

## ŽELJEZNICE

---

### Istorijat

- ❑ Prva željeznička pruga, koju je projektovao i izgradio Džordž Stivenson, puštena je u saobraćaj 1825 godine. Ova pruga povezala je mjesto Stakton sa pristaništem Darlington u Engleskoj u dužini od 20 km. Već 1830 godine puštena je u saobraćaj i prva značajnija pruga dužine 51 kilometar od Mančesteru do Liverpula, koju je projektovao i izgradio takođe Stivenson.
- ❑ Iste godine 1830 sagrađena je i prva pruga u Sjevernoj Americi, a zatim u Evropi: Belgiji i Njemačkoj 1835 godine.
- ❑ Prve pruga u nekadašnjoj Jugoslaviji izgrađena je 1849 u Sloveniji od Šent Ilja do Ljubljane,
- ❑ 1862 godine u Hrvatskoj od Zaprešića do Zagreba,
- ❑ 1872 godine u Bosni od Bosanskog Novog do Banja Luke,
- ❑ 1873 godine u Makedoniji od Devđelije do Skoplja,
- ❑ 1884 godine u Srbiji od Beograda do Niša i
- ❑ 1909 godine u Crnoj Gori od Bara do Virpazara.
- ❑ Poslije drugog svjetskog rata izgrađene su pruge uz pomoć omladinskih radnih akcija i to:
  - Brčko - Banovići, Šamac – Sarajevo i Nikšić – Titograd.
- ❑ Posljednja željeznička pruga Beograd – Bar puštena u saobraćaj 1976 godine i jedna je od najljepših u Evropi, dužina joj je 480 km.

## KONSTRUKTIVNI ELEMENTI ŽELJEZNIČKE PRUGE

---

### KARAKTERISTIKE ŽELJEZNIČKOG SAOBRAĆAJA

Željeznički saobraćaj se, u odnosu na druge vidove saobraćaja, izdvaja posebnom konstrukcijom puta i vozila.

- Put po kome se realizuje železniki saobraćaj zove se kolosjek. Kolosjek čine dvije šine na standardnom rastojanju (normalna širina kolosjeka 1435mm), koje su odgovarajućim pričvrsnim kolosječnim priborom povezane sa poprečno ili podužno postavljenim pragovima, ili su preko elastičnih oslonaca položene na noseću vrstu podloge (kolosjek bez praga).
- Glavna karakteristika željezničkog puta je kretanje vozila po unaprijed definisanoj prostornoj putanji, određenoj voznim ivicama šina, sa koje vozilo (u normalnim okolnostima) ne može da skrene.

## KONSTRUKTIVNI ELEMENTI ŽELJEZNIČKE PRUGE

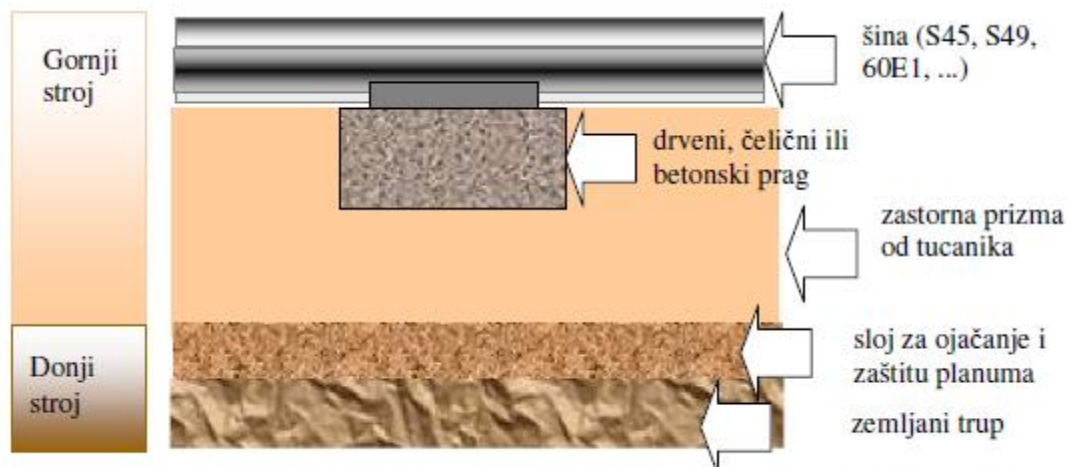
---

### KARAKTERISTIKE ŽELJEZNIČKOG SAOBRAĆAJA

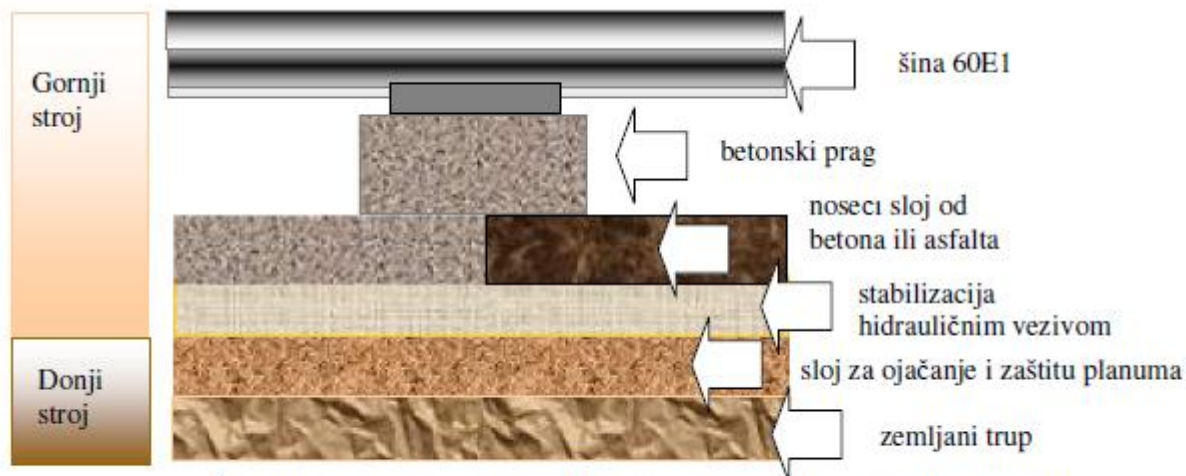
Glavni sastavni dijelovi željeznica su:

- Donji stroj, (pravilnik 315)
- Gornji stroj, (pravilnik 314)
- Željezničke stanice i
- Sigurnosno-signalna postrojenja.

# KONSTRUKTIVNI ELEMENTI ŽELJEZNIČKE PRUGE



a) Šematski podužni presek kroz kolosek položen u tucaničkom zastoru



b) Šematski podužni presek kroz kolosek sa poprečnim betonskim pragovima na betonskoj ili asfaltnoj ploči

## SPECIFIČNOSTI ŽELJEZNICE U ODNOSU NA DRUGE VIDOVE SAOBRAĆAJA

---

### PREDNOSTI

- ❑ Mogućnost masovnog prevoza tereta na dužim relacijama
- ❑ Mogućnost prevoza velikog broja putnika
- ❑ Mala potrošnja pogonske energije u odnosu na masu preveženog tereta
- ❑ Minimalne ekološke posledice (minimum zagađenja životne sredine)
- ❑ Veća bezbjednost u odnosu na druge vidove saobraćaja
- ❑ Odvijanje saobraćaja u skoro svim meteorološkim uslovima
- ❑ Udobnost putovanja (klima uređaji, zvučna izolacija, spavaća kola, vagon restoran, upotreba telefona, nesmetano kretanje putnika, gledanje TV, slušanje muzike...)
- ❑ Brzine konkurentne drumskom i vazdušnom saobraćaju

## SPECIFIČNOSTI ŽELJEZNICE U ODNOSU NA DRUGE VIDOVE SAOBRAĆAJA

---

### NEDOSTACI

- ❑ Nefleksibilnost u izboru puta i vremena vožnje
- ❑ Nemogućnost dostave robe "od vrata do vrata"
- ❑ Veliki gubitak vremena i mogućnost oštećenja pri utovaru, istovaru i ranžiranju kola
- ❑ Nekonkurentnost na kraćim relacijama, gdje prednost ima drumski saobraćaj
- ❑ Nekonkurentnost na velikim rastojanjima, gdje prednost ima avio saobraćaj
- ❑ Nekonkurentnost u hitnim dostavama i prevozu kvarljive i lomljive robe

## KLASIFIKACIJA I KATEGORIZACIJA ŽELJEZNIČKIH PRUGA

---

Podjelu željeznih pruga moguće je izvršiti na različite načine, na osnovu različitih kriterijuma, kao što su:

- ❑ širina kolosjeka,
- ❑ broj kolosjeka,
- ❑ vrsta vuče,
- ❑ karakter terena koji okružuje trasu željezničke pruge,
- ❑ računaska brzina,
- ❑ značaj u međunarodnom saobraćaju i slično.

## ŠIRINA KOLOSJEKA

---

- Pruge širokog, uzanog i normalnog kolosjeka:
  - širina širokog kolosjeka je 1676mm (Indija), 1668mm (Rusija) i 1524mm (Finska)
  - Normalna širina kolosjeka je 1435mm,
  - Širina uzanog kolosjeka je 1067mm (Južna Amerika, Japan i Meksiko), 1000mm (Tunis i Alžir)
- Specijalno, tramvajske pruge mogu imati normalnu širinu kolosjeka (1435mm), kao i širinu kolosjeka 1000mm. Tako npr. tramvajske pruge u Beogradu imaju tzv. "metarsku širinu koloseka", dok većina tramvajskih pruga u Evropi ima normalnu širinu.
- Širina kolosjeka mjeri se između unutrašnjih bočnih strana šina, na 14mm ispod gornje ivice šine kod normalnog kolosjeka (10mm kod uzanog kolosjeka)



## BROJ KOLOSJEKA

---

- jednokolosječne,
- dvokolosječne i
- višekolosječne

## VRSTA VUČE

---

- elektrificirane
  - parne i
  - neelektrificirane pruge
- 
- Na mreži željeznikih pruga u Crnoj Gori primjenjuje se monofazni sistem elektrifikacije (nazivni napon 25kV, učestanost 50Hz). Na elektrificiranim prugama koriste se elektro lokomotive, odnosno elektro i dizel lokomotive.
  - Na neelektrificiranim prugama koristi se dizel vuča. Upotreba parne vuče u normalnim okolnostima se ograničava na turističke potrebe.

## KARAKTER TERENA (RELJEF, GEOLOŠKI SKLOP, HIDROLOŠKE OSOBINE)

---

- ravničarske pruge i pruge u riječnim dolinama,
- pruge u valovito-brežuljkastom terenu,
- brdske pruge,
- planinske pruge i
- gradske, prigradske i lokalne pruge u velikim gradovima (metro, tramvaj i nekonvencionalni sistemi).

## MAKSIMALNA BRZINA

---

- pruge za brzine do 160 km/h i
- pruge za velike brzine (računska brzina na planiranim prugama za velike brzine za mješoviti saobraćaj u Srbiji  $V_r=250\text{km/h}$ , odnosno na prugama rezervisanim samo za putnički saobraćaj  $V_r=300\text{km/h}$ ).

U zavisnosti od maksimalne brzine definišu se granični elementi u situacionom planu i uzdužnom profilu!

## ZNAČAJ U SAOBRAĆAJU (PRAVILNIK 314 O ODRŽAVANJU GORNJEG STROJA PRUGA)

---

- U **glavne pruge** spadaju pruge normalnog kolosjeka I i II reda. To su pruge većeg značaja koje povezuju važnije privredne centre i područja u unutrašnjem saobraćaju, kao i pruge koje služe međunarodnom tranzitnom saobraćaju.
- U **sporedne pruge** spadaju pruge III reda normalnog kolosjeka.

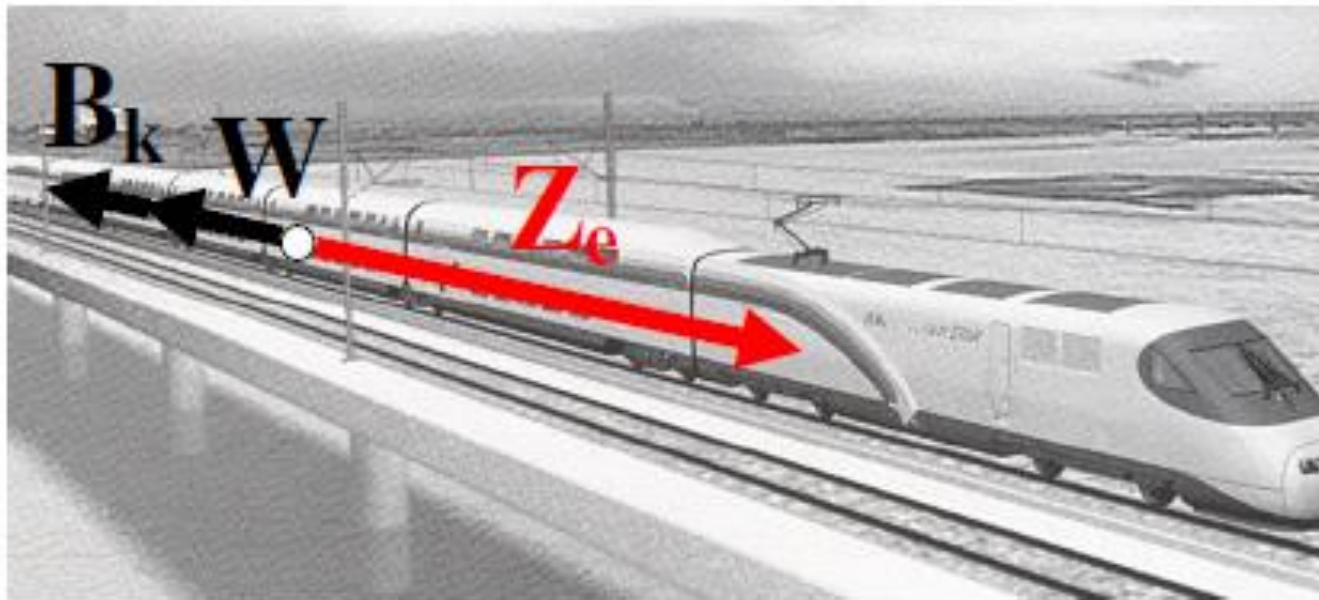
## SILE KOJE DJELUJU NA VOZ

---

- Voz se posmatra kao materijalna tačka koncentrisana u svom težištu sa masom koja odgovara ukupnoj masi voza (masa odgovarajućeg broja lokomotiva i kola sa masom korisnog tereta).
- Na kretanje voza, uglavnom dejstvuju slijedeće spoljne sile:
  - Vučna sila (  $Z_e$  ),
  - Sila otpora kretanju (  $W$  ) i
  - Sila kočenja (  $B_k$  )
- **Vučna sila ( $Z_e$ )**, stvara se u lokomotivi i ona uslovljava kretanje voza. Ova sila uvijek djeluje u pravcu kretanja voza.
- **Sile otpora ( $W$ ) kretanju** proizvod su raznih uticaja kretanju voza i one mogu djelovati, kako u suprotnom smjeru kretanju voza, tako i u smjeru kretanja.
- **Sile kočenja ( $B_k$ )** stvaraju se pomoću kočnog uređaja i one su uvijek suprotne smjeru kretanju voza.

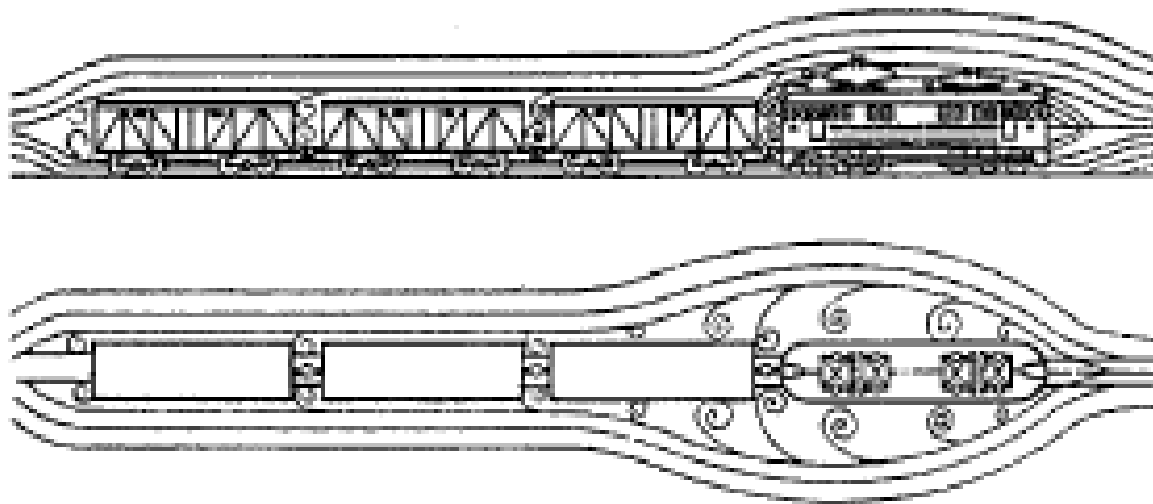
## SILE KOJE DJELUJU NA VOZ

---



## SILE KOJE DJELUJU NA VOZ

---



Šema obavijenosti vazдушnim kretanjima pri kretanju voza



## SILE KOJE DJELUJU NA VOZ



*Slika V-3. Gore levo: Glatka zaobljena aerodinamična linija čela voza ICE (InterCity Express) na železnicama Nemačke;*

*Gore desno: Neprekidna glatka površina prozora i glatka zasvedena bočna površina vozila:*

*Levo: Zatvoreni prelaz između putničkih kola*

## SILE KOJE DJELUJU NA VOZ

---



*Slika V-4. Levo: Aerodinamički oblikovano čelo voza na prugama u Japanu;  
Desno: Čelo voza za velike brzine na prugama Francuske, Belgije i Holandije (SNCF-Thalys)*

## SILE KOJE DJELUJU NA VOZ

---

Razlikujemo dvije vrste otpora koji se javljaju pri kretanju voza i to:

Osnovni (stalni) otpori

Naknadni (povremeni) otpori

## SILE KOJE DJELUJU NA VOZ

---

### A. Osnovni otpori

1. unutrašnji otpor u vozilu
2. otpori kolosjeka na pravom horizontalnom putu
3. otpori sredine

### B. Naknadni otpori

- Naknadni otpor od uspona
- Otpor od horizontalne krivine
- Otpori u tunelu
- Otpor pri pokretanju voza iz stanja mirovanja

## OSNOVNI OTPORI

---

Pod osnovnim otporima podrazumijevaju se otpori kretanju voza po pravom i horizontalnom putu. U ove otpore spadaju:

### 1. Unutrašnji otpori u vozilima

- Specifični osnovni otpor kola
- Specifični osnovni otpor vučnih vozila
- Specifični osnovni otpor cijelog voza

### 2. Otpori koji dolaze od kolosjeka javljaju se od:

- kotrljanja točkova po šinama,
- ugibanja kolosjeka pod vertikalnim opterećenjem,
- trenja klizanja točkova o površine glave šine i
- udara na sastavima šina.

Ovi otpori uglavnom su zavisni od kvaliteta kolosjeka, istrošenosti bandaža točkova, kao i brzine vožnje

### 3. Otpori od vazdušne sredine javljaju se od:

- pritiska vazduha na čeonu površinu voza,
- trenja bočnih površina voza o vazdušnu sredinu,
- kovitlanja vazduha između vagona i voza.

Otpori od vazdušne sredine naročito se naglo povećavaju pri kretanju<sup>21</sup> voza velikom brzinom u tunelima.

## NAKNADNI OTPORI

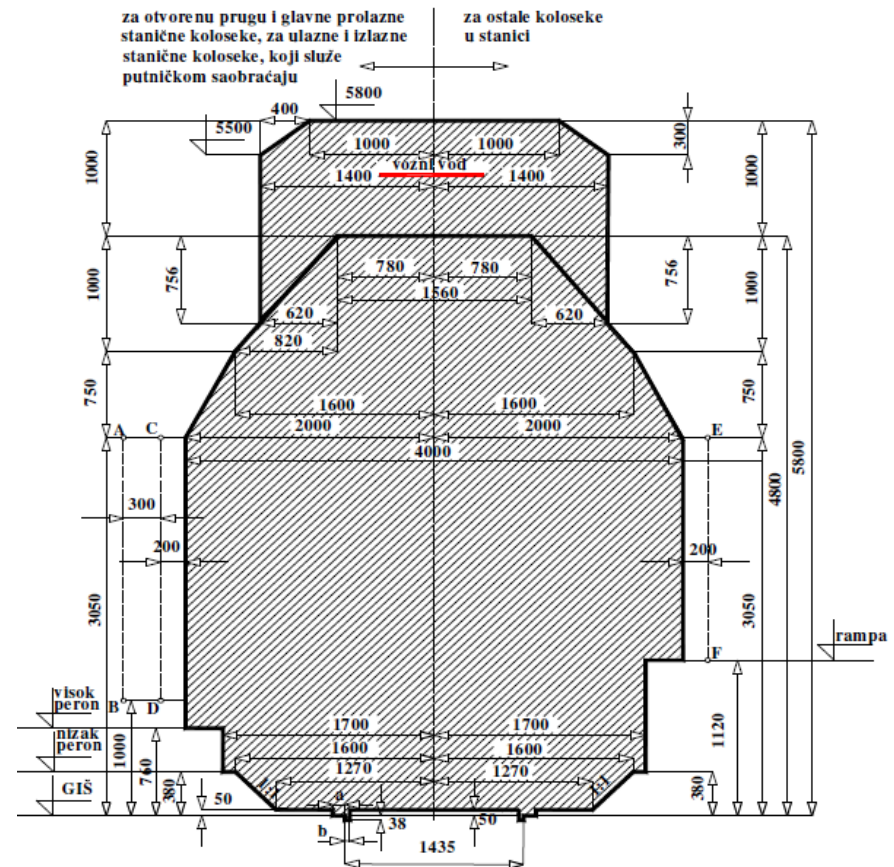
---

Naknadni otpori javljaju se povremeno pri kretanju voza po nagibima i krivinama. Razlikujemo slijedeće naknadne otpore:

1. Od uspona
2. Od krivina

## POJAM I ELEMENTI POPREČNOG PROFILA

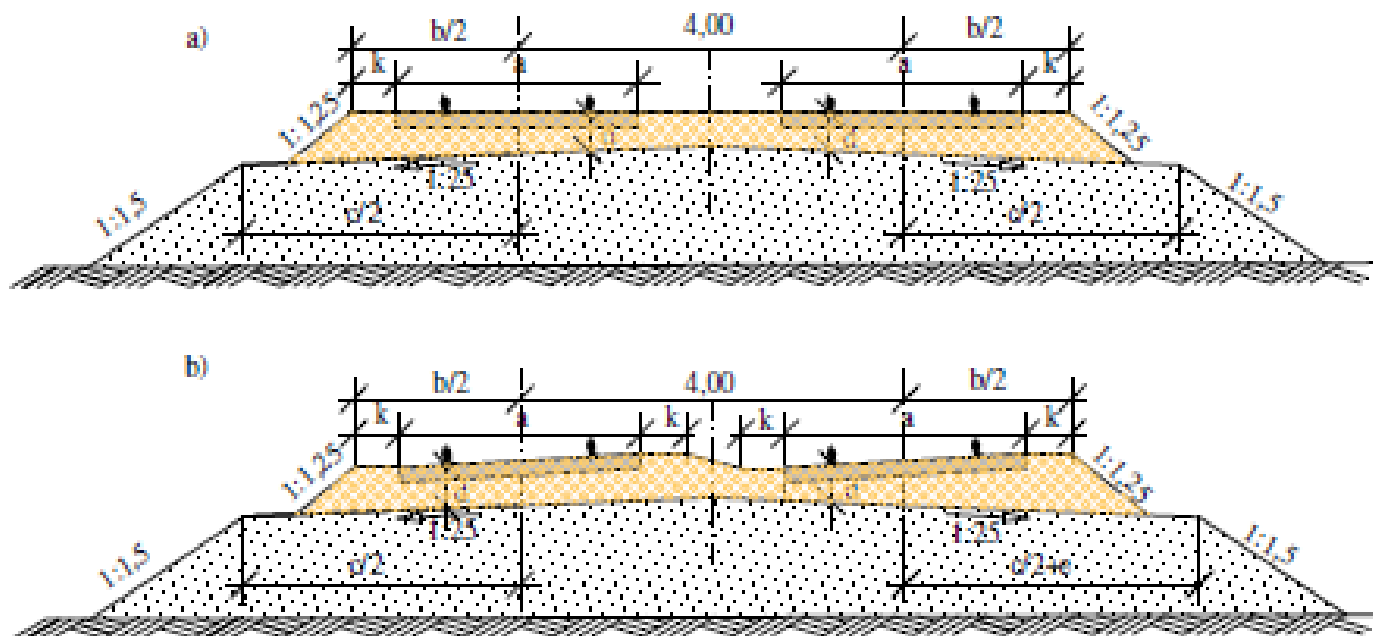
- Slobodan profil pruge** (gabarit) predstavlja prostor iznad kolosjeka, koji mora biti slobodan od svih predmeta i djelova objekata da bi voz, lokomotiva i vagoni mogli da prolaze kolosjekom bez smetnji. Osa slobodnog profila stoji upravno na pravu, koja dodiruje gornje ivice šina i prolazi kroz sredinu koloseka.
- Normalni(standardni) slobodan profil** se odnosi na kolosjek u pravoj i na kolosjek u krivinama poluprečnika jednakog ili većeg od 250m bez nadvišenja.







## NORMALNI POPREČNI PROFIL

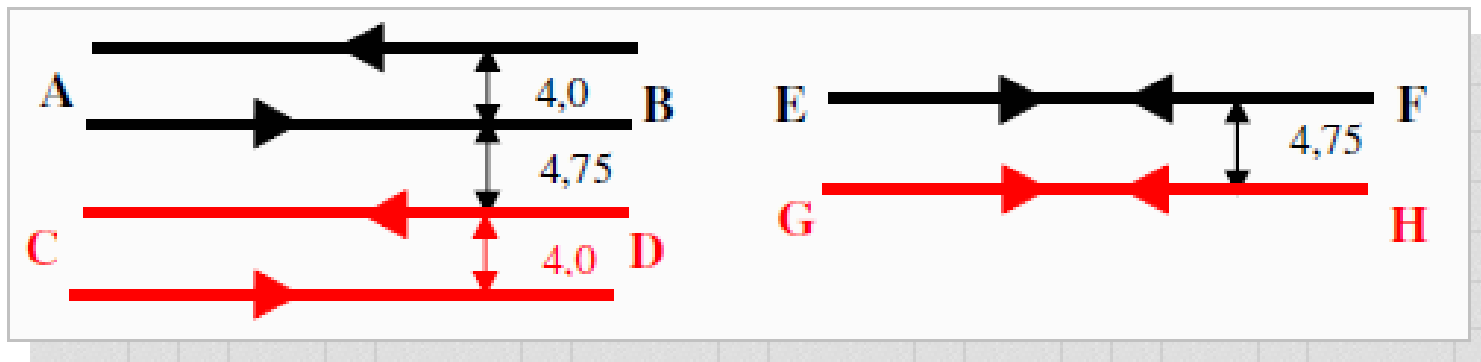


Normalni poprečni profil *dvokolosječne pruge* na nasipu:  
a) pruga na pravcu, b) pruga u krivini

## NORMALNI POPREČNI PROFIL

---

Rastojanje između osovina kolosjeka dvokolosječne pruge za brzine do 160km/h, po našim propisima, iznosi 4,0m, dok rastojanje između osovina paralelnih kolosjeka različitih pruga iznosi 4,75m.



## ELEMENTI GORNJEG STROJA

---

**1. Klasična konstrukcija** gornjeg stroja predstavlja kolosjek koji pliva u tucaničkom zastoru.

- Ovakav zastor omogućava bezbjedno odvijanje željezničkog saobraćaja brzinama **do 160km/h**.
- Primjenjuje se princip poprečno postavljenih pragova u odnosu na podužno postavljene čeline šine. U skladu sa takvim osnovnim konceptom razvijena je moćna mehanizacija za građenje, inspekciju i održavanje kolosjeka.

## ELEMENTI GORNJEG STROJA

---

### Klasična konstrukcija

- Tucanički zastor obezbjeđuje prostornu elastičnu stabilnost kolosjeka pod dejstvom vertikalnih, poprečnih i podužnih sila, uz prenošenje pritiska pragova na što veću površinu donjeg stroja.
- Pod dinamičkim dejstvom pokretnog saobraćajnog opterećenja dolazi do promjene položaja zrna tucanika u zastoru (šupljine u zastoru i istiskivanje tucanika u prostor između pragova i utiskivanja tucanika u posteljicu).
- Projektovana i izvedena geometrija kolosjeka (zastorne prizme) tokom vremena, propadajući, mijenja oblik. Redovnim održavanjem može se održavati projektovani oblik.
- Pragovi mogu biti: betonski i drveni.
- Trajnost kolosjeka na pragovima od prethodno napregnutog betona u zastoru, procenjuje se, u uslovima kvalitetnog održavanja pruge i vozila, do 40 godina
- Kod savremenog kolosjeka u zastoru sa šinama zavarenim u duge šinske trakove (DTS) poseban problem predstavlja opasnost od izbacivanja kolosjeka u stranu.

## ELEMENTI GORNJEG STROJA

---

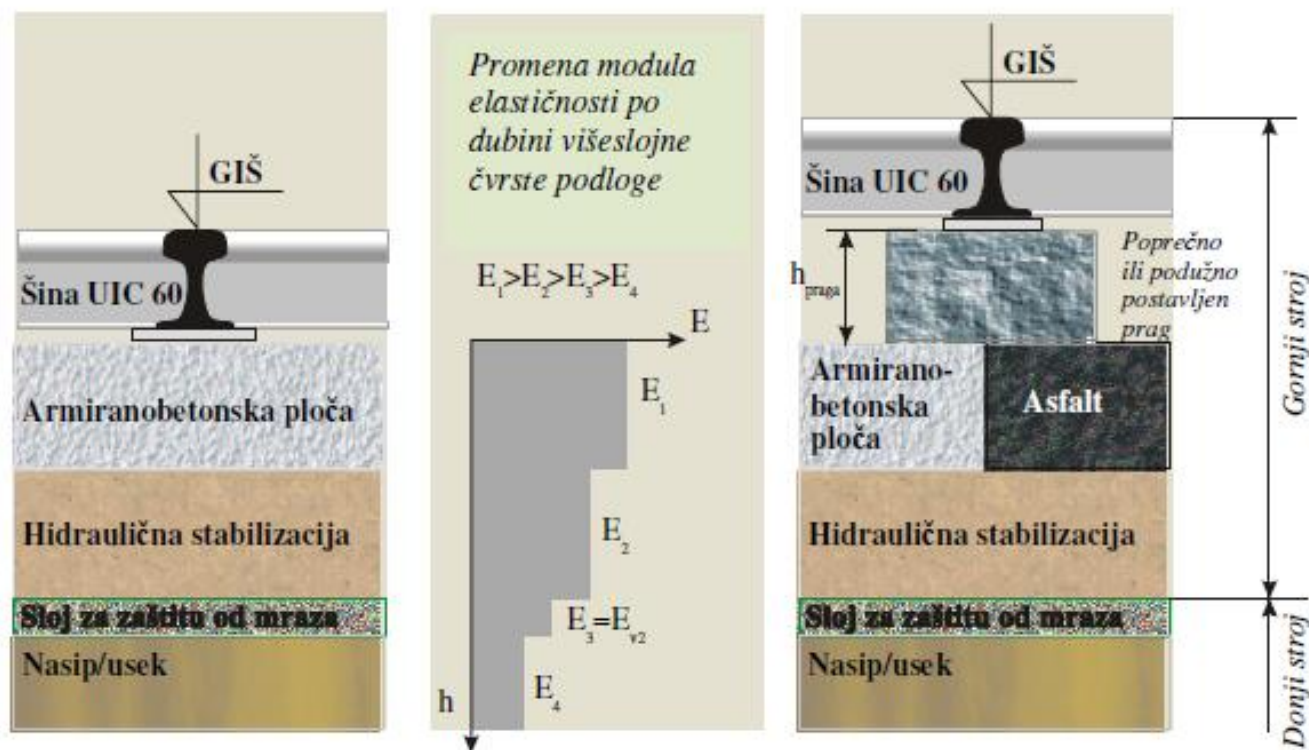
2. **Kolosjek na čvrstoj podlozi** podrazumijeva konstrukciju gornjeg stroja, čija je dugoročna stabilnost geometrije koloseka ostvarena polaganjem koloseka (ili šina) na višeslojnu čvrstu podlogu, postavljenu na stabilnu konstrukciju donjeg stroja.

- Donji stroj ima zadatak da efikasno štiti gornji stroj od uticaja vode i mraza.

Kod svih tipova konstrukcije kolosjeka na čvrstoj podlozi tucanički zastor je, kao najslabiji element, zamijenjen materijalom, koji dugoročno obezbjeđuje stabilnost geometrije kolosjeka (beton ili asfalt), uz prognozu da se može računati sa vijekom trajanja kolosječne konstrukcije do **60 godina**.

## ELEMENTI GORNJEG STROJA

## Kolosjek na čvrstoj podlozi



## ELEMENTI GORNJEG STROJA

---

### Kolosjek na čvrstoj podlozi

- Kolosjek na čvrstoj podlozi je okvirno 1,5 do 2 i više puta (u zavisnosti od tipa konstrukcije) skuplji od kolosjeka sa zastornom prizmom.
- Kroz dugi vijek trajanja konstrukcije, uz garantovanje bezbjednosti, pouzdanosti i konkurentnog komfora sistema, sa malim troškovima održavanja, kompenzuju se veliki investicioni troškovi.