

Tablica 1. Pretvaranje pojedinih vrsta vozila u uvjetne autojedinice

VRSTA VOZILA	Uvjetne autojedinice za...			
	Gradske ulice	Izvangradske ceste	Obilaznice	Prometne signale
Putnički automobili	1,0	1,0	1,0	1,0
Laka ter. vozila	3,0	1,75	2,8	1,75
Srednja ter. vozila	3,0	2,5	2,8	1,75
Teška ter. vozila	3,0	3,0	2,8	2,25
Autobusi	1,0	0,75	0,75	0,33
Motocikli	0,5	0,33	0,5	0,2

Tablica 2. Preračunavanje vozila u bruto tone i uvjetne autojedinice

VRSTA VOZILA	BRUTO TONE	UVJETNE AUTOJEDINICE
Bicikli	0,1	0,33
Motocikli	0,3	0,7
Putnički automobili	1,5	1,0
Autobusi	8,0	2,0
Laka ter. vozila	4,0	1,5
Srednja ter. vozila	8,0	2,0
Srednja ter. vozila s prikolicom i teška teretna vozila	20,0	3,5
Traktori	6,0	2,5
Radna vozila	20,0	4,0
Kola sa stočnom zapregom	2,0	2,0

Mehanika vožnje - brzina

Primjeri:

1. Vozilo je prevalo put od 2 km u vremenu od 80 sek. Izračunaj brzinu vozila u m/sek. Zadano je:

$$s = 2 \text{ km} \rightarrow 2000 \text{ m}$$

$$t = 80 \text{ sek}$$

$$v = ?$$

$$v = \frac{s}{t} (m / sek) = \frac{2000}{80} = 25 m / sek$$

2. Vozilo se kreće cestom brzinom od 90 km/h. Izračunaj brzinu vozila u m/sek. Zadano je:

$$V = 90 \text{ km/h}$$

$$v = ?$$

$$90 \text{ km} \rightarrow 90000 \text{ m}$$

$$1 \text{ h} \rightarrow 3600 \text{ sek}$$

$$v = \frac{s}{t} (m / sek) = \frac{9000}{3600} = 25 m / sek$$

3. Vozilo je prevalo put od 20 000 m u vremenu od 15 minuta. Izračunaj brzinu u km/h. Zadano je:

$$s = 20\,000 \text{ m} \rightarrow 20 \text{ km}$$

$$t = 15 \text{ min} \rightarrow 15:60 = 0,25 \text{ h}$$

$$V = ?$$

$$V = \frac{s}{t} (m / sek) = \frac{20}{0,25} = 80 km / h$$

Tablica 3. Tablica vrijednosti koeficijenata trenja (f)

Vrsta kolovoza	Koeficijent trenja (f)	
	Suhi kolovoz	Mokri kolovoz
Beton	0,85	0,70
Asfalt hrapavi	0,85	0,75
Asfalt glatki	0,60	0,45
Sitna kocka	0,80	0,75
Makadam	0,50	0,40
Blato na kolovozu	0,35	0,20
Poledica	0,10	0,05

Zaustavljanje vozila – rekonstrukcija

Primjeri:

1. Izračunaj zaustavni put za osobni automobil koji se kreće brzinom od 90 km/h, po ravnom, suhom i hrapavom asfaltnom kolovozu. Zbog iznenadnog razloga zaustavljanja vozač je reagirao u vremenu od 0,8 sek. Zadano je:

$$V = 90 \text{ km/h} \rightarrow v = 25,83 \text{ m/sek}$$

$$f = 0,85$$

$$t_r = 0,8 \text{ sek}$$

$$S_z = ?$$

$$S_r = t_r \cdot v = 0,8 \cdot 25,83 = 20,66m$$

$$S_k = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot f} = \frac{25,83^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,85} = \frac{667,18}{16,67} = 40,02m$$

$$S_z = S_r + S_k = 60,68m$$

2. Izračunaj zaustavni put vozila koje se kreće usponom od 6%. Brzina vozila je 57 km/h, kolovoz je betonski i mokar. Zbog iznenadnog razloga kočenja vozač je reagirao u vremenu od 0,7 sek. Zadano je:

$$V = 57 \text{ km/h} \rightarrow v = 15,8 \text{ m/sek}$$

$$p = 6\% \rightarrow 6/100 = 0,06$$

$$t_r = 0,7$$

$$f = 0,70$$

$$S_z = ?$$

$$S_k = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot (f + p)} (m) = \frac{15,8^2}{2 \cdot 9,81 \cdot (0,7 + 0,06)} = \frac{249,64}{14,91} = 16,74m$$

$$S_r = v \cdot t_r (m) = 15,8 \cdot 0,7 = 11,06m$$

$$S_z = S_r + S_k = 16,74 + 11,06 = 27,8m$$

3. Vozilo se kreće nizbrdicom od 5%. Kolovoz je suh i od sitne kocke. Put reagiranja vozača je 12 m. a put kočenja 24 m. Izračunaj kojom se brzinom vozilo kretalo niz nizbrdicu i zaustavni put vozila. Zadano je:

$$p = 5\% \rightarrow 5/100 = 0,05$$

$$f = 0,80$$

$$S_r = 12 \text{ m}$$

$$S_k = 24 \text{ m}$$

$$V = ?$$

$$S_z = ?$$

$$S_k = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot (f - p)} (m)$$

$$v = \sqrt{S_k \cdot 2 \cdot g \cdot (f - p)} (m / sek) = \sqrt{24 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot (0,8 - 0,05)} =$$

$$v = \sqrt{24 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 0,75} = \sqrt{353} = 18,79 m$$

$$V = v \cdot 3,6 (km / h) = 18,76 \cdot 3,6 = 67,65 km / h$$

$$S_z = S_r + S_k (m) = 12 + 24 = 36 m$$

$$S_r = v \cdot t_r$$

$$t_r = \frac{S_r}{v} = \frac{12}{18,79} = 0,64 s$$

4. Izmjereni trag kočenja vozila iznosi 35 m. Vozilo se kretalo po ravnom suhom asfaltnom kolovozu ($f = 0,60$). Izračunaj brzinu kretanja vozila u km/h na temelju tragova kočenja. Zadano je:

$$S_k = 35 \text{ m}$$

$$f = 0,60$$

$$V = ?$$

$$V = 15,9 \sqrt{f \cdot S_k} = 15,9 \sqrt{0,6 \cdot 35} = 73 km / h$$

$$V = 3,6 \sqrt{2 \cdot g \cdot f \cdot S_k} = 3,6 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,6 \cdot 35} = 73 km / h$$

5. Izračunaj brzinu vozila na temelju tragova kočenja na nizbrdici od 6%. Trag kočenja je 21 m. Kolovoz je mokar i od sitne kocke. Zadano je:

$$S_k = 21 \text{ m}$$

$$p = 6\% \rightarrow 6/100 = 0,06$$

$$f = 0,75$$

$$V = ?$$

$$V = 15,9 \sqrt{S_k (f - p)} = 15,9 \sqrt{21(0,75 - 0,06)} =$$

$$V = 15,9 \sqrt{14,49} = 15,9 \cdot 3,8 = 60 \text{ km/h}$$

Kočenje vozila

1. Put kočenja i usporenja pri kočenju

Kočenjem vozilo gubi brzinu kretanja, odnosno usporava se. Brzina se smanjuje u svakoj sekundi.

Primjer:

Vozilo se kreće brzinom od 54 km/h, usporenje vozila iznosi 5 m/sec². Koliko je vrijeme kočenja i prijeđeni put vozila?

$$V = 54 \text{ km/h}$$

$$v = 15 \text{ m/sec}$$

$$u = 5 \text{ m/sec}^2$$

Vrijeme zaustavljanja vozila iznosi:

$$t_t = \frac{v}{u} (\text{sek}) = \frac{15}{5} = 3 \text{ sek}$$

Tok smanjivanja brzine:

u 1.sekundi: od $v_1 = 15 \text{ m/sec}$, na $v_2 = 10 \text{ m/sec}$

u 2.sekundi: od $v_1 = 10 \text{ m/sec}$, na $v_2 = 5 \text{ m/sec}$

u 3.sekundi: od $v_1 = 5 \text{ m/sec}$, na $v_2 = 0 \text{ m/sec}$

Prijeđeni put (s) u pojedinim sekundama:

$$S_1 = \frac{v_1 + v_2}{2} \cdot t = \frac{15 + 10}{2} \cdot 1 = 12,5 \cdot 1 = 12,5 \text{ m}$$

$$S_2 = \frac{v_1 + v_2}{2} \cdot t = \frac{10 + 5}{2} \cdot 1 = 7,5 \cdot 1 = 7,5 \text{ m}$$

$$S_3 = \frac{v_1 + v_2}{2} \cdot t = \frac{5 + 0}{2} \cdot 1 = 2,5 \cdot 1 = 2,5 \text{ m}$$

Put kočenja (S_k) vozila je:

$$S_k = S_1 + S_2 + S_3 \dots (m)$$

$$S_k = 12,5 + 7,5 + 2,5 = 22,5 \text{ m}$$

T = težište vozila;
 G_1 = težina prednjeg dijela vozila (N);
 G_2 = težina stražnjeg dijela vozila (N);
 F_i = inercijska sila (N);
 L = razmak između osovina vozila (m);
 l_1 = udaljenost težišta od prednje osovine (m);
 l_2 = udaljenost težišta od zadnje osovine (m);
 ht = ukupna visina težišta od kolovoza (m),
 F_{k1} = sila kočenja prednjih kotača (N);
 F_{k2} = sila kočenja zadnjih kotača (N).

Sila kočenja prednjih kotača je:

$$F_{k1} = G \cdot f \frac{(l_2 + f \cdot ht)}{L} (N)$$

Sila kočenja zadnjih kotača je:

$$F_{k2} = G \cdot f \frac{(l_1 - f \cdot ht)}{L} (N)$$

Maksimalna sila kočenja je:

$$F_k = F_{k1} + F_{k2} (N)$$

$$F_k = F_i (N)$$

Sila kočenja na oblogama kočnica i na bubnju kočnice (F_{ko})
 izračunava se prema slijedećoj formuli:

$$F_{ko} = \frac{G}{g} \cdot u (N)$$

u = usporenje vozila (m/sek²); kreće se u granicama 3 - 5 m/sek²

Kočenje vozila

Primjeri:

1. Brutto težina vozila Z 640 iznosi 64746 N, osovinski razmak iznosi 3 m, visina težišta vozila nalazi se na 0,9 m. Vozilo se kreće po suhom i hrapavom asfaltnom kolovozu. Izračunaj ukupnu silu kočenja, silu kočenja prednjih i zadnjih kotača i silu na oblogama kočnica. Usporenje vozila je 3 m/sek².

Zadano je:

$$G = 64746 \text{ N} = 64,746 \text{ kN}$$

$$L = 3 \text{ m}$$

$$l_1 = 1,2 \text{ m}$$

$$l_2 = 1,8 \text{ m}$$

$$ht = 0,9 \text{ m}$$

$$f = 0,85$$

$$F_{k1}, F_{k2}, F_i, F_{ko} = ?$$

$$F_{k1} = G \cdot f \frac{(l_2 + f \cdot ht)}{L} (N) = 64746 \cdot 0,85 \cdot \frac{(1,8 + 0,85 \cdot 0,9)}{3} = 47054 N$$

$$F_{k2} = G \cdot f \frac{(l_1 - f \cdot ht)}{L} (N) = 64746 \cdot 0,85 \cdot \frac{(1,2 - 0,85 \cdot 0,9)}{3} = 7980 N$$

$$F_k = F_{k1} + F_{k2} (N) = 47054 + 7980 = 55034 N$$

$$F_k = G \cdot f (N) = 64746 \cdot 0,85 = 55034 N$$

$$F_{ko} = \frac{G}{g} \cdot 3 (N) = \frac{64746}{9,81} \cdot 3 = 6600 \cdot 3 = 19800 N$$

2. Pri rekonstrukciji kočenja vozila (bez prisilnog zaustavljanja) izmjeren je trag kotača od 22m na nizbrdici od 2,5% s koeficijentom trenja 0,65. U kojim granicama se kreće pretpostavljena brzina vozila uz toleranciju $\pm 5\%$?

$$S_k = 22 \text{ m}$$

$$f = 0,65$$

$$p = 0,025$$

$$V = ?$$

$$V = 3,6\sqrt{2 \cdot g \cdot S_k (f - p)} = 15,9\sqrt{22 \cdot (0,65 - 0,025)} = 59,1 \text{ km/h}$$

$$P = \pm 5\%$$

$$V = 59,1 \text{ km/h} \pm 5\% = 59,1 \text{ km/h} \pm 2,9 \text{ km/h}$$

$$56,2 \text{ km/h} \leq V \leq 62 \text{ km/h}$$

Poprečna stabilnost vozila

Primjeri:

1. Vozilo je ušlo u ravan horizontalni zavoj brzinom od 70 km/h. Izračunaj najveću dozvoljenu brzinu vozila kroz zavoj te graničnu brzinu prevrtanja vozila u zavoju.

Poznati su slijedeći podaci:

$$R_t = 80 \text{ m}$$

$$f_2 = 0,15$$

$$b = 1,8 \text{ m}$$

$$h_t = 0,8 \text{ m}$$

$$V = ?$$

$$V = 11,32 \sqrt{R_t \cdot f_2} = 11,32 \sqrt{80 \cdot 0,15} = 39,2 \text{ km/h}$$

$$V_{pr} = 11,32 \sqrt{R_t \cdot \frac{b}{2h_t}} = 11,32 \sqrt{80 \cdot \frac{1,8}{2 \cdot 0,8}} = 107,4 \text{ km/h}$$

2. Vozilo je ušlo u zavoj pod bočnim nagibom brzinom od 70 km/h. Izračunaj dozvoljenu brzinu vožnje vozila kroz zavoj i graničnu brzinu prevrtanja vozila u zavoju.

Poznati su slijedeći podaci:

$$R_t = 80 \text{ m}$$

$$b = 1,8$$

$$h_t = 0,8 \text{ m}$$

$$ipk = 4\%$$

$$f_2 = 0,15$$

$$V, V_{pr} = ?$$

$$V = 11,32 \sqrt{R_t \frac{(f_2 + ipk)}{(1 - f_2 \cdot ipk)}} (\text{km/h}) = 11,32 \sqrt{80 \frac{(0,15 + 0,004)}{(1 - 0,15 \cdot 0,004)}}$$

$$V = 11,32 \sqrt{80 \cdot 0,19} = 44,13 \text{ km/h}$$

$$V_{pr} = 11,32 \sqrt{R_t \cdot \frac{(b + 2ht \cdot ipk)}{(2ht - b \cdot ipk)}} (km/h) = 11,32 \sqrt{80 \frac{(1,8 + 2 \cdot 0,8 \cdot 0,04)}{(2 \cdot 0,8 - 1,8 \cdot 0,04)}}$$

$$V_{pr} = 11,32 \sqrt{80 \cdot 1,219} = 111,8 km/h$$

3. Izračunati poprečni nagib (%) horizontalne krivine radijusa 150 (m) ako se vozilo čiji je bočni razmak kotača 1,2 (m) s modulom stabilnosti 2:1 prevrće zbog utjecaja centrifugalne sile kod brzina većih od 141 (km/h).

$$R_t = 150 \text{ m}$$

$$b = 1,2 \text{ m}$$

$$V_{pr} = 141 \text{ km/h}$$

$$b : 2 = ht : 1 \rightarrow ht = 0,6 \text{ m}$$

$$V_{pr} = 11,32 \sqrt{R_t \cdot \frac{(b + 2ht \cdot ipk)}{(2ht - b \cdot ipk)}} (km/h)$$

$$\left(\frac{V}{11,32} \right)^2 = \frac{R_t (b + 2ht \cdot ipk)}{(2ht - b \cdot ipk)}$$

$$2ht \left(\frac{V}{11,32} \right)^2 - b \cdot ipk \cdot \left(\frac{V}{11,32} \right)^2 = R_t \cdot b + R_t \cdot 2ht \cdot ipk$$

$$R_t \cdot 2ht \cdot ipk + b \cdot ipk \cdot \left(\frac{V}{11,32} \right)^2 = 2ht \left(\frac{V}{11,32} \right)^2 - R_t \cdot b$$

$$ipk = \frac{2ht \left(\frac{V}{11,32} \right)^2 - R_t \cdot b}{R_t \cdot 2ht + b \cdot \left(\frac{V}{11,32} \right)^2} = \frac{2 \cdot 0,6 \left(\frac{141}{11,32} \right)^2 - 150 \cdot 1,2}{150 \cdot 2 \cdot 0,6 + 1,2 \cdot \left(\frac{141}{11,32} \right)^2}$$

$$ipk = \frac{186,177 - 180}{180 + 186,177} = \frac{6,177}{366,177} = 0,0163855 \cdot 100\% \approx 1,6\%$$

Uzdužna stabilnost vozila

Primjer:

1. Izračunaj maksimalni kut uspona i kut do kojeg pogonski kotači kamiona neće klizati po kolniku. Kolnik je od suhog i glatkog asfalta.

$$L = 4 \text{ m}$$

$$l_1 = 1,7 \text{ m}$$

$$l_2 = 2,3 \text{ m}$$

$$h_t = 1,1 \text{ m}$$

$$r_d = 491 \text{ mm}$$

$$f = 0,6$$

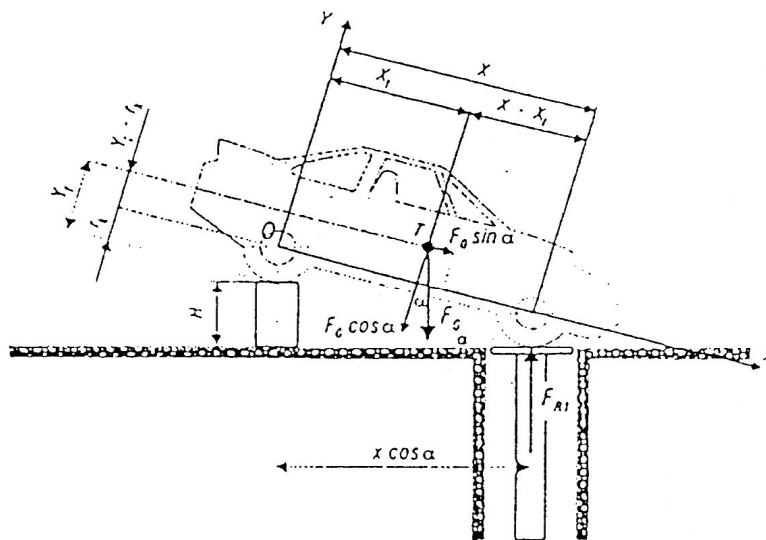
$$k = 0,01$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l_2 - f \cdot r_d}{h_t} = \frac{2,3 - 0,6 \cdot 0,491}{1,1} = \frac{2,3 - 0,2946}{1,1} = \frac{2,0054}{1,1} = \operatorname{tg} 1,82309 = 61^\circ$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{k \left(\frac{f}{L} - r_d \right) - l_1}{h_t - \frac{L}{f}} = \frac{0,01 \left(\frac{0,6}{4} - 0,491 \right) - 1,7}{1,1 - \frac{4}{0,6}} = \frac{0,01(0,15 - 0,491) - 1,7}{1,1 - 6,66666} =$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,01(-0,341) - 1,7}{-5,56666} = \frac{-0,00341 - 1,7}{-5,56666} = \frac{-1,70341}{-5,56666} = \operatorname{tg} 0,306 = 17^\circ$$

Slika 5. Vaganje vozila u nagnutom položaju



Postupak vaganja vozila u vodoravnom i nagnutom položaju:

1. Vaganje cijelog vozila u vodoravnom položaju, dobivanje težine G .
2. Vaganje prednjeg dijela vozila za dobivanje težine G_1 .
3. Izračunavanje težina stražnjeg dijela vozila $G_2 = G - G_1$.
4. Izračunavanje l_1 i l_2 :

$$l_1 = \frac{G_2 \cdot L}{G}$$

$$l_2 = \frac{G_1 \cdot L}{G}$$

5. Vaganje vozila u nagnutom položaju kako bi se dobila visina težišta od kolovoza (ht). Vozilo se postavi na vagu tako da mu se prednji dio digne za određeni kut α .
6. Na vagi se ponovo očita težina zadnjeg dijela vozila (G_2) koja se razlikuje od one kod koje je vozilo bilo mjereno u horizontalnom položaju.

Primjer:

Izračunaj koordinate težišta za terensko vozilo FAP 135. Vozilo je maksimalno opterećeno teretom.

Zadani su slijedeći podaci:

$$G = 136849 \text{ N}$$

$$G_1 = 39240 \text{ N}$$

$$G_2 = 97609 \text{ N}$$

$$G_2 = 107910 \text{ N}$$

$$\alpha = 10^\circ$$

$$L = 4,6 \text{ m}$$

$$r_s = 0,5^\circ$$

$$l_1, l_2, n, H, h, ht = ?$$

$$l_1 = \frac{G_2 \cdot L}{G} = \frac{97609 \cdot 4,6}{136849} = 3,29m$$

$$l_2 = L - l_1(m) = 4,6 - 3,29 = 1,31m$$

$$n = \frac{G_2 \cdot L \cdot \cos \alpha}{G} (m) = \frac{107917 \cdot 4,6 \cdot 0,9848}{136849} = \frac{488840,9}{136849} = 3,57m$$

$$H = L \cdot \sin 10^\circ (m) = 4,6 \cdot 0,1736 = 0,8m$$

$$h = \frac{L}{H} \cdot \frac{G_2 - G_1}{G} \cdot \sqrt{1 - \frac{H^2}{L^2}} (m) = \frac{4,6}{0,8} \cdot \frac{107910 - 97602}{136849} \cdot \sqrt{1 - \frac{0,8^2}{4,6^2}} =$$

$$h = 5,75 \cdot 0,075 \cdot 0,98 = 0,42m$$

$$ht = h + r_s(m) = 0,42 + 0,5 = 0,92m$$

Otpor pri kretanja vozila

Primjeri:

1. Ukupna težina vozila $G = 49050 \text{ N}$ (5000 kg), koeficijent otpora kotrljanja na betonu $k = 0,015$, brzine vozila $V = 54 \text{ km/h}$ ($v = 15 \text{ m/s}$). Izračunaj otpor kotrljanja i snagu potrebnu za savladavanje tog otpora.

$$O_k = G \cdot k = 49050 \cdot 0,015 = 735,75 \text{ N}$$

$$N_k = \frac{O_k \cdot v}{1000,6} = \frac{735,75 \cdot 15}{1000,6} = \frac{11036,25}{1000,6} = 11 \text{ kW (15 KS)}$$

2. Ukupna težina vozila iznosi $G = 49050 \text{ N}$ (5000 kg), postotak penjanja $p = 5\% = 0,05$, brzina vozila $V = 54 \text{ km/h}$. Izračunaj otpor penjanja vozila i snagu potrebnu za svladavanje tog otpora.

$$O_p = G \cdot p = 49050 \cdot 0,05 = 2452,5 \text{ N}$$

$$N_p = \frac{O_p \cdot v}{1000,6} = \frac{2452,5 \cdot 15}{1000,6} = 36,76 \text{ kW (50 KS)}$$

3. Brzina vozila je $V = 54 \text{ km/h}$, čeona površina putničkog vozila je $P = 2 \text{ m}^2$, koeficijent aerodinamičnosti vozila je $A = 0,3$. Izračunaj otpor zraka i snagu motora potrebnu za svladavanje tog otpora.

$$O_z = v^2 \cdot 0,618 \cdot P \cdot A (\text{N}) = 15^2 \cdot 0,618 \cdot 2 \cdot 0,3 = 83,43 \text{ N}$$

$$N_z = \frac{O_z \cdot v}{1000,6} (\text{kW}) = \frac{83,43 \cdot 15}{1000,6} = 1,25 \text{ kW}$$

4. Vozilo iz stanja mirovanja ubrzava s prosječno $2,5 \text{ m/s}^2$. Koja je dostignuta brzina (u km/h) i prijeđeni put (u m) na kraju 3. sekunde? Prikazati tijek i dijagram akceleracije.

$$a = 2,5 \text{ m/sek}^2$$

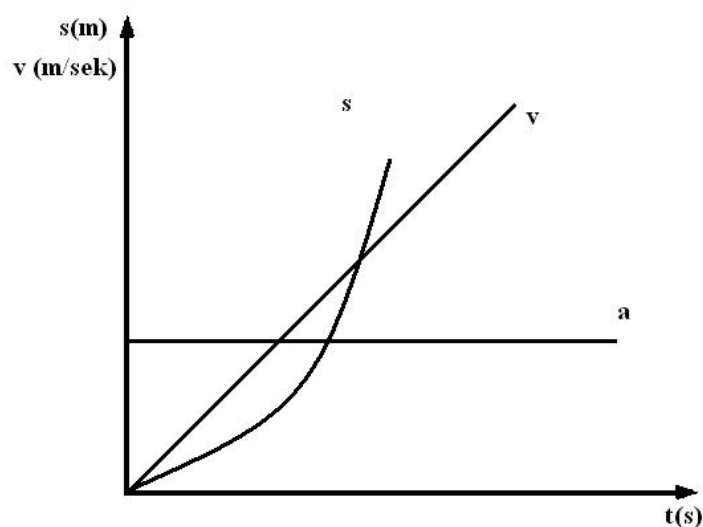
$$t = 3 \text{ sek}$$

$$v, s = ?$$

$$v = a \cdot t = 2,5 \cdot 3 = 7,5 \text{ m/s}$$

$$v = 7,5 \cdot 3,6 = 27 \text{ km/h}$$

$$s = v \cdot t = a \cdot t^2 = 22,5 \text{ m}$$



5. Ukupna težina vozila je $G = 49050 \text{ N}$, brzina vozila $V = 54 \text{ km/h}$, ubrzanje $a = 1,2 \text{ m/s}^2$. Izračunaj otpor ubrzanja vozila i snagu motora potrebnu za svladavanje tog otpora.

$$v = 15 \text{ m/s}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$O_a = \frac{G \cdot a}{g} (N) = \frac{49050 \cdot 1,2}{9,81} = 6000 \text{ N}$$

$$N_a = \frac{O_a \cdot v}{1000,6} (kW) = \frac{6000 \cdot 15}{1000,6} = 89,94 \text{ kW} = 122 \text{ KS}$$

6. Kolika je snaga motora lakog teretnog vozila kojem se pri brzini od 80 km/h pri referentnim uvjetima vožnje pružaju ukupni otpori od 7500 N?

$$V = 80 \text{ km/h} \rightarrow v = 22,22 \text{ m/sek}$$

$$O = 7500 \text{ N}$$

$$N_{kt} = ?$$

$$N_e = ?$$

$$N_{kt} = \frac{O \cdot v}{1000,6} = \frac{7500 \cdot 22,22}{1000,6} = 166,55 \text{ kW} = 226,5 \text{ KS}$$

$$N_e = \frac{N_{kt}}{0,9} = 185 \text{ kW} = 251,6 \text{ KS}$$

Pretjecanje vozila

Primjer:

Izračunaj put pretjecanja osobnog automobila koji pretječe tegljač. Brzina osobnoga automobila je 80 km/h, a dužina 5 m. Tegljač se kretao brzinom od 50 km/h. Dužina tegljača iznosi 10 m. Međusobna udaljenost vozila u vožnji iznosi 1,4 s_{kt}. Zadani su slijedeći podaci:

$$V_A = 80 \text{ km/h, odnosno } v_A = 22,2 \text{ m/sek}$$

$$V_B = 50 \text{ km/h, odnosno } v_B = 13,9 \text{ m/sek}$$

$$L_A = 5 \text{ m (putnički automobil)}$$

$$L_B = 10 \text{ m (teretno vozilo - tegljač)}$$

$$t_m = 1,4 s_{kt}$$

$$s_{mA} = t_m \cdot V_A(m) = 1,4 \cdot 22,2 = 31,1m$$

$$s_{mB} = t_m \cdot V_B(m) = 1,4 \cdot 13,9 = 19,5m$$

$$d_s = s_{mA} + s_{mB} + L_B(m) = 31,1m + 19,5m + 10 = 60,6m$$

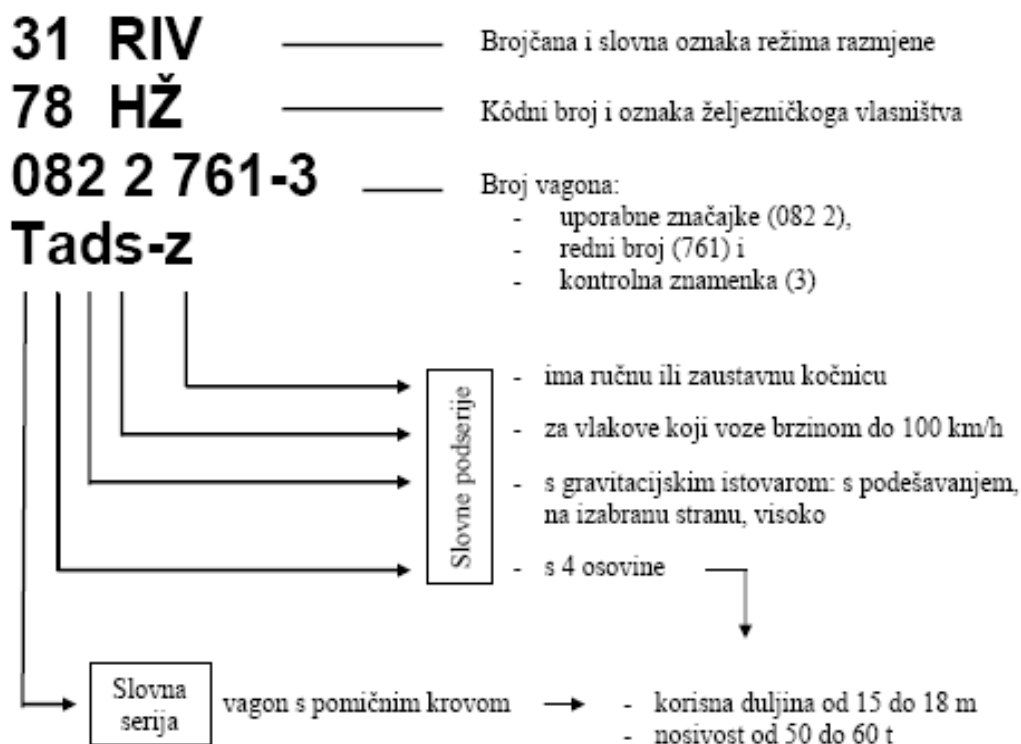
Željeznički promet

Sredstva željezničkog prijevoza predstavljena su vagonima za prijevoz putnika i vagonima za prijevoz tereta.

Vagoni su podijeljeni prema osnovnim značajkama u 13 serija koje se označavaju velikom latiničkim slovima E, F, G, H, I, K, L, O, R, S, T, U, Z. Daljnja podjela na podserije prema specifičnim tehničko-eksploatacijskim značajkama vagona dana je malim latiničkim slovima a, b, s, z...

Primjerice, oznaka **Tads-z** znači: **T** – vagon s pomičnim krovom, **a** – četveroosovinski vagon, **d** – vagon s gravitacijskim iskrcajem, **s** – sposoban za brzine do 100 km/h, **z** – opremljen ručnom kočnicom.

Slika 5. Brojčana i slovna oznaka vagona



Brzine vlakova i osovinsko opterećenje vagona

Primjeri:

1. Brutto masa 4-osovinskog G-vagona iznosi 78 t, a tara je 22,5 t. Treba provjeriti u kojem je slučaju moguće 100%-tno iskorištenje nosivosti vagona uzimajući u obzir i korisnu zapremninu koja iznosi 102 m³.

$$V = 102 \text{ m}^3$$

$v = ?$ – specifična zapremnina

$$Q_{br} = p_v + q_v$$

$$p_v = Q_{br} - q_k = 78 - 22,5 = 55,5$$

$$v = \frac{V}{p_k} = \frac{102}{55,5} = 1,83 \text{ m}^3 / t$$

Odgovor: Maksimalno iskorištenje nosivosti 4-osovinskih kola moguće je u slučaju utovara robe specifičnog volumena $v \leq 1,83 \text{ m}^3/t$.

2. Na pruži dopuštenog osovinskog opterećenja 200 kN u prometu su 2-osovinski G-vagon i 4-osovinski E-vagon. Tara G-vagona je 12 t, a koeficijent tare $\lambda = 0,4$. Nosivost E-vagona je 56 t, a koeficijent tare 0,39. Izračunati granicu tovarenja za E i G vagona.

2-os G-vagon

$$E_{OS} = 200 \text{ kN} \approx 20 \text{ t}$$

$$q_v = 12 \text{ t}$$

$$\lambda = 0,4$$

$$P_{tov} = ?$$

$$Q_{br} = E_{OS} \cdot N_{OS} = 20 \cdot 2 = 40 \text{ t}$$

$$P_{tov} = Q_{br} - q = 40 - 12 = 28 \text{ t}$$

$$\lambda = \frac{q}{p_v};$$

$$p_v = \frac{q}{\lambda} = \frac{12}{0,4} = 30 \text{ t}$$

Stvarna granica tovarenja s obzirom na dopušteno osovinsko opterećenje je 28 t, što je dozvoljeno u pogledu **konstrukcijske nosivosti vagona**, koja iznosi 30 t.

4-os E-vagon

$$E_{OS} = 200 \text{ kN} \approx 20 \text{ t}$$

$$p_v = 56 \text{ t}$$

$$\lambda = 0,39$$

$$P_{tov} = ?$$

$$Q_{br} = E_{OS} \cdot N_{OS} = 20 \cdot 4 = 80t$$

$$\lambda = \frac{q}{p_v};$$

$$q = \lambda \cdot p_v = 0,39 \cdot 56 = 21,8t$$

$$P_{tov} = Q_{br} - q = 80 - 21,8 = 58,2t$$

Stvarna granica tovarenja vagona s obzirom na dopušteno osovinsko opterećenje je 58,2 t, dok **konstrukcijska nosivost** iznosi 56 t.

Statičko i dinamičko opterećenje vagona

Primjeri:

1. Izračunati prosječno statičko i dinamičko opterećenje vagona ako se dva vagona natovarena s po 17 tona kreću 120 km, a tri vagona natovarena s po 23 tone 230 km.

$$P_s = \frac{\sum P}{U} = \frac{2 \cdot 17 + 3 \cdot 23}{2 + 3} = \frac{103}{5} = 20,6t / vagon$$

$$P_d = \frac{\sum PL}{\sum ns_{tov}}$$

$$\sum PL = P_1 \cdot L_1 + P_2 \cdot L_2 + \dots + P_n \cdot L_n (ntkm)$$

$$\sum PL = 2 \cdot 17 \cdot 120 + 3 \cdot 23 \cdot 230 = 19950 ntkm$$

$$\sum ns_{tov} = 2 \cdot 120 + 3 \cdot 230 = 930 vag.km$$

$$P_d = \frac{19950}{930} = 21,4t / vagon$$

2. Izračunati i usporediti statičko i dinamičko opterećenje vagona ako je stanica A izvršila utovar od 1600 tona robe u:

10 G-vagona upućenih za stanicu udaljenu 100 km

25 G-vagon upućenih za stanicu udaljenu 220 km

30 G-vagona upućenih za stanicu udaljenu 250 km

$$P_s = \frac{\sum P}{U} = \frac{1600}{10 + 25 + 30} = 24,6t / vagon$$

$$P_d = \frac{\sum PL}{\sum ns_{tov}} = \frac{10 \cdot 24,6 \cdot 100 + 25 \cdot 24,6 \cdot 220 + 30 \cdot 24,6 \cdot 250}{10 \cdot 100 + 25 \cdot 220 + 30 \cdot 250} =$$

$$= \frac{344440}{14000} = 24,6t / vagon$$

$$P_s = P_d$$

PROPUSNA MOĆ CESTOVNE I ŽELJEZNIČKE INFRASTRUKTURE

Propusna moć (kapacitet) prometnice - Teorija prometnog toka

Realno, ***prometni tok*** uvijek u svojem sastavu sadrži razne vrste vozila s isto tako raznim tehničkim značajkama, čija se ***heterogenost*** prikazuje postotnim udjelom pomoću jednadžbe:

$$P_{KV} = \frac{\sum q - q_{pa}}{\sum q} \cdot 100 [\%]$$

P_{KV} = udio osobnih vozila[%]

$\sum q$ = zbroj svih vozila u prometnom toku

q_{pa} = broj osobnih vozila u prometnom toku

Gustoća (koncentracija) prometnog toka D predstavlja broj vozila $N_{(t)}$ koja se u određenom trenutku t nalaze na jedinici duljine M prometnice, tj.:

$$D = \frac{N_{(t)}}{M}$$

Opća metoda izračunavanja propusne moći

Pri određivanju propusne moći ceste polazi se od ***propusne moći jedne prometne trake (C_1)*** kroz koju može, u uvjetima tzv. idealnog prometnog toka (isključivo osobna vozila), proći teorijski 1800 (voz/h), prema obrascu:

$$C_1 = \frac{3600}{\Delta t} = \frac{3600}{2} = 1800 \left[\frac{\text{voz}}{h} \right]$$

Δt = interval slijeda vozila, tj. vremenski razmak između dva uzastopna vozila (sek).

Propusna moć kreće se u granicama od 100 do 900 (voz/h) zbog brojnih limitirajućih graditeljskih i prometnih čimbenika.

Prema općoj metodi propusna moć jedne prometne trake iznosi:

$$C_1 = DV_{sr} = \frac{1000}{a_{sr}} V \left[\frac{\text{voz}}{h} \right]$$

D = gustoća prometnog toka (voz/km)

V_{sr} = srednja brzina prometnog toka (km/h)

a_{sr} = srednji razmak između prednjih rubova dva uzastopna vozila
 a_i i a_{i+1} (m)

Propusna moć višetrake ceste računa se prema jednadžbi:

$$C_v = k_v C_1$$

C_v = propusna moć višetrake ceste

k_v = koeficijent višetraknosti koji zbog tzv. "trenja" između susjednih prometnih tokova reducira linearno povećanje propusne moći prema tablici 10.

Tablica 4. Odnos koeficijenata višetraknosti i broja prometnih traka

BROJ PROMETNIH TRAKA	2	3	4
KOEFICIJENT VIŠETRAČNOSTI, k_v	1,80	2,60	3,40

Proširenom općom metodom propusna moć se izračunava prema sljedećim obrascima:

$$C_1 = \frac{3600v_{sr}}{L} \left(\frac{voz}{h} \right)$$

$$L = l + z + kv^2 + l_r(m)$$

$$\mu_i = \frac{b_i}{g} \quad l_r = t_r v(m)$$

$$k_i = \frac{1}{2g(\mu_i \pm p)} \Rightarrow k_1 > k_2 \rightarrow k = k_1 - k_2$$

$$k_2 > k_1 \rightarrow k = k_2 - k_1$$

L = najmanji dopušteni razmak između vozila (m)

v = srednja brzina prometnog toka (m/s)

l = duljina vozila (m)

z = sigurnosni razmak nakon zaustavljanja (m)

kv^2 = razlika putova kočenja (m)

k_i = koeficijent kočenja i-tog vozila

μ_i = koeficijent trenja između pneumatika i podloge i-tog vozila

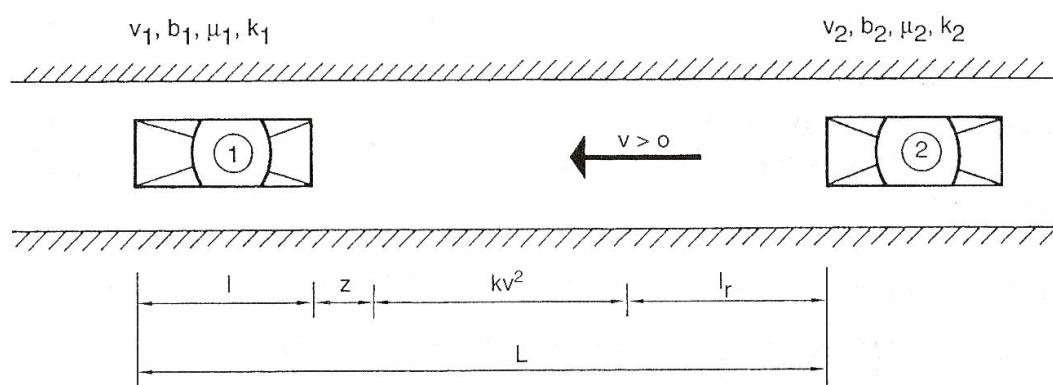
b_i = usporenje i-tog vozila (m/s²)

g = gravitacija (9,81 m/s²)

l_r = put reakcije vozača (m)

t_r = vrijeme reakcije vozača (0,5 - 1) sek

Slika 7. Parametri prometnog toka u analizi propusne moći



Primjer:

1. U analizi propusne moći prometnice utvrđen je najmanji dopušteni razmak (60,125 m) između dva uzastopna vozila reprezentativnog uzorka. Vozila su duljine 5 (m), a usporenje u prometnom toku se događa pri koeficijentu kočenja od 0,3 sa sigurnosnim razmakom nakon zaustavljanja od 2 m i reakcijom vozača od 0,5 sek. Treba izračunati srednju brzinu prometnog toka.

$$L = 60,125 \text{ m}$$

$$l = 5 \text{ m}$$

$$z = 2 \text{ m}$$

$$t_r = 0,5 \text{ s}$$

$$k_i = 0,3$$

$$v = ?$$

$$L = l + z + kv^2 + l_r$$

$$L = l + z + kv^2 + v \cdot t_r$$

$$kv^2 + v \cdot t_r + (l + z - L) = 0$$

$$0,3v^2 + 0,5v - 53,125 = 0$$

$$v_{1,2} = \frac{-0,5 \pm \sqrt{0,25 + 63,75}}{0,6} = \frac{-0,5 \pm 8}{0,6} \Rightarrow v_1 = 12,5; v_2 = -14,16$$

$$v_1 = v = 12,5 \text{ m / sek} \rightarrow 45 \text{ km / h}$$

2. Kolika je propusna moć trotračne prometnice koja na referentnoj dionici ima situiranih 25 vozila/prometna traka, čija je srednja brzina 30 km/h?

$$D = 25 \text{ voz/km}$$

$$v_{sr} = 30 \text{ km/h}$$

$$k_v = 2,60$$

$$C_v = ?$$

$$C_1 = D \cdot v_{sr} = 25 \cdot 30 = 750 \text{ voz / h}$$

$$C_v = k_v \cdot C_1 = 2,6 \cdot 750 = 1950 \text{ voz / h}$$

Metoda HCS (Highway Capacity Software)

Normanova metoda za izračunavanje **propusne moći ceste s dvije prometne trake, za dvosmjerni promet:**

$$N_1 = 2200 \cdot n_1 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot k_1 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

N_1 = propusna moć u oba smjera na cesti s dvije prometne trake za dvosmjerni promet [voz/h]

n_1 = broj prometnih traka u oba smjera

K_1 = korekcijski čimbenik utjecaja širine prometnih traka (tabl. 5.)

K_2 = korekcijski čimbenik utjecaja tipa prometnice i prometnih traka (tabl. 6.)

K_3 = korekcijski čimbenik udaljenosti bočne smetnje (tabl. 7.)

K_4 = korekcijski čimbenik utjecaja veličine i duljine uzdužnog nagiba (tabl. 8.)

k_1 = korekcijski čimbenik utjecaja sastava prometnog toka (tabl. 9.)

Tablica 5. Utjecaj širine prometnog traka na propusnu moć ceste

Širina prometnog traka (m)	Korekcijski čimbenik K_1		
	Prometnice bez fizički odvojenih smjerova vožnje		Prometnice s fizički odvojenim smjerovima vožnje
	2 traka	4 traka	
3,75	1,00	1,00	1,00
3,50	1,00	1,00	1,00
3,25	0,88	0,95	0,97
3,00	0,81	0,89	0,91
2,75	0,73	0,77	0,81

Tablica 6. Utjecaj tipa prometnice na propusnu moć ceste

Tip prometnice	Korekcijski čimbenik K_2	
	2 traka	4 traka
S fizički odvojenim smjerovima vožnje	1,00	0,90
Bez fizički odvojenih smjerova vožnje	0,65	0,85

Tablica 7. Utjecaj udaljenosti bočne smetnje na propusnu moć ceste

Udaljenost bočne smetnje (m)	Korekcijski čimbenik K_3					
	P r o m e t n i c e				Autoceste	
	2 traka		4 traka			
	smetnja s jedne strane	smetnje s obje strane	smetnje s jedne strane	smetnja s obje strane	smetnje s jedne strane	smetnje s obje strane
1,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,20	0,96	0,92	0,98	1,00	0,99	0,98
0,60	0,91	0,81	0,95	0,94	0,97	0,94
0,00	0,85	0,70	0,88	0,81	0,90	0,81

Tablica 8. Utjecaj duljine uzdužnog nagiba na propusnu moć ceste

Duljina uzdužnog nagiba (m)	Korekcijski čimbenik K_4											
	za osobne automobile					za teretna vozila i autobuse						
	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %
200	1,000	1,000	0,995	0,980	0,960	1,000	1,000	0,995	0,990	0,980	0,945	0,900
400	1,000	1,000	0,990	0,965	0,930	1,000	0,980	0,970	0,945	0,880	0,780	0,620
600	1,000	0,990	0,945	0,985	0,805	1,000	0,960	0,920	0,830	0,675	0,480	0,310
800	0,998	0,975	0,900	0,825	0,675	0,985	0,930	0,848	0,630	0,50	0,335	0,210
1200	0,973	0,920	0,790	0,650	0,460	0,935	0,840	0,640	0,455	0,360	0,260	0,170
1600	0,930	0,830	0,700	0,550	0,370	0,850	0,710	0,525	0,420	0,340	...	...
2400	0,845	0,740	0,627	0,490	...	0,750	0,600	...	...	...	...	...
3000	0,825	0,730	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Tablica 9. Utjecaj strukture prometnog toka na propusnu moć ceste

Udio kamiona i autobusa u prometnom toku [%]	0	2	4	6	8	10	14	20
Korekcijski čimbenik k_1	1,000	0,995	0,990	0,985	0,980	0,975	0,965	0,950
Udio kamiona i autobusa u prometnom toku [%]	30	40	50	60	70	80	90	100
Korekcijski čimbenik k_1	0,930	0,900	0,890	0,870	0,850	0,830	0,800	0,790

Primjer:

Metodom HCM izračunati propusnu moć četverotračne ceste bez fizički odvojenih smjerova kojom se odvija promet s dominantnim udjelom komercijalnih vozila (približno 40%), čije su prometne trake široke 3,00 m s obostranim bočnim smetnjama udaljenim od ruba kolnika prosječno 0,60 m. Na referentnoj dionici prometnice dugačkoj 1200 m izmjereno je prosječni uzdužni nagib od 5%.

$$K_1 = 0,89$$

$$K_2 = 0,85$$

$$K_3 = 0,94$$

$$K_4 = 0,36$$

$$n_1 = 4$$

$$k_1 = 0,9$$

$$N_1 = ?$$

$$N_1 = 2200 \cdot n_1 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot k_1$$

$$N_1 = 2200 \cdot 4 \cdot 0,89 \cdot 0,85 \cdot 0,94 \cdot 0,36 \cdot 0,9 = 2027,5 \text{voz} / h$$

Prijevozna i propusna moć željezničke pruge

Primjeri:

1. Izračunati minimalni broj teretnih vlakova koji u 24 sata trebaju prevesti 9500 t ako je prosječna bruto masa jednog vlaka 1500 t s 50% udjelom mase tereta u bruto masi vlaka.

$$P_p = 9500 \text{ t}$$

$$Q = 1500 \text{ t}$$

$$\pi = 0,5$$

$$n = ?$$

$$P_p = n \cdot Q \cdot \pi$$

$$n = \frac{P_p}{Q \cdot \pi} = \frac{9500}{1500 \cdot 0,5} = 12,66 \approx 13$$

2. Na jednokolosječnoj pruzi A – M stanični razmak je n – M sa slijedećim elementima grafikona:

$$t' = 9 \text{ min}$$

$$t'' = 8 \text{ min}$$

$$t_p' = 2 \text{ min}$$

$$t_p'' = 1,8 \text{ min}$$

$$t_z' = 1 \text{ min}$$

$$t_z'' = 0,9 \text{ min}$$

$$t_k' = 2,6 \text{ min}$$

$$t_k'' = 2,4 \text{ min}$$

$$t_{nd}' = 3 \text{ min}$$

$$t_{nd}'' = 3,4 \text{ min}$$

Na pruzi dnevno prometuje $N_t = 20$ teretnih vlakova i $N_p = 14$ putničkih vlakova. U grafikon se nakon ucrtavanja trasa putničkih vlakova moglo ucrtati 80 trasa teretnih vlakova. Izračunati:

- propusnu moć pruge u uvjetima paralelnog parnog grafikona i koeficijent skidanja.
- postotak iskorištenja propusne moći pruge za ukupni promet i posebno za promet teretnih vlakova.
- koliki mora biti period grafikona na ograničavajućem staničnom razmaku da se propusti 50 pari teretnih vlakova pri čemu je postotak iskorištenja propusne moći pruge 85%.

$$\begin{aligned} T_7 &= t' + t_z' + t_k'' + t_p'' + t'' + t_z'' + t_{nd}' \\ &= 9 + 1 + 2,4 + 1,8 + 8 + 0,9 + 3 \\ &= 26,1 \text{ min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_8 &= t_p' + t' + t_z' + t_k'' + t_p'' + t'' + t_k' \\ &= 2 + 9 + 1 + 2,4 + 1,8 + 8 + 2,6 \\ &= 26,8 \text{ min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_9 &= t_p' + t' + t_z' + t_k'' + t_p'' + t'' + t_z'' + t_k' \\ &= 2 + 9 + 1 + 2,4 + 1,8 + 8 + 0,9 + 2,6 \\ &= 27,7 \text{ min} \end{aligned}$$

$$n = \frac{1440}{T_{og}} = \frac{1440}{T_7} = \frac{1440}{26,1} = 55 \text{ pari vlakova}$$

$$E = \frac{n_{ts}}{N_p} = \frac{n - n_t}{N_p} = \frac{55 - 40}{7} = \frac{15}{7} = 2,1$$

b)

$$p = \frac{N_t + E \cdot N_p}{n} \cdot 100 = \frac{10 + 2,1 \cdot 7}{55} \cdot 100 = 44,9\%$$

$$p = \frac{N_t}{n_t} \cdot 100 = \frac{20}{80} \cdot 100 = 25\%$$

c)

$$T_{og} = \frac{1440}{n};$$

$$n = \frac{N_t + E \cdot N_p}{p} \cdot 100$$

$$= \frac{50 + 2,1 \cdot 7}{85} \cdot 100$$

$$= 76 \text{ pari vlakova}$$

$$T_{og} = \frac{1440}{76} = 18,94 \text{ min}$$

EKSPLOATACIJA VOZNOG PARKA

Mjerenje i optimizacija rada voznog parka

Primjeri:

1. U sedmodnevnoj eksploataciji voznog parka evidentirani su pogonski pokazatelji prema slijedećoj tabeli:

VOZILO	P	U	S	Č	P	S	N
1	r	r	n	n	r	g	g
2	g	r	r	r	n	g	r
3	r	n	n	n	r	r	r
4	g	n	r	r	r	r	r
5	g	r	r	r	r	r	n
6	n	r	g	g	g	g	g
7	r	n	r	r	r	n	r
8	g	g	g	r	r	r	r
9	r	r	r	r	n	r	r
10	r	r	n	g	g	n	r

- a) Koliki je broj ukupnih autodana vozila?
b) Koliki je broj autodana vozila u neispravnom stanju druge polovice voznog parka (garažni brojevi 6-10)?
c) Koliki je koeficijent tehničke ispravnosti cijelog voznog parka?

- a) Ukupni broj autodana vozila je:

$$br.vozila \cdot br.dana = 10 \cdot 7 = 70$$

- b) Ukupni broj autodana vozila u neispravnom stanju druge polovice auto parka iznosi 6.

- c)

$$k_i = \frac{R_v - N_v + G}{R_v + G} = \frac{40 - 14 + 16}{40 + 16} = \frac{42}{56} = 0,75 \cdot 100\% = 75\%$$

2. Kolika je veličina operativnog voznog parka koji godišnje obradi 40 000 t tereta s 20 postotnim prosječnim iskorištenjem nosivosti referentne vozne jedinice na terminalu? Koeficijent vremenske neravnomjernosti je 3, a izmjenjivost ekvivalentne JTS iznosi 1 (T_{uk}).

$$Q = 40\,000 \text{ t}$$

$$q = 20\% \rightarrow 0,2$$

$$y_t = 3$$

$$T_{uk} = 1$$

$$N_o = ?$$

$$N_o = \frac{Q \cdot y_t \cdot T_{uk}}{0,2 \cdot 365} = \frac{40000 \cdot 3 \cdot 1}{0,2 \cdot 365} = 1643,8 \approx 1644 \text{ komada}$$

Vozni park u željezničkom prijevozu

Primjeri:

1. Na jednokolosiječnoj pruzi A – B dužine 120 km, predviđeno je da prometuje 20 pari vlakova. Treba izračunati puni obrt lokomotive (Θ), puni obrt lokomotive sa servisiranjem (Θ_s), eksploatacijski obrt lokomotive (Θ_e) i potreban broj lokomotiva za izvršenje predviđenog obujma prometa, ako je:

- prosječna komercijalna brzina prema voznom redu $V_k = 30$ km/h
- ukupno stajanje lokomotive zbog servisiranja je $T_s = 26$ sati
- prosječno tajanje lokomotive u matičnom depou je $t_{mat} = 5$ sati, a u obrtnom depou $t_{ob} = 3,5$ sati

$$\Theta = \frac{2L}{V_k} + t_{mat} + t_{ob}$$

$$\Theta = \frac{2 \cdot 120}{30} + 5 + 3,5 = 16,5h$$

$$\Theta_s = \frac{2L}{V_k} + t_{mat} + t_{ob} + t_s$$

$$\Theta_s = \frac{2 \cdot 120}{30} + 5 + 3,5 + \frac{T_s}{N} = 17,8h$$

$$\Theta_e = \frac{2L}{V_k} + t_{ob}$$

$$\Theta_e = \frac{2 \cdot 120}{30} + 3,5 = 11,5h$$

$$M_v = K \cdot N$$

$$K = \frac{\Theta_s}{24} = \frac{17,8}{24} = 0,74$$

$$M_v = 0,74 \cdot 20 = 14,8 \approx 15 \text{ lokomotiva}$$

2. a) Izračunati potreban broj lokomotiva za matični depo A koji obavlja vuču na dvije pruge: A – B i A – C. Obrt lokomotive prema voznom redu, ne računajući servisiranje na pruzi A – B dužine 150 km, iznosi 11 sati, na pruzi A – C dužine 130 km iznosi 10 sati. Vrijeme servisiranja koje otpada na jedan obrt lokomotive iznosi 1,8 sati. Na pruzi A – B prometuje 16 pari vlakova, a na pruzi A – C 14 pari. Komercijalna brzina na obje pruge je 28 km/h.

b) Izračunati dnevni rad lokomotiva na pojedinim prugama (T_l)

a)

$$M_v = K \cdot N = \frac{\Theta}{24} \cdot N$$

$$M_v = \frac{11}{24} \cdot 16 + \frac{10}{24} \cdot 14 = 7,3 + 5,8 = 14 \text{ lokomotiva}$$

Uzimajući u obzir servisiranje:

$$M_v = \frac{11 + 1,8}{24} \cdot 16 + \frac{10 + 1,8}{24} \cdot 14 = 8,5 + 6,8 = 15,3 \approx 16 \text{ lokomotiva}$$

b) pruga A - B

$$S = \frac{2L}{K} = \frac{48L}{\Theta_s} = \frac{48 \cdot 150}{12,8} = 562,5 \text{ km / dan}$$

$$T_l = \frac{S}{V_k} = \frac{562,5}{28} = 20 \text{ sati / dan}$$

pruga A - C

$$S = \frac{48L}{\Theta_s} = \frac{48 \cdot 130}{11,8} = 528,8 \text{ km / dan}$$

$$T_l = \frac{528,8}{28} = 18,8 \text{ sati / dan}$$

Stanični intervali

Projektirana propusna moć predstavlja najveći mogući broj vlakova koji se mogu otpremiti na dijelu pruge najmanje propusne moći, zadovoljavajući pri tome uvjete sigurnog prometovanja.

Stanični intervali mogu se definirati kao vrijeme potrebno za ukrštenje, promjenu sigurnog puta vožnje, sporazumijevanje između stanica, itd.

Primjeri:

1. Izračunati i geometrijski (gafički vozni red) odrediti mjesto i vrijeme susreta dvije željezničke kompozicije između Zagreba i Rijeke (230 km). Vlak iz Zagreba kreće se prosječnom brzinom 65 (km/h) i polazi u 14 h 36 min, a iz Rijeke kreće u 15 h 00 min s brzinom 50 (km/h).

$$s = 230 \text{ km}$$

$$v_1 = 65 \text{ km/h} \rightarrow \text{kreće u 14:36 h}$$

$$v_2 = 50 \text{ km/h} \rightarrow \text{kreće u 15:00 h}$$

$$t = ?$$

$$t_1 = t_2 + 24 \text{ min} = t_2 + 0,4h$$

$$s = s_1 + s_2$$

$$s = t_1 \cdot v_1 + t_2 \cdot v_2$$

$$230 = t_1 \cdot 65 + t_2 \cdot 50$$

$$230 = (t_2 + 0,4) \cdot 65 + t_2 \cdot 50$$

$$230 - 26 = t_2(65 + 50)$$

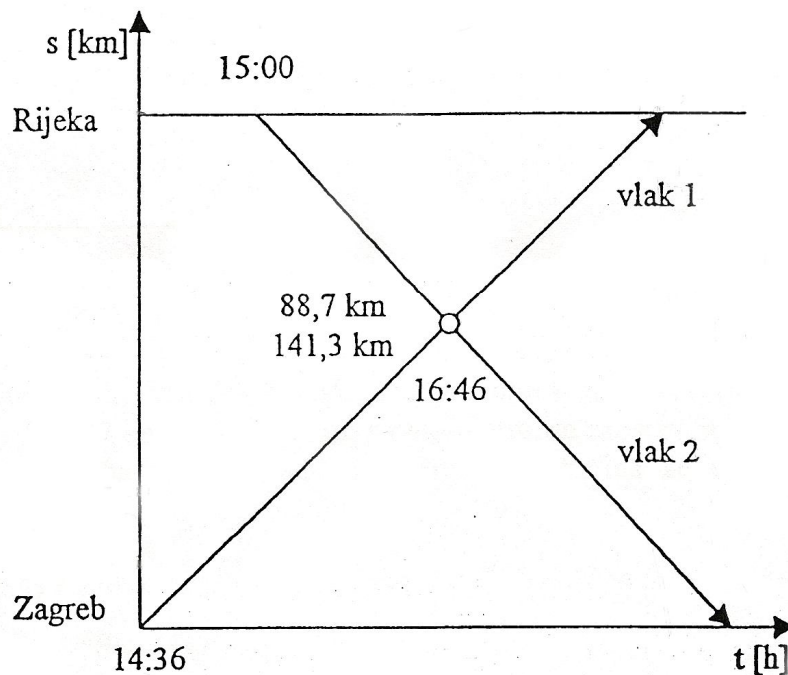
$$t_2 = \frac{204}{115} = 1,774$$

$$s_2 = t_2 \cdot v_2 = 1,774 \cdot 50 = 88,7 \text{ km}$$

$$s_1 = s - s_2 = 230 - 88,7 = 141,3 \text{ km}$$

$$t_1 \rightarrow 14:36 + 2:10 \Rightarrow 16h46 \text{ min}$$

$$t_2 \rightarrow 15:00 + 1:46 \Rightarrow 16h46 \text{ min}$$



2. Željeznička kompozicija kreće se iz mjesta polaska prosječnom brzinom 48 (km/h). S intervalom slijeda od 30 min kreće iz iste pozicije slijedeći vlak brzinom 66 (km/h). Izračunati te odrediti mjesto i vrijeme sustizanja sporije željezničke kompozicije.

$$v_1 = 48 \text{ km/h}$$

$$v_2 = 66 \text{ km/h}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ h} \rightarrow 30 \text{ min}$$

$$t_1, t_2, s = ?$$

$$t_1 = t_2 + 0,5h$$

$$s_1 = s_2$$

$$v_1 \cdot t_1 = v_2 \cdot t_2$$

$$48 \cdot (t_2 + 0,5) = 66 \cdot t_2$$

$$66 \cdot t_2 - 48 \cdot t_2 = 48 \cdot 0,5$$

$$t_2 = \frac{24}{18} = 1,333h \Rightarrow t_2 = 1h20min$$

$$t_1 = 1h50min$$

$$s = v_2 \cdot t_2 = 66 \cdot 1,333 = 87,78km \approx 88km$$

3. Upišite vremena prolaska željezničke kompozicije u tabelu, ako je prosječna brzina vlaka 50 km/h, s polaskom iz Zagreba u 16 h 40 min.

	Zagreb	Karlovac	Ogulin	Moravice	Delnice	Rijeka
Stacionaža	00+0	52+6	108+9	138+7	167+9	228+7
Vrijeme	16:40	17:43	18:51	19:27	20:02	21:15

$$v = 50 \text{ km/h}$$

Polazak iz Zg u 16:40 h

Karlovac :

$$s_1 = 52,6 \text{ km}$$

$$t_1 = \frac{s_1}{v} = \frac{52,6}{50} = 1,052 \text{ h} \approx 1 \text{ h } 3 \text{ min}$$

Ogulin :

$$s_2 = 108,9 \text{ km}$$

$$t_2 = \frac{s_2}{v} = \frac{108,9}{50} = 2,178 \text{ h} \approx 2 \text{ h } 11 \text{ min}$$

Moravice :

$$s_3 = 138,7 \text{ km}$$

$$t_3 = \frac{s_3}{v} = \frac{138,7}{50} = 2,774 \text{ h} \approx 2 \text{ h } 47 \text{ min}$$

Delnice:

$$s_4 = 167,9 \text{ km}$$

$$t_4 = \frac{s_4}{v} = \frac{167,9}{50} = 3,358 \text{ h} \approx 3 \text{ h } 22 \text{ min}$$

Rijeka :

$$s_5 = 228,7 \text{ km}$$

$$t_5 = \frac{s_5}{v} = \frac{228,7}{50} = 4,574 \text{ h} \approx 4 \text{ h } 35 \text{ min}$$