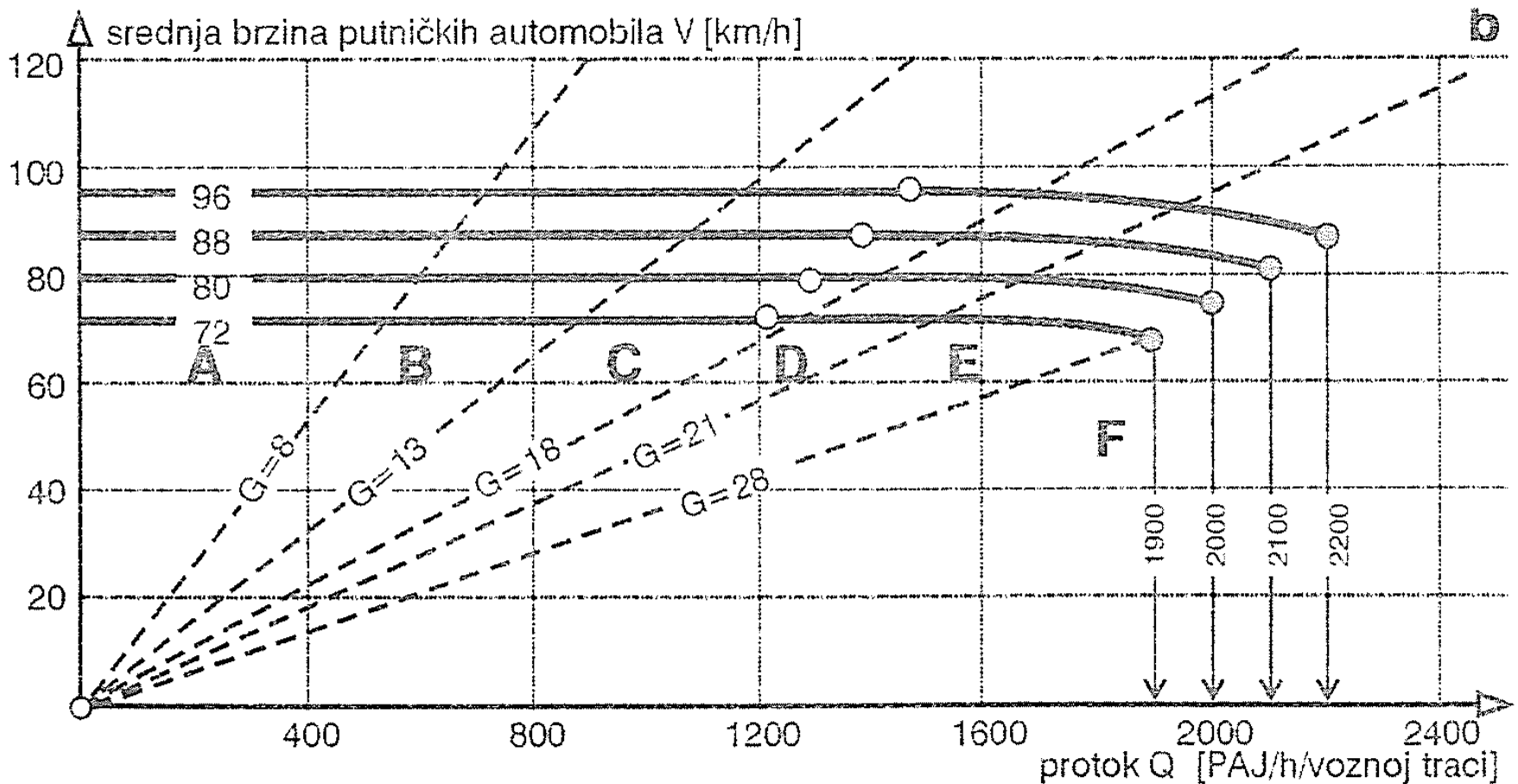
# GRADSKE PROMETNICE

RAZINA USLUŽNOSTI ZA GRADSKE PROMETNICE SA  
NEPREKINUTIM TOKOM – GRADSKA AUTOCESTA



# GRADSKE PROMETNICE

RAZINA USLUŽNOSTI ZA GRADSKE PROMETNICE SA NEPREKINUTIM TOKOM – BRZA GRADSKA CESTA





# GRADSKE PROMETNICE

## RAZINA USLUŽNOSTI ZA GRADSKE PROMETNICE SA PREKINUTIM TOKOM

- definirati prostorni položaj i rang prometnice, funkcionalnu klasifikaciju
- definirati oblikovne elemente prometnice, poprečni presjek
- izvršiti podjelu na dionice – odsječke između raskrižja sa sličnim prometno-tehničkim karakteristikama
- odrediti vrijeme vožnje između raskrižja i srednju brzinu u slobodnom toku
- izračunati vremenske gubitke u raskrižju
- izrada profila brzina po odsječcima i izračun srednje brzine na dionici
- određivanje propusne moći i razine uslužnosti

# GRADSKE PROMETNICE

RAZINA USLUŽNOSTI ZA GRADSKE PROMETNICE SA PREKINUTIM TOKOM

RAZINA USLUŽNOSTI	Gradska avenija Vsr (km/h)	Gradska ulica Vsr (km/h)	Ulica Vsr (km/h)
<b>A</b>	$\geq 56$ [km/h]	$\geq 48$ [km/h]	$\geq 40$ [km/h]
<b>B</b>	$\geq 45$	$\geq 38$	$\geq 30$
<b>C</b>	$\geq 35$	$\geq 29$	$\geq 21$
<b>D</b>	$\geq 27$	$\geq 23$	$\geq 15$
<b>E</b>	$\geq 21$	$\geq 16$	$\geq 12$
<b>F</b>	$\leq 20$	$\leq 15$	$\leq 11$

# GRADSKÉ PROMETNICE



HVALA NA PAŽNJI