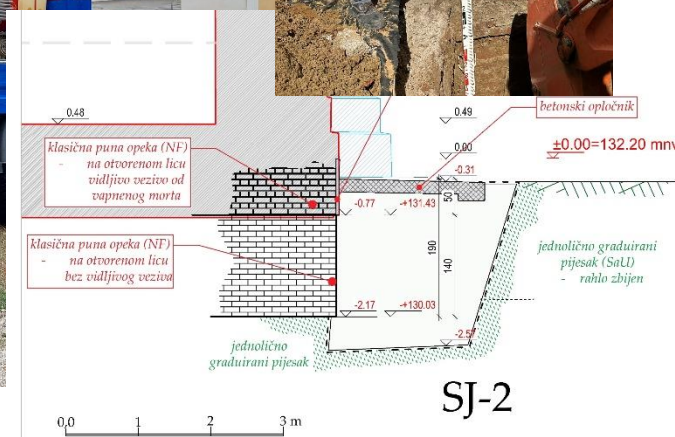


**SPP** d.o.o.  
Koprivnička ul. 47  
Varaždin  
t. 042 / 203 302  
spp@spp.hr ; www.spp.hr

faza: Geotehnički elaborat  
građevina: Crkva uznesenja Blažene Djevice Marije u Molvama  
naručitelj: INFO-G d.o.o., Zagreb, Vlaška 126  
lokacija: Trg kralja Tomislava / Marijanska ul. 33  
k.č.br. 1/1 i 1/2, k.o. Molve  
voditelj: Kristijan Grabar, dipl.ing.geotech.

vrsta : ELABORAT  
t.d. broj : SPP/2024/0077  
datum : listopad 2024.



VRSTA IZVJEŠĆA :

## GEOTEHNIČKI ELABORAT

O PROVEDENOM ISPITIVANJU TEMELJNOG TLA ZA  
POTREBE SANACIJE CRKVE UZNESENJA BLAŽENE  
DJEVICE MARIJE U MOLVAMA

TEHNIČKI DNEVNIK : SPP/2024/0077

GRAĐEVINA : CRKVA UZNESENJA BLAŽENE DJEVICE MARIJE U MOLVAMA

LOKACIJA : Trg kralja Tomislava / Marijanska ul. 33  
k.č.br. 1/1 i 1/2, k.o. Molve

NARUČITELJ: INFO-G d.o.o.

Vlaška 126, 10000 Zagreb

VODITELJ RADOVA: Kristijan Grabar, dipl.ing.geotech.

HRVATSKA KOMORA INŽINJERA GRAĐEVINARSTVA  
Kristijan Grabar  
dipl.ing.geotech.  
Voditelj radova  
VRG 13

SURADNICI : Alen Filipović, mag.ing.geoing.

Ivan Pažur, d.i.g.

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

DATUM : listopad 2024.

**SPP** d.o.o.  
Koprivnička ul. 47  
Varaždin

## SADRŽAJ

❖ Izvadak iz sudskog registra (tvrtka SPP d.o.o.)

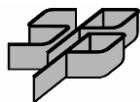
|                                                                                 | str. |
|---------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1. UVOD .....                                                                   | 1    |
| 2. GEOLOŠKE I INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZNAČAJKE LOKACIJE.....                        | 3    |
| 3. CPT <sub>u</sub> STATIČKI PENETRACIJSKI TEST SA MJERENJEM PORNOG TLAKA ..... | 4    |
| 4. INTERPRETACIJA STATIČKOG PENETRACIJSKOG TESTA (CPT <sub>u</sub> ) .....      | 10   |
| 5. GEOTEHNIČKE KARAKTERISTIKE TEMELJNOG TLA .....                               | 19   |
| 6. GEOSTATIČKE ANALIZE .....                                                    | 26   |
| 6.1. ANALIZA NOSIVOSTI .....                                                    | 26   |
| 6.2. ANALIZA SLIJEGANJA .....                                                   | 27   |
| 6.3. MODUL REAKCIJE TLA .....                                                   | 28   |
| 7. RAČUN NOSIVOSTI TEMELJNOG TLA.....                                           | 29   |
| 7.1. ANALIZA NOSIVOSTI (temeljna traka B=1,8 m, D=1,9 m).....                   | 30   |
| 8. ZAKLJUČAK .....                                                              | 31   |

## PRILOZI

broj listova:

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| 1. SITUACIJSKI PLAN I GEOTEHNIČKI PROFIL TLA .....      | 2  |
| 2. REZULTATI DINAMIČKOG SONDIRANJA .....                | 6  |
| 3. REZULTATI STATIČKOG SONDIRANA CPT <sub>u</sub> ..... | 18 |





|                       |                                                                                                                                    |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NARUČITELJ:           | - INFO-G d.o.o., Vlaška 126, 10000 Zagreb                                                                                          |
| GRAĐEVINA:            | - CRKVA UZNESENJA BLAŽENE DJEVICE MARIJE U MOLVAMA                                                                                 |
| LOKACIJA ZAHVATA:     | - k.č.br. 1/1 i 1/2, k.o. Molve                                                                                                    |
| NAZIV ELABORATA:      | - GEOTEHNIČKI ELABORAT O PROVEDENOM ISPITIVANJU TEMELJNOG TLA ZA POTREBE SANACIJE CRKVE UZNESENJA BLAŽENE DJEVICE MARIJE U MOLVAMA |
| PROJEKTANT ELABORATA: | - SPP d.o.o., Varaždin                                                                                                             |
| VODITELJ RADOVA:      | - Kristijan Grabar, dipl.ing.geoteh.                                                                                               |
| BROJ TEH. DNEVNIKA:   | - SPP/2024/0077                                                                                                                    |
| VRSTA IZVIJEŠĆA:      | - za glavni građevinski projekt                                                                                                    |
| DATUM:                | - listopad 2024.                                                                                                                   |

## 1. UVOD

Narudžbom naručitelja projektant elaborata obvezao se izraditi geotehnički elaborat za potrebe sanacije crkve Uznesenja Blažene Djevice Marije u Molvama, Marijanska ulica 33. Na predmetnoj lokaciji predviđena je potreba za sanacijom građevine crkve čija su oštećenja posljedica Zagrebačkog potresa. Geotehnička ispitivanja provedena su sukladno ponudi br. 319-2/23 od 16.11.2023.

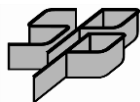
Za potrebe izrade geotehničkog elaborata izvedeni su istražni radovi statičkim sondiranjem s ukupno tri (3) statičke konusne penetracijske sonde sa mjerenjem pornog tlaka CPTu, te dvije (2) sondažne jame uz temelje građevine (SJ). U svrhu ispitivanja temeljnog tla sonde su položajno izvedene kako je prikazano na situaciji sa slike 1, odnosno situacijskom planu u prilogu 1. Sukladno rezultatima sondiranja, na prostoru građevine crkve izrađen je geotehnički profil tla GEO-1.

Svrha istražnih radova bila je dobivanje uvida u sastav i geotehničke značajke temeljne podloge. U geotehničkom elaboratu sadržani su rezultati istraživanja sastava temeljnog tla "in situ" metodama.

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

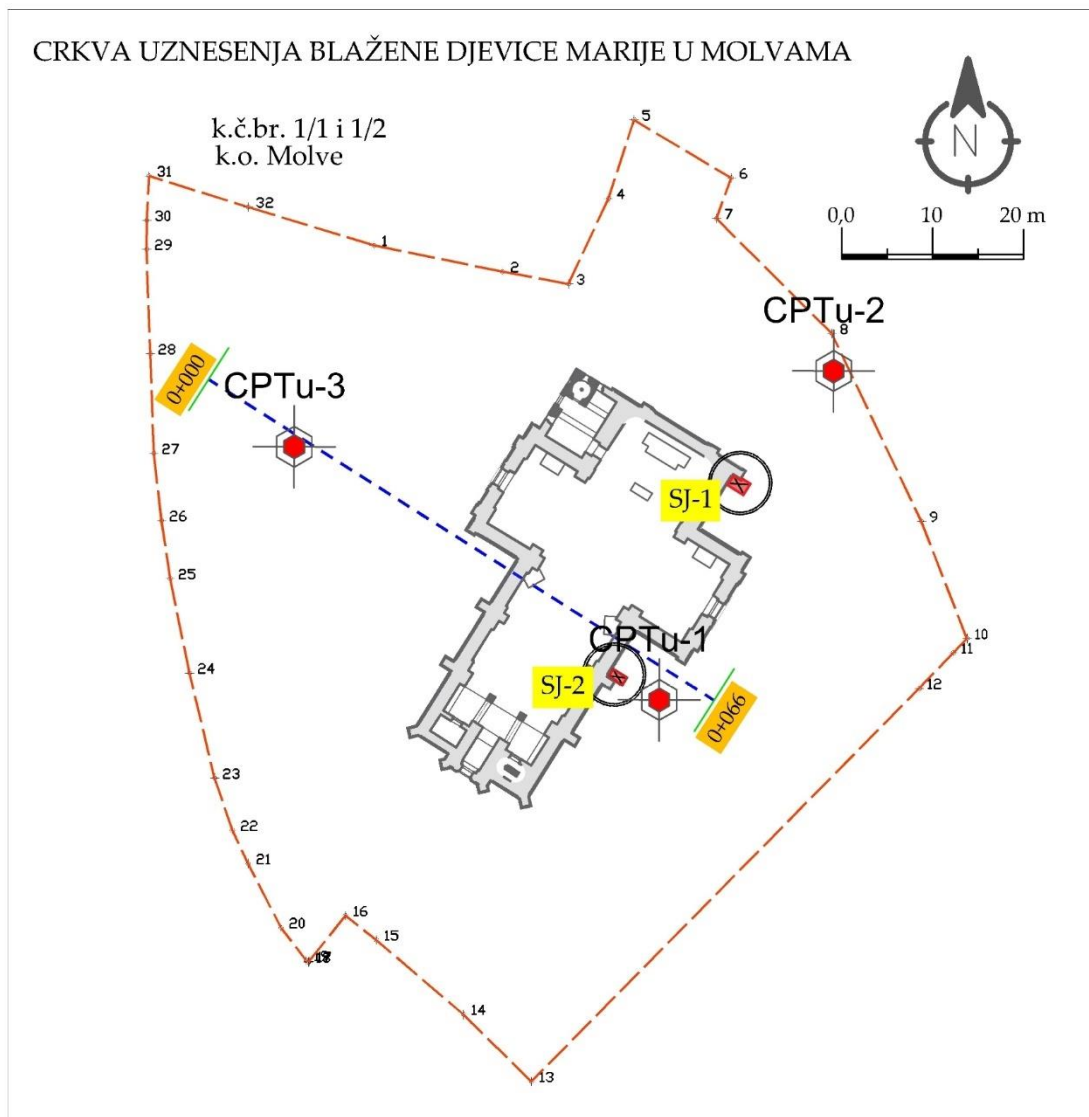
- |                                                                                                                                                                                |                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1. Zakon o gradnji; Zakon o prostornom uređenju                                                                                                                                | NN 153/13, NN 20/17, NN 65/17, NN 114/18, NN 39/19, NN 125/19, 98/19 |
| 2. Eurokod 7: Geotehničko projektiranje - 1. dio: Opća pravila                                                                                                                 | HRN EN 1997-1:2012<br>HRN EN 1997-1:2012/NA:2012                     |
| 3. Eurokod 7: Geotehničko projektiranje - 2. dio: Istraživanje i ispitivanje temeljnog tla                                                                                     | HRN EN 1997-2:2012                                                   |
| 4. Eurokod 8 – Projektiranje konstrukcija otpornih na potres – 1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade                                                   | HRN EN 1998-1:2011                                                   |
| 5. Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Identifikacija i klasifikacija tla – 1. dio: Identifikacija i opis                                                                 | HRN EN ISO 14688-1                                                   |
| 6. Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Terensko ispitivanje - 1. dio: Ispitivanje električnim statičkim prodiranjem bez mjerenja pornog tlaka i s mjerenjem pornog tlaka. | HRN EN ISO 22476-1:2012                                              |

te važećim normama iz područja geomehanike i geomehaničkih ispitivanja.

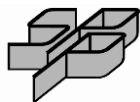


Sondažne jame uz temelj iskopane su 02. rujna 2024. godine, dok je sondiranje statičkom penetracijskom sondom CPTu, sukladno normi EN ISO 22476-1:2012, provedeno 18. rujna 2024. god.

Opseg provedenih istražnih radova radi utvrđivanja kakvoće i mehaničke heterogenosti tla primjeren je za izradu geotehničkog elaborata. Položaj istražnih radova prikazan je na slici 1.

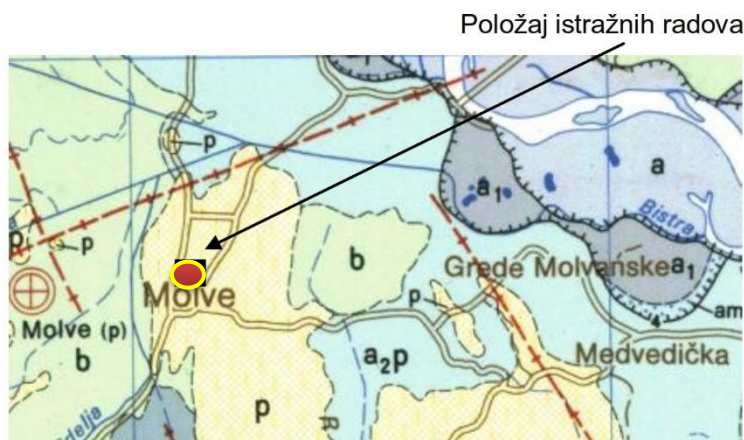


Slika 1. Situacijski plan istražnih radova.



## 2. GEOLOŠKE I INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZNAČAJKE LOKACIJE

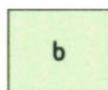
Prema Osnovnoj geološkoj karti list Đurđevac M 1:100 000 (autor, I.Hećimović) istražni prostor gradi eolski sediment holocenske starosti; eolski pijesci (slika 2).



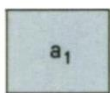
LEGENDA:



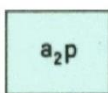
Eolski pijesci



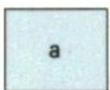
Barski facijes: gline, siltovi



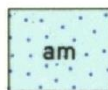
I. terasa: pijesci, šljunci



Poplavno područje na II. terasi: siltovi

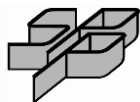


Facijes korita Drave: pijesci, šljunci



Facijes mrtvaja: pijesci

Slika 2. Geološka karta šireg područja (isječak OGK list Đurđevac).



### **3. CPTu STATIČKI PENETRACIJSKI TEST SA MJERENJEM PORNOG TLAKA**

Moderni statički penetracijski pokus sastoji se od potisnih penetracijskih šipki i mjernog penetracijskog konusa opremljenim elektroničkim mjerilima koji se utiskuje u tlo konstantnom brzinom.

Korištena oprema i primijenjena procedura sukladna je zahtjevima standarda: EN ISO 22476-1:2012 "Geotechnical investigation and testing - Field testing - Electrical cone and Piezocone penetration test".

#### Oprema za izvođenje pokusa uključuje:

- Mjerne sonde, uređaj za utiskivanje, šipke, električni kabel i sistem za prikupljanje izmjerenih podataka. Uređaj za utiskivanje mora imati dovoljnu težinu (balast) ili osigurati dovoljnu silu sidrenjem za potrebe utiskivanja sonde na predviđenu dubinu ispitivanja.
- Korištena je standardna CPT sonda promjera 35,7 mm, sa nagibom konusa prema vrhu sonde od 60° (apeks). Površina vrha sonde je 10 cm<sup>2</sup>, a plašta sonde 150 cm<sup>2</sup>. Standardna dimenzija šipki za utiskivanje sonde vanjskog je promjera 36 mm, unutarnjeg promjera 22 mm i duljine 1,0 m. Električni kabel prolazi kroz šipke i povezan je sa sistemom za prikupljanje podataka na površini terena.

#### Korištena oprema:

- Hidraulički cilindar za utiskivanje, Pagani TG63-150, Italy, utisna sila 150 kN, hod hidrauličkog cilindra za utiskivanje 1300 mm, brzina utiskivanja 2,0 cm/s ±5 mm/s (slika 2). Šipke za utiskivanje, d=35,7 mm, l=1000 mm. Utiskivača je ugrađen na kamion MAN L2000, ukupne mase sa utiskivačem 15 t.
- CPTu (Piezocone) elektroničke sonde: vrsta sonde: I-CFYYP20-10 (10 cm<sup>2</sup>), proizvođač: A.P. van den Berg Nizozemska, karakteristike: mjerno područje: 75.0 MPa na konusu sonde, 2.0 MPa otpor po plaštu, inklinacija do 20°, porni tlak 2.0 MPa. Klasa točnosti mjerne sonde sukladno odrednicama standarda EN ISO 22476-1:2012 - "Class 2".

#### KORIŠTENE SONDE:

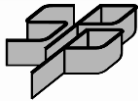
1. br: 140610
2. br: 140608
3. br: 200149

- Saturiranje poroznog prstena (filter elementa) sonde i sustava do osjetnika pornog tlaka vrši u vakuum uređaju, silikonskim uljem Xiameter, PMX-200, viskoznosti 100 CST, proizvođača DOW Corning Europe S.A., Belgium. U koliko je potrebno, postupak na terenu uključuje ponovnu saturaciju mjernog sustava pornog tlaka prethodno svakom novom ispitivanju sondom, a iz razloga gubitka saturacije prilikom prethodnog sondiranja.

#### Procedura ispitivanja:

- Za ispitivanje nije potrebna bušotina ili iskop, no često je zbog kamenog nasipa na površini potrebno provoditi predbušenje. Ispitivanje se sastoji od hidrauličkog utiskivanja sonde konstantnom brzinom od 2 cm/s, u skladu sa normom EN ISO 22476-1. Napredovanje sonde zahtijeva dodatno nastavljanje šipki po 1,0 m. Tokom utiskivanja sonde mjere se otpor na šiljku sonde ( $q_c$ ), trenje po plaštu sonde ( $f_s$ ), nagib pribora ( $i$ ) i porni tlak ( $u_2$ ) koji se mjere svakih 2,0 cm penetracije. Testom se opcionalno mjeri i brzina posmičnih valova (SCPTu), sa dodatnim modulom prema zahtjevu naručitelja. Za seizmičko ispitivanje, brzina dolaska posmičnog vala ( $t_s$ ) uzima se obično na intervalu dodavanja šipki, tj. na svakih 1,0 m. Horizontalni razmak između grede za izazivanje posmičnog vala i vertikalnih šipki (sonde) mora biti manji od 2,0 m da se osigura relativno vertikalno širenje posmičnog vala.





- Rezultati ispitivanja se trenutno mogu pratiti na površini od strane operatera što omogućava donošenje odluke o odvijanju disipacijskog testa pornih tlakova u nekom sloju. Porni tlak se mjeri pomoću filtera koji se nalazi na sondi. Položaj filtera nalazi se neposredno iznad vrha sonde, tzv. položaj  $u_2$ . Za potrebe seizmičkih ispitivanja, dodaje se modul sa ugrađenim trokomponentnim geofonom, a smješten je približno 500 mm iznad vrha sonde.



Slika 3. Izgled CPTu sonde, hidrauličkog cilindra i oprema za utiskivanje, Pagani TG 63-150.

### MJERENI PARAMETRI

Sonda standardno mjeri otpor na vrhu ( $q_c$ ), trenje po plaštu ( $f_s$ ) i porni tlak uslijed penetracije na filteru iznad vrha sonde ( $u_2$ ) te brzinu nailaska posmičnog vala ( $t_s$ ) (opcija), a time i brzinu posmičnog vala ( $v_s$ ) koji je umjetno izazvan na površini terena.

Otpor na šiljku sonde ( $q_c$ ) izmjerena je sila na površini vrha sonde, a izravno se povezuje sa nosivošću tla. U pijescima, otpor na vrhu sonde primarno je povezana sa efektivnim kutom trenja ( $\Phi'$ ), relativnom zbijenošću ( $D_r$ ) i efektivnim horizontalnim naprezanjem ( $\sigma_{ho}'$ ). Kod glinovitih materijala, otpor po vrhu sonde povezan je prvenstveno sa nedreniranom posmičnom čvrstoćom ( $c_u$ ) i naprezanjem prekonsolidacije ( $\sigma_p'$ ).

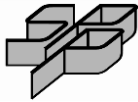
Posebno u glinama i prahovima izmjereni otpor po vrhu sonde ( $q_c$ ) mora biti korigiran za porni tlak tako da dobivamo korigirano naprezanje na vrhu sonde ( $q_t$ ):

$$q_t = q_c + (1 - a_n) \cdot u_2 \quad a_n = 0,75 \text{ (neto površina korištene sonde, I-CFXY20-10)}$$

Gdje je  $a_n$  odnos površina u ovisnosti sa tehničkom izvedbom sonde, a  $u_2$  je izmjereni porni tlak uslijed utiskivanja sonde. Generalno pravilo je da je  $q_t > 5$  Mpa u pijescima dok je  $q_t < 2$  MPa u mekanim do srednje krutim glinama i prahovima. Treba primijetiti da u prekonsolidiranim glinama otpor na vrhu sonde može biti i veći od 5 MPa.

Trenje po plaštu sonde ( $f_s$ ) je posmično naprezanje određeno kao opterećenje koje djeluje na cilindričnu površinu plašta. Ta se vrijednost često izražava kao odnos trenja ( $R_f$ ), a dobiva se iz izraza:

$$R_f = \frac{f_s}{q_t} \cdot 100$$



U čistim pijescima  $R_f < 1\%$ , a u glinama i prahovima  $R_f > 4\%$ . Porni tlak izmjeren u poroznom filteru ( $u_2$ ) približno je jednak hidrostatskom tlaku ( $u_0$ ) u pijescima, dok je znatno veći (od 3-10 puta) od hidrostatskog tlaka ( $u_2 > u_0$ ) u mekanim do krutim glinama i prahovima.

Upotrebom vrijednosti totalnih naprezanja ( $\sigma_{vo}$ ) i hidrostatskog pornog tlaka ( $u_0$ ) može se odrediti normalizirani koeficijent pornog tlaka ( $B_q$ ) iz izraza:

$$B_q = \frac{u_2 - u_0}{q_t - \sigma_{vo}}$$

Parametar pornog tlaka ( $B_q$ ) koristi se za klasifikaciju tla, procjenu nedrenirane posmične čvrstoće ( $c_u$ ), određivanje udjela glinovite komponente i hidrauličkih uvjeta u tlu.

#### KOREKCIJA OTPORA TANKOG SLOJA:

Iako CPT mjeri točne mehaničke karakteristike unutar jednolično mekog ili čvrstog tla, prijelaz iz jedne vrste sloja u drugi ne mora biti zabilježen naglom promjenom mjerne krivulje. Istraživanja (Schmertmann, 1978. I Treadwell, 1976.) pokazuju da je mjereni otpor konusa pod utjecajem karakteristika materijala ispred i iza penetracijskog vrha. Proizlazi da konus detektira promjenu u materijalu prije nego dosegne granicu sloja, isto tako i nakon što je već izašao iz sloja. To je razlog zbog kojeg mjerna krivulja CPT-a ne mora uvijek točno ocrtavati mehaničke karakteristike slojeva za slučaj slojeva male debljine.

Utjecajna udaljenost na kojoj konus sonde detektira materijal povećava se sa veličinom krutosti tankog sloja. CPT će tako detektirati tanak krući sloj, no čvrstoća krutog sloja biva podcijenjena ako je sloj tanji od 750 mm. Iako je konusom moguće detektirati prisustvo mekih slojeva od svega 75 do 100 mm. Vreugdenhill et. Al. (1994) nudi rješenje za korekciju podataka tankih slojeva te pokazuje kako je izmjereni otpor vrha unutar krutog tankog sloja u funkciji debljine sloja te krutosti sloja u odnosu na krutost okolnog materijala u kojem se sloj nalazi. Izraz za ispravljeni otpor glasi:

$$q_{c*} = K_c \cdot q_{c2}$$

gdje je :

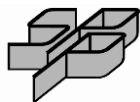
$q_{c1}$  = otpor vrha unutar okružujućeg tla

$q_{c2}$  = otpor vrha unutar krutog sloja (leće)

$K_c$  = korekcijski faktor otpora vrha u funkciji debljine sloja za konzervativni odnos  $q_{c2}/q_{c1} = 2$ :

$$K_c = 0,5 \left( \frac{H}{1000} - 1,45 \right)^2 + 1$$

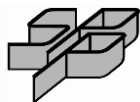
gdje je :  $H$  = debljina sloja u mm.

**MJERENJE OTPORA TLA PRI PRODIRANJU ŠILJKA KONUSA**

| parametar | opis parametra i podaci o sondi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | matematički izraz                                                                                                                              | m.jed. |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| $q_c$     | <p><u>otpor tla pri prodiranju šiljka</u><br/>(sila koja djeluje na vrh konusa po projiciranoj površini vrha)<br/> <math>Q_c</math> – ukupna sila koja djeluje na vrh konusa<br/> <math>A_c</math> – projicirana površina konusa<br/> <b>PODACI ZA SONDU TIP: AP van den Berg I-CFXYP20-10</b><br/> <math>A_c = 10 \text{ cm}^2</math><br/> <math>q_c \text{ max} = 75 \text{ MPa}</math></p>                                                                                                                                                                                                                                    | <p>mjerena vrijednost<br/> <math>q_c = Q_c / A_c</math></p>                                                                                    | MPa    |
| $q_t$     | <p><u>otpor tla pri prodiranju šiljka ispravljen za učinke izmjerene pornog tlaka na vrh konusa za položaju mjerenja „u2“</u><br/> <math>a</math> – omjer površina konusa <math>a = A_n / A_c</math> (konstanta vrha)<br/> <b>PODACI ZA SONDU TIP: AP van den Berg I-CFXYP20-10</b><br/> <math>a = 0,75</math><br/> <b>NAPOMENA:</b><br/> -korekcija zbog učinaka mjenog pornog tlaka na vrh konusa vrlo je važna u mekanom koherentnom tlu. U navedenim materijalima iznos pornog tlaka može biti relativno velik u odnosu na otpor na vrhu konusa. Ova korekcija je jedna od glavnih prednosti kod korištenja piezokonusa.</p> | <p>korekcija zbog tehničke izvedbe položaja mjernog senzora pornog tlaka<br/> <math>q_t = q_c + u_2(1 - a)</math></p>                          | MPa    |
| $q_n$     | <p><u>neto otpor na šiljku konusa (<math>q_{\text{net}}</math>)</u> – otpor na vrhu konusa umanjeno za ukupno vertikalno geološko naprezanje na mjerenoj dubini</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | $q_n = q_t - \sigma_{v0}$                                                                                                                      | MPa    |
| $Q_t$     | <p><u>bezdimezionalni neto otpor na šiljku</u><br/> otpor na vrhu konusa izražen kao bezdimezionalni parametar, a koji u obzir uzima in-situ promjene naprezanja</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | $Q_t = \left( \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \right) = \frac{q_n}{\sigma'_{v0}}$                                                       | -      |
| $Q_{tn}$  | <p><u>bezdimezionalni neto otpor na šiljku</u>, a koji u obzir uzima in-situ promjene naprezanja i promjenjivi eksponent „n“ koji ovisi o vrsti tla i veličini naprezanja<br/> <math>p_a</math> – referentni atmosferski tlak = 100 kPa<br/> <math>n</math> – eksponent naprezanja (za glinovita tla =1)<br/> <math>\sigma_{v0}</math> – ukupno vertikalno geološko naprezanje<br/> <math>\sigma'_{v0} = \sigma_{v0} - u_0 \rightarrow</math> efektivno vertikalno geološko naprezanje</p>                                                                                                                                       | $Q_{tn} = \left( \frac{q_t - \sigma_{v0}}{p_a} \right) \cdot \left( \frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^n$<br>za $n = 1 \rightarrow Q_{tn} = Q_t$ | -      |

**MJERENJE TRENJA TLA PO PLAŠTU SONDE**

| Parametar | opis parametra i podaci o sondi                                                                                                                                                                                                 | matematički izraz                                           | m.jed. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------|
| $f_s$     | <p><u>otpor trenja tla na plaštu pri prodiranju sonde</u><br/> sila trenja tla koja djeluje na površinu plašta<br/> <math>F_s</math> – sila od trenja tla po plaštu prstena<br/> <math>A_s</math> – površina plašta prstena</p> | <p>mjerena vrijednost<br/> <math>f_s = F_s / A_s</math></p> | MPa    |



|       |                                                                                                                           |                                                                       |   |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---|
|       | PODACI ZA SONDU TIP: <b>AP van den Berg I-CFXYP20-10</b><br>$A_s = 150 \text{ cm}^2$<br>$f_s \text{ max} = 1 \text{ MPa}$ |                                                                       |   |
| $R_f$ | <u>koeficijent trenja</u><br>omjer otpora trenja i otpora na vrhu konusa izražen u postocima                              | $R_f = (f_s/q_t) \cdot 100\%$                                         | % |
| $F_r$ | <u>normalizirani koeficijent trenja</u><br>otpor trenja po plaštu normaliziran za neto otpor vrha konusa                  | $F_r = \frac{f_s}{q_t - \sigma_{v0}} = \frac{f_s}{q_n} (\cdot 100\%)$ | % |

### MJERENJE NAKUPLJENOG PORNOG TLAKA PRILIKOM PRODIRANJA KONUSA

| Parametar  | opis parametra i podaci o sondi                                                                                                                                                                                        | matematički izraz           | m.jed. |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------|
| $u_2$      | <u>iznos nakupljenog pornog tlaka prilikom penetracije, mjereno na poziciji neposredno iza konusa „u<sub>2</sub>“</u><br>PODACI ZA SONDU TIP: <b>AP van den Berg I-CFXYP20-10</b><br>$u_2 \text{ max} = 2 \text{ MPa}$ | mjerena vrijednost<br>$u_2$ | MPa    |
| $\Delta u$ | <u>neto porni tlak prilikom penetracije</u> – mjereni nakupljeni porni tlak umanjen za in-situ porni tlak (hidrostatski)<br>$u_0$ – in-situ porni tlak                                                                 | $\Delta u = u_2 - u_0$      | MPa    |
| $B_q$      | <u>omjer pornog tlaka</u><br>neto porni tlak normaliziran u odnosu na neto otpor na vrhu konusa                                                                                                                        | $B_q = \Delta u/q_n$        | -      |

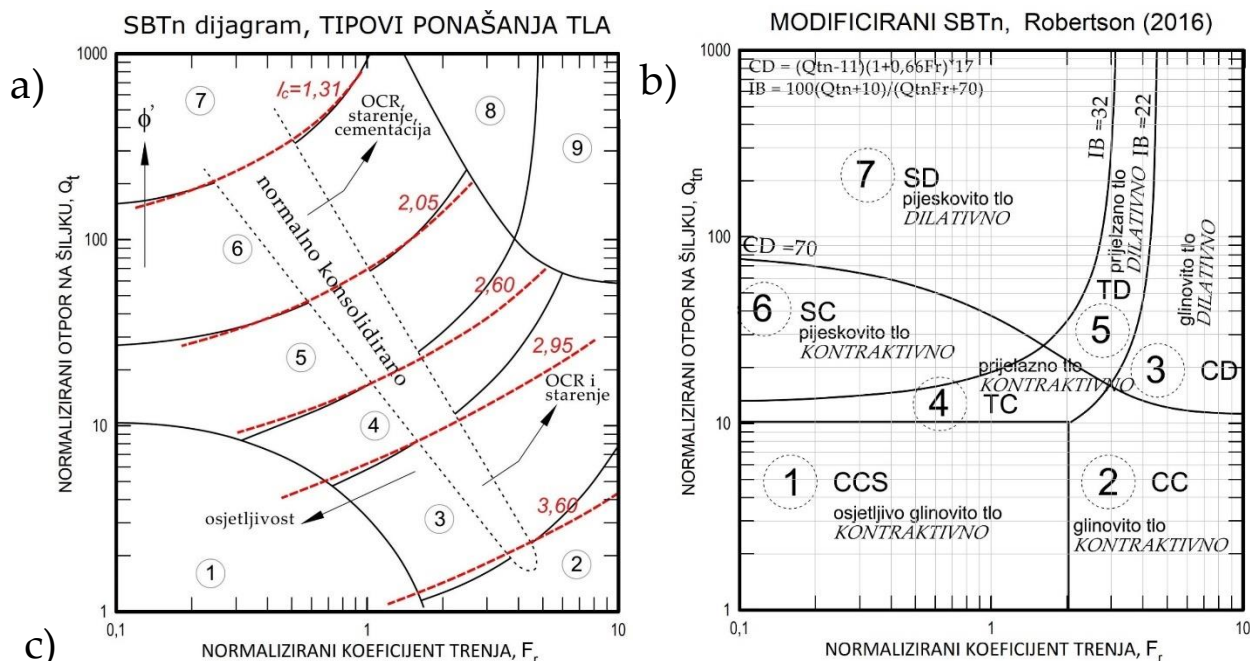
### Izvedeni parametri

| parametar | opis parametra                                                                                                             | matematički izraz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | m.jed.            |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| $I_c$     | indeks ponašanja tla                                                                                                       | $I_c = ((3,47 - \log Q_t)^2 + (\log F_r + 1,22)^2)^{0,5}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | -                 |
| $n$       | eksponent naprezanja<br>$n \leq 1,0$                                                                                       | $n = 0,381(I_c) + 0,05(\sigma'_{v0}/p_a) - 0,15$                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | -                 |
| $\gamma$  | <u>zapreminska težina tla</u><br>(in-situ vlažna težina tla – „bulk unit weight“)<br>$\gamma_w$ – zap. težina vode, = 9,81 | $\gamma = 1,95 \cdot \gamma_w \left( \frac{f_s}{p_a} + 0,01 \right)^{0,06} \left( \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} + 0,01 \right)^{0,06}$<br>Mayne, P.W. Geotechnical site exploration in the year 2012. In Proceedings of the Proceedings of the 16th Nordic Geotechnical Meeting, Copenhagen, 9-12 May 2012, Vol. 1-2; Danish Geotechnical Society, 2012; pp. 11-27. | kN/m <sup>3</sup> |
|           |                                                                                                                            | $\gamma = \gamma_w \cdot \left( 0,27 \cdot \log(R_f) + 0,36 \cdot \log\left(\frac{q_t}{p_a}\right) + 1,236 \right)$<br>Robertson, P.K.; Cabal, K.L. Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering, 6th ed.; Gregg Drilling & Testing, Inc., 2015.; Geologismiki CPeT-IT v.3.6.2.6.                                                            | kN/m <sup>3</sup> |



### KLASIFIKACIJA TLA:

Na slici 4. prikazani su klasifikacijski dijagrami preporučeni kod preliminarnog klasifikacije tla, a za razliku od starijih klasifikacijskih sustava, koriste normalizirane parametre kako bi uzeli u obzir geološka naprezanja u dubini profila.

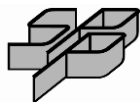


| Područje SBTn dijagrama | TIPOVI PONAŠANJA TLA                             | $I_c$            |
|-------------------------|--------------------------------------------------|------------------|
| 1                       | osjetljiva sitnozrna tla                         | nije primjenjivo |
| 2                       | organska tla - treset                            | >3,6             |
| 3                       | gline do prašinate gline                         | 2,95 – 3,60      |
| 4                       | prahovi; glinoviti prahovi do prašinate gline    | 2,60 – 2,95      |
| 5                       | pijesci; prašnasti pijesci do pjeskoviti prahovi | 2,05 – 2,60      |
| 6                       | pijesci; čisti pijesci do prašnasti pijesci      | 1,31 – 2,05      |
| 7                       | šljunkoviti pijesci do pijesci                   | <1,31            |
| 8                       | vrlo zbijeni pijesci do glinoviti pijesci        | nije primjenjivo |
| 9                       | vrlo kruta sitnozrna tla                         | nije primjenjivo |

d)

| SBTn grupa (2016) | GRUPA | Klasifikacija – vrsta tla                          |
|-------------------|-------|----------------------------------------------------|
| 1                 | CCS   | Glina – kontraktivno ponašanje – osjetljivo tlo    |
| 2                 | CC    | Glina – kontraktivno ponašanje                     |
| 3                 | CD    | Glina – dilatativno ponašanje                      |
| 4                 | TC    | Prijelazno tlo (miješano) – kontraktivno ponašanje |
| 5                 | TD    | Prijelazno tlo (miješano) – dilatativno ponašanje  |
| 6                 | SC    | Pijesak – kontraktivno ponašanje                   |
| 7                 | SD    | Pijesak – dilatativno ponašanje                    |

Slika 4. Dijagrami za klasifikaciju tla: a) dopunjeni klasifikacijski SBT dijagram za normalizirane vrijednosti (Robertson, 2010); b) dijagram za normalizirane vrijednosti SBTn dopunjen opisima o ponašanju tla kod velikih deformacija (modificirano prema Robertson, 2016); c) opis označenih područja na klasifikacijskim dijagramima za SBTn-2010, d) opis označenih područja na modificiranom klasifikacijskim dijagramu Robertson 2016.



#### 4. INTERPRETACIJA STATIČKOG PENETRACIJSKOG TESTA (CPT<sub>u</sub>)

Interpretacija izmjerenih podataka dobivenih CPT sondiranjem izvodi se pomoću programa, CpeT-IT v.3.6.4.3, GeoLogismiki. Program uzima CPT podatke i izvodi interpretaciju u skladu sa tipom ponašanja tla (SBT<sub>n</sub>) i različitim geotehničkim parametara na osnovi trenutno objavljenih empiričkih korelacija prema Lunne, Robertson i Powell (1997).

Prikazanu interpretaciju treba uzeti kao smjernicu za geotehničku upotrebu, no potrebna je kontrola za podatke dobivene laboratorijskim ispitivanjima na uzorcima tla i drugih vrsta ispitivanja. Mnoge empiričke korelacije za ocjenu geotehničkih parametara imaju konstante koje imaju širok raspon ovisno od vrsti tla, geoloških karakteristika i drugih faktora. Interpretacija je provedena primjenom konzervativnih vrijednosti navedenih konstanti, tako da u principu osigura niže, konzervativne ocjene geotehničkih parametara.

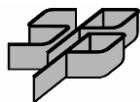
##### Ulazni podaci:

- 1) Dubina intervala mjerenih rezultata, (m). Podaci iz sonde bilježe se svaka 2 cm, a u interpretacijskom postupku kasnije obično se analiziraju se kao prosječna vrijednost od 3 uzorka.
- 2) Kota površine terena (m)
- 3) Dubina razine podzemne vode  $z_w$  (m)
- 4) Koeficijent površine sonde,  $a$  (za tip sonde I-CFXYP20-10;  **$a=0,75$** )
- 5) Relativna konstanta zbijenosti,  $C_{Dr}$  (uobičajeno 350)
- 6) Broj Young modula elastičnosti za pijesak,  $\alpha$  (uobičajeno 5)
- 7) Broj posmičnog modula kod malih deformacija
  - a. Za pijesak,  $S_G$  (uobičajeno 180 za SBT<sub>n</sub> 5,6,7)
  - b. Za glinu,  $C_G$  (uobičajeno 50 za SBT<sub>n</sub> 1,2,3 & 4)
- 8) Faktor sonde za nedreniranu posmičnu čvrstoću kod glina,  $N_{kt}$  (**primijenjeno  $N_{kt} = 14$** )
- 9) Broj za određivanje stupnja prekonsolidacije,  $k_{ocr}$  (uobičajeno 0,3)
- 10) Jedinična težina vode, (uobičajeno  $\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3$ )

##### Izlazni podaci:

- 1) Dubina,  $z$ , (m) – prikupljeni CPT podaci
- 2) Dubina (m)
- 3) Otpor sonde,  $q_c$  (MPa)
- 4) Trenje po plaštu sonde,  $f_s$  (MPa)
- 5) Porni tlak kod penetracije sonde,  $u$  (MPa), mjereno iznad sonde (položaj  $u_2$ )
- 6) Korektiran otpor na sondu,  $q_t$  (MPa)  $g_t = q_c + u(1-a)$
- 7) Koeficijent trenja,  $R_f$  (%)  $R_f = (f_s/q_t) \times 100\%$
- 8) Tip ponašanja tla (ne-normaliziran), SBT vidi u nastavku
- 9) Jedinična težina tla,  $\gamma$  (kN/m<sup>3</sup>) bazirana na osnovi SBT, vidi u nastavku
- 10) Totalno vertikalno naprezanje,  $\sigma_v$  (kPa)  $\sigma_{vo} = \gamma z$
- 11) In situ porni tlak,  $u_o$  (kPa)  $u_o = \gamma_w (z - z_w)$
- 12) Efektivno vertikalno naprezanje,  $\sigma'_{vo}$  (kPa)  $\sigma'_{vo} = \sigma_{vo} - u_o$
- 13) Normaliziran otpor sonde,  $Q_{tl}$   $Q_{tl} = (q_t - \sigma_{vo}) / \sigma'_{vo}$
- 14) Normaliziran koeficijent trenja,  $F_r$  (%)  $F_r = f_s / (q_t - \sigma_{vo}) \times 100\%$
- 15) Normaliziran koeficijent pornog tlaka,  $B_q$   $B_q = u - u_o / (q_t - \sigma_{vo})$
- 16) Tip ponašanja tla (normaliziran), SBT<sub>n</sub> vidi u nastavku
- 17) SBT<sub>n</sub> indeks,  $I_c$  vidi u nastavku
- 18) Normaliziran otpor sonde,  $Q_{tn}$  ( $n$  varira sa  $I_c$ ) vidi u nastavku
- 19) Procjena vodopropusnosti,  $k_{SBT}$  (cm/sec) vidi u nastavku
- 20) Ekvivalentan broj udaraca SPT,  $N_{60}$  vidi u nastavku
- 21) Ekvivalentan broj udaraca ( $N_1$ )<sub>60</sub> vidi u nastavku
- 22) Procjena relativne zbijenosti,  $D_r$  (%) vidi u nastavku
- 23) Procjenjeni kut trenja,  $\phi'$  (°) vidi u nastavku
- 24) Procjena Young modula elastičnosti,  $E_s$  (kPa) vidi u nastavku
- 25) Procjena posmičnog modula kod malih deformacija,  $G_o$  (kPa) vidi u nastavku





|                                                         |                   |
|---------------------------------------------------------|-------------------|
| 26) Procjena nedrenirane posmične čvrstoće, $s_u$ (kPa) | vidi u nastavku   |
| 27) Procjena odnosa nedrenirane posmične čvrstoće       | $S_u / \sigma_v'$ |
| 28) Procjena stupnja prekonsolidacije, OCR              | vidi u nastavku   |
| 29) Procjena modula stišljivosti, $M$ (MPa)             | vidi u nastavku   |
| 30) Procjena brzine posmičnih valova, $v_s$ (m/s)       | vidi u nastavku   |

**Napomena:**

- 1) Tip ponašanja tla (ne-normaliziran), SBT- Robertson (1990)
- 2) Jedinična težina tla,  $\gamma$  (uzima se kao konstanta ili na osnovi ne-normalizirane vrijednosti SBT prema Lunne et al., 1997)
- 3) Tip ponašanja tla (normaliziran),  $SBT_n$  Lunne et al. (1997)
- 4)  $SBT_n$  Indeks,  $I_c$   $I_c = ((3,47 - \log Q_{tn})^2 + (\log F_r + 1,22)^2)^{0,5}$
- 5) Normaliziran otpor sonde,  $Q_{tn}$  ( $n$  varira na osnovi  $I_c$ )

$Q_{tn} = ((q_t - \sigma_{vo} / pa) (pa / \sigma'_{vo}))^n$  potrebno ponovno proračunati  $I_c$ , iteracijom:

Kada je  $I_c < 1,64$ ,  $n = 0,5$  (čisti pijesak)

Kada je  $I_c > 3,30$ ,  $n = 1,0$  (glina)

Kada je  $1,64 < I_c < 3,30$   $n = (I_c - 1,64)0,3 + 0,5$

Iteraciju provoditi tako dugo dok parametar  $n$  zadovolji uvjet,  $\Delta n < 0,01$

- 6) Procjena vodopropusnosti,  $k_{SBT}$  (na osnovi normalizirane vrijednosti  $SBT_n$ , Lunne et al., 1997)

- 7) Ekvivalentni broj udaraca SPT  $N_{60}$  Lunne et al. (1997)

$$\frac{(q_t/pa)}{N_{60}} = 8,5 \left( 1 - \frac{I_c}{4,6} \right)$$

- 8) Ekvivalentni broj udaraca SPT  $(N_1)_{60}$   $(N_1)_{60} = N_{60} C_N$

Gdje je :  $C_N = (pa / \sigma'_{vo})^{0,5}$

- 9) Relativna zbijenost,  $D_r$  (%)  
Jedino za  $SBT_n$  5,6,7 & 8

$D_r^2 = Q_{tn} / C_{Dr}$   
Prikazuje 'N/A' za zone 1,2,3,4 & 9

- 10) Kut trenja,  $\phi'$  (°)

$$\tan \phi' = \frac{1}{2,68} \left[ \log \left( \frac{qc}{\sigma_{vo}} \right) + 0,29 \right]$$

Jedino za  $SBT_n$  5, 6, 7 & 8

prikazuje 'N/A' za zone 1, 2, 3, 4 & 9

- 11) Young modul,  $E_s$

$E_s = \alpha q_t$

Jedino za  $SBT_n$  5, 6, 7 & 8

Prikazuje 'N/A' za zone 1, 2, 3, 4 & 9

- 12) Posmični modul kod malih deformacija,  $G_o$

- a.  $G_o = S_G (q_t \sigma'_{vo} pa)^{1/3}$  za  $SBT_n$  5, 6, 7
- b.  $G_o = C_G q_t$  za  $SBT_n$  1, 2, 3 & 4

prikazuje 'N/A' za zone 8 & 9

- 13) Nedrenirana posmična čvrstoća,  $s_u$

$s_u = (q_t - \sigma_{vo}) / N_{kt}$

Jedino za  $SBT_n$  1, 2, 3, 4 & 9

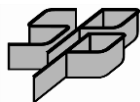
Prikazuje 'N/A' za zone 5, 6, 7 & 8

- 14) Koeficijent prekonsolidacije, OCR

$OCR = k_{ocr} Q_{tl}$

Jedino za  $SBT_n$  1, 2, 3, 4 & 9

Prikazuje 'N/A' za zone 1, 2, 3, 4 & 9



---

15) Modul stišljivosti,  $M$   $M = \alpha_M (q_t - \sigma'_{vo})$

$\alpha_M$  mijenja se sa  $Q_{tn}$  (Robertson)

Kada je  $I_c > 2,2$ :

$$\alpha_M = Q_{tn} \quad \text{kada je } Q_{tn} < 14$$

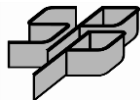
$$\alpha_M = 14 \quad \text{kada je } Q_{tn} > 14$$

Kada je  $I_c < 2,2$ :  $\alpha_M = 0,0188[10^{(0,55I_c + 1,68)}]$

---

16) Brzina posmičnih valova,  $v_s$   $v_s = [\alpha_{vs} (q_t - \sigma'_v)/p_a]^{0,5}$

$$\alpha_{vs} = 10^{(0,55I_c + 1,68)}$$



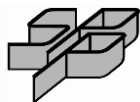
## REZULTATI SONDIRANJA

### *Mjerne krivulje i interpretacijski profili tla*

< CPTu sonda br. CPTu-1 > -crvena krivulja

< CPTu sonda br. CPTu -2 > -zelena krivulja

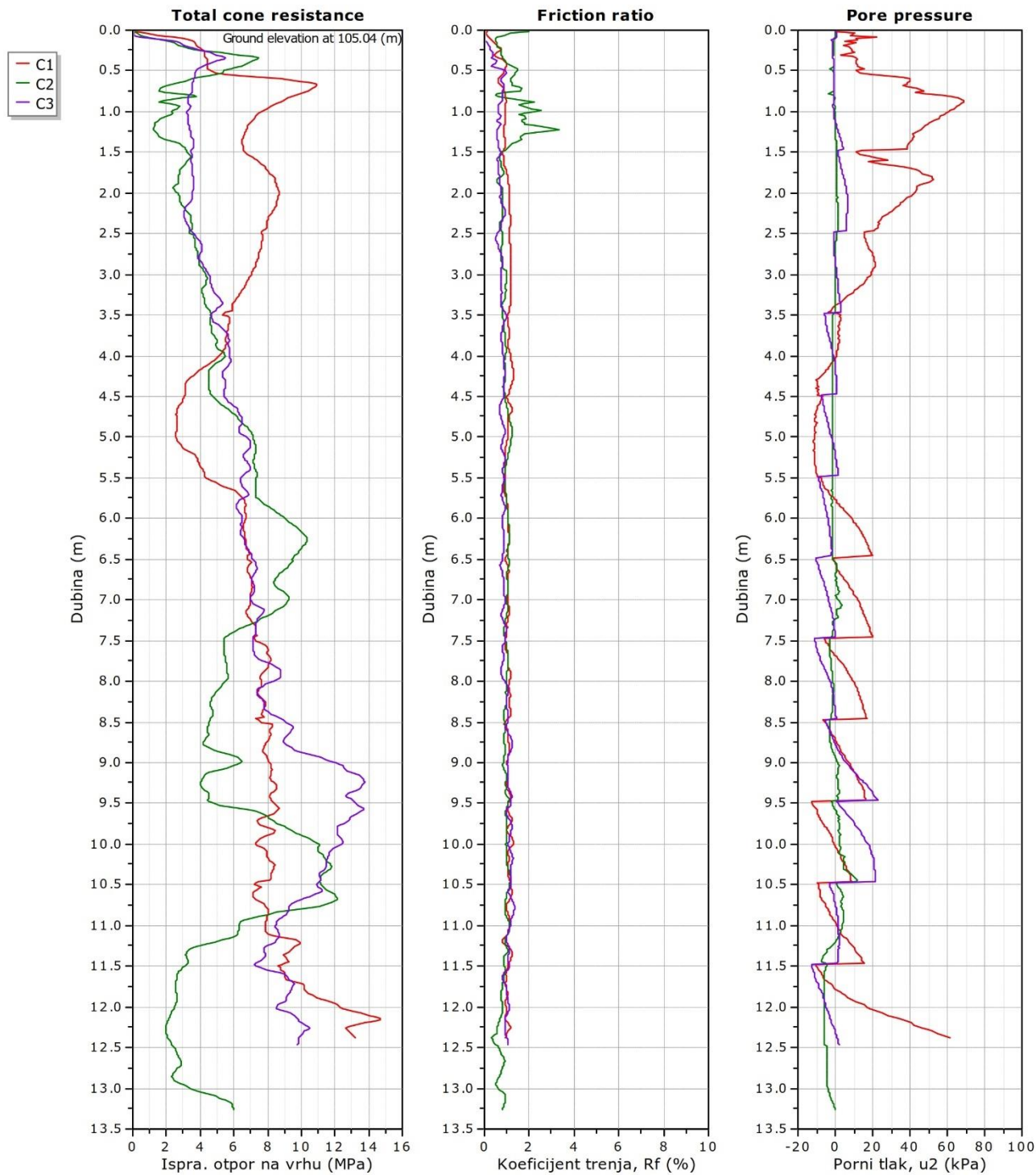
< CPTu sonda br. CPTu -3 > -ljubičasta krivulja

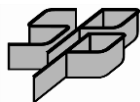


## Usporedba mjernih krivulja

Project: Crkva BDM Molve

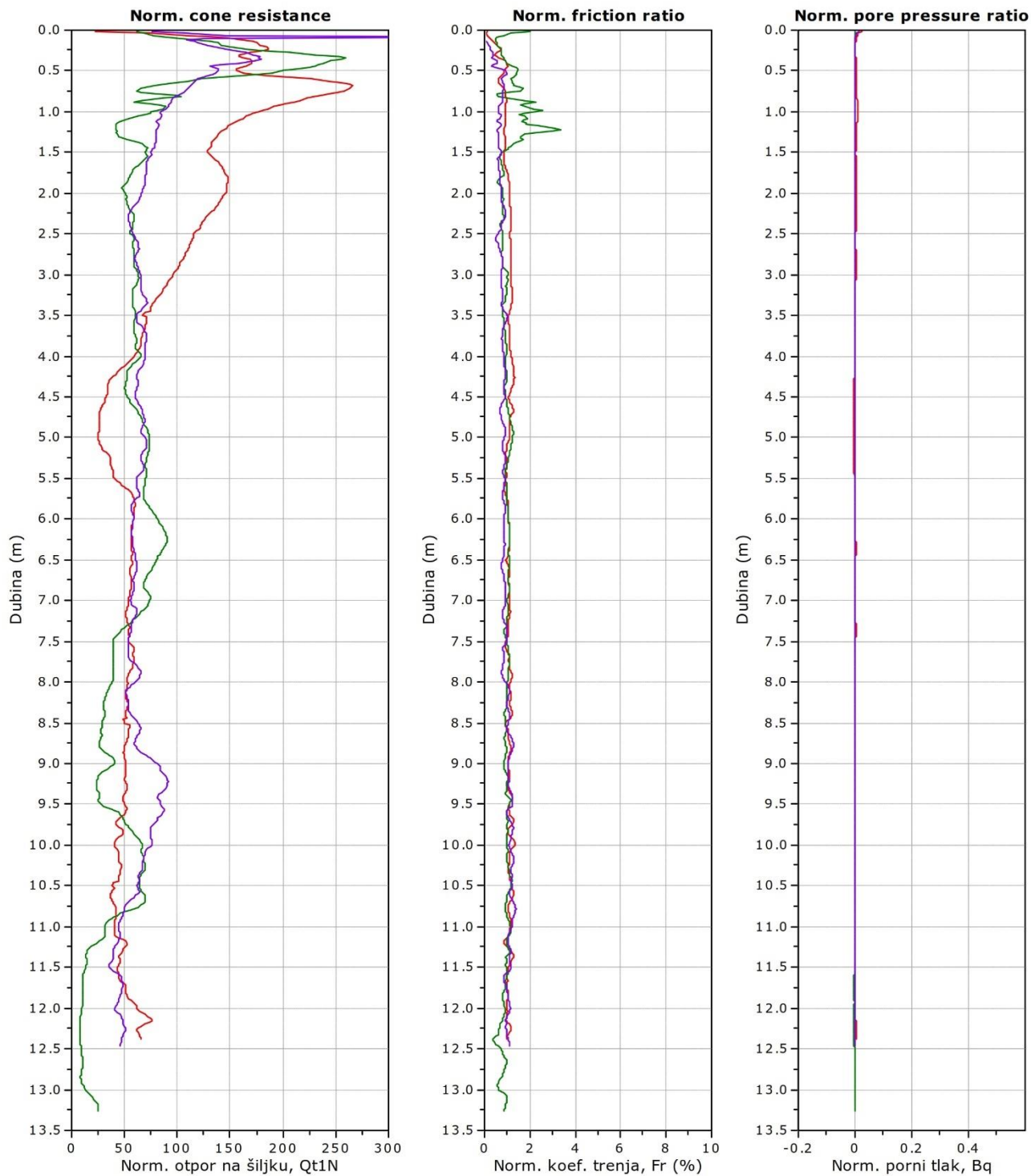
Lokacija: Molve

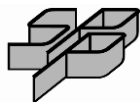
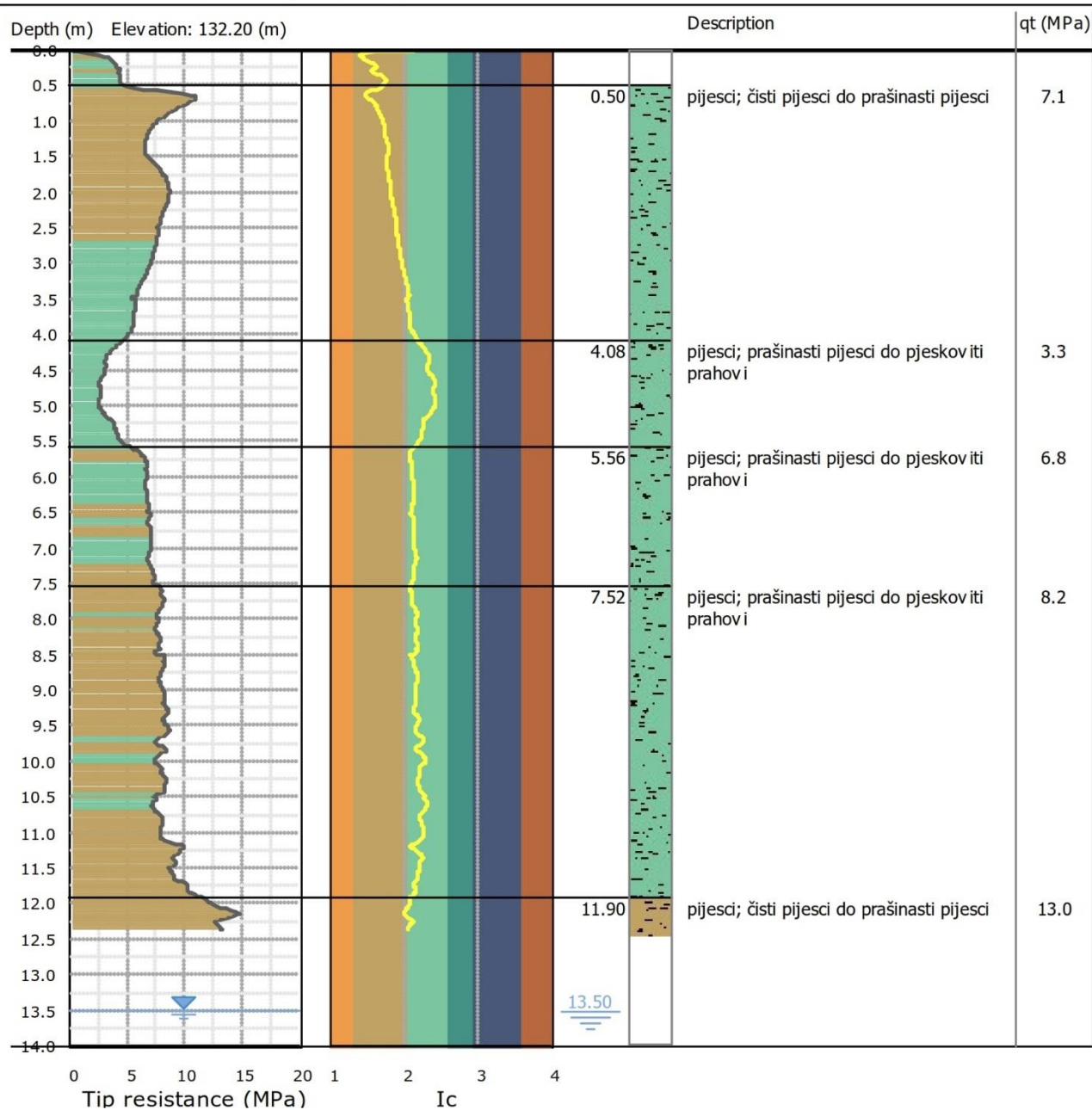


**Usporedba mjernih krivulja – normalizirane vrijednosti**

Project: Crkva BDM Molve

Lokacija: Molve

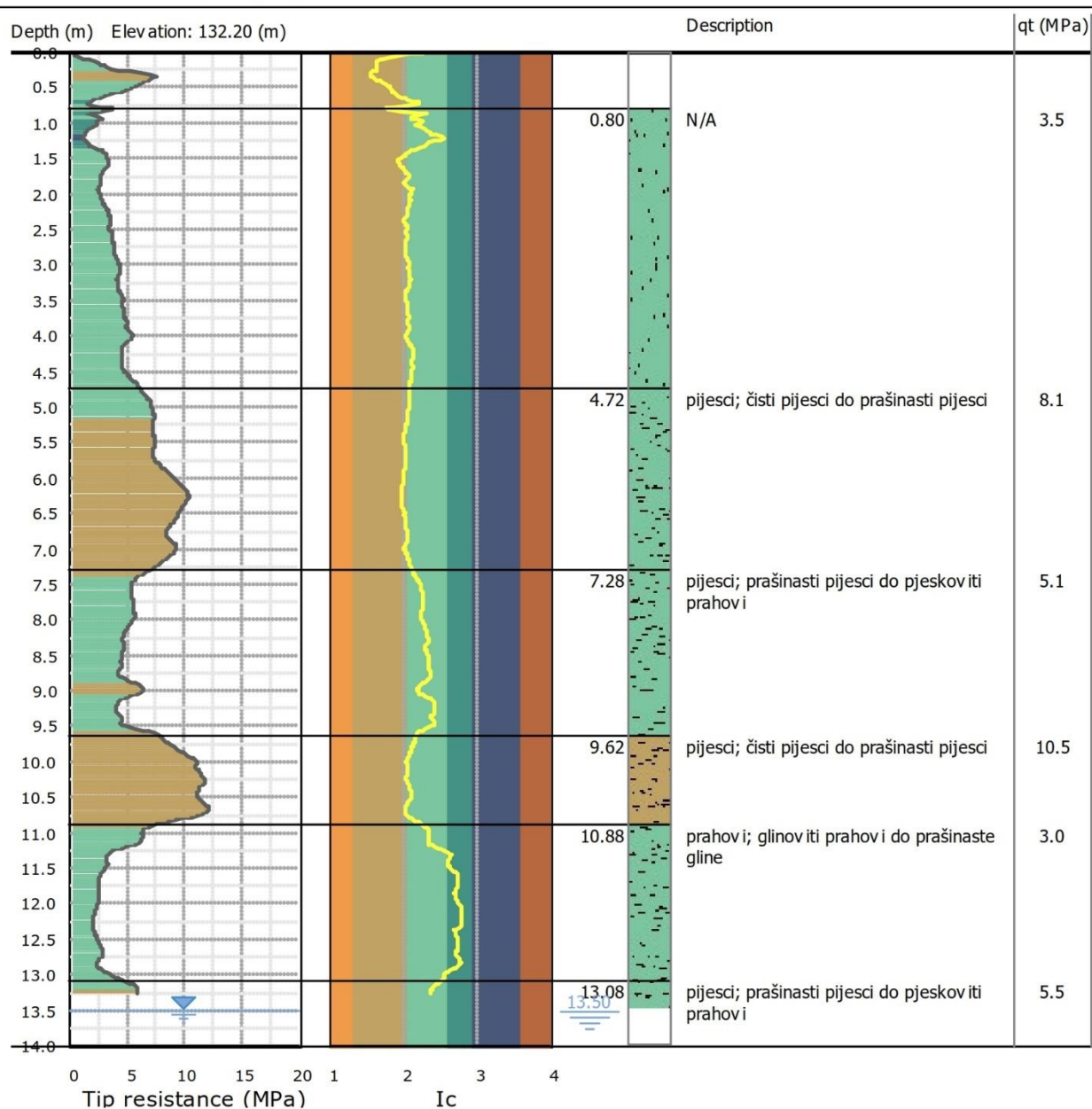


**INTERPRETACIJSKI PROFIL TLA**  
**CPTu-1****Project: Sanacija crkve BDM u Molvama****Location: k.č.br. 1/1 i 1/2, k.o. Molve**

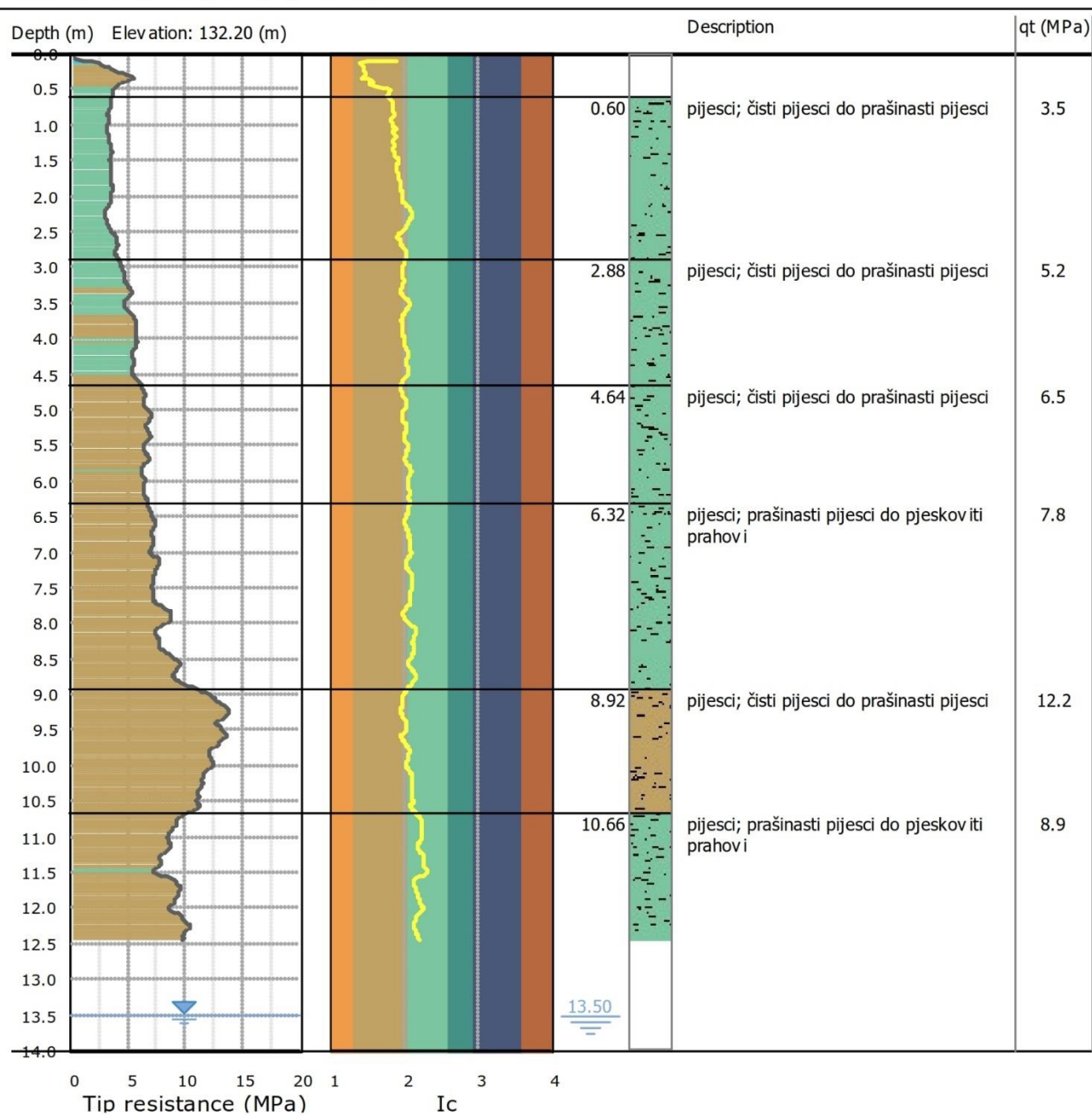


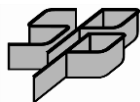
**INTERPRETACIJSKI PROFIL TLA**  
**CPTu-2**

**Project: Sanacija crkve BDM u Molvama**  
**Location: k.č.br. 1/1 i 1/2, k.o. Molve**



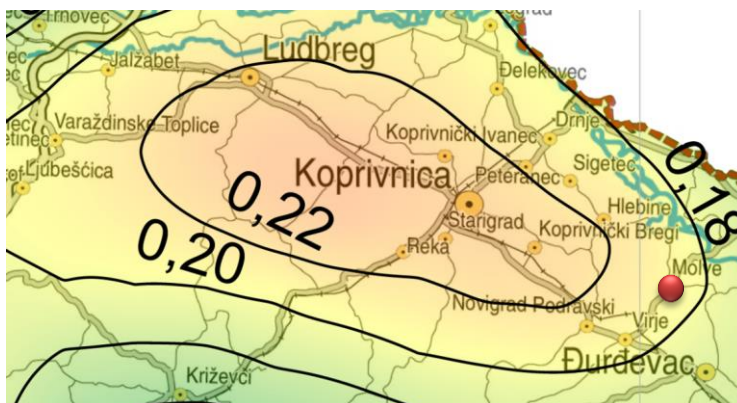
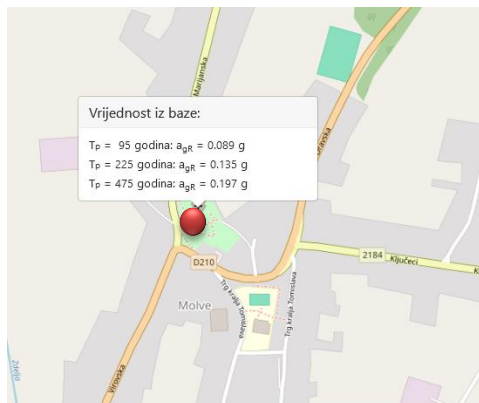


**INTERPRETACIJSKI PROFIL TLA**  
**CPTu-3****Project: Sanacija crkve BDM u Molvama****Location: k.č.br. 1/1 i 1/2, k.o. Molve**



## 5. GEOTEHNIČKE KARAKTERISTIKE TEMELJNOG TLA

Prema karti potresnih područja Republike Hrvatske, koja je sastavni dio Nacionalnog dodatka za niz normi HRN EN 1998-1:2011/NA:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija - 1.dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade, određeno je vršno ubrzanje za istražni prostor:  $a_{gR} = 0,20g$  (povratni period 475 godina).



Utjecaj svojstava temeljnog tla na seizmička djelovanja generalno se uzima u obzir svrstavajući tlo u pet razreda A, B, C, D i E, a koji se razlikuju prema karakterističnim stratigrafskim profilima i parametrima prikazanim u tablici 1.

Iz mjerenih vrijednosti na terenu, te upotrebom izraza za  $V_{s,30}$ , određeno je da tlo na istražnoj lokaciji odgovara **"C" kategoriji tla prema seizmičnosti**.

Tablica 1. Kategorizacija tla prema seizmičnosti (Eurocode 8, HRN EN 1998-1:2011)

| Kat. tla | Opis profila tla                                                                                                              | Parametri           |                              |                |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------|----------------|
|          |                                                                                                                               | $V_{s,30}$<br>(m/s) | $N_{SPT}$<br>(udaraca/30 cm) | $c_u$<br>(kPa) |
| C        | Slojevi zbijenog ili srednje zbijenog pijeska, šljunka ili čvrste gline, debljine od nekoliko desetina do više stotina metara | 180 - 360           | 15 – 50                      | 70 - 250       |

Analizom dobivenih podataka, za izradu geostatičkog proračuna, tlo je podijeljeno na sljedeće geotehničke zone:

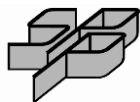
### OPIS TEMELJNOG TLA:

Temeljno tlo grade **pijesci** srednje zbijenog stanja,  $D_r = 33 - 60\%$ . Pijesci su srednjeznate krupnoće i sadrže manji udio praha (do 5%). Sukladno SBTn klasifikaciji prema ponašanju tla pješčani sediment je normalno konsolidirane karakteristike.

Za materijal normalno konsolidiranog pijeska, u svrhu izračuna modula stišljivosti odabire se faktor šiljka  $\alpha_m = 2$  ( $q_c < 5$  MPa) (HRN EN 1997-2:2012).

Klasifikacija sedimentacijskih slojeva izvršena je sukladno izdvojenim intervalima relativne zbijenosti, odnosno izmjerenom prosječnom otporu šiljka statičke sonde unutar intervala.

Podzemna voda nije utvrđena do dubine sondiranja od 13,50 m.



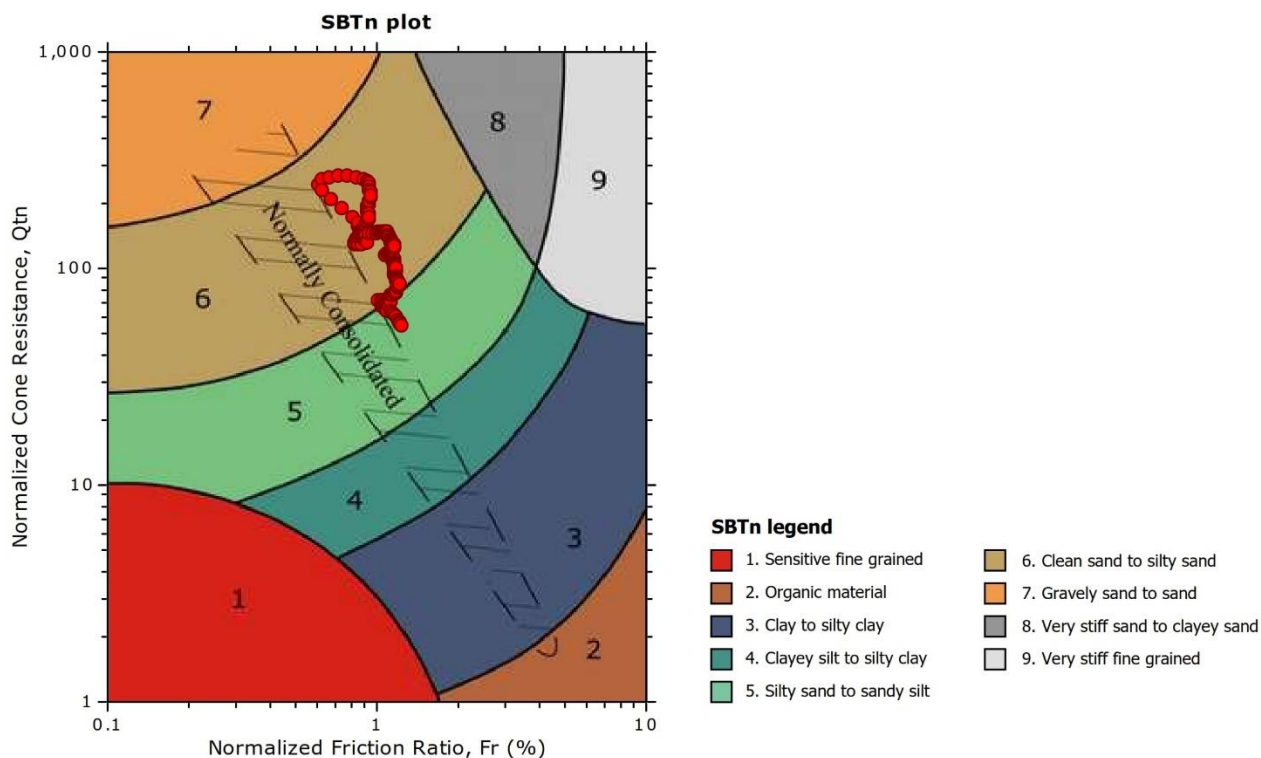
Klasifikacija sedimentacijskih slojeva izvršena je sukladno izdvojenim intervalima relativne zbijenosti, odnosno izmjerenom prosječnom otporu šiljka statičke sonde unutar intervala.

**GEOTEHNIČKA ZONA 1. 0,2 – 4,0 m****PIJESAK (čisti pijesak) – srednje zbijenog stanja**

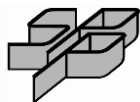
Karakteristična vrijednost korigiranog otpora sonde na šiljku u sloju  **$q_t = 6,95 \text{ MPa}$**

- zapreminska težina tla:  $\gamma = 20,1 \text{ kN/m}^3$
- broj udaraca SPT sonde:  $N_{60} = 14 \text{ ud./stopi}$
- relativna zbijenost:  $Dr = 60\%$
- parametri stižljivosti na osnovi CPTu ispitivanja:  $M = \alpha_m \cdot q_t = 2 \cdot 6,9 \text{ MPa} \approx 14,0 \text{ MPa}$
- drenirani parametri čvrstoće: kut unutrašnjeg trenja  $\phi = 34^\circ$ ,  $c = 2 \text{ kPa}$

**Project: Sanacija crkve BDM u Molvama**  
**Statistical results for user defined layer 1**

**:: Tabular results for cone resistance values ::**

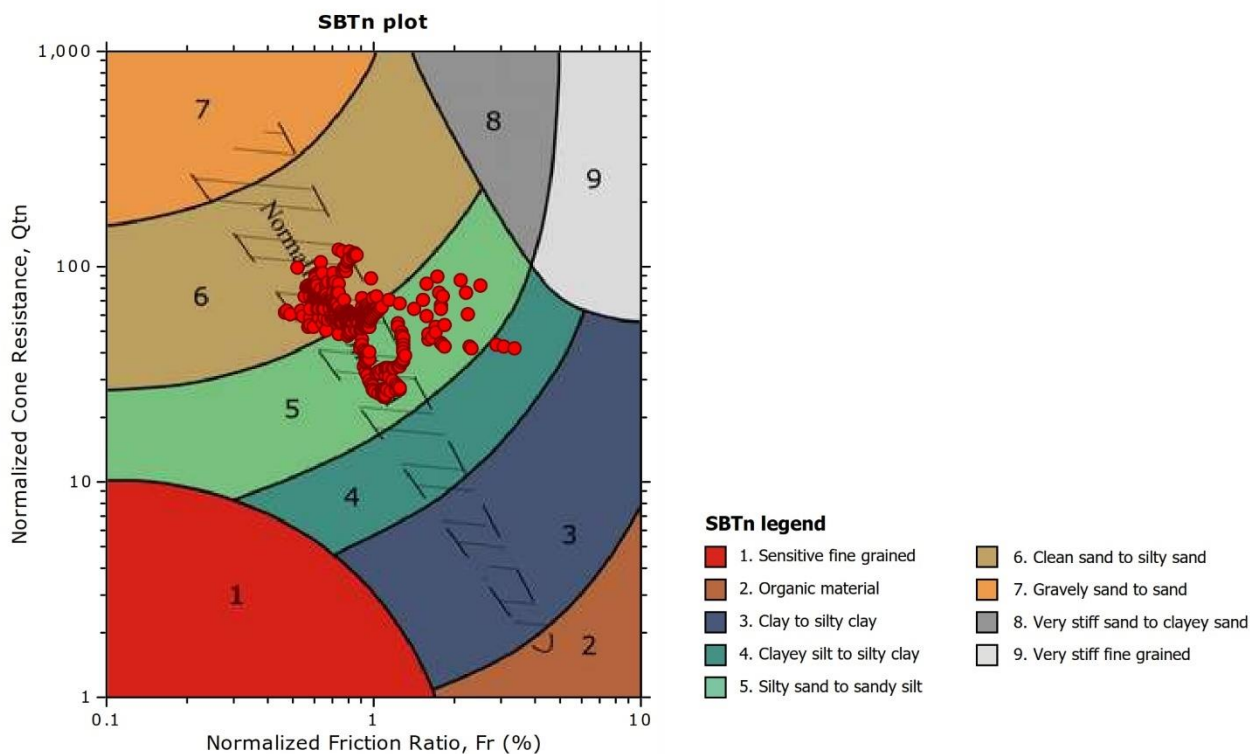
| CPT Name  | Start depth (m) | End depth (m) | Average qt (MPa) | No points | StdDev | Min. charact. qt value (MPa) | Min. qt value (MPa) |
|-----------|-----------------|---------------|------------------|-----------|--------|------------------------------|---------------------|
| CPTu-1    | 0.50            | 4.08          | 7.12             | 180       | 1.35   | 6.95                         | 4.60                |
| All CPT's |                 |               | 7.24             | 180       | 1.34   | 7.07                         | 4.6                 |

**GEOTEHNIČKA ZONA 2. 4,0 – 5,0 m****PIJESAK – srednje zbijenog stanja**

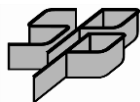
Karakteristična vrijednost korigiranog otpora sonde na šiljku u sloju  **$q_t = 3,51 \text{ MPa}$**

- zapreminska težina tla:  $\gamma = 18,6 \text{ kN/m}^3$
- broj udaraca SPT sonde:  $N_{60} = 9 \text{ ud./stopi}$
- relativna zbijenost:  $Dr = 40\%$
- parametri stižljivosti na osnovi CPTu ispitivanja:  $M = \alpha_m \cdot q_t = 2 \cdot 3,5 \text{ MPa} \cong 7,0 \text{ MPa}$
- drenirani parametri čvrstoće: kut unutrašnjeg trenja  $\phi = 32^\circ$ ,  $c = 2 \text{ kPa}$

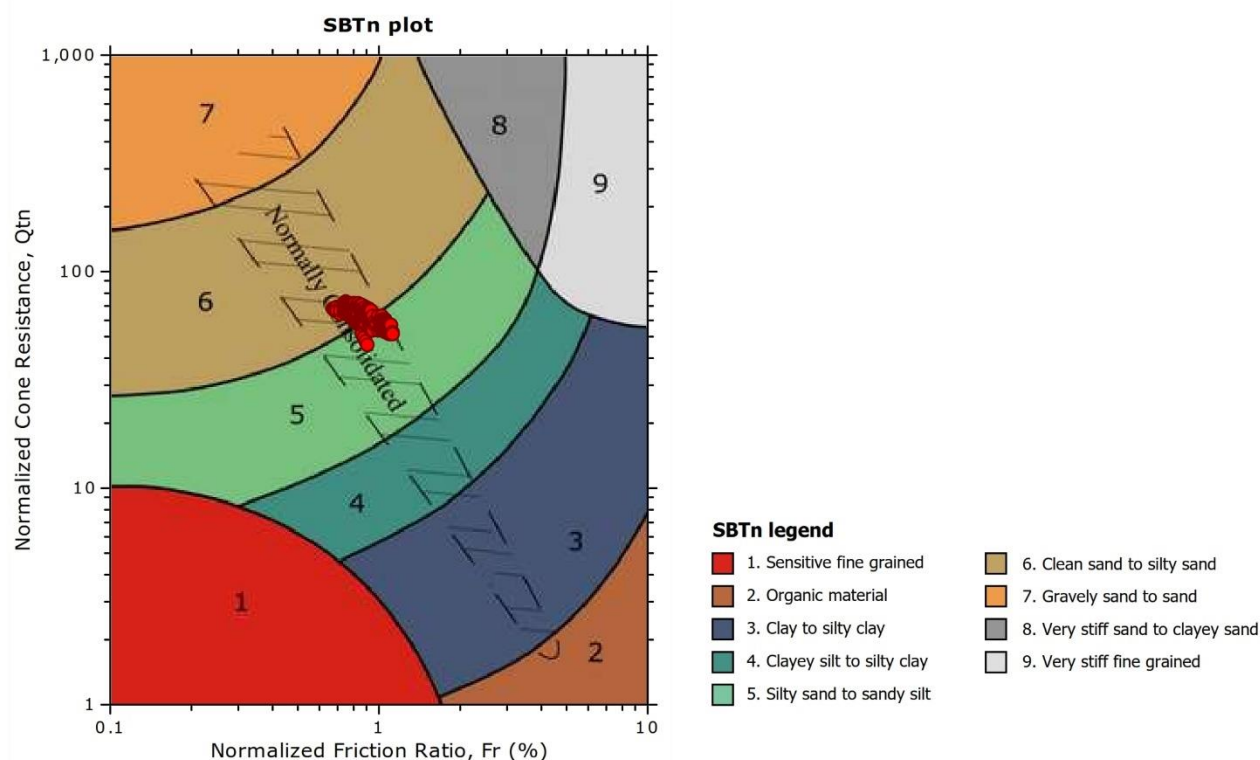
**Project: Sanacija crkve BDM u Molvama**  
**Statistical results for user defined layer 2**

**:: Tabular results for cone resistance values ::**

| CPT Name         | Start depth (m) | End depth (m) | Average $q_t$ (MPa) | No points  | StdDev      | Min. charact. $q_t$ value (MPa) | Min. $q_t$ value (MPa) |
|------------------|-----------------|---------------|---------------------|------------|-------------|---------------------------------|------------------------|
| CPTu-1           | 4.08            | 5.56          | 3.26                | 75         | 0.69        | 3.13                            | 2.54                   |
| CPTu-2           | 0.80            | 4.72          | 3.53                | 197        | 1.12        | 3.40                            | 1.24                   |
| CPTu-3           | 0.60            | 2.88          | 3.50                | 115        | 0.27        | 3.46                            | 3.00                   |
| <b>All CPT's</b> |                 |               | <b>3.59</b>         | <b>387</b> | <b>0.87</b> | <b>3.51</b>                     | <b>1.24</b>            |

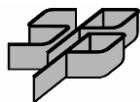
**GEOTEHNIČKA ZONA (3) 5,0 – 6,3 m****PIJESAK – srednje zbijenog stanja**Karakteristična vrijednost korigiranog otpora sonde na šiljku u sloju  **$q_t = 6,13 \text{ MPa}$** 

- zapreminska težina tla:  $\gamma = 19,3 \text{ kN/m}^3$
- broj udaraca SPT sonde:  $N_{60} = 14 \text{ ud./stopi}$
- relativna zbijenost:  $Dr = 44\%$
- parametri stižljivosti na osnovi CPTu ispitivanja:  $M = \alpha_m \cdot q_t = 2 \cdot 6,1 \text{ MPa} \cong 12,0 \text{ MPa}$
- drenirani parametri čvrstoće: kut unutrašnjeg trenja  $\phi = 33^\circ$ ,  $c = 2 \text{ kPa}$

**Project: Sanacija crkve BDM u Molvama**  
**Statistical results for user defined layer 3****:: Tabular results for cone resistance values ::**

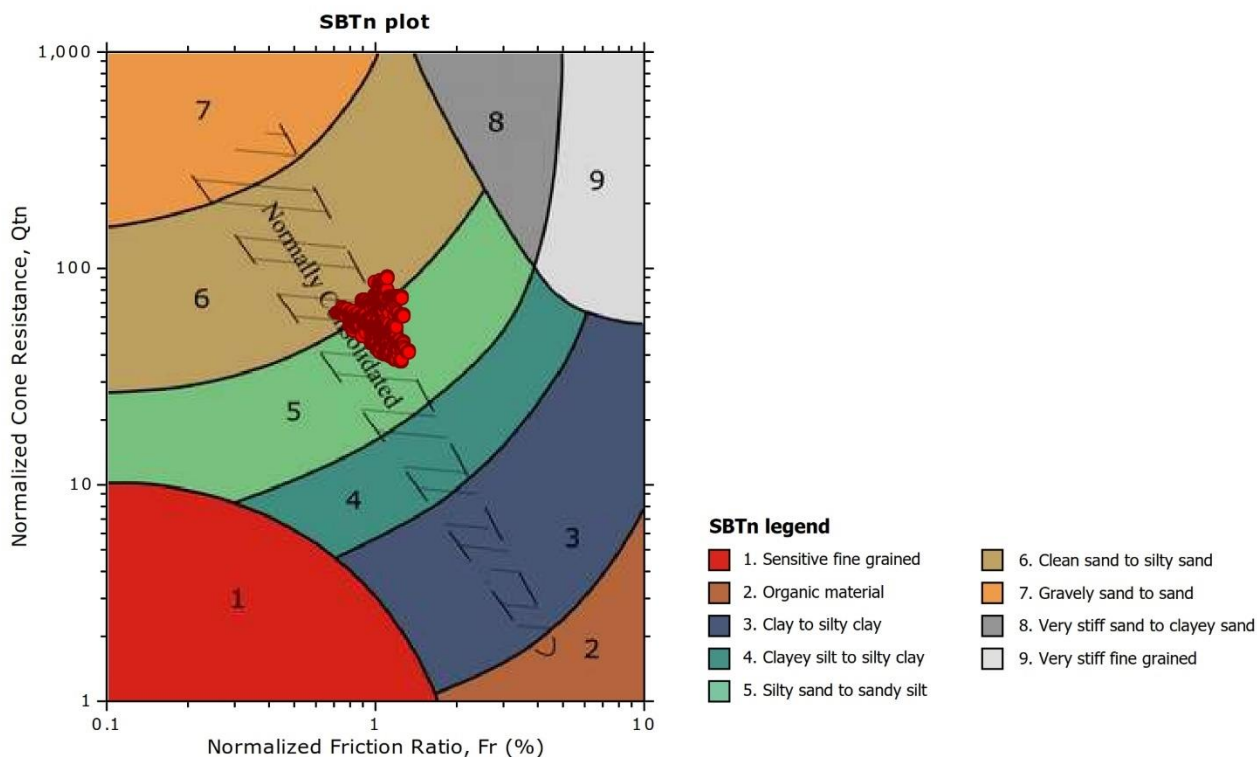
| CPT Name         | Start depth (m) | End depth (m) | Average $q_t$ (MPa) | No points  | StdDev      | Min. charact. $q_t$ value (MPa) | Min. $q_t$ value (MPa) |
|------------------|-----------------|---------------|---------------------|------------|-------------|---------------------------------|------------------------|
| CPTu-1           | 5.56            | 7.52          | 6.77                | 99         | 0.42        | 6.70                            | 4.93                   |
| CPTu-3           | 2.88            | 4.64          | 5.22                | 89         | 0.48        | 5.14                            | 4.15                   |
| CPTu-3           | 4.64            | 6.32          | 6.54                | 85         | 0.24        | 6.50                            | 6.11                   |
| <b>All CPT's</b> |                 |               | <b>6.21</b>         | <b>273</b> | <b>0.79</b> | <b>6.13</b>                     | <b>4.15</b>            |



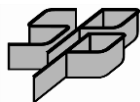
**GEOTEHNIČKA ZONA 4. 6,3 – 8,5 m****PIJESAK – srednje zbijenog stanja**Karakteristična vrijednost korigiranog otpora sonde na šiljku u sloju  **$q_t = 8,05 \text{ MPa}$** 

- zapreminska težina tla:  $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
- broj udaraca SPT sonde:  $N_{60} = 20 \text{ ud./stopi}$
- relativna zbijenost:  $Dr = 43\%$
- parametri stižljivosti na osnovi CPTu ispitivanja:  $M = \alpha_m \cdot q_t = 2 \cdot 8,0 \text{ MPa} \cong 16,0 \text{ MPa}$
- drenirani parametri čvrstoće: kut unutrašnjeg trenja  $\phi = 33^\circ$ ,  $c = 2 \text{ kPa}$

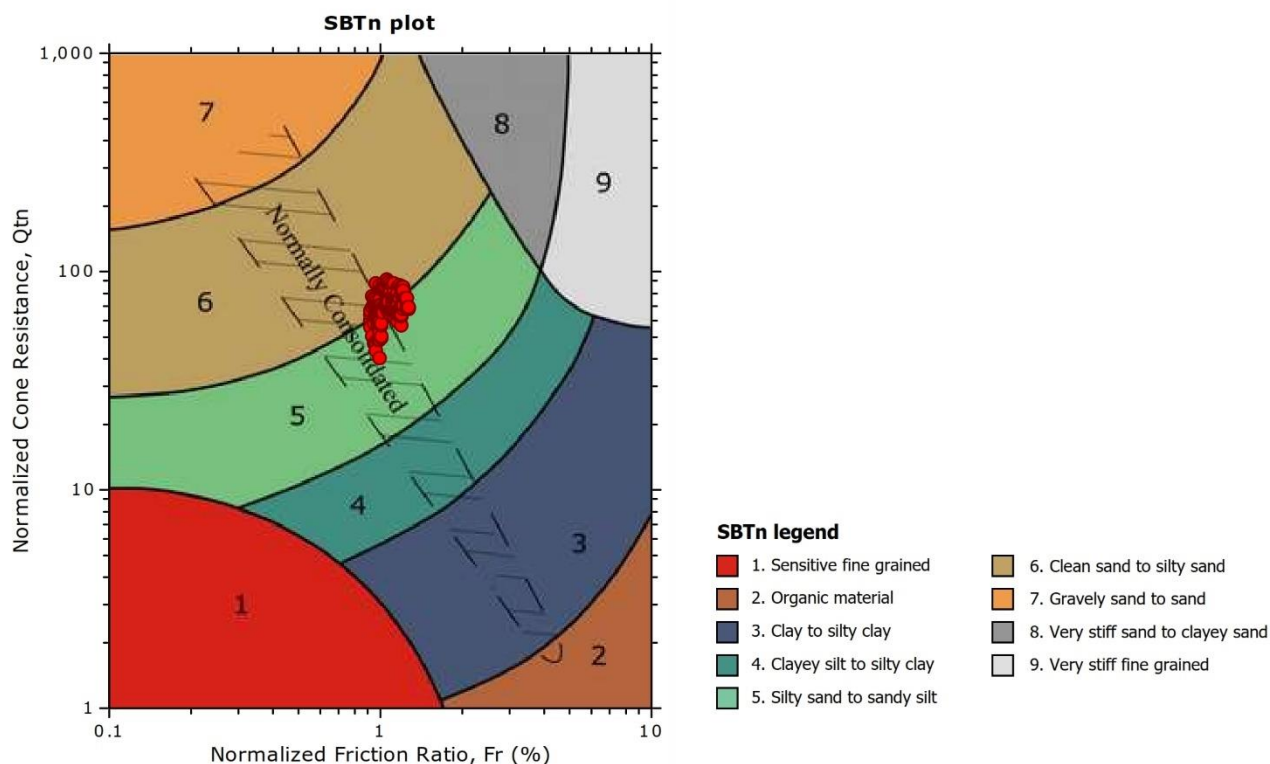
Project: Sanacija crkve BDM u Molvama  
Statistical results for user defined layer 4

**:: Tabular results for cone resistance values ::**

| CPT Name         | Start depth (m) | End depth (m) | Average qt (MPa) | No points  | StdDev      | Min. charact. qt value (MPa) | Min. qt value (MPa) |
|------------------|-----------------|---------------|------------------|------------|-------------|------------------------------|---------------------|
| CPTu-1           | 7.52            | 11.90         | 8.18             | 220        | 0.74        | 8.10                         | 7.12                |
| CPTu-2           | 4.72            | 7.28          | 8.15             | 129        | 1.15        | 7.98                         | 6.04                |
| CPTu-3           | 6.32            | 8.92          | 7.80             | 131        | 0.90        | 7.67                         | 6.67                |
| <b>All CPT's</b> |                 |               | <b>8.12</b>      | <b>480</b> | <b>0.92</b> | <b>8.05</b>                  | <b>6.04</b>         |

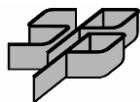
**GEOTEHNIČKA ZONA (5) 8,5 – 11,0 m****PIJESAK – srednje zbijenog stanja**Karakteristična vrijednost korigiranog otpora sonde na šiljku u sloju  **$q_t = 11,54$  MPa**

- zapreminska težina tla:  $\gamma = 21,0$  kN/m<sup>3</sup>
- broj udaraca SPT sonde:  $N_{60} = 33$  ud./stopi
- relativna zbijenost:  $Dr = 46\%$
- parametri stižljivosti na osnovi CPTu ispitivanja:  $M = \alpha_m \cdot q_t = 2 \cdot 11,5$  MPa  $\approx 23,0$  MPa
- drenirani parametri čvrstoće: kut unutrašnjeg trenja  $\phi = 34^\circ$ ,  $c = 2$  kPa

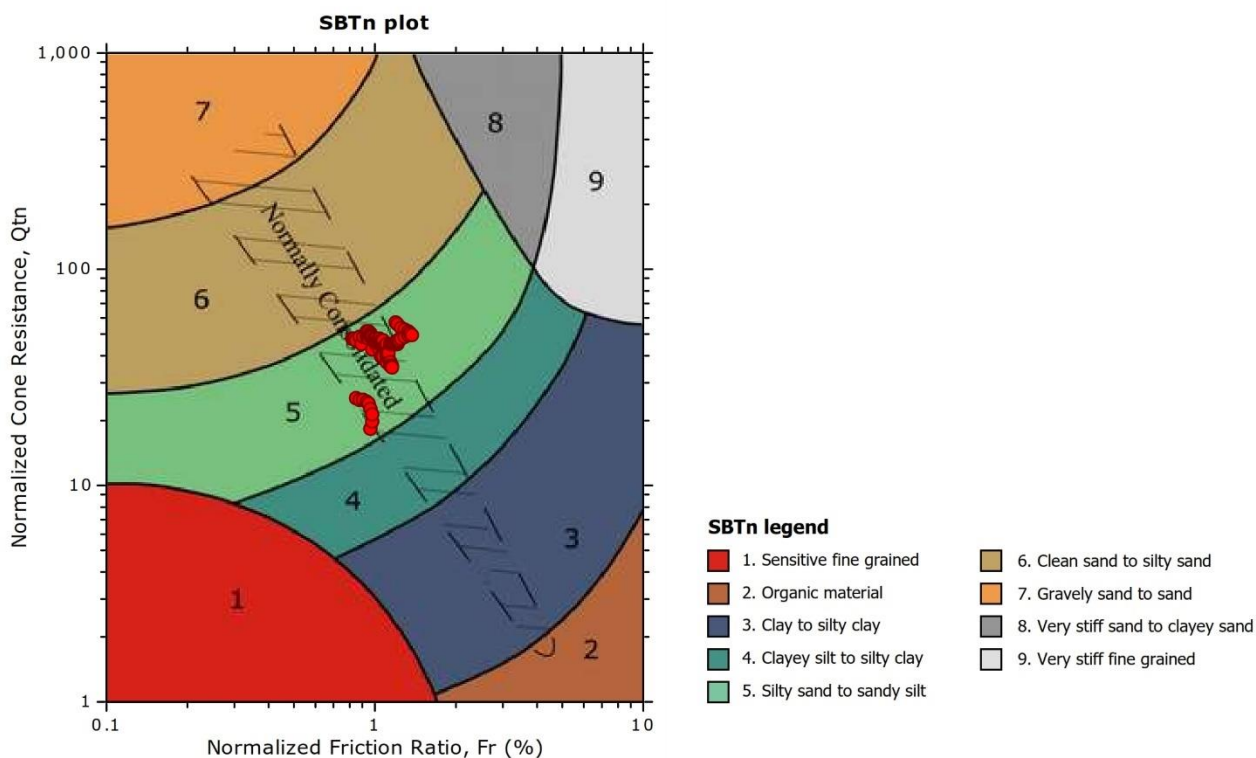
**Project: Sanacija crkve BDM u Molvama**  
**Statistical results for user defined layer 5****:: Tabular results for cone resistance values ::**

| CPT Name         | Start depth (m) | End depth (m) | Average qt (MPa) | No points  | StdDev      | Min. charact. qt value (MPa) | Min. qt value (MPa) |
|------------------|-----------------|---------------|------------------|------------|-------------|------------------------------|---------------------|
| CPTu-1           | 11.90           | 12.46         | 12.96            | 24         | 0.98        | 12.62                        | 11.17               |
| CPTu-2           | 9.62            | 10.88         | 10.45            | 64         | 1.34        | 10.17                        | 7.55                |
| CPTu-3           | 8.92            | 10.66         | 12.20            | 88         | 0.93        | 12.03                        | 10.21               |
| <b>All CPT's</b> |                 |               | <b>11.72</b>     | <b>176</b> | <b>1.44</b> | <b>11.54</b>                 | <b>7.55</b>         |

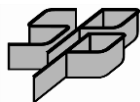


**GEOTEHNIČKA ZONA (6) 11,0 – 13,0 m****PIJESAK – srednje zbijenog stanja**Karakteristična vrijednost korigiranog otpora sonde na šiljku u sloju  **$q_t = 8,45 \text{ MPa}$** 

- zapreminska težina tla:  $\gamma = 20,5 \text{ kN/m}^3$
- broj udaraca SPT sonde:  $N_{60} = 27 \text{ ud./stopi}$
- relativna zbijenost:  $Dr = 33\%$
- parametri stižljivosti na osnovi CPTu ispitivanja:  $M = \alpha_m \cdot q_t = 2 \cdot 8,4 \text{ MPa} \approx 17,0 \text{ MPa}$
- drenirani parametri čvrstoće: kut unutrašnjeg trenja  $\phi = 32^\circ$ ,  $c = 2 \text{ kPa}$

Project: Sanacija crkve BDM u Molvama  
Statistical results for user defined layer 6**:: Tabular results for cone resistance values ::**

| CPT Name         | Start depth (m) | End depth (m) | Average qt (MPa) | No points | StdDev      | Min. charact. qt value (MPa) | Min. qt value (MPa) |
|------------------|-----------------|---------------|------------------|-----------|-------------|------------------------------|---------------------|
| CPTu-2           | 13.08           | 13.46         | 5.47             | 9         | 0.50        | 5.16                         | 4.57                |
| CPTu-3           | 10.66           | 12.46         | 8.94             | 90        | 0.81        | 8.80                         | 7.20                |
| <b>All CPT's</b> |                 |               | <b>8.66</b>      | <b>99</b> | <b>1.27</b> | <b>8.45</b>                  | <b>4.57</b>         |



## **6. GEOSTATIČKE ANALIZE**

### **6.1. ANALIZA NOSIVOSTI**

Nosivost tla sukladno Aneksu D, Eurokoda 7 (EC7, HRN EN 1997-1:2012) izvodi se iz teorije plastičnosti i eksperimentalnih rezultata. Mehanička čvrstoća tla predstavljena je u dreniranim uvjetima sa  $c'$  i  $\varphi'$ .

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 osnovice temelja koji je rezultantnom silom centrički opterećen,

$R$  - dopušteni otpor tla

$\gamma$  - težina tla ispod razine temeljnog dna,

$\gamma'$  - računski zapreminska težina tla,

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

$\varphi'$  - računski kut posmične čvrstoće tla,

$c'$  - računski kohezija tla,

$N_\gamma$  i  $N_c$  - faktori nosivosti,

$b_c, b_q, b_\gamma$  - faktori nagiba temeljne plohe,

$s_c, s_q, s_\gamma$  - faktor oblika temelja,

$i_c, i_q, i_\gamma$  - faktori nagiba rezultante.

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

$$q_u = R/A' = (\pi+2) c_u b_c s_c i_c + q$$

S bezdimenzionalnim koeficijentima:

nagib osnovice temelja:  $b_c = 1 - 2\alpha / (\pi + 2)$

oblik temelja:  $s_c = 1 + 0,2 (B'/L')$  za pravokutni oblik  $s_c = 1,2$  za kvadratni ili kružni oblik

nagib opterećenja prouzročen horizontalnim opterećenjem  $H$ :

$$i_c = 0,5 \cdot \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A' \cdot c_u}} \right)$$
$$H \leq A' c_u$$

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 2:



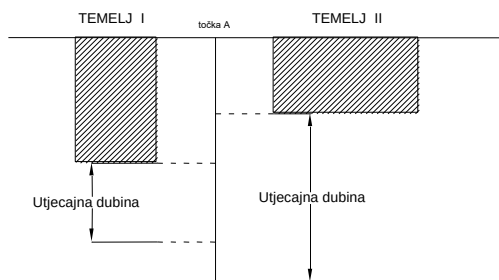
Tablica 2. Parcijalni faktori sigurnosti prema Eurokodu 7 (EC7, HRN EN 1997-1:2012)

| 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 ( $\tan \phi'$ ) |            | $\gamma_{\phi'}$  | 1,25 |                                     |     | 1,0 | 1,25 |     |     |     |
| Efektivna kohezija ( $c'$ )                   |            | $\gamma_{c'}$     | 1,25 |                                     |     | 1,0 | 1,25 |     |     |     |
| Nedrenirana posmična čvrstoća ( $c_u$ )       |            | $\gamma_{cu}$     | 1,4  |                                     |     | 1,0 | 1,4  |     |     |     |
| Jednoosna tlačna čvrstoća ( $q_u$ )           |            | $\gamma_{qu}$     | 1,4  |                                     |     | 1,0 | 1,4  |     |     |     |
| Zapreminska težina ( $\gamma$ )               |            | $\gamma_{\gamma}$ | 1,0  |                                     |     | 1,0 | 1,0  |     |     |     |
| Otpor nosivosti ( $R_v$ )                     |            | $\gamma_{Rv}$     |      |                                     |     |     |      | 1,0 | 1,4 | 1,0 |
| Posmični otpor ( $R_h$ )                      |            | $\gamma_{Rh}$     |      |                                     |     |     |      | 1,0 | 1,1 | 1,0 |
| Otpor tla ( $R_n$ )                           |            | $\gamma_{Re}$     |      |                                     |     |     |      | 1,0 | 1,4 | 1,0 |

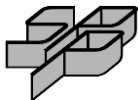
## 6.2. ANALIZA SLIJEGANJA

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.

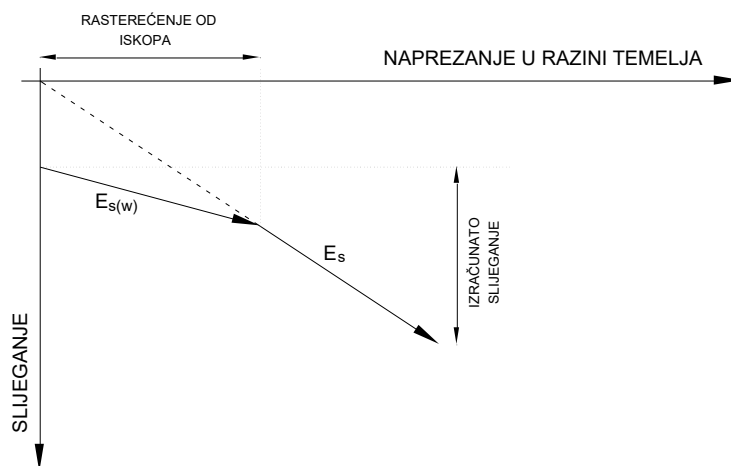
Model tla i raspodjela opterećenja od građevine za potrebe analize slijeganja izrađen je pomoću računalnog programa GGU-SETTLE. Program omogućava izračun slijeganja u 3D projekciji uključujući međusoban utjecaj temelja. Teorijske postavke te algoritam izračuna preuzet je iz priručnika "Foundation Engineering 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 stižljivosti pri rasterećenju kao i određivanje dubine utjecajnih slijeganja za svaki pojedini kao i za skupinu temelja.



Slika 5. Utjecajne dubine naprezanja



Kod modeliranja tlocrtne 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.

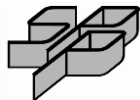
Slika 6 prikazuje kako se ovaj modul u proračunu slijeganja uključuje za parcijal naprezanja koji je jednak rasterećenju tla na koti temeljnog iskopa, a slijeganje zbog dodatnih naprezanja od građevine računa se uz upotrebu modula stišljivosti  $E_s$ .

### 6.3. MODUL REAKCIJE TLA

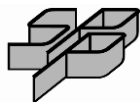
Kao referentan pokazatelj deformacijskog ponašanja tla može se smatrati modul reakcije tla  $k_s$ . Modul reakcije tla je funkcija oblika i veličine kontaktne plohe, rasporeda i intenziteta opterećenja te sastava i svojstva tla. Kod proračunskog modela kod kojeg je tlo zamijenjeno sustavom opruga (Winklerov 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".



## **7. RAČUN NOSIVOSTI TEMELJNOG TLA**

**7.1. ANALIZA NOSIVOSTI (temeljna traka B=1,8 m, D=1,9 m)****A. Podaci o tlu:**

|                                     |             |                        |
|-------------------------------------|-------------|------------------------|
| - kut unutrašnjeg trenja            | $\varphi =$ | 31.0 °                 |
| - unutrašnja kohezija               | $c =$       | 2.0 kN/m <sup>2</sup>  |
| - objamska težina tla iznad temelja | $\gamma =$  | 19.0 kN/m <sup>3</sup> |
| - objamska težina tla ispod temelja | $\gamma' =$ | 19.0 kN/m <sup>3</sup> |
| - razina podzemne vode u proračunu  | RPV =       | 13.0 m                 |

**B. Podaci o temelju:**

|                           |                           |                        |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|
| - oblik temelja -         | <b>TEMELJNA TRAKA</b>     |                        |
| - dubina temeljenja       | $D =$                     | 1.90 m                 |
| - dubina širokog iskopa   | $D_i =$                   | 0.00 m                 |
| - visina temelja          | $t =$                     | 1.80 m                 |
| - širina temelja          | $B =$                     | 1.80 m                 |
| - dužina temelja          | $L =$                     | 10.0 m                 |
| - objamska težina betona  | $\gamma_{\text{beton}} =$ | 25.0 kN/m <sup>3</sup> |
| - 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          | $W =$       | 810.0 kN |
| - geološko naprezanje na temeljnoj dubini | $q =$       | 36.1 kPa |

**D. Projektna djelovanja:**

|                                                                                                                                                                                           |       |   |           |                           |           |            |        |                |      |   |        |       |   |        |       |                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---|-----------|---------------------------|-----------|------------|--------|----------------|------|---|--------|-------|---|--------|-------|----------------|
| Vertikalna sila - GLAVNO:                                                                                                                                                                 | $P_k$ | = | 4500.0 kN | $P_d = P_k * \gamma_G =$  | 6075.0 kN | $e_B =$    | 0.00 m |                |      |   |        |       |   |        |       |                |
| Vertikalna sila - POKRETNOST:                                                                                                                                                             | $Q_k$ | = | 675.0 kN  | $Q_d = Q_k * \gamma_Q =$  | 1012.5 kN | $e_L =$    | 0.00 m |                |      |   |        |       |   |        |       |                |
| Vlastita težina:                                                                                                                                                                          |       |   |           | $W_d = W * \gamma_G =$    | 1093.5 kN |            |        |                |      |   |        |       |   |        |       |                |
| Ukupna vertikalna djelovanja:                                                                                                                                                             |       |   |           | $V_d = P_d + Q_d + W_d =$ | 8181.0 kN |            |        |                |      |   |        |       |   |        |       |                |
| Horizontalna sila - GLAVNO::                                                                                                                                                              | $H_k$ | = | 0.0 kN    | $H_d = H * \gamma_G =$    | 0.0 kN    | U SMJERU L | 0 °    |                |      |   |        |       |   |        |       |                |
| <table><tr><td><math>B' =</math></td><td>1.80</td><td>m</td><td><math>L' =</math></td><td>10.00</td><td>m</td><td><math>A' =</math></td><td>18.00</td><td>m<sup>2</sup></td></tr></table> |       |   |           |                           |           |            |        | $B' =$         | 1.80 | m | $L' =$ | 10.00 | m | $A' =$ | 18.00 | m <sup>2</sup> |
| $B' =$                                                                                                                                                                                    | 1.80  | m | $L' =$    | 10.00                     | m         | $A' =$     | 18.00  | m <sup>2</sup> |      |   |        |       |   |        |       |                |

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, $\gamma_G$   | 1.35 |
| - efektivna kohezija, $\gamma_c$                    | 1.25 | - pokretna djelovanja, $\gamma_Q$ | 1.50 |
| - koeficijent otpora tla, $\gamma_{Rv}$             | 1.00 |                                   |      |
| - zapreminska težina, $\gamma_\gamma$               | 1.00 |                                   |      |

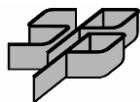
|                         |                                   |              |         |
|-------------------------|-----------------------------------|--------------|---------|
| Računski parametri tla: | - efektivna kohezija              | $c' =$       | 1.6 kPa |
|                         | - efektivni kut posmične čvrstoće | $\varphi' =$ | 25.7 °  |

|                    |                   |                              |                            |
|--------------------|-------------------|------------------------------|----------------------------|
| Faktori nosivosti: | Faktori oblika:   | Faktori nagiba baze temelja: | Inklinacija V sile zbog H: |
| $N_c =$ 21.74      | $s_c =$ 1.09      | $b_c =$ 1.00                 | $i_c =$ 1.00               |
| $N_q =$ 11.45      | $s_q =$ 1.08      | $b_q =$ 1.00                 | $i_q =$ 1.00               |
| $N_\gamma =$ 10.05 | $s_\gamma =$ 0.95 | $b_\gamma =$ 1.00            | $i_\gamma =$ 1.00          |
|                    |                   |                              | $m =$ 1.153                |

|                                           |                             |                   |
|-------------------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| <b>Dozvoljeno opterećenje tla:</b>        | $q_u =$                     | <b>645.77 kPa</b> |
| Dozvoljena nosivost proračunatog temelja: | $R_k =$                     | 11623.91 kN       |
| Dozvoljeni otpor tla proračunatog temelja | $R_d = R_k / \gamma_{Rv} =$ | 11623.91 kN       |
| Faktor predimenzioniranja:                | $\Gamma =$                  | 1.42              |

UVJET  $V_d < R_d$  JE ZADOVOLJEN JER VRIJEDI **8.18** < **11.62 MN**



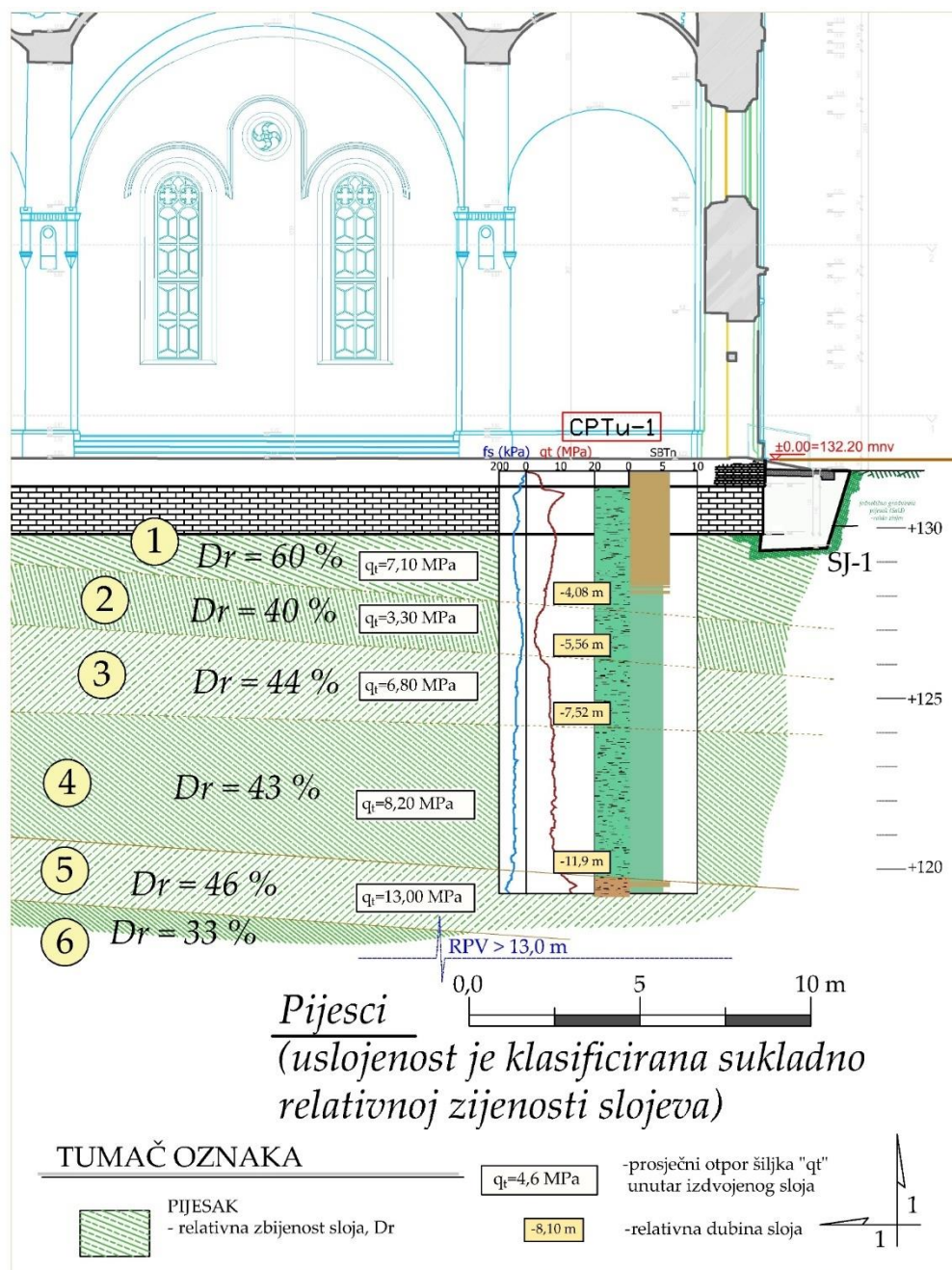


## 8. ZAKLJUČAK

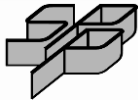
Za potrebe izrade geotecnčkog elaborata u svrhu sanacije građevine crkve Uznesenja Blažene Djevice Marije u Molvama, provedeno je ispitivanje temeljnog tla statičkom penetracijom sa mjerenjem pornog tlaka (CPTu) na ukupno tri (3) istražne sonde, te su izvedena dva iskopa sondažnih jama (SJ) uz temelje građevine. Položajni plan ispitivanja prikazan je na slici 1.

### Litološki opis lokacije

Temeljno tlo grade pijesci, srednje zbijenog stanja, relativne zbijenosti  $Dr = 33 - 60\%$  i utvrđeni su do dubine ispitivanja od 13,5 m. Sukladno detektiranoj promjenjivoj zbijenosti intervala sedimenta, klasificirana je uslojenost tla. Sonde ukazuju na subhorizontalne sedimentacijske slojeve, a litološki profil tla na lokaciji podijeljen je u 6 geotecnčkih zona, slika 7.



Slika 7. Geotecnčki profil tla na prostoru građevine crkve.



---

**RASPON PARAMETARA TEMELJNOG TLA; - pijesci**

- zapreminska težina tla:  $\gamma = 18,6 - 21,0 \text{ kN/m}^3$
- broj udaraca SPT sonde:  $N_{60} = 9 - 33 \text{ ud./stopi}$
- relativna zbijenost:  $Dr = 33 - 60\%$
- drenirani parametri čvrstoće: kut unutrašnjeg trenja  $\phi = 31-34^\circ$ ,  $c = 2 \text{ kPa}$

Za materijal normalno konsolidiranog pijeska, u svrhu izračuna modula stišljivosti odabire se faktor šiljka  $\alpha_m = 2$  ( $q_c < 5 \text{ MPa}$ ; HRN EN 1997-2:2012).

1. 0,20 – 4,00 m; Pijesak (čisti), srednje zbijen,  $Dr = 60\%$ , modul stišljivosti  $M = 14 \text{ MPa}$ ,
2. 4,00 – 5,50 m; Pijesak, srednje zbijen,  $Dr = 40\%$ , modul stišljivosti  $M = 7 \text{ MPa}$
3. 5,00 – 6,30 m; Pijesak, srednje zbijen,  $Dr = 44\%$ , modul stišljivosti  $M = 12 \text{ MPa}$
4. 6,30 – 8,50 m; Pijesak, srednje zbijen,  $Dr = 43\%$ , modul stišljivosti  $M = 16 \text{ MPa}$
5. 8,50 – 11,00 m; Pijesak, srednje zbijen,  $Dr = 46\%$ , modul stišljivosti  $M = 23 \text{ MPa}$
6. 11,00 – 13,00 m; Pijesak, srednje zbijen,  $Dr = 33\%$ , modul stišljivosti  $M = 17 \text{ MPa}$

**Podzemna voda**

Razine podzemne vode nije detektirana do dubine ispitivanja od 13.5 m.

**Geostatički proračun:**

Iskazuje se dopuštena nosivost temeljnog tla za pretpostavljeni oblik temelja građevine na temeljnim trakama. Sondažnim iskopom uz temelje utvrđena je efektivna dubina temelja  $D_f = 1,9 \text{ m}$ , a širina tračnog temelja pretpostavljena je kao širina zida u razinama uz tlo,  $B = 1,8 \text{ m}$ . Za potrebe kontrole nosivosti temeljnog tla sukladno EC7 (projektni pristup DA3) proveden je proračun otpora tla za navedeni temelj. Dopušteno kontaktno naprezanje na temeljno tlo iznosi  **$q_u = 640 \text{ kN/m}^2$**  (faktorizirano). Proračun je iskazan u poglavlju 7.

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), za primjenjivu grupu parametara A1 (konstruktivna djelovanja)  $\gamma_G = 1,35$ ;  $\gamma_Q = 1,50$ .

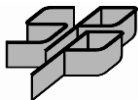
**SLIJEGANJE TEMELJNOG TLA**

Na utvrđenom modelu temeljnog tla, može se usvojiti da je kao posljedica opterećenja od temelja građevine temeljno tlo konsolidiralo u punom iznosu. Dakle, ne očekuju se dodatna slijeganja od stalnog opterećenja.

U slučaju da se rekonstrukcijom građevine značajnije povećaju opterećenja na temelje, mogu se realizirati dodatna slijeganja manjeg iznosa, a sukladno krutosti podloge iskazanoj kroz module stišljivosti izdvojenih slojeva.

**Seizmičnost temeljnog tla**

Prema seizmičnosti područja tlo na predmetnoj lokaciji odgovara C kategoriji prema EC8. Proračunsko ubrzanje tla iznosi  $a_{gR} = 0,20g$ .



U svrhu računskih kalkulacija za potrebe sanacije temeljne konstrukcije i potresne analize, mogu se usvojiti početni posmični moduli temeljnog tla kako slijedi ( $G_{0max}$ ):

1. 0,20 – 4,00 m; Pijesak (čisti), srednje zbijen,  $D_r = 60\%$ , početni posmični modul  $G_0 = 60$  MPa
2. 4,00 – 5,50 m; Pijesak, srednje zbijen,  $D_r = 40\%$ , početni posmični modul  $G_0 = 35$  MPa,
3. 5,00 – 6,30 m; Pijesak, srednje zbijen,  $D_r = 44\%$ , početni posmični modul  $G_0 = 60$  MPa
4. 6,30 – 8,50 m; Pijesak, srednje zbijen,  $D_r = 43\%$ , početni posmični modul  $G_0 = 80$  MPa
5. 8,50 – 11,00 m; Pijesak, srednje zbijen,  $D_r = 46\%$ , početni posmični modul  $G_0 = 110$  MPa
6. 11,00 – 13,00 m; Pijesak, srednje zbijen,  $D_r = 33\%$ , početni posmični modul  $G_0 = 90$  MPa

### **SONDAŽNE JAME UZ TEMELJE GRAĐEVINE**

Sondažni iskop izveden je na dva mjesta uz vanjski zid crkve. Položaj sondažnih jama prikazan je na situacijskom prilogu. U iskopu utvrđena je dubina temelja crkve koja iznosi  $D=1,9$  m. Temelj crkve građen je od klasične opeke. Temeljna konstrukcija prati liniju vanjskog zida. Na plićem dijelu ukopane konstrukcije, do dubine 0,5 m, vidljivo je vapneno vezivo između redova opeke, dok na dubljem dijelu temelja na otvorenoj površini nije vidljivo vezivo u dilatacijama između opeke.

U sondažnom iskopu SJ-2, uz vanjsko ukрутno rebro (kontrafor) proširena je temeljna konstrukcija za dva reda opeke u širinu. Opeka ne djeluje vezano, rastresa se i pomiče već kod manjeg mehaničkog napora.

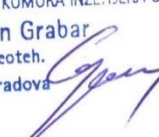
Grafičke skice i fotodokumentacija sondažnih jama prilažu se u prilogima.

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.

Voditelj istraživanja:

Kristijan Grabar, dipl.ing.geotehnike.

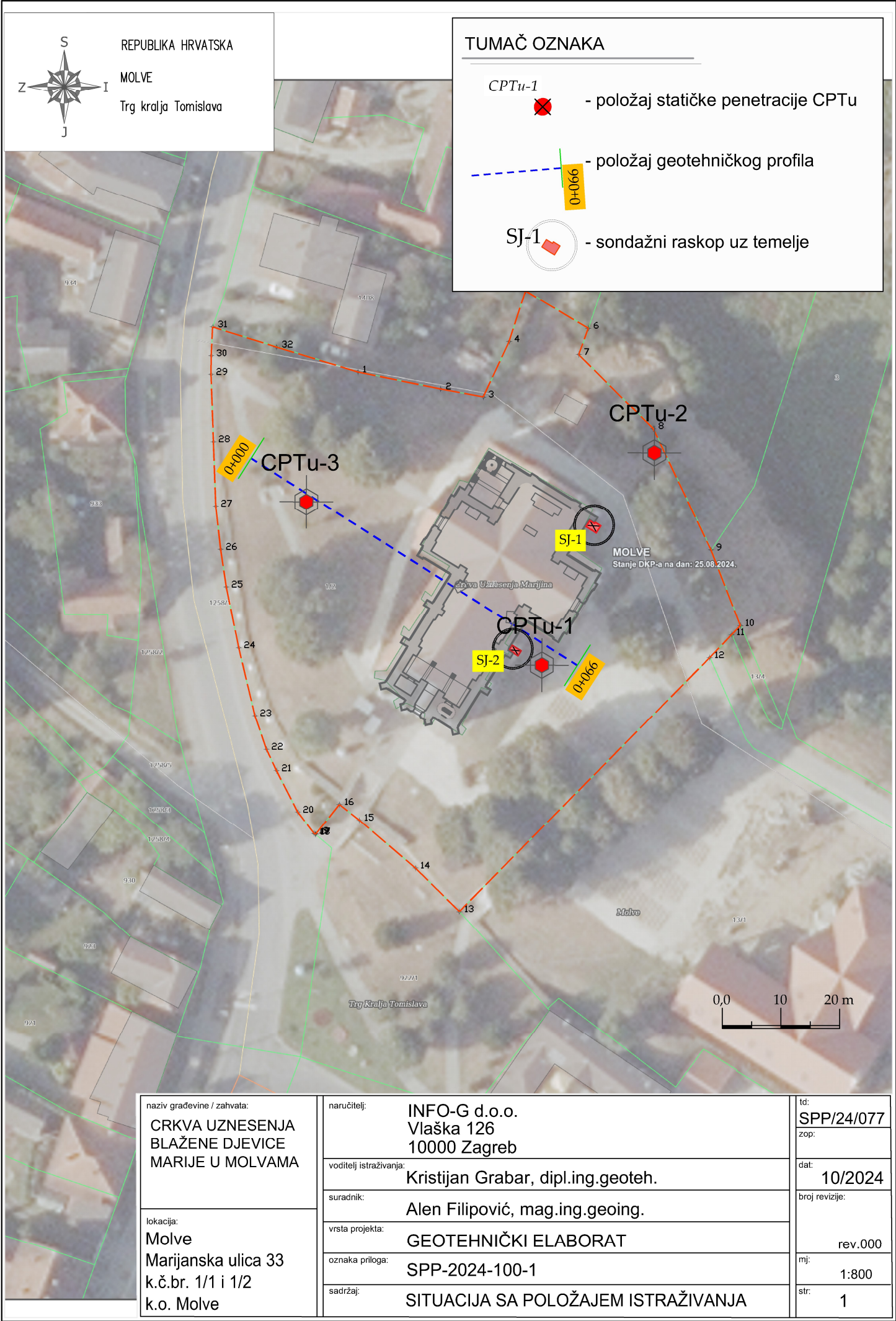
HRVATSKA KOMORA INŽINJERA GRAĐEVINARSTVA  
Kristijan Grabar  
dipl.ing.geoteh.  
Voditelj radova  
VRG 13



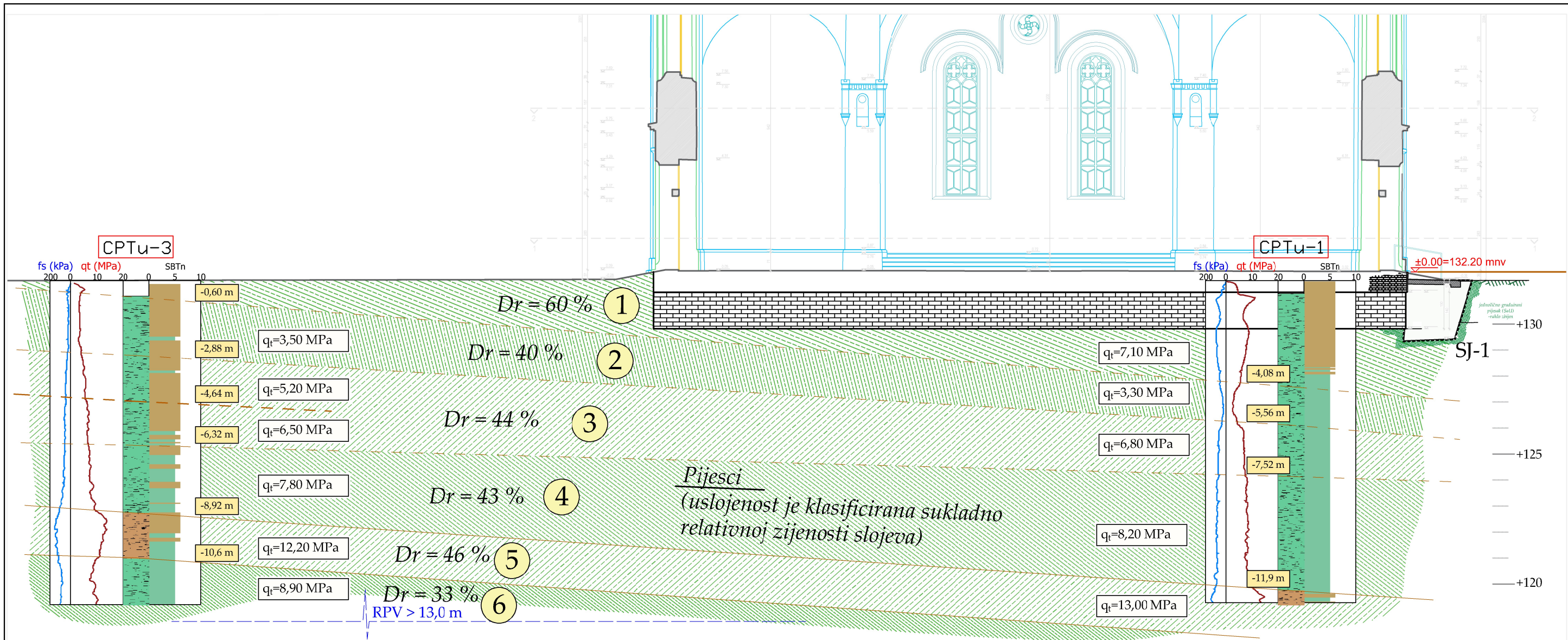
**PRILOG br. 1**

**SITUACIJSKI PLAN I GEOTEHNIČKI PROFIL TLA**









## TUMAČ OZNAKA

- 1 PIJESAK (čisti pijesak)  
- relativna zbijenost sloja,  $Dr = 60\%$

2 PIJESAK  
- relativna zbijenost sloja,  $Dr = 40\%$

3 PIJESAK  
- relativna zbijenost sloja,  $Dr = 44\%$
- 4 PIJESAK  
- relativna zbijenost sloja,  $Dr = 43\%$

5 PIJESAK  
- relativna zbijenost sloja,  $Dr = 46\%$

6 PIJESAK  
- relativna zbijenost sloja,  $Dr = 33\%$

RPV > 13 m - razina podzemne vode nije utvrđena do dubine sondiranja

$q_t = 4,6 \text{ MPa}$  - prosječni otpor šiljka "qt" unutar izdvojenog sloja

-8,10 m - relativna dubina sloja

CPTu-1 - sonda statičke penetracije CPTu sa mjererjem pornog tlaka

SJ-1 - sondažna jama uz temelje

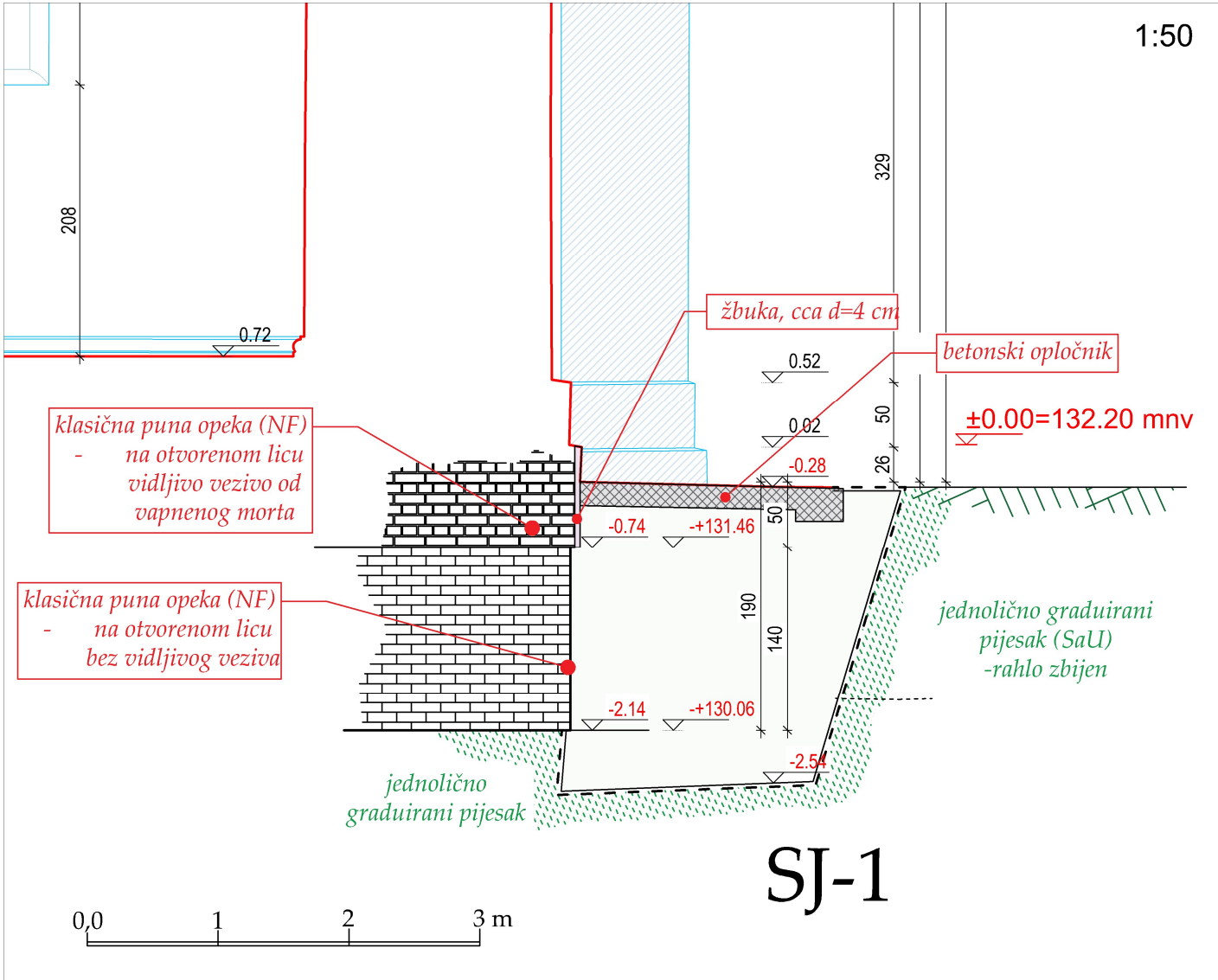
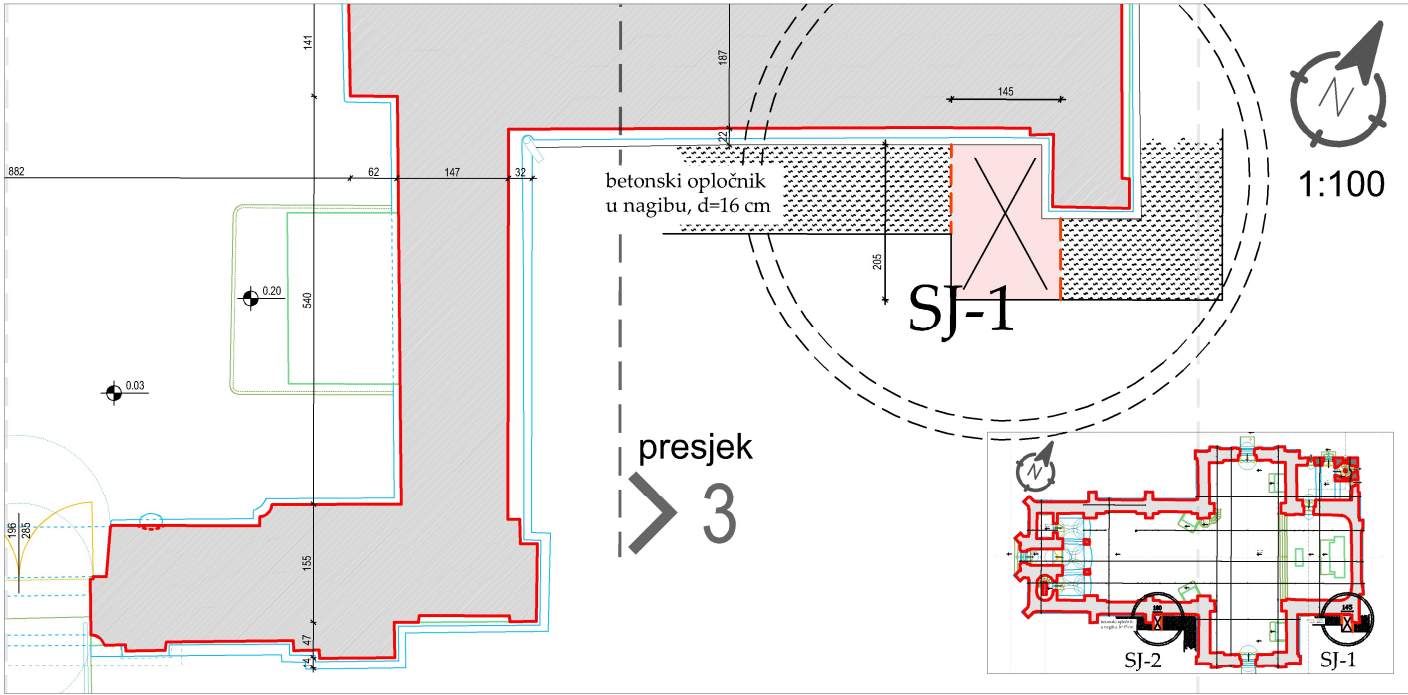
|                                                                                      |                                                              |  |                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--|-------------------|
| naziv građevine / zahvata:<br>CRKVA UZNESENJA<br>BLAŽENE DJEVICE<br>MARIJE U MOLVAMA | naručitelj:<br>INFO-G d.o.o.<br>Vlaška 126<br>10000 Zagreb   |  | td:<br>SPP/24/077 |
|                                                                                      | vođitelj istraživanja:<br>Kristijan Grabar, dipl.ing.geoteh. |  | zop:              |
|                                                                                      | suradnik:<br>Alen Filipović, mag.ing.geoing.                 |  | dat:<br>10/2024   |
|                                                                                      | vrsta projekta:<br>GEOTEHNIČKI ELABORAT                      |  | broj revizije:    |
|                                                                                      | oznaka priloga:<br>SPP-2024-200-1                            |  | rev.000           |
| lokacija:<br>Molve<br>Marijanska ulica 33<br>k.č.br. 1/1 i 1/2<br>k.o. Molve         | sažržaj:<br>GEOTEHNIČKI PROFIL TLA                           |  | mj:<br>1:150      |
|                                                                                      |                                                              |  | str:<br>2         |

**PRILOG br. 2**

**TEHNIČKI NACRTI I FOTODOKUMENTACIJA**

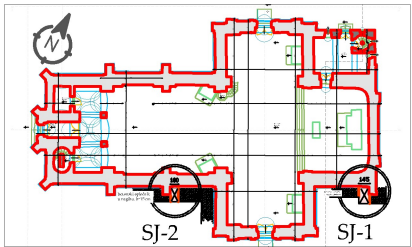
**SONDAŽNIH JAMA**





|                                                                                               |                                                                      |                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| naziv građevine / zahvata:<br><b>CRKVA UZNESENJA<br/>BLAŽENE DJEVICE MARIJE<br/>U MOLVAMA</b> | naručitelj:<br><b>INFO-G d.o.o., Zagreb</b>                          | td:<br><b>SPP/24/077</b>         |
|                                                                                               | voditelj istraživanja:<br><b>Kristijan Grabar, dipl.ing.geotech.</b> | dat:<br><b>09/2024</b>           |
| lokacija:<br><b>Trg kralja Tomislava / Marijanska 33</b>                                      | suradnik:<br><b>Ivan Pažur, d.i.g.</b>                               | broj revizije:<br><b>rev.000</b> |
|                                                                                               | vrsta projekta:<br><b>GEOTEHNIČKI ELABORAT</b>                       | mj:<br><b>1:50</b>               |
|                                                                                               | sadržaj:<br><b>SONDAŽNI RASKOP TLA UZ TEMELJE - SJ1</b>              | str:<br><b>1</b>                 |

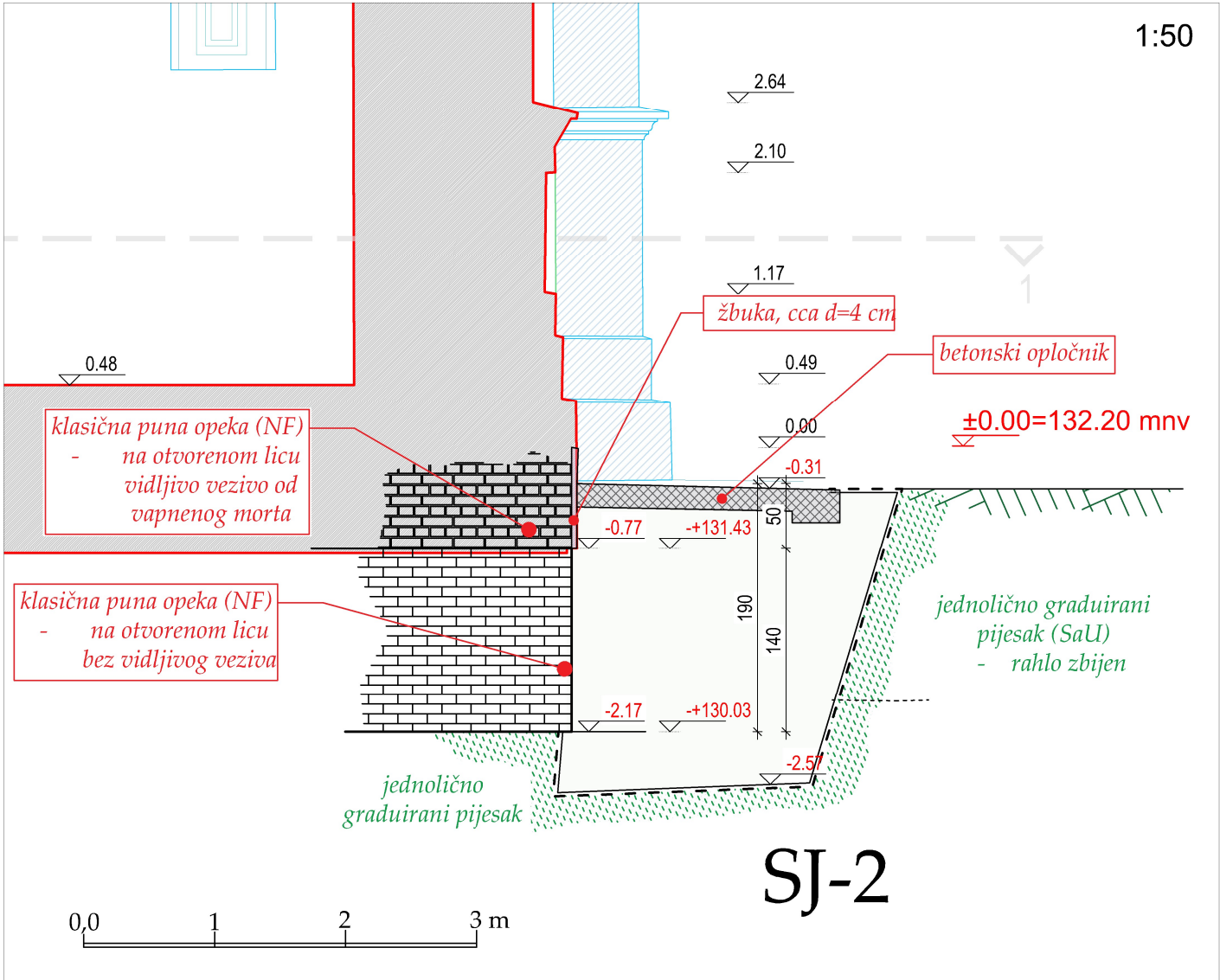
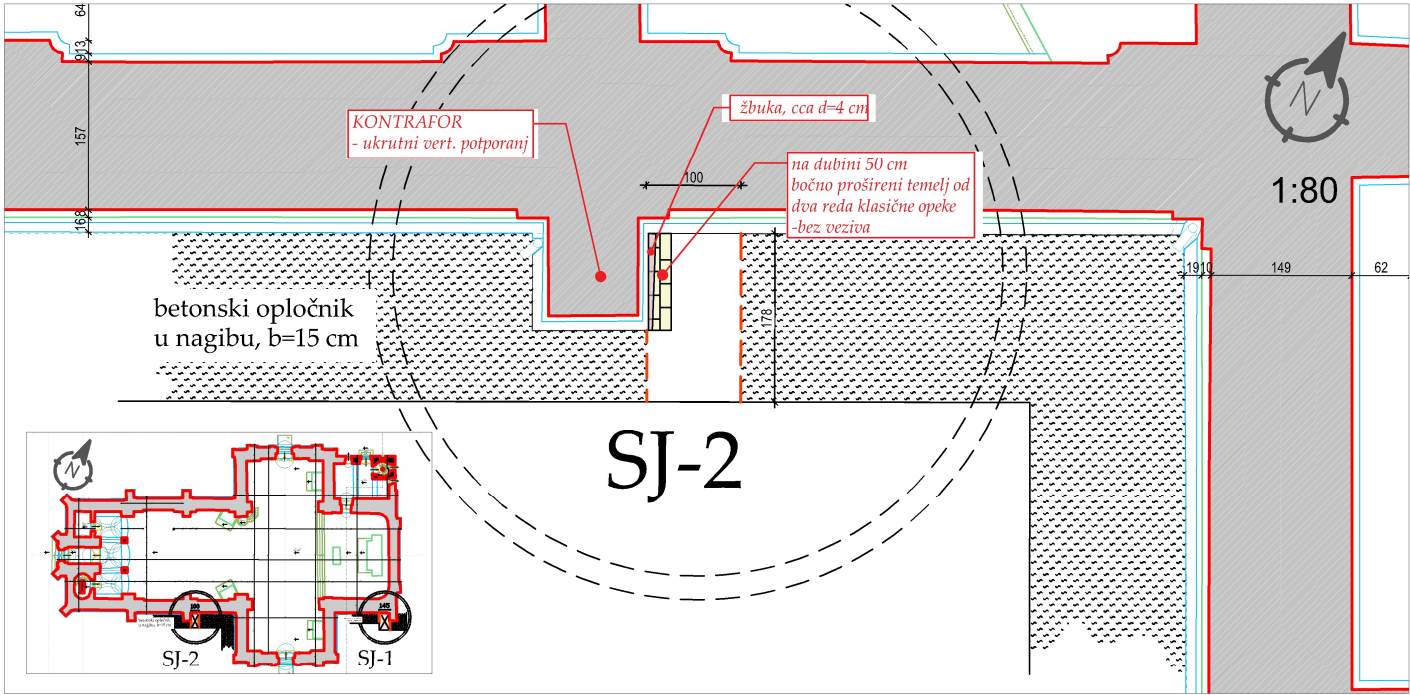




SJ-1

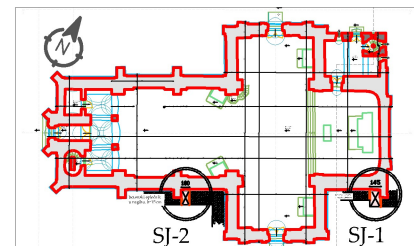
|                                                                                      |                                                               |                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------|
| naziv građevine / zahvata:<br>CRKVA UZNESENJA<br>BLAŽENE DJEVICE MARIJE<br>U MOLVAMA | naručitelj:<br>INFO-G d.o.o., Zagreb                          | td:<br>SPP/24/077         |
|                                                                                      | voditelj istraživanja:<br>Kristijan Grabar, dipl.ing.geotech. | dat:<br>09/2024           |
| lokacija:<br>Trg kralja Tomislava / Marijanska 33                                    | suradnik:<br>Ivan Pažur, d.i.g.                               | broj revizije:<br>rev.000 |
|                                                                                      | vrsta projekta:<br>GEOTEHNIČKI ELABORAT                       | mj:<br>-                  |
|                                                                                      | sadržaj:<br>SONDAŽNI RASKOP TLA UZ TEMELJE - SJ-1             | str:<br>2                 |





|                                                                                               |                                                                      |                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| naziv građevine / zahvata:<br><b>CRKVA UZNESENJA<br/>BLAŽENE DJEVICE MARIJE<br/>U MOLVAMA</b> | naručitelj:<br><b>INFO-G d.o.o., Zagreb</b>                          | td:<br><b>SPP/24/077</b>         |
|                                                                                               | voditelj istraživanja:<br><b>Kristijan Grabar, dipl.ing.geotech.</b> | dat:<br><b>09/2024</b>           |
| lokacija:<br><b>Trg kralja Tomislava / Marijanska 33</b>                                      | suradnik:<br><b>Ivan Pažur, d.i.g.</b>                               | broj revizije:<br><b>rev.000</b> |
|                                                                                               | vrsta projekta:<br><b>GEOTEHNIČKI ELABORAT</b>                       | mj:<br><b>1:50</b>               |
|                                                                                               | sadržaj:<br><b>SONDAŽNI RASKOP TLA UZ TEMELJE - SJ2</b>              | str:<br><b>3</b>                 |





SJ-2

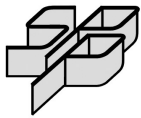
|                                                                                               |                                                                      |                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| naziv građevine / zahvata:<br><b>CRKVA UZNESENJA<br/>BLAŽENE DJEVICE MARIJE<br/>U MOLVAMA</b> | naručitelj:<br><b>INFO-G d.o.o., Zagreb</b>                          | td:<br><b>SPP/24/077</b>         |
|                                                                                               | voditelj istraživanja:<br><b>Kristijan Grabar, dipl.ing.geotech.</b> | dat:<br><b>09/2024</b>           |
| lokacija:<br><b>Trg kralja Tomislava / Marijanska 33</b>                                      | suradnik:<br><b>Ivan Pažur, d.i.g.</b>                               | broj revizije:<br><b>rev.000</b> |
|                                                                                               | vrsta projekta:<br><b>GEOTEHNIČKI ELABORAT</b>                       | mj:<br><b>-</b>                  |
|                                                                                               | sadržaj:<br><b>SONDAŽNI RASKOP TLA UZ TEMELJE - SJ-2</b>             | str:<br><b>4</b>                 |

**PRILOG br. 3**

**REZULTAT STATIČKOG SONDIRANJA SA MJERENJEM**  
**PORNOG TLAKA, CPT<sub>u</sub>**







**SPP** d.o.o.  
Koprivnička ul. 47  
Varaždin  
t. 042 / 203 302  
spp@spp.hr ; www.spp.hr

**SPP d.o.o.**  
Geotehnika  
Koprivnička ul. 47, Varaždin  
www.spp.hr

**CPT: CPTu-1**

Ukupna dubina: 12.38 m, Datum: 18.9.2024.

Kota terena: 132.20 m

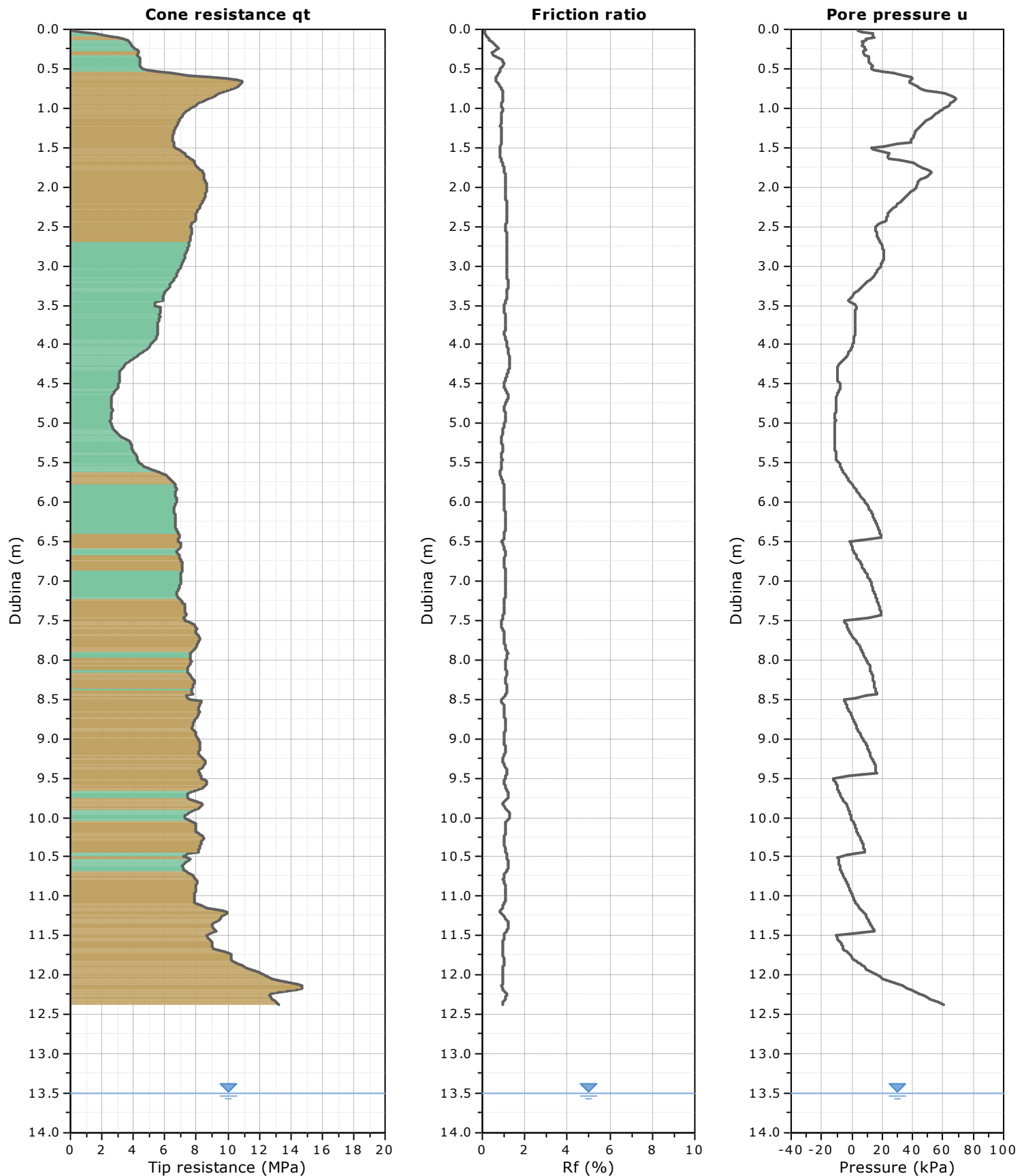
Koordinate: X:0.00, Y:0.00

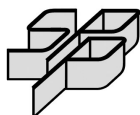
Vrsta konusa: I-CFXYP20-10 Nr. 140608

Operator: Grabar

**Projekt: Sanacija crkve BDM u Molvama**

**Lokacija: k.č.br. 1/1 i 1/2 , k.o. Molve**





**SPP** d.o.o.  
Koprivnička ul. 47  
Varaždin  
t. 042 / 203 302  
spp@spp.hr ; www.spp.hr

**SPP** d.o.o.  
Geotehnika  
Koprivnička ul. 47, Varaždin  
www.spp.hr

**CPT: CPTu-1**

Ukupna dubina: 12.38 m, Datum: 18.9.2024.

Kota terena: 132.20 m

Koordinate: X:0.00, Y:0.00

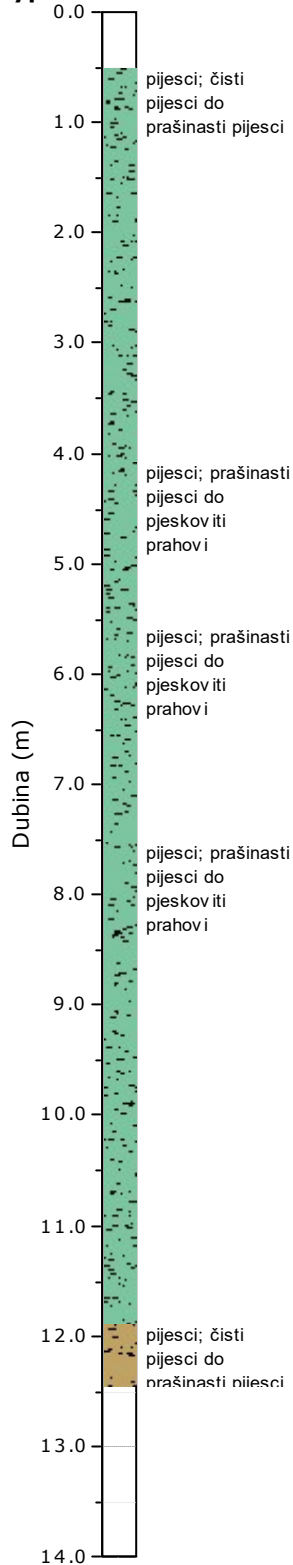
Vrsta konusa: I-CFXYP20-10 Nr. 140608

Operator: Grabar

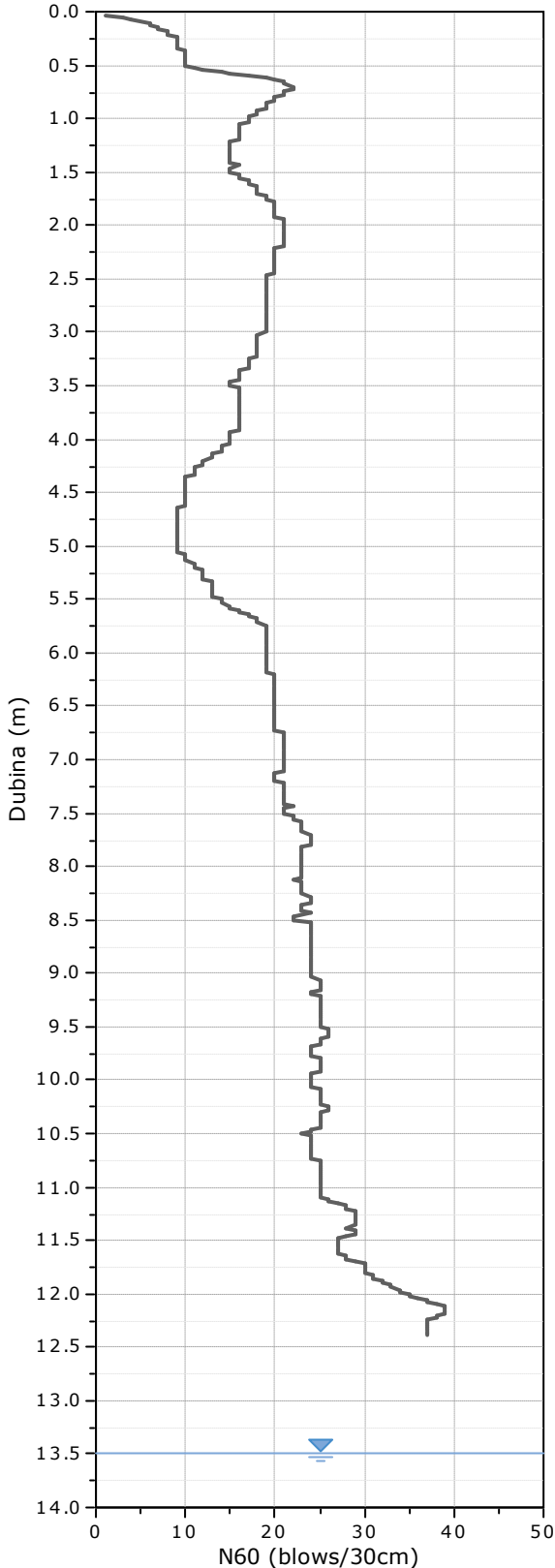
**Projekt: Sanacija crkve BDM u Molvama**

**Lokacija: k.č.br. 1/1 i 1/2 , k.o. Molve**

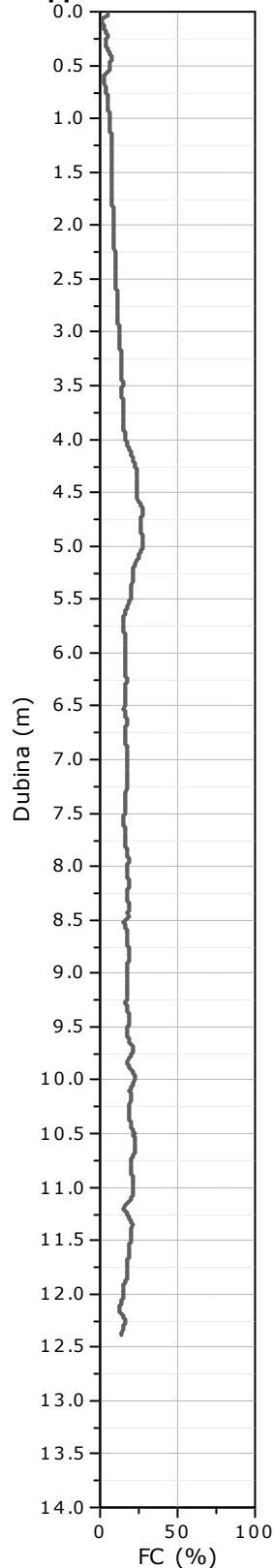
**Typical Geotech. Sectic**

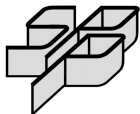


**SPT N60**



**Apparent Fines Cont**





**SPP** d.o.o.  
Koprivnička ul. 47  
Varaždin  
t. 042 / 203 302  
spp@spp.hr ; www.spp.hr

**SPP d.o.o.**  
Geotehnika  
Koprivnička ul. 47, Varaždin  
www.spp.hr

**CPT: CPTu-1**

Total depth: 12.38 m, Date: 18.9.2024.

Surface Elevation: 132.20 m

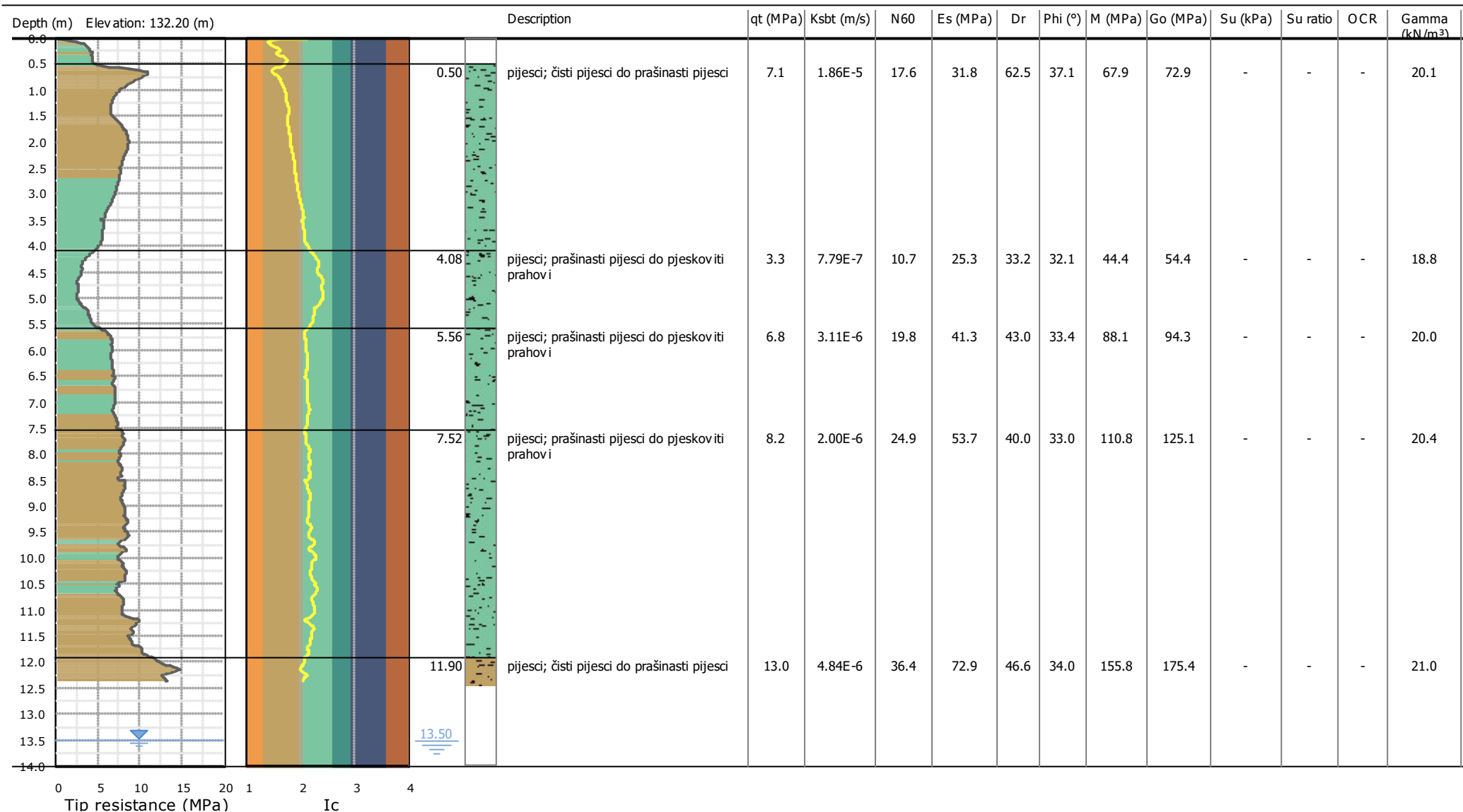
Coords: X:0.00, Y:0.00

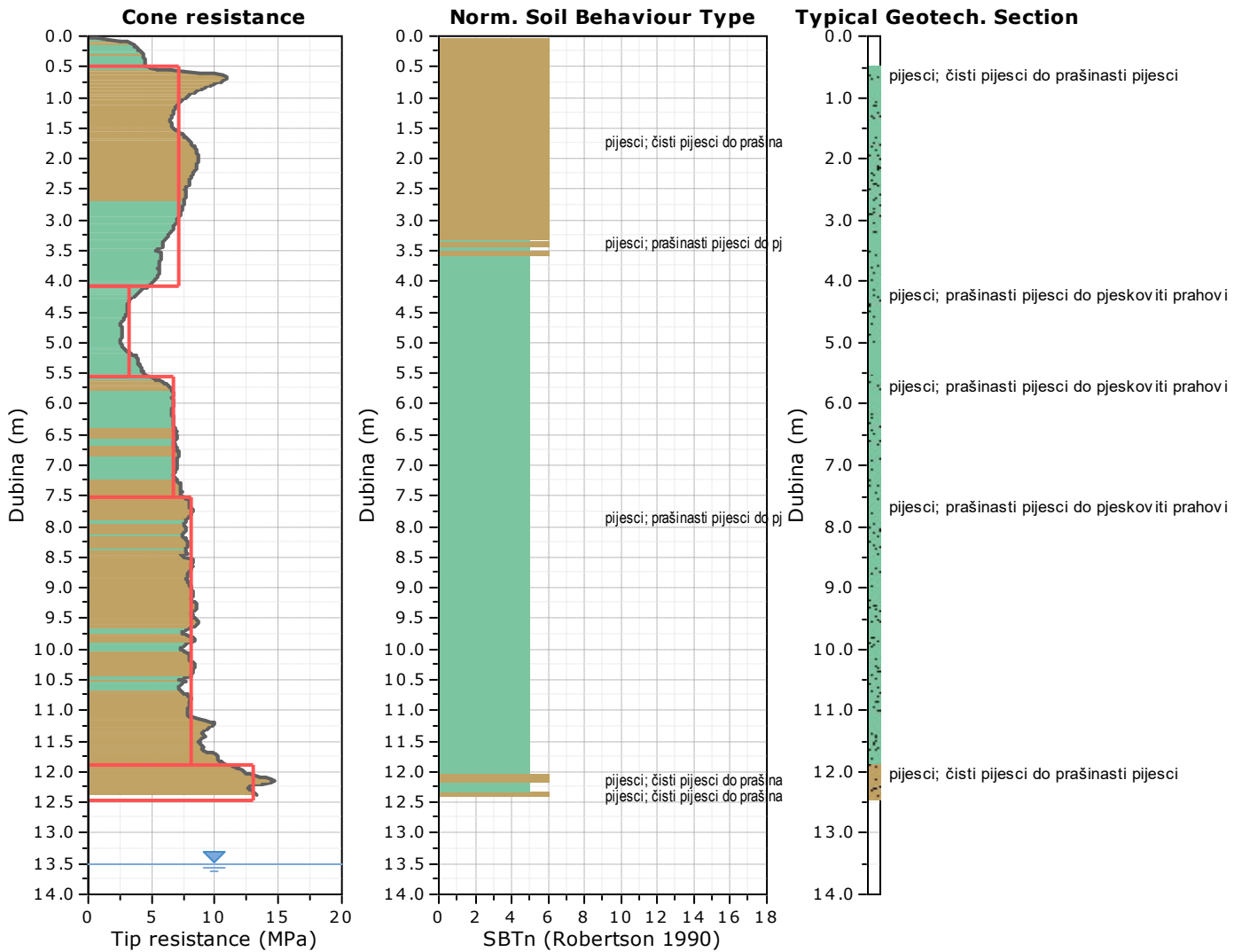
Cone Type: I-CFXYP20-10 Nr. 140608

Cone Operator: Grabar

**Project: Sanacija crkve BDM u Molvama**

**Location: k.č.br. 1/1 i 1/2, k.o. Molve**





### Tabular results

... Layer No: 1 ...

**Code:** 1 **Start depth:** 0.50 (m), **End depth:** 4.08 (m)

**Description:** pijesci; čisti pijesci do prašnasti pijesci

#### Basic results

Total cone resistance:  $7.12 \pm 1.35$  MPa

Sleeve friction:  $73.01 \pm 14.38$  kPa

Ic:  $1.86 \pm 0.16$

$\sigma_v'$ :  $39.10 \pm 21.84$  kPa

SBT<sub>n</sub>: 6

SBT<sub>n</sub> description: pijesci; čisti pijesci do prašnasti pijesci

Schneider zone: N/A

Schneider desc.: N/A

#### Estimation results

Permeability:  $1.86E-05 \pm 5.34E-05$  m/s

N<sub>60</sub>:  $17.59 \pm 2.25$  blows

Es:  $31.77 \pm 4.03$  MPa

Dr (%):  $62.48 \pm 12.46$

$\phi$  (degrees):  $37.12 \pm 1.93$  °

Unit weight:  $20.09 \pm 0.31$  kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.:  $67.86 \pm 8.61$  MPa

Go:  $72.93 \pm 10.03$  MPa

Su:  $0.00 \pm 0.00$  kPa

Su ratio:  $0.00 \pm 0.00$

O.C.R.:  $0.00 \pm 0.00$

**::: Layer No: 2 :::****Code:** 2 **Start depth:** 4.08 (m), **End depth:** 5.56 (m)**Description:** pijesci; prašinasti pijesci do pjeskoviti prahovi**Basic results**

Total cone resistance: 3.26 ±0.69 MPa

Sleeve friction: 34.57 ±7.93 kPa

Ic: 2.32 ±0.08

 $\sigma_v'$ : 94.50 ±8.16 kPaSBT<sub>n</sub>: 5

SBTn description: pijesci; prašinasti pijesci do pjeskoviti prahovi

Schneider zone: N/A

Schneider desc.: N/A

**Estimation results**

Permeability: 7.79E-07 ±5.23E-07 m/s

N<sub>60</sub>: 10.75 ±1.76 blows

Es: 25.28 ±2.80 MPa

Dr (%): 33.18 ±3.47

 $\phi$  (degrees): 32.09 ±0.56 °Unit weight: 18.84 ±0.33 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 44.41 ±9.78 MPa

Go: 54.43 ±6.98 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

**::: Layer No: 3 :::****Code:** 3 **Start depth:** 5.56 (m), **End depth:** 7.52 (m)**Description:** pijesci; prašinasti pijesci do pjeskoviti prahovi**Basic results**

Total cone resistance: 6.77 ±0.42 MPa

Sleeve friction: 69.24 ±6.94 kPa

Ic: 2.12 ±0.02

 $\sigma_v'$ : 127.80 ±11.52 kPaSBT<sub>n</sub>: 5

SBTn description: pijesci; prašinasti pijesci do pjeskoviti prahovi

Schneider zone: Zone 2

Schneider desc.: Essentially drained sands

**Estimation results**

Permeability: 3.11E-06 ±4.72E-07 m/s

N<sub>60</sub>: 19.79 ±1.33 blows

Es: 41.26 ±2.88 MPa

Dr (%): 42.97 ±1.03

 $\phi$  (degrees): 33.37 ±0.25 °Unit weight: 20.00 ±0.16 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 88.14 ±6.16 MPa

Go: 94.33 ±7.22 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

**::: Layer No: 4 :::****Code:** 4 **Start depth:** 7.52 (m), **End depth:** 11.90 (m)**Description:** pijesci; prašinasti pijesci do pjeskoviti prahovi**Basic results**

Total cone resistance: 8.18 ±0.74 MPa

Sleeve friction: 87.48 ±7.77 kPa

Ic: 2.19 ±0.05

 $\sigma_v'$ : 190.73 ±25.97 kPaSBT<sub>n</sub>: 5

SBTn description: pijesci; prašinasti pijesci do pjeskoviti prahovi

Schneider zone: Zone 2

Schneider desc.: Essentially drained sands

**Estimation results**

Permeability: 2.00E-06 ±7.67E-07 m/s

N<sub>60</sub>: 24.92 ±2.02 blows

Es: 53.73 ±4.55 MPa

Dr (%): 40.01 ±2.25

 $\phi$  (degrees): 33.00 ±0.33 °Unit weight: 20.37 ±0.12 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 110.76 ±9.69 MPa

Go: 125.10 ±11.31 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

**::: Layer No: 5 :::****Code:** 5 **Start depth:** 11.90 (m), **End depth:** 12.46 (m)**Description:** pijesci; čisti pijesci do prašinasti pijesci**Basic results**

Total cone resistance: 12.96 ±0.98 MPa

Sleeve friction: 129.06 ±13.06 kPa

Ic: 2.06 ±0.04

 $\sigma_v'$ : 242.00 ±2.98 kPaSBT<sub>n</sub>: 5

SBTn description: pijesci; prašinasti pijesci do pjeskoviti prahovi

Schneider zone: Zone 2

Schneider desc.: Essentially drained sands

**Estimation results**

Permeability: 4.84E-06 ±1.43E-06 m/s

N<sub>60</sub>: 36.40 ±2.04 blows

Es: 72.92 ±3.50 MPa

Dr (%): 46.56 ±1.95

 $\phi$  (degrees): 34.05 ±0.40 °Unit weight: 21.04 ±0.15 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 155.79 ±7.48 MPa

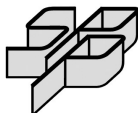
Go: 175.38 ±9.62 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00





**SPP** d.o.o.  
Koprivnička ul. 47  
Varaždin  
t. 042 / 203 302  
spp@spp.hr ; www.spp.hr

**SPP d.o.o.**  
Geotehnika  
Koprivnička ul. 47, Varaždin  
www.spp.hr

**Project: Sanacija crkve BDM u Molvama**

**Location: k.č.br. 1/1 i 1/2 , k.o. Molve**

**CPT: CPTu-1**

Total depth: 12.38 m, Date: 18.9.2024.

Surface Elevation: 132.20 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

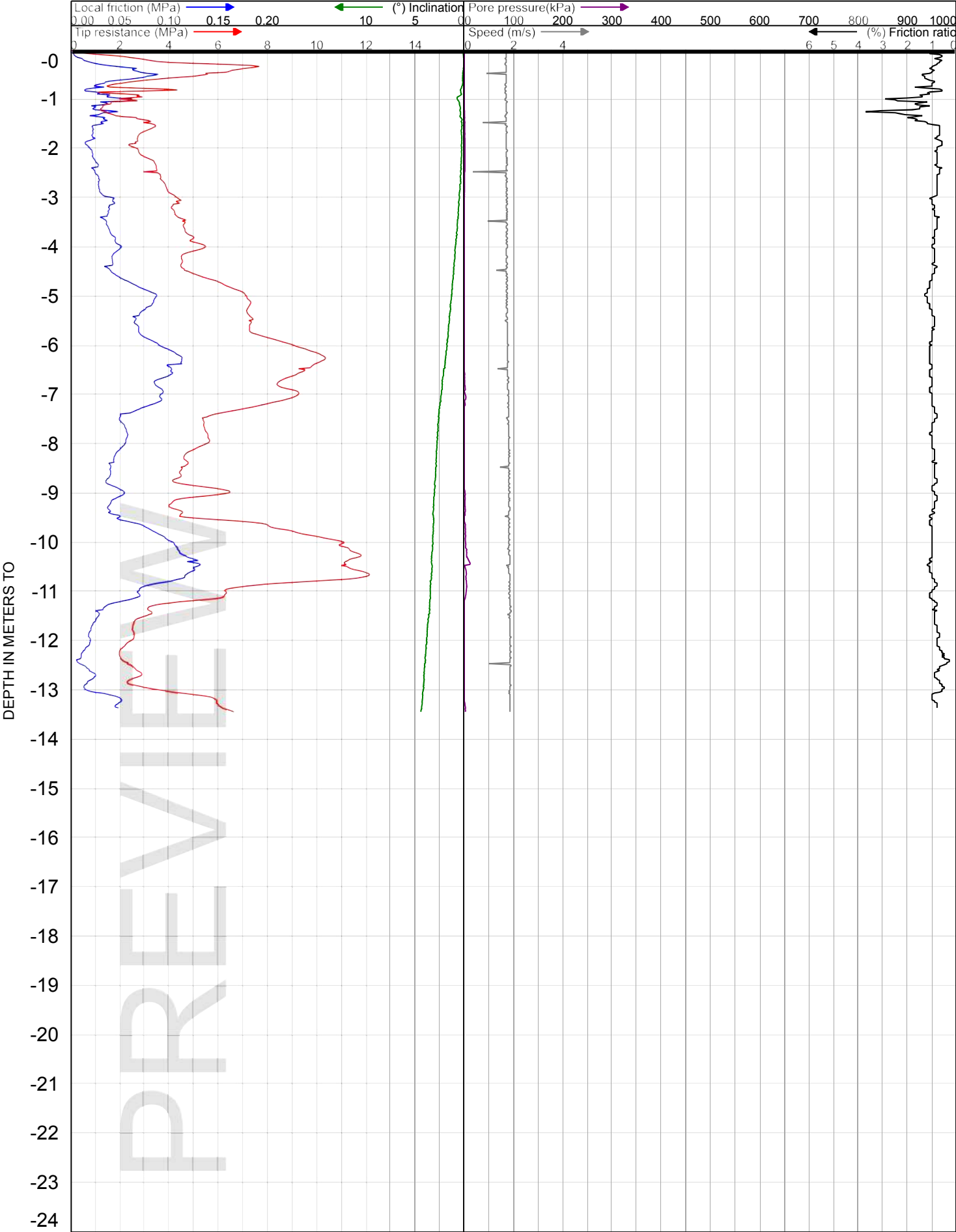
Cone Type: I-CFYYP20-10 Nr. 140608

Cone Operator: Grabar

**Summary table of mean values**

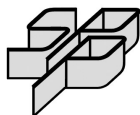
| From depth<br>To depth<br>(m) | Thickness<br>(m) | Permeability<br>(m/s) | SPT <sub>N60</sub><br>(blows/30cm) | E <sub>s</sub><br>(MPa) | D <sub>r</sub><br>(%) | Friction<br>angle | Constrained<br>modulus, M<br>(MPa) | Shear<br>modulus, G <sub>0</sub><br>(MPa) | Undrained<br>strength, S <sub>u</sub><br>(kPa) | Undrained<br>strength<br>ratio | OCR    | Unit weight<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
|-------------------------------|------------------|-----------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------|--------|-------------------------------------|
| 0.50                          | 3.58             | 1.86E-05              | 17.6                               | 31.8                    | 62.5                  | 37.1              | 67.9                               | 72.9                                      | 0.0                                            | 0.0                            | 0.0    | 20.1                                |
| 4.08                          |                  | (±5.34E-05)           | (±2.2)                             | (±4.0)                  | (±12.5)               | (±1.9)            | (±8.6)                             | (±10.0)                                   | (±0.0)                                         | (±0.0)                         | (±0.0) | (±0.3)                              |
| 4.08                          | 1.48             | 7.79E-07              | 10.7                               | 25.3                    | 33.2                  | 32.1              | 44.4                               | 54.4                                      | 0.0                                            | 0.0                            | 0.0    | 18.8                                |
| 5.56                          |                  | (±5.23E-07)           | (±1.8)                             | (±2.8)                  | (±3.5)                | (±0.6)            | (±9.8)                             | (±7.0)                                    | (±0.0)                                         | (±0.0)                         | (±0.0) | (±0.3)                              |
| 5.56                          | 1.96             | 3.11E-06              | 19.8                               | 41.3                    | 43.0                  | 33.4              | 88.1                               | 94.3                                      | 0.0                                            | 0.0                            | 0.0    | 20.0                                |
| 7.52                          |                  | (±4.72E-07)           | (±1.3)                             | (±2.9)                  | (±1.0)                | (±0.2)            | (±6.2)                             | (±7.2)                                    | (±0.0)                                         | (±0.0)                         | (±0.0) | (±0.2)                              |
| 7.52                          | 4.38             | 2.00E-06              | 24.9                               | 53.7                    | 40.0                  | 33.0              | 110.8                              | 125.1                                     | 0.0                                            | 0.0                            | 0.0    | 20.4                                |
| 11.90                         |                  | (±7.67E-07)           | (±2.0)                             | (±4.6)                  | (±2.2)                | (±0.3)            | (±9.7)                             | (±11.3)                                   | (±0.0)                                         | (±0.0)                         | (±0.0) | (±0.1)                              |
| 11.90                         | 0.56             | 4.84E-06              | 36.4                               | 72.9                    | 46.6                  | 34.0              | 155.8                              | 175.4                                     | 0.0                                            | 0.0                            | 0.0    | 21.0                                |
| 12.46                         |                  | (±1.43E-06)           | (±2.0)                             | (±3.5)                  | (±1.9)                | (±0.4)            | (±7.5)                             | (±9.6)                                    | (±0.0)                                         | (±0.0)                         | (±0.0) | (±0.1)                              |

Depth values presented in this table are measured from free ground surface



PROJECT NR : MolveBDM  
TEST : CPTu-2-BDM  
DATE : 18.09.2024 TIME : 12:48:19  
CUSTOMER : Info-G  
DESCRIPTION :

OPERATOR : K.Grabar  
REFERENCE LEVEL : 0 m to  
CONE TYPE : I-CFXYP20-10 Nr. 140608  
MODULE TYPE : Nr.  
ENDVALUE INCLINATION : 4,40  
REMARK :



**SPP** d.o.o.  
Koprivnička ul. 47  
Varaždin  
t. 042 / 203 302  
spp@spp.hr ; www.spp.hr

**SPP d.o.o.**  
Geotehnika  
Koprivnička ul. 47, Varaždin  
www.spp.hr

**CPT: CPTu-2**

Ukupna dubina: 13.26 m, Datum: 18.9.2024.

Kota terena: 132.20 m

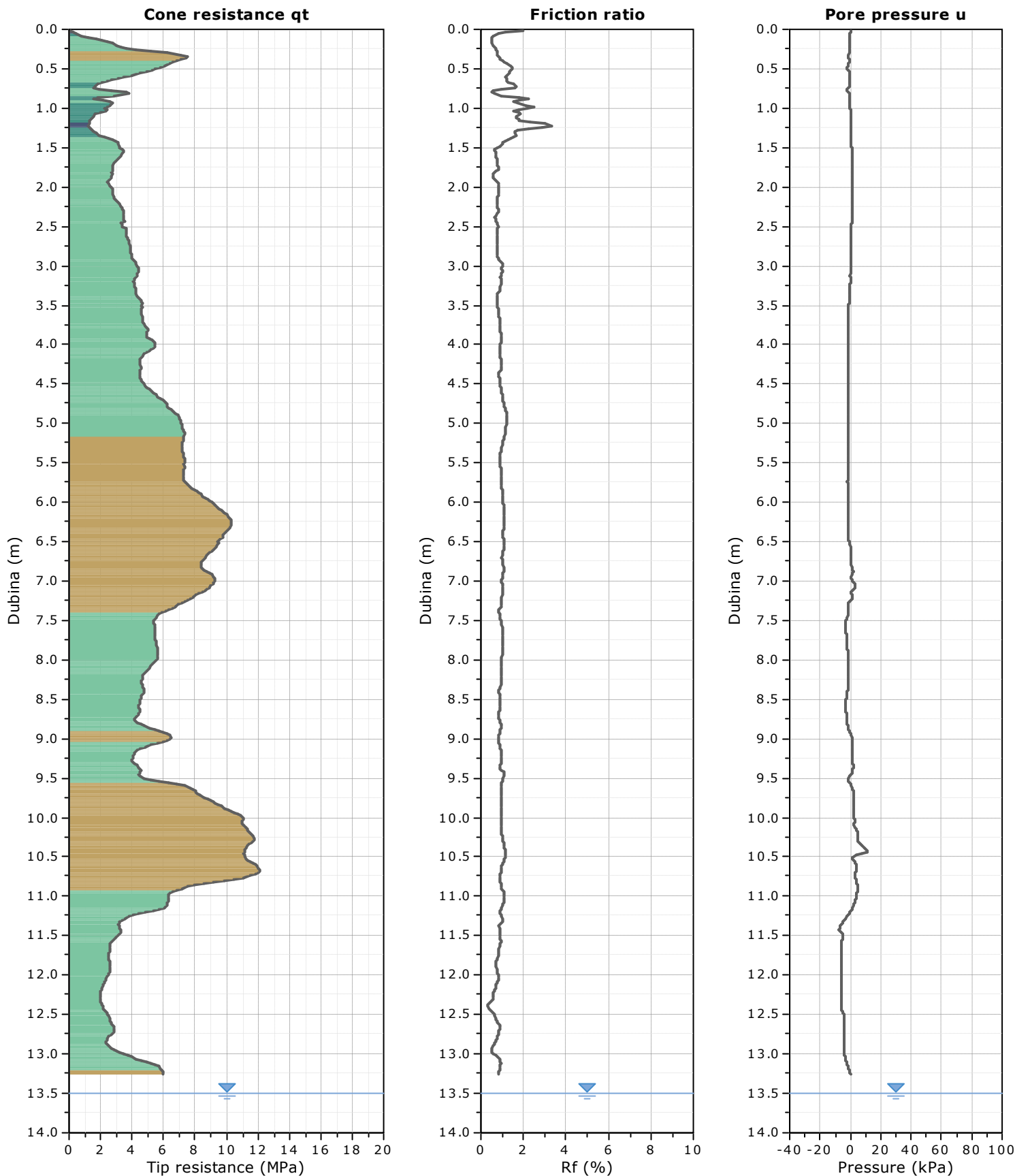
Koordinate: X:0.00, Y:0.00

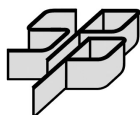
Vrsta konusa: I-CFXYP20-10 Nr. 140608

Operator: Grabar

**Projekt: Sanacija crkve BDM u Molvama**

**Lokacija: k.č.br. 1/1 i 1/2, k.o. Molve**





**SPP d.o.o.**  
Koprivnička ul. 47  
Varaždin  
t. 042 / 203 302  
spp@spp.hr ; www.spp.hr

**SPP d.o.o.**  
Geotehnika  
Koprivnička ul. 47, Varaždin  
www.spp.hr

**CPT: CPTu-2**

Ukupna dubina: 13.26 m, Datum: 18.9.2024.

Kota terena: 132.20 m

Koordinate: X:0.00, Y:0.00

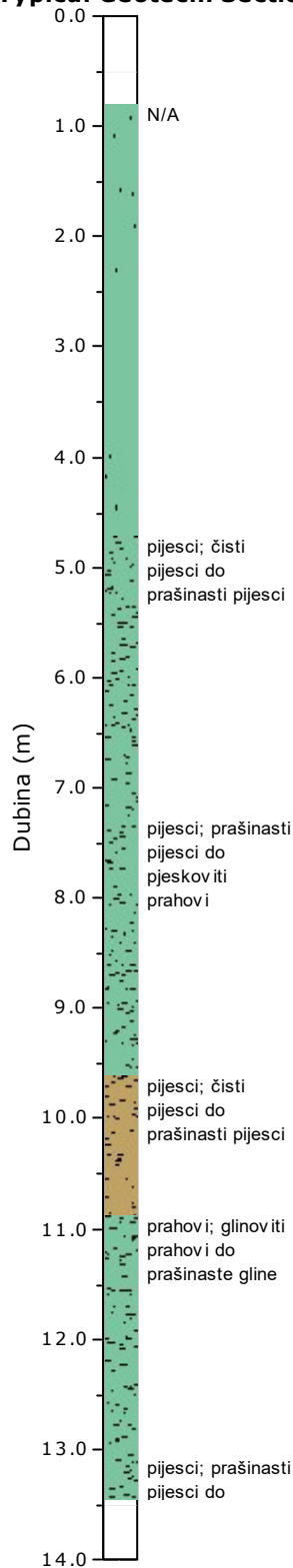
Vrsta konusa: I-CFXYP20-10 Nr. 140608

Operator: Grabar

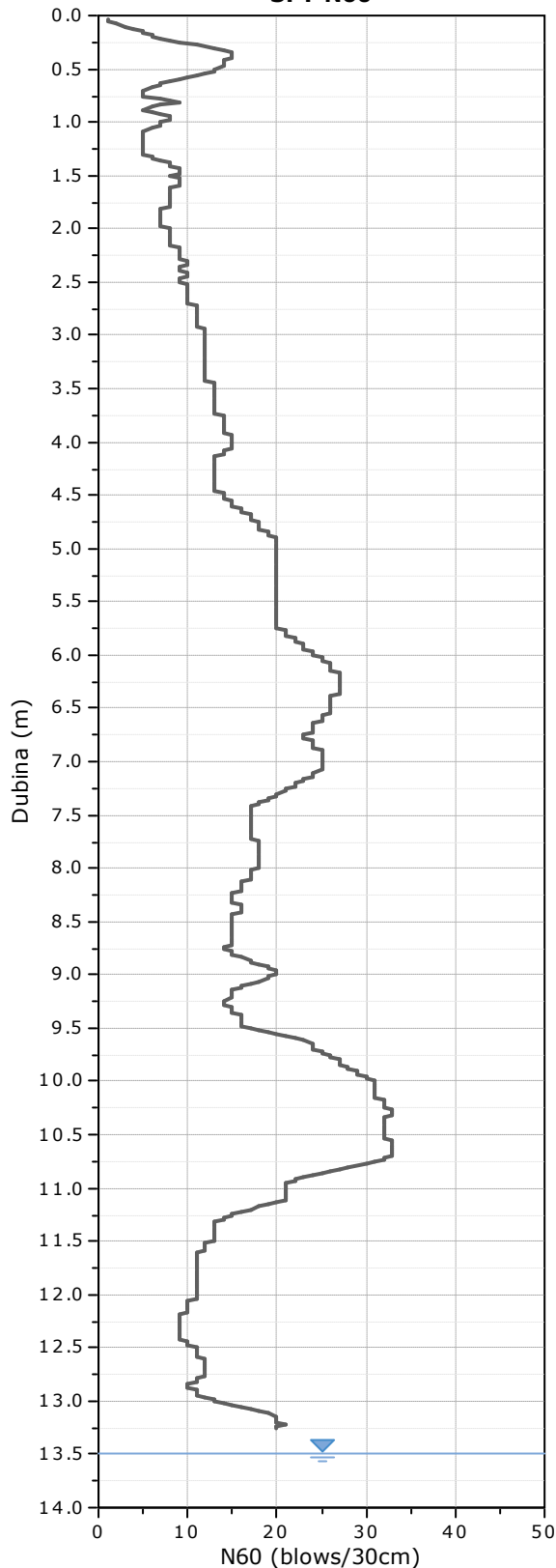
**Projekt: Sanacija crkve BDM u Molvama**

**Lokacija: k.č.br. 1/1 i 1/2, k.o. Molve**

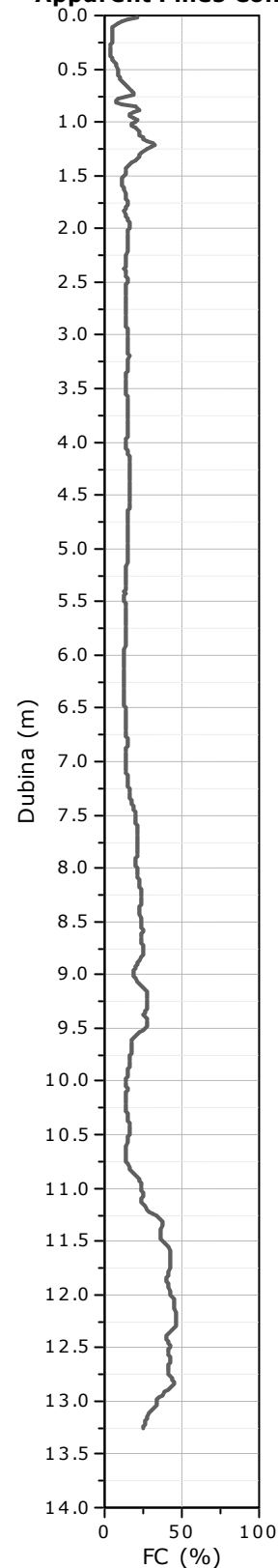
**Typical Geotech. Sectic**

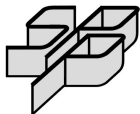


**SPT N60**



**Apparent Fines Cont**





**SPP** d.o.o.  
Koprivnička ul. 47  
Varaždin  
t. 042 / 203 302  
spp@spp.hr ; www.spp.hr

**SPP** d.o.o.  
Geotehnika  
Koprivnička ul. 47, Varaždin  
www.spp.hr

**CPT: CPTu-2**

Total depth: 13.26 m, Date: 18.9.2024.

Surface Elevation: 132.20 m

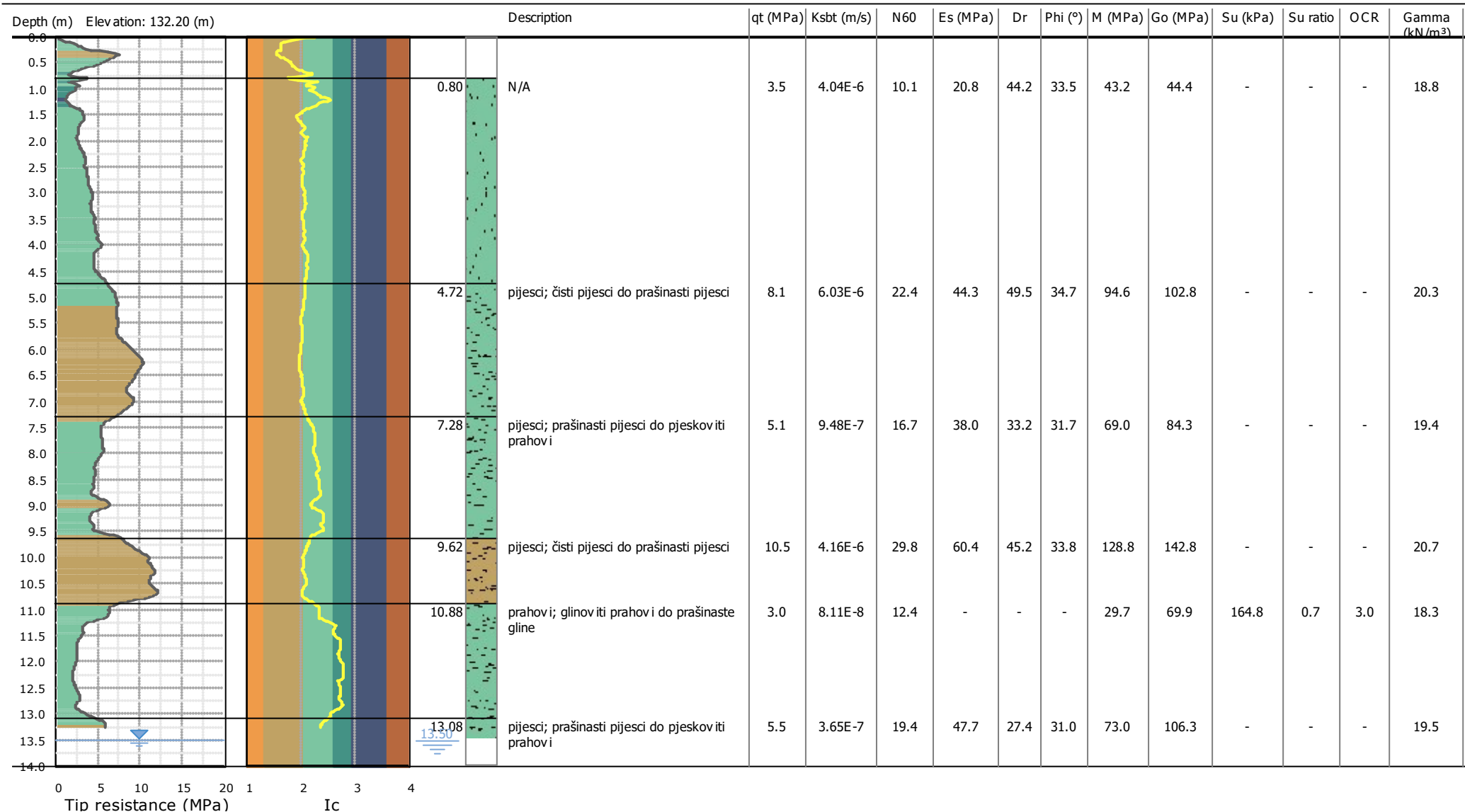
Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: I-CFXYP20-10 Nr. 140608

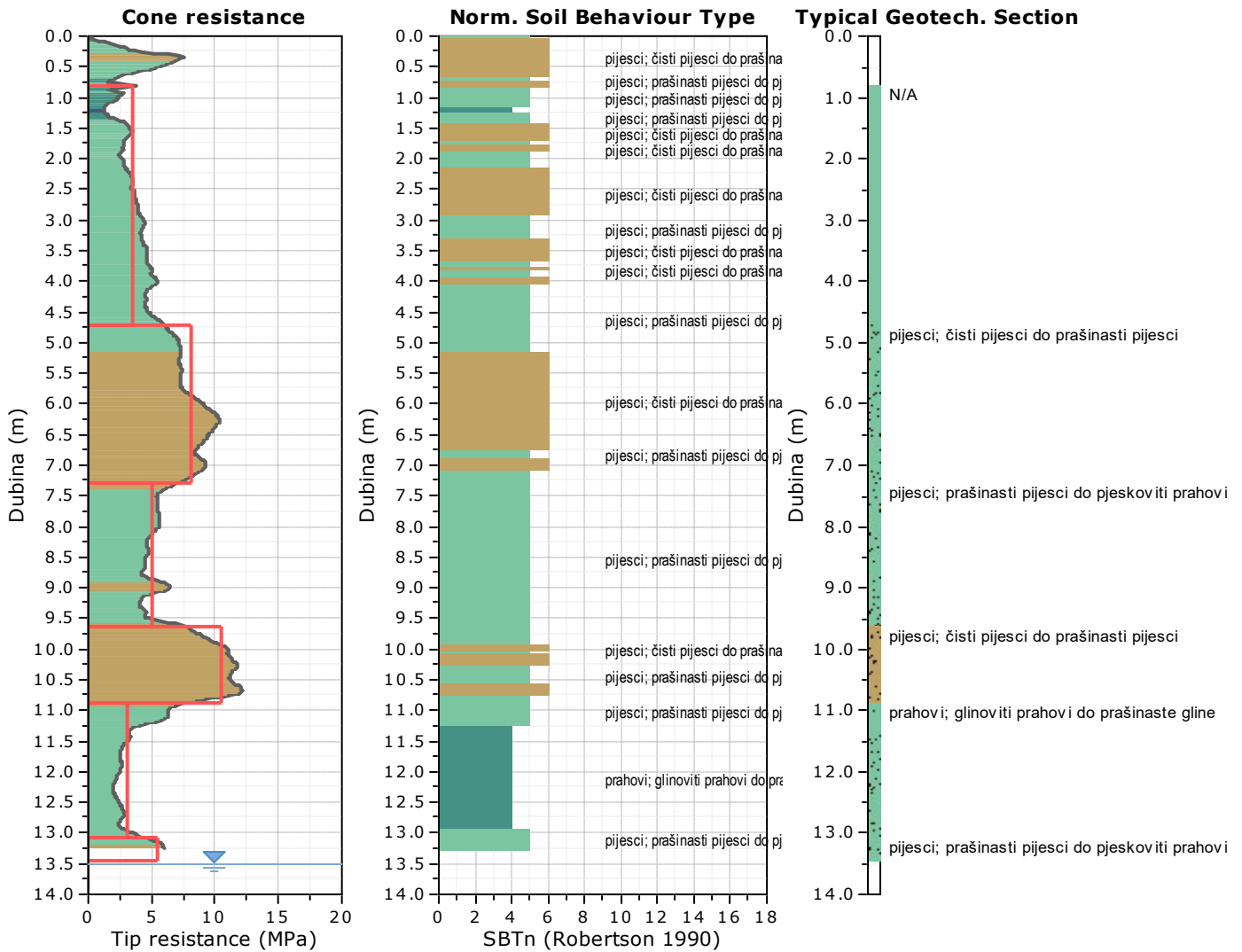
Cone Operator: Grabar

**Project: Sanacija crkve BDM u Molvama**

**Location: k.č.br. 1/1 i 1/2, k.o. Molve**







### Tabular results

::: Layer No: 1 :::

**Code:** 2 **Start depth:** 0.80 (m), **End depth:** 4.72 (m)

**Description:** N/A

#### Basic results

Total cone resistance:  $3.53 \pm 1.12$  MPa

Sleeve friction:  $33.21 \pm 10.80$  kPa

Ic:  $2.09 \pm 0.10$

$\sigma_v'$ :  $46.19 \pm 22.01$  kPa

SBT<sub>n</sub>: 5

SBT<sub>n</sub> description: pijesci; prašnasti pijesci do pjeskoviti prahovi

Schneider zone: Zone 2

Schneider desc.: Essentially drained sands

#### Estimation results

Permeability:  $4.04E-06 \pm 4.14E-06$  m/s

N<sub>60</sub>:  $10.08 \pm 3.05$  blows

Es:  $20.81 \pm 5.90$  MPa

Dr (%):  $44.19 \pm 3.07$

$\phi$  (degrees):  $33.53 \pm 0.89$  °

Unit weight:  $18.83 \pm 0.47$  kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.:  $43.17 \pm 13.63$  MPa

Go:  $44.44 \pm 13.95$  MPa

Su:  $0.00 \pm 0.00$  kPa

Su ratio:  $0.00 \pm 0.00$

O.C.R.:  $0.00 \pm 0.00$

**:: Layer No: 2 ::****Code:** 4 **Start depth:** 4.72 (m), **End depth:** 7.28 (m)**Description:** pijesci; čisti pijesci do prašinasti pijesci**Basic results**

Total cone resistance: 8.15 ±1.15 MPa

Sleeve friction: 84.72 ±13.97 kPa

Ic: 2.03 ±0.03

 $\sigma_v'$ : 113.49 ±15.26 kPaSBT<sub>n</sub>: 6SBT<sub>n</sub> description: pijesci; čisti pijesci do prašinasti pijesci

Schneider zone: Zone 2

Schneider desc.: Essentially drained sands

**Estimation results**

Permeability: 6.03E-06 ±1.46E-06 m/s

N<sub>60</sub>: 22.38 ±2.78 blows

Es: 44.26 ±4.95 MPa

Dr (%): 49.46 ±2.50

 $\phi$  (degrees): 34.69 ±0.56 °Unit weight: 20.33 ±0.25 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 94.56 ±10.57 MPa

Go: 102.84 ±12.73 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

**:: Layer No: 3 ::****Code:** 4.1 **Start depth:** 7.28 (m), **End depth:** 9.62 (m)**Description:** pijesci; prašinasti pijesci do pjeskoviti prahovi**Basic results**

Total cone resistance: 5.10 ±0.79 MPa

Sleeve friction: 48.03 ±8.16 kPa

Ic: 2.29 ±0.08

 $\sigma_v'$ : 162.87 ±13.26 kPaSBT<sub>n</sub>: 5SBT<sub>n</sub> description: pijesci; prašinasti pijesci do pjeskoviti prahovi

Schneider zone: N/A

Schneider desc.: N/A

**Estimation results**

Permeability: 9.48E-07 ±6.61E-07 m/s

N<sub>60</sub>: 16.66 ±1.80 blows

Es: 37.97 ±2.80 MPa

Dr (%): 33.24 ±3.46

 $\phi$  (degrees): 31.74 ±0.47 °Unit weight: 19.43 ±0.26 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 68.98 ±10.95 MPa

Go: 84.33 ±7.31 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

**:: Layer No: 4 ::****Code:** 5 **Start depth:** 9.62 (m), **End depth:** 10.88 (m)**Description:** pijesci; čisti pijesci do prašinasti pijesci**Basic results**

Total cone resistance: 10.45 ±1.34 MPa

Sleeve friction: 104.37 ±17.18 kPa

Ic: 2.08 ±0.05

 $\sigma_v'$ : 198.93 ±7.74 kPaSBT<sub>n</sub>: 5SBT<sub>n</sub> description: pijesci; prašinasti pijesci do pjeskoviti prahovi

Schneider zone: Zone 2

Schneider desc.: Essentially drained sands

**Estimation results**

Permeability: 4.16E-06 ±1.29E-06 m/s

N<sub>60</sub>: 29.76 ±3.06 blows

Es: 60.40 ±5.16 MPa

Dr (%): 45.21 ±3.03

 $\phi$  (degrees): 33.79 ±0.63 °Unit weight: 20.69 ±0.26 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 128.79 ±11.42 MPa

Go: 142.83 ±13.91 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

**:: Layer No: 5 ::****Code:** 5.1 **Start depth:** 10.88 (m), **End depth:** 13.08 (m)**Description:** prahovi; glinoviti prahovi do prašinaste gline**Basic results**

Total cone resistance: 3.03 ±1.43 MPa

Sleeve friction: 23.22 ±18.33 kPa

Ic: 2.64 ±0.15

 $\sigma_v'$ : 232.34 ±11.64 kPaSBT<sub>n</sub>: 4SBT<sub>n</sub> description: prahovi; glinoviti prahovi do prašnate gline

Schneider zone: N/A

Schneider desc.: N/A

**Estimation results**

Permeability: 8.11E-08 ±2.85E-07 m/s

N<sub>60</sub>: 12.38 ±3.84 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

 $\phi$  (degrees): 0.00 ±0.00 °Unit weight: 18.32 ±0.84 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 29.74 ±24.58 MPa

Go: 69.88 ±19.52 MPa

Su: 164.75 ±26.87 kPa

Su ratio: 0.71 ±0.14

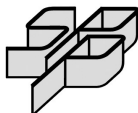
O.C.R.: 2.96 ±0.60

... Layer No: 6 ...

**Code:** 6                    **Start depth:** 13.08 (m), **End depth:** 13.46 (m)

**Description:** pijesci; prašinasti pijesci do pjeskoviti prahovi

| Basic results                                                       |  | Estimation results                   |                                   |
|---------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Total cone resistance: 5.47 ±0.50 MPa                               |  | Permeability: 3.65E-07 ±1.24E-07 m/s | Constrained Mod.: 73.04 ±7.00 MPa |
| Sleeve friction: 49.10 ±3.53 kPa                                    |  | N <sub>60</sub> : 19.41 ±1.24 blows  | Go: 106.30 ±4.56 MPa              |
| Ic: 2.43 ±0.05                                                      |  | Es: 47.73 ±1.75 MPa                  | Su: 0.00 ±0.00 kPa                |
| σ <sub>v</sub> ': 253.97 ±1.07 kPa                                  |  | Dr (%): 27.37 ±1.52                  | Su ratio: 0.00 ±0.00              |
| SBT <sub>n</sub> : 5                                                |  | φ (degrees): 30.99 ±0.10 °           | O.C.R.: 0.00 ±0.00                |
| SBTn description: pijesci; prašinasti pijesci do pjeskoviti prahovi |  | Unit weight: 19.48 ±0.13 kN/m³       |                                   |
| Schneider zone: N/A                                                 |  |                                      |                                   |
| Schneider desc.: N/A                                                |  |                                      |                                   |



**SPP** d.o.o.  
Koprivnička ul. 47  
Varaždin  
t. 042 / 203 302  
spp@spp.hr ; www.spp.hr

**SPP d.o.o.**  
Geotehnika  
Koprivnička ul. 47, Varaždin  
www.spp.hr

**CPT: CPTu-2**

Total depth: 13.26 m, Date: 18.9.2024.

Surface Elevation: 132.20 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: I-CFXYP20-10 Nr. 140608

Cone Operator: Grabar

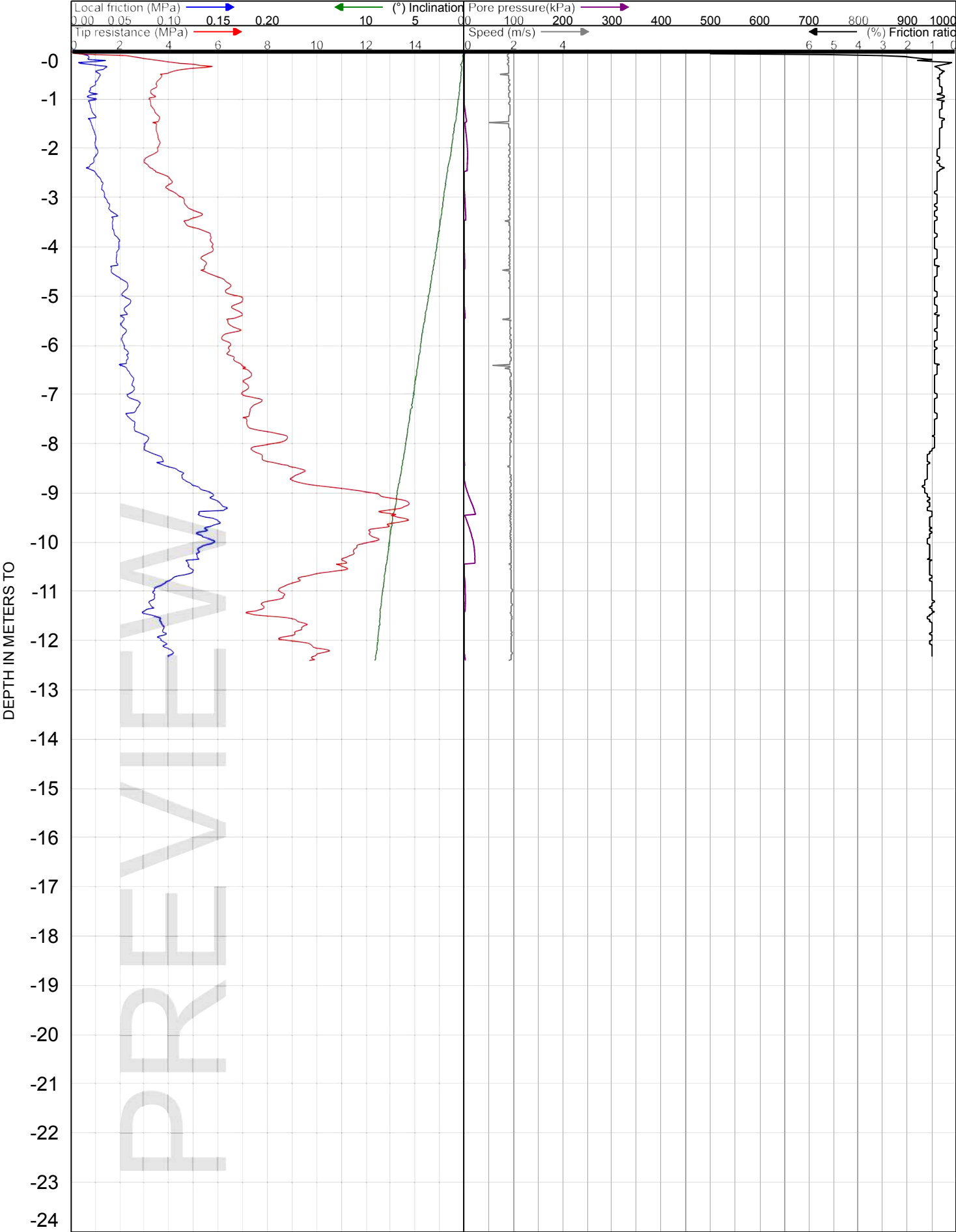
**Project: Sanacija crkve BDM u Molvama**

**Location: k.č.br. 1/1 i 1/2 , k.o. Molve**

**Summary table of mean values**

| From depth<br>To depth<br>(m) | Thickness<br>(m) | Permeability<br>(m/s) | SPT <sub>N60</sub><br>(blows/30cm) | E <sub>s</sub><br>(MPa) | D <sub>r</sub><br>(%) | Friction<br>angle | Constrained<br>modulus, M<br>(MPa) | Shear<br>modulus, G <sub>0</sub><br>(MPa) | Undrained<br>strength, S <sub>u</sub><br>(kPa) | Undrained<br>strength<br>ratio | OCR    | Unit weight<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
|-------------------------------|------------------|-----------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------|--------|-------------------------------------|
| 0.80                          | 3.92             | 4.04E-06              | 10.1                               | 20.8                    | 44.2                  | 33.5              | 43.2                               | 44.4                                      | 0.0                                            | 0.0                            | 0.0    | 18.8                                |
| 4.72                          |                  | (±4.14E-06)           | (±3.0)                             | (±5.9)                  | (±3.1)                | (±0.9)            | (±13.6)                            | (±14.0)                                   | (±0.0)                                         | (±0.0)                         | (±0.0) | (±0.5)                              |
| 4.72                          | 2.56             | 6.03E-06              | 22.4                               | 44.3                    | 49.5                  | 34.7              | 94.6                               | 102.8                                     | 0.0                                            | 0.0                            | 0.0    | 20.3                                |
| 7.28                          |                  | (±1.46E-06)           | (±2.8)                             | (±4.9)                  | (±2.5)                | (±0.6)            | (±10.6)                            | (±12.7)                                   | (±0.0)                                         | (±0.0)                         | (±0.0) | (±0.3)                              |
| 7.28                          | 2.34             | 9.48E-07              | 16.7                               | 38.0                    | 33.2                  | 31.7              | 69.0                               | 84.3                                      | 0.0                                            | 0.0                            | 0.0    | 19.4                                |
| 9.62                          |                  | (±6.61E-07)           | (±1.8)                             | (±2.8)                  | (±3.5)                | (±0.5)            | (±10.9)                            | (±7.3)                                    | (±0.0)                                         | (±0.0)                         | (±0.0) | (±0.3)                              |
| 9.62                          | 1.26             | 4.16E-06              | 29.8                               | 60.4                    | 45.2                  | 33.8              | 128.8                              | 142.8                                     | 0.0                                            | 0.0                            | 0.0    | 20.7                                |
| 10.88                         |                  | (±1.29E-06)           | (±3.1)                             | (±5.2)                  | (±3.0)                | (±0.6)            | (±11.4)                            | (±13.9)                                   | (±0.0)                                         | (±0.0)                         | (±0.0) | (±0.3)                              |
| 10.88                         | 2.20             | 8.11E-08              | 12.4                               | 0.0                     | 0.0                   | 0.0               | 29.7                               | 69.9                                      | 164.8                                          | 0.7                            | 3.0    | 18.3                                |
| 13.08                         |                  | (±2.85E-07)           | (±3.8)                             | (±0.0)                  | (±0.0)                | (±0.0)            | (±24.6)                            | (±19.5)                                   | (±26.9)                                        | (±0.1)                         | (±0.6) | (±0.8)                              |
| 13.08                         | 0.38             | 3.65E-07              | 19.4                               | 47.7                    | 27.4                  | 31.0              | 73.0                               | 106.3                                     | 0.0                                            | 0.0                            | 0.0    | 19.5                                |
| 13.46                         |                  | (±1.24E-07)           | (±1.2)                             | (±1.7)                  | (±1.5)                | (±0.1)            | (±7.0)                             | (±4.6)                                    | (±0.0)                                         | (±0.0)                         | (±0.0) | (±0.1)                              |

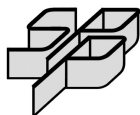
Depth values presented in this table are measured from free ground surface



PROJECT NR : MolveBDM  
TEST : CPTu-3-BDM  
DATE : 18.09.2024 TIME : 14:01:19  
CUSTOMER : Info-G  
DESCRIPTION :

OPERATOR : K.Grabar  
REFERENCE LEVEL : 0 m to  
CONE TYPE : I-CFXYP20-10 Nr. 200149  
MODULE TYPE : Nr.  
ENDVALUE INCLINATION : 9,11  
REMARK :





**SPP** d.o.o.  
Koprivnička ul. 47  
Varaždin  
t. 042 / 203 302  
spp@spp.hr ; www.spp.hr

**SPP d.o.o.**  
Geotehnika  
Koprivnička ul. 47, Varaždin  
www.spp.hr

**CPT: CPTu-3**

Ukupna dubina: 12.46 m, Datum: 18.9.2024.

Kota terena: 132.20 m

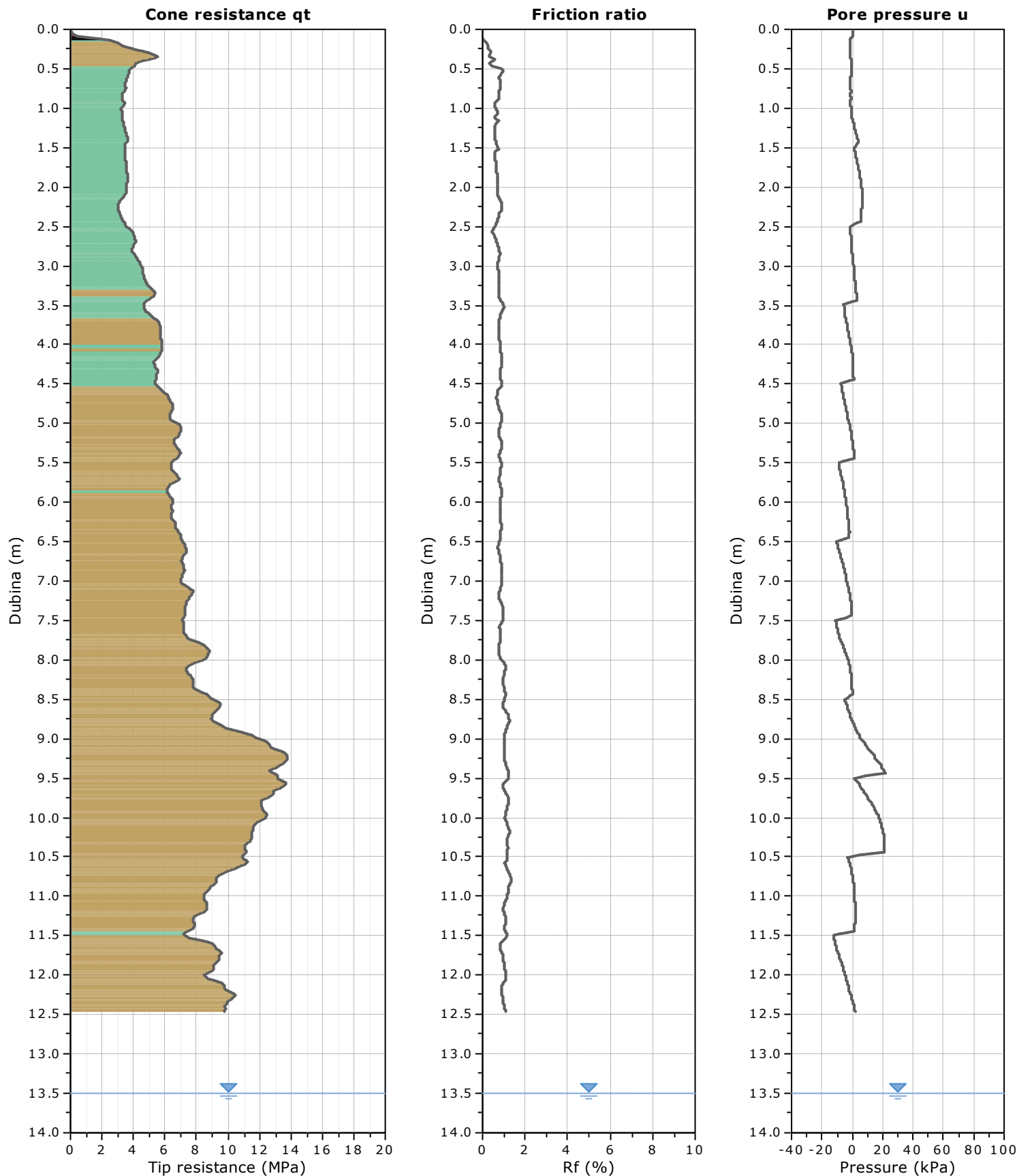
Koordinate: X:0.00, Y:0.00

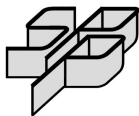
Vrsta konusa: I-CFXYP20-10 Nr. 140608

Operator: Grabar

**Projekt: Sanacija crkve BDM u Molvama**

**Lokacija: k.č.br. 1/1 i 1/2, k.o. Molve**





**SPP** d.o.o.  
Koprivnička ul. 47  
Varaždin  
t. 042 / 203 302  
spp@spp.hr ; www.spp.hr

**SPP** d.o.o.  
Geotehnika  
Koprivnička ul. 47, Varaždin  
www.spp.hr

**CPT: CPTu-3**

Ukupna dubina: 12.46 m, Datum: 18.9.2024.

Kota terena: 132.20 m

Koordinate: X:0.00, Y:0.00

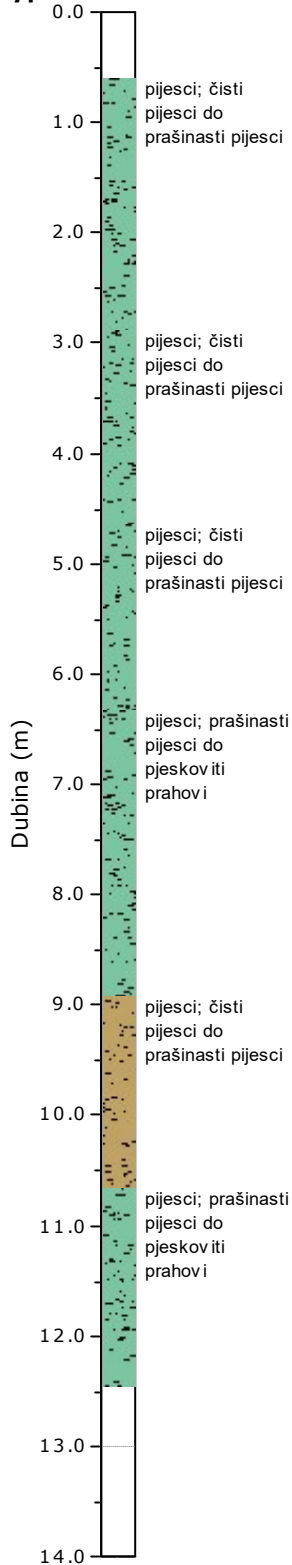
Vrsta konusa: I-CFXYP20-10 Nr. 140608

Operator: Grabar

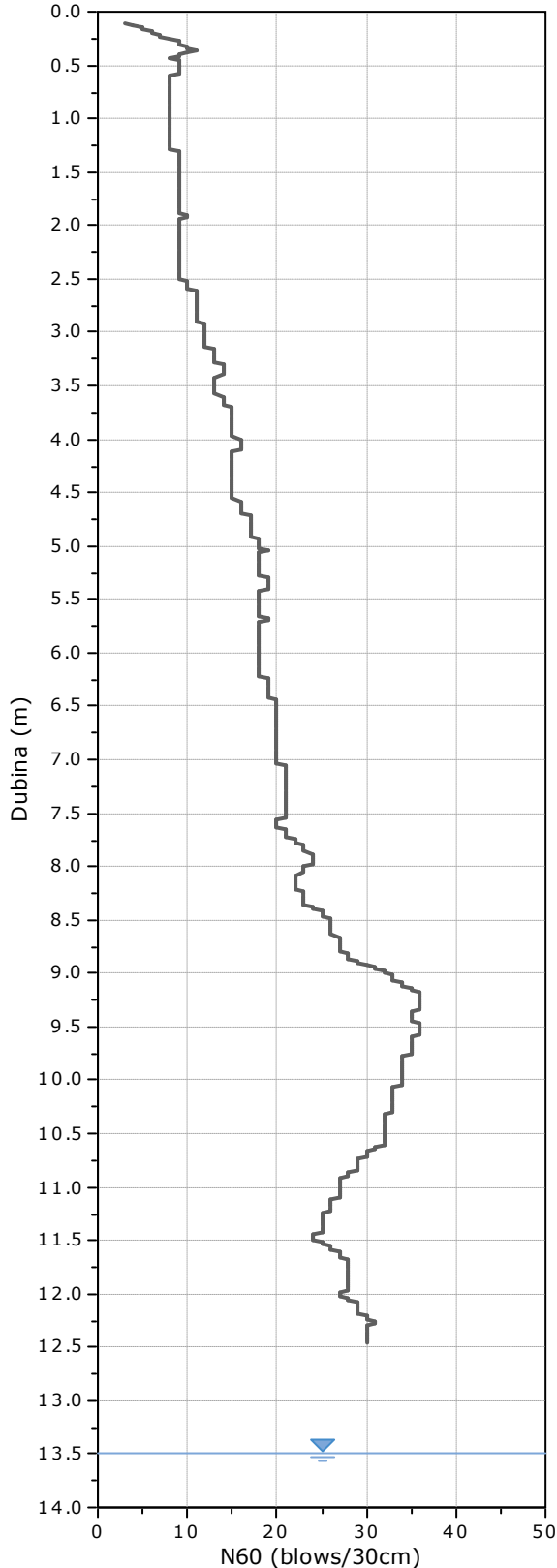
**Projekt: Sanacija crkve BDM u Molvama**

**Lokacija: k.č.br. 1/1 i 1/2 , k.o. Molve**

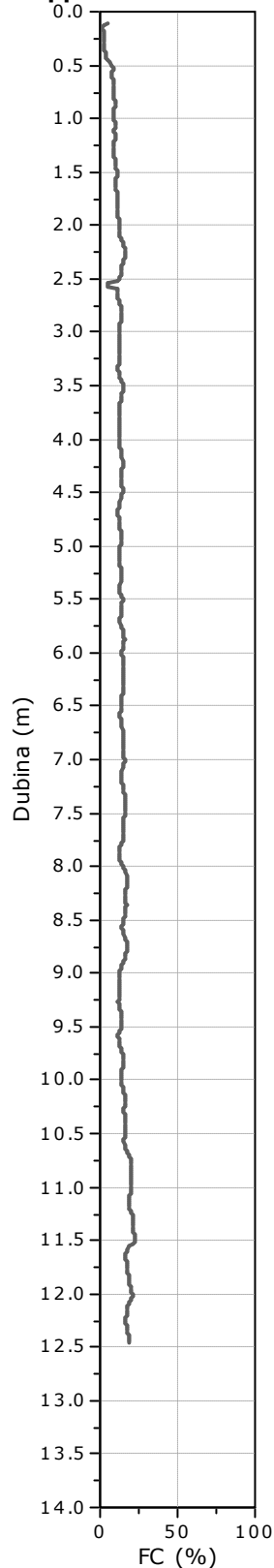
**Typical Geotech. Sectic**

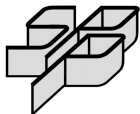


**SPT N60**



**Apparent Fines Cont**





**SPP** d.o.o.  
Koprivnička ul. 47  
Varaždin  
t. 042 / 203 302  
spp@spp.hr ; www.spp.hr

**SPP d.o.o.**  
Geotehnika  
Koprivnička ul. 47, Varaždin  
www.spp.hr

**CPT: CPTu-3**

Total depth: 12.46 m, Date: 18.9.2024.

Surface Elevation: 132.20 m

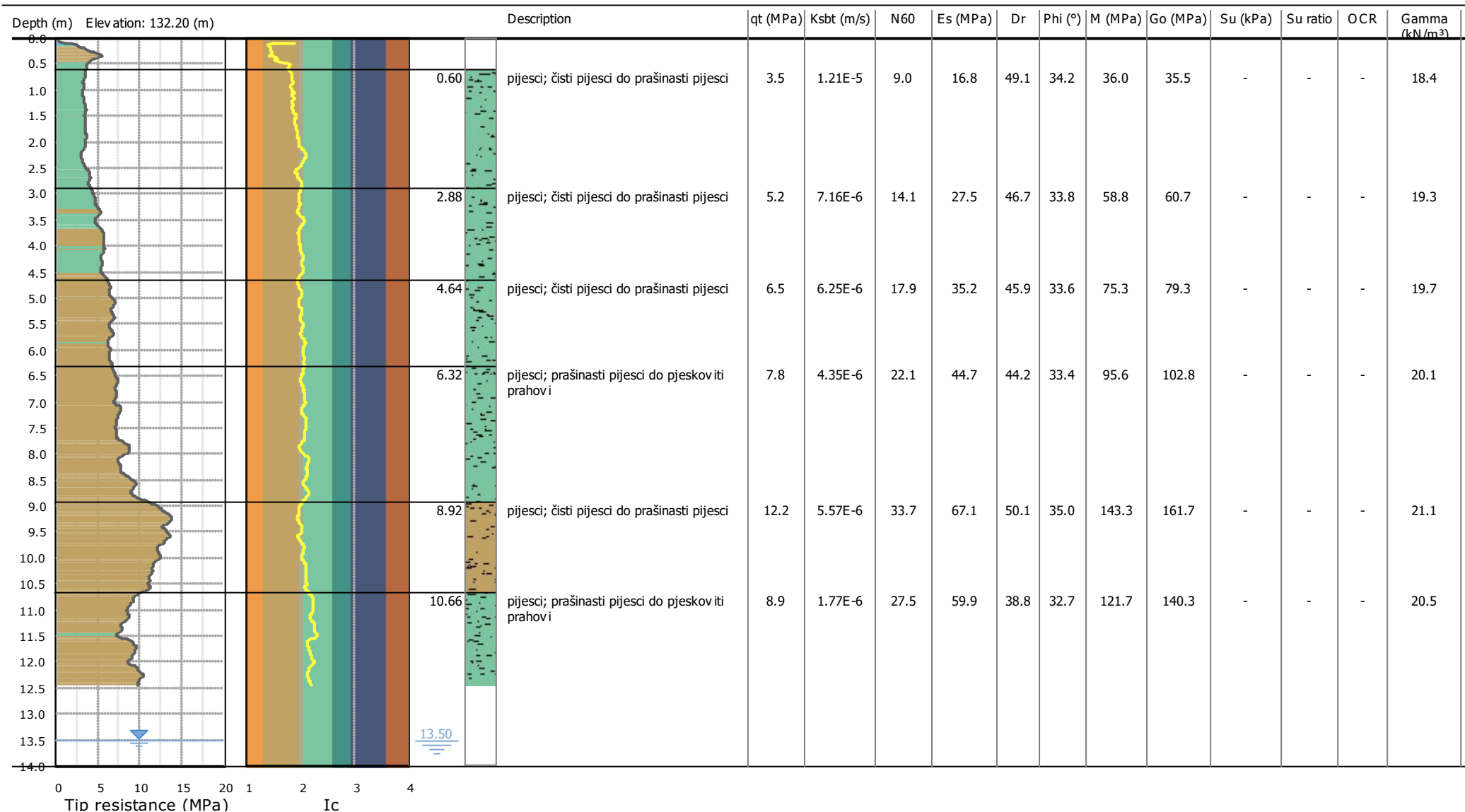
Coords: X:0.00, Y:0.00

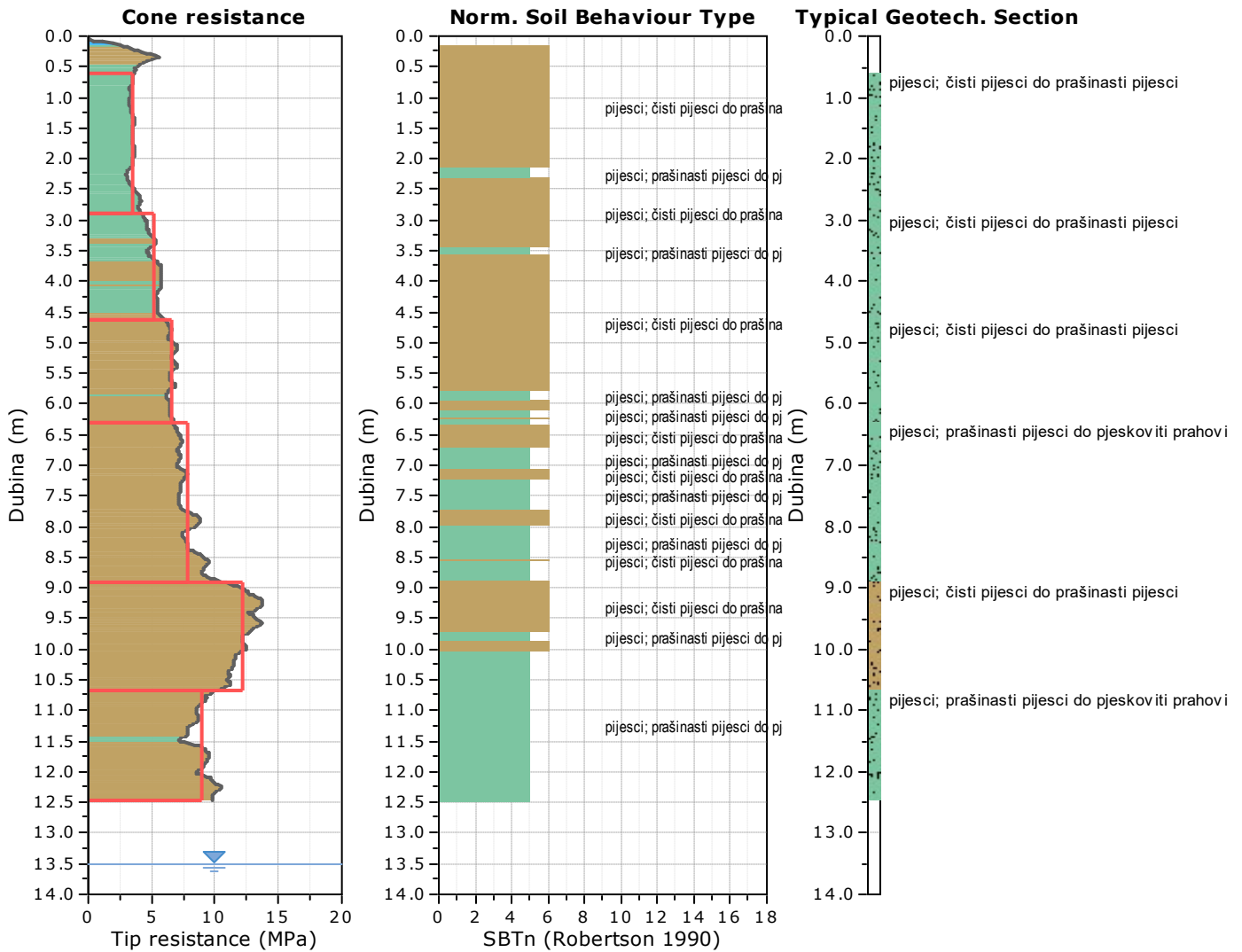
Cone Type: I-CFXYP20-10 Nr. 140608

Cone Operator: Grabar

**Project: Sanacija crkve BDM u Molvama**

**Location: k.č.br. 1/1 i 1/2 , k.o. Molve**





### Tabular results

::: Layer No: 1 :::

**Code: 2**      **Start depth: 0.60 (m), End depth: 2.88 (m)**

**Description:** pijesci; čisti pijesci do prašna

#### Basic results

Total cone resistance:  $3.50 \pm 0.27$  MPa

Sleeve friction:  $24.05 \pm 3.66$  kPa

Ic:  $1.93 \pm 0.08$

$\sigma_v'$ :  $28.53 \pm 12.55$  kPa

SBT<sub>n</sub>: 6

SBT<sub>n</sub> description: pijesci; čisti pijesci do prašna

Schneider zone: N/A

Schneider desc.: N/A

#### Estimation results

Permeability:  $1.21E-05 \pm 7.58E-06$  m/s

N<sub>60</sub>:  $8.96 \pm 0.93$  blows

Es:  $16.85 \pm 2.10$  MPa

Dr (%):  $49.10 \pm 5.28$

φ (degrees):  $34.16 \pm 1.11$  °

Unit weight:  $18.42 \pm 0.18$  kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.:  $35.99 \pm 4.50$  MPa

Go:  $35.48 \pm 4.66$  MPa

Su:  $0.00 \pm 0.00$  kPa

Su ratio:  $0.00 \pm 0.00$

O.C.R.:  $0.00 \pm 0.00$

**::: Layer No: 2 :::****Code:** 3 **Start depth:** 2.88 (m), **End depth:** 4.64 (m)**Description:** pijesci; čisti pijesci do prašinski pijesci**Basic results**

Total cone resistance: 5.22 ±0.48 MPa

Sleeve friction: 42.29 ±5.43 kPa

Ic: 2.01 ±0.03

 $\sigma_v'$ : 68.42 ±10.01 kPaSBT<sub>n</sub>: 6SBT<sub>n</sub> description: pijesci; čisti pijesci do prašinski pijesci

Schneider zone: N/A

Schneider desc.: N/A

**Estimation results**

Permeability: 7.16E-06 ±1.70E-06 m/s

N<sub>60</sub>: 14.07 ±1.34 blows

Es: 27.52 ±2.62 MPa

Dr (%): 46.73 ±1.20

 $\phi$  (degrees): 33.80 ±0.23 °Unit weight: 19.28 ±0.19 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 58.78 ±5.60 MPa

Go: 60.65 ±6.33 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

**::: Layer No: 3 :::****Code:** 3 **Start depth:** 4.64 (m), **End depth:** 6.32 (m)**Description:** pijesci; čisti pijesci do prašinski pijesci**Basic results**

Total cone resistance: 6.54 ±0.24 MPa

Sleeve friction: 54.14 ±4.26 kPa

Ic: 2.02 ±0.04

 $\sigma_v'$ : 102.26 ±9.74 kPaSBT<sub>n</sub>: 6SBT<sub>n</sub> description: pijesci; čisti pijesci do prašinski pijesci

Schneider zone: N/A

Schneider desc.: N/A

**Estimation results**

Permeability: 6.25E-06 ±1.86E-06 m/s

N<sub>60</sub>: 17.93 ±0.70 blows

Es: 35.25 ±1.56 MPa

Dr (%): 45.85 ±1.77

 $\phi$  (degrees): 33.63 ±0.36 °Unit weight: 19.68 ±0.11 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 75.30 ±3.33 MPa

Go: 79.31 ±3.83 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

**::: Layer No: 4 :::****Code:** 4 **Start depth:** 6.32 (m), **End depth:** 8.92 (m)**Description:** pijesci; prašinski pijesci do pjeskoviti prahovi**Basic results**

Total cone resistance: 7.80 ±0.90 MPa

Sleeve friction: 71.27 ±17.19 kPa

Ic: 2.08 ±0.04

 $\sigma_v'$ : 144.40 ±15.24 kPaSBT<sub>n</sub>: 5SBT<sub>n</sub> description: pijesci; prašinski pijesci do pjeskoviti prahovi

Schneider zone: Zone 2

Schneider desc.: Essentially drained sands

**Estimation results**

Permeability: 4.35E-06 ±1.45E-06 m/s

N<sub>60</sub>: 22.14 ±2.64 blows

Es: 44.75 ±5.83 MPa

Dr (%): 44.20 ±1.51

 $\phi$  (degrees): 33.43 ±0.37 °Unit weight: 20.09 ±0.30 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 95.60 ±12.46 MPa

Go: 102.78 ±15.14 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

**::: Layer No: 5 :::****Code:** 5 **Start depth:** 8.92 (m), **End depth:** 10.66 (m)**Description:** pijesci; čisti pijesci do prašinski pijesci**Basic results**

Total cone resistance: 12.20 ±0.93 MPa

Sleeve friction: 136.56 ±10.97 kPa

Ic: 2.04 ±0.06

 $\sigma_v'$ : 189.59 ±10.80 kPaSBT<sub>n</sub>: 6SBT<sub>n</sub> description: pijesci; čisti pijesci do prašinski pijesci

Schneider zone: N/A

Schneider desc.: N/A

**Estimation results**

Permeability: 5.57E-06 ±2.35E-06 m/s

N<sub>60</sub>: 33.71 ±1.61 blows

Es: 67.09 ±2.28 MPa

Dr (%): 50.09 ±3.17

 $\phi$  (degrees): 34.96 ±0.58 °Unit weight: 21.08 ±0.12 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 143.32 ±4.87 MPa

Go: 161.69 ±6.28 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

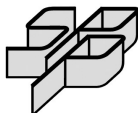
... Layer No: 6 ...

**Code:** 6                    **Start depth:** 10.66 (m), **End depth:** 12.46 (m)

**Description:** pijesci; prašinasti pijesci do pjeskoviti prahovi

| Basic results          |                                                   | Estimation results |                        |
|------------------------|---------------------------------------------------|--------------------|------------------------|
| Total cone resistance: | 8.94 ±0.81 MPa                                    | Permeability:      | 1.77E-06 ±6.14E-07 m/s |
| Sleeve friction:       | 93.56 ±12.74 kPa                                  | N <sub>60</sub> :  | 27.53 ±1.82 blows      |
| Ic:                    | 2.20 ±0.05                                        | Es:                | 59.90 ±3.17 MPa        |
| σ <sub>v</sub> ':      | 226.20 ±10.67 kPa                                 | Dr (%):            | 38.80 ±1.88            |
| SBT <sub>n</sub> :     | 5                                                 | φ (degrees):       | 32.75 ±0.40 °          |
| SBTn description:      | pijesci; prašinasti pijesci do pjeskoviti prahovi | Unit weight:       | 20.49 ±0.18 kN/m³      |
| Schneider zone:        | N/A                                               |                    |                        |
| Schneider desc.:       | N/A                                               |                    |                        |





**SPP** d.o.o.  
Koprivnička ul. 47  
Varaždin  
t. 042 / 203 302  
spp@spp.hr ; www.spp.hr

**SPP d.o.o.**  
Geotehnika  
Koprivnička ul. 47, Varaždin  
www.spp.hr

**CPT: CPTu-3**

Total depth: 12.46 m, Date: 18.9.2024.

Surface Elevation: 132.20 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: I-CFYYP20-10 Nr. 140608

Cone Operator: Grabar

**Project: Sanacija crkve BDM u Molvama**

**Location: k.č.br. 1/1 i 1/2 , k.o. Molve**

**Summary table of mean values**

| From depth<br>To depth<br>(m) | Thickness<br>(m) | Permeability<br>(m/s) | SPT <sub>N60</sub><br>(blows/30cm) | E <sub>s</sub><br>(MPa) | D <sub>r</sub><br>(%) | Friction<br>angle | Constrained<br>modulus, M<br>(MPa) | Shear<br>modulus, G <sub>0</sub><br>(MPa) | Undrained<br>strength, S <sub>u</sub><br>(kPa) | Undrained<br>strength<br>ratio | OCR    | Unit weight<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
|-------------------------------|------------------|-----------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------|--------|-------------------------------------|
| 0.60                          | 2.28             | 1.21E-05              | 9.0                                | 16.8                    | 49.1                  | 34.2              | 36.0                               | 35.5                                      | 0.0                                            | 0.0                            | 0.0    | 18.4                                |
| 2.88                          |                  | (±7.58E-06)           | (±0.9)                             | (±2.1)                  | (±5.3)                | (±1.1)            | (±4.5)                             | (±4.7)                                    | (±0.0)                                         | (±0.0)                         | (±0.0) | (±0.2)                              |
| 2.88                          | 1.76             | 7.16E-06              | 14.1                               | 27.5                    | 46.7                  | 33.8              | 58.8                               | 60.7                                      | 0.0                                            | 0.0                            | 0.0    | 19.3                                |
| 4.64                          |                  | (±1.70E-06)           | (±1.3)                             | (±2.6)                  | (±1.2)                | (±0.2)            | (±5.6)                             | (±6.3)                                    | (±0.0)                                         | (±0.0)                         | (±0.0) | (±0.2)                              |
| 4.64                          | 1.68             | 6.25E-06              | 17.9                               | 35.2                    | 45.9                  | 33.6              | 75.3                               | 79.3                                      | 0.0                                            | 0.0                            | 0.0    | 19.7                                |
| 6.32                          |                  | (±1.86E-06)           | (±0.7)                             | (±1.6)                  | (±1.8)                | (±0.4)            | (±3.3)                             | (±3.8)                                    | (±0.0)                                         | (±0.0)                         | (±0.0) | (±0.1)                              |
| 6.32                          | 2.60             | 4.35E-06              | 22.1                               | 44.7                    | 44.2                  | 33.4              | 95.6                               | 102.8                                     | 0.0                                            | 0.0                            | 0.0    | 20.1                                |
| 8.92                          |                  | (±1.45E-06)           | (±2.6)                             | (±5.8)                  | (±1.5)                | (±0.4)            | (±12.5)                            | (±15.1)                                   | (±0.0)                                         | (±0.0)                         | (±0.0) | (±0.3)                              |
| 8.92                          | 1.74             | 5.57E-06              | 33.7                               | 67.1                    | 50.1                  | 35.0              | 143.3                              | 161.7                                     | 0.0                                            | 0.0                            | 0.0    | 21.1                                |
| 10.66                         |                  | (±2.35E-06)           | (±1.6)                             | (±2.3)                  | (±3.2)                | (±0.6)            | (±4.9)                             | (±6.3)                                    | (±0.0)                                         | (±0.0)                         | (±0.0) | (±0.1)                              |
| 10.66                         | 1.80             | 1.77E-06              | 27.5                               | 59.9                    | 38.8                  | 32.7              | 121.7                              | 140.3                                     | 0.0                                            | 0.0                            | 0.0    | 20.5                                |
| 12.46                         |                  | (±6.14E-07)           | (±1.8)                             | (±3.2)                  | (±1.9)                | (±0.4)            | (±10.8)                            | (±8.6)                                    | (±0.0)                                         | (±0.0)                         | (±0.0) | (±0.2)                              |

Depth values presented in this table are measured from free ground surface