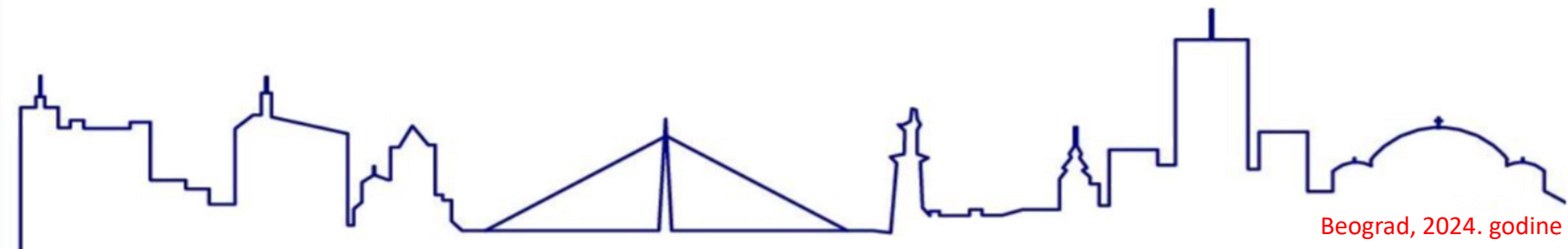


UNIVERZITET U BEOGRADU – SAOBRAĆAJNI FAKULTET

KATEDRA ZA DRUMSKI I GRADSKI TRANSPORT PUTNIKA

Osnovne studije:

Linija sistema javnog masovnog transporta putnika

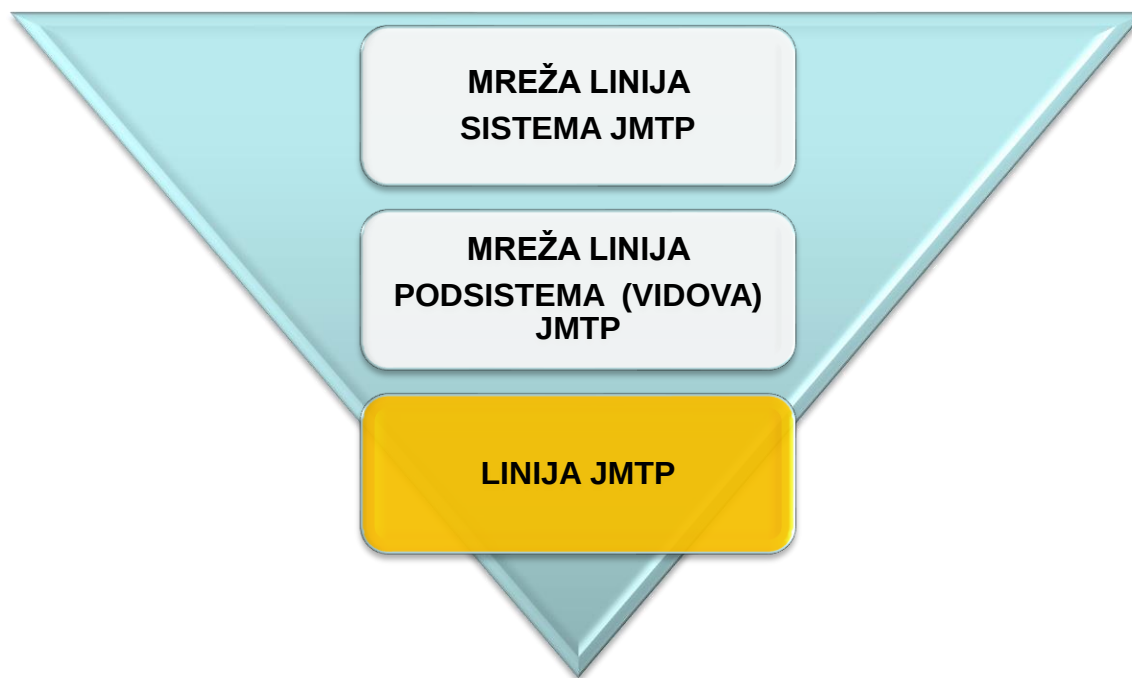


Beograd, 2024. godine

OSNOVNI POJMOVI I DEFINICIJE

Linija javnog masovnog transporta putnika (JMTP) je osnovni element sistema javnog masovnog transporta putnika i najniži hijerarhijski nivo u upravljanju ovim sistemom.

Linija je deo transportne mreže sistema javnog masovnog transporta putnika na kojoj se obavlja proces transporta putnika po unapred određenim i korisnicima poznatim uslovima (trasa linije, definisana stajališta, intervali (polascima) vozila, cene usluga, itd...).



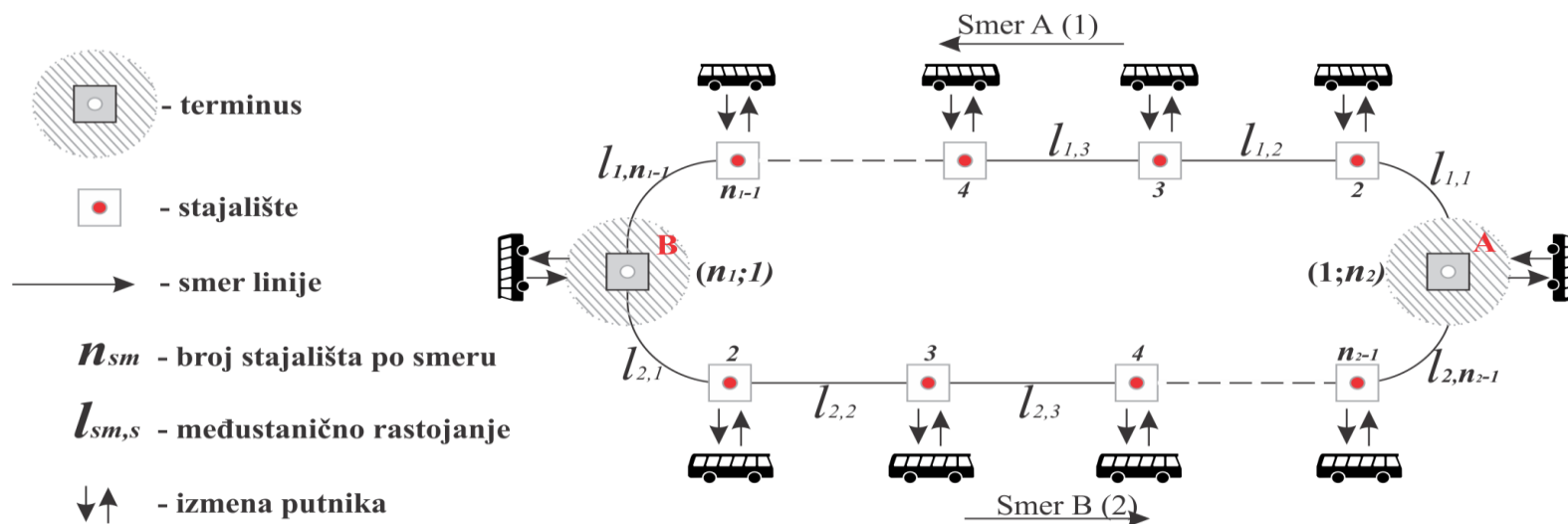
Slika. Hijerarhija u upravljanju i mesto linije u sistemu JMTP

OSNOVNI POJMOVI I DEFINICIJE

Imajući u vidu dualnost, kao važnu karakteristiku transportnih sistema, odnosno ako jednu liniju posmatramo kao **sistem**, sa aspekta upravljanja postoje dve grupe elemenata kojima se linija može kvantitativno definisati u prostoru i vremenu:

–**STATIČKI ELEMENTI LINIJE ili ELEMENTI STRUKTURE LINIJE**, predstavljaju elemente koji se ne menjaju u određenom-dužem periodu vremena u normalnom režimu rada linije.

–**DINAMIČKI ELEMENTI LINIJE ili ELEMENTI FUNKCIONISANJA LINIJE**, predstavljaju one elemente linije čijom se promenom u skladu sa transportnim zahtevima i projektovanim kvalitetom usluge vrši optimizacija funkcionisanja linije.



Slika. Šematski prikaz linije javnog masovnog transporta putnika

KARAKTERISTIKE LINIJE U PROSTORU - (Statički elementi linije)

1. TRASA LINIJE se može opisati kao unapred definisana putanja kretanja vozila između dva terminusa. Sastoji se od određenih gradskih ulica, prigradskih saobraćajnica, podzemnih deonica (tuneli) ili nadzemnih deonica (vijadukti).

Svi navedeni delovi gradske transportne mreže u slučaju javnog masovnog transporta putnika, koji je često sinonim za transport putnika vozilima velikog kapaciteta, moraju u pogledu konstrukcije i tehničkih elemenata (usponi, radijusi krivina, profili i dr.) da zadovolje uslove kretanja planiranih tipova vozila.

Kategorije (tipovi) trasa linije

Osnovni tipovi (kategorije) trase prema stepenu nezavisnosti u odnosu na ostali dinamički saobraćaj:

-Tip trase C;

-Tip trase B;

-Tip trase A.

KARAKTERISTIKE LINIJE U PROSTORU - (Statički elementi linije)

Kategorije (tipovi) trasa linije

Kategorija (tip) trase “C”

Tip trase C su saobraćajnice **sa mešovitim saobraćajem** na kojima vozila sistema javnog masovnog transporta putnika **dele sudbinu saobraćajnog toka** sa ostalim dinamičkim saobraćajem. Na ovom tipu trase vozila sistema javnog masovnog transporta putnika mogu da imaju prioritete (žute trake, posebni svetlosni signalni)



KARAKTERISTIKE LINIJE U PROSTORU - (Statički elementi linije)

Kategorija (tip) trase "C-1"

Trasa je izvedena na površinama kojim se saobraćaju vozila sistema javnog transporta putnika **zajedno sa ostalim vidovima saobraćaja** (putničkim automobilima, biciklima i pešacima). Ukrštanja sa pešačkim tokovima regulisana su obeleženim pešačkim prelazima.



Kategorija (tip) trase "C-2"

Vozila sistema javnog masovnog transporta putnika kreću se u **posebnoj izdvojenoj traci (žuta traka)**, koja nije fizički podužno odvojena od ostalog dinamičkog saobraćaja. U određenim slučajevima pristup ovoj trasi može biti omogućen vozilima sa prioritetom (hitna služba, taxi, policija, vatrogasci) ili posebnim vozilima u striktno definisanim vremenskim periodima u toku dana (dostavna vozila i sl.).



Kategorija (tip) trase "C-3"

Kod ovog tipa trase **vozila** sistema javnog masovnog transporta putnika **i pešaci dele iste saobraćajne trake**. Ostalim motornim vozilima, a često i biciklima je zabranjeno kretanje tim trakama, osim na ukrštajima – raskrsnicama.



KARAKTERISTIKE LINIJE U PROSTORU - (Statički elementi linije)

Kategorija (tip) trase "B"

Tip trase B su saobraćajnice za vozila sistema javnog masovnog transporta putnika koje su **podužno fizički izdvojene od ostalog saobraćaja** (ivičnjacima, ogradama, denivelacijom, i sl.), ali sa ukrštanjima u nivou sa ostalim dinamičkim saobraćajem.



KARAKTERISTIKE LINIJE U PROSTORU - (Statički elementi linije)

Kategorija (tip) trase "B-1"

Trasa je izvedena u posebnim površinama rezervisanim za vozila sistema javnog masovnog transporta putnika, fizički podužno odvojena **zaštitnom ogradom** od ostalog dinamičkog saobraćaja. Motorna vozila, bicikli i pešaci se ukrštaju sa vozilima javnog transporta na posebno kontrolisanim mestima.



Kategorija (tip) trase "B-2"

Trasa je izvedena u posebnim površinama rezervisanim za vozila sistema javnog masovnog transporta putnika fizički podužno odvojena **ivičnjacima ili drugom komunalnom opremom** od ostalog dinamičkog saobraćaja. Motorna vozila, bicikli i pešaci se ukrštaju sa vozilima javnog transporta na posebno kontrolisanim mestima.



Kategorija (tip) trase "B-3"

Trasa je izvedena u posebnim površinama rezervisanim za vozila sistema javnog masovnog transporta putnika fizički podužno odvojena **zelenim pojasom ili sličnim načinom** od ostalog dinamičkog saobraćaja. Motorna vozila, bicikli i pešaci se ukrštaju sa vozilima javnog transporta na posebno kontrolisanim mestima.



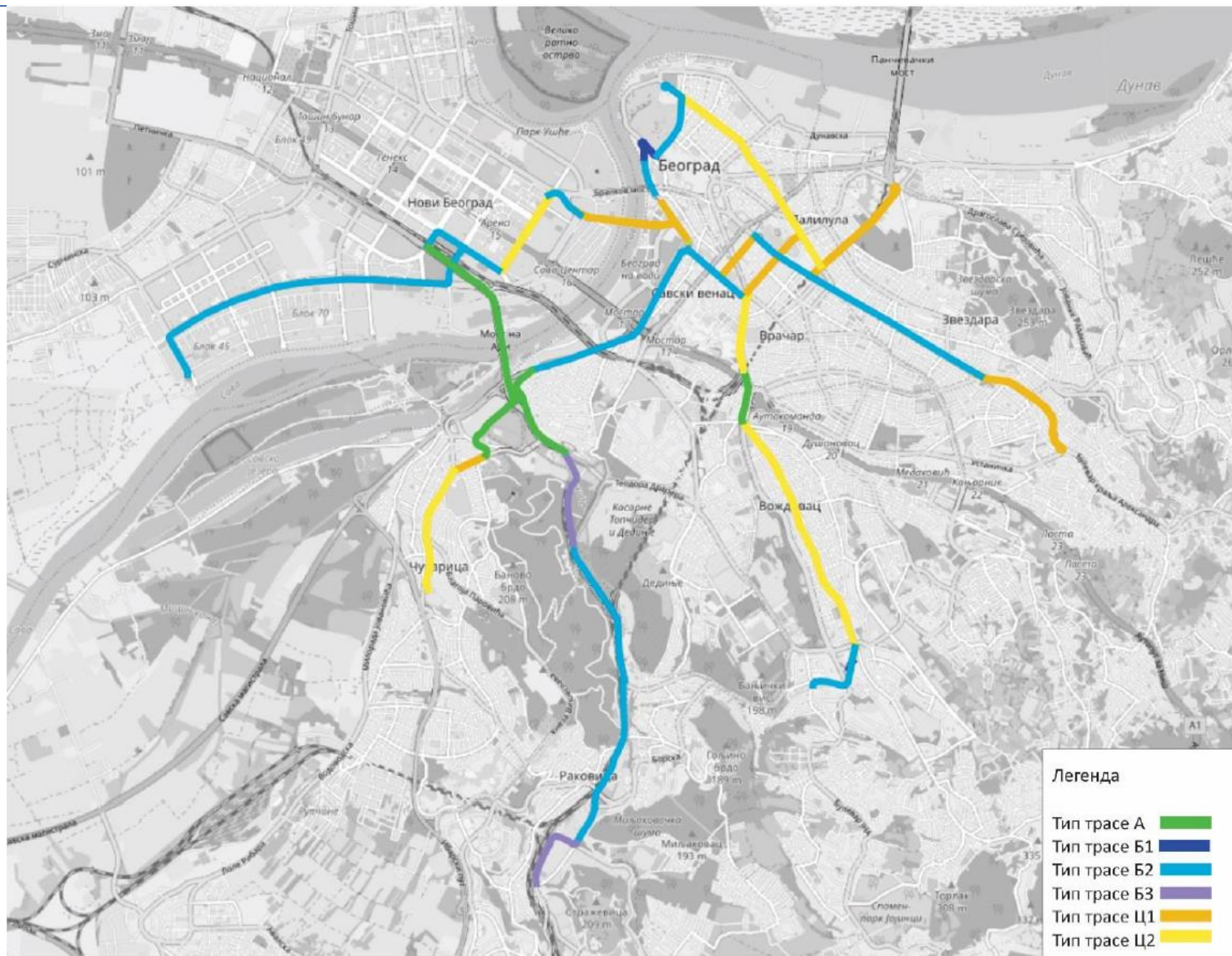
KARAKTERISTIKE LINIJE U PROSTORU - (Statički elementi linije)

Kategorija (tip) trase "A"

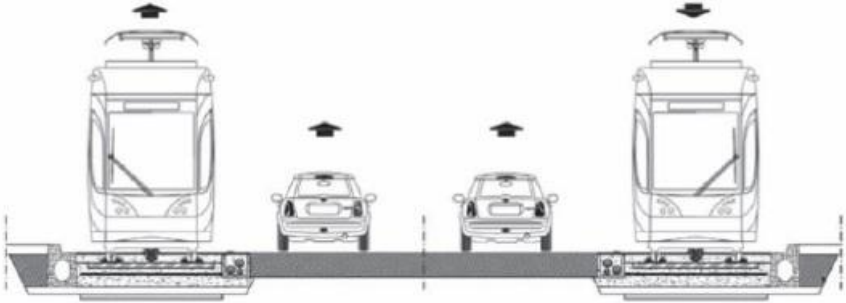
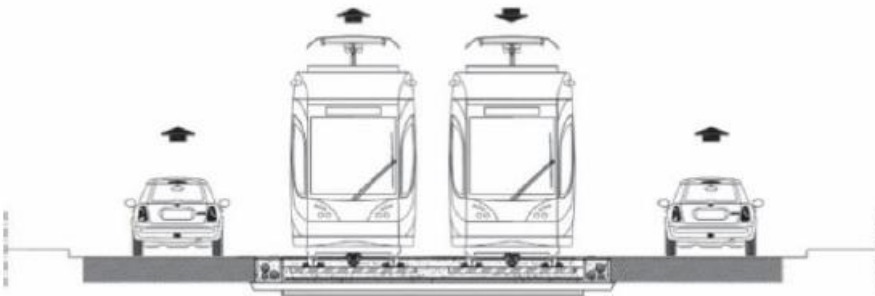
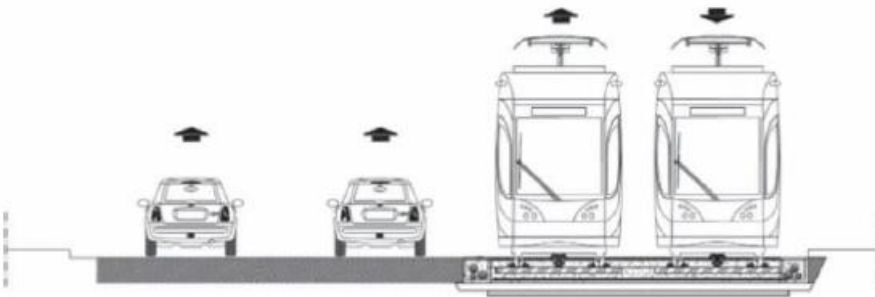
Tip trase A, ili tzv. izdvojena trasa za vozila sistema javnog masovnog transporta putnika je **potpuno kontrolisana trasa bez ukrštaja u nivou** ili bilo kakvog dozvoljenog korišćenja od ostalih vidova saobraćaja. Ova trasa može biti površinska, podzemna i nadzemna.



KARAKTERISTIKE LINIJE U PROSTORU - (Statički elementi linije)



KARAKTERISTIKE LINIJE U PROSTORU - (Statički elementi linije)

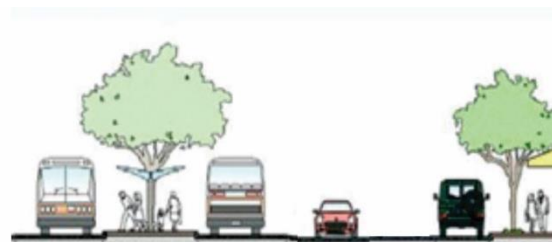
Тип	Опис	Графички приказ
Двостране	Траса линије и остали динамички саобраћај се налазе у ободном делу саобраћајнице	 A cross-sectional diagram of a two-lane road. The tram tracks are located in the outer lanes, with a tram in each lane. The middle lanes are for general traffic, with two cars shown. Arrows above the vehicles indicate their direction of travel.
Централне	Траса линије се налази у централном делу саобраћајнице	 A cross-sectional diagram of a two-lane road. The tram tracks are located in the central lanes, with a tram in each lane. The outer lanes are for general traffic, with two cars shown. Arrows above the vehicles indicate their direction of travel.
Једнострана	Траса линије се у оба смера налази у ободном делу саобраћајнице	 A cross-sectional diagram of a two-lane road. The tram tracks are located in the outer lanes, with a tram in each lane. The middle lanes are for general traffic, with two cars shown. Arrows above the vehicles indicate their direction of travel.

KARAKTERISTIKE LINIJE U PROSTORU - (Statički elementi linije)



a) smerovi linije nisu odvojeni

Jednostrane - Trasa linije u oba smera nalazi se u obodnom delu saobraćajnice



b) smerovi linije odvojeni razdelnim ostrvom



Dvostrane - Trasa linije i ostali dinamički saobraćaj se nalaze u obodnom delu saobraćajnice



Centralne - Trasa linije se nalazi u centralnom delu saobraćajnice (smerovi odvojeni razdelnim ostrvom)



Centralne - Trasa linije se nalazi u centralnom delu saobraćajnice

KARAKTERISTIKE LINIJE U PROSTORU - (Statički elementi linije)

2. Broj i naziv linije,

3. Smerovi linije: sm ; $sm=1,2$

4. Terminusi : t ; $t= 1,2$

Terminusi predstavljaju početne ili završne tačke/stajališta na definisanoj trasi linije, na kojima vozila menjaju smer kretanja, odnosno predstavljaju početne i završne tačke kretanja vozila duž linije. Najčešće su izgrađeni kao posebni objekti (okretnice), posebno ako mreža okolnih ulica ne omogućava promenu smera (okretanje vozila). Mogu opsluživati jednu ili više linija, kao i jedan ili više različitih vidova transporta.

5. Stajališta na liniji: s ; $s= 1,2,..... n$

Stajališta na liniji za korisnike predstavljaju pristupne tačke sistemu javnog masovnog transporta putnika. To su unapred definisane lokacije na trasi, odnosno karakteristične presečne tačke na liniji opremljene odgovarajućim objektima i opremom na kojima se vozila planski zaustavljaju u toku perioda funkcionisanja linije. Jedna od osnovnih funkcija jednog stajališta, kao pristupne tačke sistemu, jeste da omogući pristajanje vozila i ulaz odnosno izlaz putnika u vozilo i iz njega (izmenu putnika).

Broj stajališta na liniji: n (stajališta),

$$n = \sum_{sm=1}^2 n_{sm} - 2 = n_1 + n_2 - 2$$

KLASIFIKACIJA LINIJA JMTP

Prema položaju trase linije u odnosu na centralno gradsko urbano područje linije se mogu klasifikovati na:

R - radijalne linije

D - dijametralne linije

T - tangencijalne linije

K - kružne linije

P - periferne linije

Izbor optimalnog tipa linije prema položaju trase obavlja se na osnovu poznatih realnih “linija želja” putnika definisanih na osnovu intenziteta transportnih potreba i zahteva u prostoru.

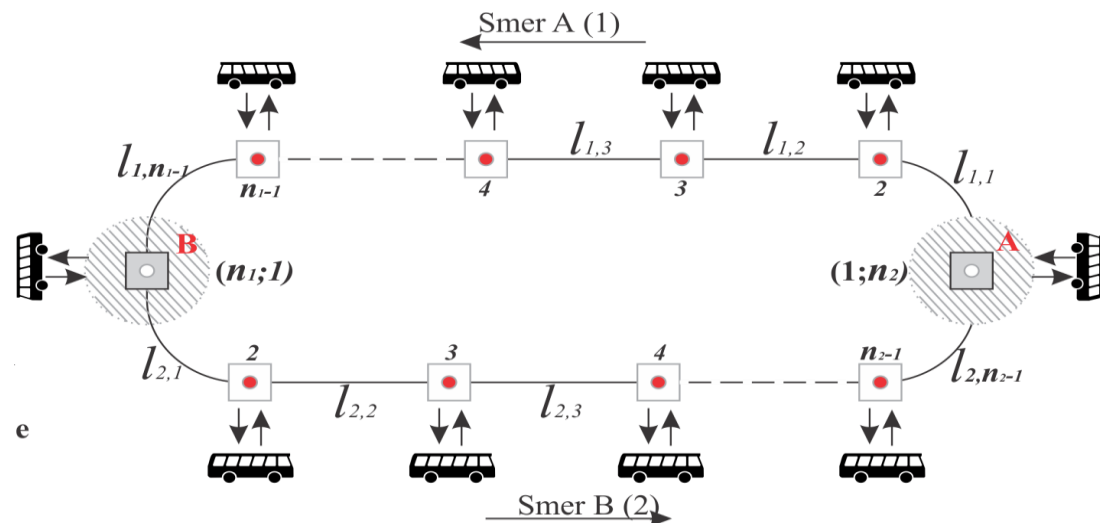


KARAKTERISTIKE LINIJE U PROSTORU - (Statički elementi linije)

6.Međustanično rastojanje ($l_{sm,s}$), Međustanična rastojanja su izvedeni statički elementi linije. Predstavljaju posledicu definisanja trase i mikrolokacije stajališta na trasi. Međustanična rastojanja su dužine između uzastopnih stajališta ili stajališta i terminusa mereno po trasi linije.

Predstavlja rastojanje između dva uzastopna (susedna) stajališta (s) i ($s+1$) u smeru linije (sm). Prosečna vrednost međustaničnih rastojanja na liniji može se iskazati kao odnos sume svih međustaničnih rastojanja na liniji i ukupnog broja međustaničnih rastojanja na liniji ($d = n$), odnosno:

$$l_{sr} = \frac{\sum_{sm=1}^2 \sum_{s=1}^{n_{sm}-1} l_{sm,s}}{n} = \frac{\sum_{sm=1}^2 L_{sm}}{\sum_{sm=1}^2 n_{sm} - 2}$$



KARAKTERISTIKE LINIJE U PROSTORU - (Statički elementi linije)

7. Srednja dužina linije – L (km) predstavlja rastojanje između početnog i završnog stajališta na liniji (terminusa). Dobija se računski kao izvedena veličina na osnovu rastojanja između termina u jednom smeru (L_1) i drugom smeru (L_2) linije, odnosno kao srednja vrednost zbira svih međustaničnih rastojanja u oba smera linije, odnosno:

$$L = \frac{1}{2} \sum_{sm=1}^2 L_{sm} = \frac{1}{2} \sum_{sm=1}^2 \sum_{s=1}^{n_{sm}-1} l_{sm,s}$$

DALJINAR je dokument propisan i definisan Zakonom kojim su definisani osnovni statički elementi linije javnog masovnog transporta putnika.

Zakonom o prevozu putnika u drumskom saobraćaju ("Sl. glasnik RS", br. 68/2015, 41/2018, 44/2018 - dr. zakon, 83/2018, 31/2019 i 9/2020) daljinar se definiše kao „...akt kojim je utvrđena udaljenost u kilometrima sa minimalnim vremenima vožnje autobusa između autobuskih stanica, odnosno autobuskih stajališta u obavljanju međumesnog prevoza“, i osnova za izradu i registraciju redova vožnje u međumesnom transportu putnika u Republici Srbiji.

KARAKTERISTIKE LINIJE U PROSTORU - (DALJINAR LINIJE)

5		KALEMEGDAN /DONJI GRAD/ - USTANIČKA					
SMER A				SMER B			
KALEMEGDAN /DONJI GRAD/ - Bulevar vojvode Bojovića - Cara Dušana - Džordža Vašingtona - 27. marta - Kraljice Marije - Ruzveltova - Bulevar kralja Aleksandra - USTANIČKA				USTANIČKA - Bulevar kralja Aleksandra - Ruzveltova - Kraljice Marije - 27. marta - Džordža Vašingtona - Cara Dušana - Bulevar vojvode Bojovića - KALEMEGDAN /DONJI GRAD/			
Šifra	Naziv stajališta	$l_{sm,s}$ [m]	$\sum_{s=1}^{n_{sm,s}} l_{sm,s}$	Šifra	Naziv stajališta	$l_{sm,s}$ [m]	$\sum_{s=1}^{n_{sm,s}} l_{sm,s}$
2	TADEUŠA KOŠČUŠKA	311	0	107	USTANIČKA	55	0
71	Braće Baruh	186	186	105	Koste Trifkovića	677	677
73	Kralja Petra	250	436	103	Mite Ružića	231	908
52	Dorćol /Knekinje Ljubice/	377	813	101	dr Velizara Kosanovića	256	1.164
54	Pijaca "Skadarlija"	484	1.297	99	Pijaca "Zvezdara"	527	1.691
56	Bulevar despota Stefana	284	1.581	97	Batutova	610	2.301
58	Takovska	368	1.949	95	Lion	335	2.636
743	Palilulska pijaca	413	2.362	93	Pop Stojanova	436	3.072
85	Mašinski fakultet	354	2.716	90	Pijaca "Đeram"	346	3.418
63	Vukov spomenik	409	3.125	88	GO Zvezdara	363	3.781
86	Vukov spomenik /Bul.kralja Alekša./	265	3.390	108	Vukov spomenik /Bul.kralja Alekša./	423	4.204
87	GO Zvezdara	375	3.765	64	Vukov spomenik	206	4.410
89	Pijaca "Đeram"	426	4.191	62	Mašinski fakultet	242	4.652
92	Pop Stojanova	400	4.591	61	Palilulska pijaca	360	5.012
94	Lion	360	4.951	59	Takovska	361	5.373
96	Batutova	406	5.357	57	Bulevar despota Stefana	444	5.817
98	Pijaca "Zvezdara"	470	5.827	55	Pijaca "Skadarlija"	300	6.117
100	dr Velizara Kosanovića	330	6.157	53	Dorćol /Knekinje Ljubice/	383	6.500
102	Mite Ružića	447	6.604	74	Kralja Petra	406	6.906
104	Koste Trifkovića	293	6.897	72	Braće Baruh	305	7.211
106	USTANIČKA	442	7.339	3	Tadeuša Koščuška	211	7.422
				1	KALEMEGDAN /DONJI GRAD/	169	7.591
UKUPNO STAJALIŠTA		21		UKUPNO STAJALIŠTA		22	
PROSEČNO MEĐUSTANIČNO RASTOJANJE :		364 m					
DUŽINA OKRETNICE :		TADEUŠA KOŠČUŠKA:		311 m			
		USTANIČKA:		55 m			
SREDNJA DUŽINA LINIJE SA OKRETNICAMA :		7.648 m					

KLASIFIKACIJA LINIJA JMTP

Prema intenzitetu transportnih zahteva

–**Osnovne (direktne) linije**, koje su karakteristične po intenzivnim i stalnim tokovima putnika.

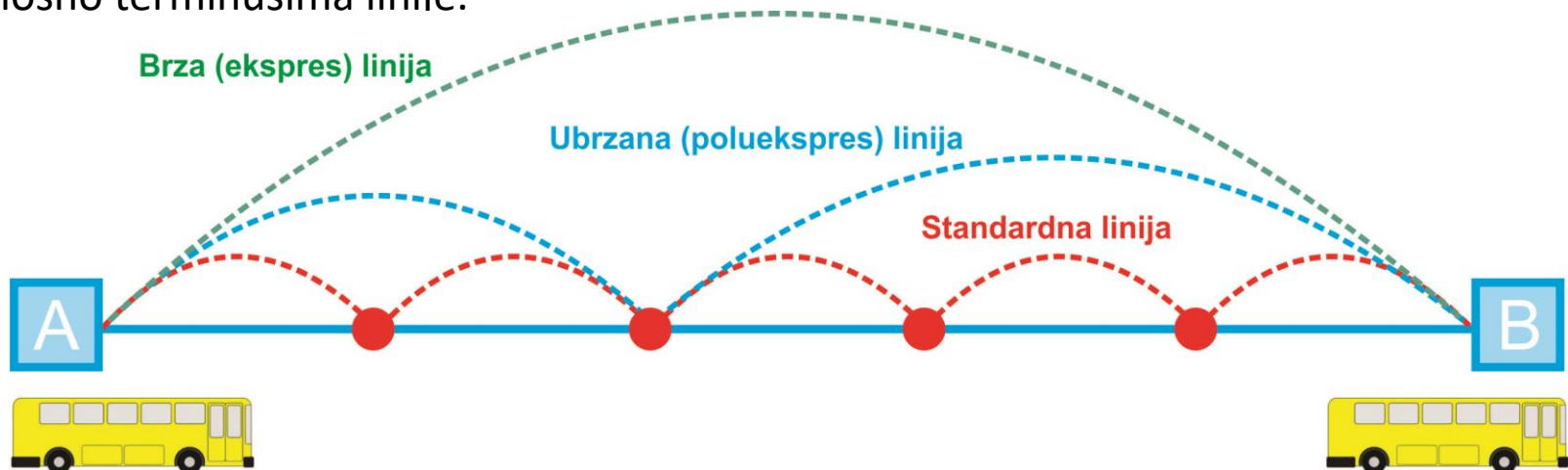
–**Pomoćne (napojne) linije** - koje rasterećuju osnovne linije na pojedinim deonicama (lokalne linije) ili u pojedinim periodima vremena (usluga u vršnom času-komjuter servis).

Prema režimu stajanja vozila na stajalištima

–**Standardne linije** - kod kojih vozila staju na svim stajalištima duž trase linije.

–**Ubrzane (poluekspres) linije**- kod kojih vozila staju samo na određenom broju stajališta.

–**Brze (ekspres) linije** - kod kojih vozila staju samo na početno – završnim stajalištima, odnosno terminusima linije.



KLASIFIKACIJA LINIJA JMTP

Prema vidovima (podsystemima) JMTP



AUTOBUSKE



TROLEJBUSKE



TRAMVAJSKE



LIGHT RAIL SYSTEM



METRO



PRIGRADSKJE ŽELEZNICE

KARAKTERISTIKE LINIJE U VREMENU - (Dinamički elementi linije)

Dinamički elementi linije (elementi funkcionisanja) predstavljaju elemente čijom se promenom u skladu sa spoljnim kriterijumima (pre svega transportnim zahtevima i definisanim/očekivanim kvalitetom usluge) postiže optimalno funkcionisanje linije.

Osnovni dinamički elementi linije su:

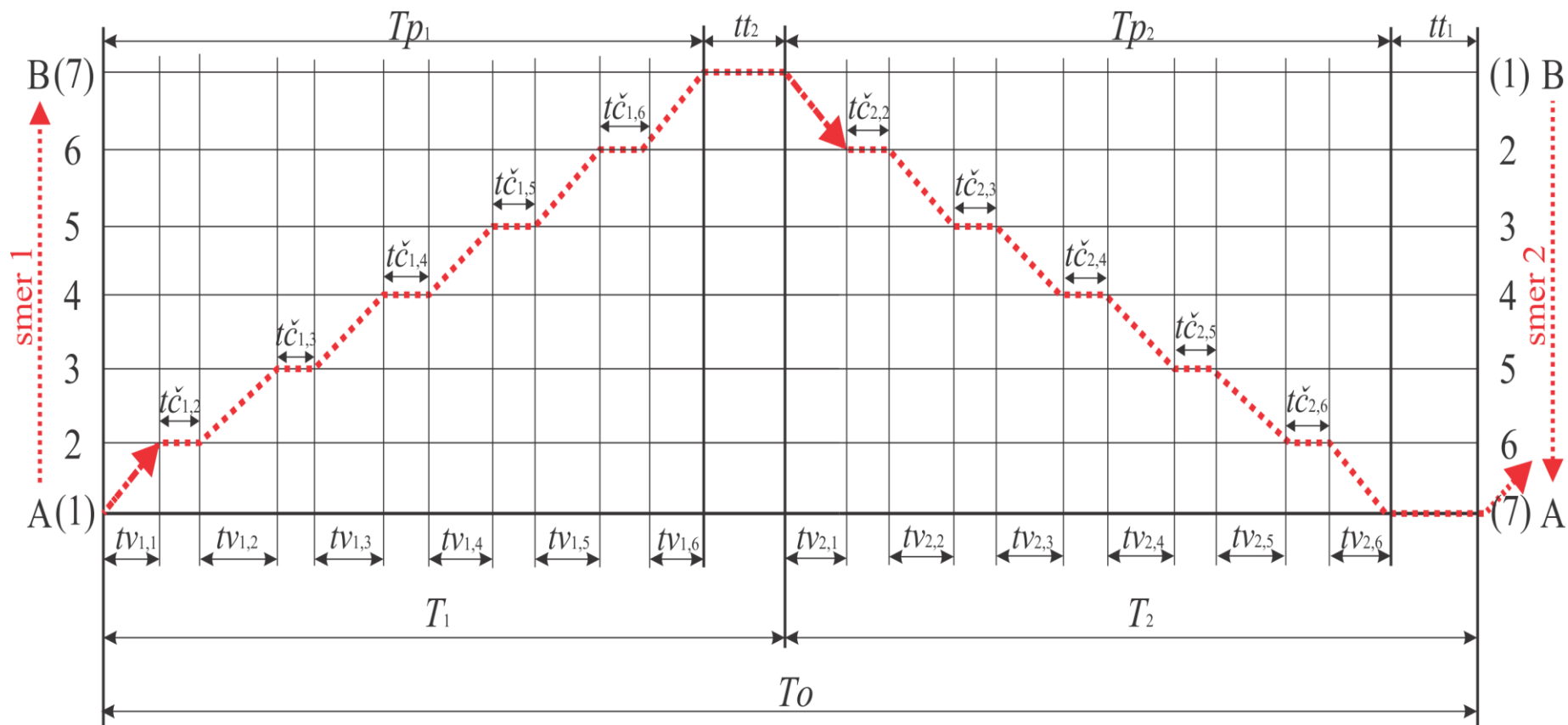
- vreme obrta u karakterističnom periodu vremena (T_o),
- broj vozila na liniji u karakterističnom periodu vremena (N_r),
- kapacitet transportne jedinice (m).

Dinamički elementi izvedeni iz osnovnih dinamičkih elemenata ili iz relacije između dinamičkih elemenata i elemenata strukture su:

- brzine (obrta, prevoza i saobraćajna),
- interval i frekvencija vozila na liniji u karakterističnim periodima vremena,
- transportna sposobnost linije u karakterističnom periodu vremena.

KARAKTERISTIKE LINIJE U VREMENU - (Dinamički elementi linije)

Parametri kojima se kvantitativno definišu karakteristike funkcionisanja linije javnog masovnog transporta putnika, odnosno kretanje vozila na liniji u toku jednog obrta (npr. od terminusa do istog terminusa), prikazani su na dijagramu put-vreme.



Slika. Dijagram put – vreme u toku jednog obrta vozila

KARAKTERISTIKE LINIJE U VREMENU - (Dinamički elementi linije)

Vreme vožnje između stajališta (s) i (s+1), u smeru linije (sm): $t_{v_{sm},s}$ (min)

Vreme vožnje između stajališta predstavlja vremenski period u toku koga se vozilo kretalo između posmatranih stajališta na liniji uključujući sve vremenske gubitke usled uslova saobraćajnog toka (vremena stajanja na semaforima ili vremenski gubici usled zagušenja, i sl.).

Vreme vožnje između dva terminusa u smeru linije sm: $T_{v_{sm}}$ (min)

$$T_{v_{sm}} = \sum_{s=1}^{n_{st,sm}-1} t_{v_{sm},s}$$

Vreme vožnje na liniji: T_v (min)

$$T_v = \sum_{sm=1}^2 T_{v_{sm}} = \sum_{sm=1}^2 \sum_{s=1}^{n_{st,sm}-1} t_{v_{sm},s}$$

KARAKTERISTIKE LINIJE U VREMENU - (Dinamički elementi linije)

Vreme zadržavanja (čekanja) vozila na stajalištu (s) u smeru linije (sm): $t_{z_{sm},s}$

Vreme zadržavanja (čekanja) vozila na stajalištu predstavlja vremenski period u toku koga se obavi izmena putnika na posmatranom stajalištu (ulaz-izlaz putnika).

Ukupno vreme zadržavanja na svim stajalištima u smeru linije (sm) : $T_{z_{sm}}$

$$T_{z_{sm}} = \sum_{s=1}^{n_{st,sm}-1} t_{z_{sm},s}$$

Ukupno vreme zadržavanja na svim stajalištima na liniji (oba smeru): T_z

$$T_z = \sum_{sm=1}^2 T_{z_{sm}} = \sum_{sm=1}^2 \sum_{s=1}^{n_{st,sm}-1} t_{z_{sm},s}$$

Vreme zadržavanja vozila na terminusu ($t_{t,sm}$) linije u smeru (sm) predstavlja vremenski period koje vozilo provede na posmatranom terminusu (promena smeru kretanja vozila, lako čišćenje, zamena saobraćajnog osoblja i sl.).

KARAKTERISTIKE LINIJE U VREMENU - (Dinamički elementi linije)

Ukupno vreme zadržavanja na terminusima linije: T_t

$$T_t = \sum_{sm=1}^2 t_{t_{sm}}$$

Vreme prevoza u smeru (sm) linije predstavlja vremenski period u toku koga se vozilo kretalo između dva terminusa na liniji uključujući sva vremena vožnje između stajališta i vremena zadržavanja vozila na svim stajalištima u posmatranom smeru linije : $T_{p,sm}$

$$T_{p_{sm}} = T_{v_{sm}} + T_{z_{sm}} = \sum_{s=1}^{n_{st,sm}-1} t_{v_{sm,s}} + \sum_{s=1}^{n_{st,sm}-1} t_{z_{sm,s}}$$

Vreme prevoza na liniji: T_p

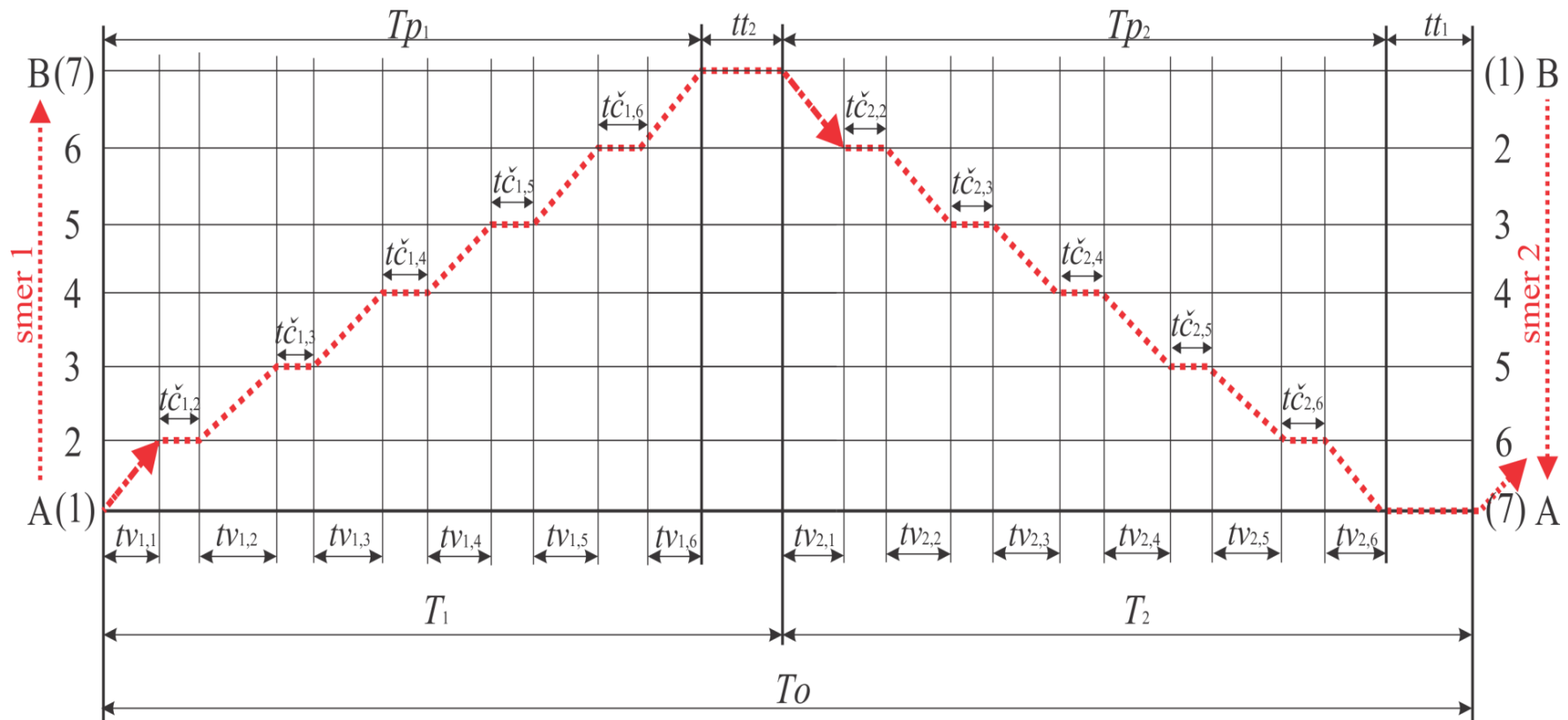
$$T_p = T_v + T_z = \sum_{sm=1}^2 \sum_{s=1}^{n_{st,sm}-1} t_{v_{sm,s}} + \sum_{sm=1}^2 \sum_{s=1}^{n_{st,sm}-1} t_{z_{sm,s}}$$

KARAKTERISTIKE LINIJE U VREMENU - (Dinamički elementi linije)

Vreme obrta na liniji - T_o (min)

Vreme obrta je vremenski period između dva uzastopna polaska istog vozila sa određenog stajališta na liniji (obično sa terminusa linije):

$$T_o = T_p + T_t = T_v + T_z + T_t = \sum_{sm=1}^2 \sum_{s=1}^{n_{st,sm}-1} t_{v_{sm,s}} + \sum_{sm=1}^2 \sum_{s=1}^{n_{st,sm}-1} t_{z_{sm,s}} + \sum_{sm=1}^2 t_{t_{sm}}$$



DINAMIČKI ELEMENTI LINIJE - Brzine

Maksimalna brzina vozila ($V_{\max}$) predstavlja najveću moguću brzinu koju vozilo može da postigne i održi na ravnom horizontalnom putu dužine 1 km, bez vetra, najvećeg podužnog nagiba do 1.5 %.

Projektna – računska brzina vozila (V_r) predstavlja maksimalnu brzinu kojom vozilo može bezbedno da se kreće na jednoj deonici puta u zavisnosti njegovih projektovanih geometrijskih karakteristika, kao što su radijusi krivina, podužni i poprečni nagibi i dr.

Dozvoljena brzina vozila (V_d) predstavlja najveću propisanu brzinu kretanja vozila koja je dozvoljena na određenoj deonici puta. Ova brzina se obično određuje na osnovu kinetičke energije - E, koju vozila razvijaju pri kretanju i koja utiče na posledice u slučaju udesa vozila.

Brzina vožnje ili saobraćajna brzina (V_s) predstavlja srednju brzinu koju vozilo ostvari na putu određene dužine, a dobija se kao odnos dužine pređenog puta - L i vremena provedenog u vožnji - T_v uključujući vremenske gubitke zbog saobraćajnih uslova (gubici vremena usled zagušenja, gubici vremena na svetlosnim signalima, i sl.), odnosno:

$$V_s = \frac{2L}{T_v} = \frac{\sum_{sm=1}^2 L_{sm}}{\sum_{sm=1}^2 T_{v_{sm}}} = \frac{\sum_{sm=1}^2 \sum_{s=1}^{n_{st,sm}-1} l_{sm,s}}{\sum_{sm=1}^2 \sum_{s=1}^{n_{st,sm}-1} t_{v_{sm,s}}} \quad [\text{km/h}]$$

DINAMIČKI ELEMENTI LINIJE - Brzine

Brzina prevoza (V_p) je srednja brzina kojom se voze putnici na liniji i zavisi od dužine vožnje - L_v i vremena prevoza – T_p koje uključuje vremena provedena u vožnji i vremena zadržavanja vozila na stajalištima usled izmena putnika (ulaz-izlaz putnika).

$$V_p = \frac{2L}{T_p} = \frac{\sum_{sm=1}^2 L_{sm}}{\sum_{sm=1}^2 T_{p_{sm}}} = \frac{\sum_{sm=1}^2 L_{sm}}{\sum_{sm=1}^2 T_{v_{sm}} + \sum_{sm=1}^2 T_{z_{sm}}} = \frac{\sum_{sm=1}^2 \sum_{s=1}^{n_{st,sm}-1} l_{sm,s}}{\sum_{sm=1}^2 \sum_{s=1}^{n_{st,sm}-1} t_{v_{sm,s}} + \sum_{sm=1}^2 \sum_{s=1}^{n_{st,sm}-1} t_{z_{sm,s}}} \text{ [km/h]}$$

Brzina obrta vozila na liniji (V_o) predstavlja srednju brzinu koja se ostvari tokom obrta vozila na liniji, uzimajući u obzir vreme u vožnje, vreme zadržavanja na stajalištima zbog ulaska i izlaska putnika i vreme zadržavanja na terminusima, odnosno:

$$V_o = \frac{2L}{T_o} = \frac{\sum_{sm=1}^2 L_{sm}}{\sum_{sm=1}^2 T_{o_{sm}}} = \frac{\sum_{sm=1}^2 L_{sm}}{\sum_{sm=1}^2 T_{v_{sm}} + \sum_{sm=1}^2 T_{z_{sm}} + \sum_{sm=1}^2 T_{t_{sm}}} = \frac{\sum_{sm=1}^2 \sum_{s=1}^{n_{st,sm}-1} l_{sm,s}}{\sum_{sm=1}^2 \sum_{s=1}^{n_{st,sm}-1} t_{v_{sm,s}} + \sum_{sm=1}^2 \sum_{s=1}^{n_{st,sm}-1} t_{z_{sm,s}} + \sum_{sm=1}^2 t_{t_{sm}}}$$

DINAMIČKI ELEMENTI LINIJE - Brzine

Eksploataciona brzina (V_e) predstavlja srednju brzinu vozila ostvarenu u toku radnog vremena vozila i predstavlja odnos između ukupnog broja pređenih kilometara u sistemu javnog gradskog transporta putnika (K) i ukupnog vremena koje je vozilo provelo na radu (H_r).

$$V_e = \frac{K}{H_r} = \frac{K_p + K_{pr} + K_n}{H_r} \quad [\text{km/h}]$$

gde je:

K_p - ukupan broj pređenih kilometara sa putnicima,

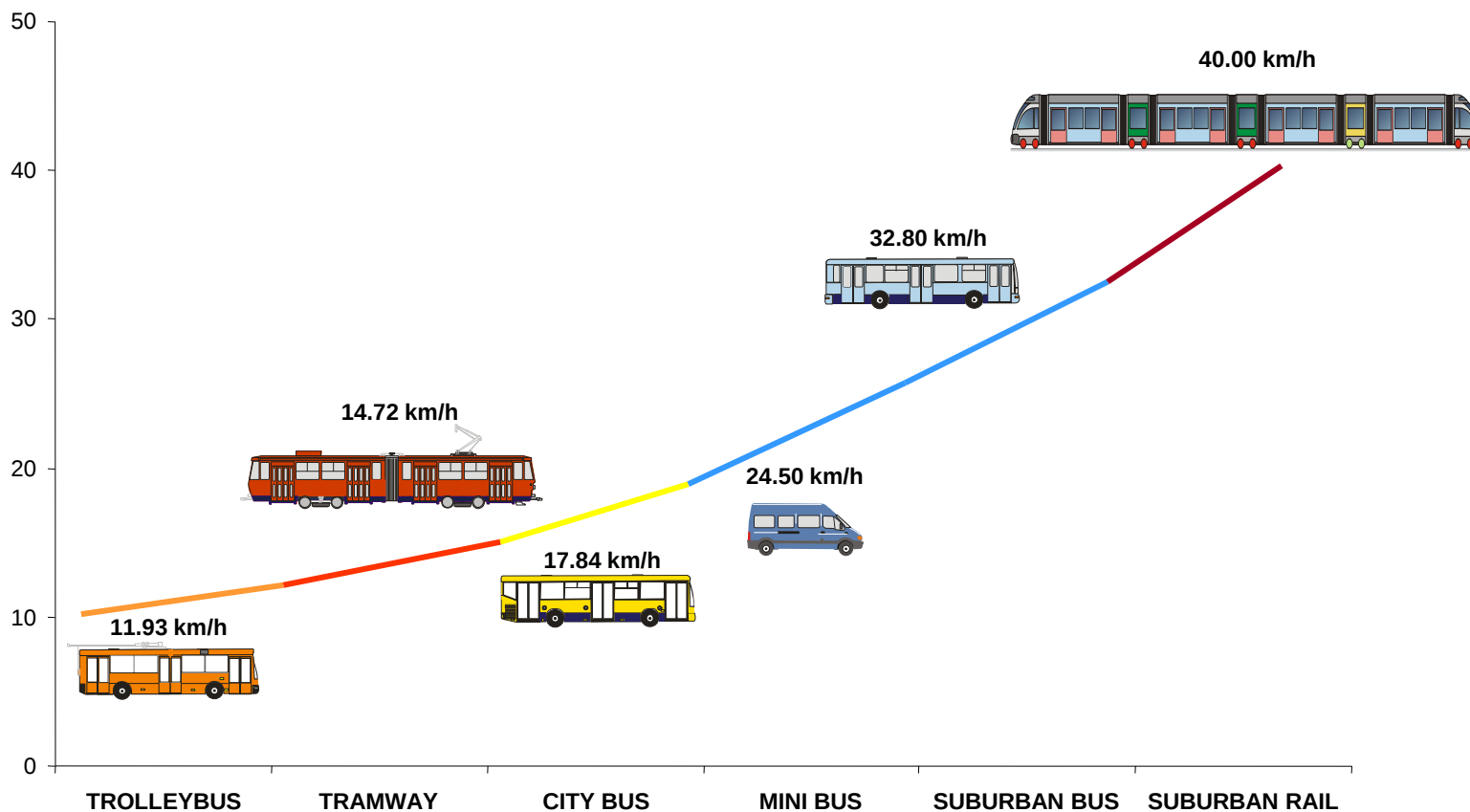
K_{pr} - ukupan broj pređenih kilometara bez putnika,

K_n - nulti broj nultih pređenih kilometara.

Kakav je odnos između brzina u toku funkcionisanja linije ?

$$V_s > V_p > V_o > V_e$$

DINAMIČKI ELEMENTI LINIJE - Brzine



Slika. Eksploataciona brzina u sistemu javnog masovnog transporta putnika u Beogradu

DINAMIČKI ELEMENTI LINIJE - Brzine

PODSISTEMI JAVNOG GRADSKOG TRANSPORTA PUTNIKA	TIP TRASE	Nezavisnost trase (%)	Širina trake (m)	Međustanično rastojanje (m)	Maximalna brzina (km/h)	Explotaciona brzina (km/h)
PARATRANZIT	C	0	3.00-3.65	200-500	40-80	10-20
AUTOBUSKI PODSISTEM	C B	0-10	3.00-3.65	200-500	40-80	8-15
TROLEJBUSKI PODSISTEM	C	0	3.00-3.65	200-500	40-70	8-15
BRT (Bus Rapid Transport)	B A	40-90	3.65-3.75	500-800	70-90	15-40
TRAMVAJSKI PODSISTEM	C B	0-40	3.00-3.35	250-500	60-80	12-20
LRT (Light Rail Transport)	B A	40-90	3.40-3.60	350-1600	60-120	18-50
METRO	A	100	3.70-4.30	500-2000	80-120	25-60
PRIGRADSKA ŽELEZNICA	A	100	4.00-4.75	1200-7000	80-130	40-75

NAPOMENA: U tabeli su dati tipični opsezi po podsistemima JGTP. Neke vrednosti se mogu naći i van opsega

KARAKTERISTIKE LINIJE U VREMENU - (Dinamički elementi linije)

Broj vozila na radu (N_r) - predstavlja ukupan broj vozila na radu na posmatranoj liniji javnog gradskog transporta putnika svih tehničko-eksploatacionih karakteristika u karakterističnim periodima vremena, odnosno:

$$N_r = \sum_{k=1}^n N_{r_k} = \frac{Z_{mer} \cdot T_o}{m \cdot k_{ik} \cdot 60} \quad [\text{vozila}]$$

gde je:

N_{r_k} - broj vozila na radu na liniji određene tehničko-eksploatacione grupe (k)

Z_{mer} - merodavni protok putnika u karakterističnom periodu vremena (putnika/h)

T_o – vreme obrta u karakterističnom periodu vremena (minuta)

m - Kapacitet transportne jedinice (modula) - (mesta/vozilu)

k_{ik} - Koeficijent iskorišćenja mesta (zahtevani nivo komfora na liniji)

Interval: i (min)

Interval je vremenski razmak između prolaska dva uzastopna vozila (vozila koja se slede) kroz karakterističnu tačku-presek linije.

$$i = \frac{T_o}{N_r} [\text{min}]$$

KARAKTERISTIKE LINIJE U VREMENU - (Dinamički elementi linije)

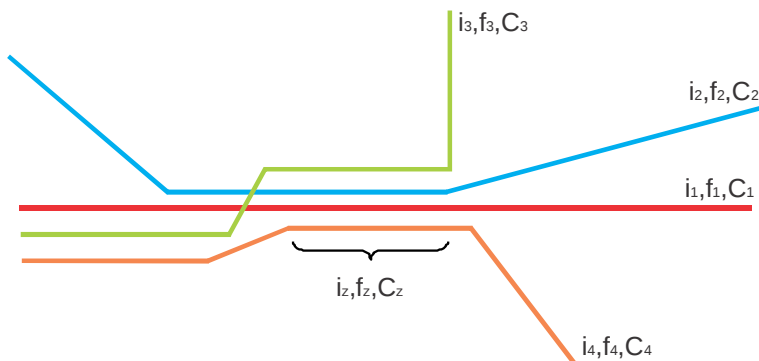
Frekvencija (učestanost ili protok vozila): f (vozila/čas)

Frekvencija predstavlja broj vozila koji u jedinici vremena prođe kroz karakteristični presek linije. Frekvencija praktično predstavlja računski broj vozila koji u jedinici vremena prođe kroz karakterističnu tačku-presek linije.

Ova veličina istovremeno predstavlja i intenzitet potoka vozila na liniji, a to je i jedan od načina za izražavanje bruto kapaciteta linije.

$$f = \frac{N_r}{T_o} \cdot 60 = \frac{60}{i} \quad [\text{vozila/čas}]$$

Protok vozila je stohastička veličina koja se menja kako u prostoru tako i u vremenu. To znači da na različitim presecima na liniji frekvencija vozila može u istom periodu vremena biti različita, a takođe na istom preseku u različitim periodima u toku dana ili meseca realizuju se različiti protoci vozila.



Zajednički interval (i_z) na preseku (karakterističnoj tački) kroz koju prolazi više linija, računa se isključivo preko zajedničke frekvencije, odnosno:

$$i_z = \frac{1}{f_z} = \frac{1}{f_1 + f_2 + \dots + f_n} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n f_i} \quad [\text{min}]$$

DINAMIČKI ELEMENTI LINIJE – KAPACITET VOZILA

Kapacitet transportne jedinice - m (mesta) predstavlja ukupan broj mesta u vozilu (sedenje + stajanje) i zavisi od konstrukcijskih i eksploatacionih karakteristika vozila.

Najznačajniji **konstrukcijski parametri** od uticaja na kapacitet transportne jedinice su:

- a. dužina (l_v) i širina (b_v) transportne jedinice
- b. korisna površina transportne jedinice (površina koju koriste putnici): F_v
- c. projektovani stepen komfora mesta za sedenje (ρ_o) i stajanje (σ)

Najznačajnije **eksploatacione karakteristike** su:

- a. Ukupan broj mesta za sedenje (m')
- b. Ukupan broj mesta za stajanje (m'')
- c. Ukupan broj mesta u vozilu ($m = m' + m''$),

Korisna površina transportne jedinice ili neto površina namenjena za putnike (F_v), zavisi od ukupne površine vozila (F_u), konstrukcijskih suženja izraženih koeficijentom (K_k) i površine koja je rezervisana za mesto vozača, stepenice ili sistem naplate (F_{iz}).

DINAMIČKI ELEMENTI LINIJE – KAPACITET VOZILA

Uobičajene - tipične granice dužinske kapacitivnosti vozila

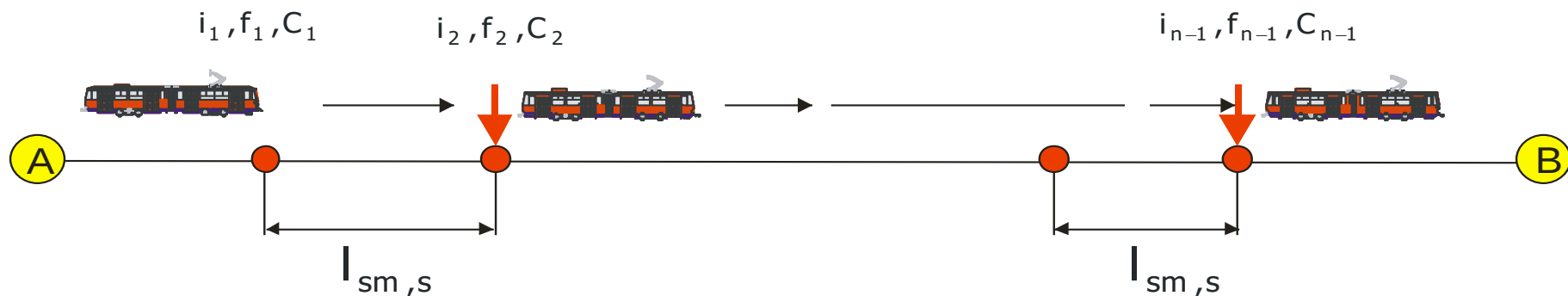
PODSISTEM		m (mesta/vozilu)	l_v (m)	m_l (mesta/m)
PA		4 - 6	4 - 6	0,2 – 0,6
Autobuski podsystem	Minibus	8 – 12	4 - 6	1,5 – 2,2
	Midibus	20 – 30	6 – 7	3,5 – 5,0
	Standardan	80 – 120	12 - 18	6,5 – 8,0
	Zglobni	120 - 160	15 - 18	8,0 – 8,9
Tramvajski podsystem	1-2 modula	80 – 150	12 - 18	6.7 – 8,3
	> 2 modula	150 - 250	25 - 32	6,0 – 6,9

NAPOMENA: U tabeli su dati tipični opsezi postojećih podsystema. Neke vrednosti mogu se naći i van opsega

DINAMIČKI ELEMENTI LINIJE – KAPACITET LINIJE

Kapacitet linije ili transportna sposobnost linije (C) predstavlja maksimalni broj transportnih jedinica koji prođe kroz karakteristični presek linije, u jednom smeru linije u posmatranoj jedinici vremena.

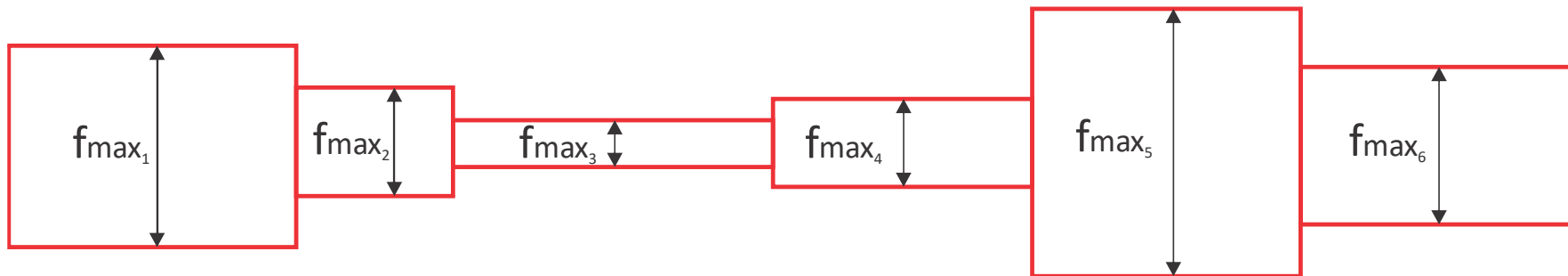
Karakteristični preseki na liniji su stajalište i deonica linije, pa u tom kontekstu kapacitet linije zavisi od **kapaciteta stajališta ili kapaciteta deonice**.



Maksimalni kapacitet na deonici linije zavisi od maksimalne frekvencije vozila na liniji ($f_{\max}$), odnosno minimalnog intervala sleđenja vozila na deonici liniji ($i_{\min}$):

$$C_{\max} = f_{\max} = \frac{3600}{i_{\min}} \quad [\text{vozila}/\text{čas}]$$

DINAMIČKI ELEMENTI LINIJE – KAPACITET LINIJE



KAPACITET LINIJE ILI TRANSPORTNA SPOSOBNOST LINIJE (C) je minimalni kapacitet koji je javlja na svim presečnim tačkama linije (deonice ili stajališta), odnosno transportna sposobnost linije je minimum maksimalnih kapaciteta na svim presečnim tačkama linije.

$$C = \min \{ C_{\max_1}, C_{\max_2}, \dots, C_{\max_n} \}$$

STATIČKI KAPACITET LINIJE predstavlja ukupan ponuđeni (bruto) kapacitet svih vozila po konstrukcijsko-eksploatacionim grupama na liniji.

$$C_s = \sum_{g=1}^n (N_o \cdot m)_g \quad [\text{mesta}]$$

gde je:

m – kapacitet vozila – transportne jedinice (mesta)

N_o – broj transportnih jedinica u transportnom sastavu

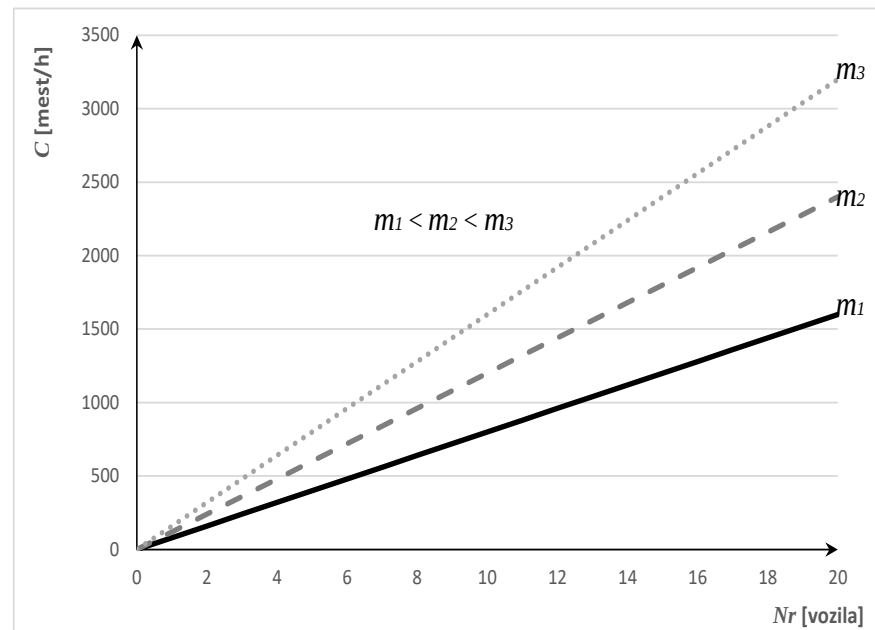
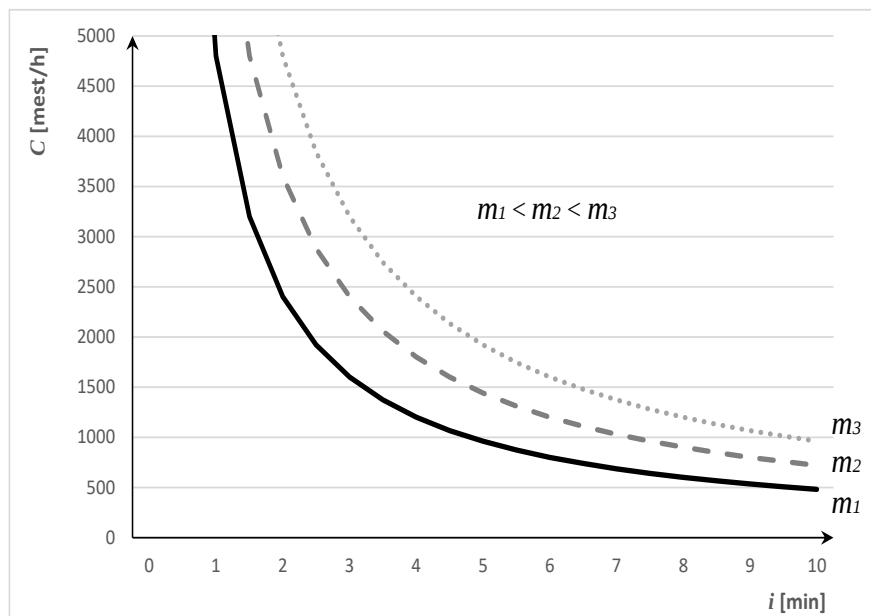
g – konstrukcijsko-eksploataciona grupa vozila

DINAMIČKI ELEMENTI LINIJE – KAPACITET LINIJE

DINAMIČKI (RADNI) KAPACITET LINIJE predstavlja stvarnu transportnu sposobnost linije (**C**) i predstavlja broj transportnih jedinica određenog kapaciteta koji prođe kroz karakteristični presek, u jednom smeru linije u jedinici vremena.

$$C = f \cdot N_o \cdot m = \frac{N_r}{T_o} \cdot N_o \cdot m \quad [\text{mesta}/\text{čas}]$$

Praktično posmatrano, dimamički (radni) kapacitet linije predstavlja planiranu sposobnost linije i predstavlja veličinu kojom se definiše i maksimalni broj putnika koji je linija sposobna od opsluži u posmatranoj jedinici vremena.



Slika. Zavisnost kapaciteta linije od intervala i broja vozila na radu

