



SPP d.o.o.

**Konzalting, nadzor, projektiranje i izvođenje u
rudarstvu, građevinarstvu, geotehnici i zaštiti okoliša**



GEOTEHNIČKI ELABORAT
TEMELJENJA POSLOVNIH GRAĐEVINA "SPIN VALIS
INTERNACIONAL" U POŽEGI

Varaždin, rujan 2013. god.



SPP d.o.o.

**Konzalting, nadzor, projektiranje i izvođenje u
rudarstvu, građevinarstvu, geotehnici i zaštiti okoliša**
*Trstenjakova 3, 42000 Varaždin; telefon: (042) 203 302, faks: (042) 203 306
mobitel: 098 268 248, 098 268 246; e-mail: spp@spp.hr*

Broj tehničkog dnevnika: **69-2/13**

GEOTEHNIČKI ELABORAT TEMELJENJA POSLOVNIH GRAĐEVINA "SPIN VALIS INTERNACIONAL" U POŽEGI

Obradili:

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

Mr.sc. Miljenko Špiranec, dipl.ing.geot.

Kristijan Grabar, dipl.ing.geot.

Ana Filipović, dipl.ing.geot.

Ivana Sambolec, ing.geot.

Direktor:

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

Varaždin, rujan 2013. god.

SADRŽAJ

❖ Registracija trgovačkog društva SPP d.o.o. Varaždin (3 lista)

	str.
UVOD	1
1. GEOTEHNIČKI ISTRAŽNI RADOVI	2
2. LABORATORIJSKA ISPITIVANJA.....	2
3. GEOTEHNIČKE ZNAČAJKE TEMELJNOG TLA	3
4. GEOSTATIČKE ANALIZE	9
4.1. ANALIZA NOSIVOSTI	9
4.2. ANALIZA SLIJEGANJA	10
4.3. MODUL REAKCIJE TLA	11
5. GEOSTATIČKI PRORAČUN	12
5.1. ANALIZA NOSIVOSTI TEMELJNOG TLA (temeljna ploča prizemlja [EC7-DA3])	13
5.2. ANALIZA NOSIVOSTI TEMELJNOG TLA (temeljna ploča podruma [EC7-DA3]).....	14
5.3. RAČUN SLIJEGANJA PROGRAMOM GGU-SETTLE.....	15
5.4. MODUL REAKCIJE TLA ISPOD TEMELJNIH PLOČA.....	18
5.5. ANALIZA NOSIVOSTI TEMELJNOG TLA (temeljna stopa kotlovnice – os F4)	19
5.6. ANALIZA NOSIVOSTI TEMELJNOG TLA (temeljna stopa nadstrešnice [EC7-DA3])	20
5.7. ANALIZA SLIJEGANJA TEMELJNOG TLA (temeljna stopa nadstrešnice).....	21
6. ZAKLJUČAK	22

PRILOZI

	broj listova:
1. SITUACIJSKI PLAN.....	1
2. SONDAŽNI PROFILI BUŠOTINA.....	3
3. REZULTATI LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA.....	7
4. FOTO PRILOG	2



NARUČITELJ:	- FAUST-TEH d.o.o., Velika Gorica, Turopoljsko posavskog odreda 124
INVESTITOR:	- SPIN VALIS INTERNACIONAL d.o.o., Požega, Industrijska 24
GRAĐEVINA:	- Rekonstrukcija i dogradnja kotlovnice, te Dozator s nadstrešnicom
LOKACIJA ZAHVATA:	- Požega, Industrijska 24
NAZIV ELABORATA:	- GEOTEHNIČKI ELABORAT TEMELJENJA POSLOVNIH GRAĐEVINA "SPIN VALIS INTERNACIONAL" U POŽEGI
PROJEKTANT ELABORATA:	- SPP d.o.o., Varaždin
ODGOVORNI GEOMEHANIČAR:	- Prof. dr. sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.
BROJ TEH. DNEVNIKA:	- 69-2/13
VRSTA IZVIJEŠĆA:	- za glavni građevinski projekt
DATUM:	- rujan 2013.

UVOD

Narudžbom naručitelja projektant elaborata obvezao se izraditi geotehnički elaborat temeljenja poslovnih građevina u Požegi, Industrijska 24, a za potrebe izgradnje elektrane na biomasu. Na predmetnoj lokaciji predviđa se rekonstrukcija i dogradnja kotlovnice, te izgradnja dozatora s nadstrešnicom. Za potrebe izrade elaborata izvedeni su geotehnički istražni radovi kroz terenske istražne radove i laboratorijska ispitivanja.

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 slijeganja 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 građevina.

Programom istraživanja predviđene su i izbušene tri (3) geomehničke istražne bušotine dubine 6,0 i 8,0 m. Položaj bušotina u odnosu na tlocrtnu situaciju građevina prikazan je na situacijskom planu (Prilog 1, list 1).

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

- | | |
|--|---|
| 1. Zakon o prostornom uređenju i gradnji | - NN 76/07, 38/09, 55/11, 90/11, 50/12 |
| 2. Eurokod 7: Geotehničko projektiranje - 1. dio: Opća pravila | - HRN EN 1997-1:2012 hr |
| 3. Eurokod 7: Geotehničko projektiranje - 2. dio: Istraživanje i ispitivanje temeljnog tla | - HRN EN 1997-2:2008 en |
| Eurokod 8 – Projektiranje konstrukcija otpornih na potres – 1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade (EN 1998-1:2004) | - HRN EN 1998-1:2008 en, NAD, tablica NAD.1 |

te važećim normama iz područja geomehanike i geomehničkih ispitivanja.



1. GEOTEHNIČKI ISTRAŽNI RADOVI

Na predmetnoj lokaciji istražno bušenje provedeno je 05. rujna 2013. god., s ukupno tri geomehaničke istražne bušotine. Ispitivanje relativne zbijenosti tla izvedeno je standardnim penetracijskim pokusom (SPT). Bušenje bušotina izvedeno je 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 geomehaničkih istražnih bušotina uzeti su poremećeni i neporemećeni uzorci za laboratorijske analize, odnosno za utvrđivanje fizikalnih i mehaničkih svojstva tla. Opseg provedenih istražnih radova radi utvrđivanja kakvoće i mehaničke heterogenosti tla primjeren je za izradu geotehničkog elaborata. Tijekom istražnog bušenja kartirana je nabušena jezgra.

Za vrijeme istražnih radova razina podzemne vode registrirana je na dubini $RPV = 3,8 - 4,0$ 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 (φ).

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

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

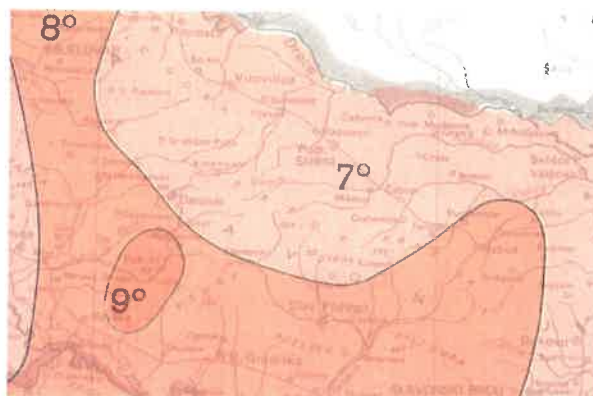
Koeficijent jednoličnosti definiran je sa: $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

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 građirano, 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 građiran (simbol GP ili SP). Sva ispitivanja provedena su prema važećim standardima, a rezultati laboratorijskih ispitivanja prikazani su u Prilogu 3.

3. GEOTEHNIČKE ZNAČAJKE TEMELJNOG TLA

Prema seizmološkoj karti Republike Hrvatske s povratnim razdobljem od 500 godina metodom Medvedeva, na lokaciji zahvata može se očekivati potres od 8° prema MCS skali.



Istražnu lokaciju predstavlja izgrađen, asfaltirani teren, a geotehničkim istražnim radovima determiniran je sljedeći litološki slijed slojeva tla na prostoru planiranih građevina:

Kotlovnica – bušotine B-1 i B-2 (8,0 m)

Površinski sloj čini asfalt i podložni drobljeni kamen, maksimalne debljine 1,5 m.

Dublje površinskog sloja utvrđene su gline visoke plastičnosti (CH), kruto plastične konzistencije, sivo-plave boje. Indeks plastičnosti utvrđenih sedimenata kreće se u rasponu $I_p = 27-32\%$, te indeks



konzistencije $I_c = 0,80-0,84$. Unutar materijala osjeća se organski miris. Visoko plastične gline zaliježu do dubine 3,0 m kod bušotine B-1, odnosno 3,7 m kod B-2.

Podinu predstavlja dobro građuiran, prašnasti šljunak (GW-GM), sivo-plave boje. Broj udarca terenske probe zbijenosti tla (SPT) iznosi $N = 16 - 17$ udaraca/stopi, čime je šljunak klasificiran kao srednje zbijen.

Dozator s nadstrešnicom – bušotina B-3 (6,0 m)

Površinski sloj čini asfalt i podložni drobljeni kamen, debljine 1,2 m.

Dublje površinskog sloja utvrđeni su glinoviti sedimenti niske i visoke plastičnosti (CL/CH), koji se izmjenjuju duž profila, a kojim se konzistentno stanje smanjuje s dubinom. Plići sloj predstavljaju gline visoke plastičnosti (CH), kruto plastične konzistencije, $I_c = 0,89$, sive boje. Medijalni sloj čine gline niske plastičnosti (CL), srednje plastične konzistencije, $I_c = 0,59$, sive boje, sa organskim mirisom. Dublje zaliježu gline visoke plastičnosti (CH), indeksa $I_c = 0,38$, sivo-plave boje, organskog mirisa. Glinoviti sedimenti determinirani su do dubine 4,6 m.

Podinu predstavlja srednje zbijen, dobro građuiran, prašnasti šljunak (GW-GM), sivo-plave boje.

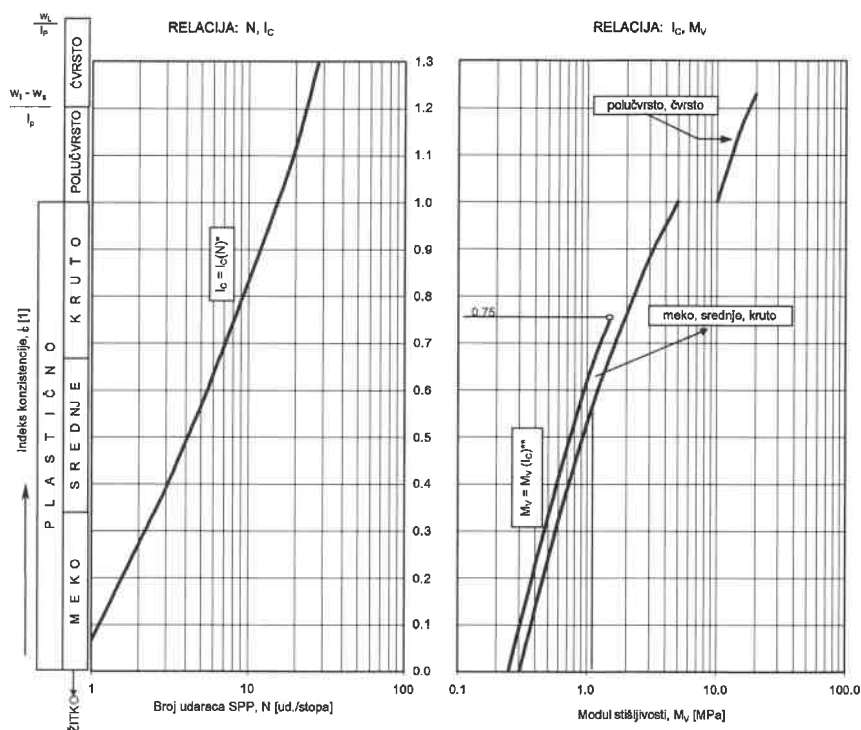
Sondažni profili bušotina B-1 do B-3 prikazani su u Prilogu 2, listovi 1 do 3. Situacijski plan s položajem bušotina prikazan je u Prilogu 1, list 1.

Na slici 1. krivulja $I_c = I_c(N)^*$ konstruirana je prema podacima iz "Soil Mechanics in Foundation Engineering" (Wilun i K. Starzevski). Dobiveni indeksi konzistencije (I_c) za koherentne materijale u laboratoriju iznose 0,38 do 0,89 što prema slici 1 prezentira koherentni materijal srednje do kruto plastičnog konzistentnog stanja.

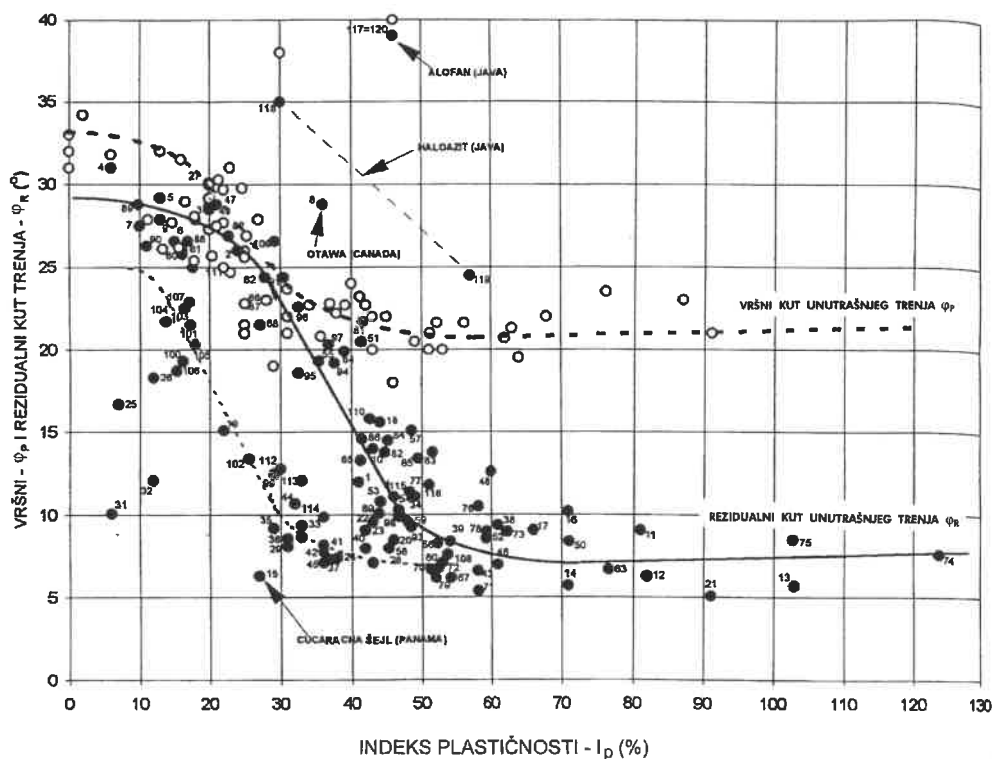
Modul stišljivosti koherentnih materijala dobiven je laboratorijskom probom na uzorcima iz B-1 (2,5 – 2,7 m) i B-2 (3,0 – 3,2 m). Parametri čvrstoće (c i ϕ) također su dobiveni laboratorijskim ispitivanjem (Prilog 3).

U skladu sa Tablicom 2 usvojena je vrijednost modula stišljivosti nekoherentnog materijala sa istražne lokacije. Pomoću Tablice 2 i slike 4 usvojena je vrijednost kuta unutrašnjeg trenja.

Slika 2 prikazuje korelaciju indeksa plastičnosti i kuta unutrašnjeg trenja prema autorima Ortolan i Mihalinec, 1998. Iz slike 2 preko ovih korelacija možemo približno odrediti kut unutrašnjeg trenja koherentnih materijala, ako su nam poznate vrijednosti indeksa plastičnosti koji se određuje u geotehničkom laboratoriju.



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



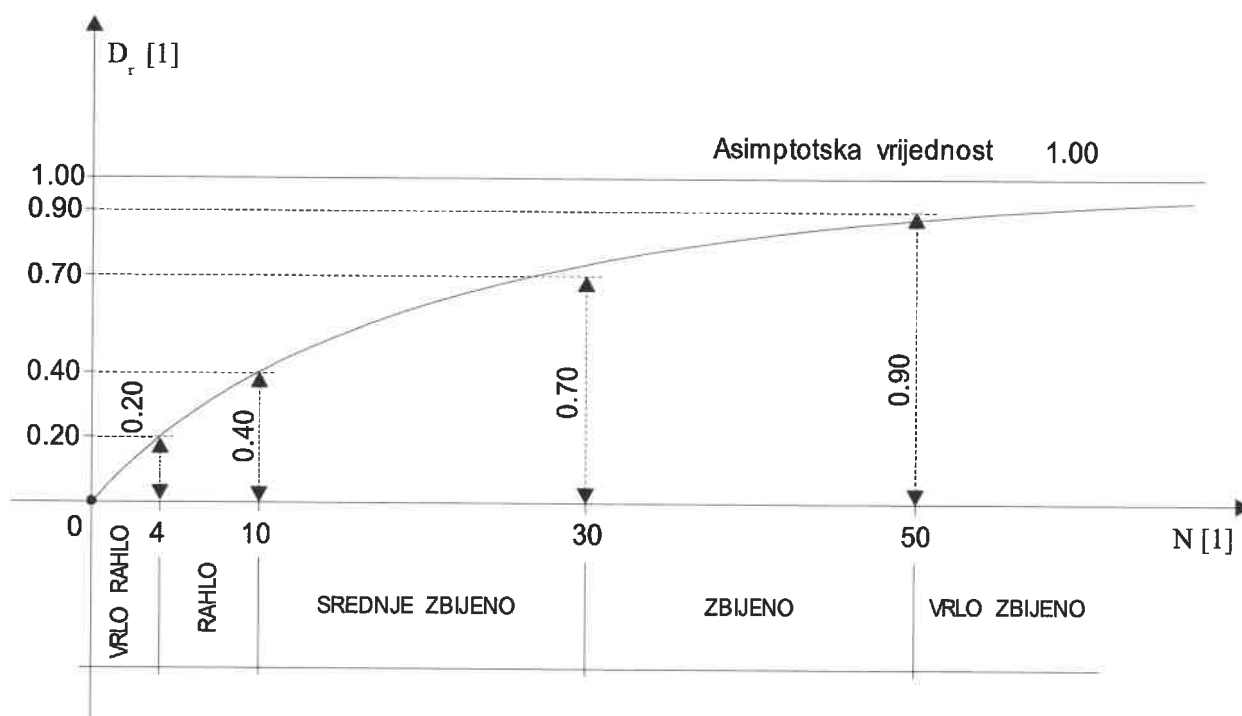
Slika 2. Korelacija vršnog i rezidualnog kuta trenja s indeksom plastičnosti prirodnih materijala
(Ortolan / Mihalinec, 1998)



Tablica 1. Odnos fizičkih i mehaničkih svojstava koherentnog tla

Konzistentno stanje	SPT [ud./30cm]	DPH (TUS) [ud./10cm]	q_u [kN/m ²]	M_v [kN/m ²]	I_c	TERENSKA IDENTIFIKACIJA
ŽITKO	< 2	0 - 2	< 25	< 300	< 0	može se lako utisnuti šaka
Lako	2 - 4	2 - 5	25 - 50	200 - 600	0 - 0.33	može se lako utisnuti palac, može se valjati
Srednje	4 - 8	5 - 9	50 - 100	500 - 1500	0.33 - 0.66	palac se može utisnuti laganim pritiskom može se valjati u valjčić $\phi < 3$ mm
Teško	8 - 15		100 - 200	1200 - 10000	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	9 - 17	200 - 400	5000 - 20000	1 do $\frac{w_L - w_S}{I_P}$	može se lako zarezati noktom drobi se kod $\phi 3$ mm ali se može prignječiti
KRUTO	> 30	> 17	> 400	> 20000	$> \frac{w_L - w_S}{I_P}$	teško se zarezuje noktom gnječanjem se mrvi

Za određivanje kuta unutrašnjeg trenja za nekoherentna tla ovisno o stanju zbijenosti vrlo je koristan dijagram koji je prikazan na slici 4. Na slici 4 D_r predstavlja relativnu zbijenost. U tablici 2 dat je prikaz odnosa fizičkih i mehaničkih svojstava nekoherentnog tla. Za pravilno određivanje kuta unutrašnjeg trenja treba uočiti raspon relativne zbijenosti od $D_r=0$ do $D_r=1$. Vrijednosti relativne zbijenosti dobivaju se očitavanjem iz dijagrama na slici 3 na osnovu broja udaraca N .



Slika 3. Graf funkcije $D_r = D_r(N)$



Tablica 2. Odnos fizičkih i mehaničkih svojstava nekoherentnog tla

STUPANJ ZBIJENOSTI	D P H (TUS)	S P T	RELATIVNA GUSTOĆA	KUT UNUTARNJEG TRENJA * ϕ		MODUL STIŠLJIVOSTI ** M_v [MN/m ²]	
	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

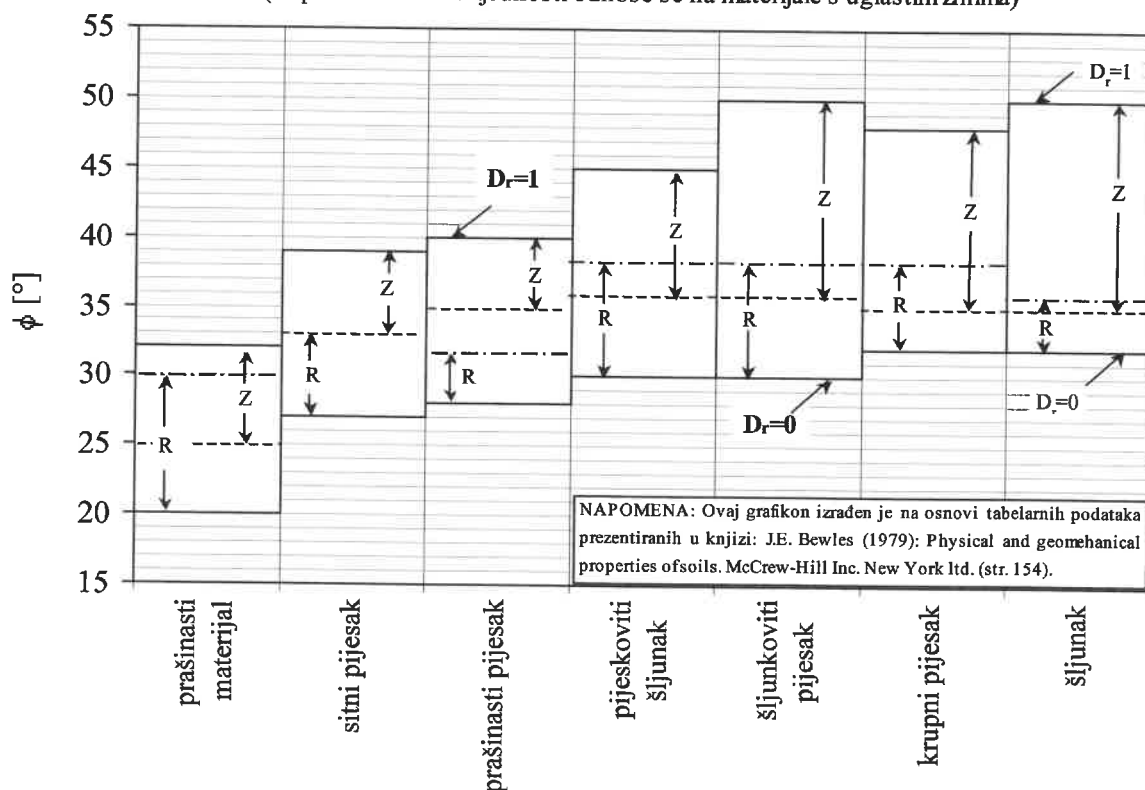
* Winterkorn: Foundation Engineering Handbook

** Šuklje: Objašnjenje pravila

ISKUSTVENE VRIJEDNOSTI KUTA UNUTRAŠNJEG TRENJA ϕ ZA NEKOHERENTNA TLA OVISNO O STANJU ZBIJENOSTI

(R = rahlo stanje ; Z = zbijeno stanje)

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



Slika 4. Iskustvene vrijednosti kuta unutrašnjeg trenja za nekoherentna tla



Analizom dobivenih podataka iz laboratorijskih ispitivanja i empirijskim korelacijama preko podatka N, za izradu geostatičkog proračuna usvojeni su sljedeći parametri temeljnog tla:

- glina visoke plastičnosti (CH):

$$\gamma = 18,8 \text{ kN/m}^3, \quad M_v = 4,0 \text{ MN/m}^2, \quad c = 9,0 \text{ kN/m}^2 \quad \text{ i } \quad \varphi = 24,5^\circ,$$

- dobro graduiran, prašinski šljunak (GW-GM):

$$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3, \quad M_v = 18,0 \text{ MN/m}^2, \quad c = 0 \text{ kN/m}^2 \quad \text{ i } \quad \varphi = 31^\circ.$$

Slijeganje sloja debljine H računato je po izrazu:

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

gdje su: s - slijeganje sloja debljine H,

σ_z - dodatno naprezanje uslijed kontaktnog naprezanja u dubini z,

M_v - modul stišljivosti promatranog sloja.

Vrijednosti modula stišljivosti (M_v), za proračun slijeganja uzeti su iz laboratorijskih mjerenja kao i u korelaciji sa brojem udaraca N, iz "Soil Mechanics in Foundation Engineering" - Z. Wilun i K. Starzewski.



4. GEOSTATIČKE ANALIZE

4.1. ANALIZA NOSIVOSTI

Nosivost tla sukladno Aneksu D, Eurokoda 7 (EC7, HRN EN 1997-1:2008 en) izvodi se iz teorije plastičnosti i eksperimentalnih rezultata. Mehanička čvrstoća tla predstavljena je u dreniranim uvjetima sa c' i φ' .

Proračun nosivosti plitkog temelja za drenirane uvjete provodi se prema izrazu:

$$q_u = R/A' = c' N_c b_c s_c i_c + q' N_q b_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma b_\gamma s_\gamma i_\gamma$$

$A' = B' L'$ - korisna površina temelja, tj. dio ukupne površine osnove temelja koji je resultantnom silom centrički opterećen,

R - dopušteni otpor tla

γ - težina tla ispod razine temeljnog dna,

γ' - računski zapreminska težina tla,

q - najmanje efektivno opterećenje u razini temeljnog dna pokraj temelja,

φ' - računski kut posmične čvrstoće tla,

c' - računski kohezija tla,

N_γ i N_c - faktori nosivosti,

b_c, b_q, b_γ - faktori nagiba temeljne plohe,

s_c, s_q, s_γ - faktor oblika temelja,

i_c, i_q, i_γ - faktori nagiba rezultante.

Dopuštene su slijedeće grupe parcijalnih faktora: Projektni pristup 1, kombinacija 1 - DA1,1, koeficijenti ($A1+M1+R1$); DA1,2 ($A2+M2+R1$); DA2 ($A1+M1+R2$); DA3 ($A1$ ili $A2+M2+R3$).

Parcijalni faktori sigurnosti prema Eurokodu 7 dani su tablici 3:

Tablica 3. Parcijalni faktori sigurnosti prema Eurokodu 7 (EC7, HRN EN 1997-1:2008 en)

Parametar		Simbol	EQU	GEO/STR - Grupe parcijalnih faktora						
				A1	A2	M1	M2	R1	R2	R3
Stalno djelovanje (G)	Nepovoljno	$\gamma_{G, dst}$	1,1	1,35	1,0					
	Povoljno	$\gamma_{G, stb}$	0,9	1,0	1,0					
Pokretno djelovanje (Q)	Nepovoljno	$\gamma_{Q, dst}$	1,5	1,5	1,3					
	Povoljno	-	-	-	-					
Akcidentno djelovanje (A)	Nepovoljno	$\gamma_{A, dst}$	1,0	1,0	1,0					
	Povoljno	-	-	-	-					
Koeficijent posmičnog otpora ($\tan\varphi'$)		$\gamma_{\varphi'}$	1,25			1,0	1,25			
Efektivna kohezija (c')		$\gamma_{c'}$	1,25			1,0	1,25			
Nedrenirana posmična čvrstoća (c_u)		γ_{cu}	1,4			1,0	1,4			
Jednoosna tlačna čvrstoća (q_u)		γ_{qu}	1,4			1,0	1,4			
Zapreminska težina (γ)		γ_γ	1,0			1,0	1,0			
Otpor nosivosti (R_v)		γ_{Rv}						1,0	1,4	1,0
Posmični otpor (R_h)		γ_{Rh}						1,0	1,1	1,0
Otpor tla (R_h)		γ_{Re}						1,0	1,4	1,0

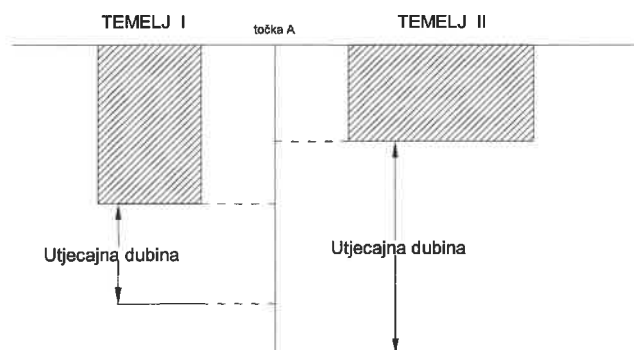


4.2. ANALIZA SLIJEGANJA

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

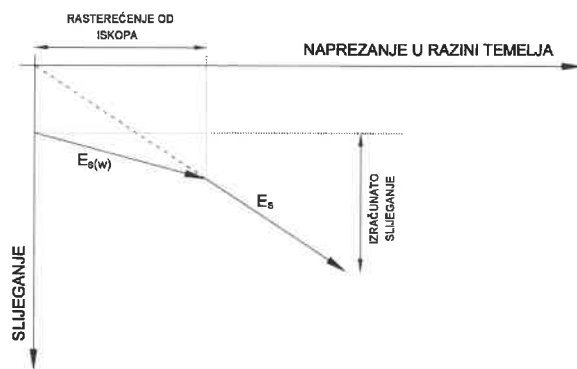
Model tla i raspodjela opterećenja od građevine za potrebe analize slijeganja izrađen je pomoću računalnog programa GGU-SETTLE. Program omogućava izračun slijeganja u 3D projekciji uključujući međusoban utjecaj temelja. Teorijske postavke te algoritam izračuna preuzet je iz priručnika "Foundation Engineering Pocketbook 1990, Volume 1". Program je u upotrebi već desetak godina i testiran je u brojnim problemima kod raznih instituta i organizacija. U njegovom radu do sada nisu ustanovljene pogreške već je utvrđena pouzdanost i stabilnost.

Program izvodi proračun slijeganja za proizvoljni oblik i prostorni raspored temelja uključujući međusobni utjecaj, vrijednost slijeganja u bilo kojoj točki izvan opterećene površine, vrijednost slijeganja na bilo kojoj dubini, odnosno ukupno slijeganje izabranog litološkog sloja u geotehničkom horizontu, vrijednosti modula reakcije, te model tla do 20 slojeva. Također nudi mogućnost uključivanja u proračun modula stišljivosti pri rasterećenju kao i određivanje dubine utjecajnih slijeganja za svaki pojedini kao i za skupinu temelja.



Slika 5. Utjecajne dubine naprezanja

Kod modeliranja tlocrtna raspodjele opterećenja od građevine, temeljna ploča podijeljena je na više pravokutnih opterećenih ploha različitog jediničnog naprezanja. Kako bi kriterij utjecajne dubine razmatranog naprezanja u tlu od 20% geološkog napona za različita naprezanja od temelja dao različite utjecajne dubine, a posljedično i različita slijeganja, rješenje ovog problema, a koje je akceptirano od programa GGU-Settle, je da se utjecajna dubina računa za krivulju dodatnog naprezanja uzetu kao zbroj svih parcijalnih temelja i usvaja se kao jedinstvena utjecajna dubina. Ovakav pristup nudi nešto veće vrijednosti slijeganja, ali i realniju fizikalnu pretpostavku (slika 5).



Slika 6. Upotreba modula stišljivosti pri rasterećenju

Modul stišljivosti pri rasterećenju tla iskopom $E_{s(w)}$ različit je od modula stišljivosti tla za dodatna naprezanja i konstantan je za određeni temelj.

Slika 6 prikazuje kako se ovaj modul u proračunu slijeganja uključuje za parcijal naprezanja koji je jednak rasterećenju tla na koti temeljnog iskopa, a slijeganje zbog dodatnih naprezanja od građevine računa se uz upotrebu modula stišljivosti E_s .

Kod proračuna slijeganja građevine model raspodjele opterećenja postavljen je definiranjem točaka na rubovima opterećenih površina te je između njih interpolirana pravokutna mreža.

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:

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

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



5. GEOSTATIČKI PRORAČUN

**5.1. ANALIZA NOSIVOSTI TEMELJNOG TLA (temeljna ploča prizemlja [EC7-DA3])****A. Podaci o tlu:**

- kut unutrašnjeg trenja	$\varphi =$	24,5 °
- unutrašnja kohezija	$c =$	9,0 kN/m ²
- obujamska težina tla iznad temelja	$\gamma =$	20,0 kN/m ³
- obujamska težina tla ispod temelja	$\gamma' =$	9,0 kN/m ³
- razina podzemne vode u proračunu	RPV =	3,8 m

B. Podaci o temelju:

- oblik temelja	TEMELJNA PLOČA PRIZEMLJA	
- dubina temeljenja	$D =$	0,50 m
- dubina širokog iskopa	$D_i =$	0,00 m
- visina temelja	$t =$	0,50 m
- širina temelja	$B =$	6,0 m
- dužina temelja	$L =$	13,5 m
- obujamska težina betona	$\gamma_{\text{beton}} =$	25,0 kN/m ³
- kut nagiba baze temelja	$\alpha =$	0 °

C. Otpor tla:

$$q_u = R_k / A' = c' N_c b_c s_c i_c + q' N_q b_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma b_\gamma s_\gamma i_\gamma \quad (\text{kN/m}^2)$$

- težina tla iznad temelja	$W_{tlo} =$	0,0 kN
- ukupna vlastita težina temelja	$W =$	1012,5 kN
- geološko naprezanje na temeljnoj dubini	$q =$	10,0 kPa

D. Projektna djelovanja:

Vertikalna sila - GLAVNO:	$P_k =$	4050,0 kN	$P_d = P_k * \gamma_G =$	5467,5 kN	$e_B =$	0,00 m
Vertikalna sila - POKRETNOST:	$Q_k =$	610,0 kN	$Q_d = Q_k * \gamma_Q =$	915,0 kN	$e_L =$	0,00 m
Vlastita težina:			$W_d = W * \gamma_G =$	1366,9 kN		
Ukupna vertikalna djelovanja:			$V_d = P_d + Q_d + W_d =$	7749,4 kN		
Horizontalna sila - GLAVNO:	$H_k =$	0,0 kN	$H_d = H * \gamma_G =$	0,0 kN	U SMJERU L	0 °

$B' =$	6,00 m	$L' =$	13,50 m	$A' =$	81,00 m ²
--------	--------	--------	---------	--------	----------------------

Kontrola ekscentriciteta: $e_{dB} \leq B/6$ - u redu $e_{dL} \leq L/6$ - u redu

E1. Projektni pristup, kombinacija DA 3 (A1+M2+R3)

- koeficijent posmičnog otpora, $\gamma_{\varphi'}$	1,25	- stalna djelovanja, γ_G	1,35
- efektivna kohezija, $\gamma_{c'}$	1,25	- pokretna djelovanja, γ_Q	1,50
- koeficijent otpora tla, γ_{Rv}	1,00		
- zapreminska težina, γ_γ	1,00		

Računski parametri tla:	- efektivna kohezija	$c' =$	7,2 kPa
	- efektivni kut posmične čvrstoće	$\varphi' =$	20,0 °

Faktori nosivosti:	Faktori oblika:	Faktori nagiba baze temelja:	Inklinacija V sile zbog H:
$N_c =$ 14,86	$s_c =$ 1,18	$b_c =$ 1,00	$i_c =$ 1,00
$N_q =$ 6,42	$s_q =$ 1,15	$b_q =$ 1,00	$i_q =$ 1,00
$N_\gamma =$ 3,95	$s_\gamma =$ 0,87	$b_\gamma =$ 1,00	$i_\gamma =$ 1,00
			$m =$ 1,308

Dozvoljeno opterećenje tla:	$q_u =$	292,74 kPa
Dozvoljena nosivost proračunatog temelja:	$R_k =$	23712,09 kN
Dozvoljeni otpor tla proračunatog temelja	$R_d = R_k / \gamma_{Rv} =$	23712,09 kN
Faktor predimenzioniranja:	$\Gamma =$	3,06

UVJET $V_d < R_d$ JE ZADOVOLJEN JER VRIJEDI **7,75** < **23,71 MN**

**5.2. ANALIZA NOSIVOSTI TEMELJNOG TLA (temeljna ploča podruma [EC7-DA3])****A. Podaci o tlu:**

- kut unutrašnjeg trenja	$\varphi =$	31,0 °
- unutrašnja kohezija	$c =$	0,0 kN/m ²
- obujamska težina tla iznad temelja	$\gamma =$	19,0 kN/m ³
- obujamska težina tla ispod temelja	$\gamma' =$	10,0 kN/m ³
- razina podzemne vode u proračunu	RPV =	3,8 m

B. Podaci o temelju:

- oblik temelja -	TEMELJNA PLOČA PODRUMA	
- dubina temeljenja	$D =$	4,30 m
- dubina širokog iskopa	$D_i =$	0,00 m
- visina temelja	$t =$	0,30 m
- širina temelja	$B =$	5,0 m
- dužina temelja	$L =$	8,0 m
- obujamska težina betona	$\gamma_{\text{beton}} =$	25,0 kN/m ³
- kut nagiba baze temelja	$\alpha =$	0 °

C. Otpor tla:

$$q_u = R_k / A' = c' N_c b_c s_c i_c + q' N_q b_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma b_\gamma s_\gamma i_\gamma \quad (\text{kN/m}^2)$$

- težina tla iznad temelja	$W_{tlo} =$	0,0 kN
- ukupna vlastita težina temelja	$W =$	300,0 kN
- geološko naprezanje na temeljnoj dubini	$q =$	77,2 kPa

D. Projektna djelovanja:

Vertikalna sila - GLAVNO:	$P_k =$	2000,0 kN	$P_d = P_k * \gamma_G =$	2700,0 kN	$e_B =$	0,00 m
Vertikalna sila - POKRETNOST:	$Q_k =$	300,0 kN	$Q_d = Q_k * \gamma_Q =$	450,0 kN	$e_L =$	0,00 m
Vlastita težina:			$W_d = W * \gamma_G =$	405,0 kN		
Ukupna vertikalna djelovanja:			$V_d = P_d + Q_d + W_d =$	3555,0 kN		
Horizontalna sila - GLAVNO::	$H_k =$	0,0 kN	$H_d = H * \gamma_G =$	0,0 kN	U SMJERU L	0 °

$B' =$	5,00 m	$L' =$	8,00 m	$A' =$	40,00 m ²
--------	--------	--------	--------	--------	----------------------

Kontrola ekscentriciteta: $e_{dB} \leq B/6$ - u redu $e_{dL} \leq L/6$ - u redu

E1. Projektni pristup, kombinacija DA 3 (A1+M2+R3)

- koeficijent posmičnog otpora, γ_φ	1,25	- stalna djelovanja, γ_G	1,35
- efektivna kohezija, γ_c	1,25	- pokretna djelovanja, γ_Q	1,50
- koeficijent otpora tla, γ_{Rv}	1,00		
- zapreminska težina, γ	1,00		

Računski parametri tla:	- efektivna kohezija	$c' =$	0,0 kPa
	- efektivni kut posmične čvrstoće	$\varphi' =$	25,7 °

Faktori nosivosti:	Faktori oblika:	Faktori nagiba baze temelja:	Inklinacija V sile zbog H:
$N_c =$ 21,74	$s_c =$ 1,30	$b_c =$ 1,00	$i_c =$ 1,00
$N_q =$ 11,45	$s_q =$ 1,27	$b_q =$ 1,00	$i_q =$ 1,00
$N_\gamma =$ 10,05	$s_\gamma =$ 0,81	$b_\gamma =$ 1,00	$i_\gamma =$ 1,00
			$m =$ 1,385

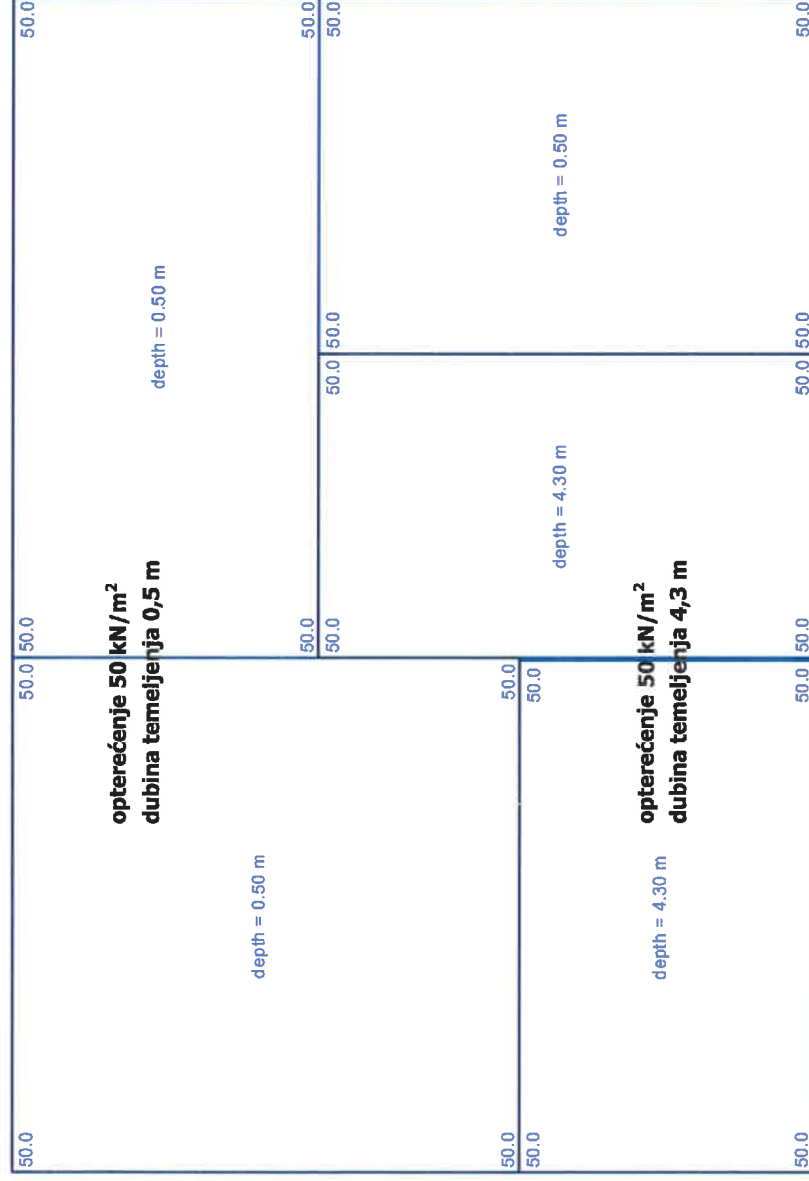
Dozvoljeno opterećenje tla:	$q_u =$	1327,20 kPa
Dozvoljena nosivost proračunatog temelja	$R_k =$	53087,85 kN
Dozvoljeni otpor tla proračunatog temelja	$R_d = R_k / \gamma_{Rv} =$	53087,85 kN
Faktor predimenzioniranja:	$\Gamma =$	14,93

UVJET $V_d < R_d$ JE ZADOVOLJEN JER VRIJEDI **3,56** < **53,09 MN**

5.3. RAČUN SLIJEGANJA PROGRAMOM GGU-SETTLE

Layer	γ [kN/m ³]	E_s [MN/m ²]	E_{av} [MN/m ²]	ν [-]	Designation
1	20.00	30.00	90.00	0.000	Drobiljiti kamen
2	18.80	4.00	12.00	0.000	Glina viskoje p.l. (CH)
3	10.00	18.00	54.00	0.000	Slunak (GV-GM)

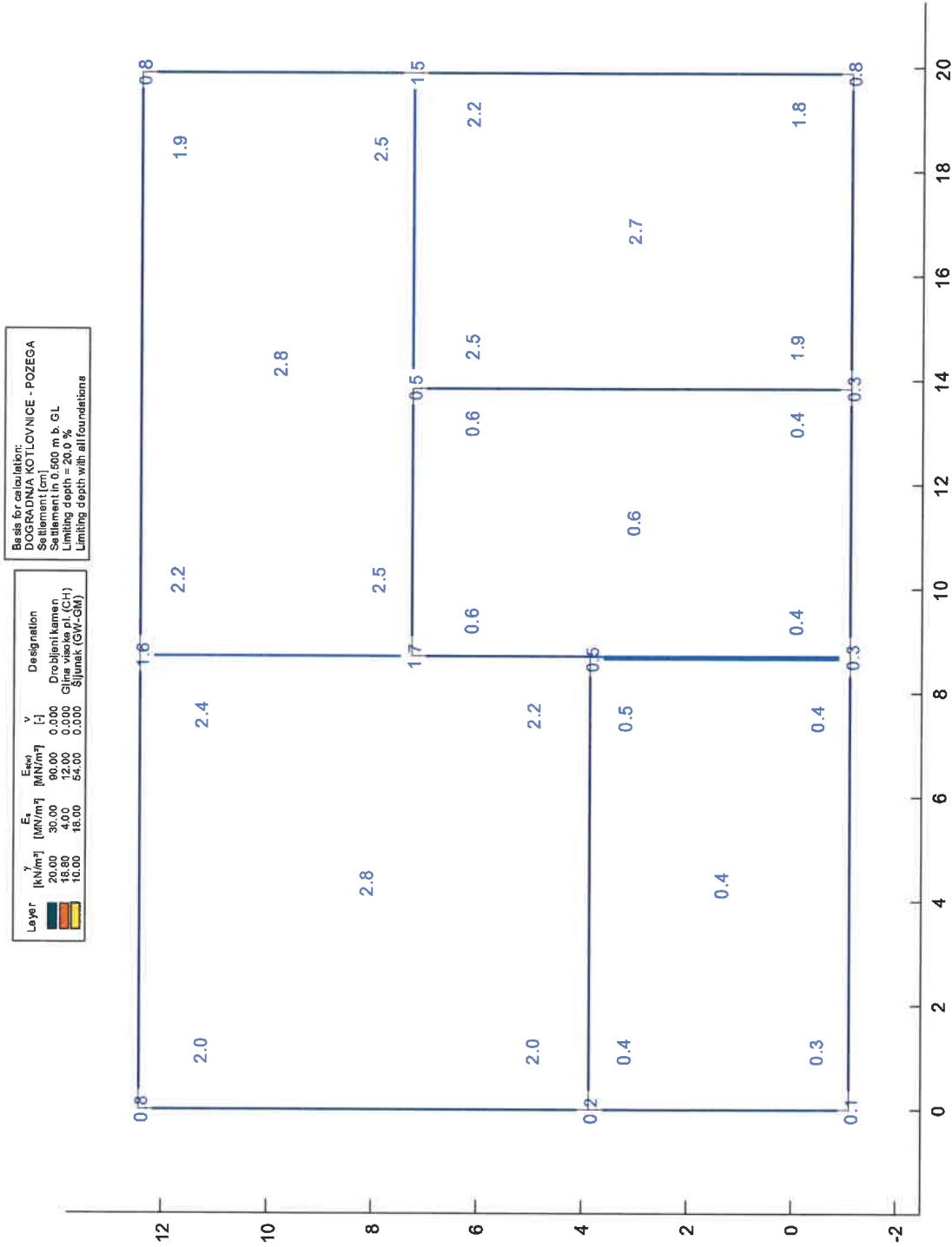
Basis for calculation:
DOGRAĐNA KOTLOVNICE - POZEGA
Settlement in 0.500 m b. GL
Limiting depth = 20.0 m
Limiting depth with all foundations



Slika 7. Model temeljenja kotlovnice

Model raspodjele opterećenja kod proračuna slijevanja građevine postavljen je definiranjem točaka na rubovima opterećene površine. Ovakav model opterećenja postavljen je na model tla uključujući rasterećenje od iskopa građevne jame. Opterećenje na temeljno tlo je pretpostavljeno (slika 7).

Slika 7. Prikazuje model temeljnih ploča preko pravokutnih mrežnih elemenata. Na slikama 8 i 9 prikazana su slijevanja ispod temelja. Na slici je također tumač litološkog modela tla s naznačenom USCS klasifikacijom i fizičko-mehaničkim parametrima potrebnim za proračun.

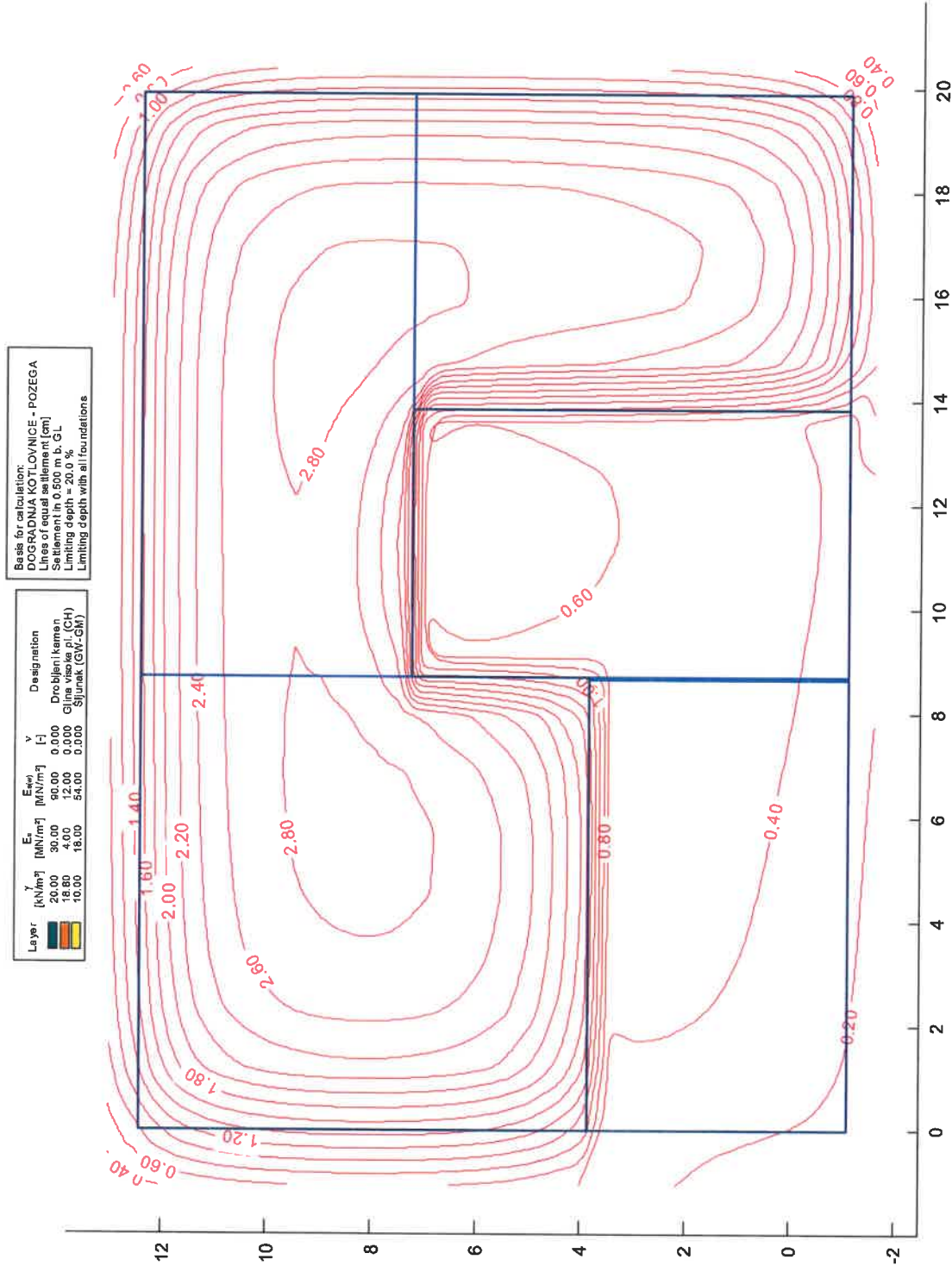


Slika 8. Prikaz slijezanja ispod temelja (cm)



SPP d.o.o.

Konzalting, nadzor, projektiranje i izvođenje u rudarstvu, građevinarstvu, geotehnici i zaštiti okoliša
Trstenjakova 3, 42 000 Varaždin; telefon: 042 203 302; faks: 042 203 306; e-mail: spp@vz.htnet.hr

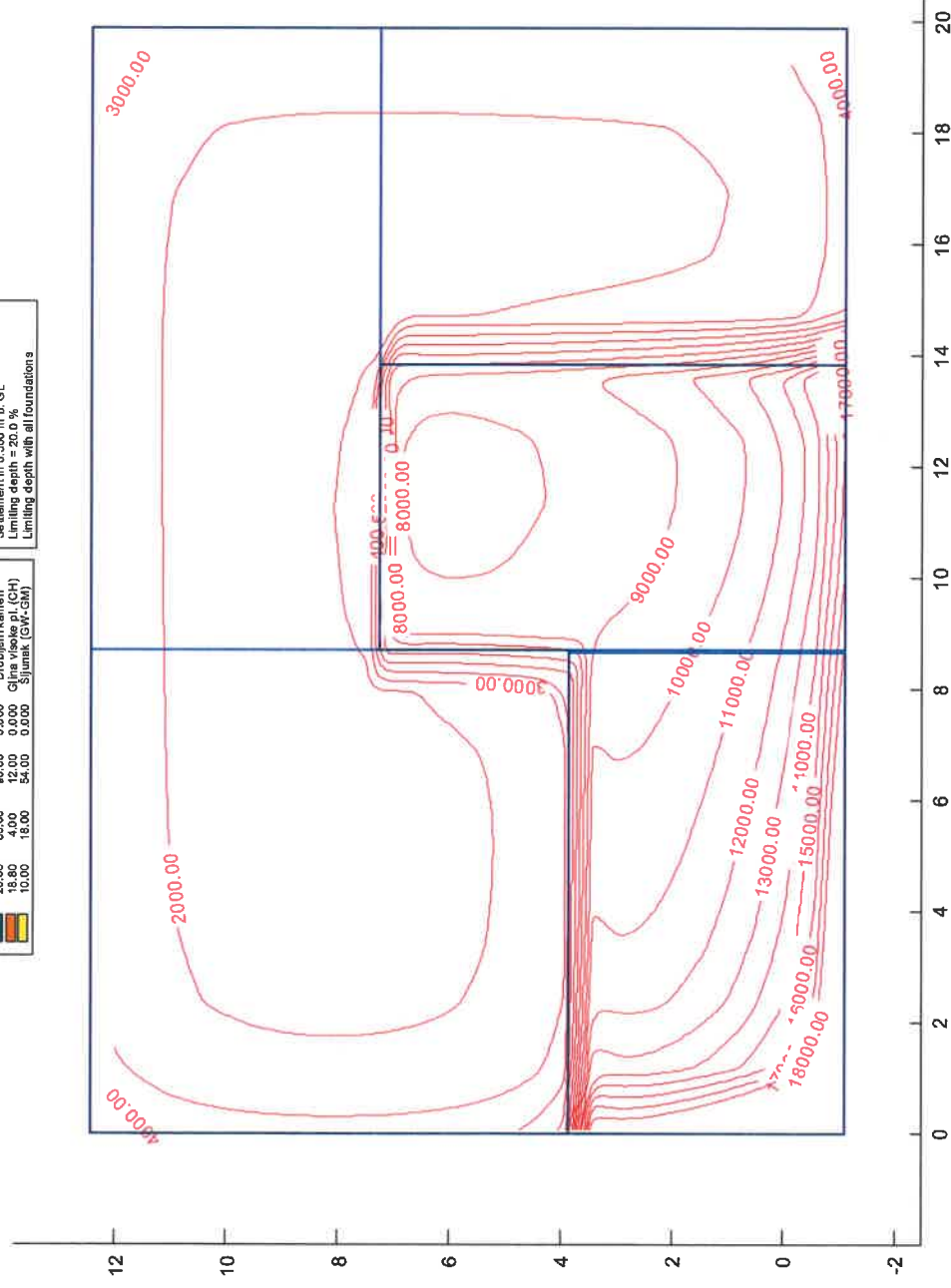


Slika 9. Prikaz slijevanja ispod temelja (cm) – konture slijevanja

5.4. MODUL REAKCIJE TLA ISPOD TEMELJNIH PLOČA

Layer		E		v		Designation	
[kN/m ²]		[MN/m ²]		[1]			
20.00		30.00		0.000		Drobljen kamen	
18.80		4.00		0.000		Gлина visoke pl. (CH)	
10.00		18.00		0.000		Šljunak (GW-GM)	

Base for calculation:
DOGRADNJA KOTLOVNICE - POZEGA
Subgr. reaction mod. [kN/m³]
Safety factor = 1.00
Limiting depth = 20.0 %
Limiting depth with all foundations



Slika 10. Konturni prikaz modula reakcije tla (kN/m³)

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:

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

**5.5. ANALIZA NOSIVOSTI TEMELJNOG TLA (temeljna stopa kotlovnice – os F4)****A. Podaci o tlu:**

- kut unutrašnjeg trenja	$\varphi =$	24,5 °
- unutrašnja kohezija	$c =$	9,0 kN/m ²
- obujamska težina tla iznad temelja	$\gamma =$	20,0 kN/m ³
- obujamska težina tla ispod temelja	$\gamma' =$	19,0 kN/m ³
- razina podzemne vode u proračunu	RPV =	3,8 m

B. Podaci o temelju:

- oblik temelja -	KVADRATNA TEMELJNA STOPA	
- dubina temeljenja	$D =$	1,50 m
- dubina širokog iskopa	$D_1 =$	0,00 m
- visina temelja	$t =$	0,50 m
- širina temelja	$B =$	2,0 m
- dužina temelja	$L =$	2,0 m
- obujamska težina betona	$\gamma_{\text{beton}} =$	25,0 kN/m ³
- kut nagiba baze temelja	$\alpha =$	0 °

C. Otpor tla:

$$q_u = R_k / A' = c' N_c b_c s_c i_c + q' N_q b_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma b_\gamma s_\gamma i_\gamma \quad (\text{kN/m}^2)$$

- težina tla iznad temelja	$W_{to} =$	80,0 kN
- ukupna vlastita težina temelja	$W =$	130,0 kN
- geološko naprezanje na temeljnoj dubini	$q =$	30,0 kPa

D. Projektna djelovanja:

Vertikalna sila - GLAVNO:	$P_k =$	600,0 kN	$P_d = P_k * \gamma_G =$	810,0 kN	$e_B =$	0,00 m
Vertikalna sila - POKRETNO:	$Q_k =$	90,0 kN	$Q_d = Q_k * \gamma_Q =$	135,0 kN	$e_L =$	0,00 m
Vlastita težina:			$W_d = W * \gamma_G =$	175,5 kN		
Ukupna vertikalna djelovanja:			$V_d = P_d + Q_d + W_d =$	1120,5 kN		
Horizontalna sila - GLAVNO::	$H_k =$	0,0 kN	$H_d = H * \gamma_G =$	0,0 kN	U SMJERU L	0 °
$B' = 2,00 \text{ m}$ $L' = 2,00 \text{ m}$ $A' = 4,00 \text{ m}^2$						

Kontrola ekscentriciteta: $e_{dB} \leq B/6$ - u redu $e_{dL} \leq L/6$ - u redu

E1. Projektni pristup, kombinacija DA 3 (A1+M2+R3)

- koeficijent posmičnog otpora, γ_φ	1,25	- stana djelovanja, γ_G	1,35
- efektivna kohezija, γ_c	1,25	- pokretna djelovanja, γ_Q	1,50
- koeficijent otpora tla, γ_{Rv}	1,00		
- zapreminska težina, γ	1,00		

Računski parametri tla:	- efektivna kohezija	$c' =$	7,2 kPa
	- efektivni kut posmične čvrstoće	$\varphi' =$	20,0 °

Faktori nosivosti:	Faktori oblika:	Faktori nagiba baze temelja:	Inklinacija V sile zbog H:
$N_c = 14,86$	$s_c = 1,41$	$b_c = 1,00$	$i_c = 1,00$
$N_q = 6,42$	$s_q = 1,34$	$b_q = 1,00$	$i_q = 1,00$
$N_\gamma = 3,95$	$s_\gamma = 0,70$	$b_\gamma = 1,00$	$i_\gamma = 1,00$
			$m = 1,500$

Dozvoljeno opterećenje tla:	$q_u =$	461,53 kPa
Dozvoljena nosivost proračunatog temelj.	$R_k =$	1846,10 kN
Dozvoljeni otpor tla proračunatog temelja	$R_d = R_k / \gamma_{Rv} =$	1846,10 kN
Faktor predimenzioniranja:	$\Gamma =$	1,65

UVJET $V_d < R_d$ JE ZADOVOLJEN JER VRIJEDI **1,12** < **1,85 MN**

**5.6. ANALIZA NOSIVOSTI TEMELJNOG TLA (temeljna stopa nadstrešnice [EC7-DA3])****A. Podaci o tlu:**

- kut unutrašnjeg trenja	$\varphi =$	24,5 °
- unutrašnja kohezija	$c =$	9,0 kN/m ²
- obujamska težina tla iznad temelja	$\gamma =$	20,0 kN/m ³
- obujamska težina tla ispod temelja	$\gamma' =$	19,0 kN/m ³
- razina podzemne vode u proračunu	RPV =	3,8 m

B. Podaci o temelju:

- oblik temelja -	KVADRATNA TEMELJNA STOPA	
- dubina temeljenja	$D =$	1,00 m
- dubina širokog iskopa	$D_i =$	0,00 m
- visina temelja	$t =$	0,50 m
- širina temelja	$B =$	2,5 m
- dužina temelja	$L =$	2,5 m
- obujamska težina betona	$\gamma_{\text{beton}} =$	25,0 kN/m ³
- kut nagiba baze temelja	$\alpha =$	0 °

C. Otpor tla:

$$q_u = R_k / A' = c' N_c b_c s_c i_c + q' N_q b_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma b_\gamma s_\gamma i_\gamma \quad (\text{kN/m}^2)$$

- težina tla iznad temelja	$W_{t0} =$	62,5 kN
- ukupna vlastita težina temelja	$W =$	140,6 kN
- geološko naprezanje na temeljnoj dubini	$q =$	20,0 kPa

D. Projektna djelovanja:

Vertikalna sila - GLAVNO:	$P_k =$	750,0 kN	$P_d = P_k * \gamma_G =$	1012,5 kN	$e_B =$	0,00 m
Vertikalna sila - POKRETNOST:	$Q_k =$	115,0 kN	$Q_d = Q_k * \gamma_Q =$	172,5 kN	$e_L =$	0,00 m
Vlastita težina:			$W_d = W * \gamma_G =$	189,8 kN		
Ukupna vertikalna djelovanja:			$V_d = P_d + Q_d + W_d =$	1374,8 kN		
Horizontalna sila - GLAVNO:	$H_k =$	0,0 kN	$H_d = H * \gamma_G =$	0,0 kN	U SMJERU L	0 °

$B' =$	2,50 m	$L' =$	2,50 m	$A' =$	6,25 m ²
--------	--------	--------	--------	--------	---------------------

Kontrola ekscentriciteta: $e_{dB} \leq B/6$ - u redu $e_{dL} \leq L/6$ - u redu

E1. Projektni pristup, kombinacija DA 3 (A1+M2+R3)

- koeficijent posmičnog otpora, γ_φ	1,25	- statna djelovanja, γ_G	1,35
- efektivna kohezija, γ_c	1,25	- pokretna djelovanja, γ_Q	1,50
- koeficijent otpora tla, γ_{Rv}	1,00		
- zapreminska težina, γ_γ	1,00		

Računski parametri tla:	- efektivna kohezija	$c' =$	7,2 kPa
	- efektivni kut posmične čvrstoće	$\varphi' =$	20,0 °

Faktori nosivosti:	Faktori oblika:	Faktori nagiba baze temelja:	Inklinacija V sile zbog H:
$N_c =$ 14,86	$s_c =$ 1,41	$b_c =$ 1,00	$i_c =$ 1,00
$N_q =$ 6,42	$s_q =$ 1,34	$b_q =$ 1,00	$i_q =$ 1,00
$N_\gamma =$ 3,95	$s_\gamma =$ 0,70	$b_\gamma =$ 1,00	$i_\gamma =$ 1,00
			$m =$ 1,500

Dozvoljeno opterećenje tla:	$q_u =$	388,49 kPa
Dozvoljena nosivost proračunatog temelja	$R_k =$	2428,04 kN
Dozvoljeni otpor tla proračunatog temelja	$R_d = R_k / \gamma_{Rv} =$	2428,04 kN
Faktor predimenzioniranja:	$r =$	1,77

UVJET $V_d < R_d$ JE ZADOVOLJEN JER VRIJEDI **1,37 < 2,43 MN**



5.7. ANALIZA SLIJEKANJA

TEMELJNA STOPA
B x L = 2.0 - 3.0 m
Nadstresnica
Pozega

ULAZNI PODACI:

NADSTRESNICA - POZEGA

Globalni faktor sigurnosti

Kvadratna stopa $L/B=1.00$

Ref. parametar: opterećenje

Faktor sigurnosti $F_s = 2.50$

Dubina temeljenja = 1.00 m

Razina podzemne vode (RPV) > 3.80 m

Rasterećenje = 20.0 kN/m²

Utjecajna dubina računata do $p = 20.0\%$

--- Slijeganje

OPIS

Drobljeni kamen

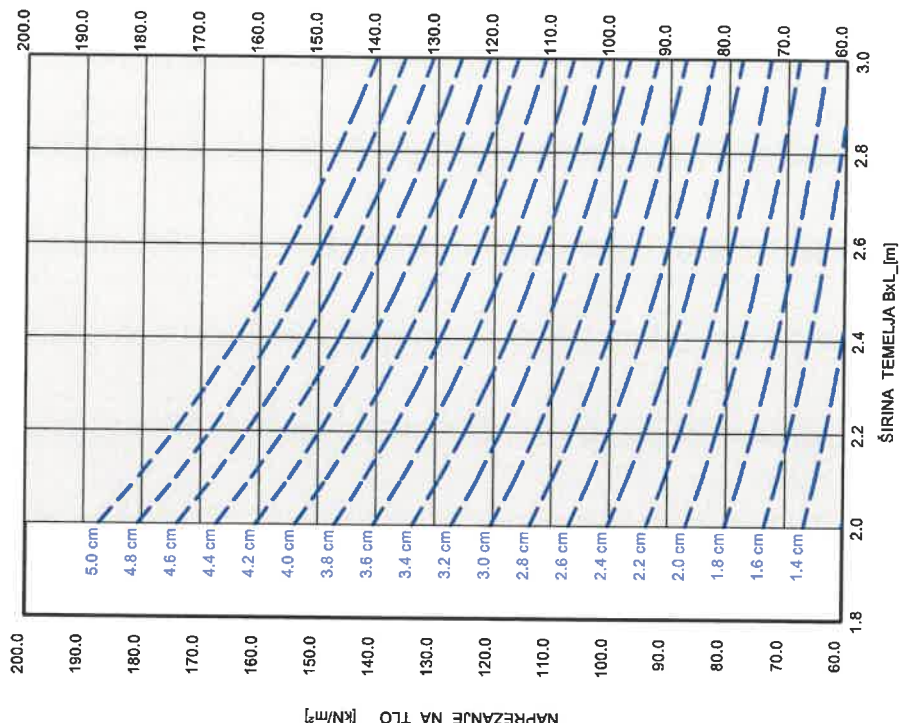
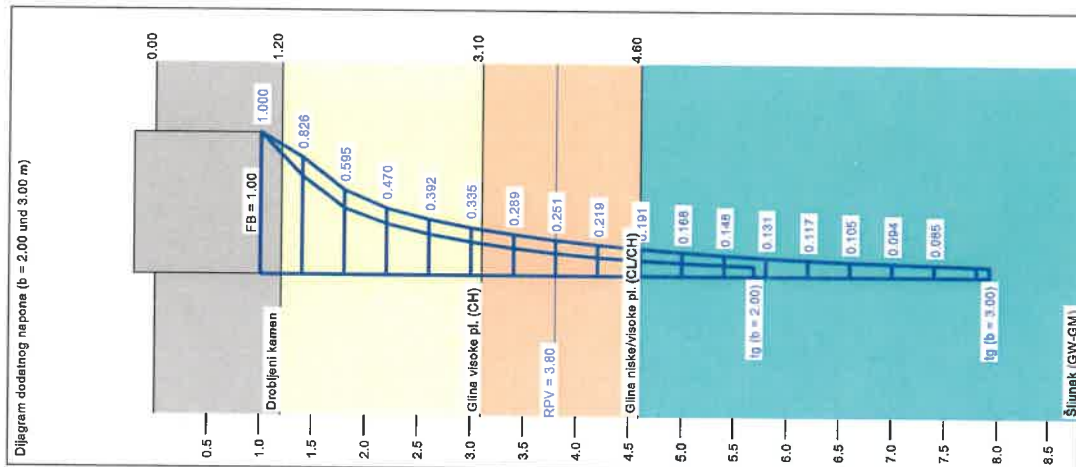
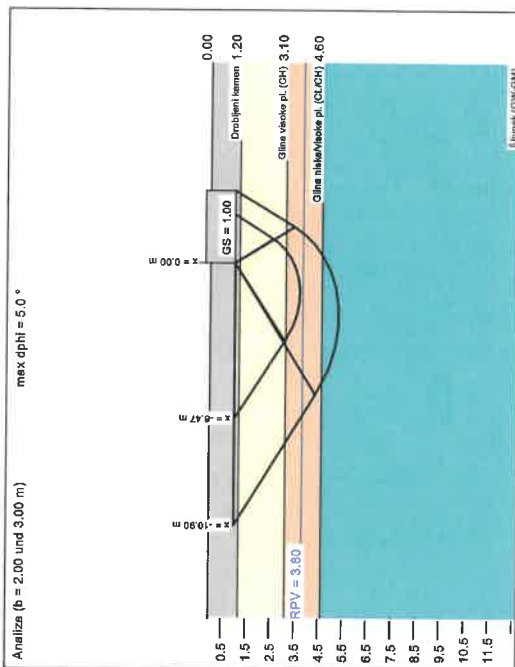
Glina visoke pl. (CH)

Glina niske/visoke pl. (CL/CH)

Šljunak (GW-GM)

TLO	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	v [-]
	20.0	10.0	32.0	0.0	15.0	0.00
	18.8	8.8	24.5	9.0	4.0	0.00
	18.0	8.0	24.5	9.0	3.0	0.00
	20.0	10.0	31.0	0.0	18.0	0.00

TEMELJNE STOPE; D = 1.0 m
NADSTREŠNICA



a	b	Dopuš. σ [kN/m ²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_z [kN/m ³]	σ_0 [kN/m ²]	t_g [m]
2.00	2.00	266.7	7.37 *	24.8 **	8.47	18.86	20.00	5.69
2.10	2.10	268.8	7.75 *	24.8 **	8.50	18.83	20.00	5.88
2.20	2.20	270.4	8.11 *	24.8 **	8.52	18.70	20.00	6.07
2.30	2.30	272.0	8.47 *	24.8 **	8.54	18.51	20.00	6.26
2.40	2.40	273.6	8.82 *	24.8 **	8.56	18.30	20.00	6.44
2.50	2.50	275.0	9.16 *	24.8 **	8.58	18.08	20.00	6.63
2.60	2.60	276.4	9.50 *	24.7 **	8.59	17.86	20.00	6.81
2.70	2.70	282.3	10.02 *	25.2 **	7.76	17.55	20.00	7.03
2.80	2.80	296.3	10.87 *	26.0 **	6.67	17.21	20.00	7.34
2.90	2.90	308.6	11.67 *	26.5 **	6.13	16.95	20.00	7.63
3.00	3.00	320.4	12.47 *	26.9 **	5.75	16.70	20.00	7.92

* Rasterećenje = 20.0 kN/m² t_g = utjecajna dubina ($p = 20\%$ geološkog napona)

** ϕ_{pH} reduced due to 5° condition



6. ZAKLJUČAK

Osnovom izvedenih terenskih istražnih radova za potrebe izgradnje poslovnih građevina u Požegi, te provedenih geostatičkih analiza, može se zaključiti kako je temeljno tlo pogodno za izgradnju građevina uz uvažavanje navoda iz ovog elaborata kao i sljedećeg:

LITOLOŠKI OPIS LOKACIJE:

- Istražnu lokaciju predstavlja izgrađen, asfaltirani teren, a geotehničkim istražnim radovima determiniran je sljedeći litološki slijed slojeva tla na prostoru planiranih građevina:

Kotlovnica – bušotine B-1 i B-2 (8,0 m)

- Površinski sloj čini asfalt i podložni drobljeni kamen, maksimalne debljine 1,5 m.
- Dublje površinskog sloja utvrđene su gline visoke plastičnosti (CH), kruto plastične konzistencije, sivo-plave boje. Indeks plastičnosti utvrđenih sedimenata kreće se u rasponu $I_p = 27-32\%$, te indeks konzistencije $I_c = 0,80-0,84$. Unutar materijala osjeća se organski miris. Visoko plastične gline zaliježu do dubine 3,0 m kod bušotine B-1, odnosno 3,7 m kod B-2.
- Podinu predstavlja dobro graduiran, prašinski šljunak (GW-GM), sivo-plave boje. Broj udarca terenske probe zbijenosti tla (SPT) iznosi $N = 16 - 17$ udaraca/stopi, čime je šljunak klasificiran kao srednje zbijen.

Dozator s nadstrešnicom – bušotina B-3 (6,0 m)

- Površinski sloj čini asfalt i podložni drobljeni kamen, debljine 1,2 m.
- Dublje površinskog sloja utvrđeni su glinoviti sedimenti niske i visoke plastičnosti (CL/CH), koji se izmjenjuju duž profila, a kojim se konzistentno stanje smanjuje s dubinom. Plići sloj predstavljaju gline visoke plastičnosti (CH), kruto plastične konzistencije, $I_c = 0,89$, sive boje. Medijalni sloj čine gline niske plastičnosti (CL), srednje plastične konzistencije, $I_c = 0,59$, sive boje, sa organskim mirisom. Dublje zaliježu gline visoke plastičnosti (CH), indeksa $I_c = 0,38$, sivo-plave boje, organskog mirisa. Glinoviti sedimenti determinirani su do dubine 4,6 m.
- Podinu predstavlja srednje zbijen, dobro graduiran, prašinski šljunak (GW-GM), sivo-plave boje.
- Tlocrtni raspored istražnih radova prikazan je u Prilogu 1, list 1, a detaljni sondažni opisi na sondažnim profilima u Prilogu 2. Foto dokumentacija nabušene jezgre dana je u Prilogu 4.
- Za vrijeme istražnih radova razina podzemne vode registrirana je na dubini $RPV = 3,8 - 4,0$ m.

GEOSTATIČKE ANALIZE:

dogradnja kotlovnice

Predmetna građevina temeljit će se na temeljnoj ploči u dvije razine, podrumskoj i ploči prizemlja, za što je proveden proračun nosivosti i slijeganja u poglavlju 5, stranice 13 do 18.



Temeljno tlo ploče prizemnog dijela čini površinski drobljeni kamen, kojeg je po stručnom pregledu kvalitete i sastava potrebno zbiti na minimalan modul stišljivosti $M_s = 40$ MPa, uz obavezno ispitivanje postignute zbijenosti metodom kružne ploče $\varnothing 30$ cm, prema HRN U.B1.046. Podrumska temeljna ploča izvest će se na sraslom, dobro građuiranom šljunku (GW-GM), ispod utvrđene razine podzemne vode ($RPV = 3,8 - 4,0$ m ; $D_f = 4,3$ m). Prethodno polaganju temelja građevni iskop potrebno je isušiti crpnim pumpama.

Za potrebe kontrole nosivosti temeljnog tla, sukladno EC7, proračun otpora tla proveden je u poglavlju 5.1. i 5.2. Temeljna ploča prizemlja $B \times L = 6,0 \times 13,5$ m, dubine temeljenja $D = 0,5$ m, opterećena sa $\sigma = 50$ kN/m², te sa dodatno 15% pokretnog opterećenja. Navedeni temelj (za odabrana računsa opterećenja) zadovoljava s aspekta dozvoljenog otpora tla $V_d < R_d$ (EC7, DA3), a dopušteno kontaktno naprezanje na tlo iznosi $q_u = 290$ kN/m² (stranica 13).

Analogno proračunu za temeljnu ploču prizemlja, na stranici 14 računski je kontrolirana nosivost podrumske ploče dubine $D = 4,3$ m, opterećena sa $\sigma = 50$ kN/m², te sa dodatno 15% pokretnog opterećenja. Debljina analizirane AB ploče iznosi $t = 0,3$ m, dimenzija $B \times L = 5,0 \times 8,0$ m. Navedeni temelj (za odabrana računsa opterećenja) zadovoljava s aspekta dozvoljenog otpora tla $V_d < R_d$ (EC7, DA3), a dopušteno kontaktno naprezanje na tlo iznosi $q_u > 1000$ kN/m².

Za statički određena naprezanja na temeljnu konstrukciju, kontrola iskazanog dopuštenog kontaktnog naprezanja na temeljno tlo provodi se za faktorizirana djelovanja sukladno projektnom pristupu 3 (EC7, DA3) $\gamma_G = 1,35$; $\gamma_Q = 1,50$.

Proračun slijeganja temeljnih ploča iskazan je u poglavlju 5.3., a opterećenja na temeljno tlo su pretpostavljena (slika 7). Modul reakcije tla, za potrebe dimenzioniranja temeljne konstrukcije, iskazan je na stranici 18 elaborata.

Analiza nosivosti temeljnog tla, za temeljnu stopu kotlovnice u osi F4, iskazana je na stranici 19. Dopušteno kontaktno naprezanje na tlo iznosi $q_u = 460$ kN/m², za stopu dimenzija $B \times L = 2,0 \times 2,0$ m, temeljne dubine $D = 1,5$ m. (kontrola iskazanog kontaktnog naprezanja provodi se za faktorizirana djelovanja, $\gamma_G = 1,35$; $\gamma_Q = 1,50$).

dozator s nadstrešnicom

Proračun nosivosti i slijeganja proveden je za temeljne stope, donje temeljne kote $D = 1,0$ m (mjereno od razine zatečenog terena).

Nosivost kvadratne stope $B \times L = 2,5 \times 2,5$ m, za pretpostavljena statička opterećenja, $P_k = 750$ kN + težina temelja + 15% pokretnog opterećenja, zadovoljava s aspekta dozvoljenog otpora tla $V_d < R_d$ (EC7, DA3), a dopušteno kontaktno naprezanje na tlo iznosi $q_u = 388$ kN/m², $r = 1,77$.

Za statički određena naprezanja na temeljnu konstrukciju, kontrola iskazanog dopuštenog kontaktnog naprezanja na temeljno tlo provodi se za faktorizirana djelovanja sukladno projektnom pristupu 3 (EC7, DA3) $\gamma_G = 1,35$; $\gamma_Q = 1,50$.

Slijeganja temeljnih stopa iskazana su na dijagramu slijeganja na stranici 21, a određuju se za stvarna nefaktorirana statička djelovanja.



Temelj dozatora sječke potrebno je položiti na tamponski sloj šljunka, debljine 0,5 m, zbijenog na minimalan modul stišljivosti $M_s = 40$ MPa. Propisuje se ispitivanje postignute zbijenosti metodom kružne ploče $\varnothing 30$ cm, prema HRN U.B1.046.

O prihvatljivosti izračunatih slijeganja treba odlučiti projektant nadtemeljne konstrukcije. U slučaju promjene računskih opterećenja iz poglavlja 5.3. potrebno je provesti novi proračun slijeganja.

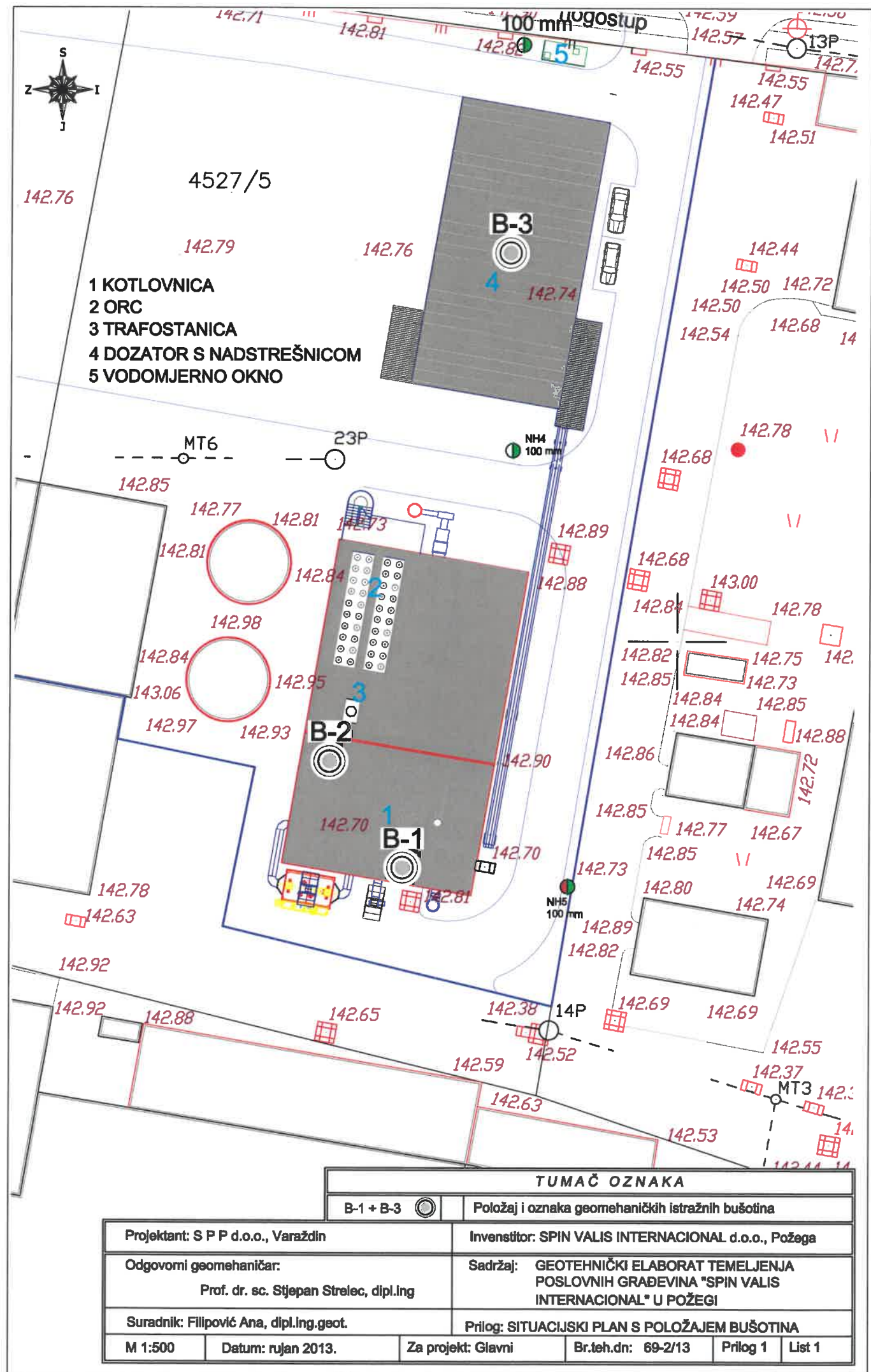
Prije početka betoniranja potrebno je obaviti pregled građevne jame od strane ovlaštenog geotehničara. Rezultati istraživanja te sinteza i interpolacija rezultata istraživanja ne mogu se koristiti kao podloga za drugu građevinu na istoj lokaciji, niti za istovjetnu građevinu na drugoj lokaciji.

odgovorni geomehaničar:

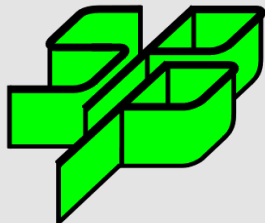
Prof. dr. sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.

PRILOZI

PRILOG br. 1
SITUACIJSKI PLAN



PRILOG br. 2
SONDAŽNI PROFILI



S P P d.o.o. V A R A Ž D I N

Projektiranje u geotehnici i rudarstvu

Građevina: Poslovne građevine

Lokacija: Požega

Investitor: Spin Valis International d.o.o., Požega

Bušotina: B - 1

Koordinate:

x:

y:

z:

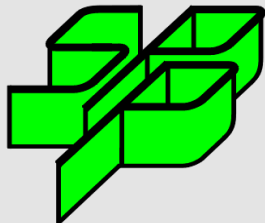
Dubina (m)	Oznaka	OPIS SLOJEVA	Dubina (m)	SPT graf	Uzorak	Sadržaj vlage	Kut unutrašnjeg trenja	kohezija	Ic	RPV	Zbijenost (nekoher. tla) Konzistencija (koheren. tla)
				udaraca/stopa							
				5 10 15		Wp ----0---- Wl 20 30 40 50					
0		Površina terena	0								
		Asfalt									
1		Drobljeni kamen	-1.5								
2		Glina visoke plastičnosti (CH) Glina visoke plastičnosti, kruto plastične konzistencije, sivo-plave boje. Osjeća se organski miris.	-3		■	⊖	24.4	9.1	0.84		kruto plastična
3											
4				17						▼	
5		Dobro građuiran šljunak (GW-GM) Dobro građuiran prašinski šljunak, sivo-plave boje. Srednje zbijen.			■						srednje zbijen
6											
7											
8		Kraj bušotine	-8								

Bušač: Rajko Gunek, Božidar Martinjak

Determinirao: Prof. dr.sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.

Datum bušenja: 05.09.2013.

PRILOG 2 - List 1



S P P d.o.o. V A R A Ž D I N

Projektiranje u geotehnici i rudarstvu

Građevina: Poslovne građevine

Lokacija: Požega

Investitor: Spin Valis International d.o.o., Požega

Bušotina: B - 2

Koordinate:

x:

y:

z:

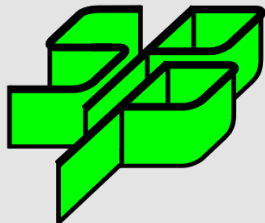
Dubina (m)	Oznaka	OPIS SLOJEVA	Dubina (m)	SPT graf	Uzorak	Sadržaj vlage	Kut unutrašnjeg trenja	kohezija	Ic	RPV	Zbijenost (nekoher. tla) Konzistencija (koheren. tla)
				udaraca/stopa							
				5 10 15		Wp ----0---- Wl 20 30 40 50					
0		Površina terena	0								
		Asfalt									
1		Drobljeni kamen	-1.3								
2		Glina visoke plastičnosti (CH) Glina visoke plastičnosti, kruto plastične konzistencije, sivo-plave boje. Osjeća se organski miris.	-3.7	4	■	○			0.80		kruto plastična
3											
4											
5											
6		Dobro građuiran šljunak (GW-GM) Dobro građuiran prašiniasti šljunak, sivo-plave boje. Srednje zbijen.	-8	16	■						srednje zbijen
7											
8		Kraj bušotine									

Bušać: Rajko Gunek, Božidar Martinjak

Determinirao: Prof. dr.sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.

Datum bušenja: 05.09.2013.

PRILOG 2 - List 2



S P P d.o.o. V A R A Ž D I N

Projektiranje u geotehnici i rudarstvu

Građevina: Poslovne građevine

Lokacija: Požega

Investitor: Spin Valis International d.o.o., Požega

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)
				udaraca/stopa							
				5 10 15		Wp ----0---- Wl 20 30 40 50					
0		Površina terena	0								
		Asfalt									
1		Drobljeni kamen Sitni drobljeni kamen pomiješan sa prašinastim materijalom.	-1.2		■	○			0.89		kruto plastična
2		Glina visoke plastičnosti (CH) Glina visoke plastičnosti, kruto plastične konzistencije, sive boje.	-3.1	5							
3		Glina niske plastičnosti (CL) Glina niske plastičnosti, srednje plastične konzistencije, sive boje. Osjeća se organski miris.	-4.1	3	■	○			0.59		srednje plastična
4		Glina visoke plastičnosti (CH) Glina visoke plastičnosti, srednje plastične konzistencije, sivo-plave boje. Osjeća se organski miris.	-4.6		■	○			0.38		srednje plastična
5		Dobro građuiran šljunak (GW-GM) Dobro građuiran prašinasti šljunak, sivo-plave boje. Srednje zbijen.	-6								srednje zbijen
6		Kraj bušotine									
7											
8											

Bušač: Rajko Gunek, Božidar Martinjak

Determinirao: Prof. dr.sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.

Datum bušenja: 05.09.2013.

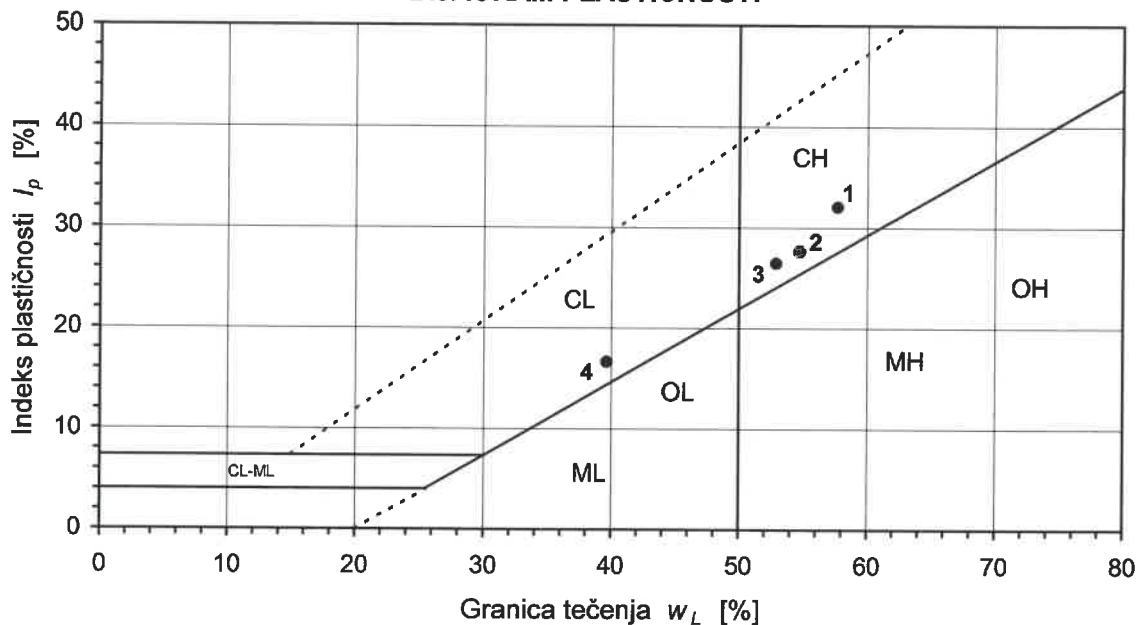
PRILOG 2 - List 3

PRILOG br. 3
REZULTATI LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA



Građevina: Poslovne građevine
Lokacija: Požega

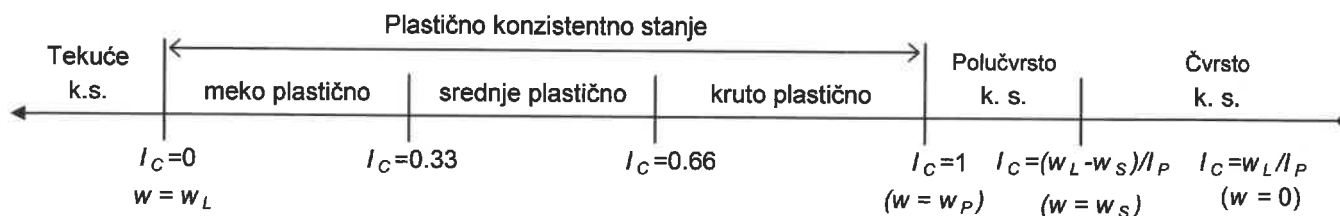
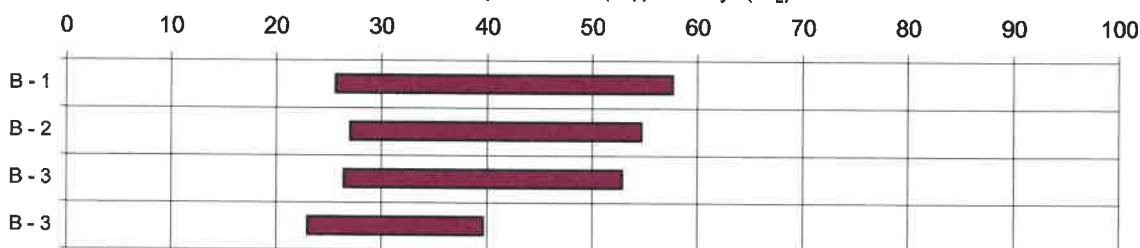
DIJAGRAM PLASTIČNOSTI



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	2,50 - 2,70	30,76	57,68	25,67	32,01	0,841	CH	org. miris
2	B - 2	3,00 - 3,20	32,51	54,73	27,06	27,67	0,803	CH	org. miris
3	B - 3	1,20 - 1,40	29,40	52,89	26,46	26,43	0,889	CH	
4	B - 3	3,50 - 3,60	29,76	39,65	23,02	16,63	0,595	CL	org. miris

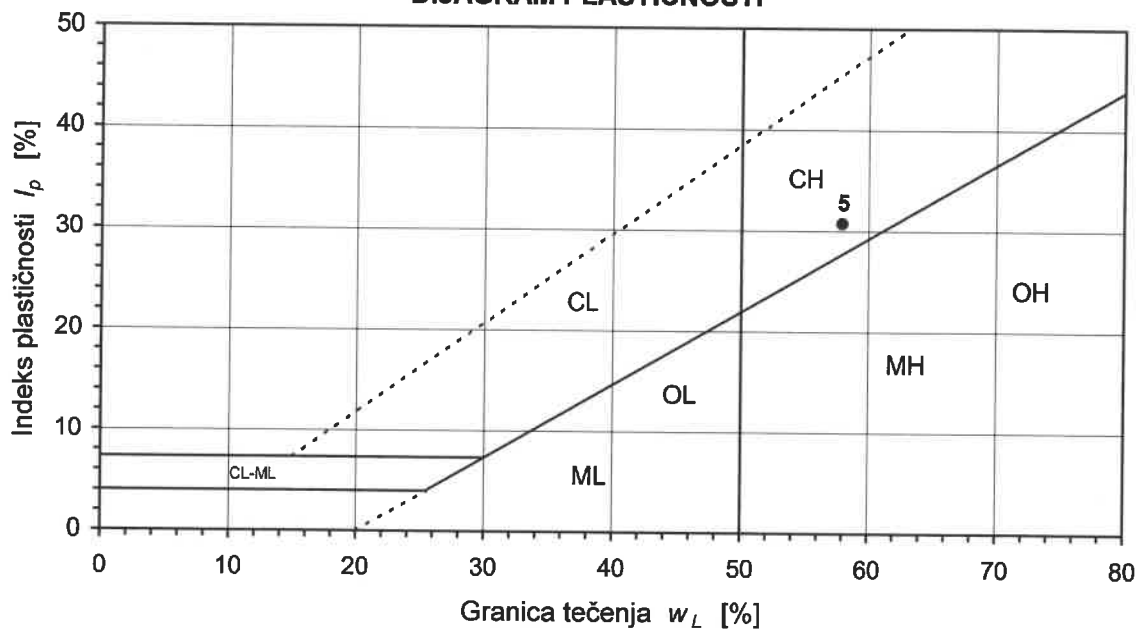
Granice plastičnosti (w_P) i tečenja (w_L)





Građevina: Poslovne građevine
Lokacija: Požega

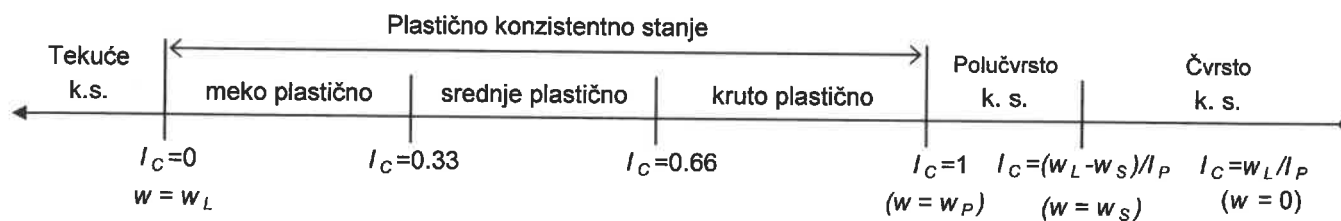
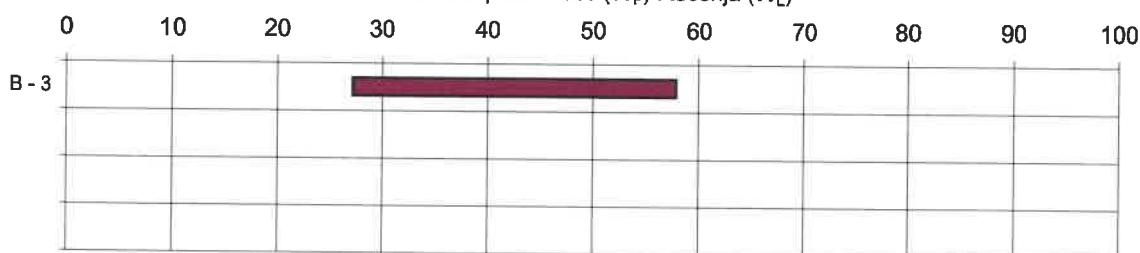
DIJAGRAM PLASTIČNOSTI



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 - 3	4,30 - 4,40	46,35	57,92	27,18	30,74	0,376	CH	org. miris

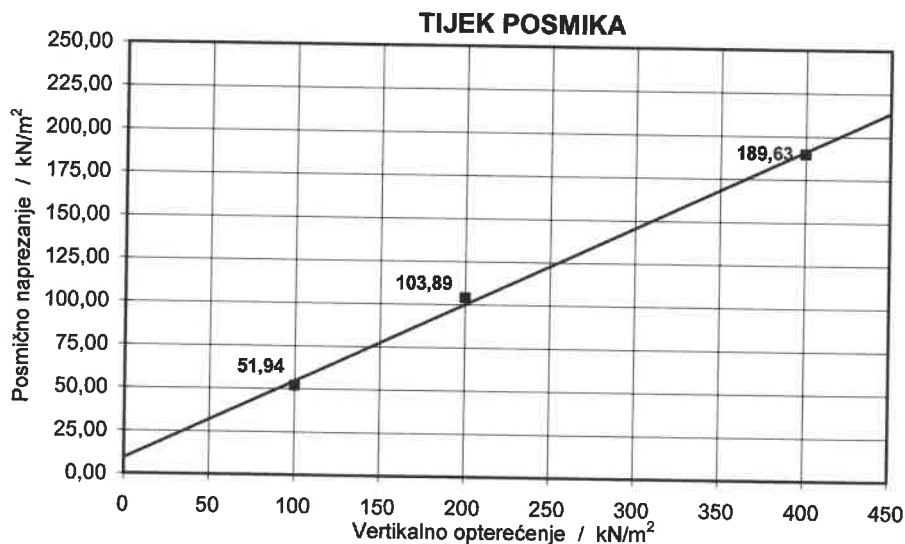
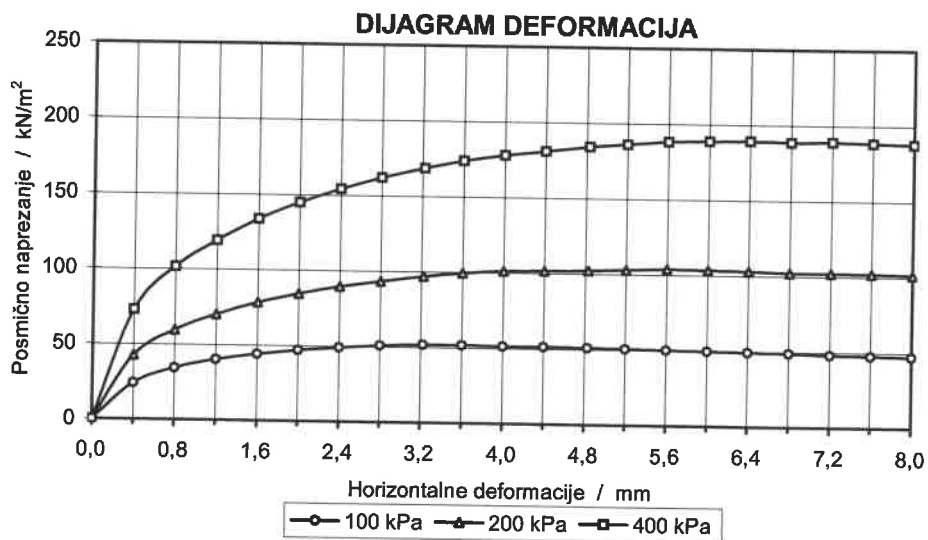
Granice plastičnosti (w_P) i tečenja (w_L)





IZRAVNI POSMIK

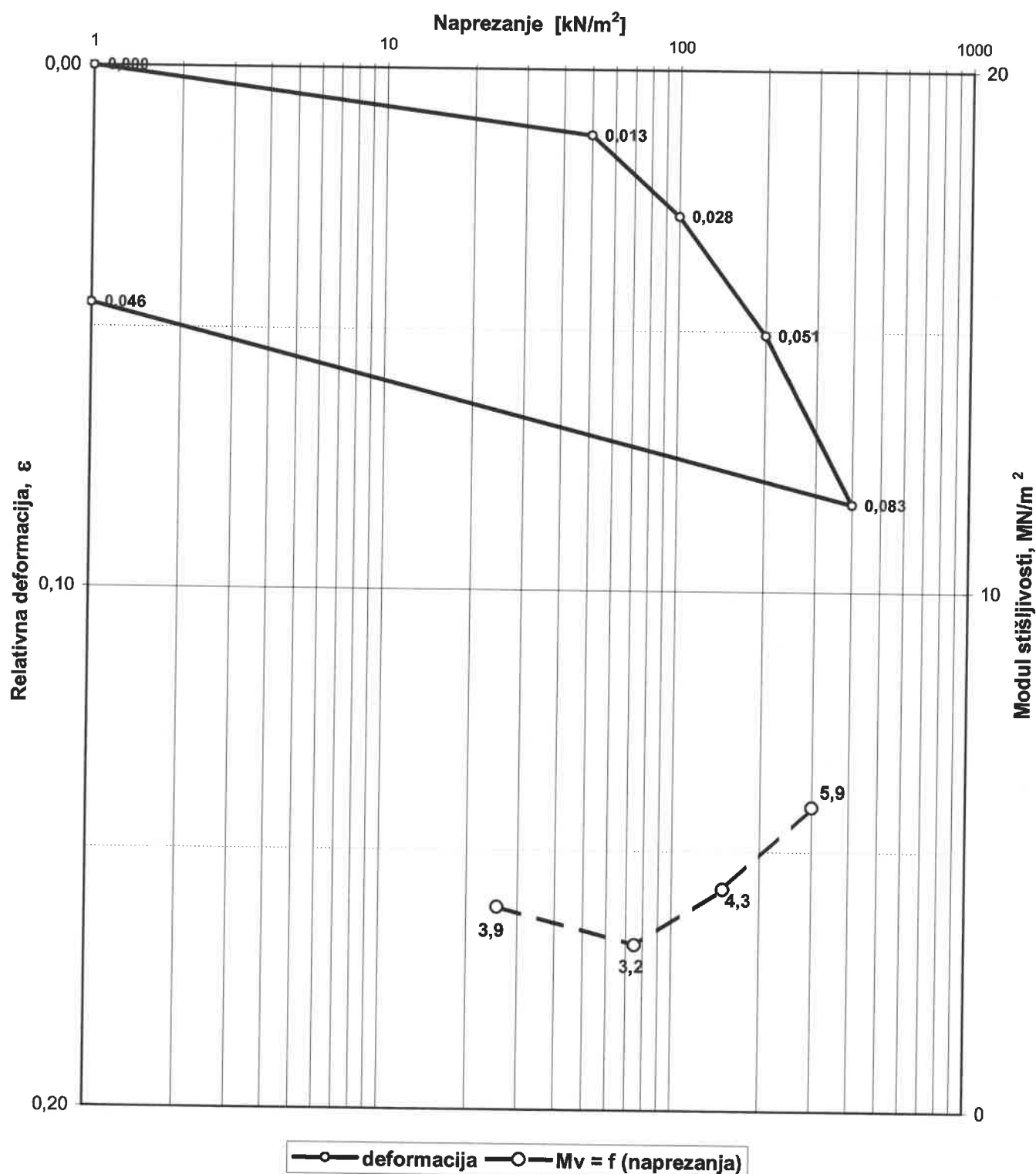
Građevina	Poslovne građevine		
Lokacija	Požega		
Oznaka uzorka	B - 1		
Dubina (m)	2.50 - 2.70		
Opis uzorka	Glina visoke plastičnosti (CH), kruto plastične konzistencije, smeđe-sive boje. Ima organski miris.		
Vrsta uzorka	neporemećen, konsolidiran	Vrsta ispitivanja: CD, 0.02 mm/min; konst. deform.	
Vlaga prije ispitivanja (%)	30,76		
Vertikalno opterećenje (kN/m ²)	100	200	400
Vlaga nakon ispitivanja (%)	30,37	29,96	29,32
Vršno posmično naprezanje (kN/m ²)	51,94	103,89	189,63
Rezidualno posmično naprez. (kN/m ²)			



	Vršno	Rezidualno	
Linearna regresija	C = 9,1		kN/m ²
	φ = 24,4		°
Obujamska težina vlažna	γ = 18,9	kN/m ³	Pregledao: <i>[Signature]</i>
			Varaždin; rujan-13



DIJAGRAM STIŠLJIVOSTI

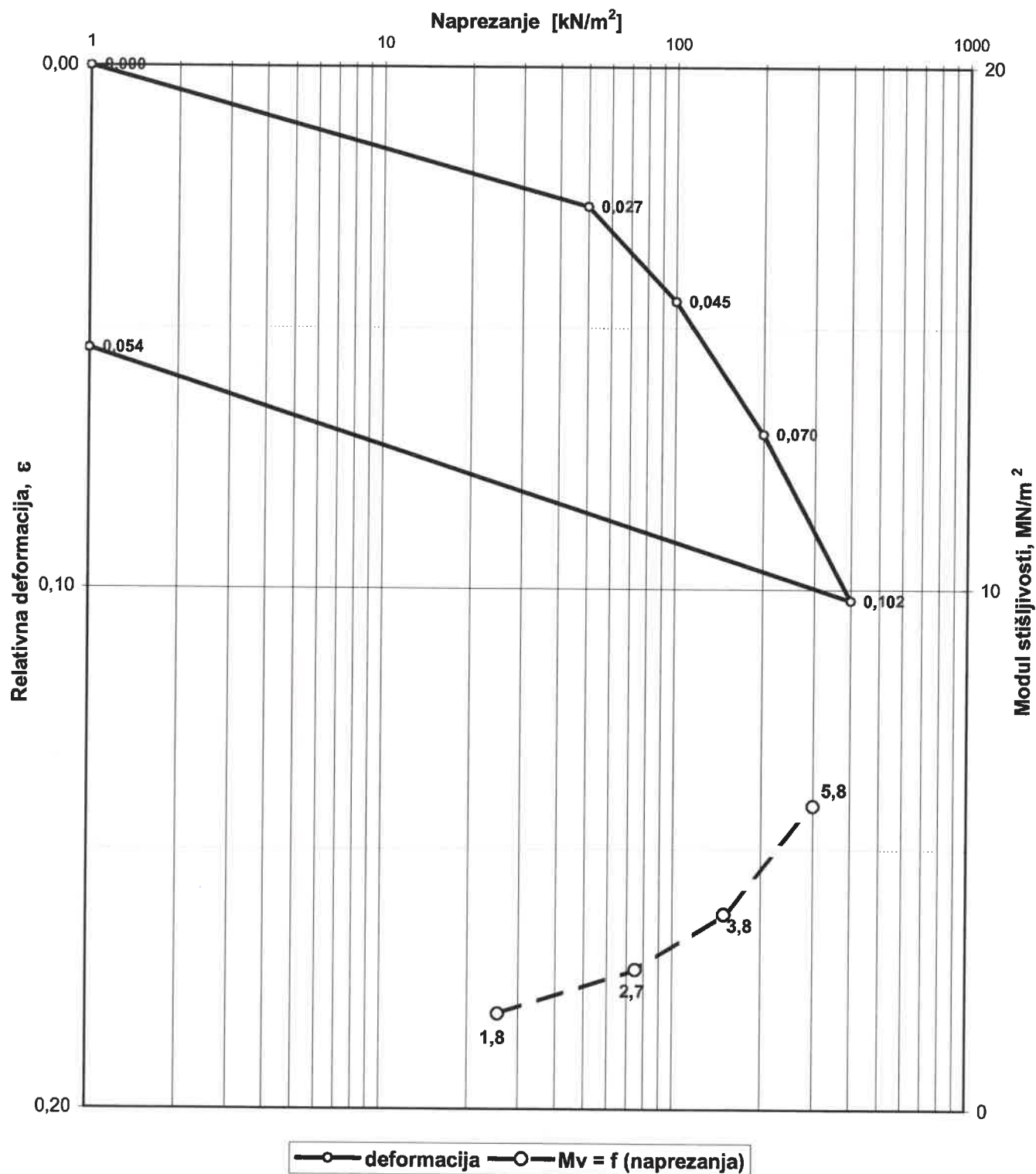


SPP d.o.o., Varaždin; spp@spp.hr
Konzalting, nadzor, projektiranje i izvođenje u
rudarstvu, građevinarstvu, geotehnici i zaštiti okoliša

NARUČITELJ:			
GRAĐEVINA:	Poslovne građevine		
LOKACIJA:	Požega	Bušotina:	B - 1
PREGLEDAO:	<i>Etkec</i>	Dubina (m):	2,50 - 2,70
Dio tehničke dokumentacije:	GEOTEHNIČKI ELABORAT		
Datum:	rujan, 2013.	EDOMETARSKI DIJAGRAM	



DIJAGRAM STIŠLJIVOSTI



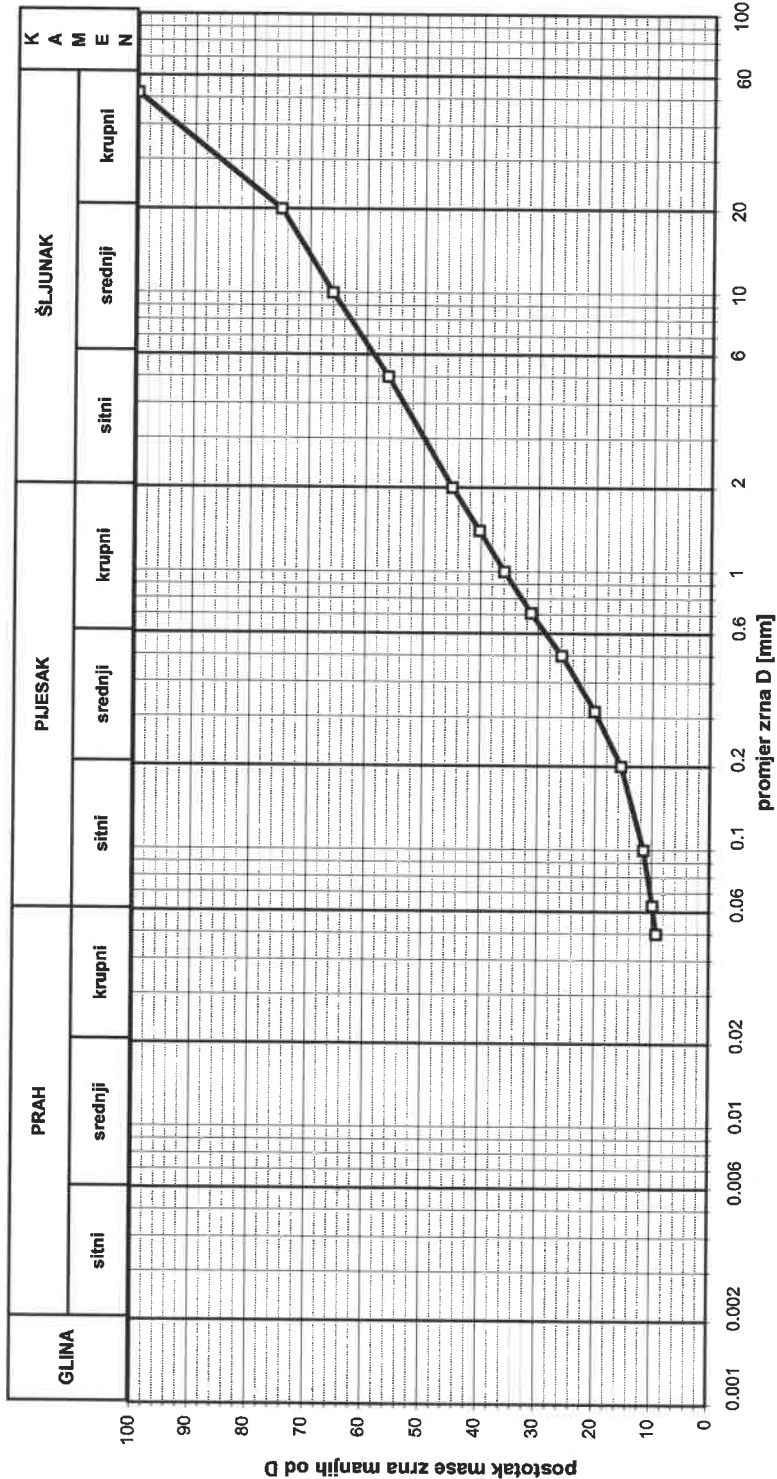
SPP d.o.o., Varaždin; spp@spp.hr
Konzalting, nadzor, projektiranje i izvođenje u
rudarstvu, građevinarstvu, geotehnici i zaštiti okoliša

NARUČITELJ:			
GRAĐEVINA:	Poslovne građevine		
LOKACIJA:	Požega	Bušotina:	B - 2
PREGLEDAO:	<i>[Signature]</i>	Dubina (m):	3,00 - 3,20
Dio tehničke dokumentacije:	GEOTEHNIČKI ELABORAT		
Datum:	rujan, 2013.	EDOMETARSKI DIJAGRAM	



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

GRANULOMETRIJSKI DIJAGRAM



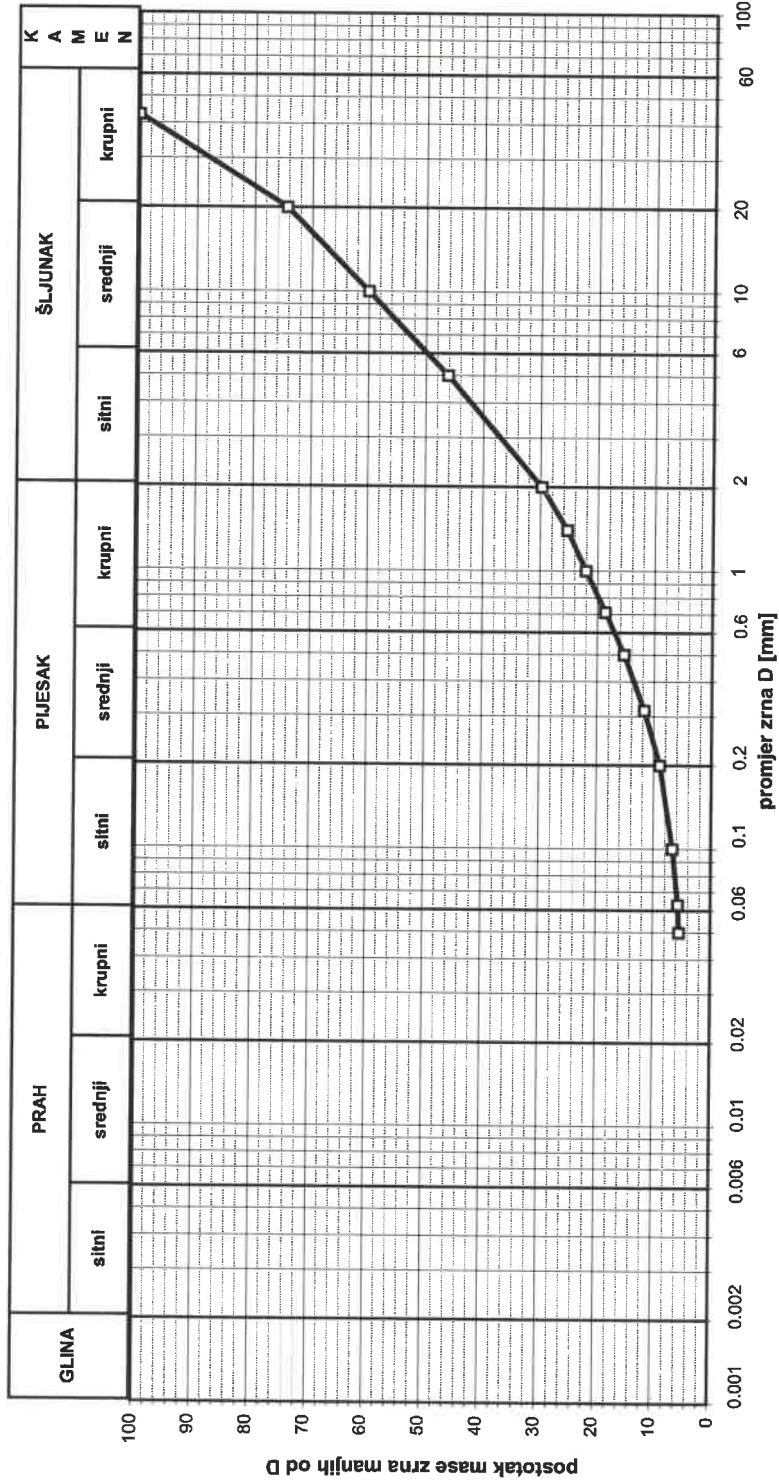
Promjer zrna "D"	Maseni % zrna manjih od "D"
mm	%
52,00	100,0
20,00	75,01
10,00	66,02
5,00	56,21
2,00	45,00
1,40	40,22
1,00	35,91
0,7100	31,21
0,5000	25,91
0,3150	20,09
0,2000	15,45
0,1000	11,42
0,0630	9,84
0,0500	9,16

Radni nalog:	Dubina (m):	Cu	Cc	ŠLJUNAK (%)	PIJESAK (%)	PRAH (%)	GLINA (%)	USCS
Oznaka uzorka:	5,00 - 5,20	99,06	1,00	55,00	35,16	9,84	/	GW-GM
Gradjevina:	Poslovne građevine	USCS klasifikacija	GW-GM	Pregledao:				
Lokacija:	Požega			Varaždin, rujan 2013.				



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

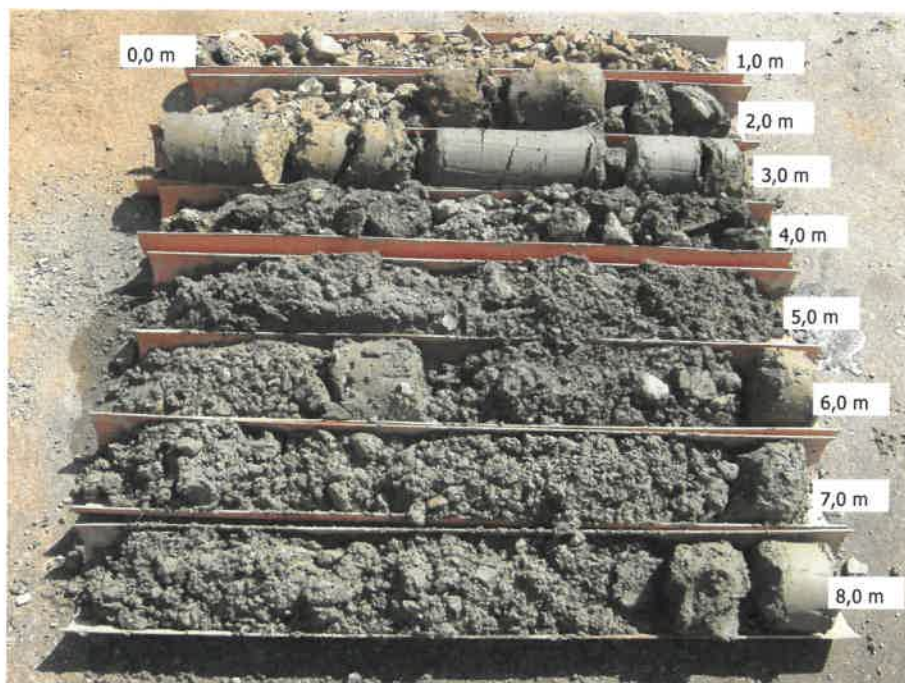
GRANULOMETRIJSKI DIJAGRAM



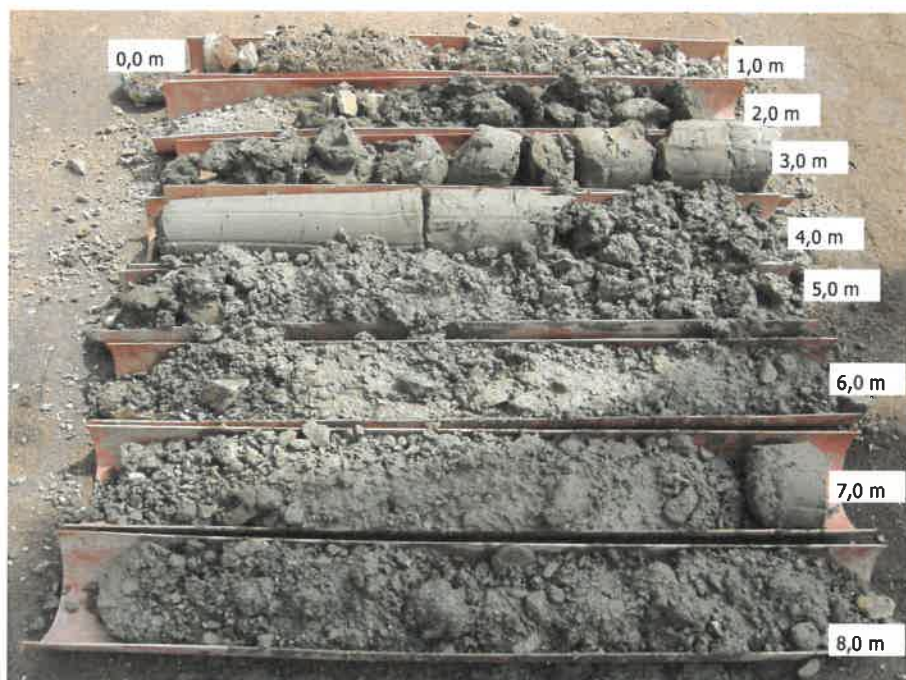
Promjer zrna "D"	Maseni % zrna manjih od "D"
mm	%
43,00	100,0
20,00	74,35
10,00	59,99
5,00	46,08
2,00	29,72
1,40	25,27
1,00	21,98
0,7100	18,60
0,5000	15,23
0,3150	11,67
0,2000	8,88
0,1000	6,60
0,0630	5,60
0,0500	5,39

Radni nalog:	Dubina (m):	Cu	Cc	ŠLJUNAK (%)	PIJESAK (%)	PRAH (%)	GLINA (%)	USCS
Oznaka uzorka:	6,50 - 6,70	41,69	1,72	70,28	24,12	5,60	/	GW-GM
Gradevina:	Poslovne građevine	USCS klasifikacija	GW-GM	Pregledao:	Varaždin, rujan 2013.			
Lokacija:	Požega							

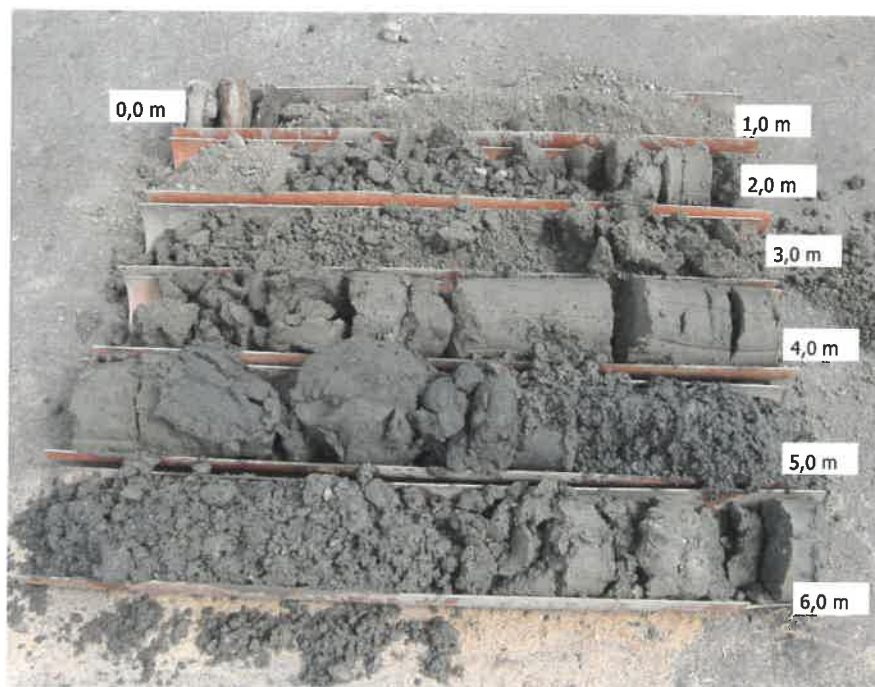
PRILOG br 4.
FOTO PRILOG



B-1 (Sondažna jezgra)



B-2 (Sondažna jezgra)



B-3 (Sondažna jezgra)