



Željeznica

Općenito o željeznicama

- Željeznice su prometna sredstva kod kojih su kotači vozila prisilno vođeni po metalnom putu.
- Prisilno vođenje vozila postiže se ispustom vijenca na obodu kotača koji sprečava skretanje vozila s točno određenog puta.
- Kod kretanja vozila po kolosijeku prisutni su vrlo mali otpori kotrljanja (10 puta manji nego otpor pneumatika na kolniku).

Prednosti željeznice u usporedbi s drugim prometnim sredstvima

1. Temporalna sposobnost

- prisilnost vođenja, vožnja "na slijepo", vozi po signalima
- dugi zaustavni putovi (često duži i od 1 km) i oni onemogućuju kod većine željeznica vožnju na vid kako je to slučaj na cestama.

2. Kvantitativna sposobnost

- *apsolutna sposobnost* je da se jednom dvokolosječnom prugom može prevesti kao i na 20 autocesta.
- *relativna sposobnost* ograničena je za željeznicu, naime vlak ne vozi u vremenskim razmacima već u prostornim razmacima
 - u jednom prostornom razmaku zaštićenom obostrano glavnim signalima, smije se u isto vrijeme nalaziti samo jedan vlak, a drugi vlak može u taj razmak ući tek pošto je prethodni vlak taj razmak napustio
- *sposobnost prijevoza teških tereta.*

3. Kvalitativna sposobnost

- sigurnost, redovitost i točnost, frekvencija prometne ponude, prilagodljivost, udobnost, brzina
- u pogledu sigurnosti željeznice stoje na prvom mjestu
- u pogledu redovitosti i točnosti također zauzimaju vodeću poziciju

4. Ekonomska sposobnost - zbog malih otpora i dugih vlakova potrebni su mali pogonski troškovi

5. Vojna sposobnost – sve se više smanjuje jer je dovoljno oštetiti 1 m' tračnice i vlak ne vozi

6. Regionalna sposobnost - željeznice su znatno osjetljivije na uspone i krivine u odnosu na cestovni promet.

Povijesni razvoj željeznice

- Prisilno vođenje vozila prvi puta se primjenjuje u njemačkim rudnicima sredinom 16. stoljeća.
- Oko 1767. godine Reynolds izrađuje platice iz lijevanog željeza za zamjenu dotrajalih drvenih gredica
- U početku su tračnice ležale na pojedinačnim osloncima.
- Nakon otkrića parnog stroja (James Watt 1759. god.) počinje primjena parnog stroja na željezničkom vozilu.
- George Stephenson prvi uočava da je za razvoj željeznica bitno ne samo prijevozno sredstvo (vozilo) već i kolosijek po kojem se odvija promet.
- Prva željeznica javnog pometala bila je otvorena 1825. godine u Engleskoj na relaciji: Stockton-Darlington.
- Prva pruga na području Hrvatske izgrađena je 1860. godine na relaciji: Kotoriba-Čakovec.

Podjela željeznica

1. PREMA SVRSI

A. ŽELJEZNICE JAVNOG PROMETA

I. Željeznice dalekog prometa

1. Normalne željeznice (širina kolosijeka 1435 mm)

- a) Glavne pruge
 - Glavne pruge 1. reda
 - Glavne pruge 2. reda
- b) Sporedne pruge (pruge 3. reda)

2. Uskotračne željeznice

- a) Glavne pruge
- b) Sporedne pruge

II. Željeznice bliskog prometa

- 1. Brze gradske željeznice
 - a) Nadzemne
 - b) Podzemne
- 2. Cestovne željeznice (tramvaji)
- 3. Male željeznice (slične sporednim prugama)

B. ŽELJEZNICE KOJE NE SLUŽE JAVNOM PROMETU (normalne i uskotračne)

I. Industrijski priključci

II. Industrijske željeznice (šumske, rudarske, poljoprivredne)

III. Željeznice najnižeg ranga (radni i provizorni kolosijeci)

2. PREMA TEHNIČKIM UREĐAJIMA

A. ADHEZIJSKE ŽELJEZNICE

1. Klasične na dvije tračnice
2. Jednotračničke željeznice
 - s kolosijekom dolje
 - viseće

B. SPECIJALNE ŽELJEZNICE

I. Zupčaste željeznice

1. Čiste zupčaste željeznice
2. Mješovite zupčaste

II. Žičare (žičane željeznice)

1. Stabilne žičare (uspinjače)
2. Viseće žičare
 - a) s jednim užetom
 - b) s dva užeta (pogonsko i nosivo uže)

3. PREMA ŠIRINI KOLOSIJEKA

- **ŠIRINA KOLOSIJEKA** - udaljenost između unutrašnjih rubova tračnica mjenog 14 *mm* ispod vozne površine kod pruga normalne širine kolosijeka, dok se kod uskotračnih pruga širina kolosijeka mjeri na 12 (10) *mm* ispod vozne površine.
- **1887.** god. na internacionalnoj konferenciji u Bernu, širina kolosijeka od 1435 *mm* proglašena je **NORMALNOM ŠIRINOM KOLOSIJEKA**.
- Sve željeznice sa većom širinom zovemo širokotračnim željeznicama, a s užom širinom uskotračnim željeznicama.

Rasprostranjenost pojedinih širina kolosijeka u svijetu:

1. Normalna širina kolosijeka ($\text{š} = 1435 \text{ mm}$) - 70 %
2. Širokotračne željeznice ($\text{š} > 1435 \text{ mm}$) - 15%
3. Uskotračne željeznice ($\text{š} < 1435 \text{ mm}$) - 15%

Širokotračne željeznice:

- 1676 mm – Španjolska
- 1665 mm - Portugal
- 1600 mm - Irska
- 1524 (1820) mm – Rusija
- 1448 mm - SAD

Uskotračne željeznice:

- 1067 mm - Južna Afrika
- 1000 mm – Jugoistočna Azija (Vietnam, Thailand...)
- 1000 mm - tramvajski promet ($R=18 \text{ m}$)
- 760, 600, 380 mm

Slobodni i tovarni profil

Da bi se vozilima omogućio nesmetan prolaz na prugama npr. normalne širine kolosijeka, dimenzije vozila moraju biti unutar profila koji je propisala međunarodna željeznička unija (UIC).

Tovarni (krcajni) profil je ograničen prostor u poprečnom presjeku iz kojeg nakrcana željeznička vozila ne smiju izlaziti niti jednim svojim dijelom.

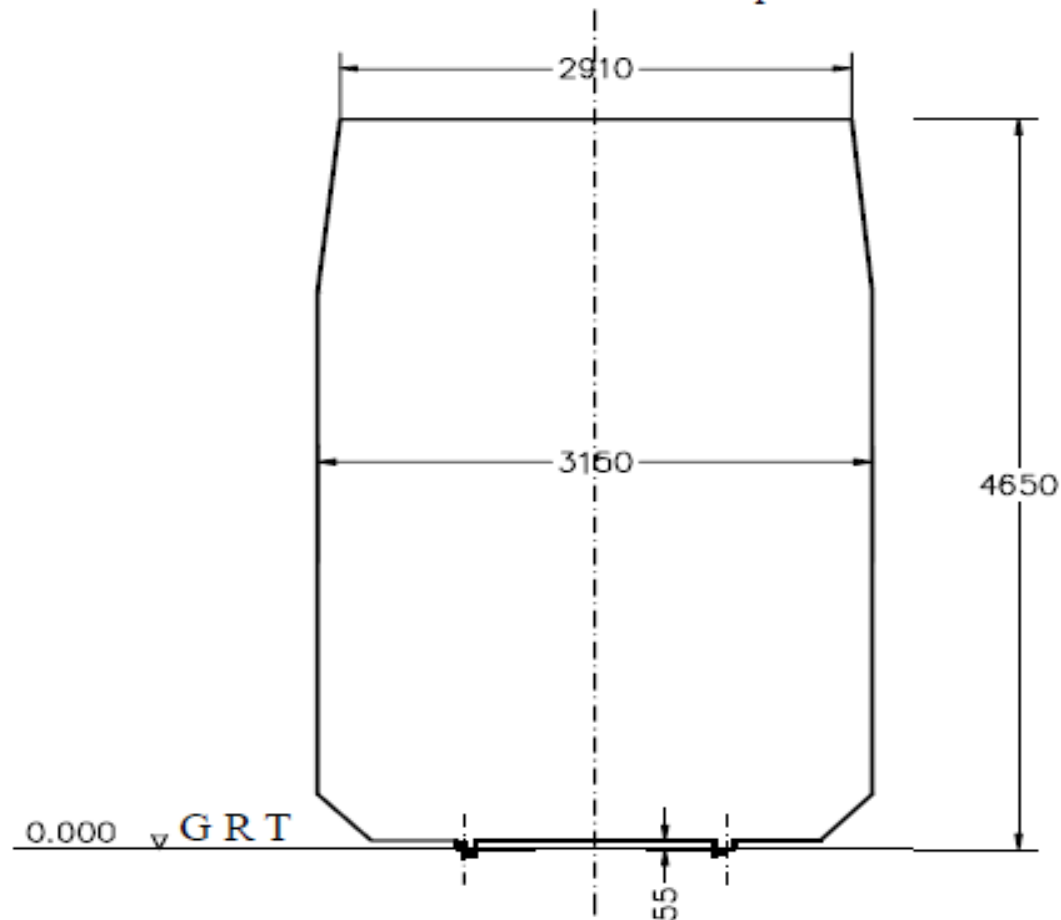
Iz tovarnog profila ne smije ništa izlaziti van.

Navedeni profil kontrolira se odgovarajućim napravama.

Slobodni profil je ograničen prostor u poprečnom presjeku u koji ne smije ništa zadirati izvana (dijelovi uređaja i pružnih građevina, signali, naslage gradiva itd.).

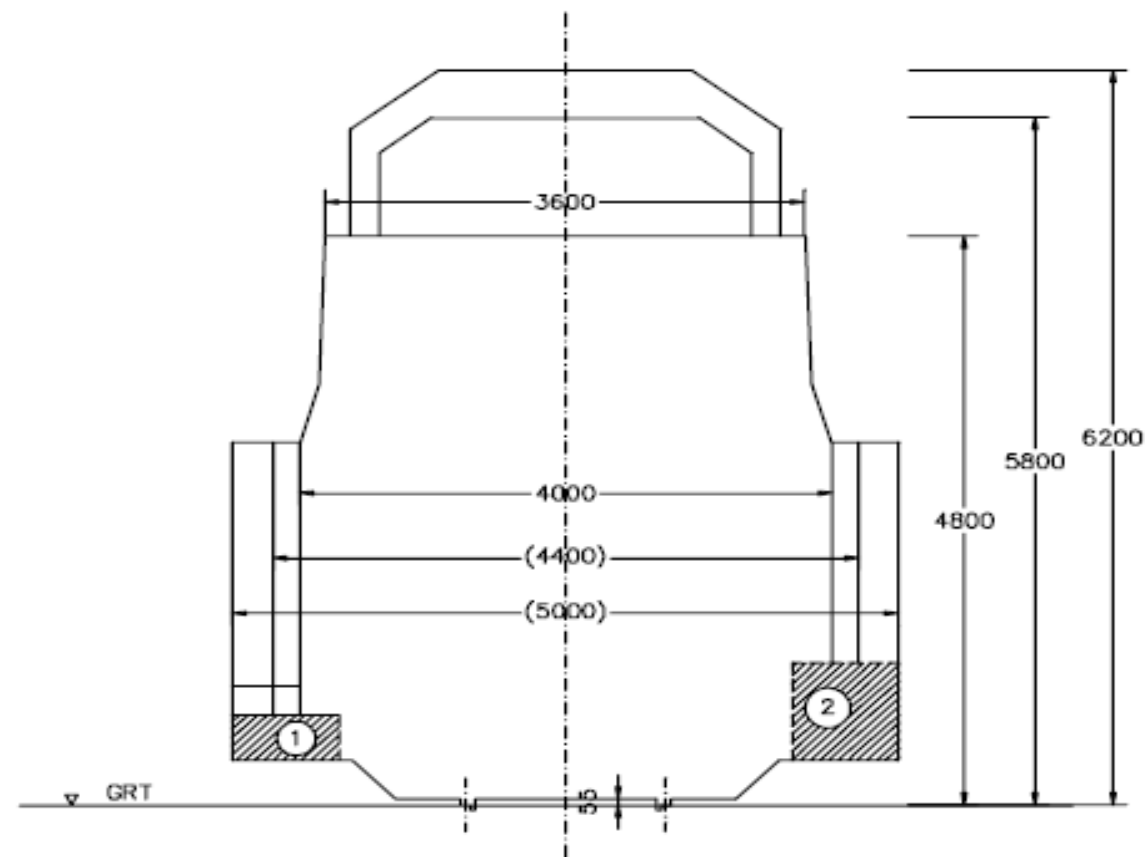
TOVARNI PROFIL

Prema UIC – C₁



SLOBODNI PROFIL

Prema UIC – C₁



1. ograničenje slobodnog prostora za smještaj perona
 2. ograničenje slobodnog prostora za smještaj ukrcajno istovarnih rampi
- 5800 mm – visina za pantograf na postojećim prugama (iznimno i manje)
6200 mm – visina za pantograf za nove pruge

Slobodni profil je veći od tovarnog zbog:

- ⇒ nepravilnosti na kolosijeku (na geometriji)
- ⇒ nepravilnostima u teretu
- ⇒ prolaza kroz krivine
- ⇒ sigurnosnih razloga
- ⇒ grešaka na vozilima

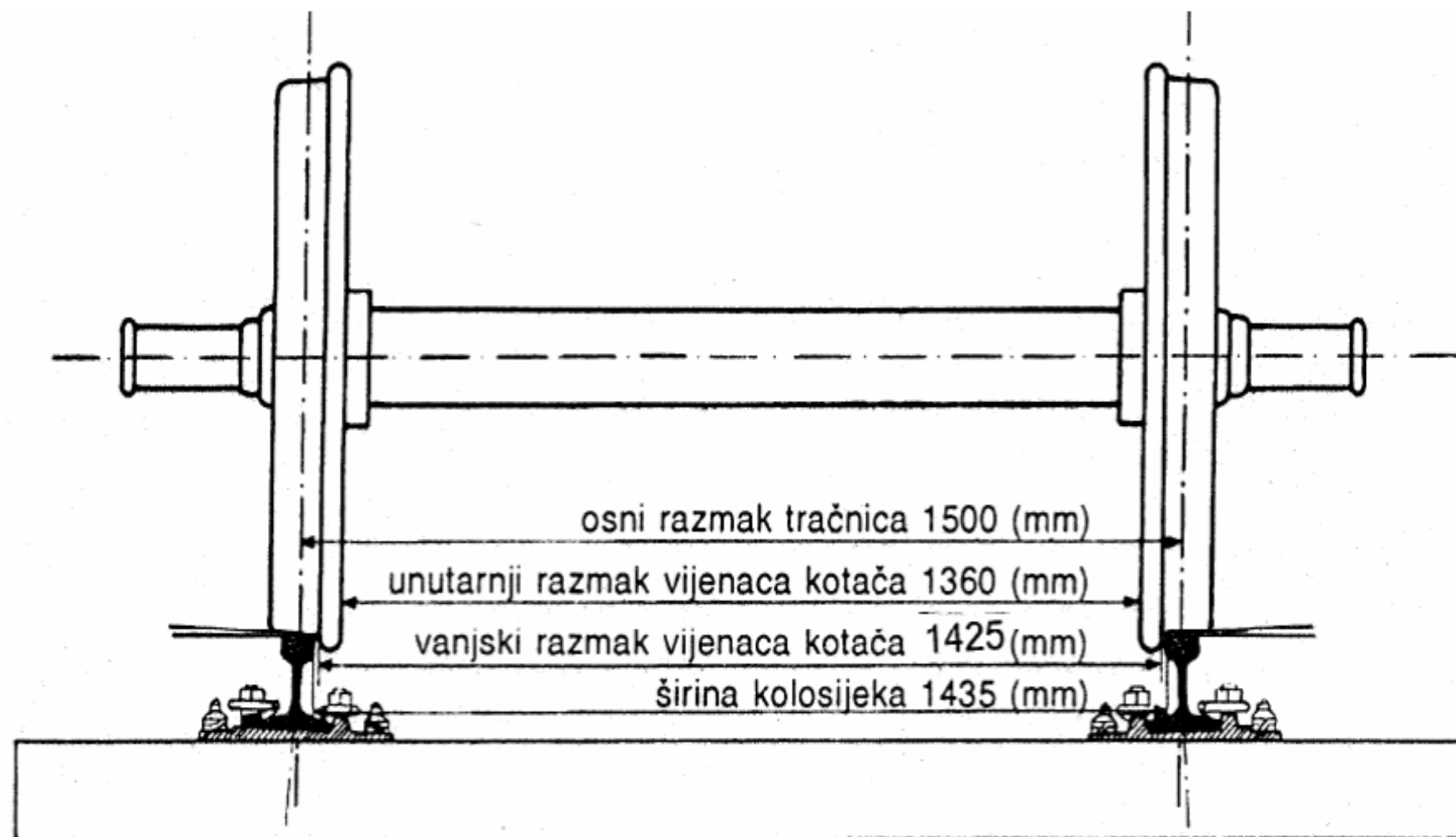
Međunarodne oznake:

RIV - *za teretne vagone*

RIC - *za putničke vagone*

OSOVINSKI SKLOP (KOLSKI SLOG) I VIJENAC KOTAČA

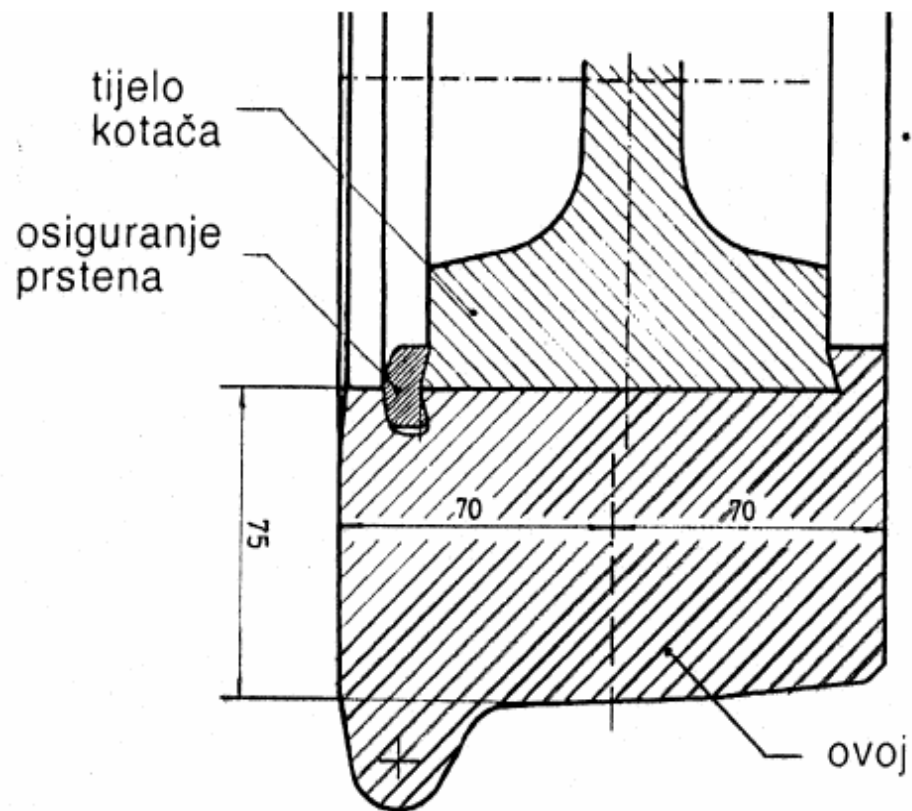
Osovinski sklop (kolski slog)



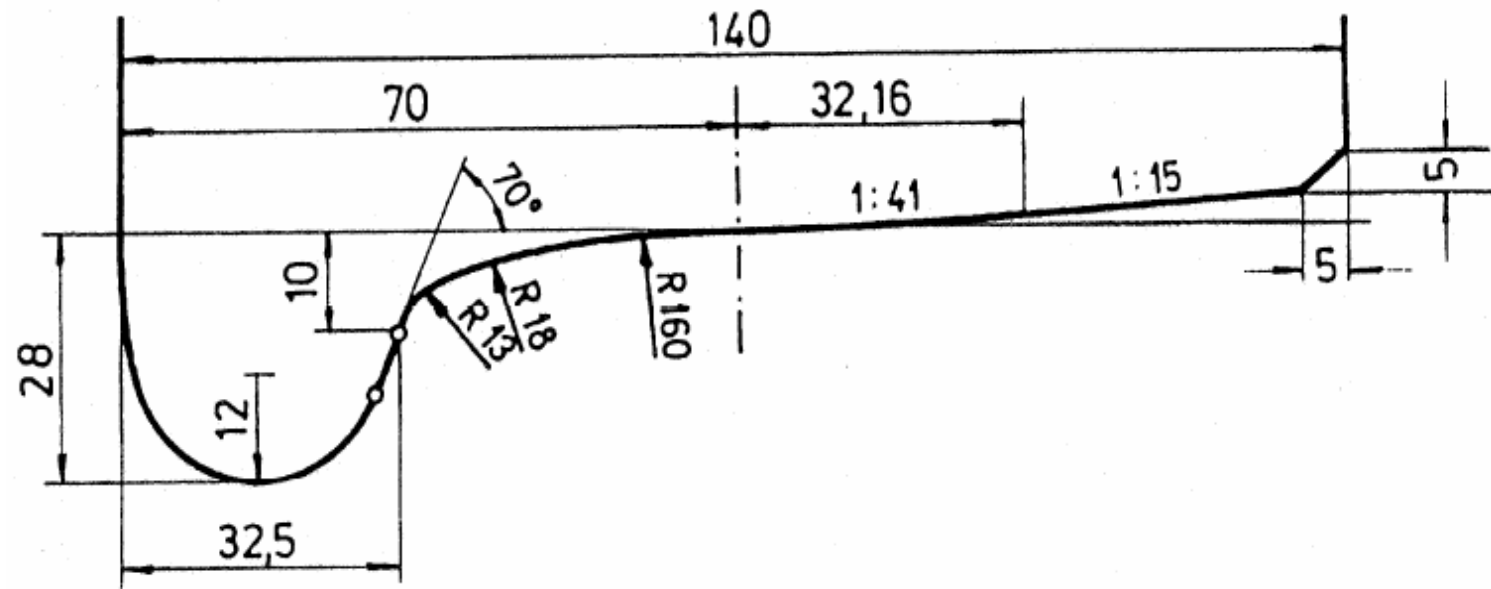
Kotač

Dio vozila koji svojim kotrljanjem po tračnicama omogućuje kretanje vozila prugom. Može biti izveden kao *dvodijelni* ili kao *jednodijelni* (monoblok).

Vijenac kotača (ovoj kotača)



Profil kotača



Dvodijelni kotač

- sastoji se od tijela i ovoja (bandaža)
- na dvodijelnim je kotačima ovoj (bandaža) vanjski prstenasti dio preko kojeg se kotač oslanja na tračnicu
- ovoj se postavlja na tijelo u vrućem stanju da bi se nakon hlađenja ostvario čvrsti spoj
- poseban prsten na tijelu kotača štiti ovoj od ispadanja ako popuste veze (pri većim zagrijavanjima, npr. pri dugotrajnom kočenju)
- dvodijelni kotač omogućava zamjenu ovoja kada se istroši (ušteta na materijalu jer se ne mora mijenjati čitavi kotač)

Jednodijelni kotač

- sigurniji je u pogonu zbog manje opasnosti od pucanja
- kolni slog je sa jednodijelnim kotačima lakši

Kolodvori

- osnovna jedinica u željezničkom prometu
- veće prometno mjesto prometno-transportne službe na pruzi u kojemu se obavljaju **prometne i pogonske** operacije
- mjesta na kojima se vozila redovito zaustavljaju, bilo iz prometnih ili pogonskih potreba

Prometne operacije:

- ☐ ukrcavanje, iskrcavanje i otprema putnika
- ☐ utovar, istovar i otprema robe

Pogonske operacije:

- ☐ sastavljanje i rastavljanje vlakova
- ☐ usklađivanje reda vožnje
- ☐ pregled, čišćenje i održavanje vozila

POSTAJA je manje prometno mjesto na pruzi, do tri prolazna kolosijeka na jednokolosiječnoj pruzi odnosno do četiri prolazna kolosijeka na dvokolosiječnoj pruzi.

KOLODVOR je veće prometno mjesto na pruzi. Mora imati: određen broj kolosijeka, signalno-sigurnosne uređaje, sredstva veze te postrojenja za lokalni putnički i teretni promet.

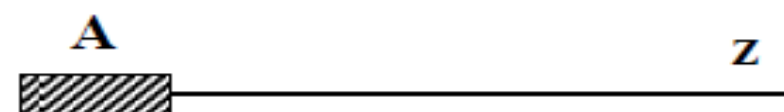
Kod velikih kolodvora u velikim gradovima postoji potreba odjeljivanja prometnih i pogonskih uređaja u zasebne kolodvore.

Kod većine malih i srednjih kolodvora, oni služe i prometu i pogonu.

PODJELA KOLODVORA

1) Prema položaju u mreži

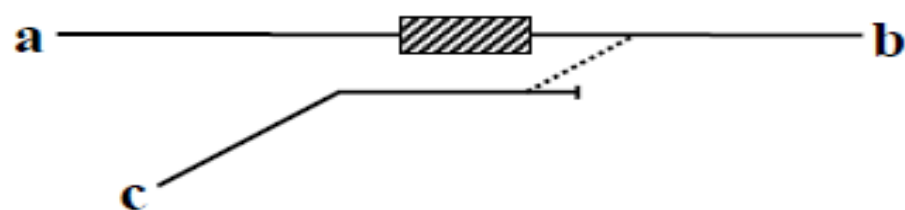
a) Početni ili završni kolodvor



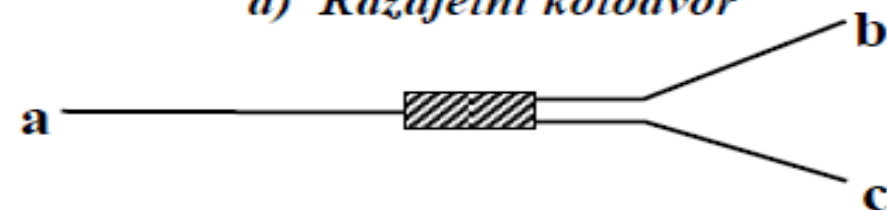
b) Međukolodvor



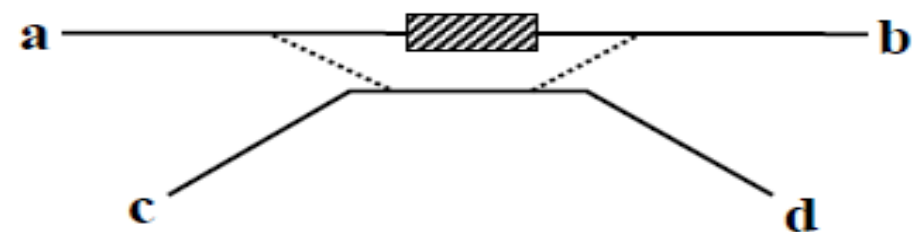
c) Priključni kolodvor



d) Razdjelni kolodvor



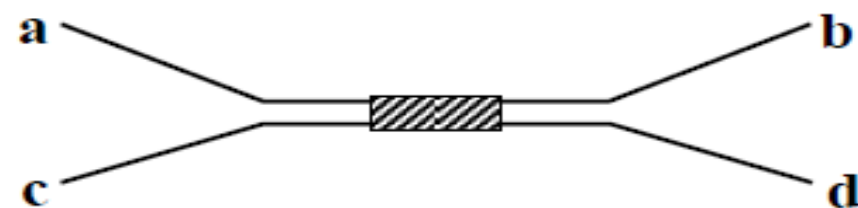
e) Dodirni



''a – b'' – glavna pruga

''c – d'' – sporedna pruga

f) Ukrasni kolodvor



$a \leftrightarrow b$

$c \leftrightarrow b$

$a \leftrightarrow d$

$c \leftrightarrow d$

a

b

$\updownarrow$

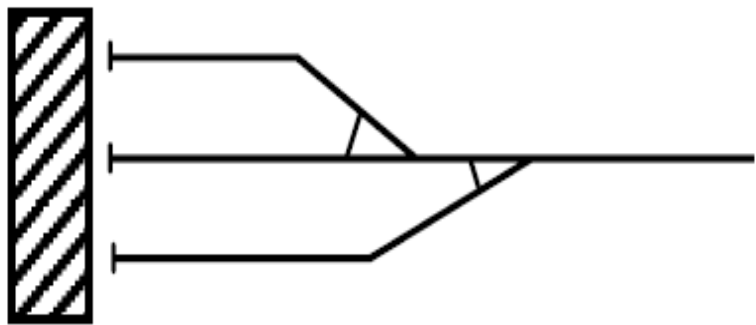
$\updownarrow$

c

d

2) Prema tlocrtnom obliku

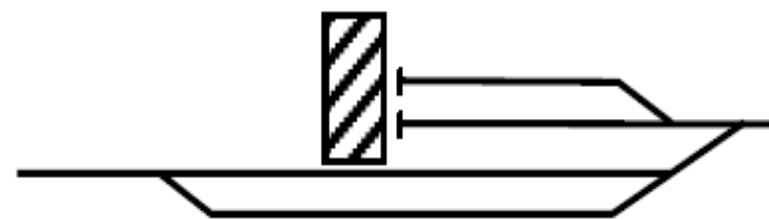
a) Čeoni kolodvori



b) Prolazni kolodvori



c) kombinacija a) i b)



3) Prema svrsi

a) Kolodvori koji služe prometu

- ☐ putnički kolodvori koji služe samo za prometne operacije u putničkom prometu
- ☐ teretni kolodvori koji služe teretnom prometu (utovar i istovar vagona itd.)

b) Kolodvori koji služe pogonu

- ☐ poslovni kolodvori na kojima se obavljaju sve pogonske operacije vezane za putničke kompozicije (opremanje, snabdijevanje vlakova za vožnju).
- ☐ ranžirni kolodvori (za sastavljanje i rastavljanje teretnih vlakova)
- ☐ lokomotivski kolodvori (za prihvaćanje lokomotiva koje su došle sa vožnje te osposobljavanje lokomotiva za slijedeću vožnju).
- ☐ željezničke radionice, služe za popravak i održavanje željezničkih vozila.

c) Kolodvori koji služe i pogonu i prometu

Mali i srednji kolodvori u kojima se vrše i prometne i pogonske operacije.

d) Lučki kolodvori

Ovi kolodvori se mogu svrstati u teretne kolodvore. U njima su prisutni pretovari između željezničkih i pomorskih vozila.

Gustoća postaja (međustanični razmaci)

- Za određivanje najpovoljnijeg međupostajnog razmaka mjerodavne su sljedeće smjernice:

Brze gradske željeznice:	600 – 1500 <i>m</i>	
Željeznice dalekog prometa u predgrađima velikih gradova:	1500 – 3000 <i>m</i>	
Glavne pruge:	5 – 8 <i>km</i> 20 – 50 <i>km</i>	- za putničke vlakove - za brze vlakove

Danas je tendencija da se željeznica treba baviti pretežno "***linijskim***" prometom (masovni promet između velikih čvorišta), dok se cestovni promet treba baviti "***plošnim***" prometom (dovoz i odvoz tereta do većih željezničkih čvorišta).

Kolosijeci

- Na željeznici se sve operacije zbivaju na kolosijecima i zbog toga su oni najvažniji elementi
- Ispravno riješena kolosiječna slika kolodvora predstavlja najvažniji zadatak projektanata.
- Kolosijeke dijelimo na **glavne** i **sporedne**.

GLAVNI KOLOSIJECI

- služe za prijem i otpremu cijelih vlakova, kada voze po voznom redu, a čija je vožnja zaštićena glavnim signalima
- u smjeru vožnje glavni kolosijeci su prostorni odsječci, jer se na jednom glavnom kolosijeku može nalaziti samo jedan vlak
- u glavne kolosijeke spadaju: glavni prolazni kolosijeci i preticajni kolosijeci.
- svi ostali kolosijeci su sporedni.

Glavni prolazni kolosijeci

- kolosijeci koji tvore nastavak otvorene pruge kroz kolodvor
- u kolodvoru takve kolosijeke treba projektirati tako da vlakovi koji njima prolaze ne moraju smanjivati brzinu u slučaju nezaustavljanja
- pravilo je da se projektiraju u pravcu, ako je to moguće, ili u krivini što većeg polumjera
- sa glavnih prolaznih kolosijeka na ostale, glavne ili sporedne kolosijeke dolazi se preko skretnica

SPOREDNI KOLOSIJECI

- svi kolosijeci koji nisu zaštićeni glavnim signalima i koji ne primaju čitave vlakove.
- u sporedne kolosijeke spadaju: postavni, tovarni, manevarski, lokomotivski itd.

Signali

Mogu biti:

- a) **Stalni** (nepokretni)- nepokretni uređaji koji se fiksno ugrađuju sa desne strane pokraj kolosijeka na udaljenosti 2.50 m od osi pruge u smjeru vožnje i uvijek su optički.
- b) **Povremeni** - postavljaju se po potrebi, u slučaju da se nešto popravljna na pruzi. Nakon popravka pruge oni se uklanjaju.

Postoje dvije vrste optičkih signala:

- a) **Likovni signali** - obavijest dostavljaju (signaliziraju pojedine signalne pojmove) promjenom svog lika.
- b) **Svjetlosni signali** – signaliziraju pojedine signalne pojmove promjenom boje svjetla.

Likovni signali služe po danu, a svjetlosni i po danu i po noći.

Stalne signale dijelimo na **glavne** i na **predsignale**.

Glavni signali

- obavještavaju vozno osoblje da li je vožnja slobodna u daljnjem odsječku kolosijeka i eventualno uvjete vožnje (sa istom ili smanjenom brzinom)
- glavni signali zaštićuju prugu u odsječcima i omogućavaju vožnju u prostornim razmacima
- kod željeznica su zaustavni putovi vrlo dugi (1000-2000 m), što zavisi i od brzine vlakova
- *strojovođa mora početi kočiti na početku zaustavnog puta, pa se na tom mjestu mora nalaziti predsignal, koji obavještava vozno osoblje kakav položaj glavnog signala može očekivati*

Glavni signali mogu biti **dvopojmovni** i **tropojmovni**.

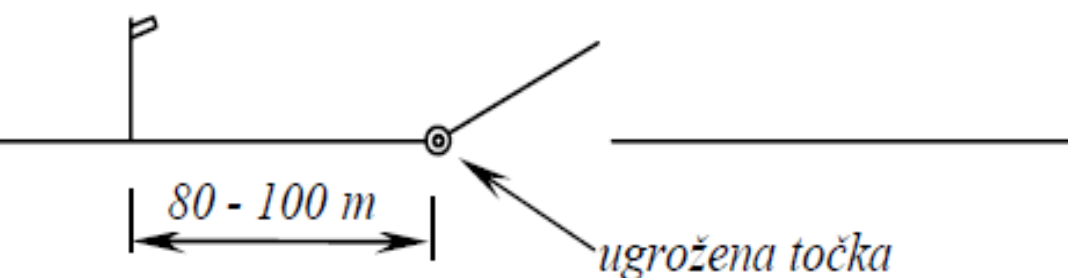
- **Dvopojmovni signali** signaliziraju samo dva signalna pojma "SLOBODNO" ili "STOJ"
- **Tropojmovni signali** signaliziraju tri signalna pojma "STOJ" ili "SLOBODNO" ili "SLOBODNO SA SMANJENJEM BRZINE"

- glavni signali mogu se nalaziti na kolodvorima i na otvorenoj pruzi
- ako se nalaze na kolodvorima mogu biti ulazni ili izlazni, već prema tome da li zaštićuju ulaz ili izlaz na ili sa kolodvora
- ako se nalaze na otvorenoj pruzi oni mogu biti prostorni signali (zaštićuju određeni prostorni razmak) ili mogu biti zaštitni signali (zaštićuju razne uređaje)
- zaštitni signali postavljaju se na udaljenosti 80 do 100 *m* ispred ugrožene točke.

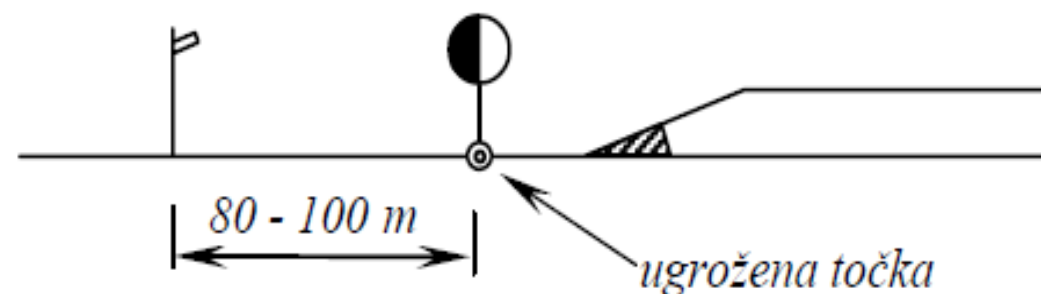
Ugrožene točke su ona mjesta na kolosijeku na kojima bi moglo doći do udesa ukoliko se ne bi poštivali željeznički propisi.

Ugrožene točke mogu biti:

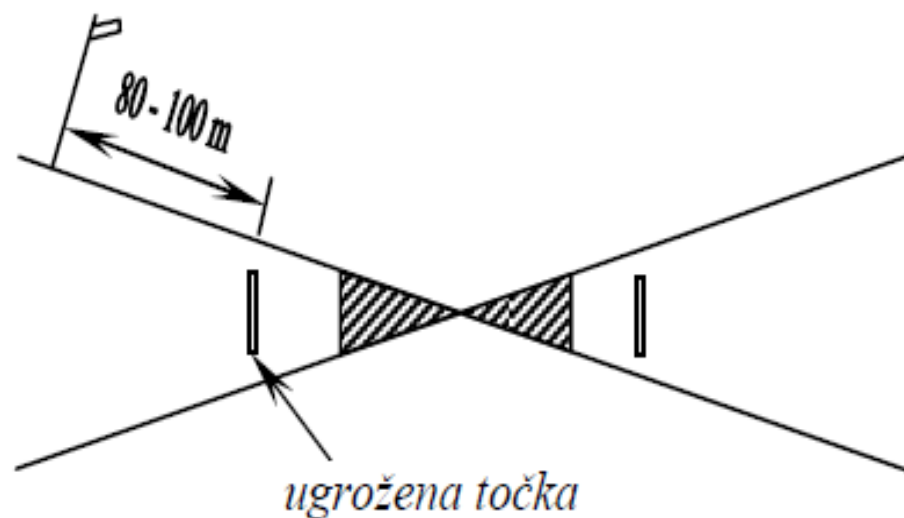
a) Pokretni most



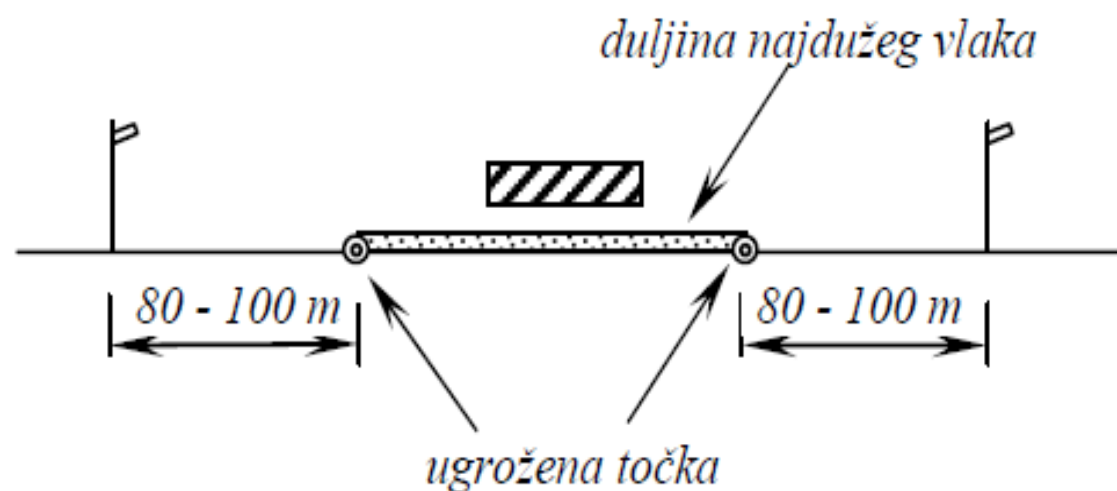
b) Početak skretnice



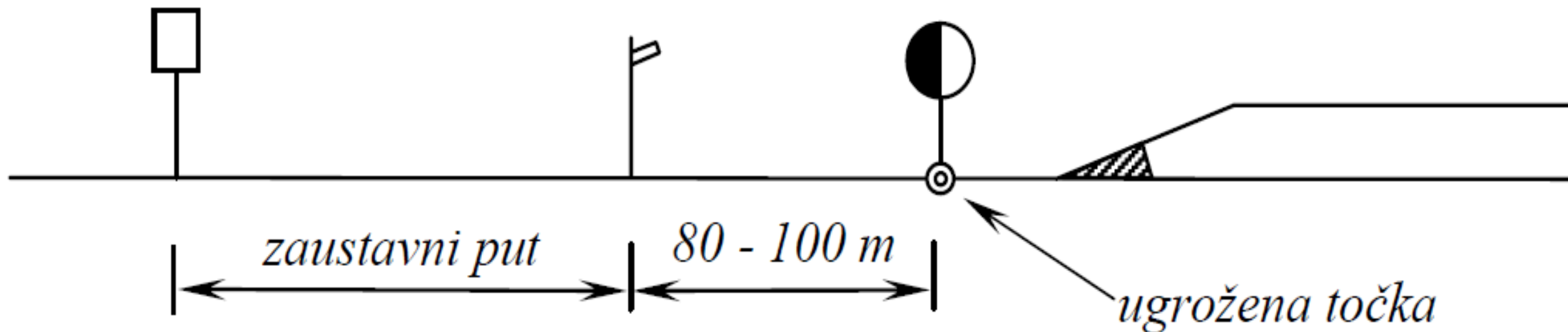
c) Međik križne skretnice



d) Granica razvrstavanja ili manevre



- udaljenost predsignala od glavnih signala određena je dužinom zaustavnog puta.
- svi glavni signali dobivaju predsignale.
- kod nas su predsignali uvijek dvopojmovni, bez obzira da li stoje ispred dvo ili tropojmovnog glavnog ulaznog signala.
- ako glavni signal označuje "stoj", onda predsignal označuje "oprez" (narandžasta boja).
- ako je glavni signal postavljen na "slobodno" onda je i predsignal postavljen na "slobodno".



Oprema kolodvora za putnički promet

Oprema kolodvora za putnički promet

Da bi kolodvori mogli zadovoljiti tehničkim i prometnim zahtjevima, oni moraju biti opremljeni potrebnom opremom.

Opremu u putničkom prometu dobivaju glavni kolosijeci, a u nju spadaju:

- a) Peroni
- b) Pristupi peronima
- c) Prijemne zgrade
- d) Kolodvorski predprostor (trg)

a) Peroni

Glavni kolosijeci koji služe za primanje putničkih vlakova moraju biti opremljeni peronima.

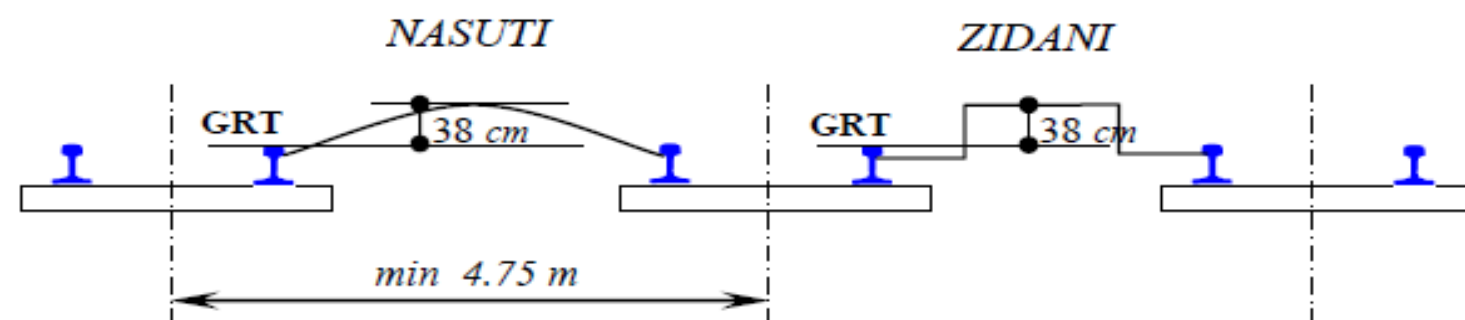
Peroni su pješačke staze između kolosijeka ili uz kolosijek koji omogućavaju siguran pristup, ulazak putnika u vlak i njihov izlazak.

Duljina perona ovisna je o duljini vlakova koji se u kolodvoru zaustavljaju, a širina mora biti dostatna za sigurno kretanje putnika.

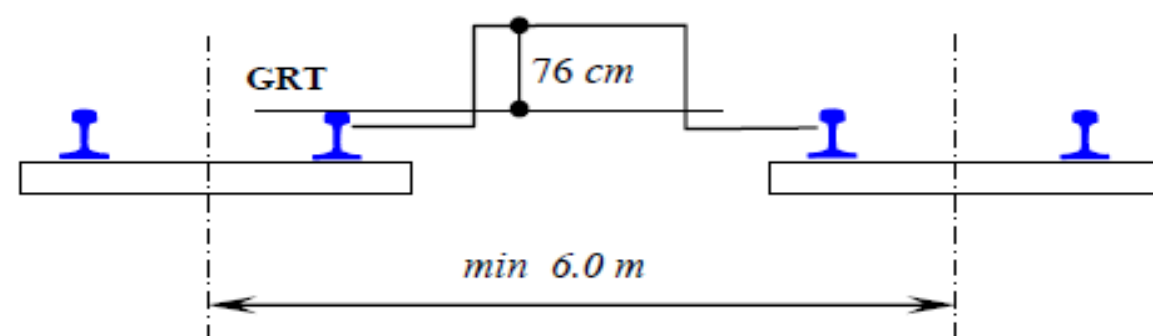
- ***Prema konstrukciji*** perone dijelimo na:
 - nasute peroni
 - zidane peroni
- ***Prema visini*** perone dijelimo na:
 - niske perone
 - srednje perone
 - visoke perone



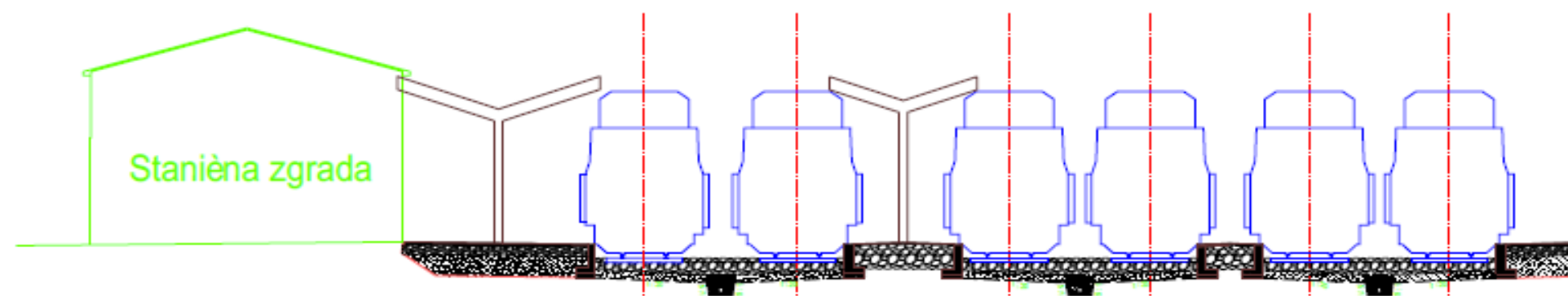
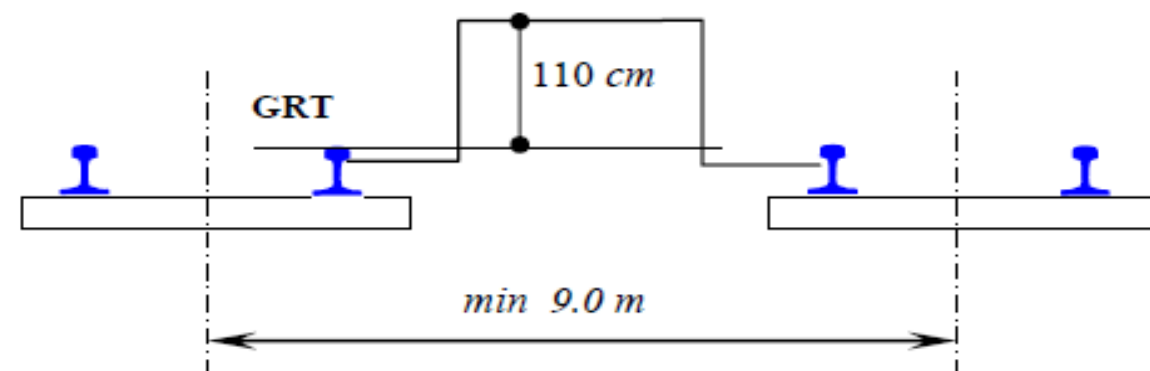
Niski peroni



Srednji peroni



Visoki peroni



b) Pristupi peronima

1) u razini tračnica

- samo kod skromnijih prometnih prilika
- male frekvencije putničkog prometa
- peroni su redovito nasuti, niski
- visina iznad GRT-a smije biti najviše 25 *cm*

2) izvan razine tračnica –pothodnicima ili nathodnicima

- kod većeg broja putnika
 - kod gušćeg slijeda vlakova
 - uvijek su zidani
- Rješenje pristupa s pothodnicima je redovito povoljnije od rješenja s nathodnicima, jer je visina dizanja manja (manji broj stepenica).
 - Pothodnici se uvijek primjenjuju kada je kolodvor ili u nasipu ili u visini terena, a podzemna voda nije visoka.
 - Kod nathodnika visina iznad GRT-a do donjeg ruba konstrukcije mora iznositi $h_{\min} = 6 \text{ m}$ (zbog električnih vodova).
 - Nasipani peroni su uglavnom nepokriveni, dok su zidani redovito pokriveni.

c) Prijemna zgrada

Kretanje od ulaska u zgradu do vlaka mora biti što kraće.

Putnici pri ulazu u prijemnu zgradu trebaju uočiti smjer kojim se trebaju kretati, odnosno mora biti omogućena laka orijentacija.

Prilikom prolaza kroz zgradu putnik treba proći u logičnom slijedu sva ona mjesta koja su potrebna za otpremu:

- informacije,
- kupovanje vozne karte,
- predaja prtljage,
- garderoba
- itd.

d) Kolodvorski predprostor-trg

- dobro uklopljen u gradski promet
- nasuprot kolodvorskog predprostora redovito se odvija i prolazni cestovni promet koji sa kolodvorskim prometom ne mora imati ništa zajedničko
- pod kolodvorskim prometom podrazumijevamo dolazak i odlazak putnika kao pješaka ili u javnom prometnom sredstvu (tramvaj, autobus) ili u individualnim vozilima (automobili, bicikli itd.)
- prolazni tranzitni cestovni promet odvojiti od kolodvorskog prometa, te ga po mogućnosti udaljiti od prijemne zgrade
- na kolodvorskom predprostoru treba predvidjeti površine za parkiranje cestovnih vozila, omogućiti pristup kamionima do određenih zgrada (robna skladišta i sl.)

Oprema kolodvora za teretni promet

Oprema kolodvora za teretni promet

a) robno skladište

služi za uskladištenje robe na sigurnom i zaštićenom mjestu zbog eventualne mogućnosti otuđenja ili oštećenja.

gradi se neposredno uz tovarni kolosijek, na podignutom nivou, 1.1 m iznad GRT-a.

b) tovarna ili pretovarna rampu

omogućava lakši utovar i istovar određene vrste robe.

pomoću njih se izjednačavaju visinske razlike između poda vagona i cestovnih vozila.

c) tovarni profil je uređaj izrađen od drvenog ili čeličnog okvira

koji služi za kontrolu granica tovarenja na otvorenim vagonima (kontrola gabarita).

d) kolska mosna vaga služi za vaganje vagonskih pošiljaka.

e) slobodno stovarište na kojemu se odlaže roba koju odmah nakon prispjeća nismo u mogućnosti otpremiti.

f) posebni uređaji koji služe za prebacivanje i manipulaciju sa robom (dizalice, pokretne trake itd.).

Gornji ustroj kolosjeka

Gornji ustroj kolosijeka

U gornji ustroj ubrajamo:

- tračnice,
- pragove,
- pričvrsni pribor i
- zastor kolosijeka.

- **Zadatak gornjeg ustroja** je da vodi vozilo, da preuzima sile koje na njega djeluju i da ih prenosi na donji ustroj kolosijeka.
- Da bi se lakše definirali svi utjecaji na gornji ustroj te da se pravilno pretpostavi ponašanje pojedinih dijelova u konstrukciji, posebno tračnica, potrebno je prvo definirati sile koje djeluju na gornji ustroj kolosijeka.
- Sile koje djeluju na gornji ustroj uglavnom potječu od opterećenja vozila.
- Vozila se na kolosijeku mogu nalaziti u **mirnom ili u pokretnom** stanju.

Mirno opterećenje

- vozila djeluju na kolosijek samo sa vertikalnim silama
- veličina tih sila ovisi o konstrukciji i težini vozila, posebno lokomotiva
- horizontalne sile pojavljuju se samo od promjene temperature, koja izaziva naprezanja u tračnici

Pokretno opterećenje

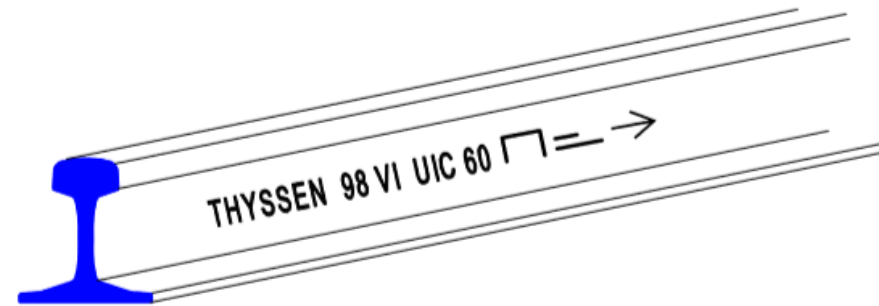
- u obzir se uzimaju i dinamičke komponente tih sila (sile su prisutne u svim smjerovima)
- sile se rastavljaju na dvije horizontalne komponente (paralelno sa osi kolosijeka i okomito na os kolosijeka) i jednu vertikalnu komponentu
- veličina navedenih komponenti sila nije konstantna, već se mijenja ovisno o brzini vožnje, konstrukciji vozila i o stanju gornjeg ustroja

1) Tračnice

- Element gornjeg ustroja pruge koji nosi i vodi kotače željezničkih vozila te prenosi njihovo opterećenje na pragove ili neku drugu podlogu
- Danas se sve tračnice izrađuju iz valjanog čelika.
- Proizvode se u željezarama uz upotrebu visokih peći.
- Prema UIC propisima za izradu tračnica koriste se čelici dobiveni slijedećim postupcima:

Oznaka na vratu tračnice sadržava:

- A) *oznaku tvornice koja je izradila tračnicu*
- B) *mjesec i godinu valjanja tračnice*
- C) *tip tračnice*
- D) *postupak dobivanja čelika*
- E) *kvalitetu materijala*
- F) *smjer valjanja*



- ⇒ Nakon valjanja na vratu tračnice se **utisne** broj šarže iz koje potječe čelik tračnice
- ⇒ Broj prolaza čeličnog bloka kroz valjke ovisi o profilu tračnice koju je potrebno izvaljati
- ⇒ 2/3 od ukupnog broja prolaza, blok prolazi kroz glatke valjke (oko 3 *min*)
- ⇒ 1/3 od ukupnog broja prolaza, blok kroz profilirane valjke (oko 5 *min*)
- ⇒ Nakon završenog valjanja temperatura tračnice je pala sa početnih **1150 °C** na **900 °C**, tračnice se hlade ali pod takovim uvjetima da se zadrži ravnost tračnica.

PODJELA TRAČNICA PREMA OBLIKU

ad1) Kranska tračnica

Kranske tračnice kontinuirano leže na podlozi. UIC ne daje propise za kranske tračnice.

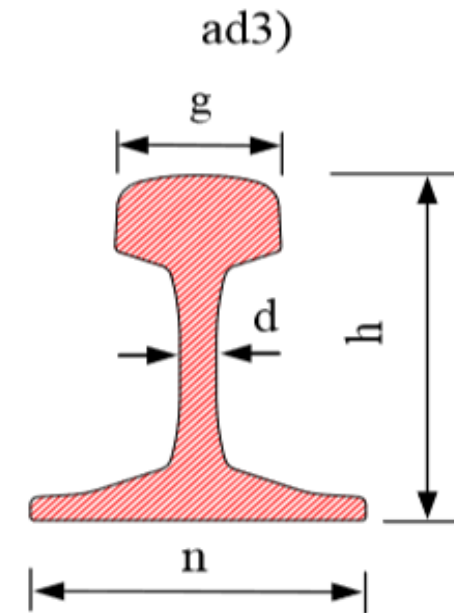
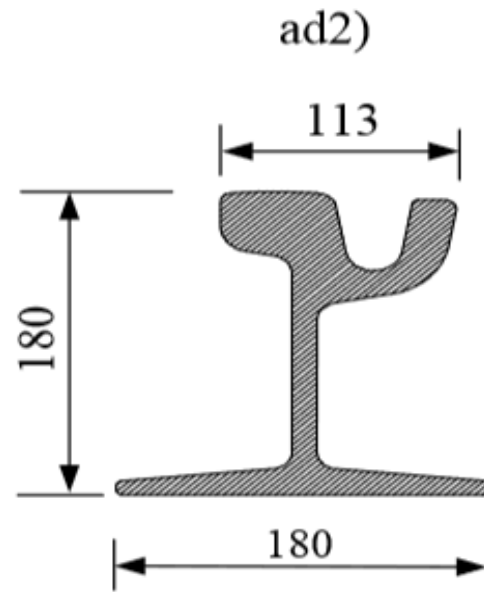
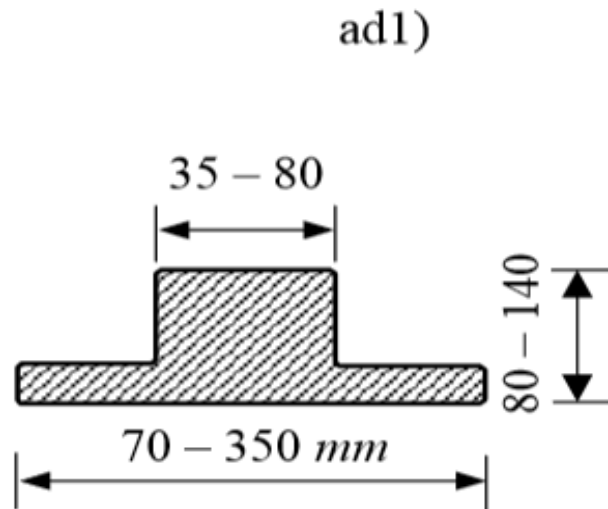
ad2) Žljebasta tračnica (PHOENIX)

Tračnica sa glavom u obliku žlijeba kojim prolazi vijenac kotača vozila. Najčešće se primjenjuje na tramvajskim prugama (na mjestima gdje cestovni i tramvajski promet koriste istu prometnu površinu). Sastoji se od glave, vodilice, vrata i nožice tračnice.

ad3) VIGNOLOV-a tračnica

Tračnica koja se najviše primjenjuje na željezničkim prugama u svijetu.

ad4) Konstruktivni profili tračnica (tračnice za izradu skretnica i križališta)



2) Pragovi

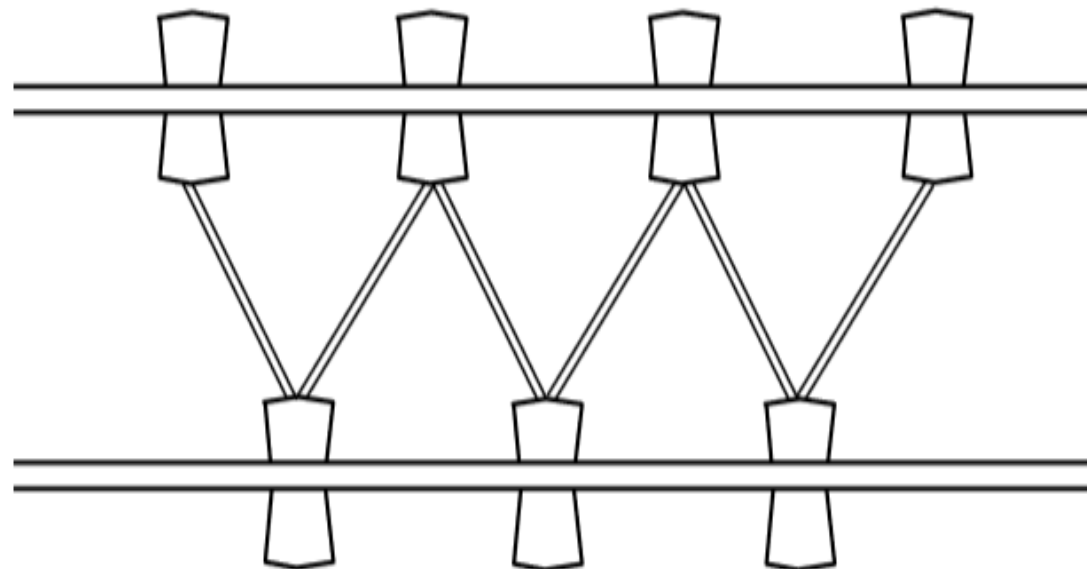
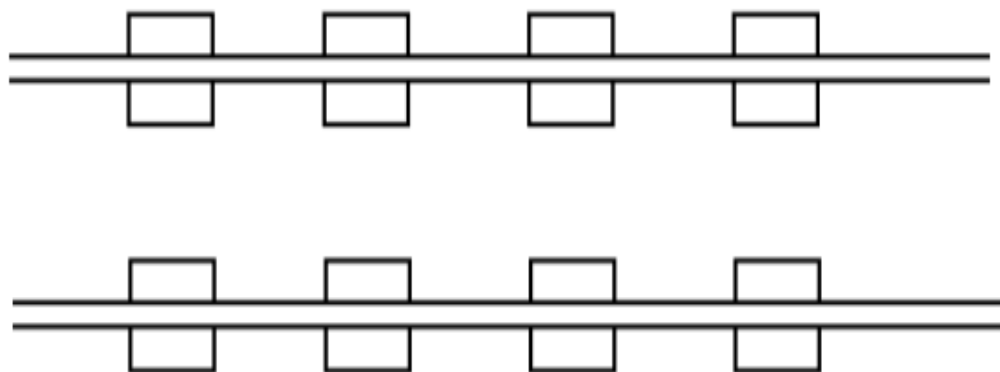
- preuzimaju opterećenje od tračnica i prenose ga na podlogu
- osiguravaju stalnu širinu kolosijeka
- sudjeluju u krutosti te uzdužnom i poprečnom otporu kolosiječne rešetke
- pragovi - "podloga za tračnice"

Mogući načini oslanjanja tračnice na podlogu

1. Pojedinačni oslonci
2. Uzdužni pragovi
3. Specijalne AB ploče
4. Poprečni pragovi

ad1) POJEDINAČNI OSLONCI

- ❑ primjenjivani su kod prvih kolosijeka u rudnicima
- ❑ nije osigurana širina kolosijeka (spojnice)



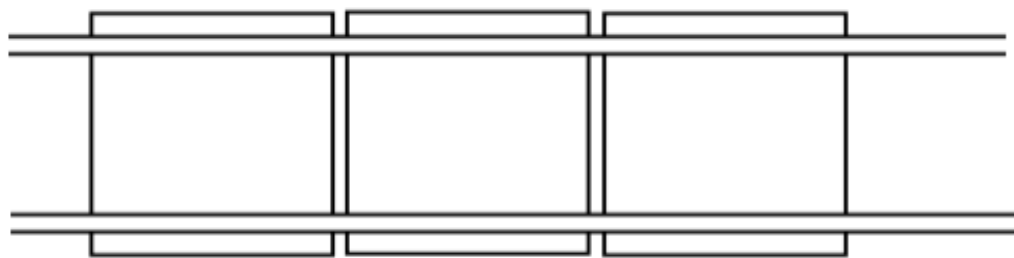
ad2) UZDUŽNI PRAGOVİ

- ❑ kod kolosijeka koji iznad podužnih jama
- ❑ nije osigurana širina kolosijeka (spojnice)
- ❑ otežana odvodnja



ad3) SPECIJALNE AB PLOČE

- konstrukcija gornjeg ustroja bez zastora
- vrlo mala opterećenja na planum ($\approx 4 \text{ N/cm}^2$)
- Elastičnost kolosijeka postiže se ugrađivanjem elastičnih podloški između tračnice i podložne ploče
- Česta primjena na onim mjestima gdje imamo nemogućnost osiguravanja gabarita vozila sa klasičnom kolosiječnom konstrukcijom
- Postoje dvije vrste: a) specijalne ploče koje se polažu na pripremljenu podlogu; b) na betonsku ploču polažu se specijalni pragovi koji se kasnije zabetoniraju



Zahtjevi koji se postavljaju na ovakve konstrukcije, prema UIC su:

- dovoljna trajnost kolosijeka
- mogućnost osiguravanja širine kolosijeka u granicama $\pm 1 \text{ mm}$
- mali troškovi održavanja
- da konstrukcija posjeduje dovoljan otpor na uzdužno pomicanje tračnica
- osiguravanje elastičnosti kolosijeka u okomitom smjeru na ravninu kolosijeka
- mogućnost reguliranja tračnica u vertikalnom i horizontalnom smjeru.

ad4) POPREČNI PRAGOVİ

Danas su na željezničkim prugama u primjeni uglavnom poprečni pragovi (90 %).

Prednosti poprečnog praga pred ostalima su:

1. *Ekonomičan je (jeftiniji u odnosu na ostala rješenja)*
2. *Laka izvedba*
3. *Tehnički dobar*
4. *Jednostavno reguliranje širine kolosijeka i nagiba tračnice*
5. *Jednostavno održavanje kolosijeka (izmjena praga bez zastoja prometa)*
6. *Bolje osiguravanje visinskog odnosa tračnica u krivini i u pravcu*
7. *Zajedno sa tračnicama tvori krutu rešetku*
8. *Izmjena dotrajalih pragova je laka, jeftina, jednostavna i brza*
9. *Osigurava direktnu odvodnju*
10. *Pojačanje kolosijeka je vrlo (pogušenje pragova)*

Podjela pragova prema materijalu

- a) Drveni pragovi
- b) Čelični pragovi
- c) Armirano betonski pragovi
- d) Kombinirani (kombinacija gore navedenih)

a) Drveni pragovi

Prednosti drvenog praga u odnosu na ostale:

- □ jednostavna i laka obrada
- □ pričvršćenje tračnice na prag se lako ostvaruje
- □ elastično prenošenje opterećenja na podlogu te prigušuje vibracije
- □ lako se vrši podbijanje
- □ slab je vodič elektriciteta (pogodan za pruge opremljene sa SS uređajima)

Nedostaci drvenog praga:

- □ nedostatna količina kvalitetnog drveta za izradu pragova
- □ mogućnost truljenja (skraćuje se vijek trajanja)
- □ kod kolosijeka sa malim polumjerima slabi veza tračnica-prag
-

Zahtjevi koji se postavljaju na drvo koje se koristi za izradu pragova:

- ☐ otporno na gnječenje
- ☐ otporno na mehanička razaranja
- ☐ otporno na cijepanje i pucanje
- ☐ otporno na truljenje

Drvo koje se upotrebljava za izradu pragova:

- 1. hrast (lužnjak, kitnjak)
- 2. bukva
- 3. bor (bijeli i crni)
- 4. cer
-

Poprečni presjeci drvenih pragova

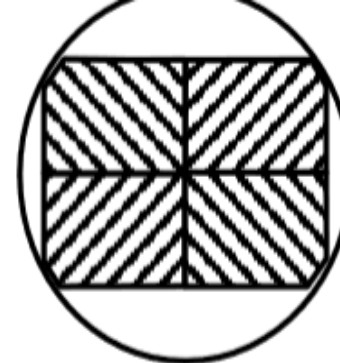
- oštrobridni pragovi
- tupobridni pragovi



Prag samac 26×16×260 cm



Prag dvojac



prag četverac

Elementi koji utječu na trajnost drvenih pragova

- Vrsta drveta iz kojeg je prag izrađen
- Postupak kod sječe (od kraja 11 mjeseca do početka 4 mjeseca)
- Način obrade (tesanjem ili piljenjem)
- Postupak impregnacije
- Sredstvo impregnacije
- Način pričvršćenja tračnica za prag
- Kolosiječni zastor
- Vrsta vuče (parna, električna)
- Opterećenje
- Mjesto ugradnje (pravac, krivina)

EKSPLOATACIJSKI UVJETI

b) Čelični pragovi

Početak ovog stoljeća u Njemačkoj je bilo ugrađeno više od 80 % čeličnih pragova.

Nedostaci čeličnih pragova:

- ❑ Otežana električna izolacija kod električne vuče
- ❑ Zahtijevaju kvalitetan zastorni materijal
- ❑ Vožnja preko kolosijeka sa čeličnim pragovima je bučna
- ❑ Dosta su kruti, nemaju elastičnih svojstava kao drveni prag, malog su otpora na sile u ravnini kolosijeka okomite na os kolosijeka
- ❑ Održavanje geometrije kolosijeka kod ovih pragova je otežano.

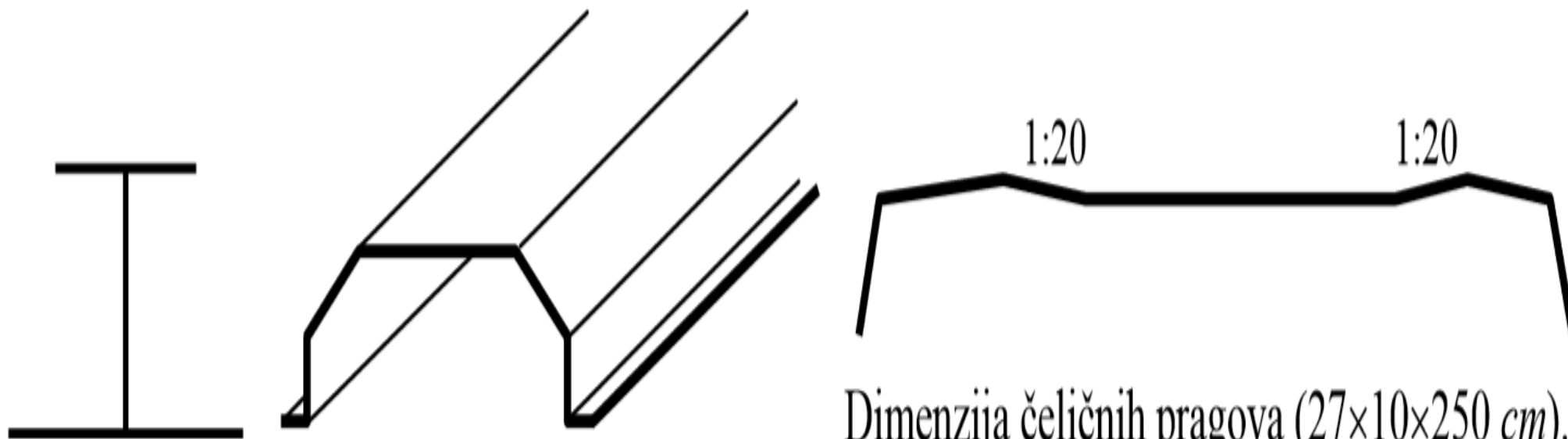
Prednosti čeličnih pragova:

- ☐ Lagani su (lakši su i od AB pragova i od drvenih pragova)
- ☐ Transport je dosta lagan (pragovi se uklapaju jedan u drugi)
- ☐ Regeneracija pragova je jednostavna (oštećeni dijelovi se uklone rezanjem te varenjem se zamijene ispravnim)

Pričvršćenje tračnice ostvareno je na dva načina:

- ☐ Oslanjanje tračnice izravno na prag, te njeno pričvršćenje pomoću pribora koji je ugrađen u otvore na pragu.
- ☐ Oslanjanje tračnice na čelične podložne pločice, koje su zavarene na prag, te pričvršćenje tračnice na čelične pločice na adekvatan način

Oblici čeličnih pragova:



Dimenzija čeličnih pragova ($27 \times 10 \times 250$ cm).

c) AB pragovi

Podjela prema obliku:

- Jednodijelni poprečni
- - Dvodijelni poprečni
- - Uzdužni
- - Prednapregnute montažne ploče

Podjela prema načinu armiranja:

- Pragovi s klasičnom armaturom
- Pragovi s prednapregnutom armaturom

- a) KLASIČNO PREDNAPINJANJE, prvo se napne armatura i nakon toga se izbetonira prag
- b) KABLOVSKO PREDNAPINJANJE (kablovi se mogu ponovno prednapinjati)

•

Prednosti betonskog praga:

- 1. Otporan na atmosferilije
- 2. Velika čvrstoća (kod većine MB 60)
- 3. Oblikovanje po želji
- 4. Otpornost na požar
- 5. Težina (stabilnija kolosiječna rešetka)

Nedostaci betonskog praga:

- 1. Osjetljiv je na udarce
- 2. Osjetljiv je na agresivne vode
- 3. Zahtijeva strojno polaganje (težina praga)
- 4. Otežano održavanje
- 5. Zahtijeva kvalitetan zastorni materijal (od eruptivne stijene)
-

3) Kolosiječni pribor

Zadaci kolosiječnog pribora:

1. Pričvršćenje tračnice na podlogu
2. Smanjenje specifičnog opterećenja tračnice na podlogu
3. Povezivanje tračnice sa tračnicom
4. Učvršćenje tračnice na podlogu te kruto ili elastično povezivanje pojedinih dijelova
5. Sprečavanje putovanja tračnica
6. Izoliranje pojedinih dijelova kolosijeka
7. Povećanje stabilnosti kolosijeka (bočne)

Ad1) Pričvršćenje tračnice na podlogu

S obzirom na podlogu:

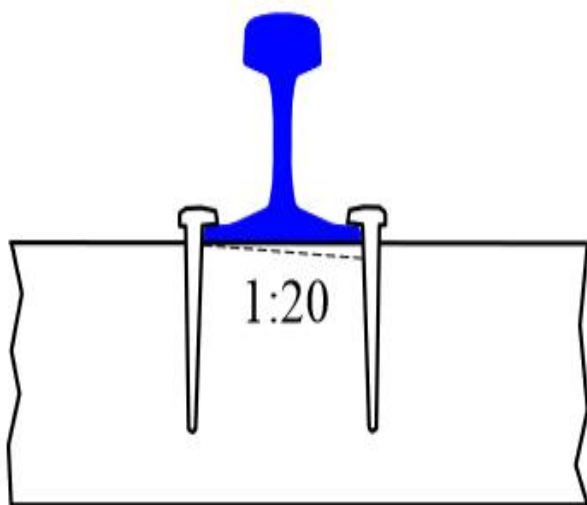
- pričvrсни pribor na drvenoj podlozi,
- na betonskoj podlozi
- na čeličnoj podlozi

S obzirom na način pričvršćenja:

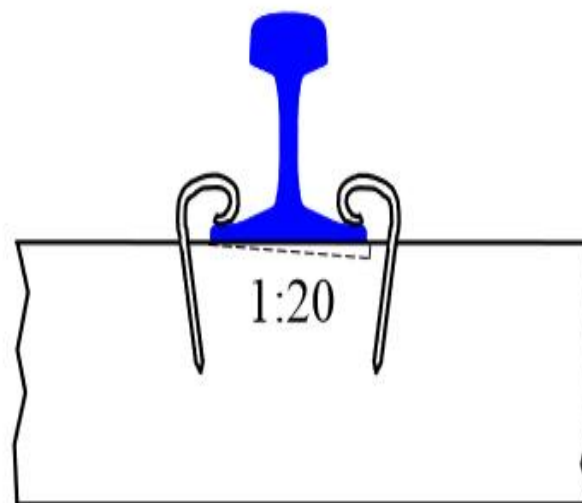
- kruto i elastično pričvršćenje
- direktno i indirektno pričvršćenje.

•

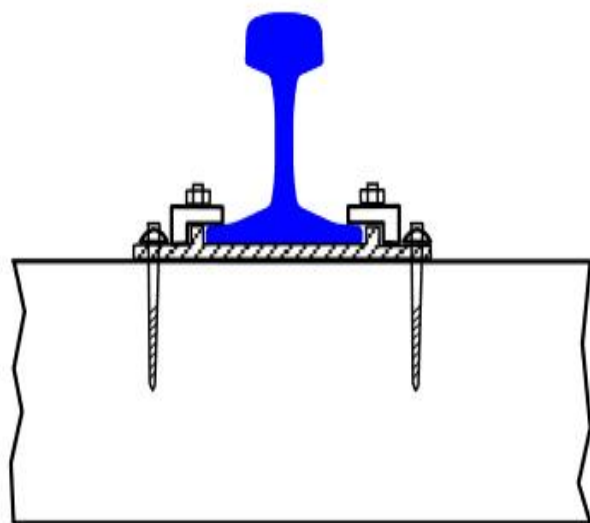
DIREKTNO KRUTO PRIČVRŠČENJE



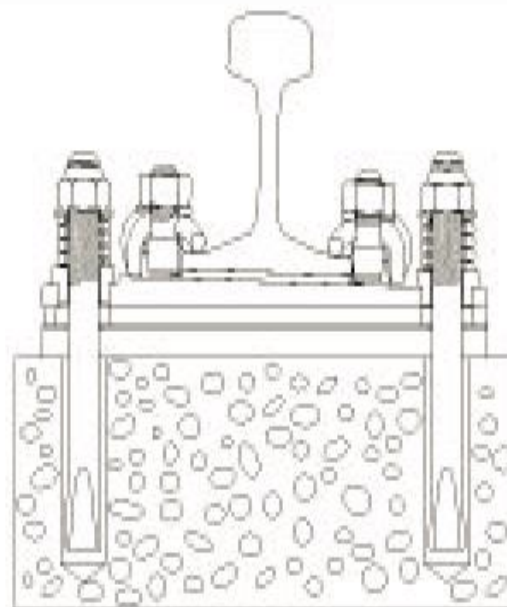
DIREKTNO ELASTIČNO PRIČVRŠČENJE



INDIREKTNO KRUTO PRIČVRŠČENJE



INDIREKTNO ELASTIČNO PRIČVRŠČENJE



Ad2) Smanjenje specifičnog opterećenja tračnice na podlogu

- Širina nožice tračnica kreće se do 150 mm, pa je specifično opterećenje tračnice na podlogu veliko zbog relativno uske nožice tračnice.
- Smanjenje opterećenja ostvaruje se stavljanjem čelične podložne ploče između nožice tračnice i praga.
- Dimenzija ploča ovisi o tome koji tip tračnice koristimo.
- Ako imamo velika osovinska opterećenja ili pragove od mekog drveta tada je primjena podložnih ploča neophodna.

Ad3) Povezivanje tračnice sa tračnicom

Mjesta povezivanja tračnice sa tračnicom (tračnički sastavi) spadaju u najslabije točke na kolosijeku.

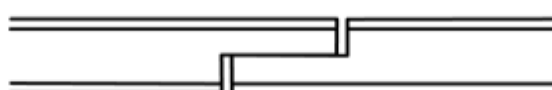
Način sastavljanja - vozni rub i površina kotrljanja prethodne tračnice podudaraju se sa voznim rubom i površinom kotrljanja slijedeće tračnice.

NAČIN RJEŠAVANJA SASTAVA TRAČNICA:

KOSI SASTAV



STEPENASTI SASTAV

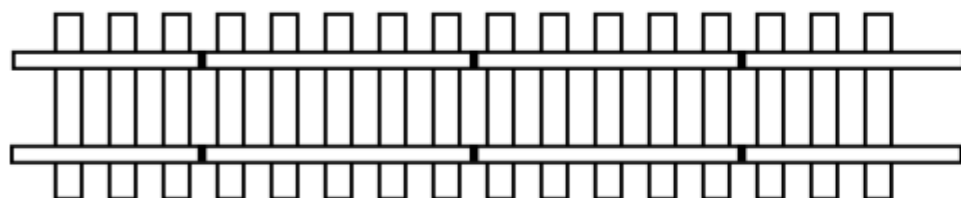


NORMALNI SASTAV

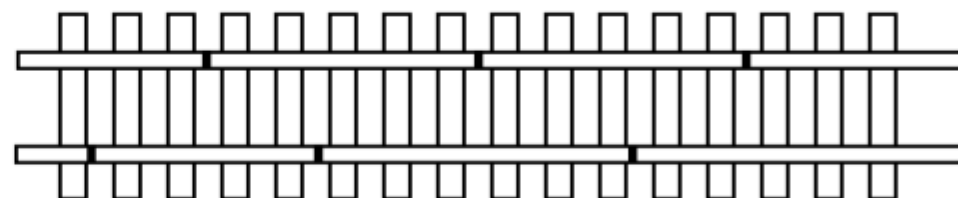


SASTAVI TRAČNICA U ODNOSU NA OBADVIJE TRAČNICE U KOLOSIJEKU:

NASPRAMNI SASTAV

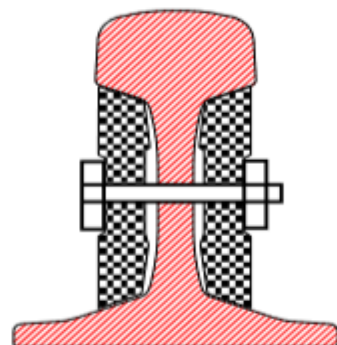
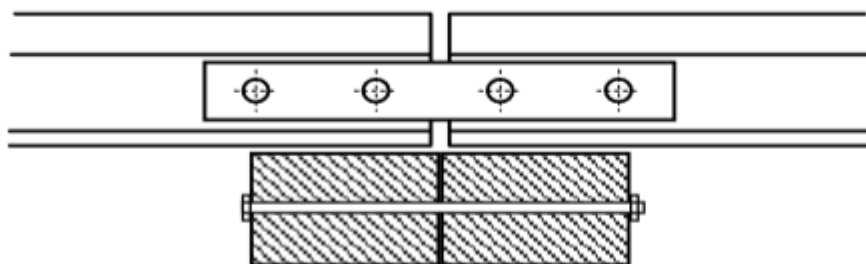


Nenaspramni sastav

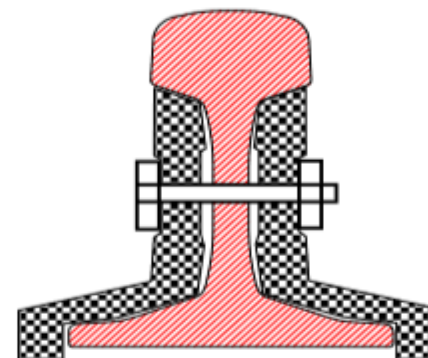
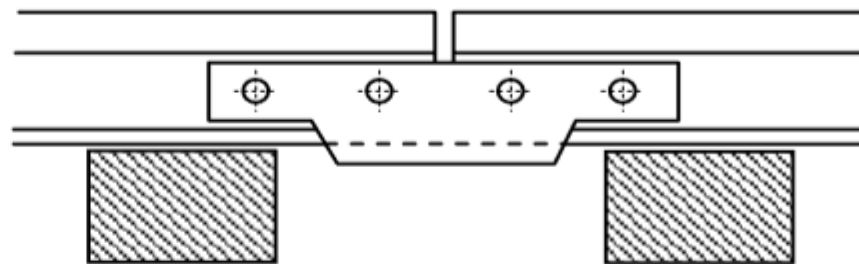


SASTAVI S OBZIROM NA RAZMJEŠTAJ PRAGOVA:

PODUPRTI SASTAV



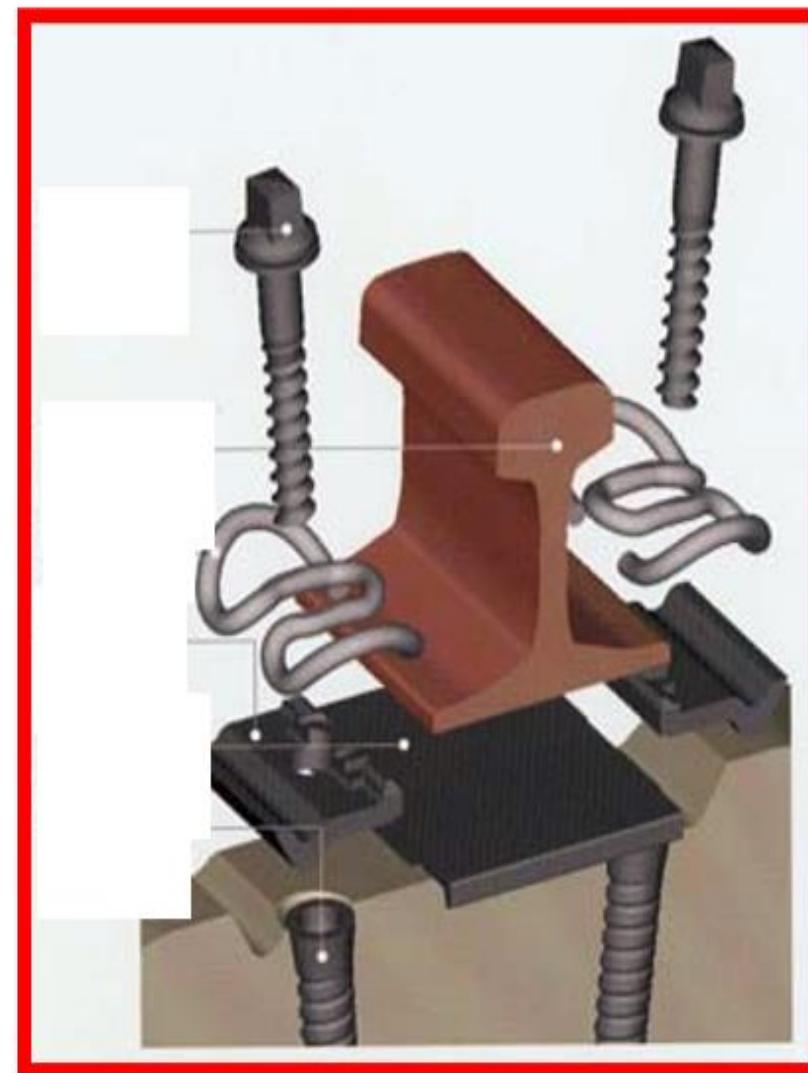
Viseći sastav



Ad4) Učvršćenje tračnice na podlogu

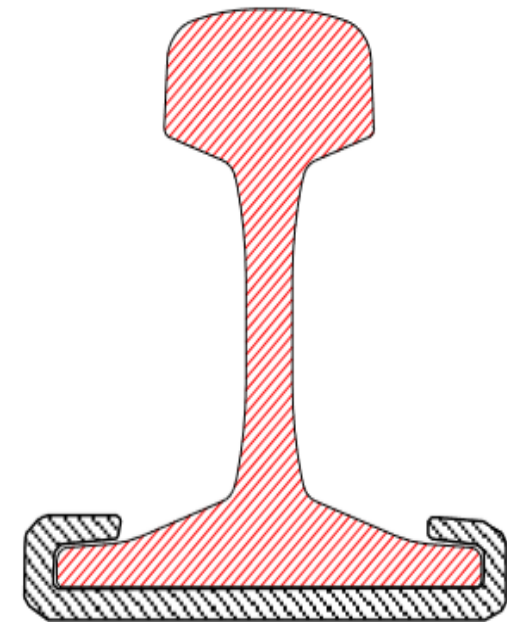
Za učvršćenje koriste se:

- tračnički čavli (elastični i kruti),
- tirfoni, vijci
- pričvrsne pločice, elastične kopče
- podložne ploče, elastični prstenasti podložak (jednostruki, dvostruki i trostruki)
- umetci (topolovi, gumeni, plastični)
- podtračnički podlošci



Ad 5) Sprečavanje putovanja tračnica

Da bi se spriječilo putovanje tračnica, pored kvalitetno izvedenog pričvršćenja tračnice za prag, primjenjuju se i sprave protiv putovanja tračnica. Zadatak im je da prihvate nožicu tračnice (rijetko drugi dio tračnice) svojim gornjim dijelom, a svojim donjim dijelom se upiru u podložnu ploču ili u prag. Osigurana tračnica može putovati samo onda ako bi ispred sebe gurala i pragove koji se upiru u zastor. Ugrađuju se u hladnom ili u užarenom stanju – ovisno o vrsti sprave.

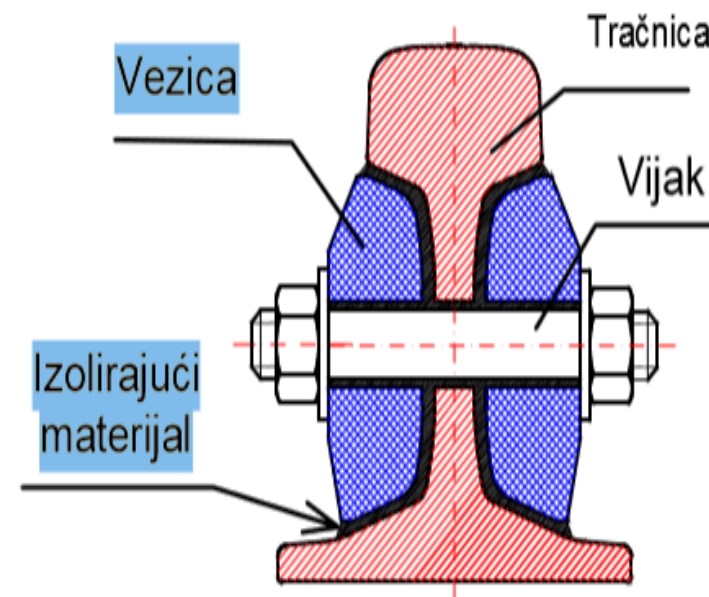


Ad 6) Izoliranje pojedinih dijelova kolosijeka

Izolirani sastavi koriste se kod SS (signalno sigurnosnih) postrojenja. Svrha im je da kod pruga sa električnim sigurnosnim uređajima, gdje se jedna tračnica koristi za provođenje struje, izolira određeni pružni odsjek od ostalog dijela. Izolacija se napravi tako da se tek kod prolaza kotača zatvori strujni krug i na taj način se aktiviraju određeni uređaji.

Načini izoliranja:

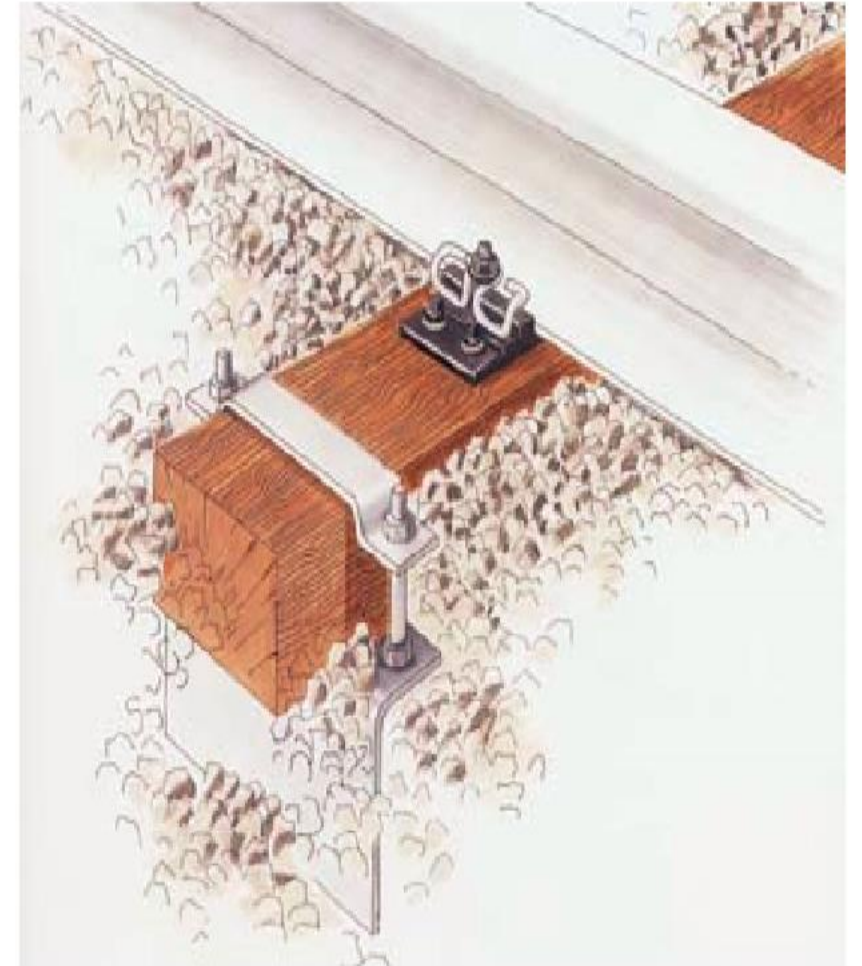
- ❑ sastav sa drvenim gredicama ili sa drvenim vezicama
- ❑ sastav sa izoliranim metalnim vezicama ili sa plastičnim vezicama
- ❑ **LIJEPLJENI IZOLIRANI SASTAV** (epoksi smole), dužina 3.0 do 3.6 m, primjena kod DTT.



Ad 7) Povećanje stabilnosti kolosijeka

AD7) POVEĆANJE STABILNOSTI KOLOSIJEKA (BOČNE)

Uslijed velikih uzdužnih tlačnih sila u ljetnim periodima, postoje velike opasnosti od bočnog pomicanja (izbacivanja) kolosijeka (kolosijek u krivini, kolosijek ispred tunela, kolosijek koji prolazi usjekom i nasipom). Jedna od mjera osiguranja bočnog pomicanja kolosijeka je ugradnja kapa za povećanja poprečnog otpora kolosijeka.



4) Kolosiječni zastor

Zadatak:

- a) Elastično i ravnomjerno prenošenje opterećenja na planum donjeg ustroja
- b) Sprečavanje uzdužnog i poprečnog pomicanja kolosijeka
- c) Osiguranje pravilnog položaja kolosijeka po smjeru i visini
- d) Omogućavanje brzog i jednostavnog dotjerivanja kolosijeka u pravilan položaj
- e) Osiguravanje brzog otjecanja vode iz kolosijeka.

Rasprostiranje opterećenja u zastoru prema Bräuning-u

- 1) Kolosiječni zastor mora imati dovoljne dimenzije (širinu i debljinu)
- 2) Kolosiječni zastor mora biti izveden iz kvalitetnog materijala
- 3) Mora ležati na planumu koji ima nagib 3 – 5 %

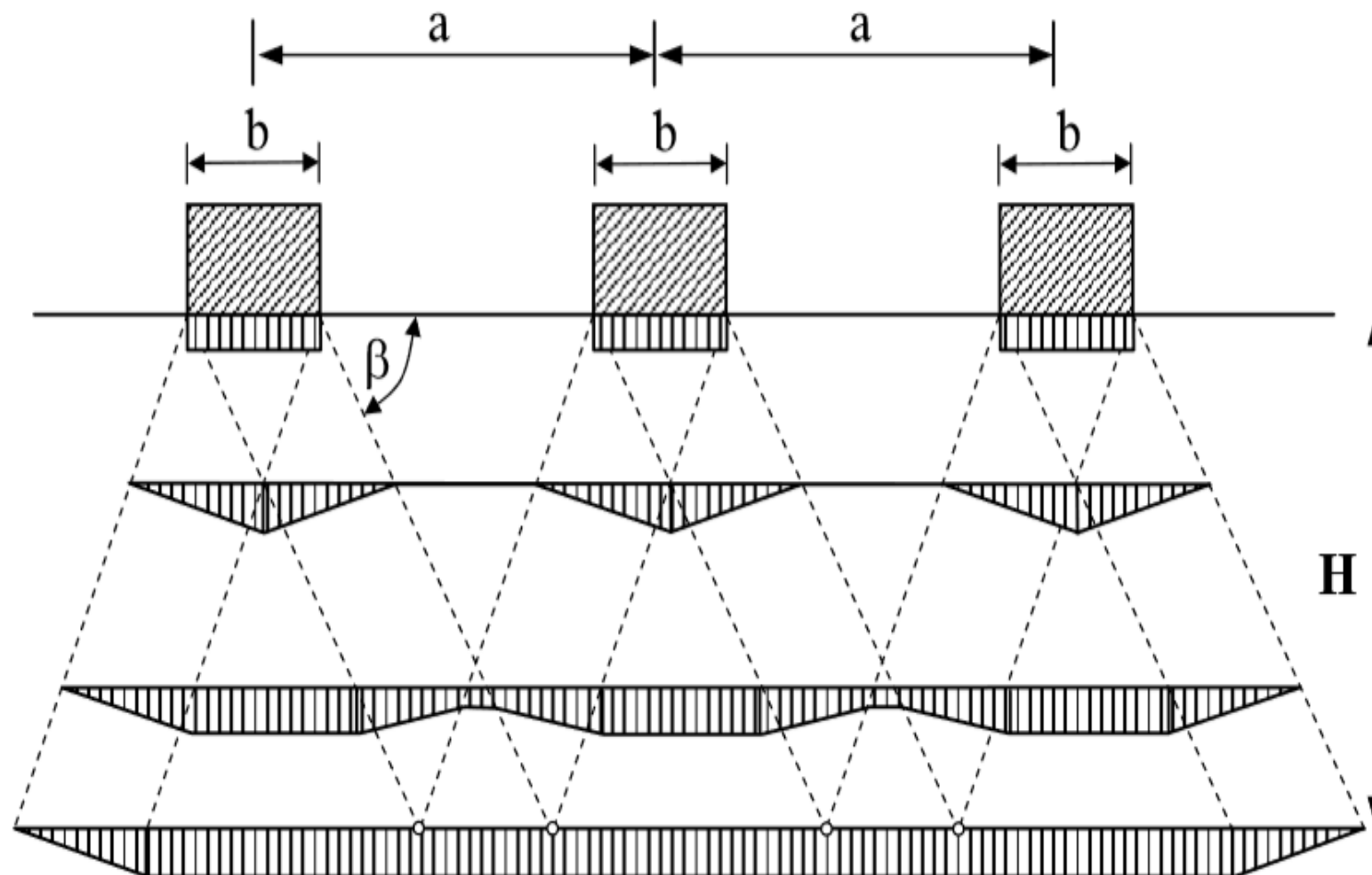
Bräuning (Brojning)

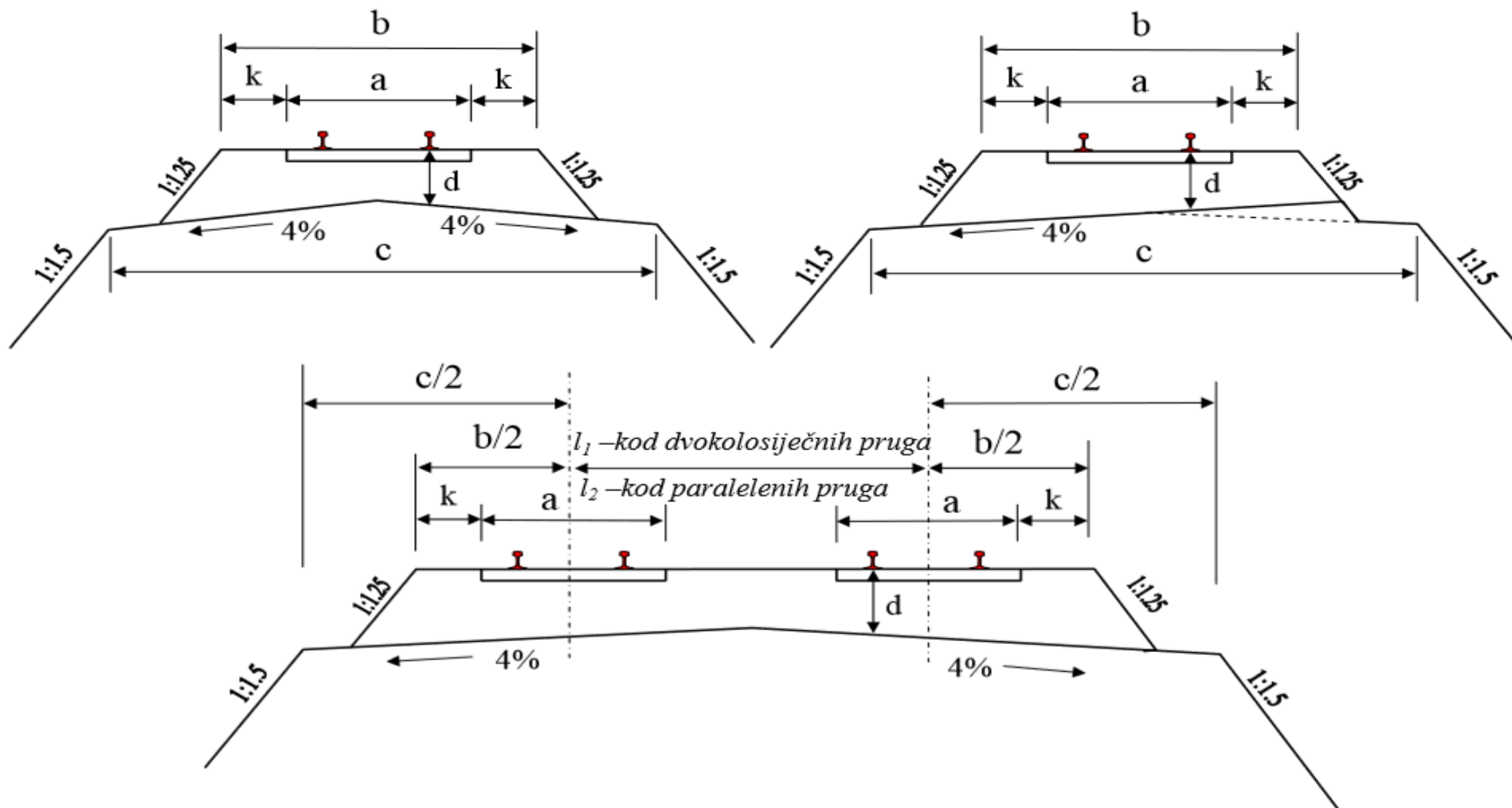
$$H = \frac{a}{2} \cdot \operatorname{tg} \beta \text{ [cm]}$$

Schubert

$$H = a - b + 20 \text{ [cm]}$$

β - kut rasprostiranja
opterećenja (30 – 80°)





a	→ 2.30 – 2.60 m	l_1 → 3.80 m, kod novogradnje i rekonstrukcije 4.0 m
b	→ 2.70 – 3.30 m	l_2 → 4.0 m, kod novogradnje i rekonstrukcije 4.75 m
c	→ 4.5 – 5.7 m	$d \leq 80$ cm (HŽ) $d \leq 60$ cm (pojedine željezničke uprave)
d	→ 0.30 – 0.45 m (mjereno od gornje površine praga)	
k	→ 0.20 – 0.40 m	

Zahtjevi koje stijena od koje se dobiva zastorni materijal mora zadovoljiti:

- tvrdoća i žilavost
- ne smije upijati vodu
- otpornost na smrzavanje
- otpornost na udarce

TUCANIK ILI TUČENAC

- najbolji zastorni materijal
- dobiva se drobljenjem eruptivne stijene
- najpogodnije stijene (bazalt, gabro, granit, diabaz itd.)
- sedimentne stijene, vapnenci (u nedostatku eruptivnih)
- tucanik mora biti oštrobriđan, veličine zrna 3 – 6 cm,
- kut rasprostiranja opterećenja $\beta \approx 30^\circ$.

DROBLJENAC, dobiva se drobljenjem valutica. Primjenjuje se u onim željezničkim upravama koje ne raspolažu sa tucaničkim materijalom ili se primjenjuje iz ekonomskih razloga. Kut rasprostiranja opterećenja $\beta \approx 45^\circ$.

ŠLJUNAK, dobiva se vađenjem iz riječnih korita ili kopanjem. Šljunak dobiven kopanjem ima bolje karakteristike od onoga dobivenog vađenjem. Pijesak čije su veličine zrna ispod 1 mm nije poželjan u šljunku. Kut rasprostiranja opterećenja $\beta \approx 50^\circ$.

PIJESAK

- Primjenjivao se u područjima bogatim ovim materijalom (Rusija, Afrika)
- Nosivost zastora od pijeska:
300 N/cm^2 nosivosti (spriječeni bočni pomaci)
10 N/cm^2 nosivosti (omogućeno izmicanje pijeska)

ŠLJAKA

- dobiva se iz visokih peći
- koristila se u zemljama s visoko razvijenom teškom industrijom
- Primjena joj je bila kod sanacije kolosijeka

Specijalne željeznice

Specijalne željeznice

ADHEZIONE ŽELJEZNICE

- ❖ ($\approx 98\%$ željeznica)
- ❖ *prisilno vođenje kotačapo metalnom putu*

SPECIJALNE ŽELJEZNICE

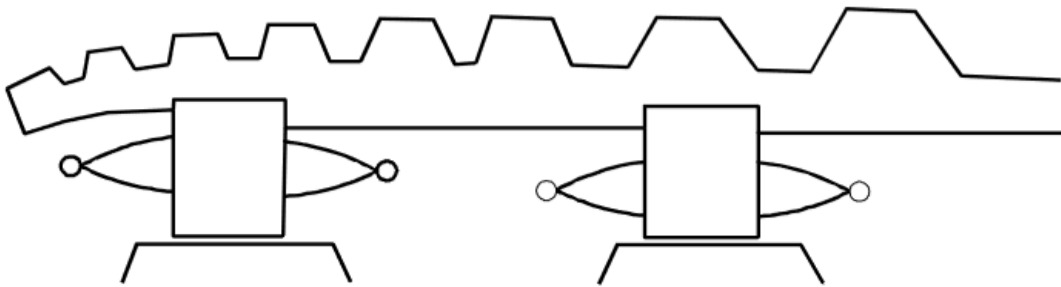
- imaju dodatne naprave za pogon: zupčanike, užad i sl.

PODJELA SPECIJALNIH ŽELJEZNICA:

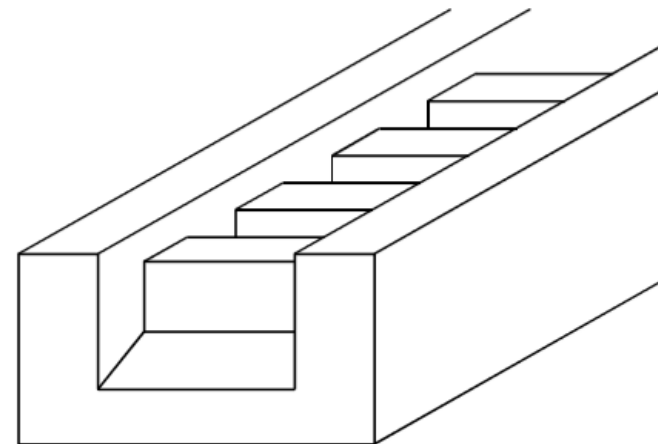
- a) Zupčanice
- b) Jednotračničke željeznice
- c) Uspinjače
- d) Spuštalice
- e) Žičane željeznice (žičare)
- f) (Metro)

Zupčanice – zupčaste željeznice

- Koriste posebne uređaje za savladavanje uspona $> 25 \text{ ‰}$
- Usponi koji se mogu svladati kreću se od 100 ‰ do 300 ‰
- "Čiste zupčanice" - na čitavom potezu pruge imaju ugrađene zupce
- "Mješovite zupčanice" - na pojedinim dijelovima imaju ugrađene zupce
- Za vuču se koriste posebne lokomotive, koje između kotača imaju još posebne zupčanike koji zahvaćaju zupce motki koje leže između tračnica
- ulazni uređaji "abt" i "riggenbach" (da zupci vozila ne bi kruto udarili o zupčane motke)



ABT sistem



RIGGENBACH sistem

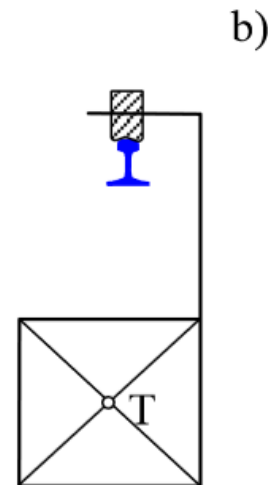
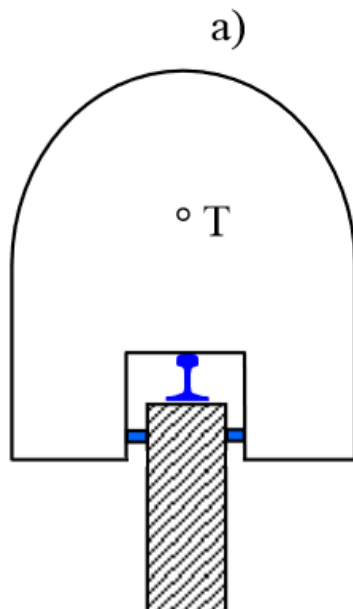
Jednotračničke željeznice

a) Sa težištem iznad oslonca

- Navedena željeznica za kolosijek koristi čelične nosače koji leže na stupovima.

b) Sa težištem ispod oslonca

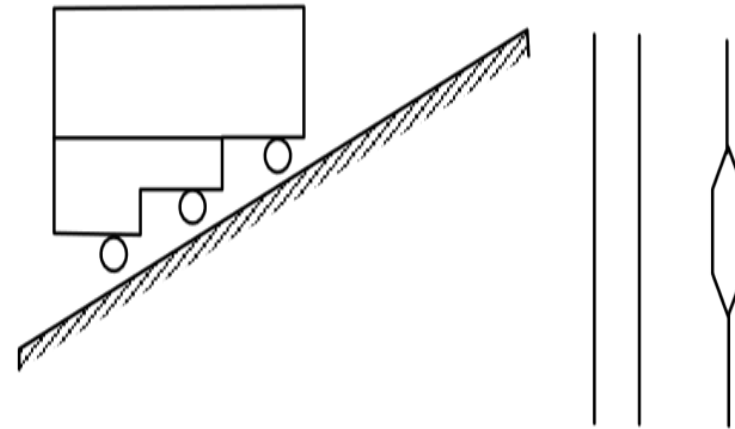
- težište vozila je ispod nosive konstrukcije.
- Primjena je najizraženija u tvorničkim pogonima, gdje služe za premještanje tereta unutar tvorničke hale ili iz jedne tvorničke hale u drugu.
- Najpoznatija željeznica ovakve vrste u Europi je Wuppertalska željeznica.



Uspinjače i spuštalice

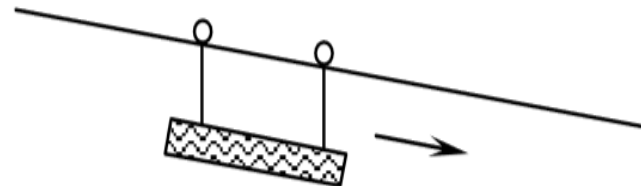
USPINJAČE

- Pogon uspinjača može biti smješten u pogonskom vozilu ili u pogonskim centralama, a prenosi se putem pogonskog užeta.
- U putničkom prometu uglavnom imamo dvije kabine koje se naizmjenično kreću gore i dolje.
- Uspinjače mogu biti izvedene kao dvokolosječne i kao jednokolosječne ali u tom slučaju sa ukrsnicom.



SPUŠTALICE

Primjena im je uglavnom za transport drveta.



Žičane željeznice - žičare

- Prisilno vođenje vozila obavlja se pomoću užeta, pri čemu postoje žičare sa jednim i sa dva užeta.
- Kod žičara sa jednim užetom, nosivu i pogonsku ulogu obavlja jedno uže (sportske žičare).
- Navedena prijevozna sredstva namijenjena su za jednu ili dvije osobe, lagane su konstrukcije te se brzo montiraju i demontiraju.
- Kod žičara sa dva užeta jedno je nosivo dok je drugo pogonsko uže.
- Kabine za putnike ili spremnice za teret, pričvršćene su kod "usmjerenog" pogona specijalnim brzo razrješivim spojnicama za pogonsko uže.
- Kod "izmjeničnog" pogona imamo samo dvije kabine koje su fiksno vezane za nosivo uže.

Prednosti žičara:

- Najkraća spojnica između dvije točke
- Trasa je neovisna o terenu (može se izvesti u pravcu)
- Zauzimaju malo zemljišnog prostora (potreba prostor samo za stupove)
- Mogućnost iskorištenja zemljišnog prostora ispod trase
- Nagib se kreće do 45°
- Vođenje trase je na proizvoljnoj visini

Dijelovi žičanih željeznica:

- a) Stanice
- b) Vozila (kabine, spremnici za teret)
- c) Pogonski uređaji
- d) Pruga (stupovi, užad)

a) STANICE

Podjela stanica prema položaju: gornje, donje i srednje stanice

Gornje i donje stanice

- Kod teretnih žičara gornja stanica je većinom utovarna dok je donja istovarna stanica.
- Kod putničkih žičara uglavnom je obrnut slučaj.

Srednje stanice

- Nalaze se na pruzi kada se mijenja smjer trase ili na mjestima gdje se izgrađuju iz konstruktivnih razloga (npr. dijeljenje trase u dva dijela i sl.)

Podjela stanica prema namjeni (funkciji):

- 1) Utovarna stanica mora uvijek biti na najnižem mjestu područja sa kojeg se obavlja utovar.
- 2) Istovarna stanica treba većinom biti visoko iznad područja gdje se vrši istovar materijala.
- 3) Naponske stanice imaju uređaje za napinjanje nosivih i pogonskih užeta.
- 4) Pogonske stanice služe za smještaj pogonskih uređaja.
- 5) Pričvrsne (sidrene) stanice služe za sidrenje nosivih užadi.

b) VOZILA

- Vozila za prijevoz putnika ili tereta sastoje se od voznog postolja, kvačila za uže, vješalice te kabine za putnike ili spremnice za teret.
- Kabine za prijevoz putnika i spremnici za teret stalno su pričvršćeni kod izmjeničnog prometa za pogonsko uže, dok kod usmjerenog prometa moraju imati posebna kvačila koja se mogu brzo otkvačiti ili zakvačiti.

c) **POGONSKI UREĐAJI**

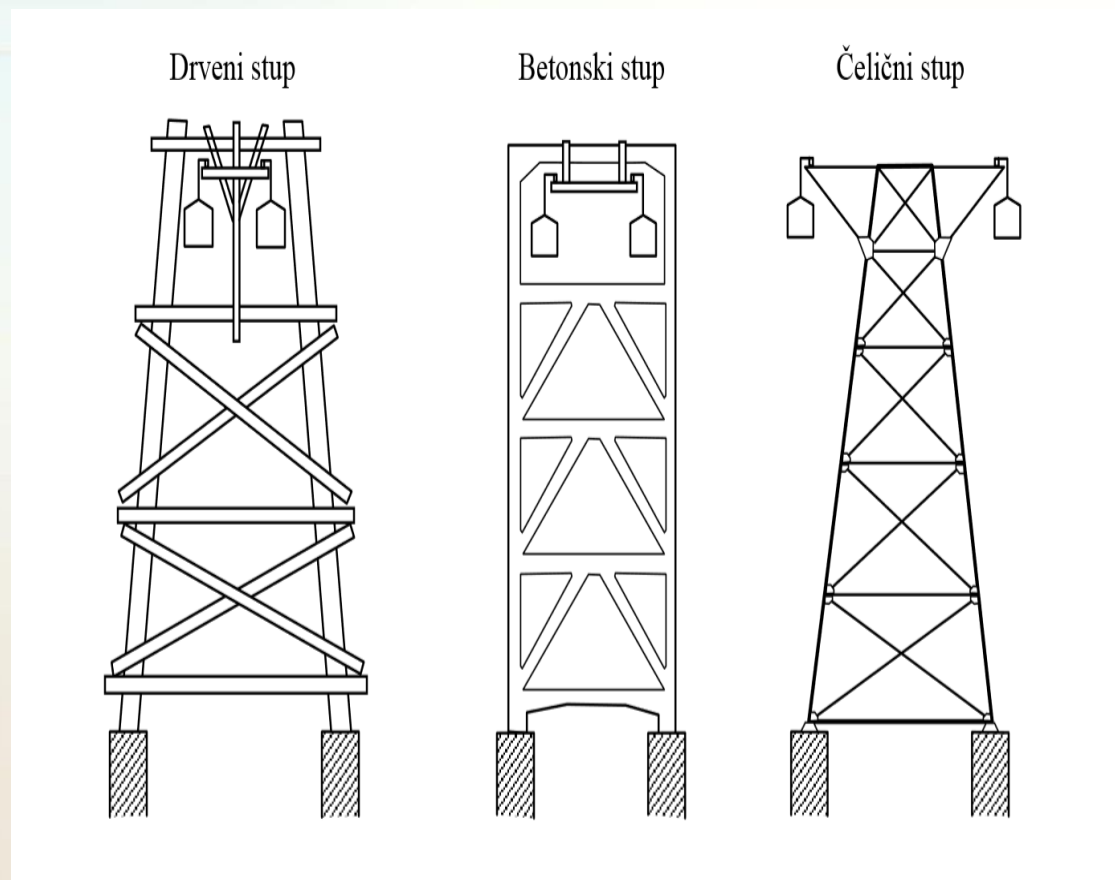
- Parni (u početnoj fazi)
- Električni (danas)

d) PRUGA (TRASA)

1. STUPOVI

Na određenim mjestima trase, nosivo uže se podupire stupovima (zbog problema progiba).

Stupovi mogu biti: drveni, betonski i čelični.



2. UŽAD

- Žičano čelično uže je jedan od najvažnijih elemenata žičare
- Čelično uže dobije se pletenjem žica oko jezgre užeta.

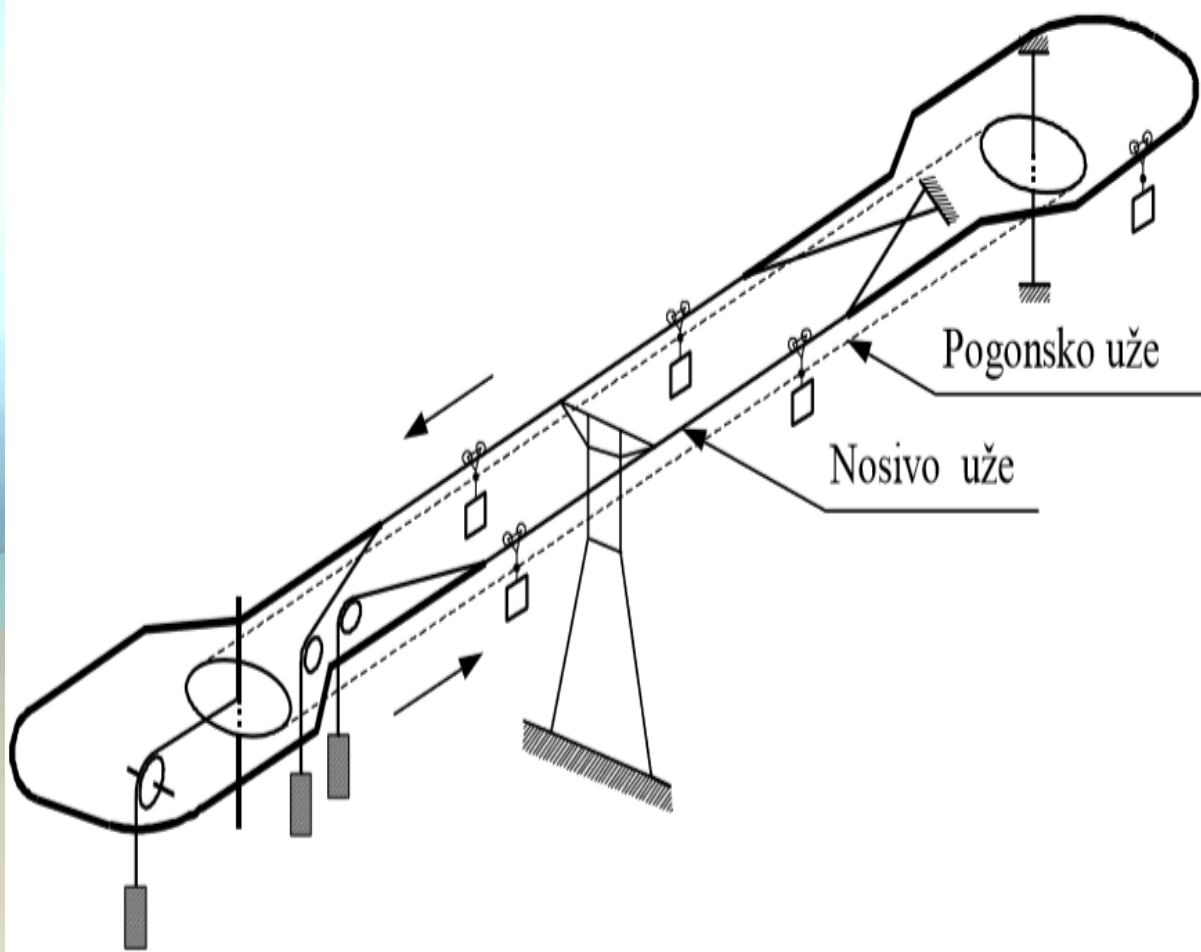
Prema načinu odvijanja prometa, razlikujemo:

A) ŽIČARE NA USMJERENI POGON

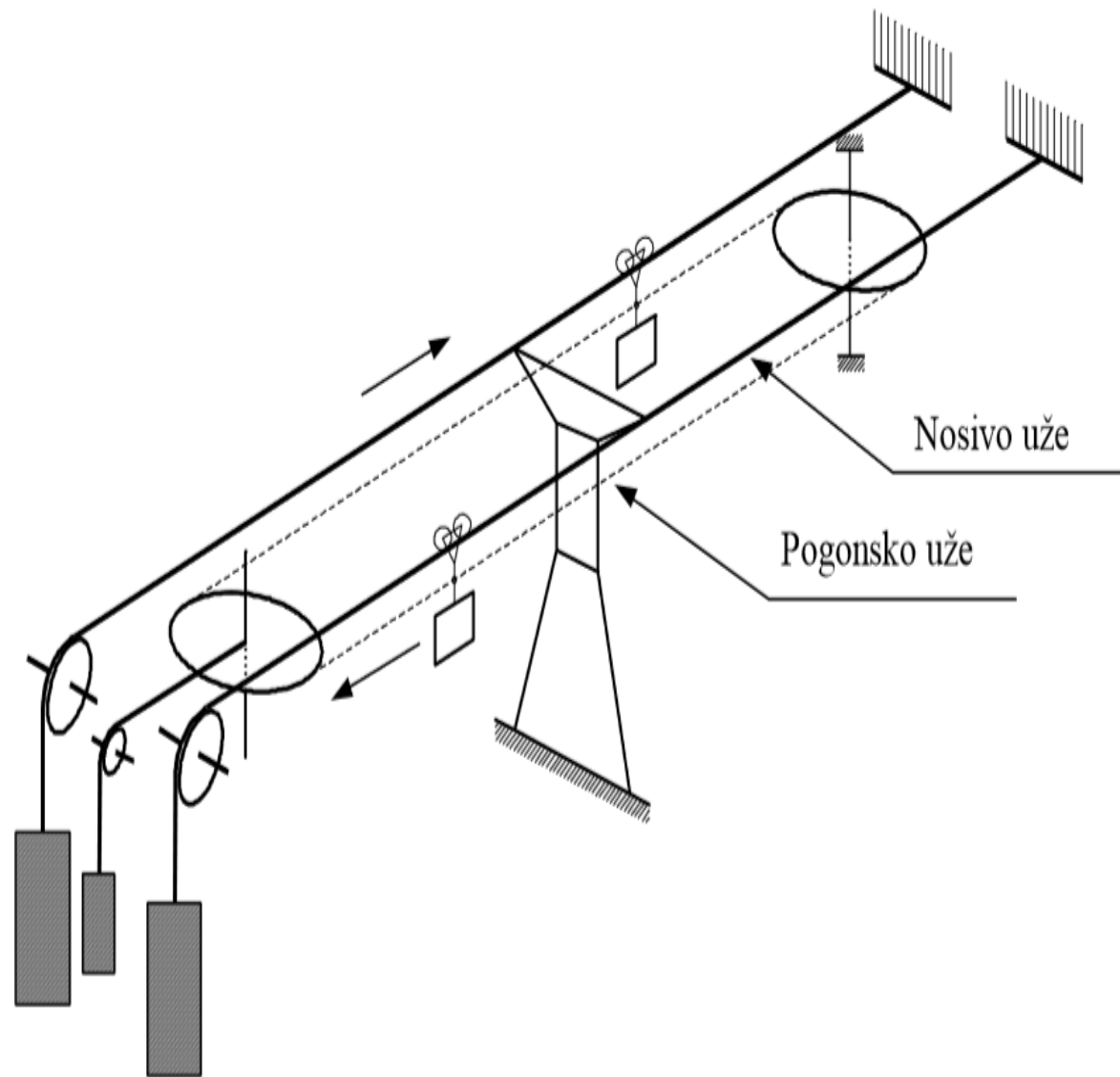
- Stalna vožnja u istom smjeru
- Kabine se mogu otkvačiti od užeta jer nisu fiksno vezane
- Kabine za putnike ili spremnice za teret, pričvršćene su specijalnim brzo razrješivim spojnicama
- Dodavanjem ili oduzimanjem određenog broja kabina prilagođava se gustoći prometa
- Putnički promet - kabine mogu primiti najviše 6 osoba
- Teretni promet - transport rudače, jalovine itd.

B) ŽIČARE NA IZMJENIČNI POGON

- Imamo samo dvije kabine koje pretežno služe putničkom prometu, a rjeđe teretnom prometu
- Kabine su fiksno vezane za pogonsko uže
- Dok je jedna kabina na donjoj stanici druga je na gornjoj stanici
- Putnički promet - kabine su namijenjene za 150 do 160 putnika (i za jednog putnika mora se pokretati kabina)
- Teretni promet - primjenjuje se u kamenolomima za transport velikih granitnih blokova ili kod gradnje velikih objekata na nepristupačnim terenima.
- Lakša kontrola pričvršćenja (samo dvije kabine)



Shema žičare na usmjereni pogon



Shema žičare na izmjenični pogon

- **Pri izradi prezentacije korišteni materijali:**

Stjepan Lakušić: Ž E L J E Z N I C E

Predavanja za studente. III godine Građevinskog fakulteta (nelektorirani rukopis); Sveučilište u Zagrebu.

<https://www.scribd.com/document/145745425/Lakusic-Zeljeznice-Www-download-knjiga-info>