

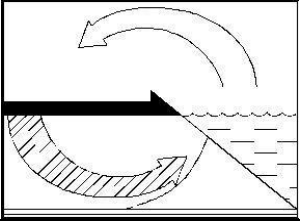
# HIDROEKOING VARAŽDIN

## Hidrotehnički i geotehnički radovi



## GEOTEHNIČKI ELABORAT TEMELJENJA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U ŠTRIGOVI

Varaždin, svibanj 2009. god.



# **HIDROEKOING VARAŽDIN**

## **Hidrotehnički i geotehnički radovi**

Broj tehničkog dnevnika: 04/2009.

### **GEOTEHNIČKI ELABORAT TEMELJENJA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U ŠTRIGOVI**

Obradili:

Doc. dr. sc. Dragutin Grdjan, dipl.ing.

Doc. dr.sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.

Ana Težak, dipl.ing.

Kristijan Grabar, dipl.ing.

Direktor:

Mr. sc. Ladislav Havaš, dipl.ing.

Varaždin, svibanj 2009. god.

## SADRŽAJ

### RJEŠENJE O UPISU U GLAVNU KNJIGU SUDSKOG REGISTRA

	str.
<b>U V O D</b> .....	4
1. GEOTEHNIČKI ISTRAŽNI RADOVI .....	5
2. LABORATORIJSKA ISPITIVANJA .....	5
3. GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE ŠIREG PODRUČJA .....	6
3.1. INŽENJERSKO GEOLOŠKE I GEOTEHNIČKE ZNAČAJKE .....	8
4. GEOSTATIČKE ANALIZE .....	13
4.1. ANALIZA NOSIVOSTI .....	13
4.2. ANALIZA SLIJEGANJA .....	14
4.3. MODUL REAKCIJE TLA .....	14
5. RAČUN NOSIVOSTI I SLIJEGANJA .....	16
5.1. ANALIZA NOSIVOSTI I SLIJEGANJA (temeljne trake; D = 1,0 m) .....	17
5.2. ANALIZA NOSIVOSTI I SLIJEGANJA (mehanički stupanj pročišćavanja, temeljna ploča D = 4,85 m).....	18
5.3. ANALIZA NOSIVOSTI I SLIJEGANJA (SBR reaktor, temeljna ploča D = 3,0 m) .....	19
5.4. ANALIZA NOSIVOSTI I SLIJEGANJA (zgušćivač, temeljna ploča D = 1,8 m) .....	20
6. ZAKLJUČAK .....	21

### PRILOZI:

	broj listova:
1. SITUACIJSKI PLAN .....	1
2. SONDAŽNI PROFILI .....	3
3. REZULTATI LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA .....	8
4. FOTO DOKUMENTACIJA IZBUŠENE JEZGRE .....	1



REPUBLIKA HRVATSKA  
URED DRŽAVNE UPRAVE  
U VARAŽDINSKOJ ŽUPANIJ  
SLUŽBA ZA GOSPODARSTVO

KLASA: UP/I 311-05/05-01/26  
URBROJ: 2186-03-02-05-4  
VARAŽDIN, 25.03.2005.

URED DRŽAVNE UPRAVE U VARAŽDINSKOJ ŽUPANIJ, SLUŽBA ZA GOSPODARSTVO povodom zahtjeva LADISLAV HAVAŠ iz VARAŽDIN, DOBRIŠA CESARIĆA 81, na temelju članka 11. točka 1. Zakona o obrtu - pročišćeni tekst ("Narodne novine" broj 49/03), u predmetu upisa obrta u obrtni registar, donosi

## RJEŠENJE

Upisuje se u Obrtni registar:

UPIS NOVOG OBRTA I POČETAK OBAVLJANJA OBRTA

- |                                 |                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 Ime i prezime vlasnika:       | LADISLAV HAVAŠ, VARAŽDIN, DOBRIŠA CESARIĆA 81                                                                                                                                                         |
| 2 Naziv obrta:                  | "HIDROEKOING" GEOMEHANIČKI I HIDROTEHNIČKI RADOVI, LADISLAV HAVAŠ, VARAŽDIN, DOBRIŠE CESARIĆA 81                                                                                                      |
| 3 Kratki naziv:                 |                                                                                                                                                                                                       |
| 4 Dan početka obavljanja obrta: | 01.04.2005                                                                                                                                                                                            |
| 5 Oznaka obrtnice:              | 05010003632                                                                                                                                                                                           |
| 6 Matični broj obrta:           | 92360661                                                                                                                                                                                              |
| 7 Datum rođenja:                | 07.07.1966.                                                                                                                                                                                           |
| 8 Djelatnosti obrta:            | Sjedište : 1) 74.20.0 - * GEOLOŠKE I ISTRAŽNE DJELATNOSTI, 2) 74.20.0 - * IZRADA I IZVEDBA PROJEKATA IZ PODRUČJA ELEKTRONIKE I RUDARSTVA, 3) 45.12.0 - POKUSNO BUŠENJE I SONDIRANJE TERENA ZA GRADNJU |
| 9 Naziv udruženja obrtnika:     | HOK - UDRUŽENJE HRVATSKIH OBRTRNIKA - VARAŽDIN                                                                                                                                                        |

## Obrazloženje

U provedenom postupku povodom zahtjeva LADISLAV HAVAŠ za upis obrta u obrtni registar prema podacima iz prijave broj UP/I 311-05/05-01/26 utvrđeno je da podnositelj zahtjeva ispunjava sve uvjete propisane člankom 4. Zakona o obrtu - pročišćeni tekst ("Narodne novine" broj 49/03. ), pa je riješeno kao u izreci.

### Uputa o pravnom lijeku

Protiv ovog rješenja može se izjaviti žalba Ministarstvu gospodarstva, rada i poduzetništva u roku od 15 dana od dana dostave rješenja. Žalba s plaćenom upravnom pristojbom u iznosu od 50,00 kuna po Tbr. 3 Zakona o upravnim pristojbama ("Narodne novine" br. 8/96) predaje se ovom uredu neposredno ili šalje preporučeno a može se izjaviti i na zapisnik. Upravna pristojba u iznosu od 270,00 kuna po Tbr. 1. i 66. toč. 1. navedenog zakona naplaćena je.

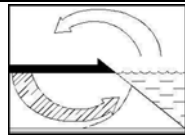
### Dostaviti:

- 1 LADISLAV HAVAŠ, VARAŽDIN, DOBRIŠA CESARIĆA 81
- 2 Ministarstvo financija, Porezna uprava
- 3 Hrvatski zavod za MIO, Područna služba Varaždin
- 4 Hrvatski zavod za ZO, Područna služba Varaždin
- 5 Državni zavod za statistiku Zagreb
- 6 HOK - Udruženje hrvatskih obrtnika
- 7 Gospodarska inspekcija
- 8 Građevinska inspekcija
- 9 Sanitarna inspekcija
- 10 Zbirka isprava - ovdje
- 11 Pismohrana - ovdje

PO OVLAŠTENJU PREDSTOJNIKA  
VIŠI UPRAVNI REFERENT ZA

GOSPODARSTVO:  
Barbara Čuhar, upr. prav.





NARUČITELJ:	- Međimurske vode d.o.o., Čakovec
IZVODITELJ:	Hidroekoing, Varaždin
GRAĐEVINA:	- Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda
LOKACIJA ZAHVATA:	- Štrigova
NAZIV ELABORATA:	- GEOTEHNIČKI ELABORAT TEMELJENJA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U ŠTRIGOVI
VODITELJ RADOVA:	- Doc. dr. sc. Dragutin Grdjan, dipl.ing.
BROJ TEH. DNEVNIKA:	- 04/ 2009.
VRSTA IZVIJEŠĆA:	za glavni građevinski projekt
DATUM:	- svibanj, 2009.

## U V O D

Na osnovu ugovora br. 129/2009 sklopljen između Međimurskih voda d.o.o. iz Čakovca, Mihovljanska 68 kao Naručitelja i "Hidroekoing" iz Varaždina, Dobriše Cesarića 81, kao Izvoditelja ugovorena je izrada geotehničkog elaborata za potrebe temeljenja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u Štrigovi.

Svrha istražnih radova bila je dobivanje uvida u sastav i geotehničke značajke temeljne podloge, te na osnovu tih podataka određivanje načina i dubine temeljenja, dopuštenog specifičnog opterećenja i slijeganje temeljnog tla.

U geotehničkom elaboratu sadržani su rezultati istraživanja sastava temeljnog tla, ispitivanja tla "in situ" i ispitivanja uzoraka tla, proračun dopuštenog opterećenja tla i proračun slijeganja građevine.

Programom istraživanja predviđene su i izbušene tri geomehaničke istražne bušotine dubine 6,0 do 7,0 m. Položaj bušotina prikazan je na situacijskom planu (Prilog 1). Radovi su izvedeni 07. svibnja 2009. godine.

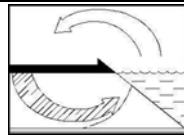
Cilj istražnih radova je prikupljanje podataka o općim i mehaničkim svojstvima tla kako bi se utvrdili optimalni uvjeta temeljenja, nosivosti i slijeganja.

Sva ispitivanja izvedena su u skladu sa zakonom i pravilnicima i to:

1. Zakon o prostornom uređenju i gradnji - NN 76/07
2. Pravilnik o tehničkim normativima za temeljenje građevinskih objekata (u tekstu - Pravilnik, Sl. 15/90) - Sl. 15/90 (NN 53/91)\*
3. Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima - Sl. 31/81, 49/82, 29/83, 21/88 i 52/90 (NN 53/91)\*

te važećim normama iz područja geomehanike i geomehaničkih ispitivanja.

\* - Zakon o preuzimanju saveznih zakona, koji se u R Hrvatskoj primjenjuju, kao republički zakoni (NN 53/91)



## 1. GEOTEHNIČKI ISTRAŽNI RADOVI

Na predmetnoj lokaciji geoistražno bušenje provedeno je 07. svibnja 2009. godine, s ukupno tri geomehničke istražne bušotine. U bušotinu B-1 ugrađena je piezometarska cijev promjera  $\varnothing 5/4''$ . Ispitivanje relativne zbijenosti tla izvedeno je standardnim penetracijskim pokusom (SPT). Bušenje je izvedeno motornom rotacijskom bušilicom uz kontinuirano jezgrovanje. Na prilogu 2, listovi 1 do 3 prikazani su sondažni profili bušotina.

Po završetku bušenja provedena je terenska identifikacija i USC klasifikacija nabušene jezgre. Pored terenskih pokusa (SPT) iz geomehničkih istražnih bušotina uzeti su poremećeni (PU) i neporemećeni (NU) uzorci za laboratorijske analize, odnosno za utvrđivanje fizikalnih i mehaničkih svojstva tla. Tijekom istražnog bušenja kartirana je nabušena jezgra.

Pojava podzemne vode za vrijeme istražnih radova registrirana je na dubini PPV = 1,4 – 1,6 m, koja se nakon provedenih radova podigla na razinu RPV = 1,3 m.

## 2. LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

Laboratorijskim ispitivanjima obuhvaćeni su pokusi za određivanje općih i mehaničkih obilježja na poremećenim uzorcima koherentnih i nekoherentnih tala.

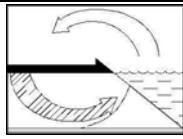
Kod koherentnog materijala (glina, prah) određivanje parametara čvrstoće obavlja se na uzorku veličine  $60 \times 60 \times 25$  mm koji se ugrađuje u metalni dvodijelni kalup i opterećuje vertikalnom silom. Po završetku konsolidacije, gornji okvir kalupa opterećuje se horizontalnom silom kontinuiranog prirasta do loma uz mjerenje horizontalne deformacije. Najmanje tri probe, od jednog neporemećenog uzorka, pod različitim vertikalnim opterećenjima čine jedan pokus. Iz parova vertikalnih i maksimalnih horizontalnih opterećenja formira se Coulombov pravac smicanja i iz njega preračunava kohezija (c) i kut unutrašnjeg trenja ( $\varphi$ ).

U geomehničkom laboratoriju na neporemećenim i poremećenim uzorcima tla ispituju su slijedeća svojstva:

- sadržaj prirodne vlage	$w_o$	(%)
- obujamska težina	$\gamma_{w,d}$	( $\text{kN}/\text{m}^3$ )
- specifična težina	$\gamma_s$	( $\text{kN}/\text{m}^3$ )
- Atterbergove granice plastičnosti	$w_{L,P}$	(%)
- izravno standardno smicanje		
a) kohezija	c	( $\text{kN}/\text{m}^2$ )
b) kut unutrašnjeg trenja	$\varphi$	( $^\circ$ )
- kompresija u edometru		
a) koeficijent pora	e	-
b) modul stišljivosti	$M_v$	( $\text{MN}/\text{m}^2$ )

Za nekoherentno tlo karakteristični uzorci tla, uzeti prilikom terenskih radova, osuše se do konstantne mase i siju kroz sita standardnih veličina očica, nakon čega se važu pojedine frakcije i izračuna njihov odnos prema ukupnoj masi uzorka. Sijanje se provodi tako da se uzorak suhog tla mehaničkim trešenjem prosijava kroz niz sita, od kojih svako slijedeće ima manje otvore.

Na temelju dobivenih podataka o veličini čestica i njihovom udjelu u tlu, izrađuju se granulometrijski dijagrami koji prikazuju granulometrijski sastav tla (sastav tla prema veličini zrna).



Dalje definiramo promjer efektivnog zrna  $D_{10}$  i promjer dominantnog zrna  $D_{60}$ . Promjer efektivnog zrna je onaj promjer zrna za dani uzorak tla od kojeg je 10% zrna tla manje, a promjer dominantnog zrna je onaj promjer od kojeg je 60% zrna tla manje, odnosno za dani uzorak je 10% zrna manje od  $D_{10}$ , a 60% zrna je manje od  $D_{60}$ .

Koeficijent jednoličnosti definiran je sa: 
$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

a koeficijent zakrivljenosti sa: 
$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

Tlo za koje je koeficijent zakrivljenosti granulometrijske krivulje između 1 i 3, dakle  $1 < C_c < 3$ , dobro je graduirano, uz uvjet da je također  $C_u > 4$  za šljunak, odnosno  $C_u > 6$  za pijesak. U slučaju da jedan od ova uvjeta nije ispunjen onda je šljunak odnosno pijesak slabo graduiran (simbol GP ili SP). Sva ispitivanja provedena su prema važećim standardima, a rezultati laboratorijskih ispitivanja prikazani su u prilogu 3.

### 3. GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE ŠIREG PODRUČJA

Međimurje je geografski definirano kao područje koje je gotovo sa svih strana omeđeno rijekama i to: na sjeveru i istoku Murom, na jugu Dravom, a dio zapadne granice prema Sloveniji predstavlja potok Šantavec. Osnovna značajka geološke građe Međimurja je prisutnost na površini isključivo sedimentnih stijena i to (Miletić i dr. 1992):

- pleistocenske starosti u središnjem ravničarskom dijelu tzv. čakovečkom ravnjaku, te rubnim područjima međimurskih gorica i
- holocenske starosti u nizinama Drave i Mure, te duž tokova njihovih pritoka.

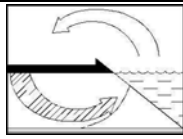
U erozijskom odsjeku kojeg je oblikovala Mura na potezu Križovec - Podturen, otvorene su mjestimice naslage šljunka i pijeska čiji vršni horizont diskordantno naliježe na slojeve gornjeg pontaa  $Pl_1^2$ .

Glavninu sedimenata čine slabo sortirani pjeskoviti šljunci sačinjeni pretežno od valutica kvarca (preko 90%) i pijeska u čijoj lakoj frakciji dominira kvarc (oko 50%), a dolaze još muskovit (oko 22%) i feldspati (oko 22%). Sadržaj minerala teške frakcije dosta je visok (preko 20%). Kod Podturena se pojavljuju izdanci sitnozrnog šljunka u izmjeni s pijeskom.

U krovini tih pjeskovitih šljunaka leže jezerski siltovi za koje se smatra da bi trebali biti vremenski ekvivalent gornjepleistocenskih prapora (I-Q<sub>1</sub>). Najveće prostranstvo na površini u Međimurju zauzimaju kvartarne naslage. Sedimenti odloženi u vodenoj sredini predstavljeni su razvojem žutih do žutosmeđih pjeskovitih siltova koji mjestimice sadrže znatnu količinu željezovite tvari kao npr. na glinokopima kod Šenkovca i Belice.

Najmlađi sedimenti genetski pripadaju fluvijatilnom i eolskom nizu. Dominiraju sedimenti fluvijatilnog niza kome pripadaju aluvijalni nanos Mure, aluvijalni nanos potoka, sedimenti mrtvaja, te povodanjski facijes i facijes korita Mure.

Naslage šljunka i pijeska u dolini Mure (Ma-Q<sub>2</sub>) otvorene su i vidljive u dubljim kanalima kod Novakovca. Prema granulometrijskim dijagramima šljunci sadrže 23 - 35% pjeskovite komponente pa su razvrstani kao šljunkoviti pijesak. Glavninu valutica čini kvarc, a preostali dio većinom čine eruptivne i metamorfne stijene. Promjer valutica uglavnom nije veći od 5 - 6 cm i opada idući od zapada prema istoku.



Sedimentološka analiza pijeska pokazala je da u lakoj mineralnoj frakciji dominira kvarc (56,70%), a dolaze još feldspati (18 - 33%), muskovit (8 - 11%) i čestice stijena (3 - 6%). Karbonatnih čestica u pravilu nema, dok je udio minerala teške frakcije vrlo visok (20 - 34%).

Duž cijelog toka Mure od Križovca do ušća u Dravu, s obje strane toka nalazi se mnoštvo širih i užih izduženih depresija dugačkih i po nekoliko kilometara koje predstavljaju ostatke starih korita i zajedno s tipičnim lučnim ostacima meandara predstavljaju sredinu u kojoj sedimentacija još uvijek traje.

Sedimente povodanjskog facijesa uključujući i facijes samog korita rijeke Mure predstavljaju siltovi i pijeskoviti siltovi, a bliže koritu Mure i pijesci. Najvećim dijelom ovi sedimenti nastaju pretaloženjem starijeg aluvijalnog nanosa. Debljina im rijetko prelazi 1.0 m što je vidljivo u svakom svježije prokopanom kanalu.

Izgradnjom obrambenih nasipa, regulacijskih kanala i uređenjem korita Mure uvjeti za nastajanje ovog facijesa iščezavaju.

U Sivici su kopani zdenci nešto manje dubine do 8 m iz čega se zaključuje da vodonosni sloj pliće zaliježe. Razina podzemne vode u njima nalazi se na dubini 5 - 5.5 m.

Utvrđeno je da se vodonosni sloj u blizini Podturena sastoji pretežno od pjeskovitih šljunaka do šljunkovitih pijesaka. Utvrđeni slojevi pijeska saturirani su vodom, a hidraulička vodljivost im varira oko  $10^{-5}$  m/s. Uglavnom se radi o podzemnoj vodi sa slobodnim vodnim licem. Odvodnjavanje tih pijesaka pričinjavalo je velike poteškoće tijekom ranije eksploatacije ugljena.

Tijekom kvartara u dolini Drave taloženi su sedimenti aluvijalnog tipa - dominantno šljunci i pijesci. Na uzdignutim područjima između dolina Drave i Mure (Čakovečki ravnjak, padine Međimurskih gorica i Štrigova) taloženi su eolski sedimenti les i eolski pijesci.

Kao pretežno eolski sediment, naslage su uglavnom horizontalno položene preko nagnutih starijih stijena. Dio su preistocenske terase u koju je Drava uvezala svoju dolinu. Debljina tih naslaga uglavnom ne prelazi 20 m.

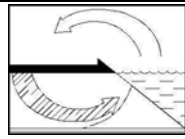
Les ili prapor je stijena koju izgrađuju čestice veličine praha (silta), pijeska i gline. Prema granulometrijskom sastavu les je određen kao silt, pjeskoviti silt, glinoviti silt i pjeskovito-glinoviti silt. Žute je do smeđe boje, često prošaran sivim i smeđim glinovitim prugama.

### 3.1. INŽENJERSKO GEOLOŠKE I GEOTEHNIČKE ZNAČAJKE

Prema većini autora područje Međimurja pripada Murskoj potolini koja predstavlja zapadni rubni dio Panonskog bazena. U unutrašnjoj građi ovog dijela potoline razlikuju se pragovi i depresije koji se naizmjenično nižu počevši od Legradskog praga na jugoistoku koji kao potonuli nastavak Kalničkog masiva ujedno predstavlja granicu s Dravskom potolinom. U pravcu sjeverozapada slijedi Varaždinska depresija, pa Ormoško - halotski antiklinalni niz s antiklinalom Ormož - Selnica.

Nakon najnovijih istraživanja na OGK-List Čakovec te OGK-List Nađ Kaniža L33-58 na prostoru između Drave i Mure izdvojene su dvije tektonske jedinice: Međimurske gorice, Čakovečki ravnjak i Varaždinska depresija.

Tektonska jedinica Međimurske gorice obuhvaća dolinu Mure i morfološki istaknuto područje jugozapadno od doline do tektonsko - erozijskog odsjeka Macinec – Pribislavec Domašinec. Južnu granicu predstavlja tzv. Čakovečki rasjed (neki ga autori nazivaju Ormoškim rasjedom) koji se može pratiti od Ormoža preko Macinca do Pribislavca gdje iz smjera istok - zapad skreće prema sjeveroistoku u pravcu Belice i Domašince nakon čega nestaje pod naslagama holocena. Na zapadu se nalazi antiklinala Sv. Urban - Veliki Grabrovnik čiji pravac pružanja osi koincidira s pružanjem Donačkog rasjeda. Na području te strukture na površini se nalaze srednje i gornjomiocenske naslage. Najstarije naslage otvorene u Međimurju pripadaju badenu upravo grade tjeme ove antiklinale.



Istočno od Donačkog rasjeda nalazi se antiklinala Vučkovec – Selnica - Peklenica s pravcem pružanja osi istok - zapad čije se čelo nalazi u predjelu Križovca. Izražena je u naslagama gornjeg pontaa. Južnije slijedi sinklinala Dragoslavac - Vučetinec. U Međimurskim goricama dominantna su dva tipa vertikalnih rasjeda: uzdužni i poprečni. Uzdužni se pružaju u pravcu sjeveroistok - jugozapad, a najznačajniji od njih su već spomenuti Donački rasjed, rasjed Dravsko Središće - Mursko Središće i rasjed Peklenica - Šenkovec. Poprečni rasjedi su pravca pružanja sjeverozapad-jugoistok.

Na osnovi seizmoloških studija, te prostome i vremenske analize seizmičkih aktivnosti na širem području predmetne lokacije, za osnovni stupanj seizmičnosti utvrđeno je da šire područje pripada seizmičkoj zoni s maksimalnim intenzitetom potresa VII stupnja. Obzirom da na lokaciji Štrigova nema izrazito nestabilnih odnosno labilnih terena, ne treba očekivati sekundarni prirast seizmičnosti.

U inženjersko - geološkom smislu i identifikacijom materijala iz istražnih bušotina utvrđen je sljedeći litološki raspored slojeva tla na istražnoj lokaciji.

Dublje površinskog humusa, debljine 20-tak centimetara, zaliježu klasični sedimenti predstavljeni glinama niske plastičnosti (CL). Gline su srednje do kruto plastične konzistencije, smeđe boje prošarane sivom. Unutar intervala zamjetne su manje varijacije u boji materijala, a indeks konzistencije utvrđenih sedimenata kreće se u rasponu  $I_c = 0,54 - 0,83$ . Gline ovog sloja utvrđene su do maksimalne dubine 3,0 m.

Litološki slijed bušotina nastavlja se glinama niske plastičnosti (CL), sive boje. Gline su srednje do kruto plastična konzistentna stanja, indeksa konzistencije  $I_c = 0,41 - 0,79$ . Gline sadrže promjenjiv udio pijeska, do maksimalno 40%. Utvrđeni sedimenti zaliježu do maksimalne dubine 4,2 m.

Podinu sivim sedimentima, predstavlja vezani pijesak laboratorijski klasificiran kao prašnasti i zaglinjeni (SM/SC). Pijesak je rastresitog stanja, sive boje, a identificiran je do maksimalne dubine 6,5 m.

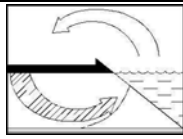
Dublje vezanog pijeska rekognoscirane su sive gline niske plastičnosti (CL), polučvrste do čvrste konzistencije. Indeks konzistencije iznosi  $I_c = 1,04 - 1,26$ . Sedimenti ovog sloja utvrđeni su sve do dubine istražnog bušenja.

Detaljan opis sondažnih bušotina prikazan je u prilogu 2, listovi 1 do 3.

Na slici 1 krivulja  $I_c = I_c(N)^*$  konstruirana je prema podacima iz "Soil Mechanics in Foundation Engineering" (Wilun i K. Starzevski), a krivulja  $M_v = M_v(I_c)^{**}$  prema pravilniku, "Sl. list 34/74, čl.99. Dobiveni indeksi konzistencije ( $I_c$ ) za sojeve gline sa istražne lokacije iznose 0,41 – 1,26 što prema slici 1 prezentira koherentni materijal srednje do čvrstog konzistentnog stanja.

Za određivanje kuta unutrašnjeg trenja za nekoherentna tla ovisno o stanju zbijenosti vrlo je koristan dijagram koji je prikazan na slici 3. Za pravilno određivanje kuta unutrašnjeg trenja treba uočiti raspon relativne zbijenosti od  $D_r=0$  do  $D_r=1$ . Vrijednosti relativne zbijenosti dobivaju se iz slike 2 na osnovu broja udaraca N.

Slika 4 prikazuje korelaciju indeksa plastičnosti i kuta unutrašnjeg trenja prema autorima Ortolan i Mihalinec, 1998. Iz slike 4 preko ovih korelacija možemo približno odrediti kut unutrašnjeg trenja koherentnih materijala, ako su nam poznate vrijednosti indeksa plastičnosti dobivenog u laboratoriju. Pomoću tablice 2 i slike 3 usvojena je vrijednost kuta unutrašnjeg trenja za sloj pijeska  $\varphi = 31^\circ$ .



# HIDROEKOING VARAŽDIN

HIDROTEHNIČKI I GEOTEHNIČKI RADOVI

Analizom dobivenih podataka iz laboratorija i empirijskim korelacijama preko podatak N, za izradu geostatičkog proračuna usvojeni su slijedeći parametri tla na temeljnoj dubini:

- glina niske plastičnosti (CL):

$$\gamma = 19,4 \text{ kN/m}^3, \quad M_v = 3,5 \text{ MN/m}^2, \quad c = 3 \text{ kN/m}^2 \quad \text{i} \quad \varphi = 28,5^\circ,$$

- glina niske plastičnosti (CL), pjeskovita:

$$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3, \quad M_v = 4,5 - 5,5 \text{ MN/m}^2, \quad c = 3 \text{ kN/m}^2 \quad \text{i} \quad \varphi = 29^\circ.$$

Slijeganje temeljnog tla debljine H računa se po slijedećem izrazu:

$$w = \frac{\sigma_z}{M_v} \cdot H$$

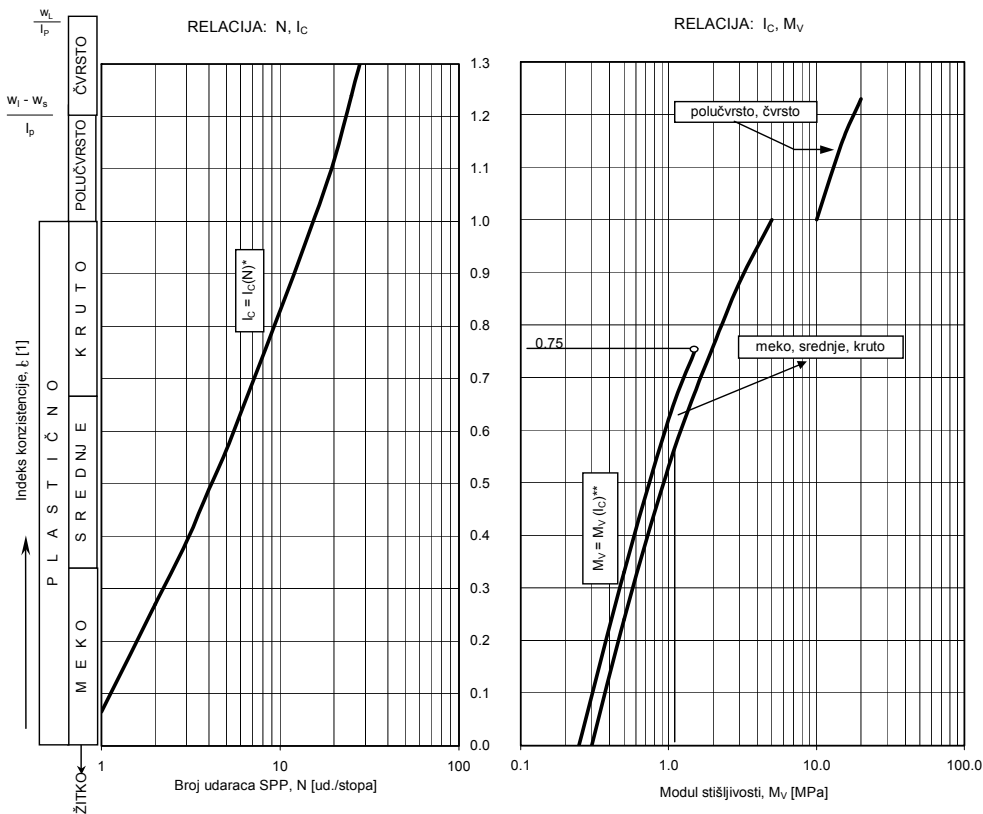
gdje su:

w - slijeganje sloja debljine H,

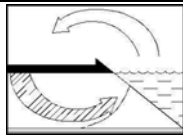
$\sigma_z$  - dodatno naprezanje uslijed kontaktnog naprezanja u dubini z,

$M_v$  - modul stišljivosti promatranog sloja.

Modul stišljivosti za vezani pijesak određen je u korelaciji sa brojem udaraca terenskog pokusa prema tablici 2.



Slika 1. Geomehaničke korelacije za ocjenu karakterističnih parametara koherentnih vrsta tla

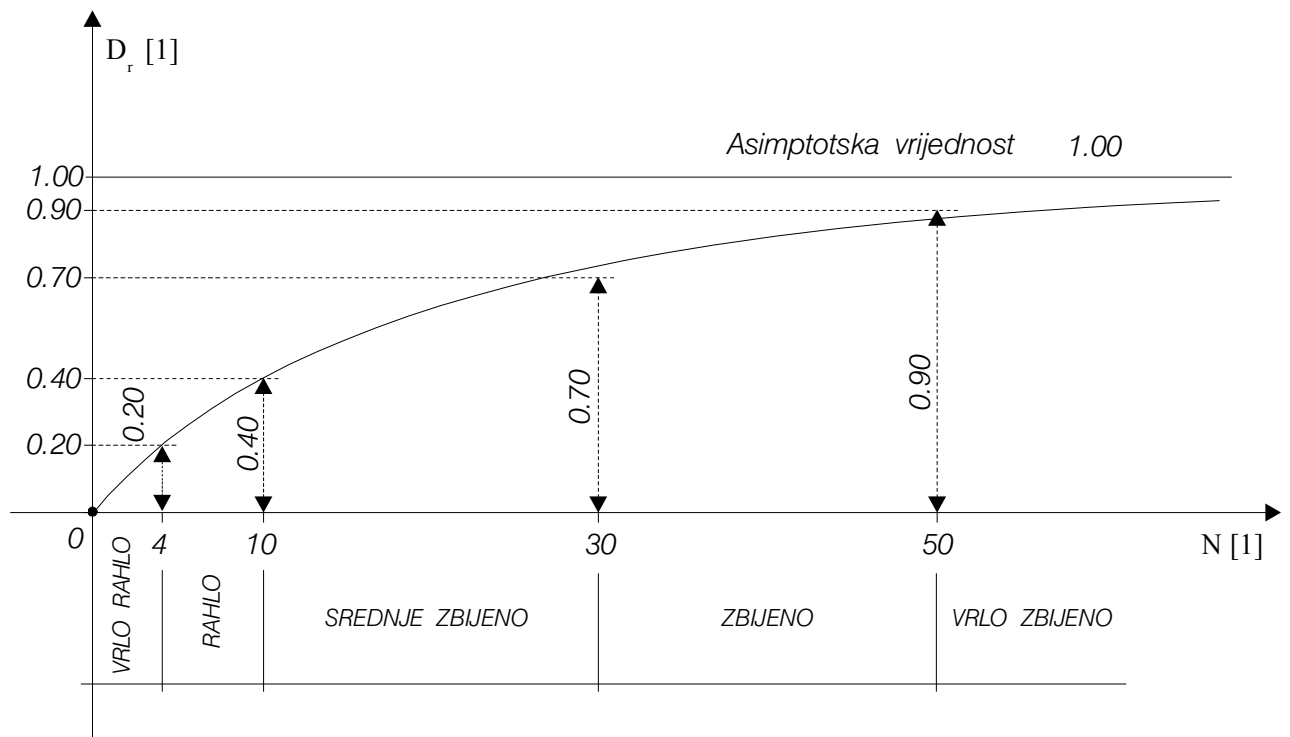


# HIDROEKOING VARAŽDIN

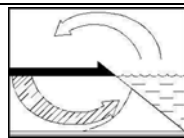
HIDROTEHNIČKI I GEOTEHNIČKI RADVI

Tablica 1. Odnos fizičkih i mehaničkih svojstava koherentnog tla

Konzistentno stanje	SPP	SRS $n_{10}$	$q_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	MV [kN/m <sup>2</sup> ]	$\tau_f$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$I_c$	TERENSKA IDENTIFIKACIJA	
ŽITKO	< 2	0 - 2	< 25	< 300	< 12.5	< 0	može se lako utisnuti šaka	
Lako	GNJEČIVO	2 - 4	2 - 5	25 - 50	200 - 600	12.5 - 25	0 - 0.33	može se lako utisnuti palac može se valjati
Srednje		4 - 8	5 - 9	50 - 100	500 - 1500	25 - 50	0.33 - 0.66	palac se može utisnuti laganim pritiskom može se valjati u valjčić $\phi < 3$ mm
Teško		8 - 15	9 - 17	100 - 200	1200 - 10000	50 - 100	0.66 - 1.0	može se ostaviti otisak palca samo uz snažan pritisak na granici mogućnosti valjanja do $\phi 3$ mm a da se ne drobi
ČVRSTO	15-30	> 17	200 - 400	5000 - 20000	100 - 200	$\frac{1D0}{I_p}$ $\frac{w_L - w_S}{I_p}$	može se lako zarezati noktom drobi se kod $\phi 3$ mm ali se može prignječiti	
KRUTO	> 30		> 400	> 20000	> 200	$> \frac{w_L - w_S}{I_p}$	teško se zarezuje noktom gnječanjem se mrvi	



Slika 2. Graf funkcije  $D_r = D_r(N)$



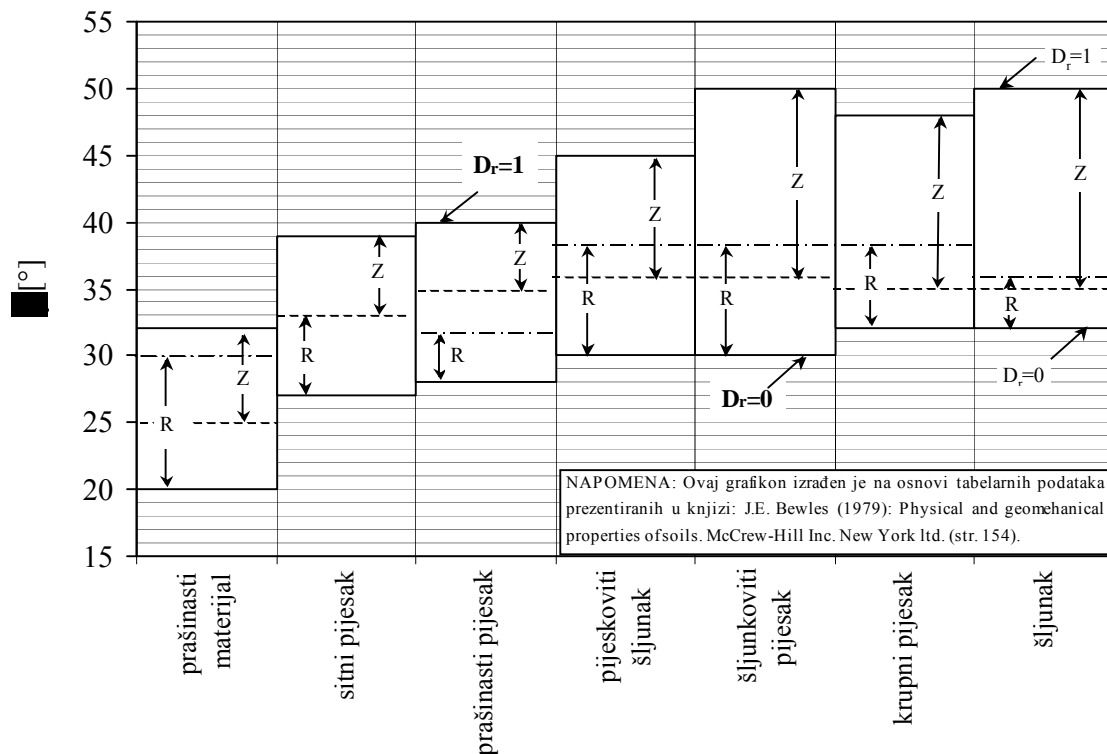
# HIDROEKOING VARAŽDIN

HIDROTEHNIČKI I GEOTEHNIČKI RADOVI

## ISKUSTVENE VRIJEDNOSTI KUTA UNUTRAŠNJEG TRENJA $\phi$ ZA NEKOHERENTNA TLA OVISNO O STANJU ZBIJENOSTI

(R = rahlo stanje ; Z = zbijeno stanje)

(Napomena: veće vrijednosti odnose se na materijale s uglastim zrnima)



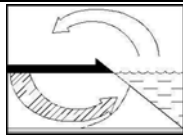
Slika 3. Iskustvene vrijednosti kuta unutrašnjeg trenja nekoherentnih materijala

Tablica 2. Odnos fizičkih i mehaničkih svojstva nekoherentnog tla

STUPANJ ZBIJENOSTI	DPH	S P T	RELATIVNA GUSTOĆA	KUT UNUTARNJEG TRENJA * $\phi$		MODUL STIŠLJIVOSTI ** $M_v$ [MN/m <sup>2</sup> ]	
	$N_{10}$ [ud./10cm]	$N_{30}$ [ud./stopa]	$D_r$ [%]	Peck 1974.	Mayerhof 1956.	Pijesak sitni i srednji	Krupni pijesak i šljunak
VRLO RASTRESIT [VERY LOOSE]	< 5	< 4	< 20	< 29	< 30	< 3.5	< 8.5
RASTRESIT [LOOSE]	5 - 10	4 - 10	20 - 40	29 - 30	30 - 35	3.5 - 7.5	8.5 - 15
SREDNJE ZBIJEN [MEDIUM]	10 - 15	10 - 30	40 - 60	30 - 36	35 - 40	7.5 - 15	15 - 30
ZBIJEN [DENSE]	15 - 20	30 - 50	60 - 80	36 - 41	40 - 45	15 - 30	30 - 60
VRLO ZBIJEN [VERY DENSE]	> 20	> 50	80 - 100	> 41	> 45	> 30	> 60

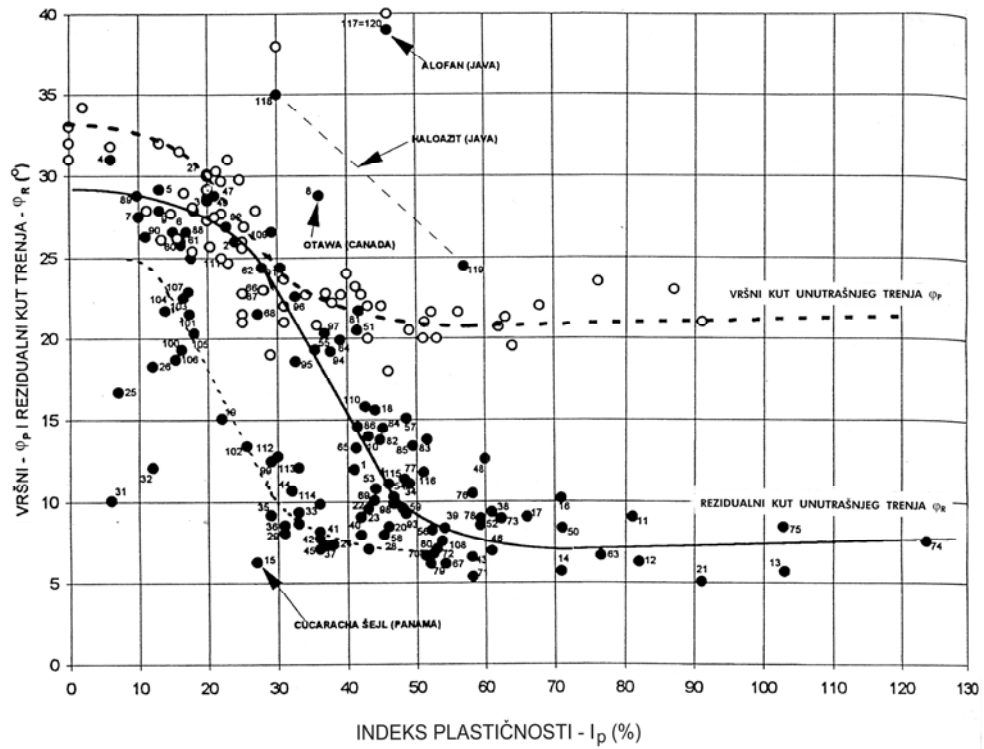
\* Winterkorn: Foundation Engineering Handbook

\*\* Šuklje: Objasnjenje pravila

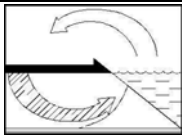


# HIDROEKOING VARAŽDIN

HIDROTEHNIČKI I GEOTEHNIČKI RADOVI



Slika 4. Korelacija vršnog i rezidualnog kuta trenja s indeksom plastičnosti prirodnih materijala (Ortolan / Mihalec, 1998)



## 4. GEOSTATIČKE ANALIZE

### 4.1. ANALIZA NOSIVOSTI

Nosivost tla određuje se prema opasnosti od sloma tla i prema dopuštenom slijeganju građevine.

Proračun nosivosti plitkog i krutog pravokutnog temelja proveden je prema izrazu Brinch-Hansena (1961) i u skladu je s pravilnikom o tehničkim normativima za projektiranje i izvođenje radova kod temeljenja građevinskih objekata.

Dopušteno opterećenje određeno je prema kriteriju loma tla (prema dopuštenom slijeganju građevine). Dopušteno opterećenje pravokutnog temelja (granična nosivost za koherentna tla) u osnovici računa se za lom tla po formuli:

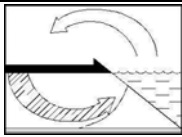
$$P_a = N/A' = 0.5 \cdot \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma + (c_m + q \cdot \text{tg} \phi_m) \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + q$$

gdje su:

- N - ukupno vertikalno dopušteno opterećenje temelja;
- $A' = B' \cdot L'$  - korisna površina temelja, tj. dio ukupne površine osnovice temelja koji je rezultatnom silom centrički opterećen;
- B', L' - širina i duljina korisne površine temelja
- A - ukupna površina temelja
- B, L - širina i duljina ukupne površine temelja
- $\gamma$  - efektivna volumska težina tla ispod razine temeljnog dna
- $\gamma'$  - volumska težina tla ispod razine temeljnog dna smanjena za veličinu uzgona
- q - najmanje efektivno opterećenje u razini temeljnog dna pokraj temelja
- $\phi_m$  - dopušteni mobilizirani kut otpornosti na posmik
- $c_m$  - mobilizirana kohezija
- $N_\gamma$  i  $N_c$  - faktori nosivosti po Brinch Hansenu (dijagram)
- $s_\gamma, s_c$  - faktori oblika temelja
- $d_c$  - faktor dubine
- $i_\gamma$  i  $i_c$  - faktori nagiba rezultante

U proračunu nosivosti po kriteriju sloma tla primjenjeni su koeficijenti sigurnosti za kut unutrašnjeg trenja,  $F_\phi = 1.5$ , a za koheziju,  $F_c = 2.5$ .

Dopušteno opterećenje predstavlja dobivena vrijednost umanjena za 20% zbog toga što je u proračun uzeto u obzir samo glavno opterećenje.



## 4.2. ANALIZA SLIJEGANJA

Uzrok slijeganju je dodatno kontaktno naprezanje na površini poluprostora uslijed opterećenja građevinom.

Proračun slijegana za centrično opterećene temelje, računa se s pretpostavkom da je opterećenje savitljive temeljene stope ravnomjerno raspoređeno. U tom slučaju raspodjela dodatnih napona u tlu je neravnomjerna pa se proračun slijeganja ne izvodi za cijelu opterećenu površinu, već za njezine pojedine točke: kutne, središnje točke stranica i središnju točku temelja.

Opterećena površina podijeli se na četiri manja pravokutnika, a ukupno slijeganje ispod proizvoljno odabrane točke dobije se kao suma slijeganja pojedinih pravokutnika.

Za potrebe proračuna nosivosti i slijeganja izrađen je kompjuterski program na PC-računalu (autor dr. sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.).

U programu je proračun proveden za stalno opterećenje i karakterističnu točku "K" (  $X = 0.37L$  i  $Y = 0.37B$  ), jer se smatra da je slijeganje krutog temelja identično slijeganju karakteristične točke apsolutno savitljivog temelja (Grasshof,1951.).

Proračun se zasniva na idealiziranom modelu tla kao elastičnom, homogenom i izotropnom poluprostoru. Račun slijeganja za koherentno tlo izvodi se u skladu s Hookovim zakonom, a za nekoherentno tlo na osnovu otpora prodiranja šiljka pri izvođenju statičkog ili dinamičkog penetracijskog pokusa.

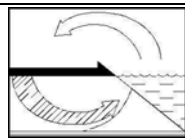
Raspodjela naprezanja u dubini poluprostora koji je opterećen na površini koncentriranom silom određena je Boussinesqovim izrazom. Integracijom tog izraza po pravokutno opterećenoj površini dobiven je izraz za distribuciju naprezanja po vertikali u bilo kojoj točki ispod ili pokraj apsolutno savitljivog pravokutnog temelja. Na temelju dobivenih podataka Steinbrenner je uradio dijagram za određivanje napona u dubini za bilo koji omjer ( $L/B$ ) temelja.

## 4.3. MODUL REAKCIJE TLA

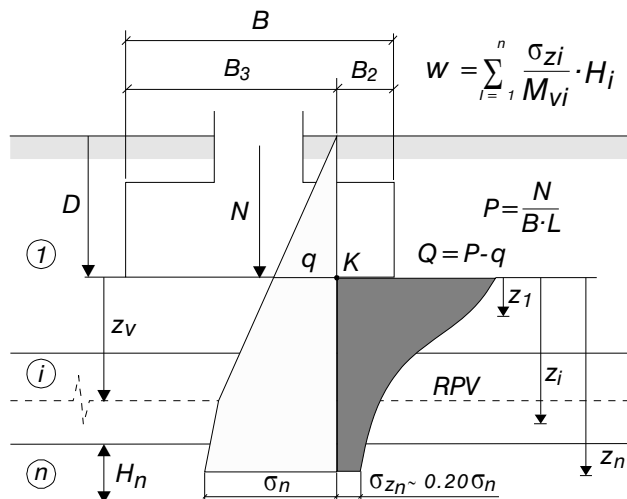
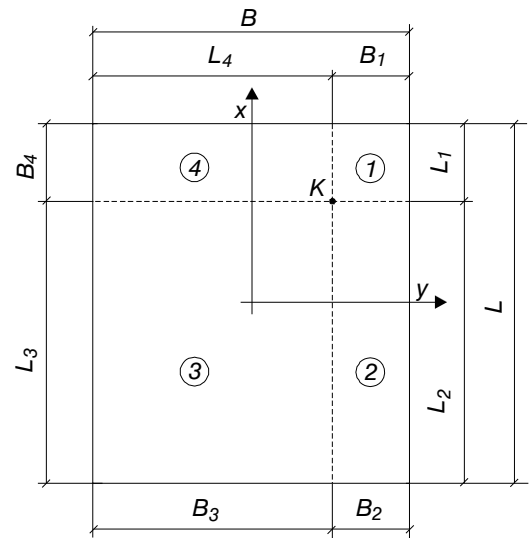
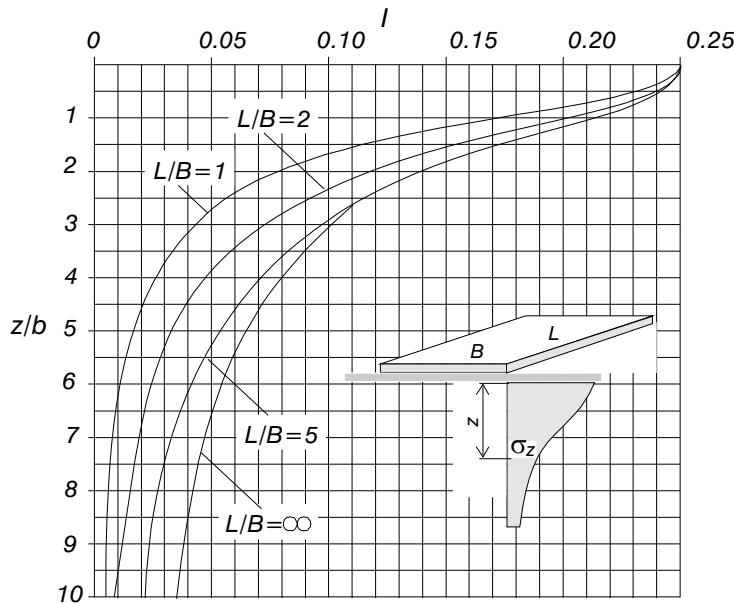
Kao referentan pokazatelj deformacijskog ponašanja tla može se smatrati modul reakcije tla  $k_s$ . Modul reakcije tla je funkcija oblika i veličine kontaktne plohe, rasporeda i intenziteta opterećenja te sastava i svojstva tla. Kod proračunskog modela kod kojeg je tlo zamijenjeno sustavom opruga (Winklerov prostor),  $k_s$  je koeficijent proporcionalnosti između dodatnog kontaktnog naprezanja  $Q$  ( $Q = P - q$ ) i pomaka  $w$  točke na površini Winklerovog prostora:

$$k_s = \frac{Q}{w} \quad (MN / m^3)$$

Vrijednosti  $Q$  i  $w$  uzete su iz proračuna slijeganja karakteristične točke "K".



## 4.4. ODREĐIVANJE NAPONA U DUBINI PO STEINBRENERU



$$w = \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zi}}{M_{vi}} \cdot H_i$$

Određivanje vertikalnog dodatnog napona i proračun slijeganja provedeni su za stalno opterećenje i karakterističnu točku "K" ( $x=0.37L$ ;  $y=0.37B$ ). Slijeganje krutog temelja identično je slijeganju karakteristične točke apsolutno savitljivog temelja (Grasshof, 1951.), što omogućava primjenu za sve temelje koji se mogu smatrati krutim.

- $P$  - opterećenje temelja
- $Q$  - dodatno kontaktno naprezanje
- $q$  - najmanje efektivno opterećenje
- $\sigma$  - napon od težine tla
- $\sigma_z$  - dodatno naprezanje uslijed kontaktnog naprezanja u dubini  $z$
- $w$  - ukupno slijeganje
- $M_{vi}$  - modul stišljivosti  $i$ -tog sloja
- $H_i$  - debljina  $i$ -tog sloja

### POSTUPAK PRORAČUNA:

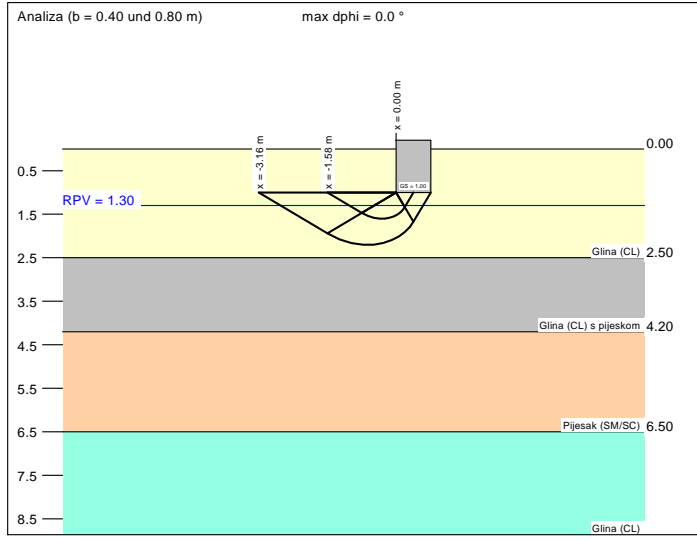
1. Za točku "K" izračunaju se veličine  $B_i$  ( $i=1-4$ ) i pripadne dužine,
2. Izračunaju se vrijednosti  $P$ ,  $Q$  i  $q$ ,
3. Za odabranu dubinu  $z$  izračunaju se vrijednosti  $z/B_i$ ,
4. Izračunaju se omjeri  $L_i/B_i$  ( $i=1-4$ ), te označe pripadne krivulje na dijagramu,
5. Iz poznatih odnosa  $z/B_i$  i  $L_i/B_i$  odrede se pripadne vrijednosti ( $I$ ),
6. Dodatni napon  $\sigma_z$  u dubini  $z$  od opterećenja temelja izračuna se pomoću formule  $\sigma_z = Q (I_1 + I_2 + I_3 + I_4)$ ,
7. Napon u dubini  $\sigma_z$  računa se obično do dubine  $z_n$ , tako da bude zadovoljen kriterij  $\sigma_{zn} \sim 0.20 \sigma_n$ .

## **5. RAČUN NOSIVOSTI I SLIJEGANJA**

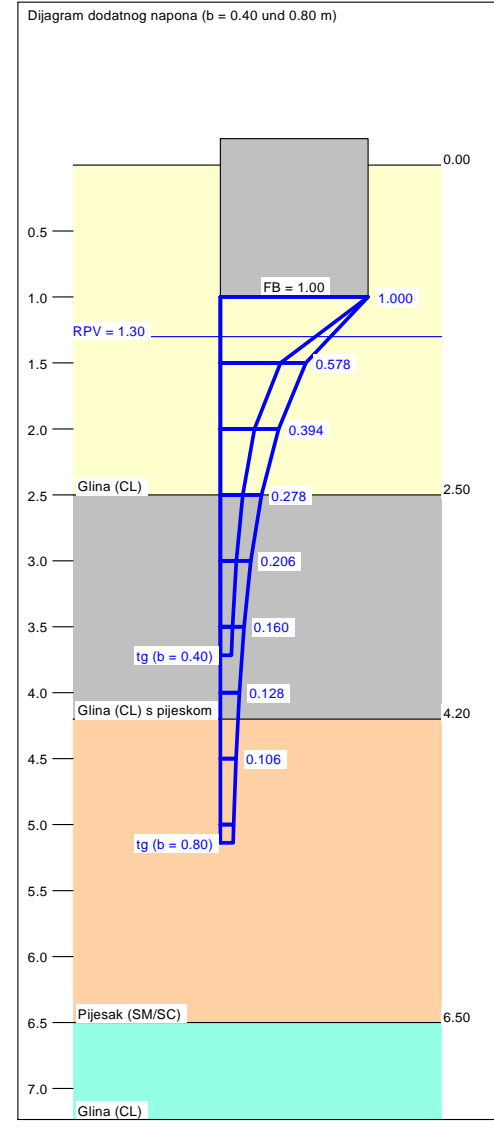
TLO	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	OPIS
	19.4	9.4	28.5	3.0	3.5	0.00	Glina (CL)
	19.0	9.0	29.0	3.0	4.5	0.00	Glina (CL) s pijeskom
	19.0	9.0	31.0	0.0	7.5	0.00	Pijesak (SM/SC)
	19.0	9.0	28.0	7.0	7.5	0.00	Glina (CL)

5.1. ANALIZA NOSIVOSTI I SLIJEGANJA	TEMELJNA TRAKA B = 0,4 ÷ 0,8 m
	Uređaj za prociscavanje Štrigova

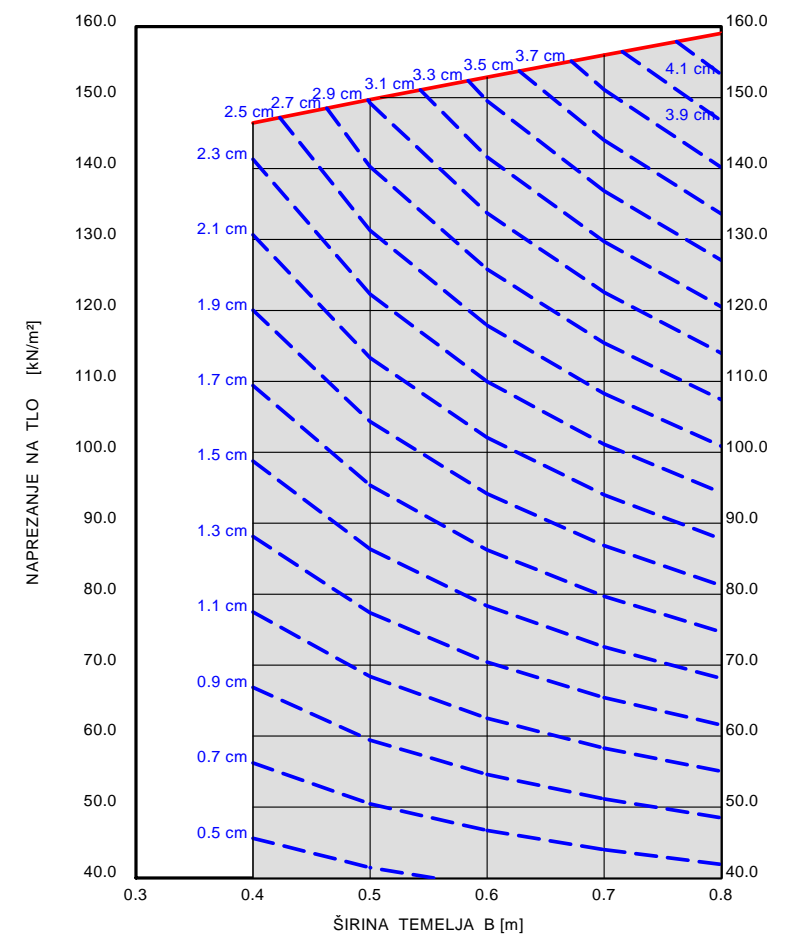
ULAZNI PODACI:  
 UREĐAJ ZA PROCISCAVANJE ŠTRIGOVA  
 Globalni faktor sigurnosti  
 Dužina temelja (L = 10.00 m)  
 Ref. parametar: opterećenje  
 Faktor sigurnosti F<sub>s</sub> = 3.00  
 DUBINA TEMELJENJA = 1.00 m  
 Razina podzemne vode (RPV) = 1.30 m  
 Rasterećenje = 19.0 kN/m<sup>2</sup>  
 Uticajna dubina; p = 20.0 %  
 ————— Dopušteno naprežanje  
 - - - - - Slijeganje







Temeljne trake; D = 1,0 m  
 UPRAVNO POGONSKA ZGRADA



a [m]	b [m]	Dopuš. $\sigma$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Dopuš. V [kN/m]	s [cm]	cal $\phi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_2$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_{\bar{u}}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	t <sub>g</sub> [m]
10.00	0.40	146.4	58.6	2.40 *	28.5	3.00	15.92	19.40	3.72
10.00	0.50	149.7	74.9	2.91 *	28.5	3.00	14.83	19.40	4.11
10.00	0.60	152.9	91.7	3.38 *	28.5	3.00	14.05	19.40	4.48
10.00	0.70	156.0	109.2	3.84 *	28.5	3.00	13.46	19.40	4.82
10.00	0.80	159.1	127.2	4.28 *	28.5	3.00	13.00	19.40	5.14



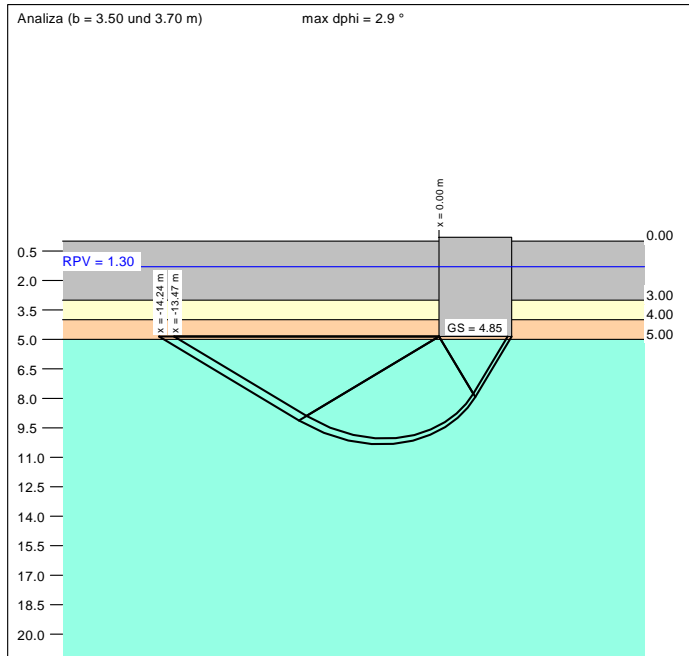
\* Rasterećenje = 19.0 kN/m<sup>2</sup> tg = uticajna dubina (p = 20% geološkog napona)

TLO	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	OPIS
	19.4	9.4	28.5	3.0	3.5	0.00	Glina (CL)
	19.0	9.0	29.0	3.0	5.5	0.00	Glina (CL) s pijeskom
	19.0	9.0	31.0	0.0	7.5	0.00	Pijesak (SM/SC)
	19.0	9.0	28.0	7.0	7.5	0.00	Glina (CL)

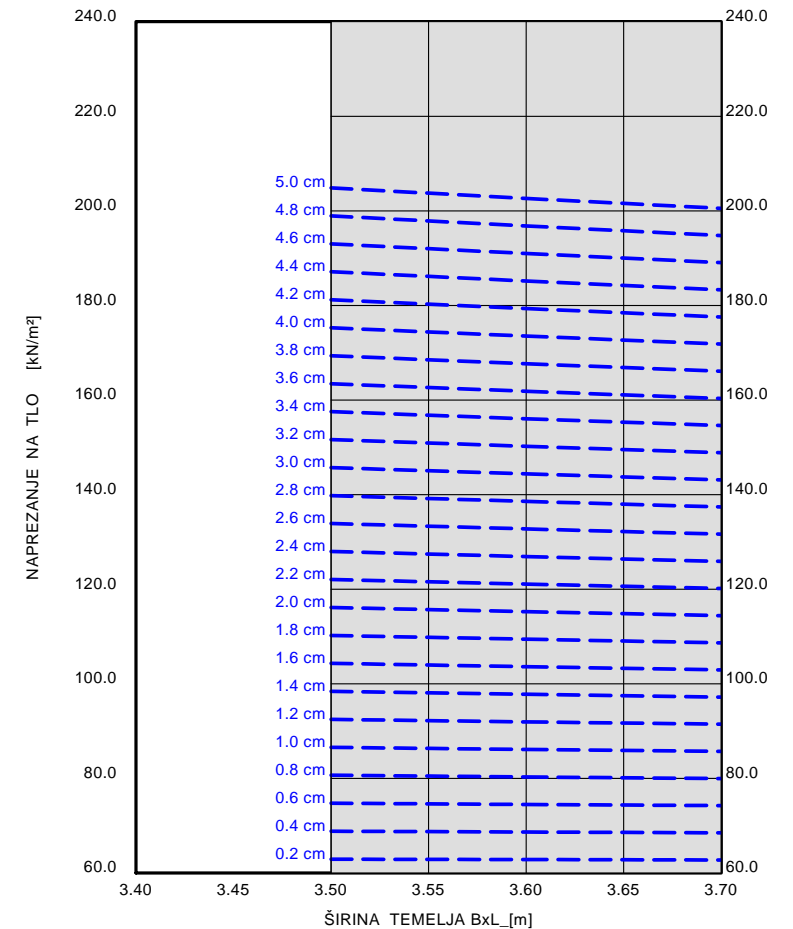
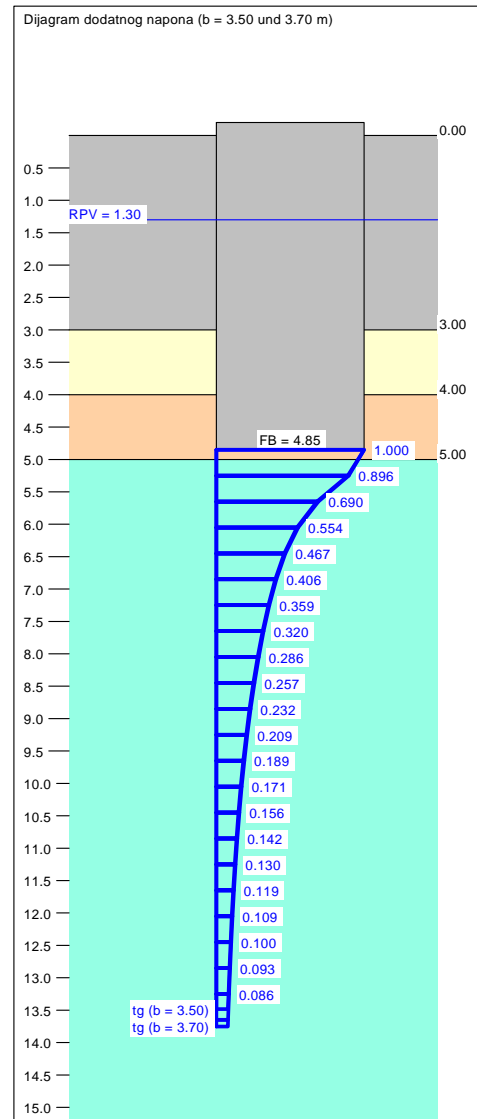
<b>5.2. ANALIZA</b> <b>NOSIVOSTI I SLIJEGANJA</b>	<b>TEMELJNA PLOČA</b> B x L = 3,5 x 4,25 m
	Uredjaj za prociscavanje Štrigova

ULAZNI PODACI:  
 UREĐAJ ZA PROCISCAVANJE ŠTRIGOVA  
 Globalni faktor sigurnosti  
 Pad footing (L = 4.25 m)  
 Ref. parametar: opterećenje  
 Faktor sigurnosti  $F_s = 4.00$   
 Dubina temeljenja = 4.85 m  
 Razina podzemne vode (RPV) > 1.30 m  
 Rasterećenje = 57.0 kN/m<sup>2</sup>  
 Utjecajna dubina racunata do  $p = 20.0\%$   
 - - - - - Slijeganje





**MEHANIČKI STUPANJ PROCISCAVANJA**  
 temeljna ploča; D = 4,85 m



a [m]	b [m]	Dopuš. $\sigma$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Dopuš. V [kN]	s [cm]	cal $\phi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_2$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_{\bar{u}}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$t_g$ [m]
4.25	3.50	404.2	6012.4	11.74 *	28.1	6.84	9.00	57.85	13.48
4.25	3.60	407.9	6240.4	12.05 *	28.1	6.85	9.00	57.85	13.62
4.25	3.70	411.5	6471.3	12.35 *	28.1	6.85	9.00	57.85	13.75



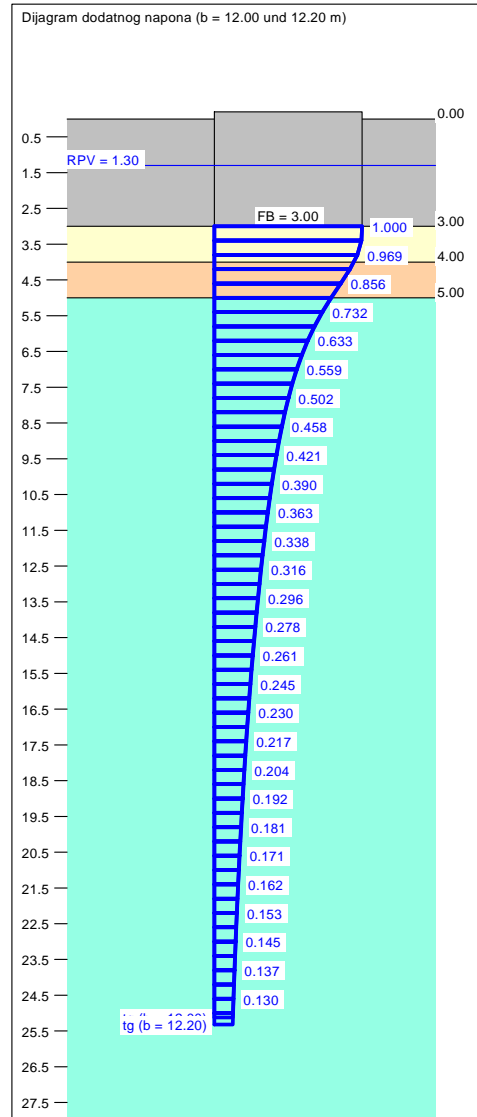
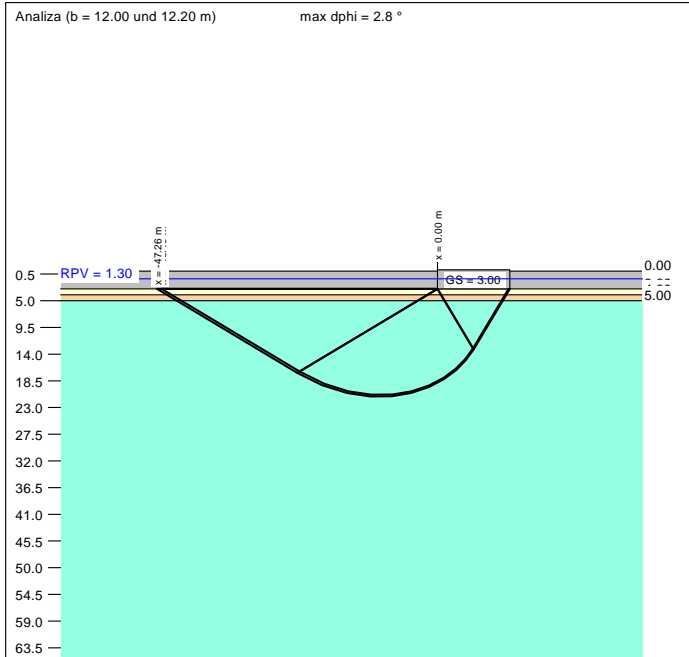
\* Rasterećenje = 57.0 kN/m<sup>2</sup>  $t_g$  = utjecajna dubina ( $p = 20\%$  geološkog napona)

TLO	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	OPIS
	19.4	9.4	28.5	3.0	3.5	0.00	Glina (CL)
	19.0	9.0	29.0	3.0	5.5	0.00	Glina (CL) s pijeskom
	19.0	9.0	31.0	0.0	7.5	0.00	Pijesak (SM/SC)
	19.0	9.0	28.0	7.0	7.5	0.00	Glina (CL)

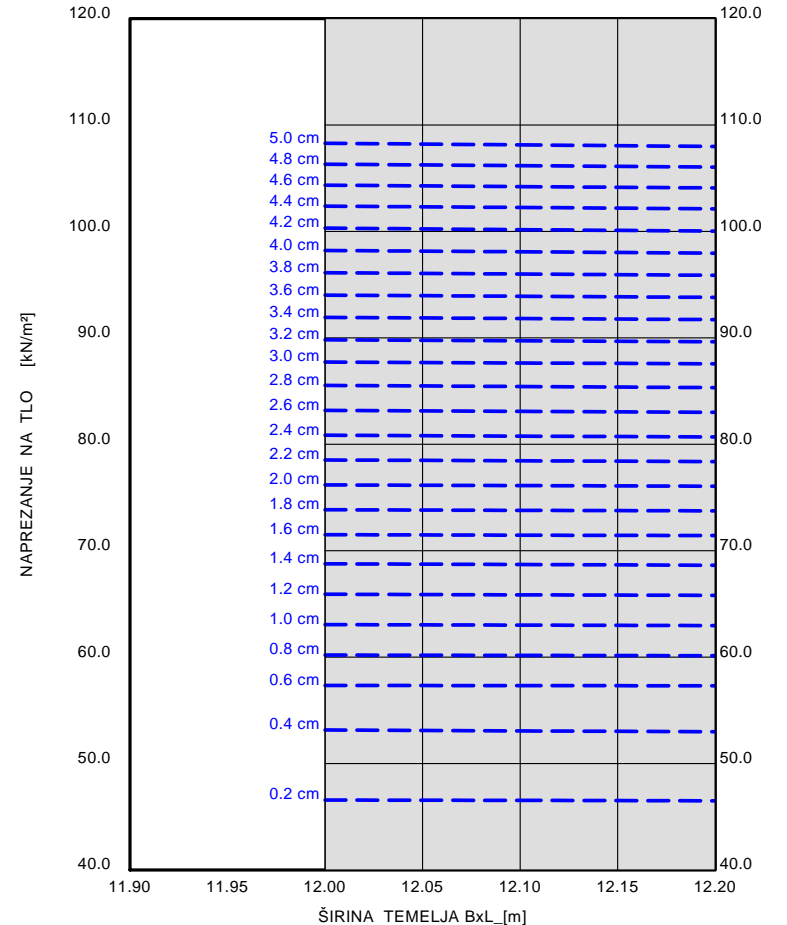
<b>5.3. ANALIZA</b> <b>NOSIVOSTI I SLIJEGANJA</b>	<b>TEMELJNA PLOČA</b> B x L = 12,1 x 14,8 m
	Uređaj za prociscavanje štrigova

**ULAZNI PODACI:**  
**UREĐAJ ZA PROCISCAVANJE ŠTRIGOVA**  
 Globalni faktor sigurnosti  
 Pad footing (L = 14.80 m)  
 Ref. parametar: opterećenje  
 Faktor sigurnosti  $F_s = 4.00$   
 Dubina temeljenja = 3.00 m  
 Razina podzemne vode (RPV) > 1.30 m  
 Rasterećenje= 40.0 kN/m<sup>2</sup>  
 Utjecajna dubina racunata do  $p = 20.0\%$   
 racuna se do  $p = 20\%$  geološkog napona  
 - - - - - Slijeganje





**SBR REAKTOR**  
 temeljna ploča; D = 3,0 m



a [m]	b [m]	Dopuš. $\sigma$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Dopuš. V [kN]	s [cm]	cal $\phi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_2$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_{\bar{u}}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$t_g$ [m]
14.80	12.00	427.3	75891.1	43.16 *	28.2	6.52	9.00	41.20	25.12
14.80	12.10	428.8	76784.7	43.51 *	28.2	6.52	9.00	41.20	25.22
14.80	12.20	430.2	77681.4	43.86 *	28.2	6.53	9.00	41.20	25.32

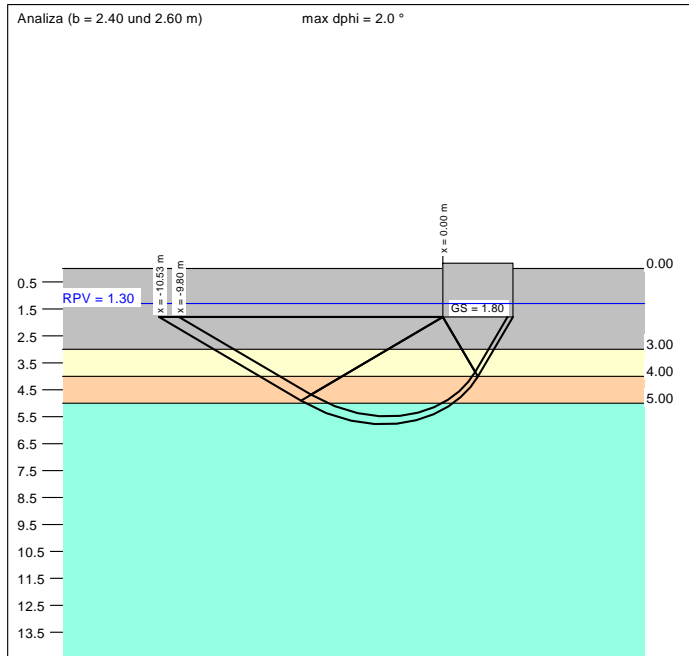


\* Rasterećenje= 40.0 kN/m<sup>2</sup>  $t_g$  = utjecajna dubina ( $p = 20\%$  geološkog napona)

TLO	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	OPIS
	19.4	9.4	28.5	3.0	3.5	0.00	Glina (CL)
	19.0	9.0	29.0	3.0	5.5	0.00	Glina (CL) s pijeskom
	19.0	9.0	31.0	0.0	7.5	0.00	Pijesak (SM/SC)
	19.0	9.0	28.0	7.0	7.5	0.00	Glina (CL)

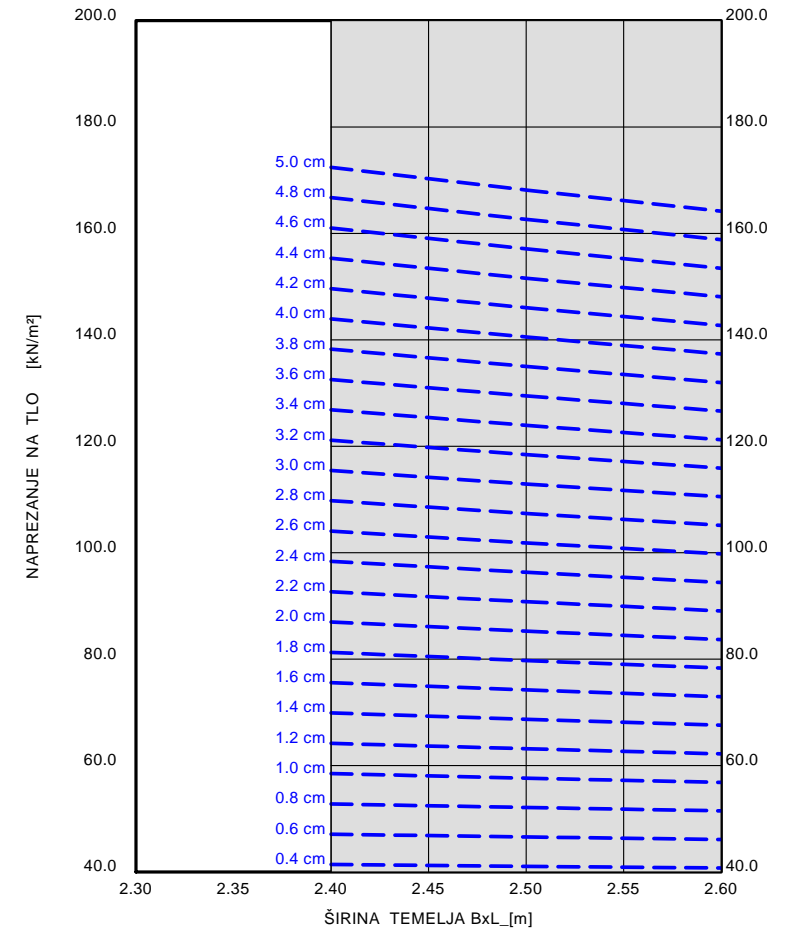
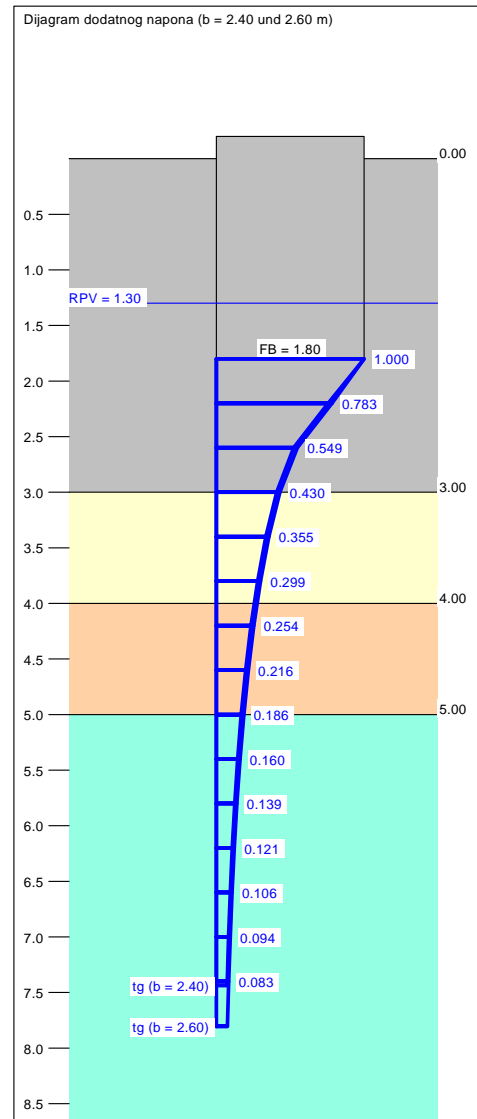
<b>5.4. ANALIZA</b> <b>NOSIVOSTI I SLIJEGANJA</b>	<b>TEMELJNA PLOCA</b> B x L = 2,5 x 2,5 m
	Uredjaj za prociscavanje štrigova

**ULAZNI PODACI:**  
**UREĐAJ ZA PROCISCAVANJE ŠTRIGOVA**  
 Globalni faktor sigurnosti  
 Kvadratna stopa L/B=1.00  
 Ref. parametar: opterećenje  
 Faktor sigurnosti Fs = 4.00  
 Dubina temeljenja = 1.80 m  
 Razina podzemne vode (RPV) > 1.30 m  
 Rasterećenje= 30.0 kN/m<sup>2</sup>  
 Utjecajna dubina racunata do p = 20.0 %  
 - - - - - Slijeganje

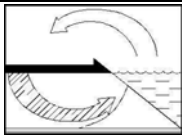


a [m]	b [m]	Dopuš. $\sigma$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Dopuš. V [kN]	s [cm]	cal $\phi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_2$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_{\bar{u}}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$t_g$ [m]
2.40	2.40	254.4	1465.6	7.88 *	29.1	3.44	9.18	29.92	7.44
2.50	2.50	255.8	1598.8	8.17 *	29.0	3.64	9.18	29.92	7.62
2.60	2.60	257.2	1738.7	8.47 *	29.0	3.80	9.17	29.92	7.81

**ZGUSCIVAC I SKLADISTE MULJA**  
**temeljna ploca; D = 1,8 m**



\* Rasterećenje= 30.0 kN/m<sup>2</sup> tg = uticajna dubina (p = 20% geološkog napona)



## 6 . ZAKLJUČAK

Na temelju izvedenih terenskih radova i geostatičke analize može se zaključiti kako je temeljno tlo geomehanički podobno za izgradnju građevine uz uvažavanje navoda iz ovog elaborata kao i sljedećeg:

- Geotehničkim istražnim radovima, koji uključuju vizualnu oskultaciju terena, sa bušenjem tri istražne bušotine, determiniran je sljedeći litološki slijed predmetne lokacije:

GLINA (CL) – Dublje površinskog humusa utvrđene su gline niske plastičnosti, srednje do kruto plastične konzistencije. Gline su smeđe boje prošarane sivom, a indeks konzistencije iznosi  $I_c = 0,54$  do  $0,83$ . Nisko plastične gline zaliježu do minimalne dubine  $2,5$  m, odnosno maksimalno  $3,0$  m.

GLINA (CL) – Litološki profil nastavlja se glinama niske plastičnosti, sive boje. Gline su srednje do kruto plastične konzistencije, laboratorijski dobivenih indeksa  $I_c = 0,41$  do  $0,79$ . Gline sadrže pijesak u promjenjivom udjelu, do maksimalno  $40\%$ , a zaliježu do maksimalne dubine  $4,2$  m.

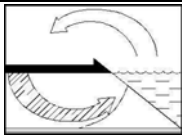
PIJESAK (SM/SC) – Podinu nisko plastičnim glinama čini prašinski i zaglinjeni pijesak, rastresitog stanja, sive boje. Geoistražnim bušenjem utvrđeno je varijabilno zalijeganje vezanog pijeska, od minimalno  $5,0$  m, do maksimalno  $6,5$  m.

GLINA (CL) – Dublje vezanog pijeska, a sve do dubine istražnog bušenja, identificirane su gline niske plastičnosti, polučvrste do čvrste konzistencije, sive boje. Indeks konzistencije iznosi  $I_c = 1,04$  do  $1,26$ .

- Detaljan litološki slijed predmetne lokacije, prikazan je na sondažnim profilima u Prilogu 2, te foto dokumentaciji u Prilogu 4.
- Pojava podzemne vode za vrijeme bušenja registrirana je na dubini PPV =  $1,4 - 1,6$  m, koja se nakon provedenih istražnih radova podigla na razinu RPV =  $1,3$  m. U bušotinu B-1 ugrađena je piezometarska cijev promjera  $\varnothing 5/4"$ .

### GEOSTATIČKE ANALIZE

- Prema projektom rješenju predmetne građevine na istražnoj lokaciji predviđaju se izvesti na temeljnim trakama i temeljnim pločama, uz prethodno nasipavanje prirodnog terena šljunčanim nasipom, debljine cca  $0,5$  m.
- Analiza nosivosti i slijeganja temeljnih traka, a za potrebe temeljenja upravno pogonske zgrade, iskazana je na stranici 17 elaborata. Proračun je proveden za temeljne trake dubine  $D = 1,0$  m, raspona širine  $B = 0,4$  do  $0,8$  m. Dubina temeljenja mjerena je od razine prirodnog terena. Dopuštena kontaktna naprezanja na tlo uz izračunata slijeganja iščitavaju se iz dijagrama na predmetnoj stranici. Kao primjer čitanja, navest će se temeljna traka širine  $B = 0,6$  m, te statički određeno naprezanje od građevine  $\sigma = 110$  kN/m<sup>2</sup>, gdje očekivano slijeganje iznosi  $s = 2,3$  cm.
- Model tla s analizom nosivosti i slijeganja temeljne ploče mehaničkog stupnja pročišćavanja ( $B \times L = 3,5 \times 4,25$  m) prikazan je na stranici 18, odnosno za temeljnu ploču



## HIDROEKOING VARAŽDIN

HIDROTEHNIČKI I GEOTEHNIČKI RADOVI

SB reaktora ( $B \times L = 12,1 \times 14,8$  m) na stranici 19 elaborata. Dubina temeljenja iznosi  $D=4,85$  m, odnosno  $D=3,0$  m, mjereno od razine prirodnog terena. Dopuštena naprežanja na tlo ograničena su maksimalnim iznosom slijeganja za koherentna tla,  $s = 5,0$  cm, što je grafički prikazano na dijagramima na stranicama 18 i 19.

- Proračun nosivosti i slijeganja temeljne ploče zgušćivača dimenzija  $B \times L = 2,5 \times 2,5$  m, dubine temeljenja  $D = 1,8$  m (od prirodnog terena), proveden je na stranici 20.
- Prilikom temeljenja zbog utvrđene visoke razine podzemne vode propisuje se upotreba čeličnog žmurja i sniženje podzemne vode zdencima, za što je potreban poseban projekat.
- Za vrijeme iskopa u slučaju nailaska na organski materijal izvršiti zamjenu sa šljunkom, kojeg treba zbiti najmanje na  $20 \text{ MN/m}^2$ .
- Prilikom statičkog proračuna uzeti u obzir propise o gradnji u seizmičkim područjima. Prije početka betoniranja potrebno je obaviti pregled građevne jame od strane ovlaštenog geotehničara.

direktor: Mr. sc. Ladislav Havaš, dipl.ing.

PRILOZI

PRILOG br. 1  
SITUACIJSKI PLAN



**LEGENDA:**

- ① GRUBA AUTOMATSKA REŠETKA
- ② ULAZNA CRPNA STANICA
- ③ AERIRANI PJSKOLOV-MASTOLOV
- ④ SPREMIŠTE AKCIDENTNIH MINERALNIH ULJA
- ⑤ BAZEN ZA NEUTRALIZACIJU OTPADNIH VODA
- ⑥ ULAZNI RETECIONI PROSTOR SBR-REAKTORA
- ⑦ SBR-REAREKTORI
- ⑧ KOMPRESORNIKA
- ⑨ PROSTOR SA CRPKAMA ZA DODAVANJE KEMIJA
- ⑩ IZLAZNA RETENCIJA SBR-REAKTORA
- ⑪ PODRUMSKI PROSTOR SBR-REAKTORA S INSTALACIJAMA I CRPKAMA
- ⑫ ZGUŠČIVAČ I SKLADIŠTE VIŠKA MULJA
- ⑬ UPRAVNO POGONSKA ZGRADA
- ⑭ TRAFOSTANICA
- ⑮ ISPUST (ušće) MEANIČKI I BIOLOŠKI PROČIŠĆENIH OTPADNIH VODA U RECIPIJENT

3205/1

19588

16234

16234

16234

16234

16234

16234

16234

16234

16234

16234

16234

16234

16234

16234

16234

16234

16234

16234

16234

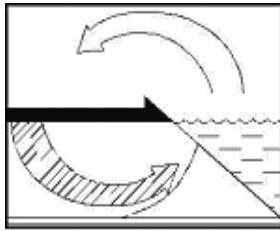
16234

**TUMAČ OZNAKA**

B-1 + B-3		Položaj i oznaka geomehaničkih istražnih bušotina
Projektant: HIDROEKOING VARAŽDIN		Invenštor: MEĐIMURSKÉ VODE d.o.o., Čakovec
Odgovorni geomehničar: Doc. dr. sc. Dragutin Grdjan, dipl.ing		Sadržaj: GEOTEHNIČKI ELABORAT TEMELJENJA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U ŠTRIGOVI
Suradnik: Težak Ana, dipl.ing.geot.		Prilog: SITUACIJSKI PLAN S POLOŽAJEM BUŠOTINA
M 1:500	Datum: svibanj 2009.	Za projekt: Glavni
		Br.teh.dn: 04/2009.
		Prilog 1
		List 1

9287

PRILOG br. 2  
SONDAŽNI PROFILI



# HIDROEKOING VARAŽDIN

## Hidrotehnički i geotehnički radovi

**Građevina:** Uređaj za pročišćavanje

**Lokacija:** Štrigova

**Investitor:** MEDIMURSKE VODE d.o.o.

**Bušotina:** B - 1

**Koordinate:**

**x:**

**y:**

**z:**

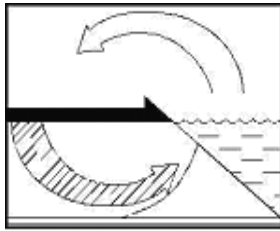
Dubina (m)	Oznaka	OPIS SLOJEVA	Dubina (m)	SPT graf		Uzorak	Sadržaj vlage				Kut unutrašnjeg trenja	kohezija	Ic	RPV	Zbijenost (nekoher. tla) Konzistencija (koheren. tla)
				udaraca/stopa			Wp	0	WI	20					
0		Površina terena	0												
		<b>Humus</b>													
		<b>Prah niske plastičnosti (ML)</b> Prah niske plastičnosti, smeđe boje.	-0.8												
1		<b>Glina niske plastičnosti (CL)</b> Glina niske plastičnosti, srednje plastične konzistencije, sive boje. U plićem dijelu glina je smeđe boje prošarana sivom.													
2			-2.5	4		■	○						0.66		srednje plastična
3		<b>Glina niske plastičnosti (CL)</b> Glina niske plastičnosti, srednje plastične konzistencije, sive boje. Sadrži varijabilan udio pijeska do maksimalno 25%.													
4			-4.2	3		■	○		30.1	3.4	0.41			srednje plastična	
5		<b>Prašnasti pijesak (SM)</b> Prašinasti pijesak, rastresitog stanja, sive boje.													
6			-6.5	7		■									rastresit
7		<b>Glina niske plastičnosti (CL)</b> Glina niske plastičnosti, polučvrste konzistencije, sive boje.	-7												
		Kraj bušotine													
8															

**Bušač:** D. Golub, B. Martinjak

**Determinirao:** doc. dr.sc. Dragutin Grdjan, dipl.ing.

**Datum bušenja:** 07.05.2009.

**PRILOG 2 - List 1**



# HIDROEKOING VARAŽDIN

## Hidrotehnički i geotehnički radovi

**Građevina:** Uređaj za pročišćavanje

**Lokacija:** Štrigova

**Investitor:** MEDIMURSKE VODE d.o.o.

**Bušotina:** B - 2

**Koordinate:**

**x:**

**y:**

**z:**

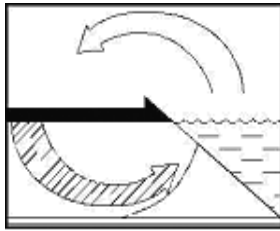
Dubina (m)	Oznaka	OPIS SLOJEVA	Dubina (m)	SPT graf		Uzorak	Sadržaj vlage					Kut unutrašnjeg trenja	kohezija	Ic	RPV	Zbijenost (nekoher. tla) Konzistencija (koheren. tla)
				udaraca/stopa			Wp	0	WI	20	30					
0		Površina terena	0													
0		<b>Humus</b>														
1		<b>Glina niske plasičnosti (CL)</b> Glina niske plastičnosti, srednje do kruto plastične konzistencije, smeđe boje prošarana sivom.				■								0.54		srednje plastična
2				4		■					28.7	3.2	0.83			▼
3		<b>Glina niske plasičnosti (CL)</b> Glina niske plastičnosti, kruto plastične konzistencije, sive boje prošarana žutom. Sadrži varijabilan udio pijeska do maksimalno 40%.	-3			■								0.79		kruto plastična
4				-4	4	■										
5		<b>Zaglinjeni pijesak (SC)</b> Zaglinjeni pijesak, rastresitog stanja, sive boje.	-5			■										
6		<b>Glina niske plasičnosti (CL)</b> Glina niske plasičnosti, čvrste konzistencije, sive boje.				■								1.26		čvrsta
6.2				-6.2	9											
7		Kraj bušotine														
8																

**Bušač:** D. Golub, B. Martinjak

**Determinirao:** doc. dr.sc. Dragutin Grdjan, dipl.ing.

**Datum bušenja:** 07.05.2009.

**PRILOG 2 - List 2**



# HIDROEKOING VARAŽDIN

## Hidrotehnički i geotehnički radovi

**Građevina:** Uređaj za pročišćavanje

**Lokacija:** Štrigova

**Investitor:** MEDIMURSKE VODE d.o.o.

**Bušotina:** B - 3

**Koordinate:**

**x:**

**y:**

**z:**

Dubina (m)	Oznaka	OPIS SLOJEVA	Dubina (m)	SPT graf		Uzorak	Sadržaj vlage					Kut unutrašnjeg trenja	kohezija	Ic	RPV	Zbijenost (nekoher. tla) Konzistencija (koheren. tla)
				5	10		Wp	0	WI	20	30					
0		Površina terena	0													
0		<b>Humus</b>														
1		<b>Glina niske plasičnosti (CL)</b> Glina niske plastičnosti, srednje do kruto plastične konzistencije, smeđe boje mjestimice prošarana sivom.														srednje do kruto plastična
2																
3		<b>Glina niske plasičnosti (CL)</b> Glina niske plastičnosti, kruto plastične konzistencije, sive boje prošarana žutom. Sadrži varijabilan udio pijeska do maksimalno 40%.	-3													kruto plastična
4				-4	4											
5		<b>Zaglinjeni pijesak (SC)</b> Zaglinjeni pijesak, rastresitog stanja, sive boje.	-5													rastresit
6		<b>Glina niske plasičnosti (CL)</b> Glina niske plasičnosti, polučvrste konzistencije, sive boje.														polučvrsta
6.5				-6.5	7									1.06		
7		Kraj bušotine														
8																

**Bušač:** D. Golub, B. Martinjak

**Determinirao:** doc. dr.sc. Dragutin Grdjan, dipl.ing.

**Datum bušenja:** 07.05.2009.

**PRILOG 2 - List 3**

PRILOG br. 3

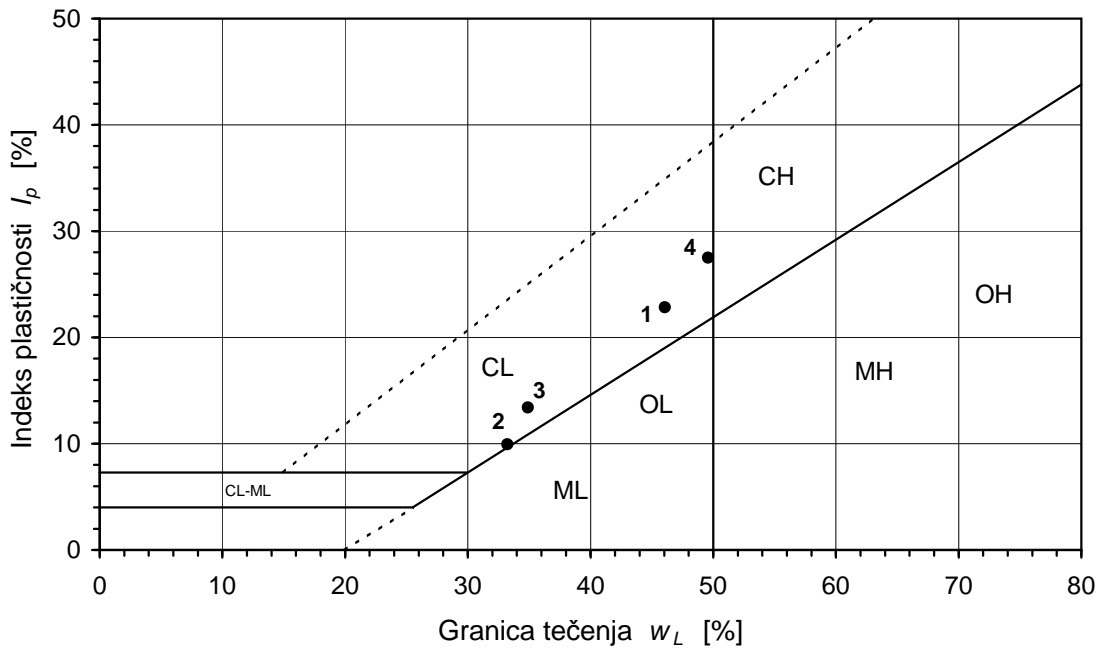
REZULTATI LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA



Građevina: Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda

Lokacija: Štrigova

### DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

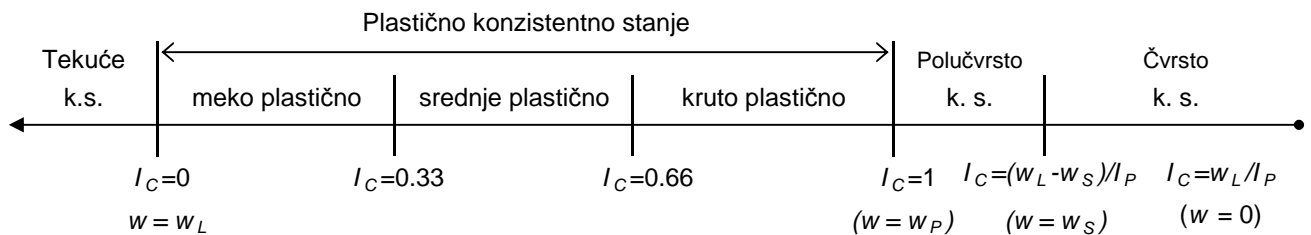
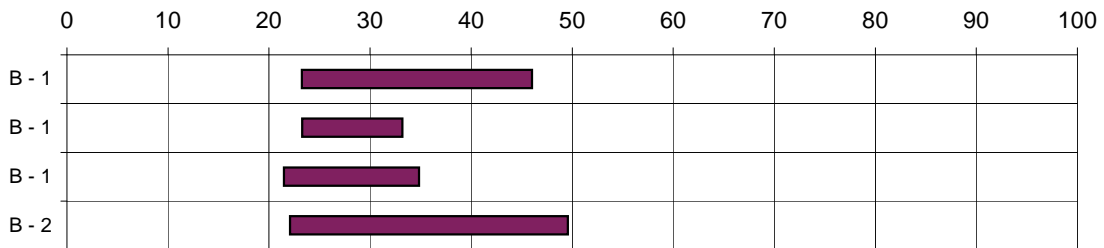


HRN.U.B1.020

### GRANICE KONZISTENTNIH STANJA

Dijagramska pozicija br.	Oznaka uzorka	Dubina uzorka [m]	Zatečena vlaga $w_0$ [%]	Granica tečenja $w_L$ [%]	Granica plastičnosti $w_P$ [%]	Indeks plastičnosti $I_P$ [%]	Indeks konzistencije $I_C$ [1]	USC klasifikacija	Opaska
1	B - 1	1,80 - 2,00	30,80	46,07	23,25	22,82	0,669	CL	
2	B - 1	2,80 - 3,00	29,19	33,23	23,29	9,94	0,406	CL	s pijeskom
3	B - 1	6,80 - 7,00	21,01	34,89	21,48	13,41	1,035	CL	
4	B - 2	0,80 - 0,90	34,83	49,59	22,08	27,51	0,537	CL	

Granice plastičnosti ( $w_P$ ) i tečenja ( $w_L$ )

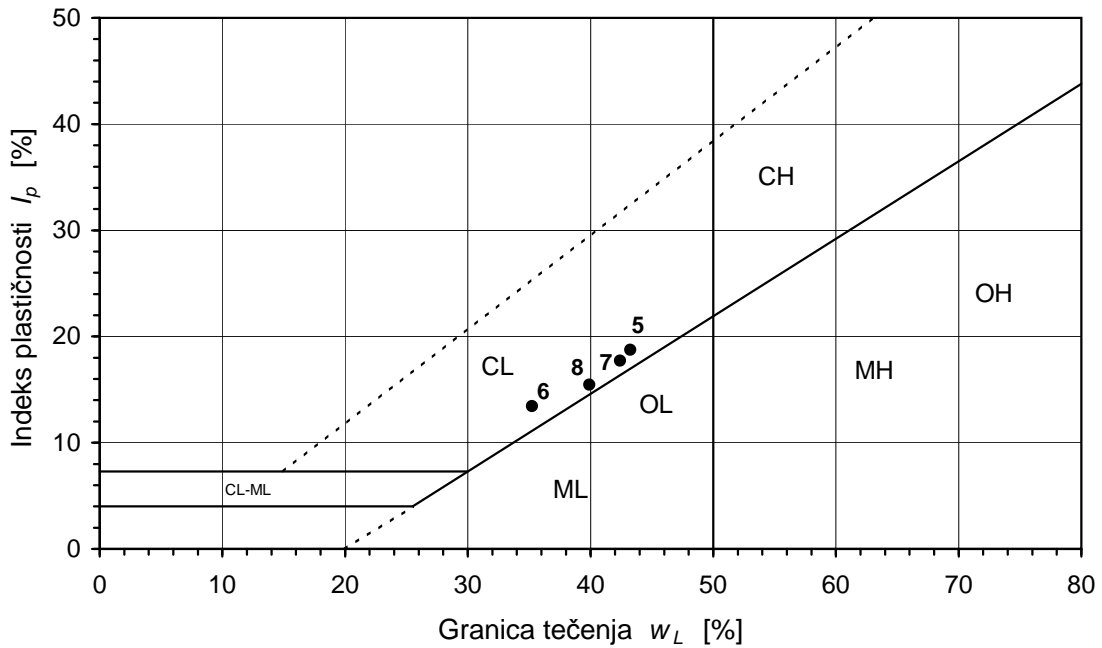




Građevina: Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda

Lokacija: Štrigova

### DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

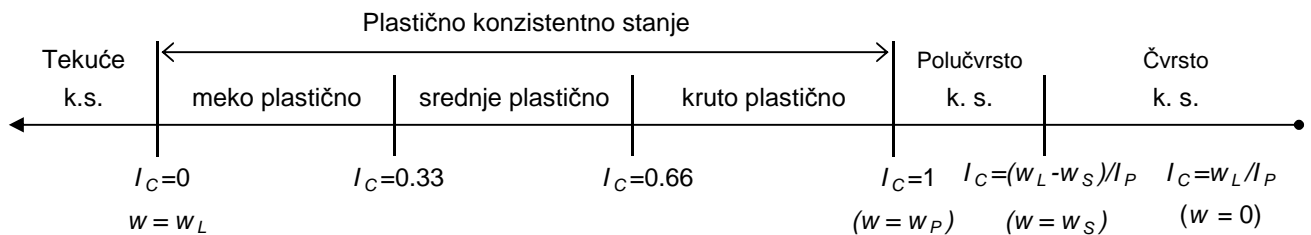
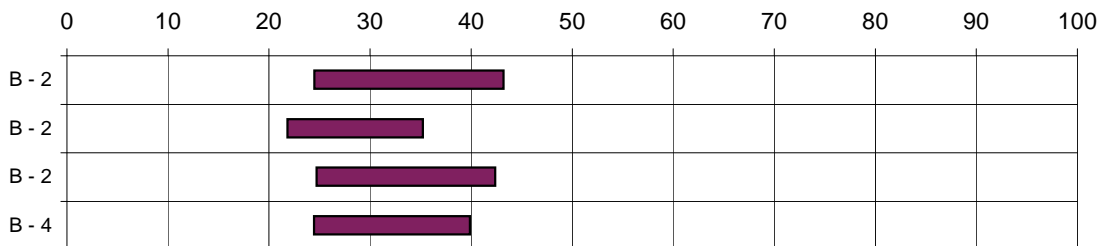


HRN.U.B1.020

### GRANICE KONZISTENTNIH STANJA

Dijagramska pozicija br.	Oznaka uzorka	Dubina uzorka [m]	Zatečena vlaga $w_0$ [%]	Granica tečenja $w_L$ [%]	Granica plastičnosti $w_P$ [%]	Indeks plastičnosti $I_P$ [%]	Indeks konzistencije $I_C$ [1]	USC klasifikacija	Opaska
5	B - 2	1,80 - 2,00	27,69	43,25	24,50	18,75	0,830	CL	
6	B - 2	3,30 - 3,50	24,58	35,24	21,81	13,43	0,794	CL	pjeskovita
7	B - 2	6,00 - 6,20	20,13	42,42	24,71	17,71	1,259	CL	
8	B - 3	6,20 - 6,40	23,49	39,92	24,45	15,47	1,062	CL	

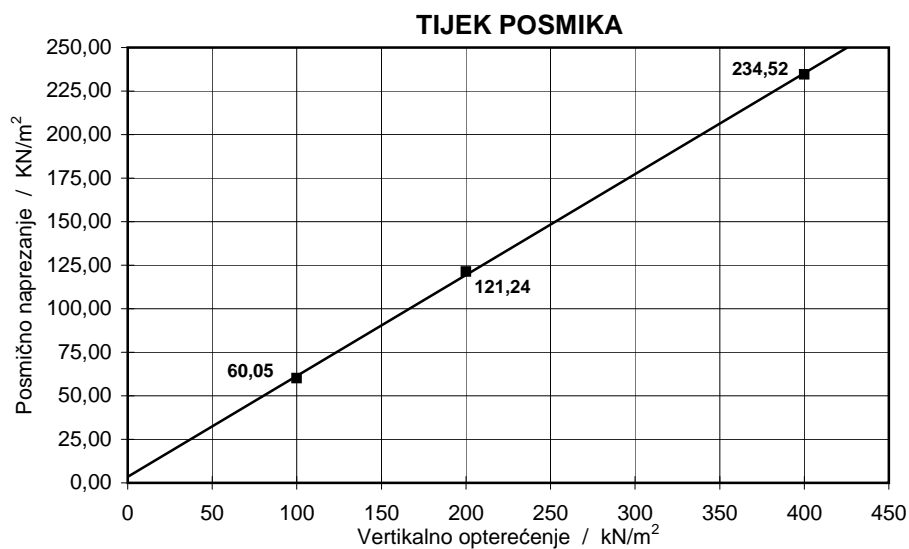
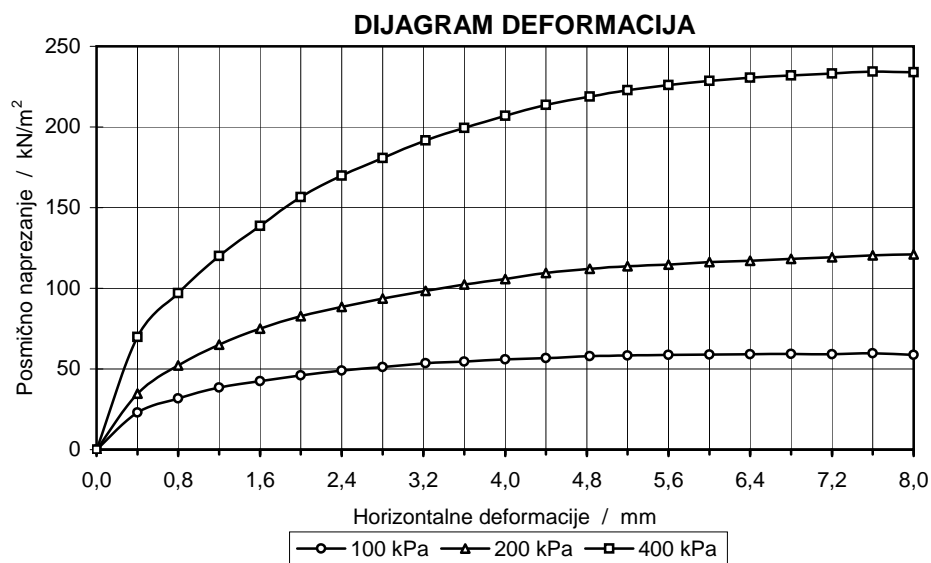
Granice plastičnosti ( $w_P$ ) i tečenja ( $w_L$ )





## IZRAVNI POSMIK

Građevina	Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda		
Lokacija	Štrigova		
Oznaka uzorka	B - 1		
Dubina	2,80 - 3,00		
Opis uzorka	Glina niske plastičnosti (CL), srednje plastične konzistencije, sive boje s pijeskom.		
Vrsta uzorka	neporemećen, konsolidiran	Vrsta ispitivanja: CD, 0.05 mm/min; konst. deform.	
Vlaga prije ispitivanja (%)	29,19		
Vertikalno opterećenje (kN/m <sup>2</sup> )	100	200	400
Vlaga nakon ispitivanja (%)	28,83	28,45	27,87
Vršno posmično naprezanje (kN/m <sup>2</sup> )	60,05	121,24	234,52
Rezidualno posmično naprez. (kN/m <sup>2</sup> )			



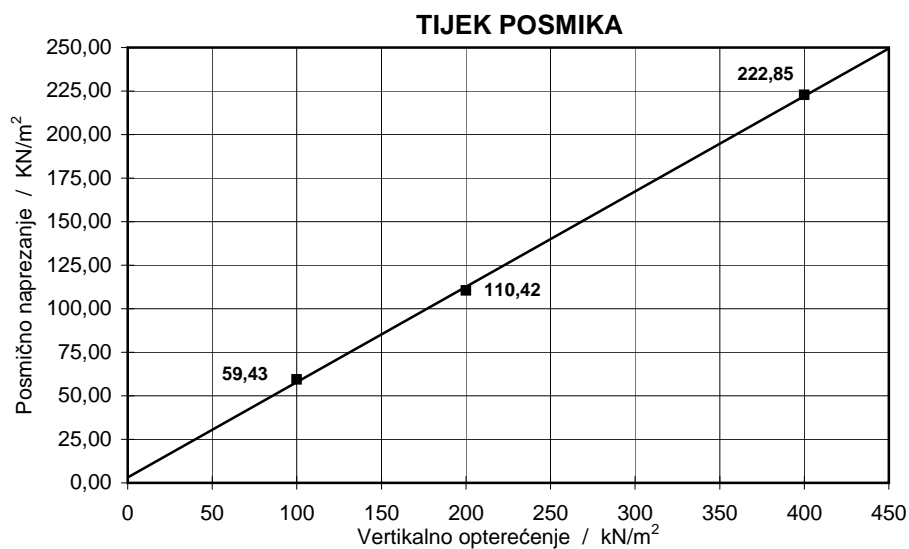
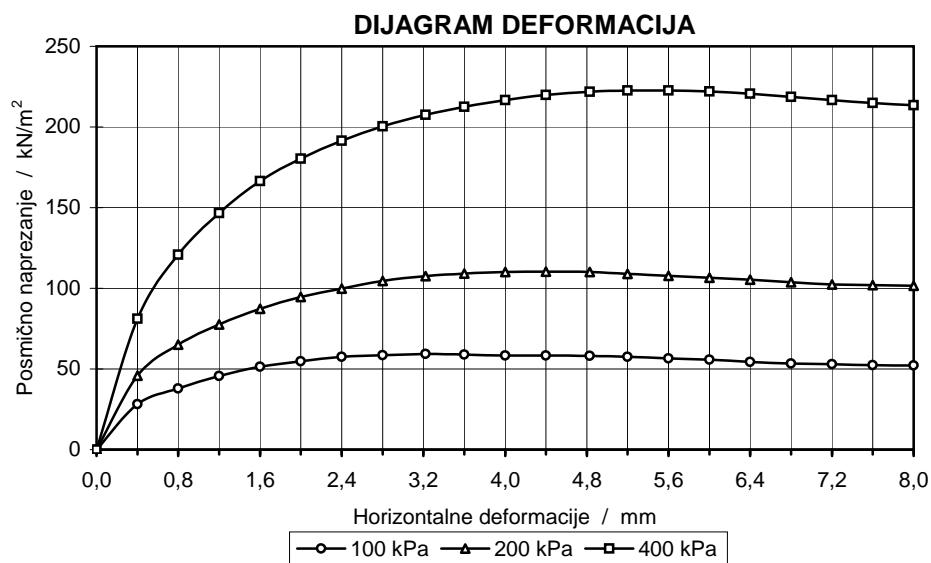
	Vršno	Rezidualno	
Linearna regresija	C = <b>3,4</b>		kN/m <sup>2</sup>
	φ = <b>30,1</b>		°
Obujamska težina vlažna	γ = <b>19,0</b>	kN/m <sup>3</sup>	Varaždin; svibanj-09

Pregledao:  
*E. Adec*



## IZRAVNI POSMIK

Građevina	Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda.		
Lokacija	Štrigova		
Oznaka uzorka	B - 2		
Dubina	1.80 - 2.00		
Opis uzorka	Glina niske plastičnosti (CL), smeđe boje, kruto plastične konzistencije.		
Vrsta uzorka	neporemećen, konsolidiran	Vrsta ispitivanja: CD, 0.05 mm/min; konst. deform.	
Vlaga prije ispitivanja (%)	27,69		
Vertikalno opterećenje (kN/m <sup>2</sup> )	100	200	400
Vlaga nakon ispitivanja (%)	27,28	26,85	26,11
Vršno posmično naprezanje (kN/m <sup>2</sup> )	59,43	110,42	222,85
Rezidualno posmično naprez. (kN/m <sup>2</sup> )			

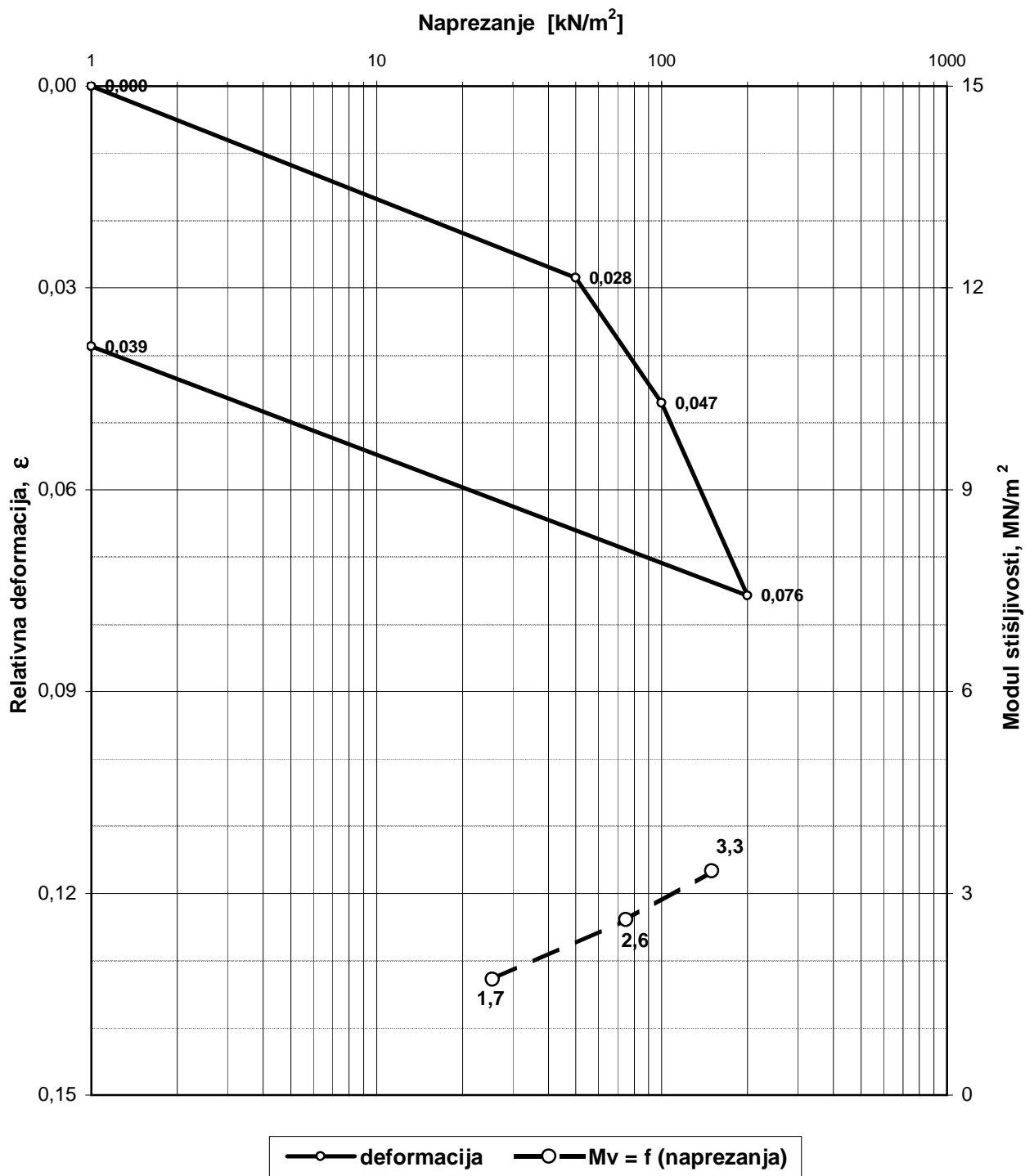


	Vršno	Rezidualno	
Linearna regresija	C = <b>3,2</b>		kN/m <sup>2</sup>
	φ = <b>28,7</b>		°
Obujamska težina vlažna	γ = <b>19,4</b>	kN/m <sup>3</sup>	Varaždin; svibanj-09

Pregledao:  
*E. Adec*



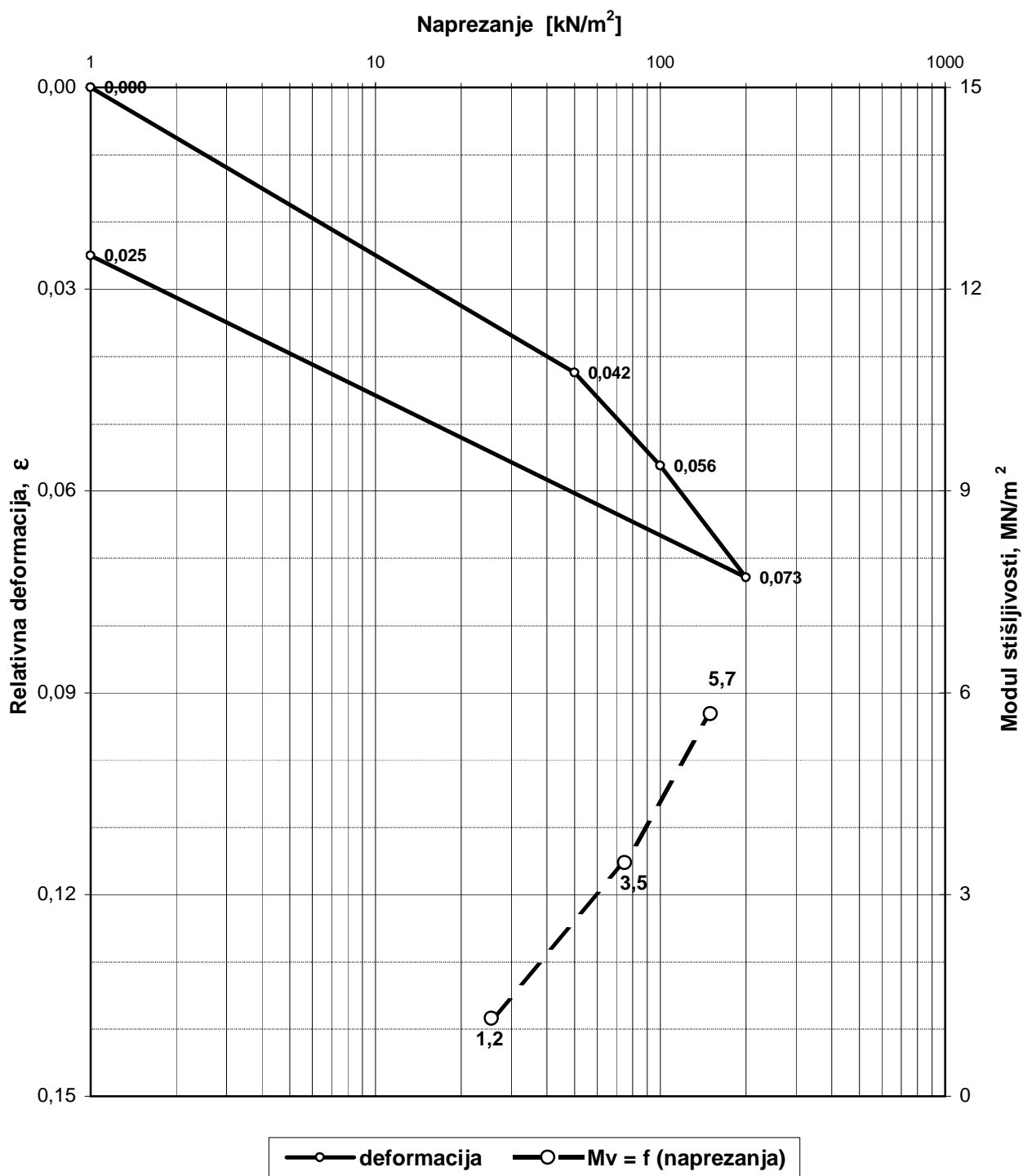
## DIJAGRAM STIŠLJIVOSTI



NARUČITELJ:			
GRAĐEVINA:	Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda		
LOKACIJA:	Štrigova	Bušotina:	<b>B - 1</b>
PREGLEDAO:	<i>[Signature]</i>	Dubina (m):	<b>1,80 - 2,00</b>
Dio tehničke dokumentacije:	GEOTEHNIČKI ELABORAT		
Datum:	svibanj, 2009.	<b>EDOMETARSKI DIJAGRAM</b>	



## DIJAGRAM STIŠLJIVOSTI

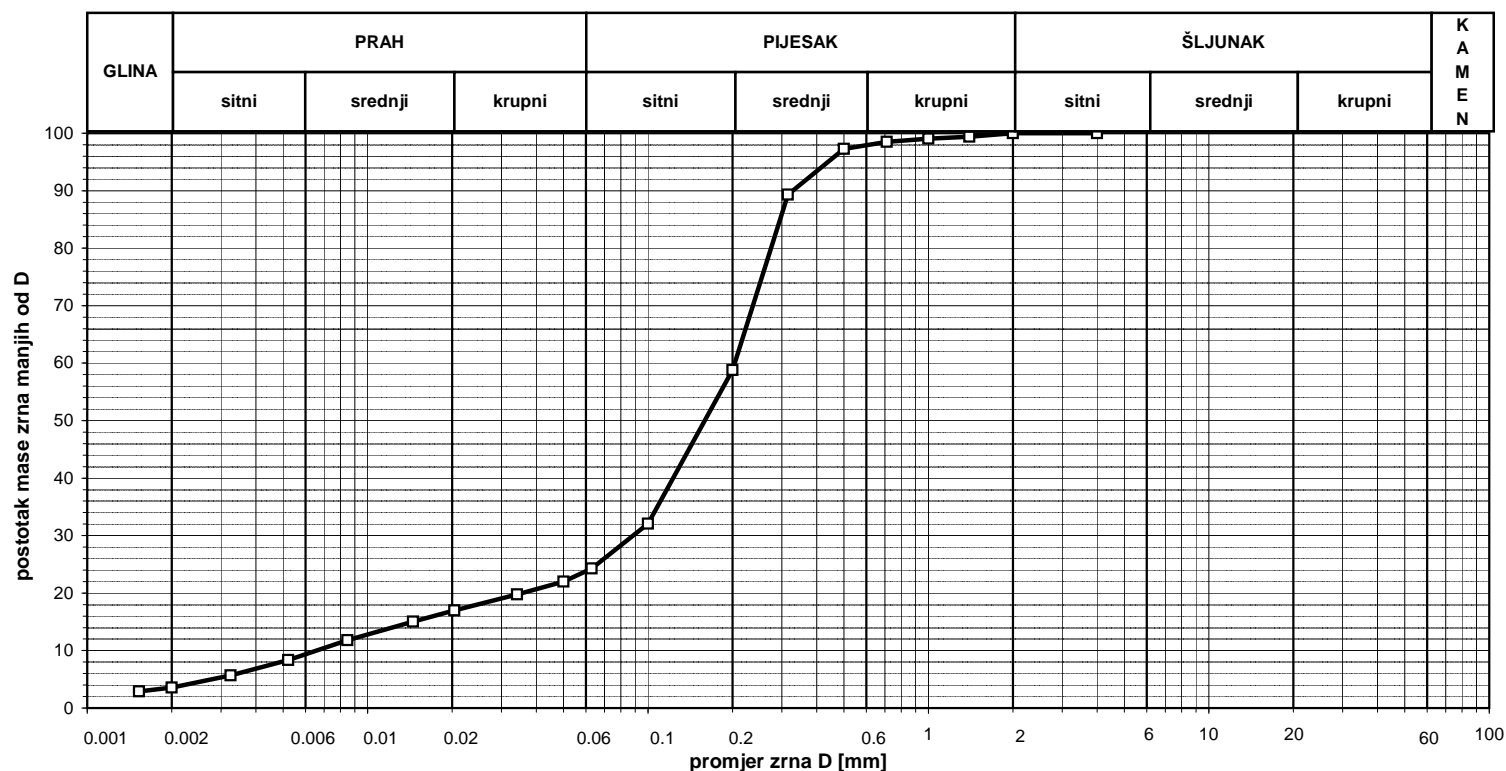


NARUČITELJ:			
GRAĐEVINA:	Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda		
LOKACIJA:	Štrigova	Bušotina:	<b>B - 2</b>
PREGLEDAO:	<i>[Signature]</i>	Dubina (m):	<b>3,30 - 3,50</b>
Dio tehničke dokumentacije:	GEOTEHNIČKI ELABORAT		
Datum:	svibanj, 2009.	<b>EDOMETARSKI DIJAGRAM</b>	



SPP d.o.o., Varaždin  
Konzalting, nadzor, projektiranje i izvođenje u  
rudarstvu, građevinarstvu, geotehnici i zaštiti okoliša

## GRANULOMETRIJSKI DIJAGRAM



Promjer zrna "D"	Maseni % zrna manjih od "D"
mm	%
4,00	100,00
2,00	99,99
1,40	99,38
1,00	99,04
0,71	98,51
0,5000	97,29
0,3150	89,33
0,2000	58,80
0,1000	32,05
0,0630	24,26
0,0500	22,00
0,0341	19,74
0,0204	16,96
0,0145	15,05
0,00847	11,82
0,00521	8,34
0,00325	5,70
0,00200	3,56
0,00153	2,89

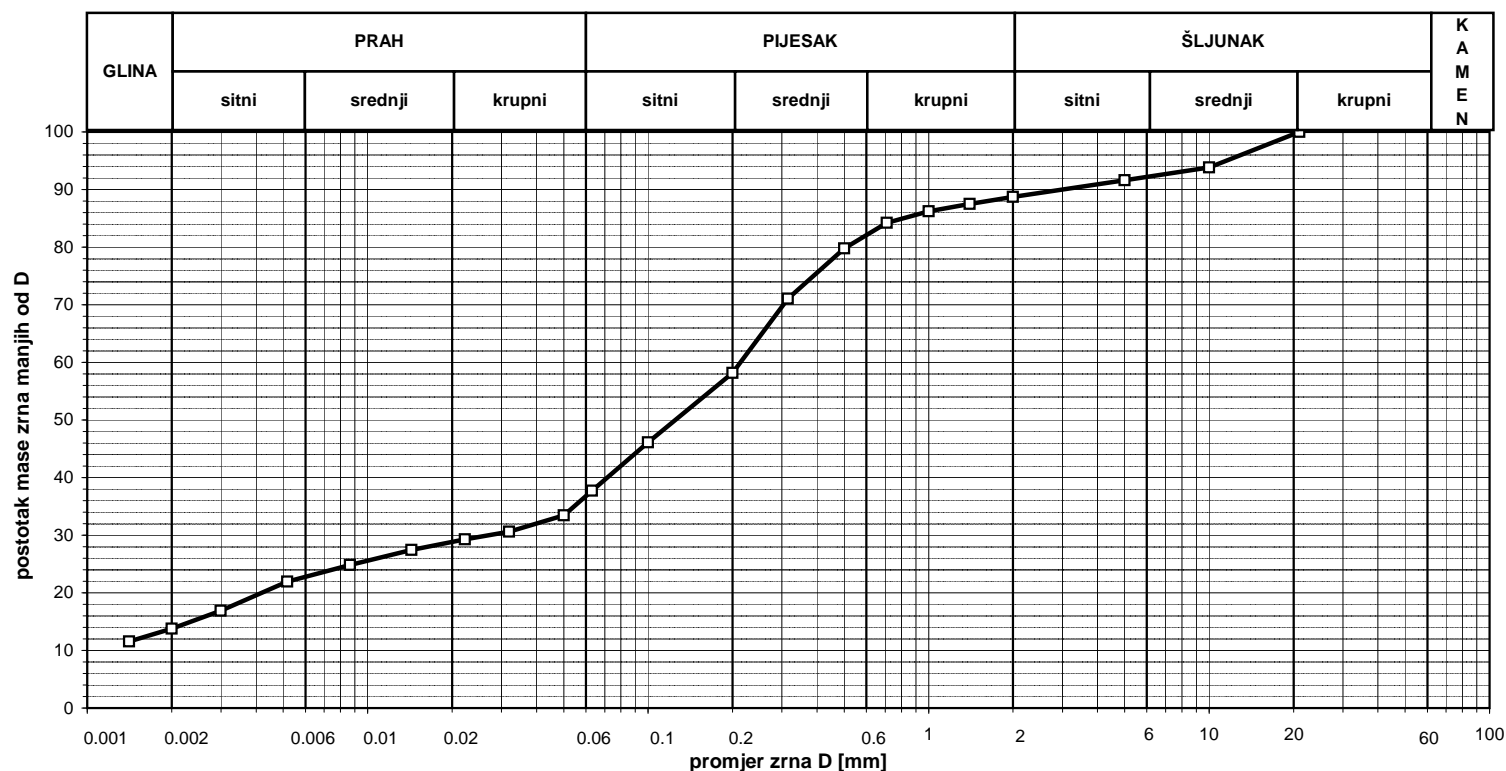
HRN.U.B1.018

Radni nalog:		Dubina (m):		Cu	Cc	ŠLJUNAK (%)	PJESAK (%)	PRAH (%)	GLINA (%)	USCS
Oznaka uzorka:	<b>B - 1</b>	5,00 - 5,20	□			0,01	75,73	20,70	3,56	SM
Građevina:	<b>Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda</b>			USCS klasifikacija		Pregledao:				
Lokacija:	<b>Štrigova</b>			<b>SM</b>		Varaždin, svibanj 2009.				



SPP d.o.o., Varaždin  
Konzalting, nadzor, projektiranje i izvođenje u  
rudarstvu, građevinarstvu, geotehnici i zaštiti okoliša

## GRANULOMETRIJSKI DIJAGRAM



Promjer zrna "D"	Maseni % zrna manjih od "D"
mm	%
21,00	100,0
10,00	93,84
5,00	91,60
2,00	88,75
1,40	87,51
1,00	86,20
0,71	84,22
0,5000	79,77
0,3150	71,04
0,2000	58,19
0,1000	46,14
0,0630	37,72
0,0500	33,45
0,0319	30,62
0,0222	29,30
0,0143	27,42
0,00866	24,84
0,00517	21,92
0,00299	16,90
0,00200	13,76
0,00141	11,55

HRN.U.B1.018

Radni nalog:		Dubina (m):	Cu	Cc	ŠLJUNAK (%)	PIJESAK (%)	PRAH (%)	GLINA (%)	USCS
Oznaka uzorka:	<b>B - 2</b>	4,30 - 4,40			11,25	51,02	23,96	13,76	SC
Građevina:	<b>Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda</b>			USCS klasifikacija		Pregledao:			
Lokacija:	<b>Štrigova</b>			<b>SC</b>		Varaždin, svibanj 2009.			

PRILOG br 4.

FOTO PRILOG

FOTO PRILOG SONDAŽNIH BUŠOTINA – Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Štirgova



B-1 (Sondažna jezgra)



B-2 (Sondažna jezgra)



B-3 (Sondažna jezgra)