

ANALIZA SAOBRAĆAJNOG OPTEREĆENJA

- **Analiza saobraćaja:** snimanje, opis i procjena postojećeg stanja saobraćaja
- **Brojanje saobraćaja** je način utvrđivanja broja i vrste vozila ili osovinskih opterećenja, koja prolaze kroz odabrani poprečni presjek puta u određenom vremenu
- **Ekvivalentno saobraćajno opterećenje** je opterećenje iskazano preko broja prelaza nazivnog (nominalnog) osovinskog opterećenja (po pravilu 100 kN)
- **Saobraćajno opterećenje** je opterećenje izraženo preko broja vozila (PGDS-prosječan godišnji dnevni saobraćaj) ili preko broja prelaza nazivnog (nominalnog) osovinskog opterećenja od 100 kN (PGDO), koje će proći kroz izabrani poprečni presjek puta u definisanom periodu trajanja

ANALIZA SAOBRAĆAJNOG OPTEREĆENJA

Za definisanje saobraćajnog opterećenja kolovozne konstrukcije potrebno je odrediti:

- prosječni godišnji dnevni saobraćaj PGDS, i
- težinu pojedinih osovina vozila, ili
- procjenu stopa iskorišćenosti vozila.

ANALIZA SAOBRAĆAJNOG OPTEREĆENJA

- PGDS na postojećim državnim putevima: brojanje, publikacije nadležnih stručnih organa.
- PGDS za izgradnju novih puteva se određuje na osnovu saobraćajnih prognoza. Za manje opterećene puteve moguće je izvršiti i samo procenu prosečnog godišnjeg dnevnog saobraćaja.
- Podaci o PGDS-u treba, po pravilu, da obuhvataju sledeću kategorizaciju reprezentativnih motornih vozila:
 - putnički automobili i karavani,
 - autobusi,
 - kamioni:
 - laki – nosivosti do 3 t,
 - srednji – nosivosti 3 do 7 t,
 - teški – nosivosti preko 7 t,
 - teški sa prikolicom i vučnim vozom.

ANALIZA SAOBRAĆAJNOG OPTEREĆENJA

Određivanje težine vozila

Određivanje stvarne težine motornih vozila i pojedinačnih osovinskih opterećenja moguće je izvršiti samo odgovarajućom metodom vaganja. Vaganje može da bude:

- statičko vaganje pomoću fiksnih ili pokretnih uređaja za vaganje, ili
- dinamičko vaganje za vozila u pokretu (pri normalnoj brzini, ili pri brzini do 10 km/h na posebnim platformama).

Na osnovu vaganja, osovinsko opterećenje motornih vozila je moguće kategorizovati u odgovarajuće razrede (npr. 5, 10, ili 20 kN).

Rezultati dobijeni vaganjem motornih vozila ili mjerenjem osovinskih opterećenja procenjuju se za pojedinačne, dvostruke i trostruke osovine, kako bi se direktno mogli upotrebiti za procjenu saobraćajnog opterećenja na postojećim putevima, kao i za predviđanje saobraćajnog opterećenja na novim putevima.

ANALIZA SAOBRAĆAJNOG OPTEREĆENJA

Ekvivalentno saobraćajno opterećenje

Zamor materijala kolovozne konstrukcije zavisi od sledećih karakteristika motornog vozila:

- osovinskog opterećenja,
- rasporeda osovina na vozilu,
- rasporeda točkova na osovini vozila, i
- broja opterećenja motornim vozilima, tj. prelaza vozila kroz poprečni presjek kolovoza

Osovinsko opterećenje – **faktor ekvivalencije** – ekvivalentno saobraćajno opterećenje

ANALIZA SAOBRAĆAJNOG OPTEREĆENJA

Ekvivalentno saobraćajno opterećenje

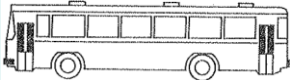
Reprezentativno vozilo	Prosječan faktor ekvivalencije
- putničko	0,00003
- autobus	0,55
- kamion:	
- laki	0,004
- srednji	0,10
- teški	0,50
- teški sa prikolicom	0,90


ANALIZA SAOBRAĆAJNOG OPTEREĆENJA

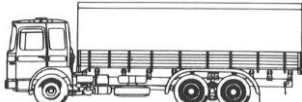
Nosivost vozila:	4 kN	
Kapacitet vozila:	4 osobe sa prtljagom	

Opterećenje vozila	Prednja osovina		Zadnja osovina	
	L ₁ (kN)	FE ₁	L ₂ (kN)	FE ₂
prazno	5,5	0,000009	5,5	0,000009
polu natovareno	6,0	0,000013	6,0	0,000013
potpuno natovareno	7,5	0,000032	7,5	0,000032
	Dio %			
prazno	60	0,000005		0,000005
polu natovareno	30	0,000004		0,000004
potpuno natovareno	10	0,000003		0,000003
Ukupno:		0,000012		0,000012
			FE _V	0,000024
			=	
		Putničko vozilo:		FE _V ≈ 0,00003

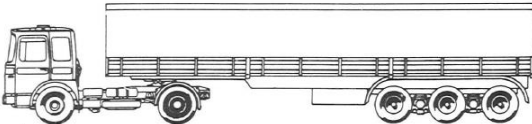
ANALIZA SAOBRAĆAJNOG OPTEREĆENJA

Nosivost vozila:	40 kN	
Kapacitet vozila:	50 putnika	

Nosivost vozila:	do 30 kN	
Kapacitet vozila:	25 kN	

Nosivost vozila:	> 70 kN	
Kapacitet vozila:	140 kN (dvostruka osovina)	

Nosivost vozila:	> 70 kN	
Nosivost prikolice:	120 kN	
Kapacitet vozila:	100 kN	
Kapacitet prikolice:	120 kN	

Nosivost vozila:	> 70 kN	
Nosivost prikolice:	160 kN	
Kapacitet vozila:	140 kN	
Kapacitet prikolice:	160 kN	

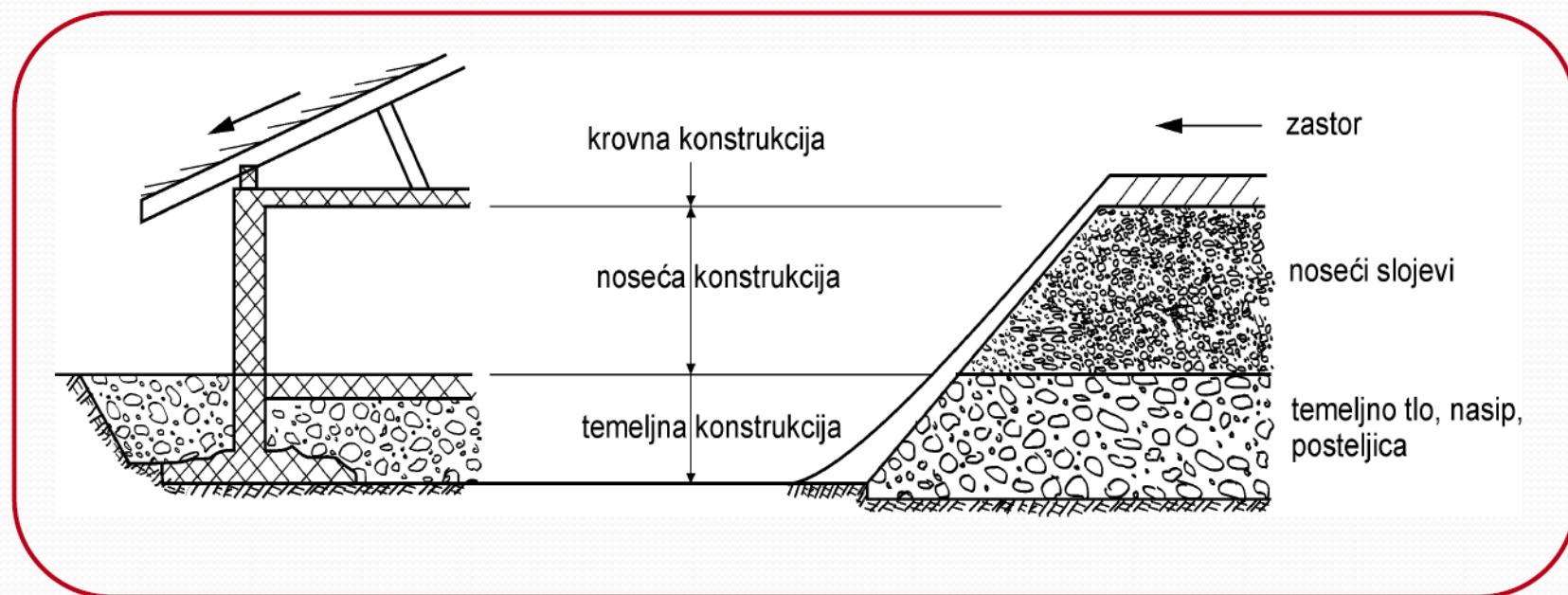
ANALIZA SAOBRAĆAJNOG OPTEREĆENJA

Kategorizacija saobraćajnog opterećenja

U zavisnosti od broja prelaza nominalnog osovinskog opterećenja po danu i u periodu od 20 godina, saobraćajno opterećenje kolovoza (po saobraćajnoj traci), koje je relevantno za određivanje karakteristika materijala, razvrstano je u 6 grupa saobraćajnog opterećenja:

Grupa saobraćajnog opterećenja	Broj prelaza nominalnog osovinskog opterećenja od 100 kN	
	po danu	za 20 godina
Izuzetno teško	preko 3.000	preko 2×10^7
Vrlo teško	preko 800 do 3.000	preko 6×10^6 do 2×10^7
Teško	preko 300 do 800	preko 2×10^6 do 6×10^6
Srednje	preko 80 do 300	preko 6×10^5 do 2×10^6
Lako	preko 30 do 80	preko 2×10^5 do 6×10^5
Vrlo lako	do 30	do 2×10^5

KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE



Pojam savremene kolovozne konstrukcije podrazumijeva višeslojnu konstrukciju koja se postavlja na **posteljicu** i sastoji se od **podloge** i **zastora**.

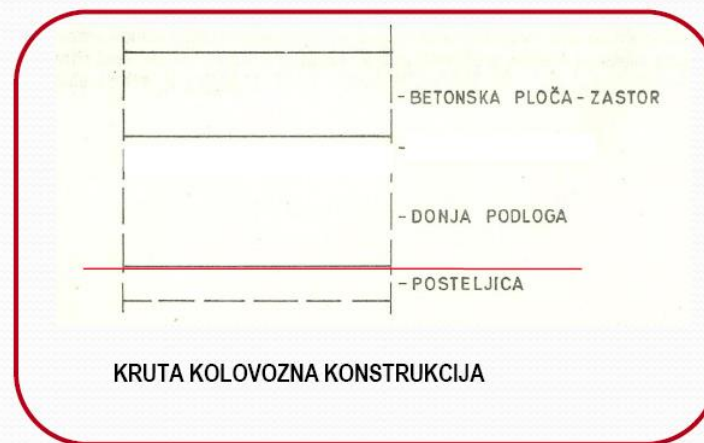
Uloga kk je da preuzme saobraćajno opterećenje i da ga prenese na podlogu, tako da sama konstrukcija pretrpi što manja oštećenja u datim vremenskim okolnostima.

Da bi ispunila svoj cilj, kk mora da ima odgovarajuću:

- nosivost
- trajnost
- otpornost na klizanje
- da je zaštićena od dejstva vode

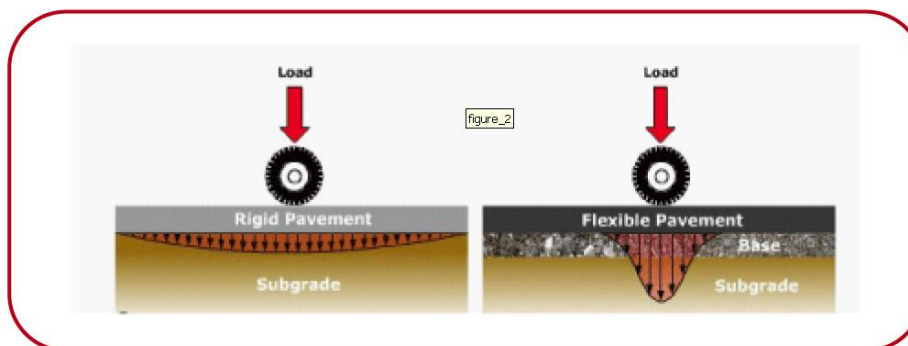
Udio troškova gradnje kk u ukupnim troškovima gradnje puta iznosi 30-50% (zavisno od konfiguracije terena i objekata na trasi).

VRSTE KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA



- **fleksibilne** – bitumenom vezani materijali, elastičnije i deformabilnije od krutih
- **krute** – portland cementom vezani materijali, prenose opterećenje na veću površinu posteljice, manji naponi na pritisak i manje deformacije od fleksibilnih

VRSTE KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA



- fkk su elastičnije i deformabilnije u odnosu na kkk
- kkk zbog svoje velike krutosti, opterećenje prenose na daleko veću površinu posteljice, izazivajući znatno manje napone na pritisak i deformacije u podtlu, u odnosu na fkk
- kkk su za oko 20-30% tanje u odnosu na fkk
- betonski kolovozi su primarno skuplji i zahtijevaju vrlo obučene izvršioce, za razliku od asfaltnih kolovoza
- u procesu eksploatacije se pokazuje da vrijedi ulagati u betonske kolovoze, jer su, dugoročno gledano, jeftiniji:
 - kkk - 30-50 godina do prve rehabilitacije
 - fkk - 10-15 godina do prve rehabilitacije

ELEMENTI KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

Posteljica

Posteljica predstavlja temelj kolovozne konstrukcije. U usjeku je od prirodnog tla, u nasipu od transportovanog materijala iz usjeka ili pozajmišta-prerađenog.

Osnovna uloga posteljice je da:

- omogućiti pravilnu izgradnju slojeva iznad nje
- zaštititi trup puta do momenta građenja narednih slojeva
- da pruži ujednačenu nosivost i ravnost

Nosivost posteljice izražava se kalifornijskim indeksom stišljivosti (CBR) koji kod Kkk mora biti veći od 3%, a kod Fkk veći od 5%.

U slučaju nedovoljne nosivosti ($CBR \leq 2\%$), posteljica se može stabilizovati mehanički ili hemijski. Stabilizacija posteljice je često racionalnija od povećanja debljine slojeva iznad nje.

ELEMENTI KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

Posteljica

Poboljšanje kvaliteta posteljice:

- ako je debljina lošeg tla u posteljici manja od 1.5m, može se zamijeniti boljim materijalom (provjeriti ekonomsku opravdanost)
- mehanički postupak sastoji se u poboljšanju granulometrijskog sastava temeljnog tla i njegovom zbijanju (postiže se veća čvrstoća na smicanje, manja konsolidacija, vodopropustljivost i apsorpcija vode)
- hemijski postupak koristi veziva: cement, kreč, pepeo, bitumen

Veoma je važno da je posteljica zaštićena od mraza, što se postiže spuštanjem nivoa podzemnih voda ili izolacionim prevlakama.

Minimalni poprečni nagib površine iznosi 4 (3)%, zavisno od karakteristika tla i uslova odvodnjavanja.

ELEMENTI KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

Donja podloga

- jedan ili više slojeva prirodnog ili mehanički/hemijski stabilizovanog tla, drobljenog agregata, šljunkovito-pjeskovitog agregata ili otpadnog materijala (drobljeni beton, šljaka)

Donja podloga ima ulogu da:

- zaštititi posteljicu od mraza (smanji ili spriječi dejstvo mraza)
- obezbjedi uniformnu nosivost posteljice
- poveća ukupnu nosivost kk

Najčešće se izvodi sa debljinom od 20-50cm. Ako posteljica ima veliku nosivost ($CBR \geq 10\%$), donja podloga se može izostaviti.

Donja podloga (tampon) treba da ima zbijenost 95% od maksimalne laboratorijske zbijenosti.

ELEMENTI KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

Gornja podloga

- sloj koji nosi u kk i zahtjevi u pogledu kvaliteta prilično veliki
- svaki materijal koji je otporan na dejstvo vode i mraza i ima $CBR \geq 80\%$: drobljeni agregat, mršavi beton, cementom i bitumenom vezani materijali, stabilizovani materijali)

Gornja podloga ima ulogu da:

- spriječi pumpanje i dejstvo mraza
- obezbjedi odvodnjavanje
- smanji negativno dejstvo promjene zapremine u posteljici
- poveća nosivost

ELEMENTI KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

Gornja podloga

Sastav:

1. Isključivo od kvalitetnog mineralnog materijala

- Suvo vezani makadam $d=7-10\text{cm}$
- Šljunkoviti materijal $d=15\text{cm}$

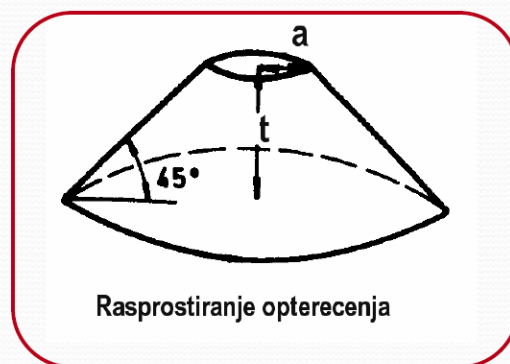
2. Mineralni materijal vezan nekim vezivom:

- Bitumenizirani materijal BNS $d=5-18\text{cm}$
- Cementom vezani materijal CVM $d=10-20\text{cm}$
- Stabilizovani (bitumenom ili krečom) materijali STM $d=6-30\text{cm}$
- Mršavi beton $d=10-15\text{cm}$

ELEMENTI KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

Zastor

- podnosi direktne uticaje saobraćajnog opterećenja
- najkvalitetniji sloj u kk
- sila koja djeluje na zastor je ista ona sila koja djeluje na sve slojeve po dubini, sve do posteljice, s tim što je površina djelovanja mnogo veća (konusna raspodjela)



ELEMENTI KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

Zastor kod fleksibilnih kolovoznih konstrukcija

Vežni sloj, povezuje habajući sloj sa podlogom, povećava nosivost, otpornost na trajne deformacije, postepeno mijenja kvalitet materijala, obezbjeđuje uslove za kvalitetniju izgradnju habajućeg sloja, kvalite materijala isti kao za habajući sloj, $d=5-10\text{cm}$

Habajući sloj se najčešće radi od asfalt-betona, veoma rijetko od livenog asfalta, tankih i ultra tankih asfaltnih zastora kod obnova postojećih zastora, površinskih obrada

ELEMENTI KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

Zastor kod krutih kolovoznih konstrukcija

Betonska ploča može biti urađena od:

- armiranog betona
- nearmiranog betona
- betona armiranog vlaknima
- neprekidno armiranog betona
- prednapregnutog betona
- valjanog betona

DIMENZIONISANJE KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

- određivanje debljine i sastava pojedinih slojeva kk
- definisanje zahtjeva kvaliteta i sastava pojedinih mješavina u slojevima kolovozne konstrukcije
- definisanje kvaliteta upotrebljivih materijala u posteljici
- utvrđivanje tehnologije radova
- analiza troškova građenja i održavanja kk
- poređenje varijantnih rješenja i izbor optimalnog sastava i debljine slojeva sa aspekta strategije korišćenja i upravljanja putevima

DIMENZIONISANJE KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

Faktori koji utiču na dimenzionisanje

- **opterećenje** (ukupna masa vozila, opterećenje po točku, broj i razmak točkova, kontaktno opterećenje, trajanje opterećenja, raspored opterećenja po saobraćajnim trakama, tip opterećenja - statičko ili dinamičko; ekvivalentno saobraćajno opterećenje)
- **prirodna sredina** (maksimalne, minimalne i prosječne temperature, količina padavina, vlažnost, nivo podzemne vode)
- **konstruktivne karakteristike** (broj, debljina i vrsta slojeva, čvrstoće materijala)
- **građenje** (tehnologija građenja)
- **održavanje**
- **nivo usluge, bezbjednost i ekonomičnost**

DIMENZIONISANJE KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

Metode dimenzionisanja

- **fleksibilne kolovozne konstrukcije**

 - metoda Američkog društva za javne puteve i transport-AASHTO

 - metoda Instituta za asfalt SAD

 - metoda SHELL

- **krute kolovozne konstrukcije**

 - metoda Westergaard

 - metoda Pickett&Ray

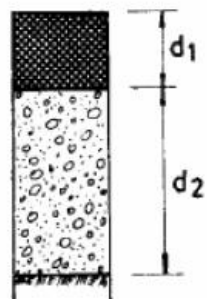
 - metoda Američkog društva za javne puteve i transport-AASHTO

 - metoda Udruženja za portland cement-PCA

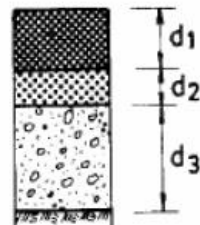
KOLOVOZNA KONSTRUKCIJA

SAVREMENE TIPSKE FLEKSIBILNE KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE

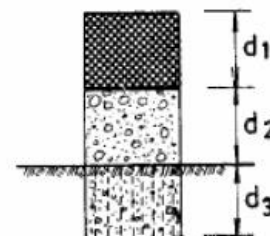
Tip ①



Tip ②



Tip ③



ZASTOR OD ASFALT BETONA I BITUMENIZIRANI
NOSEĆI SLOJ (BNS)



NOSEĆI SLOJ OD NEVEZANOG ZRNASTOG KAMENOG MATERIJALA
(ŠLJUNAK, DROBLJENI KAMENI MATERIJAL I SL.) ILI ZGURA VISOKIH PEĆI



STABILIZACIJA TLA U POSTELJICI POGODNOM VRSTOM
VEZIVA (KREČ, CEMENT I SL.)

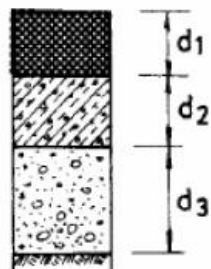


DONJI BITUMENIZIRANI NOSEĆI SLOJ (DBNS)

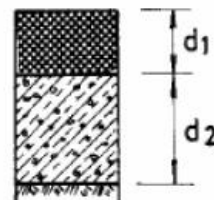


NOSEĆI SLOJ OD ZRNASTOG KAMENOG MATERIJALA STABILIZIRANOG
CEMENTOM ILI SLIČNIM HIDRAULIČNIM VEZIVIMA

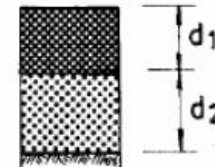
Tip ④



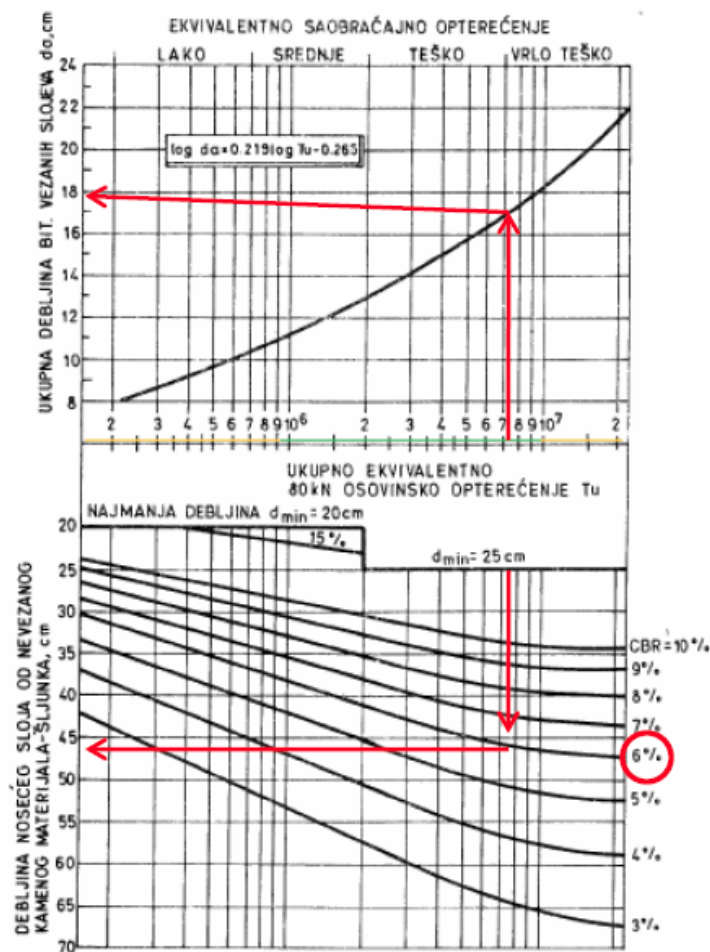
Tip ⑤



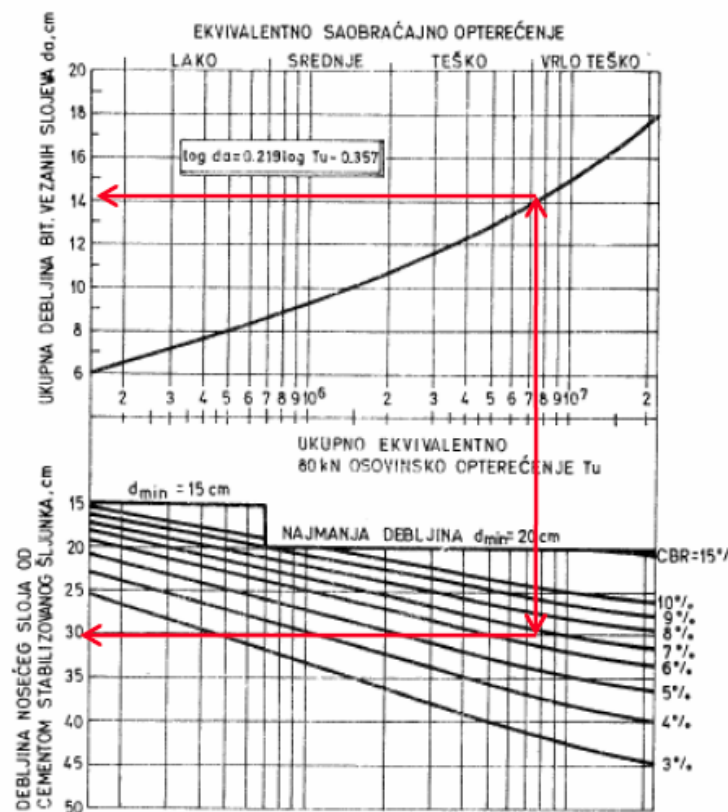
Tip ⑥



KOLOVOZNA KONSTRUKCIJA DIMENZIONISANJE



Dijagram za dimenzioniranje kolovoznih konstrukcija koje se sastoje od slojeva bit. vezanih materijala i nosećih slojeva od nevezanog zrnastog kamenog materijala



Dijagram za dimenzioniranje kolovoznih konstrukcija koje se sastoje od slojeva bit. vezanih i nosećih slojeva od cementom stabilizovanog zrnastog kamenog materijala