

<b>INVESTITOR:</b>	<b>REPUBLIKA SLOVENIJA</b> Gregorčičeva ulica 20, 1000 Ljubljana
<b>NAROČNIK:</b>	<b>BIOTEHNIŠKI IZOBRAŽEVALNI CENTER LJUBLJANA</b> Ižanska cesta 10, 1000 Ljubljana
<b>OBJEKT:</b>	<b>PRIZIDAVA BIC LJUBLJANA, GIMNAZIJA IN VETERINARSKA ŠOLA</b>
<b>ZA GRADNJO:</b>	<b>NOVOGRADNJA - PRIZIDAVA</b>
<b>VRSTA DOKUMENTACIJE:</b>	<b>DGD, PZI</b>

---

**ELABORAT GEOTEHNIŠKIH RAZISKAV IN NAVODILA ZA  
TEMELJENJE OBJEKTA**

---

<b>ŠT. ELABORATA:</b>	<b>1-17/2023</b>
<b>IZDELOVALEC ELABORATA:</b>	<b>GRACEN D.O.O.</b> Krivec 92, 1000 Ljubljana  <b>Odgovorna oseba:</b> <b>Andreja KOVAČIČ</b>
<b>POOBLAŠČENI INŽENIR:</b>	<b>Andreja KOVAČIČ, univ. dipl. inž. grad.</b> <b>Ident. št. IZS: G-0987</b> <b>Žig in podpis:</b>
<b>KRAJ IN DATUM:</b>	<b>LJUBLJANA, 22. 2. 2024</b>
<b>ŠT. IZVODOV:</b>	<b>1 2 3 4 A</b>

## VSEBINA ELABORATA

## TEKST:

1. SPLOŠNO
2. GEOLOŠKO GEOMEHANSKE LASTNOSTI TAL
  - 2.1 Geografsko morfološke značilnosti
  - 2.2 Geološke razmere
  - 2.3 Terenske raziskave
    - 2.3.1 Raziskave s sondažno vrtino
    - 2.3.2 Raziskave s statičnim konusnim penetrometrom (CPT-u)
  - 2.4 Laboratorijske preiskave
  - 2.5 Povzetek terenskih in laboratorijskih preiskav
    - 2.5.1 Sestava tal (povzetek CPT, SPT, vrtanje)
    - 2.5.2 Podzemna voda in vodoprepustnost
    - 2.5.3 Ocena rezultatov standardnih penetracijskih preizkusov (SPT)
    - 2.5.4 Ocena rezultatov laboratorijskih preiskav
    - 2.5.5 Ocena rezultatov sonde CPTu-3
  - 2.6 Geotehniške karakteristike tal
  - 2.7 Seizmičnost tal
3. TEMELJENJE OBJEKTA
  - 3.1 Splošne ugotovitve
  - 3.2 Globoko temeljenje objekta

## GRAFIČNE PRILOGE:

- Priloga 1: Situacija objekta, raziskovalne vrtine in bližnjih CPT-u sond
- Priloga 2: Prerez C-C
- Priloga 3: Geotehniški profil raziskovalne vrtine V-1
- Priloga 4: Slike vrtine V-1
- Priloga 5: Vrednotenje rezultatov SPT
- Priloga 6.1: Laboratorijske preiskave
- Priloga 6.2: Fotografije presejanih vzorcev iz vrtin
- Priloga 7: Pregledna interpretacija sonde CPTu-3
- Priloga 8: Disipacijski preizkusi
- Priloga 9: Izračun projektne nosilnosti pilotov

## 1. SPLOŠNO

Predvidena je prizidava šolske stavbe BIC Ljubljana, Gimnazija in veterinarska šola, Cesta v Mestni log 47 (slika 1). Nameravani poseg v prostor obsega porušitev severnega pritličnega trakta obstoječe šole in izgradnjo novega prizidka na mestu odstranjenega trakta. Na zahodni strani predvidene prizidave je predvidena novogradnja nadstrešnice, ki je nezahteven objekt.



Slika 1: Ortofoto posnetek s prikazom konture prizidave in mest raziskovalne vrtine in bližnjih CPT-u sond (vir posnetka: <http://gis.arso.gov.si/atlasokolja>)

Z namenom določitve sestave tal v območju predvidenih posegov smo izvedli naslednje geotehniške preiskave:

- eno (1) sondažno vrtino, izvedeno 6. in 7. 11. 2023;
- 'in situ' meritve v vrtini s standardnim penetracijskim postopkom (SPT),
- pregled in popis jeder vrtine po AC klasifikaciji,
- laboratorijske preiskave karakterističnih vzorcev tal iz vrtine.

Mesta sondažnih vrtin in izkopov so prikazana na sliki 1 in v zazidalni situaciji v prilogi 1.

Za geotehniško analizo nam je naročnik posredoval Geotehnično poročilo o raziskavah tal in nosilnosti pilotov za Novogradnjo UL Veterinarske fakultete, ki ga je izdelal SLP d.o.o Ljubljana, št. poročila GEO075-01-2022, avgust 2022 (v nadaljevanju Elaborat SLP). Novogradnja Veterinarske fakultete je predvidena na sosednjem zemljišču vzdolž zahodne posestne meje.

Projektant Curk arhitektura d.o.o., Ljubljana pa nam je posredoval naslednje osnovne podatke o načrtovani prizidavi:

- Tloris prizidave bo gabarita pribl. 53,3 m × 20 m. Severni del objekta, dolžine pribl. 22,5 m, bo troetažen (P+2), južni del do stika z obstoječim objektom pa bo štirietažen (P+3);
- Ničelna kota bo enaka koti obstoječega pritličja in bo znašala  $\pm 0,0 = 292,10$  m. Vhod v pritlično etažo bo na zahodni strani;

- Na južnem delu pritličja je predvideno dvonamensko zaklonišče, na obeh straneh, obdano z vertikalnima komunikacijama, na severnem pa zbornica in šolska veterinarska ambulanta. Nadstropne etaže bodo namenjene prostorom za srednješolsko izobraževanje in spremljajočim prostorom (kabineti, pisarne, tehnični prostori, komunikacije, sanitarije);
- Konstrukcijo bo sestavljal armiranobetonski skelet z zidanimi polnili in armiranobetonskimi medetažnimi ploščami. Dilataciji sta predvideni na stiku z obstoječim objektom in na stiku troetažnega in štirietaznega dela objekta.
- Objekt bo priključen na obstoječe komunalne vode.

## 2. GEOLOŠKO GEOMEHANSKE LASTNOSTI TAL

### 2.1 Geomorfološki opis lokacije

Zahodno ob obstoječem severnem pritličnem traktu poteka interna cesta v šolskem kompleksu, površine vzhodno pa so travnate in urejene kot park s posameznimi drevesi. Nahajajo se na absolutni koti pribl. 291,6 m.

### 2.2 Geološke razmere

Predmetno zemljišče leži na skrajnem vzhodnem robu osnovne geološke karte (OGK) lista Kranj (Grad & Ferjančič, 1974), kjer meji na osnovno geološko karto lista Ljubljana (Premru, 1983). Obe karti sta merila 1 : 100.000.

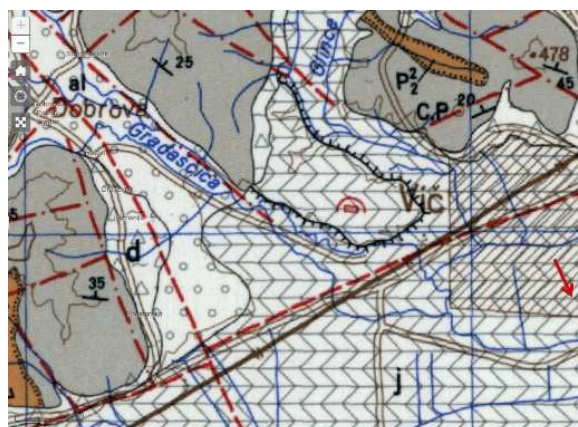
Iz osnovne geološke karte list Kranj (Grad & Ferjančič, 1974) povzemamo, da nastopajo na širšem območju obravnavanega prostora naslednje litološko – stratigrafske enote (začenši z najstarejšo):

- C,P: glinast skrilavec, meljevec, peščenjak in konglomerat (karbon/perm)
- P<sub>2</sub><sup>2</sup>: rdeč peščenjak, meljevec, in konglomerat (grödenski skladi, sr.perm)
- fgl – prod, pesek (prodni zasip, pleistocen)
- j: jezerski in barski sedimenti (pleistocen, holocen)
- d: deluvialni sedimenti (holocen)
- al: aluvij - nanosi rek in potokov (holocen).

Na širšem območju obravnavanega prostora torej nastopa litološko zelo različna hribinska osnova, ki je prekrita z različnimi vrstami zemljin, nastalih v spremenljivem kvartarnem sedimentacijskem okolju.

Na ožjem območju preučevane lokacije, ki je na sliki 2 označeno z rdečo puščico, je po OGK pričakovati jezerske in barske sedimente, ki segajo do večjih globin.

Del citirane geološke karte je povzet na sliki 2, na kateri je nakazana tudi lokacija terenskih raziskav.



Slika 2: Širše območje preučevane lokacije na delu OGK, List Kranj (Grad & Ferjančič, 1974)



## 2.3 Terenske raziskave

### 2.3.1 Raziskave s sondažno vrtino

Sondažno vrtanje je bilo izvedeno z vrtalno garnituro Fraste ML. Vrtina z oznako V-1, dolžine 25 m, je bila izvedena v parku v oddaljenosti 5 m od obstoječega objekta. Med vrtanjem so bile v vnaprej določenih globinah izvedene 'in situ' meritve s standardnim penetracijskim postopkom (SPT), tekoče je bila spremljana sestava tal in ocenjevane osnovne geotehniške karakteristike tipičnih zemljin. Iz vrtine so bili odvzeti vzorci za laboratorijske preiskave.

Podrobni geotehniški popis vrtine je, skupno s slikovnim gradivom, podan v prilogah 3 in 4.

### 2.3.2 Raziskave s statičnim konusnim penetrometrom (CPTu), povzete iz Elaborata SLP

Zahodno od predmetnega zemljišča je avgusta 2022 firma SLP d.o.o., Ljubljana v sklopu geološko geomehanskih raziskav za Novogradnjo UL Veterinarske fakultete izvedla pet sondiranj s statičnim konusnim penetrometrom. Rezultati raziskav so obravnavani v Elaboratu SLP, ki nam ga je v uporabo posredoval naročnik.

Iz Elaborata SLP povzemamo, da so bile raziskave s statičnim konusnim penetrometrom (v nadaljevanju CPTu) izvedene z opremo TG 63-150, proizvajalca Pagani, v skladu s standardoma SIST EN 1997-2:2007 in SIST prEN ISO 22476-1:2005. Raziskave so obsegale poleg standardnih meritev tudi registriranje pornih tlakov stanju mirovanja drogovja (v nadaljevanju: disipacijski preizkusi). Skupno je bilo izvedenih pet sondiranj skupne dolžine 128,9 m in v okviru le-teh šest disipacijskih preizkusov. Rezultati CPTu sondiranj so bili interpretirani z registrirano programsko opremo CPeT-IT (ver.3.9.1.3), po postopkih, podanih na spletnem naslovu <http://www.geologismiki.gr..>

V okviru tega poročila so bili CPTu posnetki interpretirani z registrirano programsko opremo CPeT-IT (ver.2-0.2.7), po postopkih, podanih na spletnem naslovu <http://www.geologismiki.gr..> Pri interpretaciji rezultatov CPTu so bila upoštevana priporočila Robertsona in Cabala (2014). Podrobneje smo obdelali posnetek CPTu-3, ki je bil izveden najbližje tlorisu predvidene prizidave. Rezultati CPTu sondiranj so povzeti v točki 2.5.1 ter v prilogi 7.

Za oceno hidrogeoloških razmer na obravnavanem območju pa smo podrobno obdelali tudi disipacijske preizkuse, izvedene v okviru CPTu sondiranj. Rezultati so podani v točki 2.5.2 ter v prilogi 8.

## 2.4 Laboratorijske preiskave

V laboratoriju podjetja Geoinženiring d.o.o. so bile na vzorcih zemljin, odvzetih s sondažnim vrtanjem, izvedene osnovne identifikacijske preiskave in sicer tri preiskava Atterbergovih konsistenčnih mej, dve granulometrijski analizi in ena preiskava deformabilnosti. Rezultati so zbrani v prilogah 6.1 in 6.2.

Priloga 6.1 podaja rezultate laboratorijskih preiskav, v prilogah 6.2 pa so prikazane fotografije posameznih vzorcev po končanih granulometrijskih analizah. Na vsaki sliki je prikazan po en vzorec, razdeljen po frakcijah 0,063-0,125 mm, 0,125-0,25 mm, 0,25-0,5 mm, 0,5-1,0 mm, 1-2 mm, 2-4 mm, 4-8 mm, 8-16 mm in 15-31,5 mm.

## 2.5 Povzetek terenskih in laboratorijskih preiskav

### 2.5.1 Sestava tal

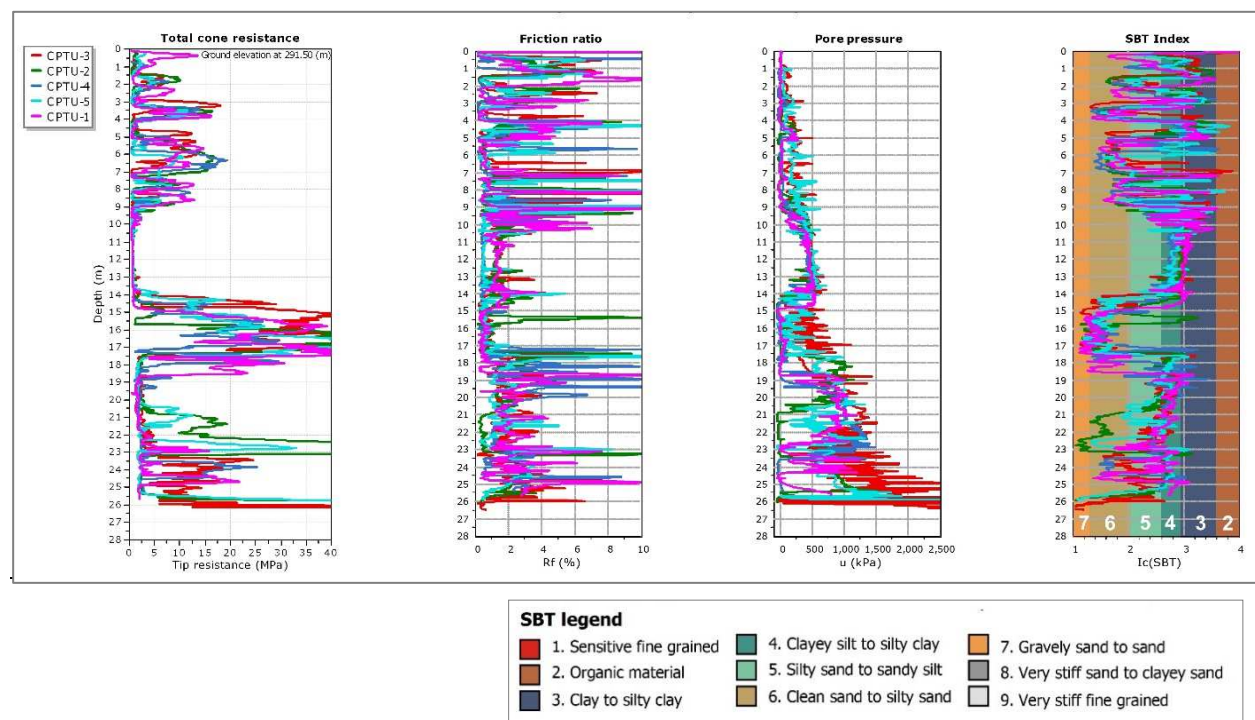
Iz rezultatov sondažnega vrtanja povzemamo naslednje:

- Površje terena prekriva temnosiv humus z drobcami kamnin, debeline pribl. 0,1 m.
- Humusu navzdol sledi umetni nasip, ki ga sestavlja heterogena mešanica rjave peščene gline, drobcev

- kamnin do  $\phi$  5 mm in nekaj odlomkov opeke in sega do globine 0,5 m.
- Na globinskem odseku med 0,5 m in 8,9 m se izmenjujejo peščeno meljaste in glinaste do peščeno glinaste zemljine, sive do sivorjave barve in pretežno slabih geotehniških karakteristik. Prevladujejo peščeno meljaste zemljine, ki lokalno vsebujejo droben prod različnih kamnin. Koherentne zemljine so pretežno v lahko do srednjegnetnem konsistenčnem stanju, nekoherentne pa v zelo rahlem do rahlem gostotnem stanju.
- V globini med 8,9 m in 14,3 m nastopa siva, mestoma nekoliko organska glina do peščena glina, pretežno v lahko do srednjegnetnem konsistenčnem stanju.
- Navzdol sledi do globine 17,8 m svetlosiv do svetlorjav meljast do glinast prod v gostem do zelo gostem stanju. Prodniki so srednje dobro zaobljeni, velikosti do  $\phi$  90 mm in različne petrografske sestave.
- V globini med 17,8 m in 19,9 m se pojavlja siva, mestoma nekoliko organska glina do peščena glina v težkognetnem konsistenčnem stanju.
- Na odseku od 19,9 m do 25,0 m (dno vrtine) pa se menjujejo plasti gostega do zelo gostega, zelo meljastega peska/peščenega melja in zelo meljastega/glinastega proda. Prodniki so srednje dobro zaobljeni, velikosti do  $\phi$  40 mm in različne petrografske sestave. Prevladujejo svetlo do temnosivi barvni odtenki.

Za dopolnilo k opisani sestavi tal na osnovi ene sondažne vrtine podajamo še interpretacijo bližnjih sondiranj s statičnim konusnim penetrometrom (v nadaljevanju CPTu), omenjenih v točki 2.3.2 elaborata. Na sliki 3 je prikazanih vseh pet CPTu posnetkov, projiciranih na koto površja na mestu sond 292,50 m. Na sliki 1 in v prilogi 1 sta prikazani le bližnji mesti sond CPTu-3 in CPTu-2.

Slika 3 ponazarja, gledano od leve proti desni, globinski potek (do globine pribl. 26 m) korigiranih vrednosti odpora pod konico (Total cone resistance), razmerja med odporom po plašču in pod konico (Friction ratio, Rf), pornih tlakov (Pore pressure, u) ter tipov obnašanja zemljine (v nadaljevanju SBT) glede na ne-normalizirani SBT indeks (Ic(SBT)) po Robertsonu (2010):



Slika 3: Rezultati sondiranja CPTu (Elaborat SLP) ter tipi obnašanja zemljin (SBT) po Robertsonu (2010)

Na sliki 3 je vidno, da je v vseh petih CPTu sondah ugotovljena razmeroma enovita sestava tal, ki je podobna sestavi tal, ugotovljeni s sondažno vrtino:

- Do globine pribl. 9,5 m pod površjem terena so ugotovljene peščeno meljaste do glinaste zemljine v menjavi s peščeno-prodnimi zemljinami (SBT indeksi 6, 5, 4 in 3). Prevladuje delež nekoherentnih zemljin. Ta odsek je primerljiv z odsekom v vrtini, v globini med 0,5 m in 8,9 m.
- Navzdol sledi do globine pribl. 14 m odsek z nizkimi odpori pod konico in visokimi pornimi tlaki, ki je interpretiran kot glina do melj (SBT indeks pretežno 3 ali 4). Ta odsek je primerljiv z odsekom v vrtini, v globini med 8,9 m in 14,3 m, na katerem je bila ugotovljena siva glina do peščena glina.
- Naslednji značilni odsek v CPTu posnetkih je od približno 14 m do 18 m, ki je interpretiran kot pesek do meljast pesek, mestoma z gramozom (SBT indeks pretežno 6, mestoma 7), ki v vrtini ustreza odseku med 14,3 m in 17,8 m (svetlosiv zelo meljast do zelo glinast prod).
- V globini med približno 18 m in 21 m CPTu posnetki nakazujejo prisotnost glinastega melja do meljaste gline. Odsek je primerljiv z odsekom v vrtini v globini med 17,8 m in 19,9 m, na katerem je bila ugotovljena siva, mestoma nekoliko organska glina do peščena glina.
- Zadnji značilni odsek sega do dna CPTu (pribl. 26 m) in nakazuje prisotnost peska do gramoza, kar je v soglasju z ugotovitvami sondažnega vrtanja, da se od globine 19,9m do 25,0m (dno vrtine) menjavajo plasti gostega do zelo gostega, zelo meljastega peska do peščenega melja in zelo meljastega do glinastega proda.

Rezultatom sondažnega vrtanja je najbolj podobna sonda CPTu-3, podrobneje prikazana v prilogi 7, ki je pribl. 63m oddaljena od vrtine V-1.

Izkazana stratigrafija dobro dopolnjuje pričakovano sestavo tal po OGK list Kranj, ob upoštevanju možne natančnosti prognoze pri merilu 1 : 100.000. Glinaste do glinasto meljaste zemljine lahko uvrstimo v holocenske do pleistocenske barske sedimente, meljasto-peščeno-prodne zemljine pa v nanose potokov in rek.

### 2.5.2 Podzemna voda in vodoprepustnost

Iz prilog 7 in 8 ter ugotovitev sondažnega vrtanja povzemamo naslednje:

- Porni tlaki med izvajanjem CPTu izkazujejo do globine pribl. 9,5 m razmeroma nizke ali celo negativne vrednosti, kar je glede na peščeno meljaste do glinaste zemljine v menjavi s peščeno-prodnimi zemljinami pričakovano (npr. slika 3, tretji graf). Porni tlaki nato navzdol, do globine med 13 m in 14 m, zaradi prisotnosti slabše prepustnih meljasto-glinastih zemljin postopoma naraščajo, nato pa ob izrazitejši prisotnosti nekoherentnih zemljin do globine pribl. 19,5 m ponovno izkazujejo pretežno nizke, tudi negativne, redkeje, npr. v posnetku CPTu-3 povišane vrednosti. Menjavanje odsekov z izrazito kontrastnimi pornimi tlaki se do končne globine pribl. 26 m še ponovi.
- Najboljšo vodoprepustnost, ocenjeno glede na klasifikacijsko opredelitev zemljine, izkazuje odsek z glinasto-meljastim prodom, ki se v posnetku CPTu-3 nahaja v globini med 13,9 m in 17,5 m in sicer  $k \sim 1,5 \cdot 10^{-4}$  m/sek, preostali značilni odseki pa izkazujejo zemljinski sestavi ustrezno nižje vrednosti.
- Najnižjo vodoprepustnost je pričakovati na globinskem odseku z glino do meljno glino, med 8,5 m in 13,9 m in sicer  $k \sim 1,8 \cdot 10^{-9}$  m/sek.
- Vsi štirje disipacijski preizkusi, izvedeni v dobro prepustnem okolju, že po dobrih 100 sekundah izkazujejo končno vrednost pornih tlakov (priloga 8,  $u_k$  v preglednici in graf).
- Hipotetični nivo podzemne vode, ocenjen iz tlačnih višin glede na končne porne tlake, ( $u_k$ ), je različen in znaša v dveh primerih pribl. 6,5 m, v dveh primerih pa pribl. 8,5 m pod površjem terena (priloga 8, NPV v preglednici). V prvem primeru sta bila preizkusa izvedena v globini 15,9 m oz. 15,5 m, v drugem primeru pa v globini 26,0 m oz. 25,9 m.
- Med sondažnim vrtanjem, ki je potekalo v deževnem obdobju, je bil zabeležen nivo podzemne vode v globini 1,4 m.

- iz podanih ugotovitev je sklepati, da nastopa na preiskanem območju več vodnih teles.

### 2.5.3 Ocena rezultatov standardnih penetracijskih preizkusov (SPT)

V vrtini je bilo izvedenih pet SPT meritev v vnaprej določenih globinah. Rezultati, korigirani po priporočilih Eurocode 7, so podani v prilogi 5.

Iz rezultatov povzemamo naslednje:

- V vseh vnaprej določenih globinah, v katerih so potekali poskusi, so bile s sondažnim vrtnjem ugotovljene nekoherentne zemljine (meljast pesek do peščen melj in/ali glinast do meljast prod).
- V globinah 3,0 m in 8,5 m je bilo ugotovljeno zelo rahlo gostotno stanje meljastega peska do peščenega melja.
- V globinah 15,5 m, 20,0 m je bilo ugotovljeno gosto oz. zelo gosto gostotno stanje meljastega do glinastega proda.
- V globini 25,0 m pa je bilo ugotovljeno zelo gosto gostotno stanje meljastega peska do peščenega melja.

Rezultati SPT so primerljivi z ocenami na osnovi CPTu sondiranja.

### 2.5.4 Ocena rezultatov laboratorijskih preiskav

Laboratorijsko je bilo preiskanih pet vzorcev koherentnih in dva vzorca nekoherentnih zemljin. Odvzemna mesta vzorcev so razvidna iz geotehniškega profila vrtine in fotodokumentacije v prilogah 3 in 4.

Na obeh vzorcih nekoherentnih zemljin so bile opravljene preiskave zrnivosti po kombiniranem postopku po SIST EN ISO 17892-4:2017, presevky pa so tudi fotodokumentirani.

Na štirih vzorcih koherentnih zemljin so bile določene konsistenčne meje po SIST EN ISO 17892-12:2018, na enem vzorcu pa je bila izvedena tudi preiskava deformabilnosti po SIST EN ISO 17892-5:2017. Rezultati so zbrani v prilogah 6.1 in 6.2.

Iz rezultatov, prikazanih v prilogah 6.1 in 6.2, povzemamo:

- Vzorec nekoherentne zemljine iz globine med 1,7 m in 2,0 m je klasificiran kot dobro zrnat pesek z meljem in gramozom (SW-SM) in vsebuje 20% gramoza, 70% peska in 10% delcev velikosti < 0,06 mm.
- Vzorec nekoherentne zemljine iz globine med 16,7 m in 17,0 m je klasificiran kot slabo zrnat gramoz z meljem in peskom (GP-GM) in vsebuje 50% gramoza, 35% peska in 15% delcev velikosti < 0,06 mm.
- Iz priloge 6.2, ki prikazuje fotografije vzorcev nekoherentnih zemljin po izvedenih granulometričnih analizah, je razvidno, da so v obeh primerih (iz globin 1,7 - 2,0 m in 18,7 - 17,0 m) prodniki srednje dobro zaobljeni ter pretežno svetlosivih barvnih odtenkov.
- Vzorca koherentnih zemljin, odvzeta iz globin 2,0 - 2,5 m in 5,8 - 6,0 m sta uvrščena v skupino nizko plastičnih glin v težkognetnem oz. trdnem konsistenčnem stanju.
- Vzorca koherentnih zemljin, odvzeta iz globin 13,2 - 13,6 m in 18,0 - 18,2 m sta uvrščena v skupino srednje plastičnih glin v srednjegnetnem oz. težkognetnem konsistenčnem stanju.
- Vzorec srednjeplastične gline iz globine 18,0 - 18,2 m izkazuje edometriški modul stisljivosti od 7,5 MPa (pri obremenitvi 50 kPa) do 41 MPa (pri obremenitvi 400 kPa).
- Terenski popisi jeder vrtin so v dobrem soglasju z laboratorijsko ugotovljeno zemljiško klasifikacijo.

### 2.5.5 Ocena rezultatov sonde CPTu-3

V prilogi 7 je prikazana poenostavljena stratigrafija sonde CPTu-3 v sedmih (7) značilnih 'slojih', s pripadajočimi ocenami osnovnih geotehniških parametrov. Geotehniški parametri so bili ocenjeni na osnovi

geometrijskih sredin totalnega odpora pod konico ( $q_t$ ).

## 2.6 Geotehniške karakteristike tal

Za posamezne značilne plasti temeljnih tal podajamo naslednje ocene geotehniških parametrov:

- **Nizko do visokoplastična glina (CL/CH) do peščen melj (SM/ML/GM)**, lahko do srednjegnetna/rahel, od gl. 0,5 m do 4,3 m:  $\gamma = 17,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 19^\circ$ ,  $c' = 0 \div 3 \text{ kPa}$ ,  $M_v = 3,0 \text{ MPa}$
- **Zelo meljast pesek in glina do peščena glina (SM/ML/CL)**, rahel do lahkognetna, od gl. 4,3 m do 8,9 m:  $\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 22^\circ$ ,  $c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$ ,  $M_v = 8,0 \text{ MPa}$
- **Glina do peščena glina, mestoma organska (CL/CH)**, lahko do srednjegnetna, od gl. 8,9 m do 14,3 m:  $\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 20^\circ$ ,  $c' = 0 \div 2 \text{ kPa}$ ,  $M_v = 4,0 \text{ MPa}$
- **Zelo meljast prod in pesek (GM/SM)**, gost do zelo gost, od gl. 14,3 m do 17,8 m:  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi = 34^\circ$ ,  $M_v = 20,0 \text{ MPa}$
- **Glina do peščena glina, mestoma organska (CL/CH)**, težkognetna do trda, od gl. 17,8 m do 19,9 m:  $\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi' = 24^\circ$ ,  $c' = 5 \div 10 \text{ kPa}$ ,  $M_v = 15,0 \text{ MPa}$
- **Menjavanje zelo meljastega, peščenega proda in zelo meljastega peska (GM/GC/SM/ML)**, gost do zelo gost, od gl. 19,0 m do 25,0 m:  $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi = 37^\circ$ ,  $M_v = 50,0 \text{ MPa}$

## 2.7 Seizmičnost tal

Za preiskano področje je po uradni seizmični karti Slovenije za povratno dobo 500 let privzeti projektni pospešek tal 0,250 g. Temeljna tla sestavljajo jezerski in barski sedimenti, ki od globine pod 21 m nalegajo na bolj toge/goste materiale. Hitrost strižnega valovanja v jezerskih in barskih sedimentih znaša pribl. 180m/s, v bolj togi/trdi podlagi pa preko 800m/s. Glede na navedeno uvrščamo temeljna tla po preglednici 3.1 (EN 1998-1:2004) v tip E.

## 3. TEMELJENJE OBJEKTA

### 3.1 Splošne ugotovitve

Rezultati geotehniških raziskav kažejo, da so temeljna tla do globine 14,30 m zelo stisljiva oz. deformabilna. Sestavljajo jih v menjavni nizko do visokoplastične gline, organske gline, peščen melj in meljast pesek. Konsistenčno oz. gostotno stanje je lahkognetno oz. rahlo, do največ srednje gnetno oz. srednje gosto.

V globini 14,3 m se pojavi prvi dobro nosilni meljasto peščeno prodni sloj, ki se vse do dna raziskovalne vrtnice 25 m menjava z meljno glino in zelo meljastim peskom. Gostota meljasto peščenih prodov in meljastih peskov je gosta do zelo gosta, konsistenčno stanje meljne gline pa je težko gnetno do trdo.

Ugotovljenih je več nivojev podzemne vode, najvišji se pojavlja pribl. 1,4 m pod površjem.

Pri določitvi načina temeljenja moramo predvsem upoštevati, da bo prizidani objekt funkcionalno povezan z obstoječim dvoetažnim objektom. Obstoječi objekt je plitvo temeljen s pasovnimi temelji na gramozni blazini. Zgrajen je bil pribl. leta 1990, zato je njegovo posedanje praktično končano, kar pomeni, da mora biti posedanje prizidave na stiku z obstoječim objektom minimalno.

Minimalno posedanje prizidave pa omogoča le globoko temeljenje na armiranobetonskih pilotih.

### 3.2 Globoko temeljenje objekta

Pilotiranje se bo izvajalo neposredno ob obstoječem objektu, zato je med razpoložljivimi tehnologijami izvedbe pilotov primerna tehnologija **uvrtanih cevljenih pilotov**, pri kateri bodo negativni vplivi na obstoječi

objekt najmanjši.

V prilogi 9 je podan podroben izračun projektne nosilnosti pilotov z izbranimi premeri 0,8 m in 1,0 m, dolžine 14 m ali 20 m. Izračun projektne nosilnosti pilotov je povzet v naslednji preglednici:

Projektne nosilnosti pilotov:

Pilot	φ80 cm	φ100 cm	φ80 cm	φ100 cm
Tip	uvrtan	uvrtan	uvrtan	uvrtan
Tlačen / natezen	tlačen	tlačen	tlačen	tlačen
Dolžina [m]	14	14	20	20
Nosilnost po plašču [kN]	485	606	1193	1491
Nosilnost pod konico [kN]	478	747	1478	2309
<b>Celotna projektna nosilnost [kN]</b>	<b>450</b>	<b>604</b>	<b>1483</b>	<b>2075</b>
<b>Posedek [cm]</b>	<b>1.6</b>	<b>2.0</b>	<b>1.1</b>	<b>1.4</b>

Podane vrednosti predstavljajo izhodišče za izdelavo načrta globokega temeljenja ob predhodno izdelanem statičnem računu objekta. V preglednici je razvidno, da je projektna nosilnost pilotov odvisna od dolžine, Po oceni bo, na podlagi detajlnejšega izračuna v načrtu globokega temeljenja, primerna dolžina pilotov znašala 20 m.

Ureditev delovnega platoja za izdelavo pilotov zahteva vgradnjo min. 0,6m debele plasti kvalitetno zgoščene gramoza/kamnite grede (na planumu izkazan  $M_s \geq 60$  MPa ali  $E_{din} \geq 45$  MPa). Predhodno je v celoti odstraniti antropogeni nasip in podzemne dele objekta, ki bo porušen.

Planum delovnega platoja naj zaradi potrebnega izsekavanja glav pilotov sega pribl. 0,5m nad dno temeljne plošče zaklonišča ali temeljnih vezi v območju troetažnega dela objekta.

Pri pilotiranju je obvezna kontrola ustrezne izvedbe pilotov in predvidene projektne nosilnosti pilotov v naslednjem obsegu:

- pri min. 50% pilotov je v dnu izkopa pilota izvršiti kontrolne standardne penetracijske preizkuse (SPT), ki morajo izkazati  $N > 35$  ud. V kolikor ta pogoj ni izpolnjen, je pilote ustrezno podaljšati;
- zveznost prereza pilotov na najmanj 50% izvedenih pilotov;
- najmanj dva dinamična obremenilna preizkusa.

Za potrditev ali morebitno dopolnitev podanih geotehniških navodil, kakor tudi za nadzor nad izvajanjem globokega temeljenja mora biti pri projektiranju in gradnji predvideno sodelovanje geomehanika.

Elaborat izdelala:

Andreja Kovačič, univ. dipl. inž. grad.

*Andreja Kovačič*



**Uporabljeni viri:**

Brenčič, M., 2021: Dinamika podzemne vode. Naravoslovno tehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, Ljubljana.

Grad, K., & Ferjančič, L., 1974: Osnovna geološka karta SFRJ, 1 : 100 000, list Kranj. Zvezni geološki zavod, Beograd.

Grad, K., & Ferjančič, L., 1976: Osnovna geološka karta SFRJ, 1 : 100 000, Tolmač lista Kranj. Zvezni geološki zavod, Beograd.

Robertson, P.K., 2010: Soil behaviour type from the CPT: an update. 2nd International Symposium on Cone Penetration Testing, Huntington Beach, CA, USA, May 2010.

Robertson, P.K. and Cabal K.L., 2010: Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering. Copyright © 2010 Gregg Drilling & Testing, Inc. Signal Hill, California 90755.

Strniša, G., 2022: Geotehnično poročilo o raziskavah tal in nosilnosti pilotov za novogradnjo UL veterinarske fakultete v Ljubljani, SLP d.o.o. Ljubljana. št. poročila: GEO075-01-2022 Veterina Lj., avgust 2022

• CPTu-3 (SLP)

• V-1' (291.80)

• CPTu-2 (SLP)

SITUACIJA OBJEKTA, RAZISKOVALNE VRTINE IN CPTu SOND  
±0.00 = 292.10 m.n.v.

**GRACEN**  
D.O.O.

GEOMEHANSKE RAZISKAVE  
PROJEKTIRANJE IN NADZOR  
GEOTEHNIČNIH DEL  
KRIVEC 82, LJUBLJANA

NAROČNIK: BIOTEHNIŠKI  
IZOBRAŽEVALNI CENTER  
LJUBLJANA  
Ižanska cesta 10  
1000 LJUBLJANA

Obdelal: Andreja KOVAČIČ, univ. dipl. inž. gradb.  
Risal: Andrej KOVAČIČ, dipl. inž. gradb.

OBJEKT : PRIZIDAVA BIC LJUBLJANA,  
GIMNAZIJA IN  
VETERINARSKA ŠOLA  
LJUBLJANA, CESTA V MESTNI  
LOG 47, LJUBLJANA

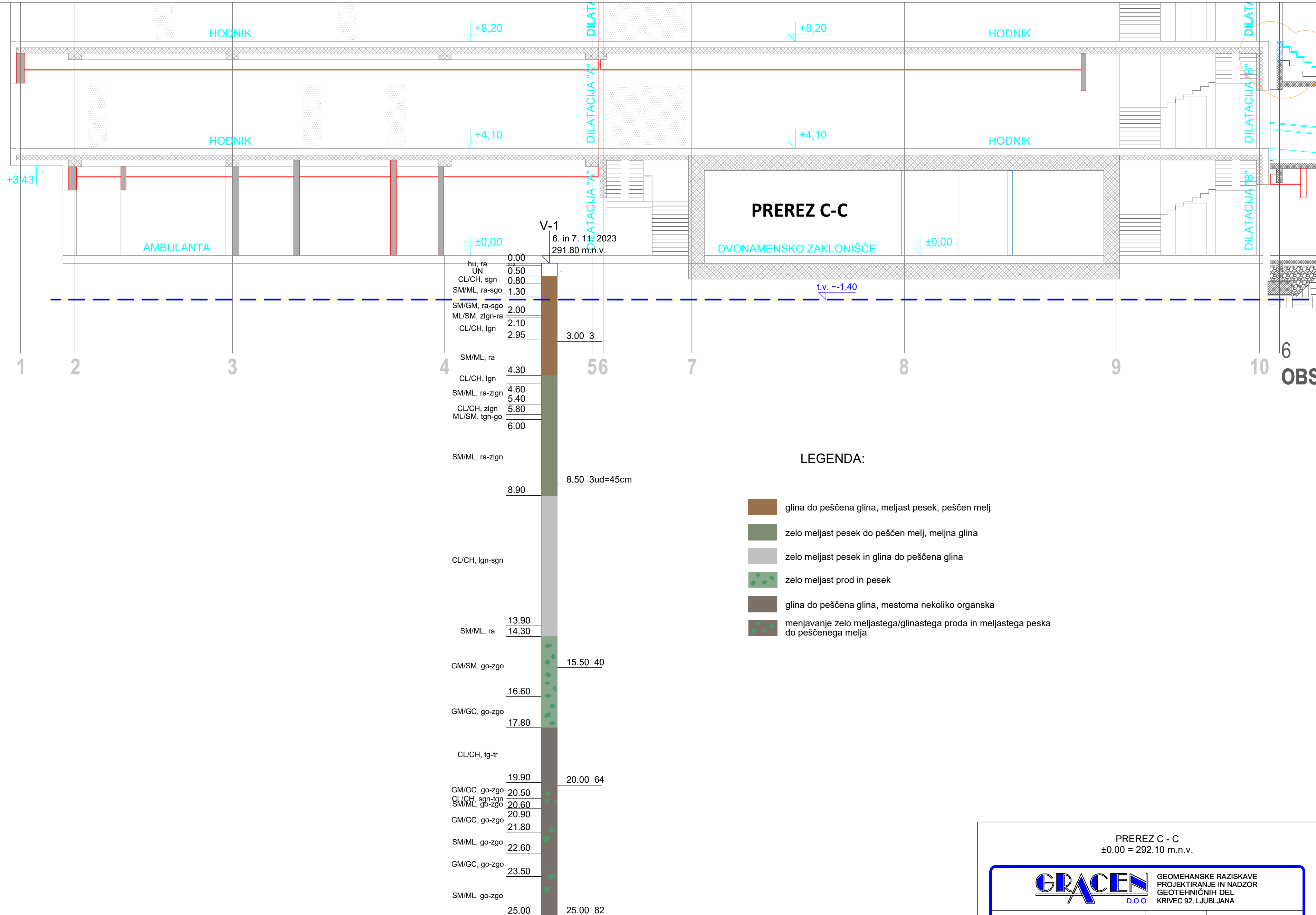
Namen uporabe: DGD, PZI  
Št. elaborata: 1 - 17/2023

NAČRT : SITUACIJA OBJEKTA,  
RAZISKOVALNE VRTINE IN  
CPTu SOND

Merilo: Datum: Priloga:  
1 : 250 februar 2024 1



293  
292  
291  
290  
289  
288  
287  
286  
285  
284  
283  
282  
281  
280  
279  
278  
277  
276  
275  
274  
273  
272  
271  
270  
269  
268  
267  
266  
265



PREREZ C - C ±0.00 = 292.10 m.n.v.			
NAROČNIK: BIOTEHNIŠKI IZOBRAŽEVALNI CENTER LJUBLJANA Ižanska cesta 10 1000 LJUBLJANA	Obdelal:	Andreja KOVAČIČ, univ. dipl. inž. gradb.	
	Risal:	Andrej KOVAČIČ, dipl. inž. gradb.	
OBJEKT : PRIZIDAVA BIC LJUBLJANA, GIMNAZIJA IN VETERINARSKA ŠOLA LJUBLJANA, CESTA V MESTNI LOG 47, LJUBLJANA	Namen uporabe:	DGD, PZI	
	Št. elaborata:	1 - 17/2023	
NAČRT : PREREZ C - C	Merilo:	Datum:	Priloga:
	1 : 100	februar 2024	2

VRTINA: V-1  
GLOBINA: 25.00 m  
NAMEN: PREISKAVA TAL  
KOTA VRHA: 291.80 m.n.v.  
DATUM VRTANJA: 6. in 7. 11. 2023  
VODJA: ANDREJA KOVAČIČ, univ.dipl.inž.gradb.  
DELOVNI NALOG: 1 - 17/2023

**OBJEKT:**  
PRIZIDAVA BIC LJUBLJANA,  
GIMNAZIJA IN VETERINARSKA  
ŠOLA, CESTA V MESTNI LOG 47,  
LJUBLJANA

X = 460754.13

Y = 99710.04

NACIN	GLOBINA	KLASIFIKACIJA		STAROST	GEOTEHNIŠKI OPIS	GLOBINA	TERENSKA IN LAB. RAZISKAVE						
		GEOL. PROFIL	AC				W	W <sub>p</sub>	W <sub>l</sub>	N	q <sub>Pa</sub>	OPOMBE	
UDARNO/ROTACIJSKO Z OBČASNIM DODAJANJEM VODE	0.10		hu	KVARTAR	humus z drobcami kamnin Ø3mm, temnosiv								
			UN		heterogena mešanica rjave peščene gline, drobcev kamnin do Ø5mm in nekaj odlomkov opeke								
	0.50		CL/CH		peščena glina, svetlorjava/siva, srednjegnetna						50-100		
	0.80		SM/ML		zelo meljast pesek, mestoma peščen melj, rjav, vlažen; med 1.05 in 1.1m temnosiv z nekaj organske primesi, rahel/srednje gost								
	1.30		SM/GM		zelo meljast pesek do drobnostnat prod različnih kamnin do Ø 15mm, svetlorjav, vlažen, rahel/srednje gost	1.85							zrnavost
	2.00		ML/SM		peščen melj do zelo meljast pesek, rjav, vlažen, zelo lahkogneten/rahel								
	2.10		CL/CH		glina do peščena glina, nekoliko organska, siva, lahkognetna	2.45					20-60		lezne meje
						3.00				3			
	2.95		SM/ML		zelo meljast pesek, z nekaj drobnimi prodniki različnih kamnin do Ø5mm, mestoma peščen melj, rjav, vlažen, rahel								
	4.30		CL/CH		glina do peščena glina, nekoliko organska, siva, vlažna, lahkognetna						<20		
	4.60		SM/ML		zelo meljast pesek do peščen melj, siv, vlažen, rahel/zelo lahkogneten								
	5.40		CL/CH		glina do peščena glina, nekoliko organska, siva, vlažna, zelo lahkognetna	5.90					<20		lezne meje
	5.80		ML/SM		peščen melj do zelo meljast pesek, siv, vlažen, težkogneten/gost						150-300		
	6.00												
			SM/ML		zelo meljast pesek do peščen melj, siv, vlažen, rahel/zelo lahkogneten	8.50							3ud=45cm
	8.90		CL/CH		glina do peščena glina, mestoma nekoliko organska, siva, vlažna, zelo lahkognetna								

NIVO PODTALNICE

DATUM: med vrtanjem

NIVO: ~-1.40m

OBDELAL:

A. KOVAČIČ

PREGLEDAL:

A. KOVAČIČ

ŠT. LISTA: 1

PRILOGA: 3

VRTINA: V-1  
GLOBINA: 25.00 m  
NAMEN: PREISKAVA TAL  
KOTA VRHA: 291.80 m.n.v.  
DATUM VRTANJA: 6. in 7. 11. 2023  
VODJA: ANDREJA KOVAČIČ, univ.dipl.inž.gradb.  
DELOVNI NALOG: 1 - 17/2023

**OBJEKT:**  
PRIZIDAVA BIC LJUBLJANA,  
GIMNAZIJA IN VETERINARSKA  
ŠOLA, CESTA V MESTNI LOG 47,  
LJUBLJANA

X = 460754.13

Y = 99710.04

NACIN	GLOBINA	KLASIFIKACIJA		STAROST	GEOTEHNIŠKI OPIS	GLOBINA	TERENSKA IN LAB.RAZISKAVE						
		GEOL. PROFIL	AC				W	W <sub>p</sub>	W <sub>l</sub>	N	g <sub>st</sub> [kPa]	OPOMBE	
UDARNO/ROTACIJSKO Z OBČASNIM DODAJANJEM VODE	13.90		CL/CH	KVARTAR	glina do peščena glina, mestoma nekoliko organska, siva, vlažna, lahko do srednje gnetna	13.35							lezne meje
	14.30		SM/ML		zelo meljast pesek z nekaj drobnimi prodniki različnih kamnin do Ø5mm, mestoma peščen melj, svetlosiv, vlažen, rahel								
	16.60		GM/SM		zelo meljast prod do pesek, siv; srednje zaobljeni prodniki različnih kamnin do Ø30mm (karbonati, peščenjak, meljevec,...), vlažen gost/zelo gost	15.50				40			
	17.80		GM/GC		zelo meljast/glinast prod, svetlo siv do rjav; srednje zaobljeni prodniki različnih kamnin (karbonati, peščenjak, meljevec,...) do Ø90mm, gost/zelo gost	16.85							zrnavost
	19.90		CL/CH		glina do peščena glina, mestoma nekoliko organska, siva, vlažna, težkognetna do trda	18.10						70-280	lezne meje, stisljivost
						20.00				64			
NIVO PODTALNICE				DATUM:	med vrtanjem			OBDELAL:	PREGLEDAL:		ŠT. LISTA: 2		
				NIVO:	~1.40m			A. KOVAČIČ	A. KOVAČIČ		PRILOGA: 3		

**VRTINA:** V-1  
**GLOBINA:** 25.00 m  
**NAMEN:** PREISKAVA TAL  
**KOTA VRHA:** 291.80 m.n.v.  
**DATUM VRTANJA:** 6. in 7. 11. 2023  
**VODJA:** ANDREJA KOVAČIČ, univ.dipl.inž.gradb.  
**DELOVNI NALOG:** 1 - 17/2023

**OBJEKT:**  
PRIZIDAVA BIC LJUBLJANA,  
GIMNAZIJA IN VETERINARSKA  
ŠOLA, CESTA V MESTNI LOG 47,  
LJUBLJANA

X = 460754.13

Y = 99710.04

NACIN	GLOBINA	KLASIFIKACIJA		STAROST	GEOTEHNIŠKI OPIS	GLOBINA	TERENSKE IN LAB.RAZISKAVE							
		GEOL. PROFIL	AC				W	W <sub>p</sub>	W <sub>l</sub>	N	q <sub>uz</sub> [kPa]	OPOMBE		
UDARNO/ROTACIJSKO Z OBČASNIM DODAJANJEM VODE	20.50		GM/GC	KVARTAR	zelo meljast/glinast prod, svetlo siv do rjav; srednje zaobljeni prodniki različnih kamnin do Ø80mm, gost/zelo gost									
	20.60		CL/CH		glini do peščena glina, nekoliko organska, siva, vlažna, srednje do težkognetna						50-150			
			SM/ML		zelo meljast pesek do peščen melj, svetlosiv, vlažen, gost/zelo gost									
	20.90													
			GM/GC		zelo meljast/glinast prod, svetlo siv do rjav; srednje zaobljeni prodniki različnih kamnin do Ø40mm, gost/zelo gost									
	21.80													
			SM/ML		zelo meljast pesek do peščen melj, svetlo do temnosiv, vlažen, gost/zelo gost									
	22.60													
			GM/GC		zelo meljast/glinast prod, svetlo do temnosiv; srednje zaobljeni prodniki različnih kamnin do Ø30mm, gost/zelo gost									
	23.50													
			SM/ML	zelo meljast pesek do peščen melj, svetlo do temnosiv, gost/zelo gost										
25.00					25.00					82				
NIVO PODTALNICE				DATUM:	med vrtanjem				OBDELAL:		PREGLEDAL:		ŠT. LISTA: 3	
				NIVO:	~1.40m				A. KOVAČIČ		A. KOVAČIČ		PRILOGA: 3	



V-1



- SPT (NEKORIGIRAN)
- LABORATORIJSKI VZOREC
- TALNA VODA

SLIKE VRTINE V-1

<div><div>GRACEN</div><div>D.O.O.</div><div>GEOMEHANSKE RAZISKAVE PROJEKTIRANJE IN NADZOR GEOTEHNIČNIH DEL KRIVEC 92, LJUBLJANA</div></div>			
VAROČNIK: BIOTEHNIŠKI IZOBRAŽEVALNI CENTER LJUBLJANA Ižanska cesta 10 1000 LJUBLJANA	Obdelal: Andrej KOVAČIČ, univ. diplomir. gradb.		
	Risal: Andrej KOVAČIČ, diplomir. gradb.		
OBJEKT: PRIZIDAVA BIC LJUBLJANA, GIMNAZIJA IN VETERINARSKA ŠOLA LJUBLJANA, CESTA V MESTNI LOG 47, LJUBLJANA	Namen uporabe: DGD, PZI		
	Št. elaborata: 1 - 1/2023		
NAČRT: SLIKE VRTINE V-1	Merilo:	Datum:	Priloga:
		februar 2024	4



Vrednotenje rezultatov SPT

Objekt: PRIZIDAVA BIC  
Lokacija: Cesta v Mestni Log, Ljubljana  
Datum: november, 2023

Korekcijska faktorja:

$\kappa$	0,75
$k_{60}$	1,1

V H O D N I P O D A T K I					K O R E K C I J E P O E U R O C O D E 7					I N T E R P R E T A C I J A				
Globina	N	Penetra- bilnost	O p i s t a l		$\sigma_v'$	$\lambda$	$C_n^{(***)}$	$N_{60}$	$(N_1)_{60}$	$(p_1)_{60}$	Peck et.al., (1974) <sup>(*)</sup>		Skempton, (1986) <sup>(**)</sup>	
(m)	ud./30cm	cm/60ud	klasifikacija	gostota/konsistenca	(kN/m <sup>2</sup> )			ud./30cm	cm/60ud	konsistenca	q <sub>u</sub> (kPa)	gostota	$\phi'$	

V-1														
npv (m)	- 1,4m													
3,0	3		SM/ML	rahel	43	0,75	1,50	1	2	-	-	-	zelo rahel	< 28
8,5	2		SM/ML	rahel	98	0,95	0,99	1	1	-	-	-	zelo rahel	< 28
15,5	40		GM/GC	gost/zelo gost	168	1,00	0,76	33	24	-	-	-	gost	30 - 36
20,0	64		GM/GC	gost/zelo gost	213	1,00	0,67	52	35	-	-	-	zelo gost	36 - 41
25,0	82		SM/ML	gost/zelo gost	263	1,00	0,60	67	40	-	-	-	zelo gost	36 - 41

(\*) Peck, R. B., Hanson, W. E. and Hornburn, T. H. (1974), Foundation Engineering, John Wiley and Sons Inc., New York.  
(\*\*) Skempton, A.W. (1986), Standard Penetration Test Procedures and the Effects in Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Ageing and Overconsolidation, Geotechnique 36, NO. 3, 425 - 447  
(\*\*\*) Liao, S.S., and Whitman, R.V.. (1986), Overburden Correction Factors for SPT in Sand, JGED, Vol. 112. Vol. 28.



**GEOINŽENIRING d.o.o.**  
Geotehnične, geološke in geofizikalne raziskave, projektiranje,  
svetovanje in inženiring  
Dimitčeva 14, 1000 Ljubljana  
tel.: 01/ 234 56 00, e.p.: dir@geo-inz.si

Naročnik: Gracen d.o.o.

Lokacija: BIC Cesta v Mestni Log

Objekt:

Program preiskav: 187-23


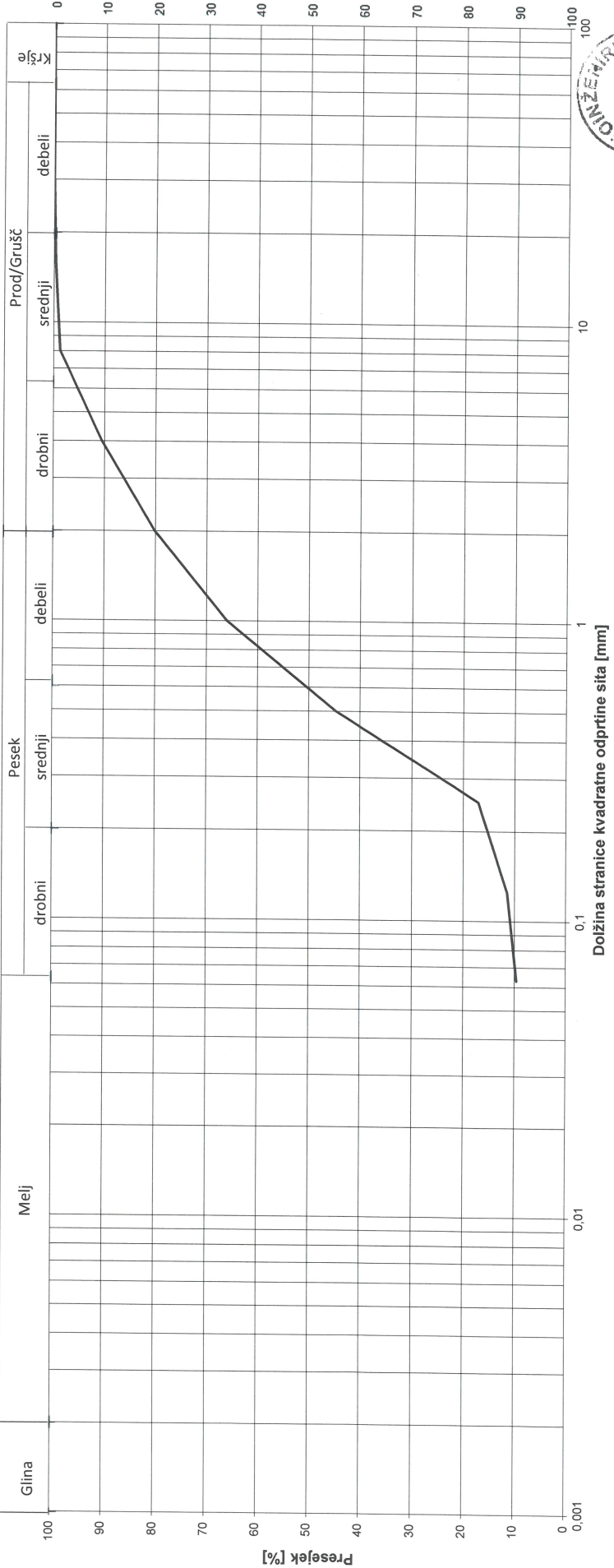
Delovni nalog: 82583

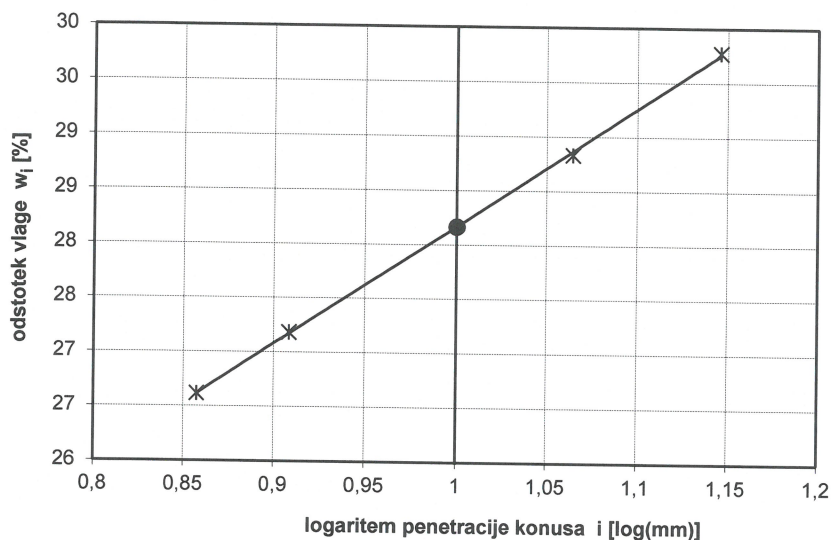
Vzorec			Klasifikacija		Vlazičnost										Gostota			Gostota zrnja		Lezne meje				Zrnavost				Trdnost zemljine					Deformabilnost zemljine					VDP																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
ID vzorca	Oznaka sonde	Datum odvzema	Globina	Vzorec		w (%)	ρ (Mg/m³)	ρ <sub>d</sub> (Mg/m³)	ρ <sub>s</sub> (Mg/m³)	w <sub>p</sub> (%)	w <sub>L</sub> (%)	I <sub>p</sub> (%)	I <sub>c</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>

Datum: 30.11.2023

Pregledal: A. Kovačič



	<b>ZRNAVOST - KOMBINIRANA ANALIZA</b> SIST EN ISO 17892-4:2017		št. obr. LAB-013 Geoinženiring d.o.o. Dimičeva 14																					
LOKACIJA: BIC cesta v Mestni log VRTINAJJAŠEK: V-1 GLOBINA [m]: 1,70-2,00 OPIS MATERIALA: SaW-sjSa, dobro zrna pesek z meljem in gramozom, (SW-SM)			Št. vzorca: <b>GI-23-848</b> D.N.: 82583 OBMOČJE SESTAVE ZRN:																					
<table><tr><th>presejek [%]</th><th>premer [mm]</th></tr><tr><td>10</td><td>7,7E-02</td></tr><tr><td>20</td><td>2,8E-01</td></tr><tr><td>30</td><td>3,7E-01</td></tr><tr><td>60</td><td>8,6E-01</td></tr></table>			presejek [%]	premer [mm]	10	7,7E-02	20	2,8E-01	30	3,7E-01	60	8,6E-01	<table><tr><th>frakcija</th><th>delež [%]</th></tr><tr><td>2 mm &lt; prod. grušč</td><td>19,8</td></tr><tr><td>0,063 mm &lt; pesek &lt; 2 mm</td><td>70,6</td></tr><tr><td>melj, glina &lt; 0,063 mm</td><td>9,6</td></tr></table>		frakcija	delež [%]	2 mm < prod. grušč	19,8	0,063 mm < pesek < 2 mm	70,6	melj, glina < 0,063 mm	9,6		
presejek [%]	premer [mm]																							
10	7,7E-02																							
20	2,8E-01																							
30	3,7E-01																							
60	8,6E-01																							
frakcija	delež [%]																							
2 mm < prod. grušč	19,8																							
0,063 mm < pesek < 2 mm	70,6																							
melj, glina < 0,063 mm	9,6																							
<table><tr><th><math>C_u = d_{60}/d_{10}</math></th><th><math>C_c = d_{30}^2/d_{10} \cdot d_{60}</math></th></tr><tr><td>11,1</td><td>2,0</td></tr></table>			$C_u = d_{60}/d_{10}$	$C_c = d_{30}^2/d_{10} \cdot d_{60}$	11,1	2,0	<table><tr><th>VDP Hazen [m/s]:</th><th>6,9E-05</th></tr><tr><th>VDP USBR [m/s]:</th><th>1,9E-04</th></tr></table>		VDP Hazen [m/s]:	6,9E-05	VDP USBR [m/s]:	1,9E-04												
$C_u = d_{60}/d_{10}$	$C_c = d_{30}^2/d_{10} \cdot d_{60}$																							
11,1	2,0																							
VDP Hazen [m/s]:	6,9E-05																							
VDP USBR [m/s]:	1,9E-04																							
<table><tr><th rowspan="2">Glina</th><th colspan="3">Melj</th><th colspan="3">Pesek</th><th colspan="3">Prod./Grušč</th><th rowspan="2"><math>\sum \frac{Q_i}{100}</math></th></tr><tr><th>drobni</th><th>srednji</th><th>debili</th><th>drobni</th><th>srednji</th><th>debili</th><th>drobni</th><th>srednji</th><th>debili</th></tr></table>  <p>Presejek [%]</p> <p>Dolžina stranice kvadratne odprtine sita [mm]</p>					Glina	Melj			Pesek			Prod./Grušč			$\sum \frac{Q_i}{100}$	drobni	srednji	debili	drobni	srednji	debili	drobni	srednji	debili
Glina	Melj			Pesek			Prod./Grušč			$\sum \frac{Q_i}{100}$														
	drobni	srednji	debili	drobni	srednji	debili	drobni	srednji	debili															
PREISKAL: M. Sambolić ZAČ. PREISKAVE: 12.11.2023 KON. PREISKAVE: 14.11.2023					PREGLEDAL: A. Kovarič PRILOGA:																			

**DOLOČITEV KONSISTENČNIH MEJ PO METODI "FALL-CONE" (konus 60g/60°)**  
SIST EN ISO 17892-12:2018**PREISKAVA PO METODI "FALL CONE"**

Št. vzorca:	GI-23-849
objekt:	BIC cesta v Mestni log
vertina:	V-1
globina:	2,30-2,50
datum:	27.11.2023
preiskal:	B. Sajovic
opomba:	

naravna vlaga	
$w$ [%]:	19,8

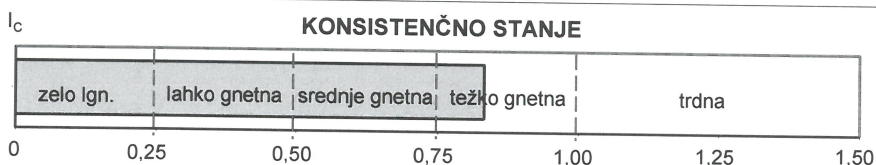
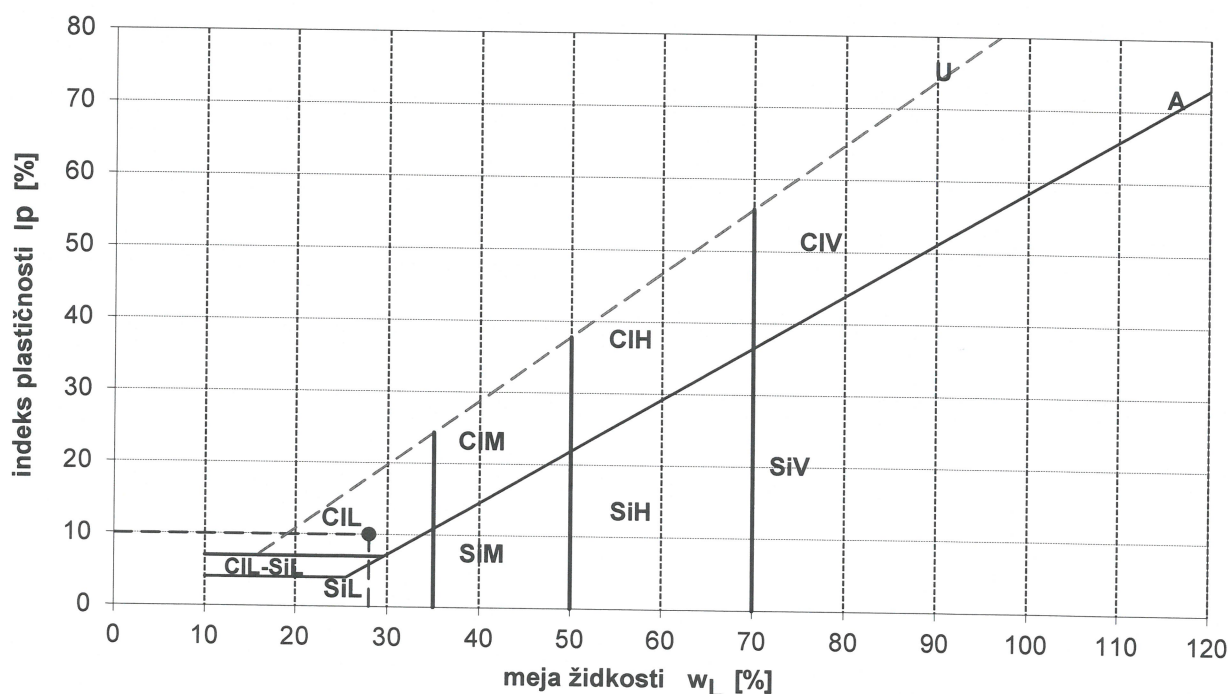
meja plastičnosti	
$w_p$ [%]:	18

meja židkosti	
$w_L$ [%]:	28

indeks plastičnosti	
$I_p$ [%]:	10

indeks konsistence	
$I_c$ :	0,831

Klasifikacija:	CIL, nizko plastična glina, tgn. kons.
----------------	----------------------------------------

**KLASIFIKACIJA**

Obdelal: B. Sajovic

Pregledal: A. Kovacic

Ljubljana, 30.11.2023

priloga:





**GEOINŽENIRING d.o.o.**

Geotehnične, geološke in geofizikalne  
raziskave, projektiranje, svetovanje in inženiring

št.obr. LAB-004

## DOLOČITEV NARAVNE VLAGA

po standardu: SIST EN ISO 17892-1:2015

Št. vzorca: **GI-23-849**

Objekt: BIC cesta v Mestni log

Vrtina: V-1

Globina [m]: 2,30-2,50

Datum preiskave: 28.11.2023

Preiskal: B. Sajovic

Opis zemljine: CIL, nizko plastična glina, tgn. kons.

NARAVNA VLAGA			
Št. posode:	290	109	203
Masa posode $m_c$ [g]	22,79	19,32	17,88
Masa vl. vzorca in posode $m_1$ [g]	257,4	247,0	260,2
Masa suh. vzorca in posode $m_2$ [g]	218,7	209,2	220,1
Masa vode $m_w$ [g]	38,7	37,8	40,1
Masa suhega vzorca $m_d$ [g]	195,9	189,9	202,2
Vlažnost vzorca $w$ [%]	19,8	19,9	19,8
Naravna vlaga vzorca $w_{pov}$ [%]	19,8		

Žepni pen.  $q_z$

130,0

140,0

130,0

140,0

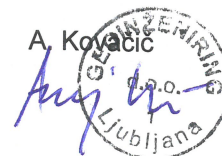
povp.vred. (kN/m<sup>2</sup>)

135

Opomba: \_\_\_\_\_

Ljubljana, 30.11.2023

Pregledal: A. Kovačič







**GEOINŽENIRING d.o.o.**

Geotehnične, geološke in geofizikalne  
raziskave, projektiranje, svetovanje in inženiring

št. obr. LAB-004

## DOLOČITEV NARAVNE VLAGE

po standardu: SIST EN ISO 17892-1:2015

Št. vzorca: **GI-23-850**

Objekt: BIC cesta v Mestni log

Vrtina: V-1

Globina [m]: 5,80-6,00

Datum preiskave: 28.11.2023

Preiskal: B. Sajovic

Opis zemljine: CIL, nizko plastična glina, trdne kons.

NARAVNA VLAGA			
Št. posode:	279	221	112
Masa posode $m_c$ [g]	23,88	23,61	19,79
Masa vl. vzorca in posode $m_1$ [g]	227,2	214,4	195,5
Masa suh. vzorca in posode $m_2$ [g]	199,4	188,9	171,8
Masa vode $m_w$ [g]	27,8	25,5	23,6
Masa suhega vzorca $m_d$ [g]	175,5	165,3	152,0
Vlažnost vzorca $w$ [%]	15,8	15,4	15,5
Naravna vlaga vzorca $w_{pov}$ [%]	15,6		

Žepni pen.  $q_z$

>600

povp.vred. (kN/m<sup>2</sup>)

#DIV/0!

Opomba: \_\_\_\_\_

Ljubljana, 30.11.2023

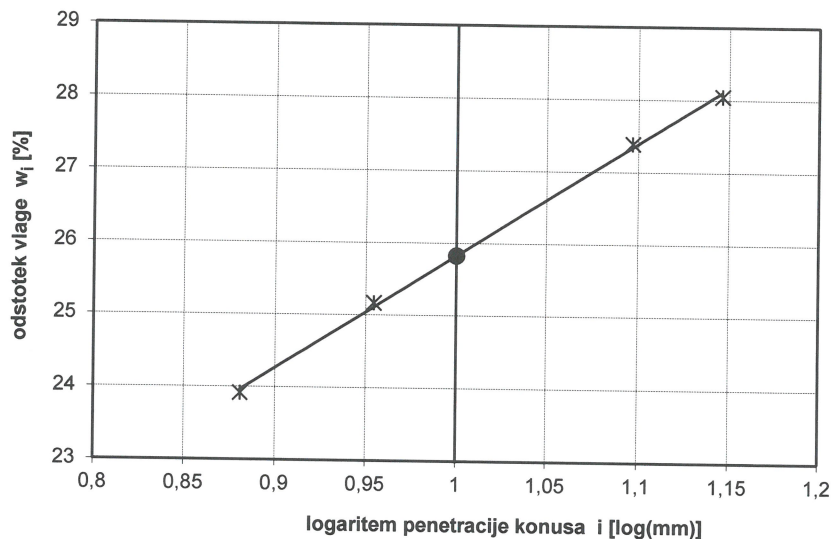
Pregledal: A. Kovacic





**DOLOČITEV KONSISTENČNIH MEJ PO METODI "FALL-CONE" (konus 60g/60°)**  
SIST EN ISO 17892-12:2018

**PREISKAVA PO METODI "FALL CONE"**



Št. vzorca:	GI-23-850
objekt:	BIC cesta v Mestni log
vrtna:	V-1
globina:	5,80-6,00
datum:	27.11.2023
preiskal:	B. Sajovic
opomba:	

naravna vlaga	
$w$ [%]:	15,6

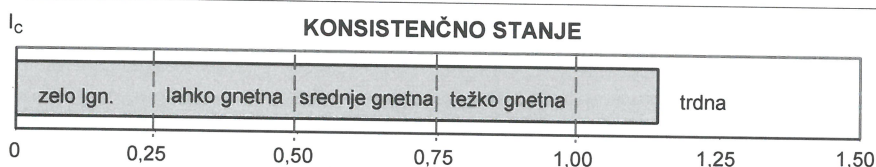
meja plastičnosti	
$w_p$ [%]:	17

meja židkosti	
$w_L$ [%]:	26

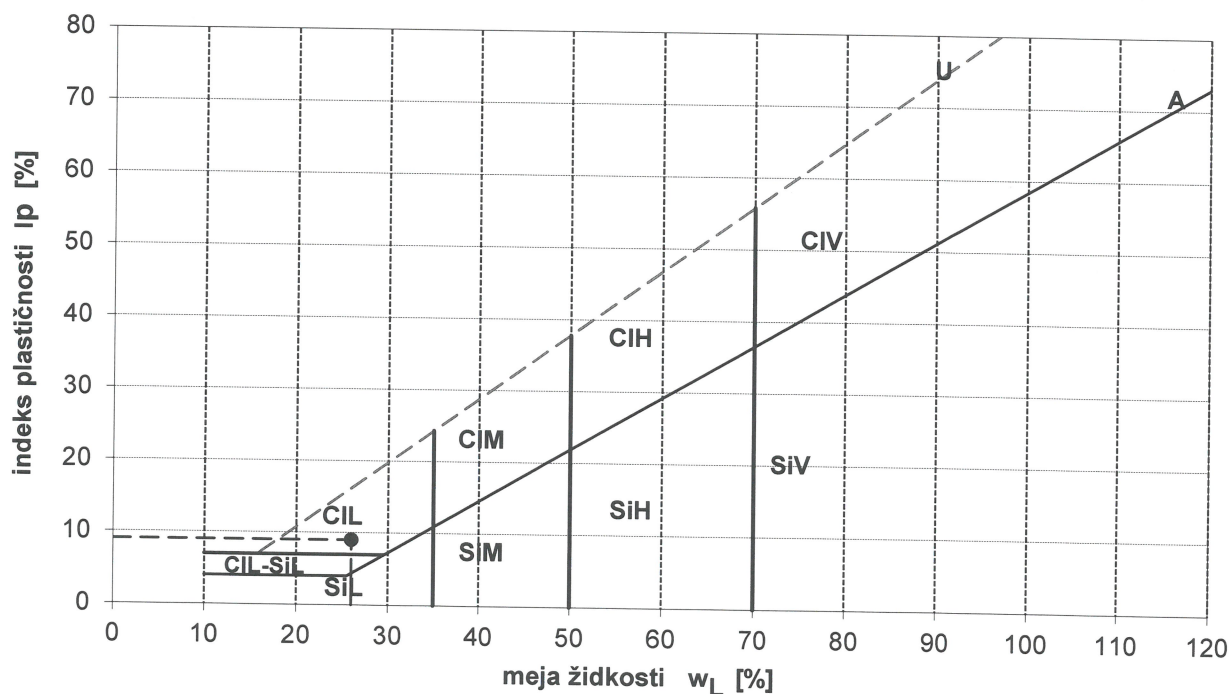
indeks plastičnosti	
$I_p$ [%]:	9

indeks konsistence	
$I_c$ :	1,14

Klasifikacija:	CIL, nizko plastična glina, trdne kons.
----------------	-----------------------------------------



**KLASIFIKACIJA**



Obdelal: B. Sajovic

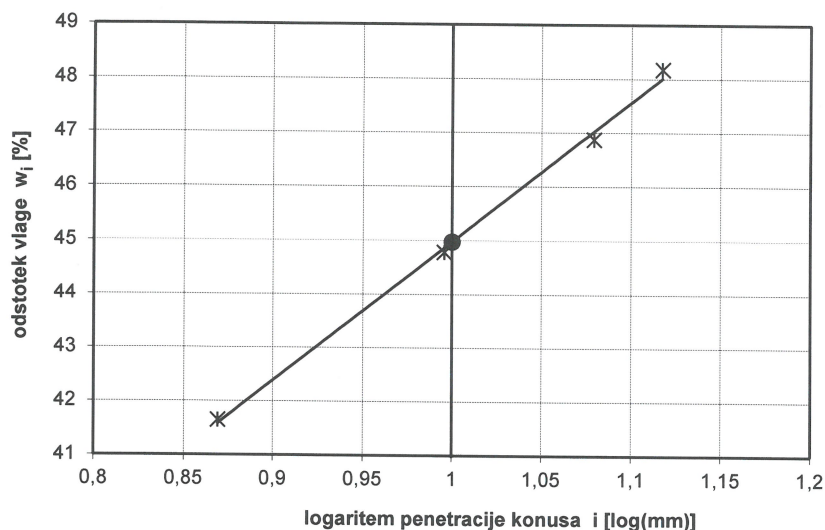
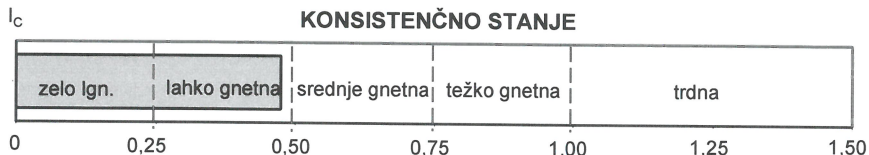
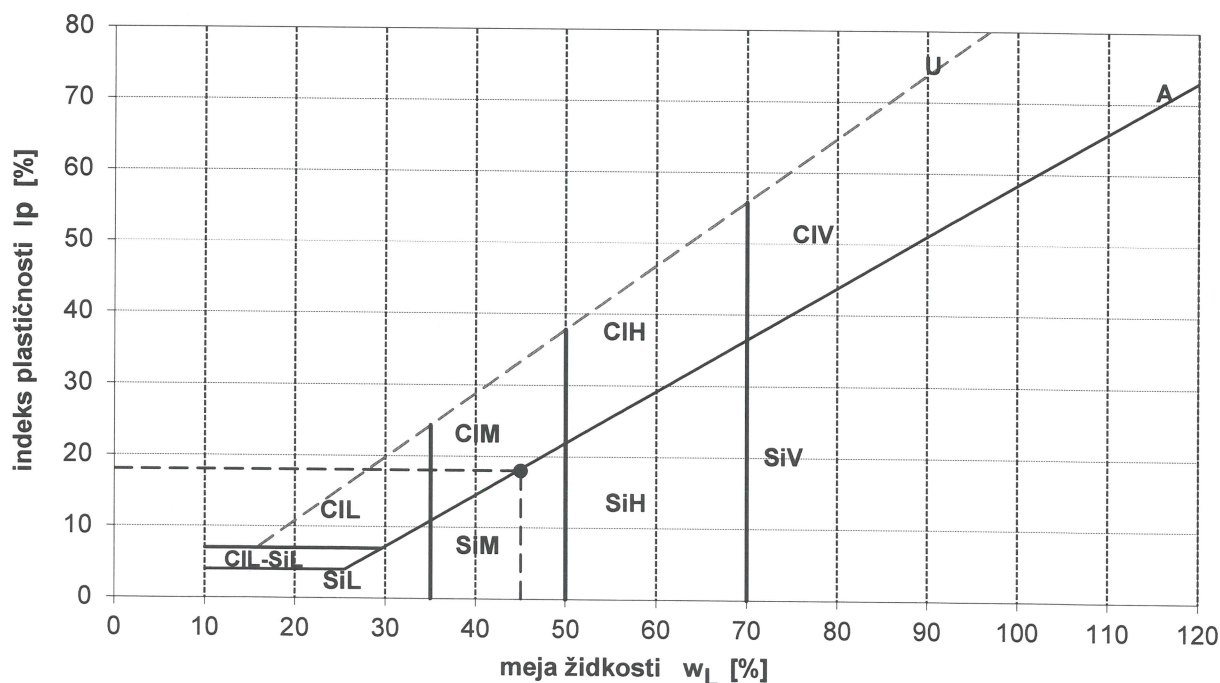
Pregledal: A. Kovačič

Ljubljana, 30.11.2023

priloga:

**DOLOČITEV KONSISTENČNIH MEJ PO METODI "FALL-CONE" (konus 60g/60°)**

SIST EN ISO 17892-12:2018

**PREISKAVA PO METODI "FALL CONE"****Št. vzorca:** GI-23-851**objekt:** BIC cesta v Mestni log**vrtna:** V-1**globina:** 13,20-13,50**datum:** 27.11.2023**preiskal:** B. Sajovic**opomba:****naravna vlaga** $w$  [%]: 36,3**meja plastičnosti** $w_P$  [%]: 27**meja židkosti** $w_L$  [%]: 45**indeks plastičnosti** $I_P$  [%]: 18**indeks konsistence** $I_C$ : 0,474**Klasifikacija:** CIM/SiM, srednje  
plastična glina/melj, Ign.  
kons.**KONSISTENČNO STANJE****KLASIFIKACIJA**

Obdelal: B. Sajovic

Pregledal: A. Kovacic

Ljubljana, 30.11.2023

priloga:



**GEOINŽENIRING d.o.o.**

Geotehnične, geološke in geofizikalne  
raziskave, projektiranje, svetovanje in inženiring

št. obr. LAB-004

## DOLOČITEV NARAVNE VLAGE

po standardu: SIST EN ISO 17892-1:2015

Št. vzorca: **GI-23-851**

Objekt: BIC cesta v Mestni log

Vrtina: V-1

Globina [m]: 13,20-13,50

Datum preiskave: 28.11.2023

Preiskal: B. Sajovic

Opis zemljine: CIM/SiM, srednje plastična glina/melj, lgn. kons.

NARAVNA VLAGA			
Št. posode:	230	264	211
Masa posode $m_c$ [g]	19,42	22,02	18,71
Masa vl. vzorca in posode $m_1$ [g]	183,8	194,0	181,0
Masa suh. vzorca in posode $m_2$ [g]	140,3	147,7	137,9
Masa vode $m_w$ [g]	43,5	46,3	43,1
Masa suhega vzorca $m_d$ [g]	120,9	125,7	119,2
Vlažnost vzorca $w$ [%]	36,0	36,9	36,2
Naravna vlaga vzorca $w_{pov}$ [%]	36,3		

Žepni pen.  $q_z$

30,0
30,0
30,0
20,0

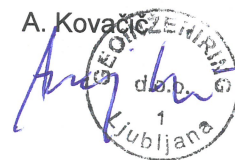
povp.vred. (kN/m<sup>2</sup>)

28

Opomba:

Ljubljana, 30.11.2023

Pregledal: A. Kovacic







**SIST EN ISO 17892-4:2017**

Št. obr. LAB-013

**Geoinženiring d.o.o.**  
Dimičeva 14

**LOKACIJA:** BIC cesta v Mestni log

**VRTINA/JAŠEK: V-1**

**GLOBALINA [m]:** 16,70-17,00

**OPIS MATERIALA:** GrP-siGr, slabo zrnat gramoz z meljem in peskom, (GP-GM)

**Št. vzorca: GI-23-852**

D.N.: 82583

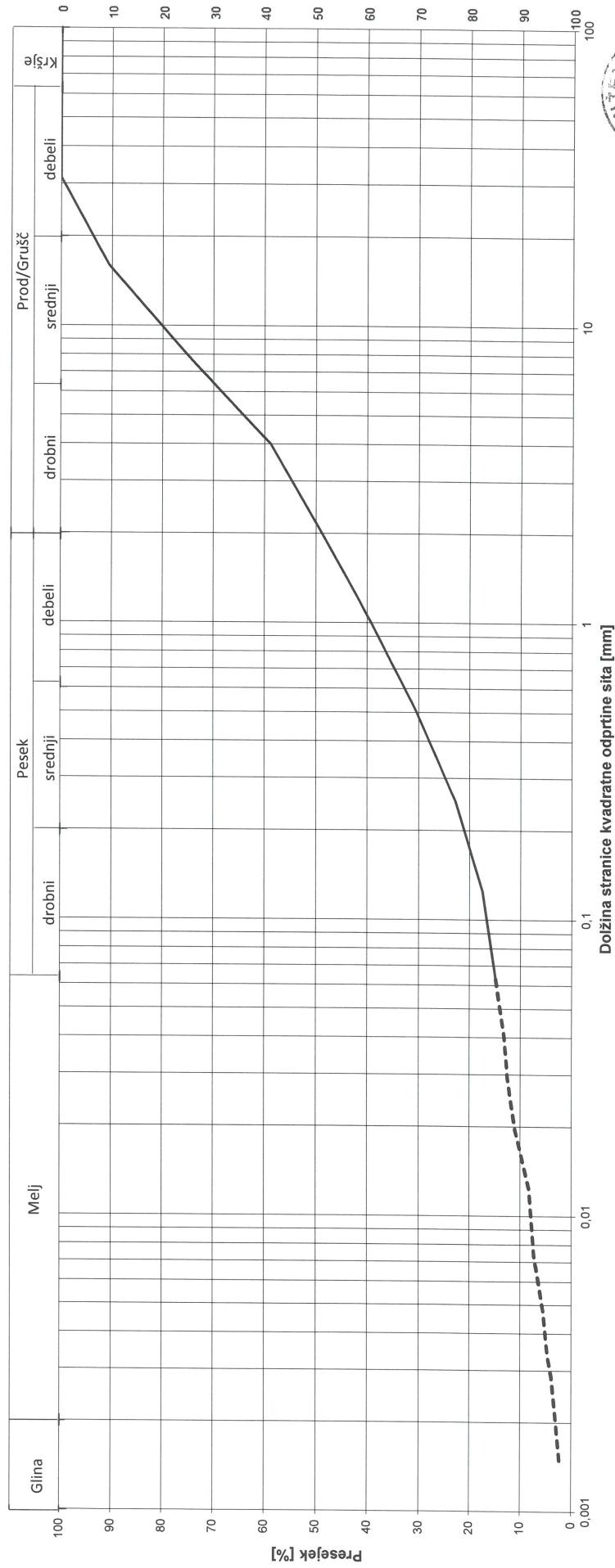
### OBMOČJE SESTAVE ZRN:

presejek [%]	premer [mm]
10	1,7E-02
20	1,9E-01
30	4,9E-01
60	4,3E+00

$C_u = d_{60}/d_{10}$	253,7
$C_c = d_{30}^2/d_{10} \cdot d_{60}$	3,3

VDP Hazen [m/s]:	3,3E-06
VDP USBR [m/s]:	7,4E-05

frakcija	delež [%]
2 mm < prod. gruč	51,2
0,063 mm < pesek < 2 mm	34,0
melj, glina < 0,063 mm	14,8



**PREISKAL:** M. Sambolić

**ZAČ. PREISKAVE: 13.11.2023**

KON. PREISKAVE: 16.11.2023

**PREGLEDAL: A. Kovačič**

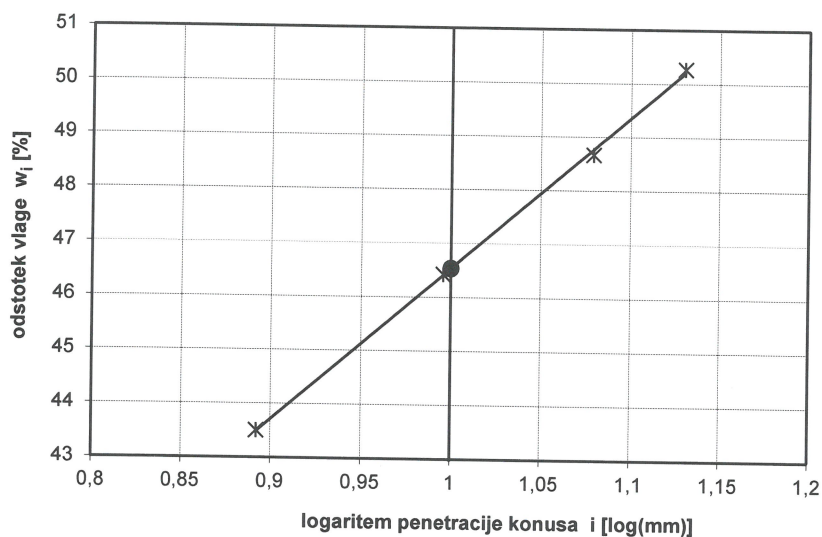
**PRILOGA:**



## DOLOČITEV KONSISTENČNIH MEJ PO METODI "FALL-CONE" (konus 60g/60°)

SIST EN ISO 17892-12:2018

### PREISKAVA PO METODI "FALL CONE"



Št. vzorca: **GI-23-853**

objekt: BIC cesta v Mestni log

vrtna: V-1

globina: 18,00-18,20

datum: 27.11.2023

preiskal: B. Sajovic

opomba:

**naravna vlaga**

$w$  [%]: 30,7

**meja plastičnosti**

$w_P$  [%]: 24

**meja židkosti**

$w_L$  [%]: 47

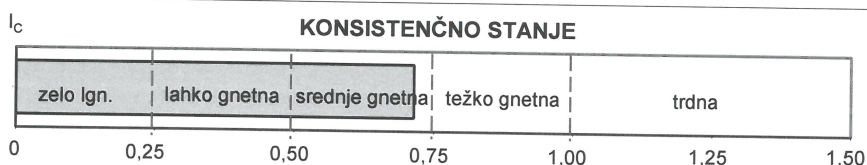
**indeks plastičnosti**

$I_P$  [%]: 23

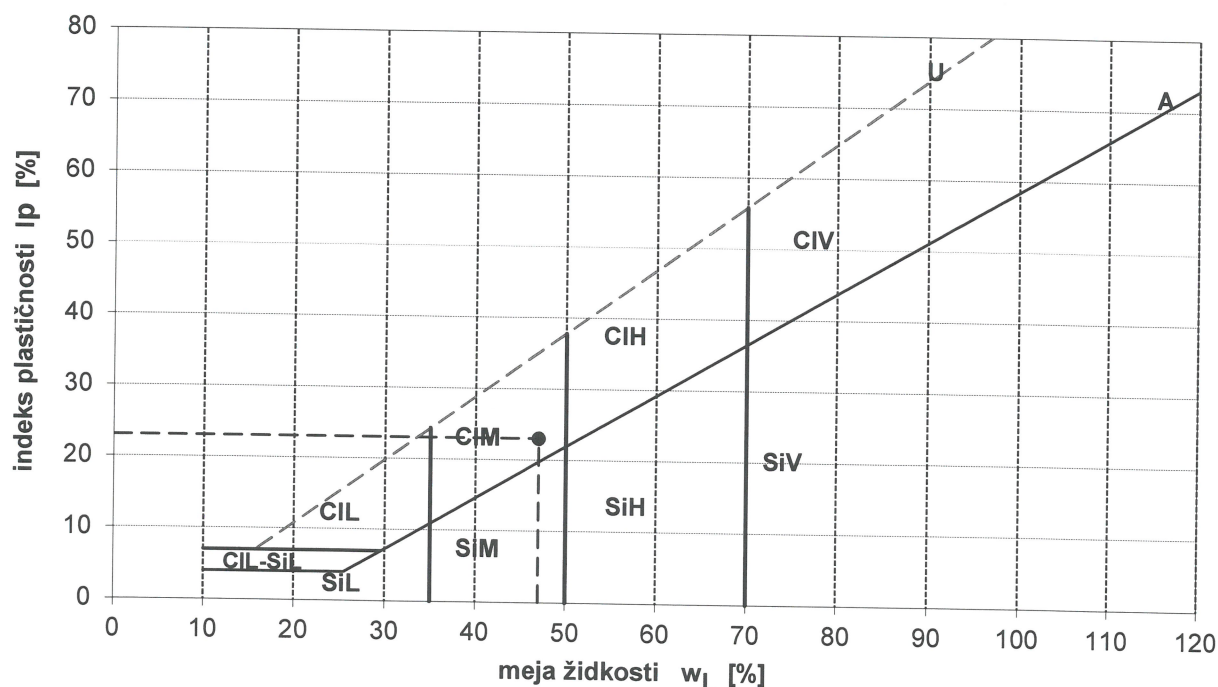
**indeks konsistence**

$I_c$ : 0,714

**Klasifikacija:** CIM, srednje plastična glina, sgn. kons.



### KLASIFIKACIJA



Obdelal: B. Sajovic

Pregledal: A. Kovačič

Ljubljana, 30.11.2023

priloga:





**EDOMETERSKI PRESKUS  
S POSTOPNIM OBREMENJEVANJEM**  
SIST EN ISO 17892-5:2017

št.obr. LAB-015

Geoinženiring  
d.o.o.

Dimičeva 14

št. vzorca: **GI-23-853**

**LOKACIJA:** BIC cesta v Mestni log

**D.N.:** 82583

**VRTINA:** V-1

**ZAČETEK PREISKAVE:** 13.11.23

**GLOBINA:** 18-18,2m

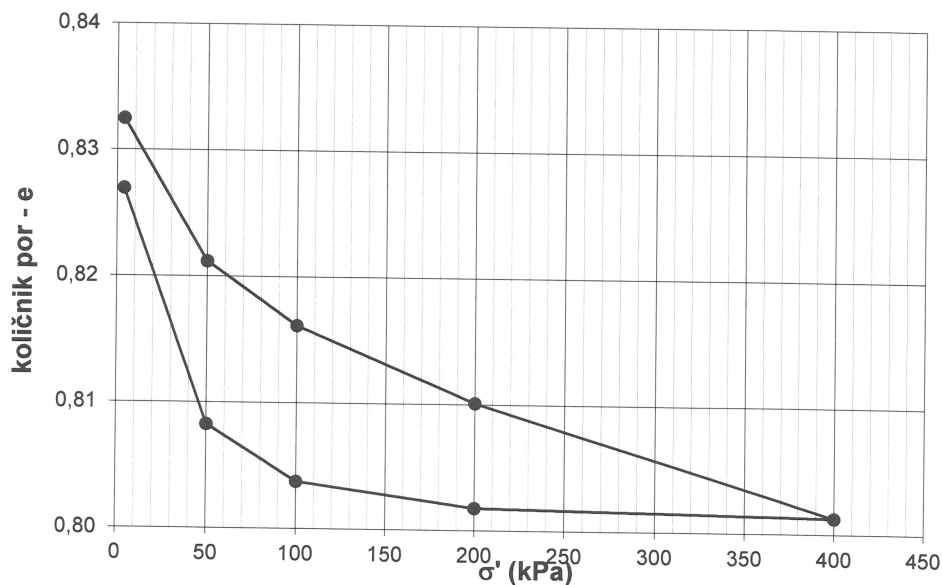
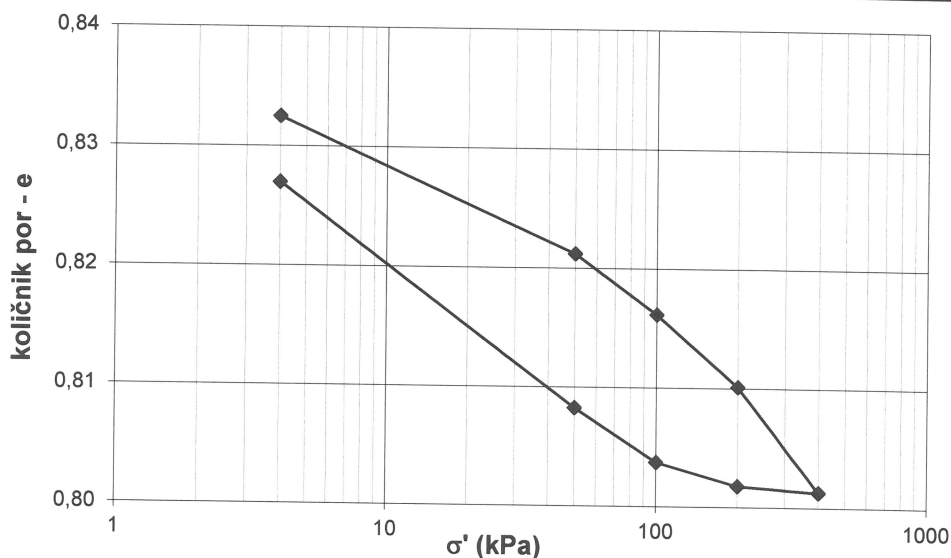
**OPOMBA:** preplavljeno pri 50 kPa

**OPIS ZEMLJINE:** CIM, srednje plastična glina, sgn. kons.

aparatus: 6  
višina vzorca: 20 mm  
premer vzorca: 70,0 mm  
 $S_r$  pred: 99,5 %  
 $S_r$  po: 102,4 %

ocenjena/merjena gostota zrn  $\rho_s$ : 2,70 t/m<sup>3</sup>  
vlaga vzorca pred preiskavo: 30,7 %  
vlaga vzorca po preiskavi: 31,4 %  
gostota  $\rho$ : 1,93 t/m<sup>3</sup>  
suha gostota  $\rho_d$ : 1,47 t/m<sup>3</sup>

**KRIVULJA STISLJIVOSTI**



Tradic d.o.o.  
Ljubljana

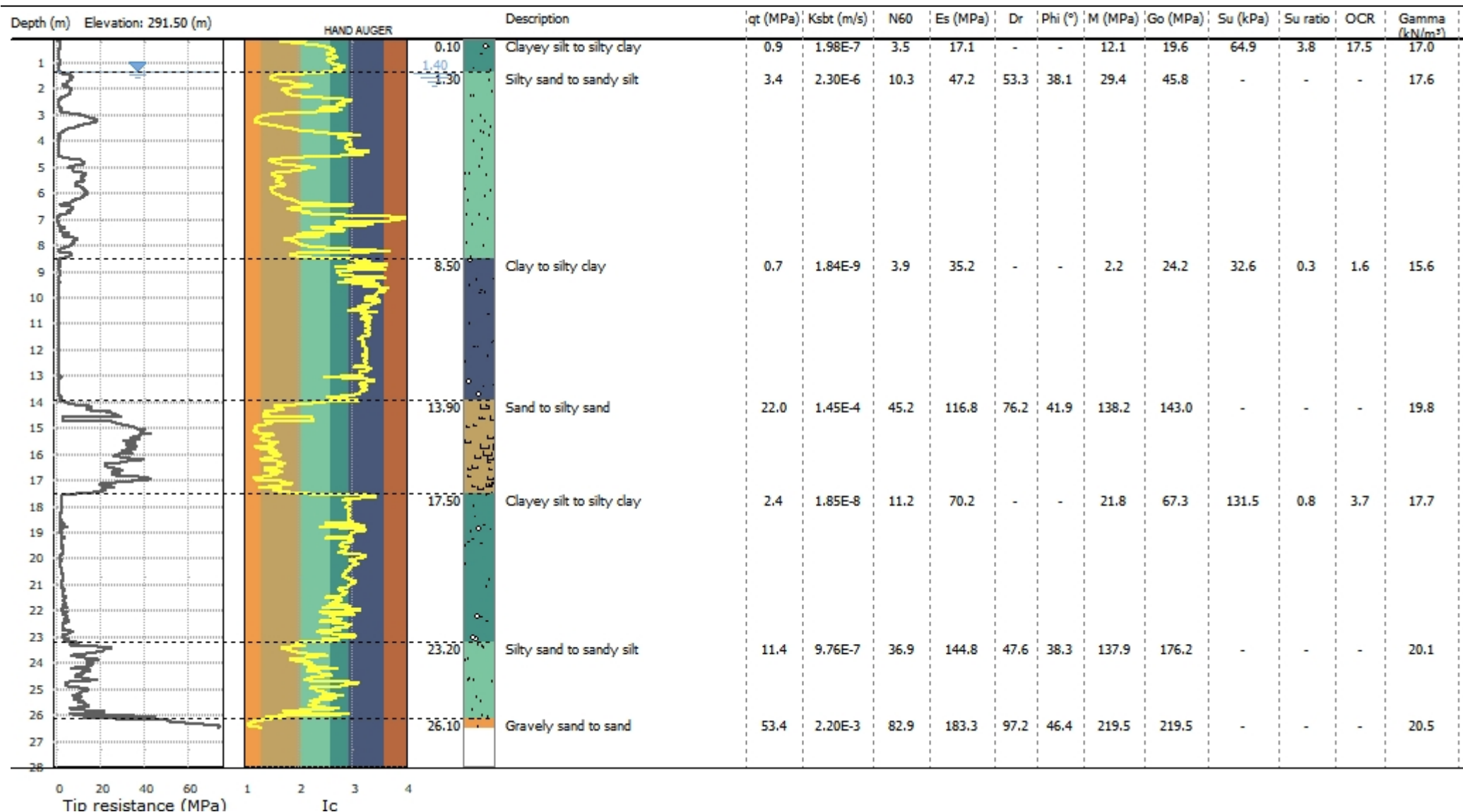




ž

**Project:** Novogradnja veterinarske fakultete

**Location:** Lj.-VIČ





**GRACEN d.o.o.**  
GEOTEHNIŠKE RAZISKAVE, PROJEKTIRANJE IN NADZOR  
Krivec 92, 1000 Ljubljana, Slovenia  
Phone: +386 (0)1 518 70 00; E-mail: gracen@siol.net

**CPT: CPTU-3**

Total depth: 26.48 m, Date: 28. 01. 2024  
Surface Elevation: 291.50 m  
Coords: X:0.00, Y:0.00  
Cone Type: Pagani  
Cone Operator: SLP

**Project: Novogradnja veterinarske fakultete**

**Location: Lj.-VIČ**

**Summary table of mean values**

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT <sub>N60</sub> (blows/30cm)	E <sub>s</sub> (MPa)	D <sub>r</sub>	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G <sub>0</sub> (MPa)	Undrained strength, S <sub>u</sub> (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m <sup>3</sup> )
0.10	1.20	1.98E-07	3.5	17.1	0.0	0.0	12.1	19.6	64.9	3.8	17.5	17.0
1.30		(±1.47E-05)	(±0.7)	(±3.1)	(±0.0)	(±0.0)	(±2.8)	(±5.6)	(±9.8)	(±1.6)	(±7.2)	(±1.1)
1.30	7.20	2.30E-06	10.3	47.2	53.3	38.1	29.4	45.8	0.0	0.0	0.0	17.6
8.50		(±3.74E-04)	(±8.4)	(±13.5)	(±12.9)	(±2.1)	(±31.8)	(±22.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.0)
8.50	5.40	1.84E-09	3.9	35.2	0.0	0.0	2.2	24.2	32.6	0.3	1.6	15.6
13.90		(±2.61E-08)	(±1.1)	(±35.2)	(±0.0)	(±0.0)	(±5.3)	(±6.8)	(±20.1)	(±0.2)	(±1.0)	(±0.7)
13.90	3.60	1.45E-04	45.2	116.8	76.2	41.9	138.2	143.0	0.0	0.0	0.0	19.8
17.50		(±7.09E-04)	(±17.6)	(±36.2)	(±19.0)	(±3.6)	(±51.2)	(±47.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.2)
17.50	5.70	1.85E-08	11.2	70.2	0.0	0.0	21.8	67.3	131.5	0.8	3.7	17.7
23.20		(±3.94E-07)	(±3.4)	(±10.8)	(±0.0)	(±0.0)	(±19.0)	(±17.5)	(±52.2)	(±0.3)	(±1.3)	(±0.7)
23.20	2.90	9.76E-07	36.9	144.8	47.6	38.3	137.9	176.2	0.0	0.0	0.0	20.1
26.10		(±5.33E-05)	(±10.8)	(±24.9)	(±10.8)	(±1.6)	(±48.1)	(±37.2)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.1)
26.10	0.38	2.20E-03	82.9	183.3	97.2	46.4	219.5	219.5	0.0	0.0	0.0	20.5
26.48		(±2.09E-03)	(±17.9)	(±33.5)	(±7.3)	(±2.0)	(±51.4)	(±51.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.2)

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



# Povzetek disipacijskih preizkusov v dobro prepustnih zemljinah

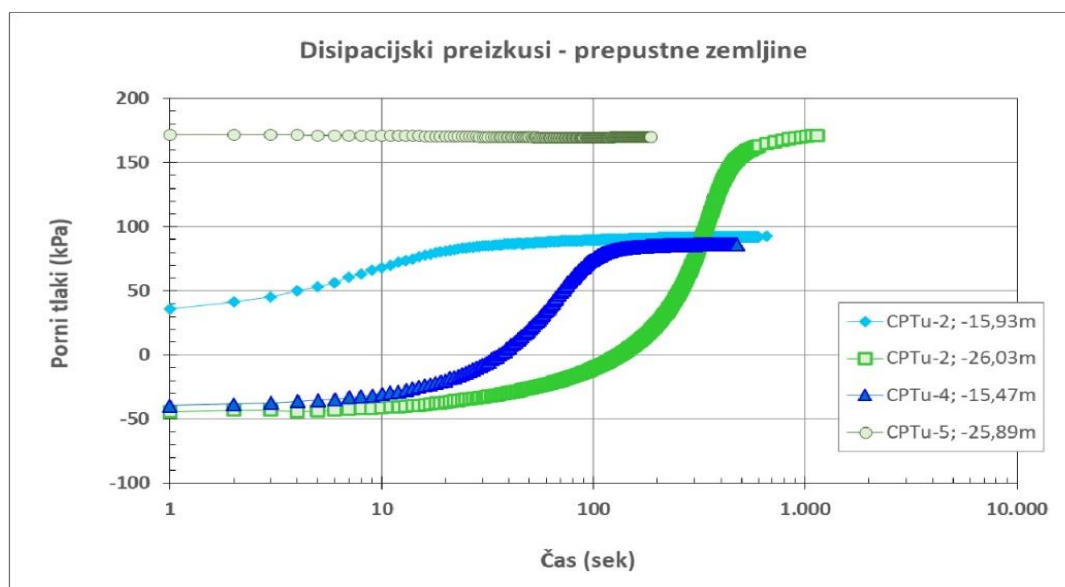
**Objekt:** Prizidava BIC, Cesta v Mestni Log, Ljubljana

**Datum:** november 2023

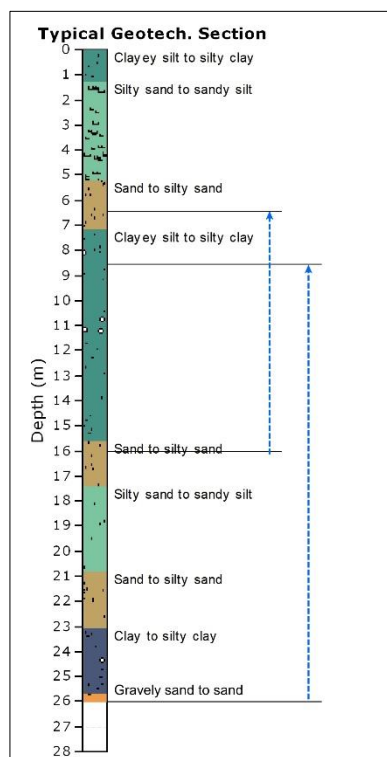
**Izvajalec:** SLP d.o.o. (Strniša, 2022)

CPTu	Globina (m)	t (sek)	$U_0$ (kPa)	$U_k$ (kPa)	Tlačna višina (m) (*)	Kota terena ( $m_{abs}$ )	Kota disipacije ( $m_{abs}$ )	Tlačna višina ( $m_{abs}$ )	NPV (m)
CPTu-2	15,93	660	36,20	92,51	9,43	291,23	275,30	284,73	6,50
CPTu-2	26,03	1140	-43,98	171,34	17,47	291,23	265,20	282,67	8,56
CPTu-4	15,47	477	-39,51	86,52	8,82	292,07	276,60	285,42	6,65
CPTu-5	25,89	188	171,61	170,18	17,35	291,40	265,51	282,86	8,54

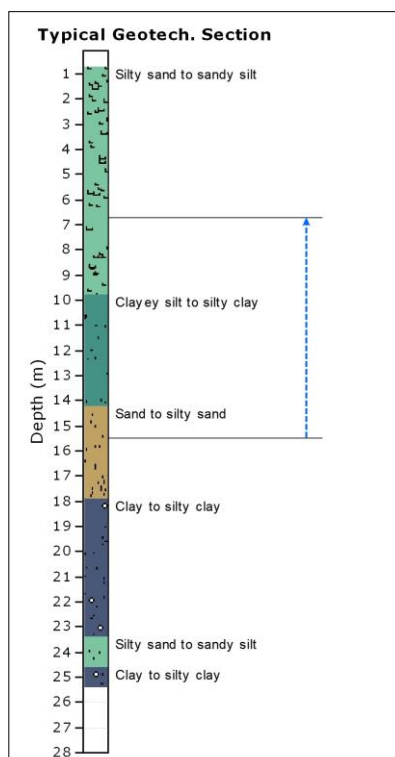
**Pomen oznak:**  
 $u_0$ : začetni porni tlak  
 $u_k$ : končni porni tlak  
 Tlačna višina:  $u_k/(\rho_w g)$  (\*)  
 (\*) po Brenčič, 2021, stran 25)



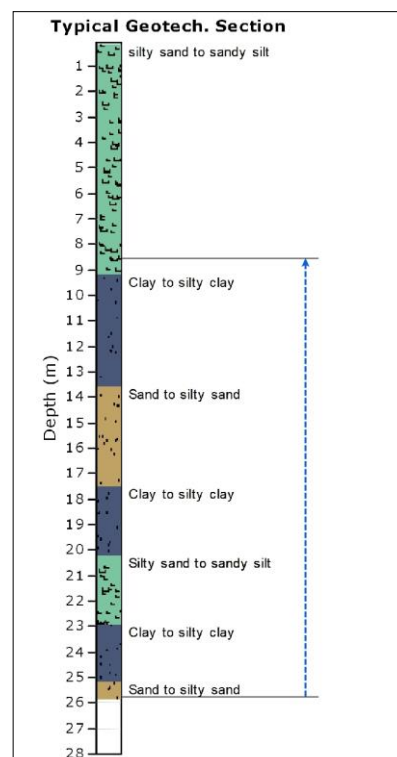
**CPTu-2:**



**CPTu-4:**



**CPTu-5:**



## NOSILNOST PILOTOV

Nosilnost pilota je določena kot

$$R_k = R_{b,k} + R_{s,k} - W_p = A_b \cdot q_{b,k} + A_s \cdot q_{s,k}$$

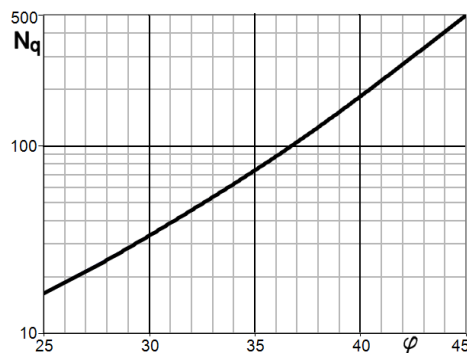
pri čemer je

$R_{b,k}$  nosilnost pilota pod konico,

$R_{s,k}$  nosilnost pilota po plašču,

$W_p$  teža pilota.

### Nosilnost pilotov pod konico v nekoherentnih tleh



Izračunamo po formuli

$$q_{b,k} = N_q \cdot \sigma'_v \text{ (velja za vtisnjene pilote),}$$

kjer koeficient  $N_q$  določimo po Berezantzevu (slika 1).

Slika 1: Faktor nosilnosti  $N_q$  po Berezantzevu

Strižni kot je potrebno izbrati tako, da ustreza relativni gostoti in napetostnemu stanju ob porušitvi (iščemo mejno stanje). V ta namen se uporablja spodnji iterativni postopek, ki je bil potrjen s številnimi obremenilnimi preizkušnjami.

Zahtevani so naslednji vhodni podatki:

$\varphi'_{CV}$  ... strižni kot pri konstantnem volumnu

$D_R$  ... relativna gostota

$\sigma'_v$  ... efektivni vertikalni tlak ob konici pilota

Potopek izračuna faktorja  $N_q$ :

- Izberemo začetni približek za  $N_q$  na podlagi strižnega kota.
- Izračunamo povprečni efektivni tlak  $p'$  ob konici pilota pri porušitvi kot geometrijsko sredino  $\sigma'_v$  in  $\sigma'_v \cdot N_q$

$$p' = \sqrt{\sigma'_v \cdot \sigma'_v \cdot N_q} = \sigma'_v \cdot \sqrt{N_q}$$

- Izračunamo korigirano relativno gostoto po enačbi

$$I_R = D_R \left( 5.4 - \ln \frac{p'}{p_a} \right) - 1,$$

kjer je  $p_a$  atmosferski tlak (100 kPa). Enačba velja za tlake  $p' > 150$  kPa. Pri manjših tlakih velja enačba:

$$I_R = 5D_R - 1$$

POZOR: Pri  $I_R > 4$  je postopek premalo preverjen, da bi ga lahko uporabljali.

- Zatem izračunamo  $\varphi'$  iz enačbe (enota  $^\circ$ ):

$$\varphi' = \varphi'_{CV} + 3I_R$$

- Odčitamo nov približek za  $N_q$  na osnovi izračunanega strižnega kota in iteriramo do zadovoljive natančnosti.

Na ta način določimo nosilnost pod konico za vtisnjene pilote, za uvtane pa velja, da je zemljina v dnu izkopa razrahljana, zato je pričakovati, da se bo enak odpor kot pri vtisnjenem pilotu mobiliziral šele pri večjem pogrezku pilota.



Zaradi omejitve posredkov si izberemo razmerje med posredkom in premerom pilota v višini 5%, za kar v literaturi najdemo razmerje  $Q_{b,k,uvrtani}/Q_{b,kvtisnjeni} = 0.15 - 0.21$ .

### Nosilnost pilotov po plašču v koherentnih tleh

Izračunamo po formuli  $q_{s,k} = K\sigma'_v \tan \varphi'$ , kjer je  $K$  za normalno konsolidirane gline enak  $K_0$ ,  $\sigma'_v$  je efektivni tlak na sredini »homogenega« sloja,  $\varphi'$  je strižni kot zemljine.

### Nosilnost pilotov po plašču v nekoherentnih tleh

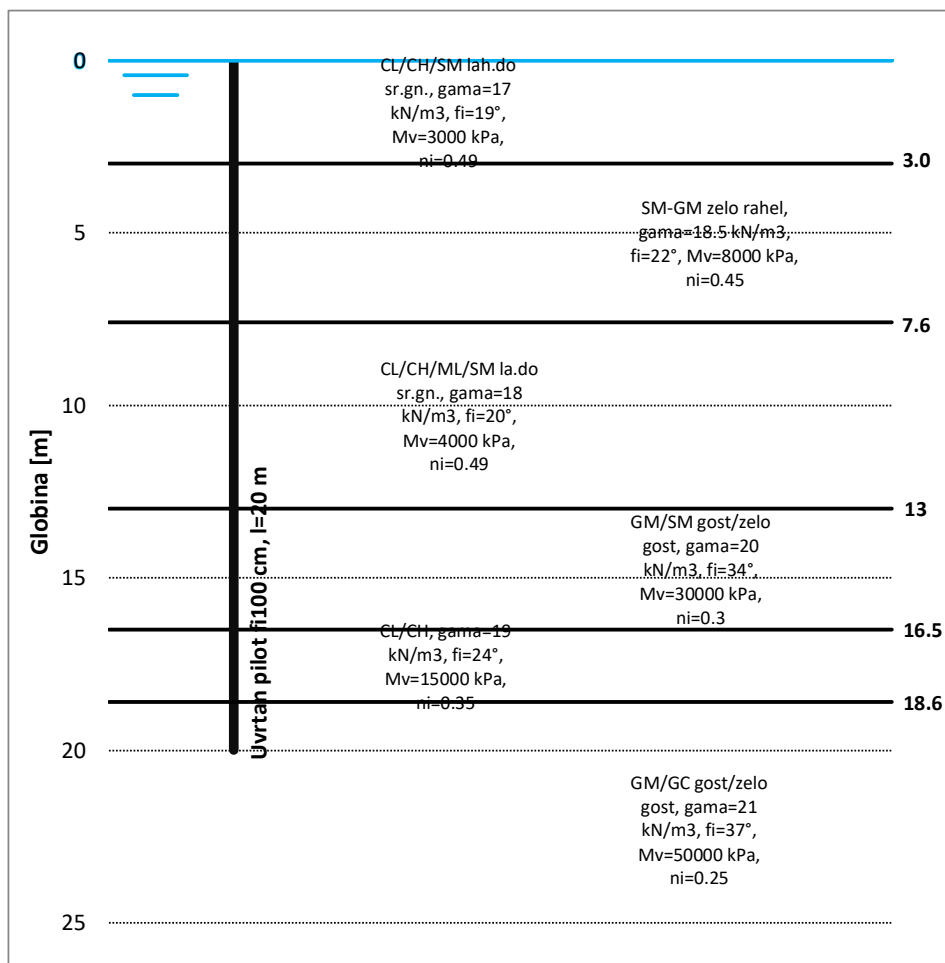
Podobna formula kot zgoraj ( $q_{s,k} = K\sigma'_v \tan \delta$ ), kjer je  $K$  za uvtane pilote izrazito odvisen od načina vgradnje pilota – pri običajnih metodah je  $K = 0.7$ , za spiralni izkop v peskih in gramozih je  $K = 0.9$ ;  $\delta = \varphi'$  za uvtane pilote, ker je hrapavost le-teh običajno dovolj velika.

Za zabite oz. vtisnjene pilote pa velja, da  $K$  izračunamo kot

$$K \approx \frac{N_q}{50}$$

Enačba daje  $K$  od 1,5 pri majhnih tlakih do vrednosti pod 1,0 pri velikih globinah.

Vrednost strižnega kota na kontaktu med zemljino in pilotom ( $\delta$ ) je odvisna od hrapavosti površine pilota. Po priporočilih Stasa in Kulhawya velja za prefabricirane betonske pilote  $\delta = 0.8 \dots 1.0\varphi$ , za jeklene  $\delta = 0.5 \dots 0.9\varphi$  in za lesene  $\delta = 0.8 \dots 0.9\varphi$ . Do podobnega rezultata pridemo, če privzamemo  $\delta = \varphi'_{cv}$ , saj ob plašču pilotov ni možna sprememba volumna.



Slika 2: Prerez tal in materialne karakteristike, upoštevane v računu.

Uvrtani piloti  $\phi 100$  cm, dolžine 20 m

### TLAČNA NOSILNOST

#### Nosilnost po plašču:

Nosilnost pilota po plašču								
	$\delta_k$	$\delta_d$	K	$\sigma_v'$	l v sloju	$q_s$	$A_s$	$R_s$
1.sloj	15.20	15.20	0.67	10.50	3.00	1.92	9.42	18.13
2.sloj	22.00	22.00	0.70	40.55	4.60	11.47	14.45	165.73
3.sloj	16.00	16.00	0.66	81.70	5.40	15.41	16.96	261.50
4.sloj	34.00	34.00	0.70	99.20	3.50	46.84	11.00	515.01
5.sloj	19.20	19.20	0.59	108.65	2.10	22.45	6.60	148.09
6.sloj	37.00	37.00	0.70	164.90	1.40	86.98	4.40	382.57
<b><math>R_{s,k} = 1491</math></b>								<b>kN</b>

#### Nosilnost pod konico (nekoherentna zemljina):

$$\varphi = 37^\circ, D_R = 0.85$$

$$\sigma_v' = 3.0m \cdot (17 - 10)kN/m^3 + 4.6m \cdot (18.5 - 10)kN/m^3 + 5.4m \cdot (18 - 10)kN/m^3 + 3.5m \cdot (20 - 10)kN/m^3 + 2.1m \cdot (19 - 10)kN/m^3 + 1.4m \cdot (21 - 10)kN/m^3 = 172.6 kPa$$

Začetni približek  $N_q = 107$

Št.iteracije	$N_q$	$p'$ [kPa]	$l_R$	$\varphi'$
1. iteracija	107	1789	1.1	40.4
2. iteracija	204	2465	0.9	39.6
3. iteracija	175	2281	0.9	39.8
4. iteracija	181	2324	0.9	39.7
5. iteracija	180	2314	0.9	39.8
6. iteracija	180	2316	0.9	39.8

Končni  $N_q = 180$

Pri iterativnem izračunu posedka se izkaže, da faktor  $Q_{b,k,uvrtani}/Q_{b,kvtisnjeni}$  za prikazan primer pri omejitvi razmerja med posedkom in premerom pilota v višini 5% znaša 0.21.

$$q_{b,k} = 0.21 \cdot N_q \cdot \sigma_v' = 0.21 \cdot 180 \cdot 172.6 = 2940^* kN/m^2, A_b = 0.79 m^2 \rightarrow R_{b,k} = 2309 kN$$

\* omejitev odpora pod konico za vtisnjen pilot na 14 MPa

#### Projektna nosilnost pilota po EC7:

Na lokaciji objekta do sedaj ni bilo opravljenih statičnih ali dinamičnih testov (0), zato je vrednost korelacijskega faktorja za temeljenje na pilotih enaka  $\xi_i = 1.4$ .

$$R_{c,d} = \frac{\left(\frac{R_{b,k}}{\gamma_b} + \frac{R_{s,k}}{\gamma_s}\right)}{\xi_3} - W_p = \frac{(2309/1.1 + 1491/1.1)}{1.4} - 393 = 2075 kN$$

#### Karakteristična nosilnost pilota po EC7:

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} - W_p = 2309 + 1491 - 393 = 3407 kN$$

## POSEDEK (TLAČNO OBREMENJEN PILOT)

Izračunamo na podlagi teorije elastičnosti. Pilot se smatra kot tog, če velja

$$\frac{L}{R} \leq \frac{1}{2} \left( \frac{E_{pilota}}{G_b} \right)^{0.5}$$

Preverjanje togosti pilota:

$$\frac{L}{R} = \frac{20}{0.5} = 40 \leq \frac{1}{2} \left( \frac{E_{pilota}}{G_b} \right)^{0.5} = \frac{1}{2} \left( \frac{3 \cdot 10^7}{16667} \right)^{0.5} = 21.2 \quad \text{Pilot je podajen.}$$

Za podajen pilot se posedek izračuna po enačbi

$$\frac{Q}{s} = G_L \cdot R_0 \frac{\frac{4\eta}{\xi(1-\nu)} + \frac{2\rho\pi A}{\zeta}}{1 + \frac{4\eta A}{\pi\lambda\xi(1-\nu)}}$$

kjer je

$$\eta = \frac{r_b}{r_0}, A = \frac{L}{r_0} \frac{\tanh \mu L}{\mu L}, \xi = \frac{G_L}{G_b} = \frac{G_{plášč}}{G_{konica}}, \rho = \frac{G_{AV}}{G_L} = 1, \lambda = \frac{E_{pilota}}{G_L} = \frac{E_{pilota}}{G_{plášč}}, \zeta = \ln \frac{r_L}{r_0} = 4, \mu L = \frac{L}{r_0} \sqrt{\frac{2}{\zeta \lambda}},$$

$$\tanh \mu L = \frac{e^{\mu L} - e^{-\mu L}}{e^{\mu L} + e^{-\mu L}}$$

Izračun posedkov - pilot fi100 cm						
	L v sloju	Mv	ni	E	G	konica
1.sloj	3.00	3000	0.49	175	59	
2.sloj	4.60	8000	0.45	2109	727	
3.sloj	5.40	4000	0.49	234	78	
4.sloj	3.50	30000	0.3	22285.71	8571.429	
5.sloj	2.10	15000	0.35	9346.154	3461.538	
6.sloj	1.40	50000	0.25	41666.67	16666.67	44444.44
			V <sub>plášč</sub>	0.42	G <sub>plášč</sub>	3227
					G <sub>konica</sub>	16667

$$\eta = \frac{r_b}{r_0} = 1, \zeta = 4, \lambda = \frac{E_{pilota}}{G_{plášč}} = \frac{3 \cdot 10^7}{3227} = 9295, \rho = 1, \mu L = \frac{L}{r_0} \sqrt{\frac{2}{\zeta \lambda}} = \frac{20}{0.50} \sqrt{\frac{2}{4 \cdot 9295}} = 0.293,$$

$$\xi = \frac{G_{plášč}}{G_{konica}} = \frac{3227}{16667} = 0.194, \tanh \mu L = \frac{e^{\mu L} - e^{-\mu L}}{e^{\mu L} + e^{-\mu L}} = 0.285, A = \frac{L}{r_0} \frac{\tanh \mu L}{\mu L} = \frac{20}{0.5} \frac{0.285}{0.293} = 38.9$$

$$\frac{Q}{s} = G_L \cdot R_0 \frac{\frac{4\eta}{\xi(1-\nu)} + \frac{2\rho\pi A}{\zeta}}{1 + \frac{4\eta A}{\pi\lambda\xi(1-\nu)}} = 151495 \quad \rightarrow \quad s = \frac{2075}{151495}$$

$$s = 0.014 \text{ m} = 1.4 \text{ cm}$$

Posedek pri projektni obtežbi 2075 kN znaša 1.4 cm.

## POVZETEK REZULTATOV IZRAČUNOV NOSILNOSTI PILOTOV IN POSEDKOV

Pilot	φ80 cm	φ100 cm	φ80 cm	φ100 cm
Tip	uvrtan	uvrtan	uvrtan	uvrtan
Tlačen / natezen	tlačen	tlačen	tlačen	tlačen
Dolžina [m]	14	14	20	20
Nosilnost po plašču [kN]	485	606	1193	1491
Nosilnost pod konico [kN]	478	747	1478	2309
<b>Celotna projektna nosilnost [kN]</b>	<b>450</b>	<b>604</b>	<b>1483</b>	<b>2075</b>
<b>Posedek [cm]</b>	<b>1.6</b>	<b>2.0</b>	<b>1.1</b>	<b>1.4</b>