



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski fakultet Osijek
Sveučilišni diplomski studj građevinarstva

Upravljanje kvalitetom kod izvođenja prometnica

predavanje
Osijek, 5.06.2015.

Donji ustroj prometnica

Na građevinama donjeg ustroja izvedenim u prirodnom tlu ili od prirodnog tla **zemljani radovi** su iznimno brojni i opsežni i čine najveći dio radova.

Opći tehnički uvjeti za radove na cestama

Program osiguranja i kontrole kvalitete

HRVATSKE CESTE - HRVATSKE AUTOCESTE

OPĆI TEHNIČKI UVJETI ZA RADOVE NA CESTAMA

KNJIGA II – ZEMLJANI RADOVI, ODVODNJA,
POTPORNI I OBLOŽNI ZIDOWI

ZAGREB, PROSINAC 2001

Opći tehnički uvjeti - OTU

Opći tehnički uvjeti propisuju **minimalne zahtjeve kvalitete za materijale, proizvode i radove** koji se koriste kod izvođenja zemljanih radova.

Opći tehnički uvjeti su pisani na način da su dio ugovora.

Uvjeti koji se odnose na posebne radove uključuju se u ugovor kao Posebni tehnički uvjeti (PTU).

Opći tehnički uvjeti - OTU

Ispitivanja obuhvaćaju najmanje:

- **prethodna ispitivanja** (izvođač) kao dokaz uporabljivosti,
- vlastita ispitivanja proizvođača (izvođača) tijekom proizvodnje (tekuća ispitivanja).
- **kontrolna ispitivanja** materijala, proizvoda i radova od strane investitora (nadzornog inženjera).

Zemljani radovi

Pojmom zemljanih radova obuhvaćen je čitav niz zahvata:

- iskop humusa
- široki iskop (npr. iskop usjeka)
- prijevoz materijala
- iskop stapenica
- izrada nasipa
- izrada završnog sloja - posteljice (planuma odnosno ravnika)
- uređenje temeljnog tla
- stabilizacija zemljanih materijala vapnom i hidrauličkim vezivom
- zaštita pokosa nasipa i usjeka i drugih površina izloženih eroziji
- zamjena zemljanog materijala
- sanacija nestabilnih terena (klizišta)
- izrada bankina
- tunelski iskop

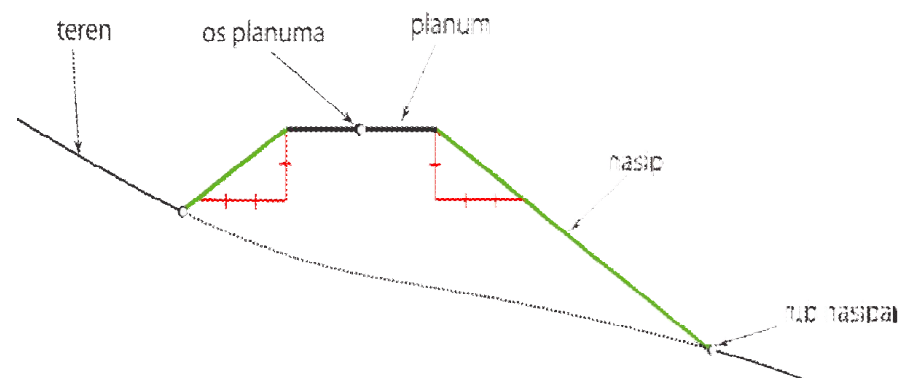
Izrada nasipa

Obuhvaća nasipavanje, razastiranje, prema potrebi vlaženje i sušenje, te planiranje materijala u nasipu prema dimenzijama i nagibima danim u projektu.

Rad mora biti obavljen u skladu s:

- **projektom**

- propisima
- programom kontrole i osiguranja kakvoće (PKOK)
- projektom organizacije građenja (POG)
- OTU



Izrada nasipa

Svaki sloj nasipnog materijala mora biti razastrt vodoravno u uzdužnom smjeru ili nagibu koji je najviše jednak projektiranom uzdužnom nagibu nivelete.

U poprečnom smjeru nasip mora uvijek imati minimalni poprečni pad usvim fazama izrade.

Svaki nasuti sloj mora se zbijati u punoj širini odgovarajućim sredstvima za zbijanje.

Zbijati treba od nižega ruba prema višemu.

Visina svakog pojedinog razgrnutog sloja nasipnog materijala mora biti u skladu s vrstom nasipnog materijala i dubinskim učinkom strojeva za zbijanje.

Zbijenost se ispituje na najmanje četiri mjesta od kojih najmanje na dva mjesta u donjoj polovici sloja.

Svi troškovi u vezi s pokusnom dionicom padaju na teret izvođača, a tako izrađena dionica, ako se nalazi na trasi i ako je zbijenost zadovoljavajuća, priznaje se kao izrađeni nasip.

Izgled nasipa pripremljen za provedbu tekućih i kontrolnih ispitivanja



Kontrola kvalitete kod izrade nasipa

- Dimenzije nasipa moraju se tijekom rada kontrolirati tako da ih se uspoređuje s dimenzijama iz projekta.
- Ako se ustanovi da je nagib pokosa nasipa veći od projektiranog, nadzorni inženjer može zahtijevati ispravku prema projektiranom nagibu.
- Nagib pokosa mora se ispraviti pomoću stepenica, primjenom iste kakvoće materijala, te istim strojevima za zbijanje, do postizanja tražene zbijenosti.

Kontrola kvalitete kod izrade nasipa

Norme na kontrolu kvalitete materijala za izradu i pri izradi nasipa:

HRN U.B1.010/79 Uzimanje uzoraka tla

HRN U.B1.012/79 Određivanje vlažnosti uzoraka tla

HRN U.B1.014/68 Određivanje specifične težine tla

HRN U.B1.016/68 Određivanje zapreminske težine tla

HRN U.B1.018/80 Određivanje granulometrijskog sastava

HRN U.B1.020/80 Određivanje granica konzistencije tla. Aterbergove granice

HRN U.B1.024/68 Određivanje sadržaja sagorljivih i organskih materija tla

HRN U.B1.038/68 Određivanje optimalnog sadržaja vode

HRN U.E1.010/81 Zemljani radovi na izgradnji putova

HRN U.E8.010/81 Nosivost i ravnost na nivou posteljice

Tekuća i kontrolna ispitivanja

Ova ispitivanja obuhvaćaju određivanje stupnja zbijenosti.

U jednoj seriji, jedan od pet rezultata ispitivanja zbijenosti može biti manji od minimalno traženog, s tim da po apsolutnoj vrijednosti ne odstupa za više od:

- 5% pri mjerenju prostornih masa u suhom stanju (γ_d),
- 10% pri mjerenju modula stišljivosti (M_s).

Rezultate ispitivanja izvođač predodčuje nadzornom inženjeru koji će, ako rezultati zadovoljavaju, odobriti kontrolna ispitivanja i nasipavanje novog sloja nasipa.

Izrada nasipa od zemljanih materijala

Pod zemljanim materijalima razumijevaju se gline niske do visoke plastičnosti, prašine, glinoviti pijesci i slični materijali, osjetljivi na prisutnost vode. Ovi se materijali zbijaju ježevima, glatkim valjcima na kotačima s gumama i vibropločama.

Materijal za izradu nasipa **mora zadovoljavati** ove uvjete:

- granulacija materijala treba biti takva da je koeficijent nejednolikosti veći od 9.
- nasipni materijal ne smije sadržavati više od 6% organskih primjesa
- optimalna količina vode mora biti manja od $W_{opt} \leq 25\%$.
- materijal ne smije imati suhu prostornu masu (po standardnom Proctoru) manju od $\gamma_d = 1,50 \text{ g/cm}^3$ za nasipe visine do 3,0 m, a za nasipe više od 3,0 m $\gamma_d = 1,55 \text{ g/cm}^3$.
- bubrenje materijala pod vodom nakon četiri dana ne smije biti veće od 4%.
- materijal ne smije imati indeks plastičnosti veći od $I_p \leq 30$.

Izrada nasipa od zemljanih materijala

Uvjeti kod izrade nasipa od zemljanih materijala:

- materijal se ne smije ugrađivati u nasip ni kada zadovoljava sve nabrojene uvjete, ako mu vlažnost prelazi granice koje omogućuju postizanje propisane kvalitete ugradnje.
- pri izradi nasipa od zemljanog, vezanog materijala, sav materijal dopremljen na gradilište mora se ugraditi tj. zbiti istog dana.
- rad na nasipavanju i zbijanju treba prekinuti u svako doba kad nije moguće postići tražene rezultate (zbog kiše, visokih podzemnih voda ili drugih atmosferskih nepogoda).
- nasipni materijal ne smije se ugraditi na smrznutu podlogu.
- u nasip se ne smije ugrađivati snijeg, led ili smrznuti zemljani materijal.

Izrada nasipa od miješanih materijala

Pod miješanim materijalima razumijevaju se miješani kameni i zemljani materijali, glinoviti šljunci, zaglinjene kamene drobine, trošne stijene - škriljci, lapor, flišn i materijali i slično. Ovi se materijali zbijaju valjcima.

Materijal za izradu nasipa **mora zadovoljavati** ove uvjete:

- granulacija materijala treba biti takva da je koeficijent nejednolikosti veći od 9
- materijal se ne smije ugrađivati u nasip kad vlažnost prelazi granice koje omogućuju postizanje propisane kakvoće ugradnje
- nasipni materijal ne smije se ugraditi na smrznutu podlogu
- u nasip se ne smije ugrađivati snijeg, led ili smrznuti materijal

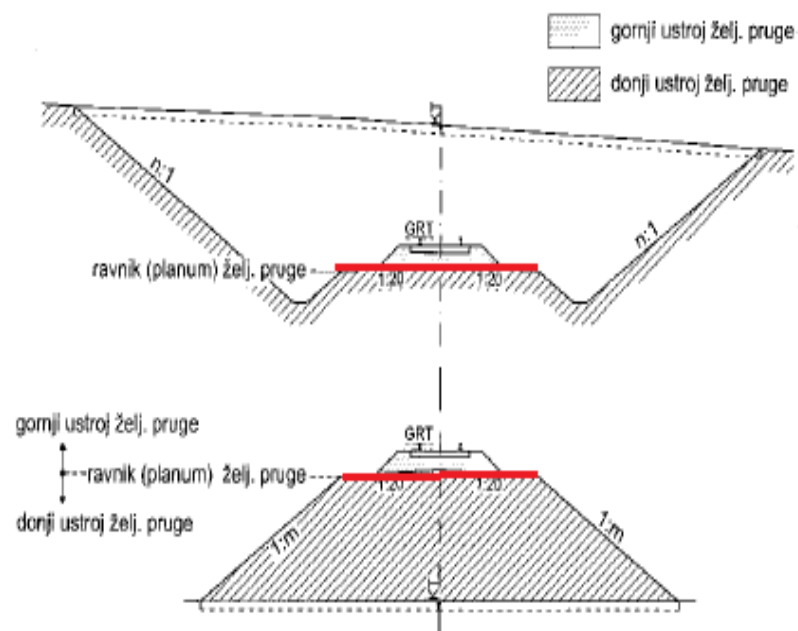
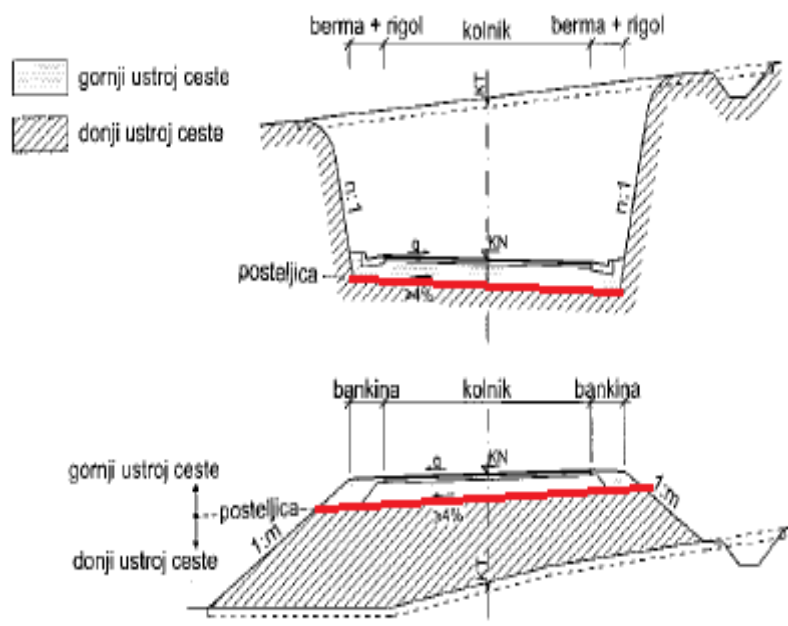
Izrada nasipa od kamenitih materijala

Pod kamenitim materijalima razumijevaju se materijali dobiveni miniranjem, kamene drobine i šljunci, tj. materijali koji praktički nisu osjetljivi na prisutnost vode. Ovi se materijali zbijaju vibrovaljcima (samohodnim i vučnim), vibronabijačima i kompaktorima, ovisno o vrsti upotrijebljenog materijala.

Materijal za izradu nasipa **mora zadovoljavati** ove uvjete:

- granulacija materijala treba biti takva da je koeficijent nejednolikosti veći od 4
- maksimalna veličina zrna smije biti jednaka najviše polovici debljine sloja, ali ne veća od 40 cm
- radovi na izradi nasipa ne smiju se obavljati kada je nasipni materijal smrznut, odnosno kada na trasi ima snijega i leda

Izrada posteljice



Kontrola nosivosti posteljice

- mjerenje indeksa nosivosti CBR (%)
- mjerenje indeksa nosivosti CBR (%)
- mjerenje modula stišljivosti M_s (MN/m²)
- mjerenje modula reakcije K (MN/m³)

Nosivost različnih vrsta tla izražena CBR-om



VRSTA TLA	OZNAKA	CBR(100%)
Krupnozrna tla	GW	40-80
	GP	30-60
	GM	20-60
	GC	20-40
	SW	20-40
	SP	10-40
	SM	20-40
	SC	5-20
Sitnozrna tla	ML	15 i manje
	CL LL < 50%	15
	OL	5
	MH	10
	CH LL > 50%	15
	OH	5

Sz (%) stupanj zbijenosti po Proctoru

$$Sz = \frac{\gamma_d}{\gamma_{dmax}} 100 (\%)$$

- γ_d – suha prostorna masu određenu na posteljici
- γ_{dmax} – max suha prostorna masu po Proctoru



Standardni i modificirani Proctorov pokus

NAČIN ZBIJANJA	STANDARDNI PROCTOR	MODIFICIRANI PROCTOR
Težina nabijača (kg)	2,50	4,50
Visina pada (cm)	30,40	42,50
Broj udaraca	3*25	5*25
Broj slojeva	3	5
Rad zbijanja (MJ/m ³)	0,610	2,750

Sz (%) stupanj zbijenosti po Proctoru

Na temelju rezultata pokusa vrši se :

- izbor mehanizacije za zbijanje
- utvrđivanje optimalne vlažnosti za zbijanje
- utvrđuje se debljina sloja koji se zbija
- procjena osjetljivosti materijala pri nepovoljnim hidrometeorološkim uvjetima
- izbor mjera koje je potrebno poduzeti kako bi se moglo obaviti zbijanje

Modul stišljivosti M_s (MN/m²)

IZRADA POSTELJICE OD ZEMLJANIH MATERIJALA

Rad obuhvaća strojno grubo i fino planiranje, zbijanje glatkim valjcima ili valjcima s točkovima na pneumaticima.

Zbijanje posteljice u zemljanim materijalima treba izvršiti tako, da se postigne stupanj zbijenosti u odnosu na standardni Proctor-ov postupak $S_z \geq 100\%$, odnosno modul stišljivosti $M_s \geq 30 \text{ MN/m}^2$

Obracun radova:

Po četvornom metru stvarno izvedene posteljice	m2	3.655,00
--	----	----------

IZRADA POSTELJICE OD MIJEŠANIH MATERIJALA

Rad obuhvaća strojno grubo i fino planiranje, zbijanje glatkim valjcima ili valjcima s točkovima na pneumaticima.

Zbijanje posteljice u zemljanim materijalima treba izvršiti tako, da se postigne stupanj zbijenosti u odnosu na standardni Proctor-ov postupak $S_z \geq 100\%$, odnosno modul stišljivosti $M_s \geq 35 \text{ MN/m}^2$

Obracun radova:

Po četvornom metru stvarno izvedene posteljice	m2	20.065,00
--	----	-----------



Izrada posteljice

- uređenje posteljice u usjecima, zasjecima i nasipima
- rad mora biti obavljen u skladu s projektom, propisima, programom kontrole i osiguranja kakvoće (PKOK), projektom organizacije građenja (POG), zahtjevima nadzornog inženjera i ovim OTU.
- nagib posteljice za koherentna tla 4%, nekoherentna 2,5%
- ravnost se mjeri letvom dužine 4m

Zbijanje posteljice obavlja se odabranim strojevima, ovisno o vrsti materijala

- kameniti materijali: vibracijski i teški statički valjci
- miješani materijali: vibracijski valjci, statički valjci i valjci na kotačima s gumama
- zemljani materijali: ježevi i valjci na kotačima s gumama

Kontrola kvalitete materijala za izradu posteljice

- Uzimanje uzoraka tla
- Određivanje vlažnosti uzoraka tla
- Određivanje specifične težine tla
- Određivanje zapreminske težine tla
- Određivanje granulometrijskog sastava
- Određivanje granica konzistencije tla
- Određivanje promjene zapremine tla
- Određivanje sadržaja sagorljivih i organskih materija tla
- Određivanje optimalnog sadržaja vode
- Određivanje kalifornijskog indeksa nosivosti
- Nosivost i ravnost na nivou posteljice

Tekuća i kontrolna ispitivanja

- Uzimanje uzoraka tla
- Određivanje vlažnosti uzoraka tla
- Određivanje zapreminske težine tla
- Određivanje modula stišljivosti metodom kružne ploče

Minimalna tekuća ispitivanja

- određivanje stupnja zbijenosti na 1.000 m²
- određivanje modula stišljivosti na 1.000 m²
- određivanje granulometrijskog sastava materijala posteljice na 6.000m²
- jedno ispitivanje stupnja zbijenosti i modula stišljivosti na svakih 200 m² u zoni bankine

Izvođač je dužan rezultate ispitivanja i mjerenja predložiti nadzornom inženjeru koji će, ako rezultati zadovoljavaju, odobriti kontrolna ispitivanja i početak izrade kolničke konstrukcije na posteljici.

Kontrolna ispitivanja

- određivanje stupnja zbijenosti u odnosu na standardni Proctorov postupak (**Sz**) najmanje na svakih 2.000 m²
- određivanje modula stišljivosti (**Ms**) najmanje na svakih 2.000 m² uređene površine posteljice.
- ispituje se posteljica u zoni bankine na svakih 400 m
- granulometrijski sastav materijala iz posteljice ispituje se najmanje na svakih 10.000 m²

Izrada posteljice od zemljanih materijala

Materijal za izradu posteljice od zemljanih materijala treba zadovoljavati ove kriterije:

- koeficijent nejednolikosti $U = d_{60} / d_{10}$ mora biti veći od 9,
- maksimalna suha prostorna masa prema standardnom Proctorovu postupku mor biti veća od 1,65 t/m³
- granica tečenja W_L mora biti manja od 40%,
- indeks plastičnosti I_p manji od 20%,
- bubrenje nakon 4 dana potapanja u vodi ne smije biti veće od 3%,
- kalifornijski indeks nosivosti CBR mora biti veći od 3%.

Kriteriji za ocjenu kakvoće posteljice od glinovitih materijala jesu ovi:

- stupanj zbijenosti prema standardnom Proctorovu postupku $S_z \geq 100\%$,
- modul stišljivosti mjeren kružnom pločom $\varnothing 30$ cm $M_s \geq 30$ MN/m².

Izrada posteljice od miješanih materijala

Materijal za izradu posteljice od miješanih materijala treba zadovoljavati ove kriterije:

- koeficijent nejednolikosti $U = d_{60} / d_{10}$ mora biti veći od 9,
- maksimalna veličina zrna je 60 mm (10% zrna do 70 mm).

Kriteriji za ocjenu kakvoće posteljice od miješanih materijala su ovi:

- stupanj zbijenosti prema standardnom Proctorovu postupku $S_z \geq 100\%$,
- modul stišljivosti mjeren kružnom pločom $\varnothing 30$ cm $M_s \geq 35$ MN/m².

Izrada posteljice od kamenih materijala

Materijal za izradu posteljice od kamenitih materijala treba zadovoljavati ove uvjete:

- koeficijent nejednolikosti $U = d_{60}/d_{10}$ mora biti veći od 9,
- maksimalna veličina zrna je 60 mm (10% zrna do 70 mm).

Kriteriji za ocjenu kakvoće posteljice od miješanih materijala jesu ovi:

- stupanj zbijenosti prema standardnom Proctorovu postupku $S_z \geq 100\%$,
- modul stišljivosti mjeren kružnom pločom $\varnothing 30$ cm $M_s \geq 35$ MN/m².

UREĐENJE TEMELJNOG TLA

- obuhvaća sve radove koji se moraju obaviti kako bi se **sraslo tlo** osposobilo da bez štetnih posljedica preuzme opterećenje od nasipa i kolničke konstrukcije s prometnim opterećenjem
- uređivanje do dubine max. **30 cm**

a) Koherentna tla



b) Nekeberetna tla



Kontrola kvalitete

- Tekuća ispitivanja:
 - **Stupanj zbijenosti** prema standardnom Proctoru (Sz)
 - **Modul stišljivosti** kružnom pločom (Ms)
 - Najmanje jedno ispitivanje na svakih **1000 m2 UTT***
- Kontrolna ispitivanja:
 - Broj ispitivanja ovisi o materijalima, stanju vlažnosti...
 - Najmanje jedno ispitivanje na svakih **2000 m2 UTT***

***Uređeno Temeljno Tlo**

**Potrebna kvaliteta
temeljnog tla
(prema OTU)**

Vrste materijala	Stupanj zbijenosti Sz (u odnosu na standardni Proctorov postupak), najmanje (%)	Modul stišljivosti Ms (ploča Ø 30 cm), najmanje (MN/m ²)
Zemljani materijali: (dio materijala iskopne kategorije “C” - sve gline niske do visoke plastičnosti i prašinasta tla)		
a) Srasla tla sastavljena od koherentnih zemljanih materijala, a projektirani nasip nije viši od 2,00 m	97	20
b) Srasla tla sastavljena od kohe-rentnih zemljanih materijala, a projektirani nasip je viši od 2,00 m	95	20
Nekoherentni materijali i miješani materijali: (materijali iskopne kategorije “A” i “B” i dio materijala kategorije “C”, kameni materijali, miješani kameni i zemljani materijali, glinoviti šljunci, zaglinjene kamene drobine, flišni pješčenjaci, dolomiti, škriljci, konglomerati, pijesci, pjeskoviti šljunci).		
c) Srasla tla sastavljena od nekoherentnih zemljanih i miješanih materijala, a projektirani nasip nije viši od 2,00 m	100	25
d) Srasla tla sastavljena od nekoherentnih zemljanih i miješanih materijala, a projektirani nasip je viši od 2,00 m	95	25

- **Pokusna dionica:**

- Određivanje tehnologije rada, vrste strojeva za zbijanje i njihovog načina rada
- Dužina **min. 50 m**
- Kontrola zbijenosti na minimalno **5 mjesta**