

INVESTITOR:

MESTNA OBČINA LJUBLJANA

Mestni trg 1, 1000 Ljubljana

NAZIV GRADNJE:

CENTER PLEZALNIH ŠPORTOV LJUBLJANA

VRSTA GRADNJE:

NOVA GRADNJA

VRSTA DOKUMENTACIJE:

IDP, DGD

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

ŠT. ELABORATA:

1-17/2022

IZDELOVALEC ELABORATA:

GRACEN D.O.O.

Krivec 92, 1000 Ljubljana

Odgovorna oseba:

Andreja KOVAČIČ

GRACEN
D.O.O.
A. Kovačič

POOBlašČENI INŽENIR:

Andreja KOVAČIČ, univ. dipl. inž. grad.

Ident. št. IZS:

G-0987

Žig in podpis:

ANDREJA KOVAČIČ
univ. dipl. inž. grad.
IZS G-0987
A. Kovačič

KRAJ IN DATUM:

LJUBLJANA, 21. 11. 2022

ŠT. IZVODOV:

1 2 3 4 A

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 sondažnimi vrtinami
 - 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
 - 2.6 Geotehniški model tal
 - 2.7 Seizmičnost tal
3. OSNOVNA NAVODILA ZA TEMELJENJE CENTRA IN IZVEDBO GEOTEHNIŠKIH DEL

GRAFIČNE PRILOGE:

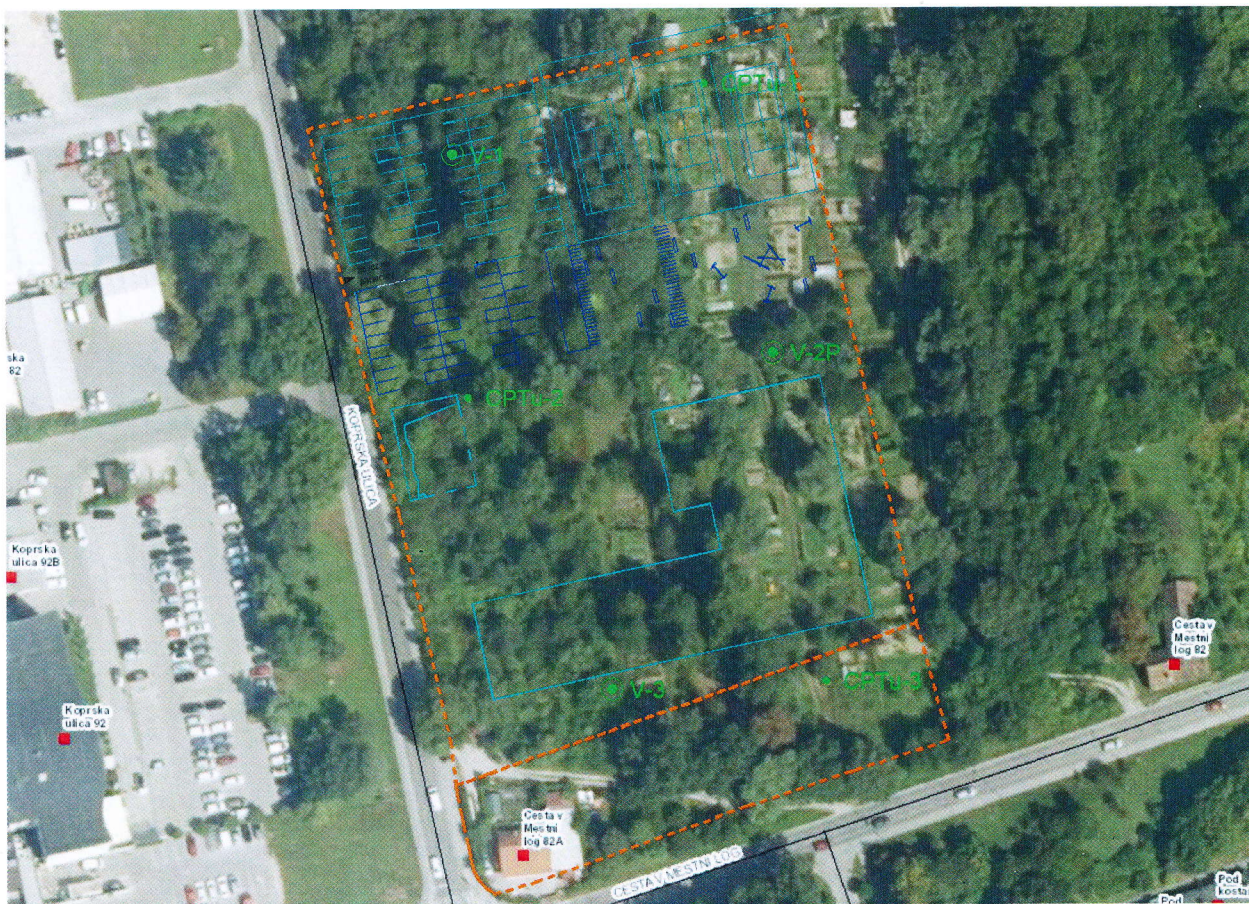
- Priloga 1: Situacija centra, raziskovalnih vrtin in CPT-u sond
Priloga 2: Prerez A-A
Priloga 3: Geotehniški profili raziskovalnih vrtin V-1, V-2P in V-3
Priloga 4.1: Slike vrtin V-1 in V-2P
Priloga 4.2: Slike vrtine V-3
Priloga 5: Vrednotenje rezultatov SPT
Priloga 6.1: Laboratorijske preiskave
Priloga 6.2: Fotografije presejanih vzorcev iz vrtin
Priloga 7: Interpretacija CPTu-1, CPTu-2 in CPTu-3
Priloga 8: Disipacijski preizkusi
Priloga 9: Izračun projektne nosilnosti pilotov

1. SPLOŠNO

Investitorica Mestna občina Ljubljana želi zgraditi Center plezalnih športov v Ljubljani. Gradnja je predvidena na jugozahodnem delu zelenih, nepozidanih površin dokaj pravokotne oblike ob Koprski ulici in Cesti v Mestni log (slika 1). Ob Koprski ulici je območje predvidene gradnje dolžine pribl. 160 m, ob Cesti v Mestni log pa pribl. 120 m.

Center plezalnih športov bo povezal Gimnastični in Teniški center z vzhodnim kompleksom nogometnih igrišč in južnimi parkovnimi površinami, ki segajo do Ceste v Mestni log v celovit Športni park Svoboda.

V geotehniškem elaboratu je upoštevana zmagovalna natečajna arhitekturna in urbanistična rešitev ureditve območja Plezalnega Centra, ki je bila izbrana v času dokončevanja elaborata, zato so osnovni elementi natečajne rešitve že prikazani na sliki 1, podrobneje pa v situaciji centra na prilogi 1.



Slika 1: Orto foto posnetek zemljišč z osnovnimi elementi natečajne rešitve Plezalnega centra in prikazom mest raziskovalnih vrtin ter CPT sondiranj (vir posnetka: <http://gis.arso.gov.si/atlasokolja>)

Iz izbrane arhitekturne in urbanistične rešitve povzemamo:

- Na osrednjem zemljišču se uredi tlakovana vhodna ploščad za do 2000 obiskovalcev/gledalcev tekem. Ploščad na vzhodu in jugu omejuje glavni objekt plezalnega centra. Ob severozahodni rob ploščadi je umeščen centralni plezalni pylon.
- Severno od vhodne ploščadi in pilona se približno na sredini do meje s Teniškim centrom nahaja glavni uvoz s Koprške ulice. Severne površine ob dovozu so namenjene asfaltiranemu parkirišču, južne pa ozelenjenemu parkirišču za osebna vozila. Dovoz z vozili se zaključuje približno na sredini širine zemljišča s površinami, namenjenimi parkiranju enoslednih vozil in pokrito kolesarnico.

- Vzhodno od parkirišč so predvidena tri teniška igrišča, ki proti glavnemu objektu preidejo v igrišča v parku.
- Površine med južno gradbeno mejo in Cesto v Mestni log so namenjene povezavi s predvidenim vzhodnim parkom Športnega parka Svoboda. Vključujejo sanacijo dela nekdanjega poteka ceste v Mestni log, porušitev stanovanjske hiše Cesta v Mestni loga 82 a in ureditev površin v park z drevesi.

Tehnične lastnosti glavnega objekta plezalnega centra:

- Sestavljata ga visoka plezalna dvorana in nižja balvanska lamela v obliki črke L.
- Visoka plezalna dvorana, višine 18 m in dimenzij pribl. 37,7 m × 54,3 m, je orientirana v smeri sever-jug. Pretežni volumen je namenjen plezalnim stenam po celotni višini dvorane, osrednji tloris ob dveh vertikalnih jedrih/komunikacijah pa je troetažen (P + 1N + 2N). V prvem nadstropju so prostori uprave in šola plezanja, v drugem pa večnamenska dvorana.
- V enoetažni balvanski lameli, dimenzij pribl. 21,3 m × 47,5 m, so umeščene notranje in zunanje balvanske stene. Ravna streha blago pada od zahoda, kjer je višine pribl. 7,8 m, proti stiku z visoko dvorano.
- Ničelna kota objekta je kota finalnega tlaka vhodne avle in znaša 293,90 m.
- Konstrukcija dvorane je armiranobetonska v povezavi z zidanimi stenami in lesenimi nosilci za premoščanje strešnih razponov. Predvideno je temeljenje na armiranobetonskih pilotih.

Tehnične lastnosti plezalnega pilona:

- Plezalni pilon je umeščen ob severozahodni rob ploščadi. Na stiku s terenom ga sestavljata dve steni v obliki črke L v tlorisnem gabaritu 20,6 m × 15 m. Poševna stena, vzporedna s Koprsko ulico tvori s prečno steno previs do 14 m, pri višini plezanja 17 m.
- Konstrukcija pilona je armiranobetonska, prav tako temeljena na armiranobetonskih pilotih.

Po naročilu investitorja smo izvedli geotehniške raziskave, ki so obsegale:

- tri sondažne vrtine skupne dolžine 90 m, izdelane med 26. 9. in 4. 10. 2022, od katerih je ena opremljena kot piezometer, ki omogoča merjenje vodostajev po končanih terenskih raziskavah,
- 'in situ' raziskave s standardnimi penetracijskimi preizkusi (SPT) v posameznih vrtinah,
- pregled in popis jeder vrtin po veljavni AC klasifikaciji,
- laboratorijske preiskave vzorcev, odvzetih iz vrtin in
- tri CPTu sondiranja, skupne dolžine 50 m, z merjenjem pornih tlakov, izvedena med 7. in 14. 10. 2022.

Mesta raziskovalnih vrtin in CPTu sond so prikazana na sliki 1 in situaciji centra na prilogi 1.

2. GEOLOŠKO GEOMEHANSKE LASTNOSTI TAL

2.1 Geografsko morfološke značilnosti

Obravnavano območje obsega zemljišča, ki so travnata in porasla s samoraslimi drevesi. Površje je blago valovito s povprečno koto 292,60 m in je pribl. en meter nižje od Koprške ulice. V kotanjah se v obdobjih intenzivnih padavin zadržuje padavinska voda.

Na južnem delu območja se nahaja del prvotnega poteka ceste v Mestni log in starejša stanovanjska posest Cesta v Mestni log 82a, do katere iz vzhodne strani poteka nadzemni električni vod.

Lokacija je dobro dostopna tako za promet kot tudi za pešce, ker mestni potniški promet poteka po Cesti v Mestni log.

2.2 Geološke razmere

Osnovno informacijo o geoloških razmerah na širšem območju obravnavanega prostora povzemamo iz Osnovne geološke karte (OGK) M 1 : 100.000, list Kranj (Grad & Ferjančič, 1974). Preiskana lokacija se nahaja na jugovzhodnem delu tega lista. Na širšem območju lokacije nastopajo po citirani OGK naslednje litološko - stratigrafske enote:

- C,P: glinast skrilavec, meljevec, peščenjak in konglomerat (karbon/perm)
- P₂²: rdeč peščenjak, meljevec, in konglomerat (grödenski skladi, sr.perm)
- T₁: laporni apnenec, dolomit, peščen skrilavec, oolitni apnenec (skit)
- ¹T₂²: piroklastiti, apnenec (sp.ladin)
- ²T₂²: svetlo siv kristalast dolomit (zg.ladin)
- T₃²⁺³: plastovit in pasovit dolomit, redkeje apnenec (norik in ret)
- T₃,J: apnenec, dolomitiziran apnenec, ponekod dolomit (sp.triada, sp.liada)
- fgl: prod, pesek-prodni zasip (pleistocen)
- j: jezerski in barski sedimenti (pleistocen, holocen)
- d: deluvialni sedimenti (holocen)
- al: aluvij - nanosi rek in potokov (holocen).



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

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 nanose in sedimente, ki segajo do večjih globin.

2.3 Terenske raziskave

2.3.1 Raziskave s sondažnimi vrtnami

Sondažno vrtanje je bilo izvedeno z vrtno garnituro COMMACHIO GEO 305. Izvedene so bile vrtnice z oznakami V-1, V-2P in V-3, skupne dolžine 90m.

Med vrtanjem smo spremljali in beležili sestavo tal ter ocenjevali osnovne geotehniške karakteristike tipičnih zemljin. Iz vrtin so bili odvzeti vzorci za laboratorijske preiskave.

Podrobni geotehniški popisi posameznih vrtin so, skupno s slikovnim gradivom, podani v prilogah 3 in 4.

2.3.2 Raziskave s statičnim konusnim penetrometrom (CPTu)

Raziskave so bile izvedene s statičnim konusnim penetrometrom TG 63-100, proizvajalca PAGANI. Uporabljena je bila merilna konica oznake MK 111, z merilnim območjem odpora pod konico do 50MPa, trenja po plašču do 0,5MPa, pornih tlakov do 2,5 MPa in inklinacij do 20°. Filter za merjenje pornih tlakov je pri tej konici tipa u_2 , kar pomeni, da je nameščen tik za konusno konico.

Sondiranje (v nadaljevanju CPTu) je bilo izvedeno v skladu s standardoma SIST EN 1997-2:2007 in oSIST prEN ISO 22476-1:2005 ter je obsegalo poleg standardnih meritev tudi registriranje pornih tlakov med penetriranjem in tudi v stanju mirovanja drogova (v nadaljevanju: disipacijski preizkusi). Skupno so bila izvedena tri sondiranja (CPTu-1, CPTu-2 in CPTu-3), skupne dolžine 51,6 m in v okviru le-teh 15 disipacijskih preizkusov, skupne dolžine trajanja 12.300 sekund.

Sondiranje je segalo do največje možne globine, do katere odpor tal proti prodiranju konice še ni bil presežen in sicer do 21,2 m (CPTu-1), 14,3 m (CPTu-2) in 16,1 m (CPTu-3). Disipacijski preizkusi pa so bili izvedeni v pretežno dobro vodoprepustnih zemljinah, večinoma vse do končnih vrednosti pornih tlakov.

Raziskave CPTu je izvedlo podjetje GI ZRMK d.o.o., Ljubljana.

Rezultati sondiranja so bili interpretirani z registrirano programsko opremo CPeT-IT v.1.7.6.42. (spletni vir: <http://www.geologismiki.gr>). Pri interpretaciji rezultatov CPTu so bila upoštevana priporočila Robertsona in Cabala (2014). Rezultati so pregledno podani na sliki 3 in v prilogah 7 in 8. Izvirni terenski posnetki CPTu so shranjeni v arhivu firme in jih je možno uporabiti za morebitne boljše interpretacije geotehniških in drenažno-konsolidacijskih parametrov kakor tudi za različne geotehniške izračune.

2.4 Laboratorijske preiskave

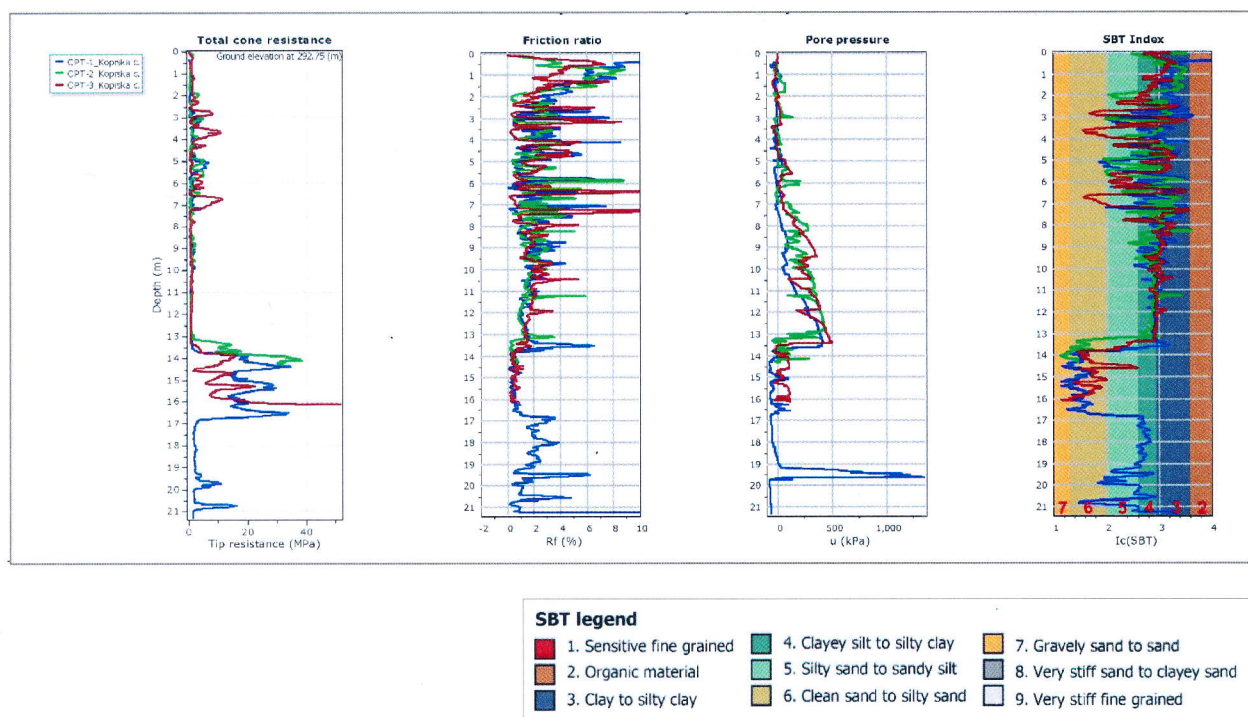
V laboratoriju podjetja Geoinženiring d.o.o. so bile na vzorcih zemljin, odvzetih s sondažnim vrtanjem, izvedene osnovne identifikacijske preiskave in sicer pet (5) preiskav Atterbergovih konsistenčnih mej, štiri (4) granulometrijske analize in dve (2) preiskavi deformabilnosti. Rezultati so zbrani v 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, 15-31,5 mm in v nekaterih primerih >31,5 mm.

2.5 Povzetek terenskih in laboratorijskih preiskav

2.5.1 Sestava tal

Za osnovno informacijo o sestavi tal je na sliki 3 podan pregledno interpretiran profil tal na območju posameznih treh CPTu posnetkov. Slika 3 ponazarja, gledano od leve proti desni, globinski potek (do največje globine pribl. 21 m) korigiranih vrednosti odpora pod konico (Total cone resistance), razmerja med odporom po plašču in pod konico (Friction ratio, R_f), pornih tlakov (Pore pressure, u) ter tipov obnašanja zemljine (v nadaljevanju SBT) glede na ne-normalizirani SBT indeks I_c (SBT) po Robertsonu (2010):



Slika 3: Osnovni rezultati meritev CPTu ter tipi obnašanja zemljin (SBT) po Robertsonu (2010)

Rezultati CPTu in raziskovalnih vrtin v kombinaciji z rezultati SPT in laboratorijskih preiskav izkazujejo, da sestojte tla na obravnavani lokaciji do globine najmanj 30m iz netipičnih barskih sedimentov (različni glinasto meljasti in izraziteje peščeno meljasti sedimenti, lokalno z vključki šote in/ali organske gline) ter peščeno-gramoznih sedimentov. Določena heterogenost je izražena tudi v horizontalni smeri, zato v nadaljevanju podajamo le splošen pregled sestave tal:

- Površje terena prekriva temnorjav humus debeline do pribl. 0,3 m.
- Do globine pribl. 13 m se nato pojavljajo peščeno meljaste do glinaste zemljine v lahko do srednje gnetnem konsistenčnem stanju, v menjava s peščeno-prodnimi zemljinami v rahlem stanju. Prodniki so različne petrografske sestave in slabo do srednje zaobljeni.
- Navzdol sledi do globine približno 16 m odsek s peščeno-prodnimi zemljinami z primesjo melja/gline, pretežno v srednje gostem do gostem stanju. Prodniki so različne petrografske sestave in slabo do srednje zaobljeni. V CPTu posnetkih je navedeni odsek uvrščen glede na SBT (tip obnašanja zemljine) v skupino peskov do meljastih peskov oz. melja do peščenega melja.
- Na odseku med približno 16 m in 20 m prevladujejo glinasto-meljaste zemljine v težkognetnem do trdem konsistenčnem stanju, z nekaj vložki meljastega peska in/ali zelo glinastega srednje gostega do gostega proda.
- Navzdol sledijo do globine najmanj 30 m srednje do dobro zaobljeni, gosti do zelo gosti glinasto meljasti prodi, različno degradiranih kamnin pretežno karbonatnega izvora.

2.5.2 Podzemna voda in vodoprepustnost

Iz prilog 7 in 8 in meritev nivoja podzemne vode v vrtini V-2P povzemamo naslednje:

- Porni tlaki med izvajanjem CPTu izkazujejo do globine okoli 7 m zelo nizke ali celo negativne vrednosti, kar je glede na prevladujočo peščeno-prodno/gruščnato sestavo tal z vložki melja/gline pričakovano (npr. slika 3, tretji graf).
-

Porni tlaki nato navzdol, do globine med 13 m in 14 m, spričo prisotnosti slabše prepustnih meljasto-glinastih zemljin postopoma naraščajo, nato pa ob izrazitejši prisotnosti nekoherentnih zemljin ponovno izkazujejo pretežno nizke, tudi negativne, redkeje povišane vrednosti.

- Najboljšo vodoprepustnost, ocenjeno glede na klasifikacijsko opredelitev zemljine, izkazuje odsek z glinasto-meljastim prodom v globini med približno 13,0 m in 16,5 m in sicer med $1,1 \cdot 10^{-4}$ in $6,3 \cdot 10^{-4}$ m/sek, preostali značilni odseki pa izkazujejo zemljinski sestavi ustrezno nižje vrednosti.
- Ocene koeficientov vodoprepustnosti iz disipacijskih preizkusov v slabše prepustnih okoljih znašajo med $6,4 \cdot 10^{-9}$ in $2,6 \cdot 10^{-8}$ m/sek (priloga 8).
- Porni tlaki, izvedeni v okviru disipacijskih preizkusov v dobro prepustnem okolju, že po 100 sekundah ali prej zavzamejo končno vrednost (priloga 8, u_k v preglednici in graf).
- Hipotetični nivo podzemne vode, ocenjen iz tlačnih višin glede na končne porne tlake pri disipacijskih preizkusih, (u_k), je zelo različen in znaša od 0,33 m do 7,33 m pod površjem terena (priloga 8, NPV v preglednici in vertikalne puščice ob CPT profilih).
- Dodatno informacijo glede nivoja podzemne vode predstavlja rezultat meritve v piezometru V-2P, perforiranem od 14 m do 17 m in od 25 m do 29 m, dokončanim 29. 9. 2022, ki je dne 14. 10. 2022 znašal 7,75 m pod površjem terena. Pripominjamo, da so bila sondažna dela in CPTu izvajana v deževnem obdobju, ob prisotnosti t.im. viseče podzemne vode tik pod površjem terena.

Iz navedenih povzetkov sklepamo, da nastopa na preiskanem območju več vodnih teles z možno/verjetno medsebojno komunikacijo. Priporočamo nadaljnje opazovanje nivoja podzemne vode v vrtini V-2P.

2.5.3 Ocena rezultatov standardnih penetracijskih preizkusov (SPT)

Skupno je bilo v obeh vrtinah izvedeno osemnajst (18) SPT v vnaprej določenih globinah. Rezultati, korigirani po priporočilih Eurocode 7, so podani v prilogi 5.

Iz rezultatov povzemamo naslednje:

- Trije preizkusi so potekali v koherentnih zemljinah. Rezultati izkazujejo po Pecku (1974) različna konsistenčna stanja, od lahkognetnega do trdega in so pretežno v soglasju s terenskimi popisi jeder vrtin.
- Preostali preizkusi so bili izvedeni v območju nekoherentnih zemljin in izkazujejo pretežno gosta do zelo gosta stanja.
- Na dnu vrtine V-3, kjer nastopa gost meljast prod, pa je bil zaradi visokega odpora tal proti penetriranju izveden preizkus penetrabilnosti. Rezultat znaša 4cm/60 udarcev, kar predstavlja nizko penetrabilnost.

2.5.4 Ocena rezultatov laboratorijskih preiskav

Laboratorijsko je bilo preiskano pet vzorcev koherentnih in štirje vzorci nekoherentnih zemljin. Odvzemna mesta vzorcev so razvidna iz geotehniških profilov vrtin in fotodokumentacije v prilogi 3 in 4.

Na vzorcih nekoherentnih zemljin so bile opravljene preiskave zrnivosti po kombiniranem postopku po SIST EN ISO 17892-4:2017. Na vseh vzorcih koherentnih zemljin so bile določene konsistenčne meje po SIST EN ISO 17892-12:2018, na dveh pa tudi deformabilnost po SIST EN ISO 17892-5:2017.

Iz rezultatov, prikazanih v prilogah 6.1 in 6.2 povzemamo:

- Trije vzorci nekoherentnih zemljin so opredeljeni kot meljasti/glinasti prodi in vsebujejo 61,0-62,9% gramoza, 18,5-20,7% peska ter 7,0-19,0% delcev velikosti pod 0,06mm.
- En vzorec nekoherentne zemljine je uvrščen v skupino meljastih peskov in vsebuje 23,3% gramoza,

- 51,0% peska in 15,7% delcev velikosti pod 0,06mm.
- Štirje vzorci koherentnih zemljin so klasificirani kot nizkoplastične gline/melji, en vzorec pa kot visokoplastična glina.
 - Iz priloge 6.2, ki prikazuje vzorce nekoherentnih zemljin po izvedenih granulometričnih analizah, je razvidno, da so prodniki slabo do srednje dobro zaobljeni. V vzorcih, odvzetih iz vrhnjih plasti glinasto meljastega drobnega proda in meljasto peščenega proda iz globine med 13 m in 16 m so prodniki različne petrografske sestave, v vzorcih glinasto meljastega proda od globine 20 m navzdol pa prevladujejo karbonatne sestave.
 - Terenski popisi jeder vrtin so v dobrem soglasju z laboratorijsko določeno zemljinso klasifikacijo.
 - Na osnovi granulometričnih analiz ocenjeni koeficienti vodoprepustnosti vzorcev nekoherentnih zemljin (k) so v intervalu od $1,4 \times 10^{-4}$ m/s do $3,0 \times 10^{-4}$ m/s, kar pomeni srednje dobro vodoprepustnost.
 - Vzorec nizkoplastičnega, srednjegnetnega melja iz globine 16,8 – 17,0m vrtine V-1, izkazuje edometriški modul stisljivosti od 1.100 kPa (pri obremenitvi 50 kPa) do 8.300 kPa (pri obremenitvi 400 kPa).
 - Vzorec nizkoplastičnega, srednjegnetnega melja iz globine 18,6 – 18,8m vrtine V-3, pa izkazuje edometriški modul stisljivosti od 1.800 kPa (pri obremenitvi 50 kPa) do 9.600 kPa (pri obremenitvi 400 kPa).

2.6 Geotehniški model tal

Za geotehniško analizo temeljenja smo ugotovljeno sestavo tal združili v naslednje reprezentativne plasti z naslednjimi geofizikalnimi karakteristikami:

- Peščeno meljne, meljno glinaste zemljine (ML/MH/CH/OH/SM) v lahko do srednje gnetnem konsistenčnem stanju, v menjavi z meljasto peščeno prodnimi plastmi (GC/SM/SC) v rahlem stanju, od površja terena do globine 13 m:
 prostorn. teža $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
 strižni kot $\varphi' = 18^\circ \div 22^\circ$ kohezija $c' = 2 \text{ kPa}$
 modul stisljivosti $E_{oed} = 2 \text{ MPa} \div 4 \text{ MPa}$; rahel meljasto peščeni prod 9 MPa
- Peščeno prodne zemljine GM/GC v srednje gostem do gostem stanju od globine 13 m do 16 m:
 prostorn. teža $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
 strižni kot $\varphi = 32^\circ \div 38^\circ$
 modul stisljivosti $E_{oed} > 30 \text{ MPa}$
- Peščeno meljne glinaste zemljine (CL/CH/OH/SM) v težko gnetnem konsistenčnem stanju od globine 16 m do 20 m:
 prostorn. teža $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
 strižni kot $\varphi' = 24^\circ \div 28^\circ$ kohezija $c' = 5 \text{ kPa}$
 modul stisljivosti $E_{oed} = 6 \text{ MPa} \div 9 \text{ MPa}$
- Peščeno prodne zemljine (GM/GP) v gostem stanju od globine 20 m navzdol:
 prostorn. teža $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$
 strižni kot $\varphi \geq 38^\circ$
 modul stisljivosti $E_{oed} > 50 \text{ MPa}$

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 nanosih in sedimentih znaša pribl. 180 m/s, v bolj togi/trdi podlagi pa preko 800 m/s. Glede na navedeno uvrščamo temeljna tla po preglednici 3.1 (EN 1998-1:2004) v tip E.

3. OSNOVNA NAVODILA ZA TEMELJENJE CENTRA IN IZVEDBO GEOTEHNIŠKIH DEL

Z geotehničnimi raziskavami smo glede na trdnostno deformacijske lastnosti ugotovili razmeroma enovit geološki prerez tal.

Od površja terena se do globine povpr. 13 m pojavljajo dokaj stisljive plasti meljnih glin, meljastih peskov, zelo meljastih in rahlih glinastih drobnih prodov. V globini od 13 m do 16 m se pojavlja meljasto peščen prod različnih kamnin, ki je srednje gost do gost. Globlje se do globine povpr. 20 m ponovno pojavljajo peščeno meljne in glinaste zemljine, katerih konsistenčno stanje je v splošnem težko gnetno. Od globine 20 m se najmanj do 30 m nastopa gost peščeno meljast prod, v katerem prevladujejo karbonatni prodniki.

Ugotovljenih je več nivojev podzemne vode. Najvišji se pojavlja pribl. 1,3 m pod sedanjim površjem.

Natečajna rešitev predvideva ureditev Centra plezalnih športov na koti nekoliko nižji od ničelne kote glavnega objekta, ki znaša $\pm 0,0 = 393,90$ m. To pomeni da bo potrebno na celotnem območju centra sedanji relief tal nadvišati za povpr. 1,3 m.

Na severnih zemljiščih, je predvidena ureditev parkirišč, teniških igrišč in parkovnih površin z raznimi igrali ter postavitev kolesarnice. Na srednjem in južnem delu pa je predvidena postavitev plezalnega pilona, tlakovane vhodne ploščadi in glavnega objekta centra.

V tej fazi obremenitve na temeljna tla v območju pilona in glavnega objekta še niso določene, vsekakor pa že arhitekturna zasnova zahteva temeljenje, ki bo zagotavljalo minimalno in enakomerno posedanje.

Brezkrajna obremenitev gramoznega nasipa, ki znaša pribl. 25 kPa, bo povzročila posedanje stisljivih tal do globine 13 m, ki bo po oceni znašalo 10 do 12 cm. Ker je možno obojestransko dreniranje, bo konsolidacija trajala predvidoma 7 do 8 mesecev. To pomeni, da bo posedanje zunanjih površin ob pravilni pripravi ob pričetku gradnje, možno v pretežnem deležu eliminirati že v času gradnje. Lažje objekte (kolesarnica, manjši nadstreški) bo nato možno temeljiti plitvo, pilon in glavni objekt centra pa bo potrebno temeljiti na pilotih.

Pri nadaljnjem projektiranju Centra plezalnih športov je upoštevati:

- V območju tlakovane vhodne ploščadi je po odstranitvi humozne krovnine zagotoviti enakomerno vgradnjo gramoznega nasipa po celotni tlakovani površini ploščadi. Morebitno lokalno obremenjevanje bo povzročilo posedanje, kasnejše obremenjevanje preostalih sosednjih površin pa bo povzročilo diferencialno posedanje, kar bo lahko škodljivo vplivalo na finalni tlak ploščadi.
- Predvideno posedanje tal zaradi gramoznega nasipa do kote zunanje ureditve centra zahteva za zagotavljanje enakomernega posedanja enakomerno obremenjevanje tudi na preostalih površinah. Po odstranitvi humozne krovnine je v dno gramoznega nasipa vgraditi geotekstil.
- Nizke objekte je možno plitvo temeljiti s pasovnimi temelji ali temeljni ploščo. Posedanje bo možno zmanjšati s predobremenilnim nasipom za obdobje pribl. 3 mesece.
- Globoko temeljenje pilona in glavnega objekta je možno izvesti s prefabriciranimi zabiti armirano betonskimi piloti v gost meljasto peščen prod, ki se pojavlja od 13 m do 16 m ali z uvrtnimi armirano betonskimi piloti v gost meljasto peščen prod, ki se pojavlja od globine 20 m navzdol.

Iz priloge 2 je razvidno priporočilo, da naj sega konica zabitih pilotov na koto 279,0 m, konica uvrtnih pilotov pa na koto 271,0 m.

V prilogi 9 je podan podroben izračun projektne nosilnosti zabitih in uvrtnih pilotov, s povzetkom v naslednji preglednici:

Pilot	40 x 40 cm	φ80 cm	φ100 cm
Tip	zabit	uvrtan	uvrtan
Tlačen / natezen	tlačen	tlačen	tlačen
Dolžina [m]	13,5	21	21
Nosilnost po plašču [kN]	496	1800	2250
Nosilnost pod konico [kN]	1540	1372	2144
Celotna projektna nosilnost [kN]	1268	1796	2441
Posedek [cm]	3,5	1,5	1,8

Podane vrednosti predstavljajo izhodišče za izdelavo načrta globokega temeljenja pilona in glavnega objekta, za katera pa mora biti predhodno izdelan statični račun, ki bo določal, kateri predlagani piloti so primerni.

Pri pilotiranju je obvezna kontrola predvidene projektne nosilnosti pilotov z dinamičnimi obremenilni preizkusi, pri uvrtnih pilotih pa tudi kontrola zveznosti prereza (PIT testi).

Vrh pilotov mora zaradi obveznega izsekavanja vrhnjega nekvalitetnega betona segati pribl. 0,5m nad dno temeljnih nosilcev.

V tem poročilu podana osnovna navodila za temeljenje bo potrebno v fazi PZI podrobno obdelati glede na dokončno določene konstrukcijske zasnove in znane statične obremenitve objektov ter zahteve finalne zunanje ureditve.

Elaborat izdelala:

Andreja Kovačič, univ. dipl. inž. grad.

Andreja Kovačič

Uporabljeni viri:

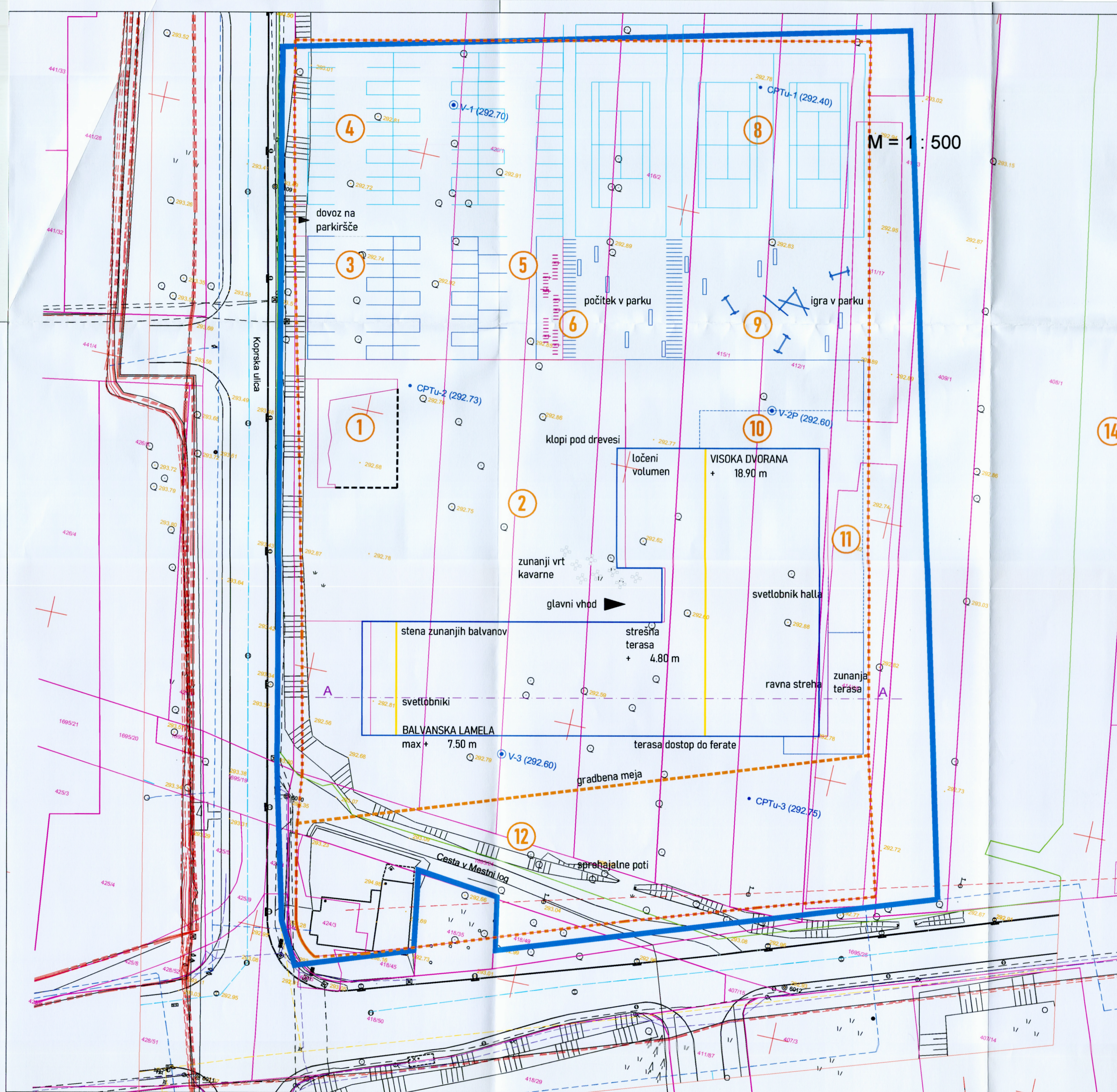
Grad, K., & Ferjančič, L., 1974: Osnovna geološka karta SFRJ, 1 : 100 000, list Kranj. Zvezni geološki zavod, Beograd.

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

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



SITUACIJA CENTRA, RAZISKOVALNIH VRTIN
IN CPTu SOND
±0.00 = 293.90 m.n.v.



GEOMEHANSKE RAZISKAVE
PROJEKTIRANJE IN NADZOR
GEOTEHNIČNIH DEL
KRIVEC 92, LJUBLJANA

INVESTITOR: MESTNA OBČINA
LJUBLJANA
Mestni trg 1
1000 LJUBLJANA

Obdelala: Andreja KOVAČIČ, univ. dipl. inž. gradb.

Risal: Andrej KOVAČIČ, dipl. inž. gradb.

OBJEKT: CENTER PLEZALNIH
ŠPORTOV LJUBLJANA

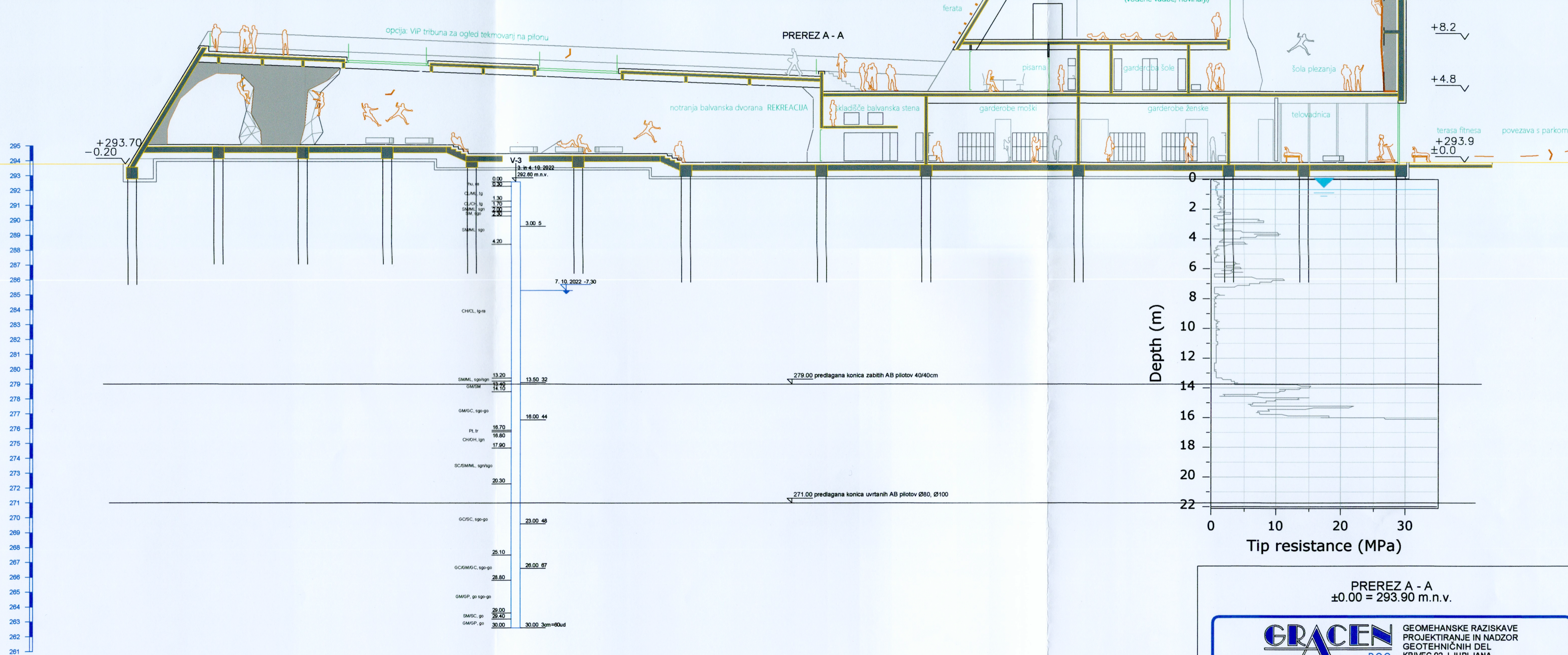
Namen uporabe: IDP, DOD

Št. elaborata: 1 - 17/2022

NAČRT: SITUACIJA CENTRA,
RAZISKOVALNIH VRTIN IN
CPTu SOND

Merilo: Datum: Priloga:

M = 1:500 november 2022 1



PREREZ A - A
±0.00 = 293.90 m.n.v.

GRACEN
D.O.O.

GEOMEHANSKE RAZISKAVE
PROJEKTIRANJE IN NADZOR
GEOTEHNIČNIH DEL
KRIVEC 92, LJUBLJANA

INVESTITOR: MESTNA OBČINA
LJUBLJANA
Mestni trg 1
1000 LJUBLJANA

Obdelala: Andreja KOVAČIČ, univ. dipl. inž. gradb.

Risal: Andrej KOVAČIČ, dipl. inž. gradb.

OBJEKT: CENTER PLEZALNIH
ŠPORTOV LJUBLJANA

Namen uporabe: IDP, DGD

Št. elaborata: 1 - 17/2022

NAČRT: PREREZ A - A

Merilo:

Datum:

Priloga:

M = 1:200

november 2022

2

VRTINA: V-1
GLOBINA: 30.00 m
NAMEN: PREISKAVA TAL
KOTA VRHA: 292.70 m.n.v.
DATUM VRTANJA: 26. in 27. 9. 2022
VODJA: ANDREJA KOVAČIČ, univ.dipl.inž.gradb.
DELOVNI NALOG: 1 - 14/2022

OBJEKT:
CENTER PLEZALNIH ŠPORTOV
LJUBLJANA

X = 460053.5

Y = 99810.2

NACIN	GLOBINA	KLASIFIKACIJA		STAROST	GEOTEHNIŠKI OPIS	GLOBINA	TERENSKES IN LAB.RAZISKAVE						
		GEOL. PROFIL	AC				W	W _p	W _l	N	q _u [kPa]	OPOMBE	
UDARNO/ROTACIJSKO Z OBČASNIM DODAJANJEM VODE	0.10		hu	KVARTAR	humus, temnorjav, s koreninami trave								
			hu/ML		humus in peščen melj								
	0.40		ML/SM		peščen melj, mestoma meljast pesek, rjav, srednje trd	0.90					150-200	lezne meje	
			SM/ML		zelo meljast pesek do zelo meljast prod s slabo zaobljenimi prodniki do Ø30mm, različne petrografske sestave in različne stopnje degradiranosti, rahel								
	1.30		SM/GM		zelo meljast prod do pesek, siv, prodniki različnih kamnin, srednje do slabo zaobljeni, velikosti do Ø25mm, rahel do srednje gost	3.00					4		
	2.40												
	4.10		CL/CH		glina do peščena glina, nekoliko organska, siva, lahkognetna						20-50		
	4.70		SM/ML		meljast pesek do peščen melj, siv, lahkogneten/ srednje gost	6.90							lezne meje
6.80													
		CH/OH	glina do peščena glina, nekoliko organska, siva, lahkognetna	7.00						3			
9.40													
		NIVO PODTALNICE		DATUM:				OBDELAL:	PREGLEDAL:		ŠT. LISTA: 1		
				NIVO:				A. KOVAČIČ	A. KOVAČIČ		PRILOGA: 3.1.1		

VRTINA: V-1
GLOBINA: 30.00 m
NAMEN: PREISKAVA TAL
KOTA VRHA: 292.70 m.n.v.
DATUM VRTANJA: 26. in 27. 9. 2022
VODJA: ANDREJA KOVAČIČ, univ.dipl.inž.gradb.
DELOVNI NALOG: 1 - 14/2022

OBJEKT:
CENTER PLEZALNIH ŠPORTOV
LJUBLJANA

X = 460053.5

Y = 99810.2

NACIN	GLOBINA	KLASIFIKACIJA		STAROST	GEOTEHNIŠKI OPIS	GLOBINA	TERENSKA IN LAB.RAZISKAVE							
		GEOL. PROFIL	AC				W	W _p	W _l	N	q _{uz} [kPa]	OPOMBE		
UDARNO/ROTACIJSKO Z OBČASNIM DODAJANJEM VODE	11.20		SC/CH	KVARTAR	glinast pesek do peščena glina, siv, lahkognetna/ srednje gost									
			CH/SC/OH		nekoliko organska do zelo peščena glina, mestoma glinast pesek, siva, lahkognetna									
	13.20		GM/SM/GP		zelo meljast prod do pesek z vključki organskega melja, srednje zaobljeni prodniki različnih kamnin do Ø80mm, gost	15.00				72				
	16.00		CL/CH		glina do peščena glina, siva, težkognetna	16.90					120-200	lezne meje stisljivost		
	17.00		CL/SC		peščena glina s prehodom v glinast pesek, siva, srednjegnetna						50-100			
	17.50		SM/GM/GC		meljast pesek do glinasto meljast prod različnih, različno degradiranih kamnin Ø20mm, srednje gost									
	18.40		ML/SM		peščen melj s prehodi v meljast pesek, nekoliko organski, srednjegneten						50-100			
	18.90		CH/SC		zelo peščena glina, siva, srednjegnetna									
	19.70		OL/Pt		organska glina, peščena, s šoto, temnosiva do črna, težkognetna						150-200			
	19.90		GC											
	NIVO PODTALNICE		DATUM:					OBDELAL:		PREGLEDAL:		ŠT. LISTA: 2		
			NIVO:					A. KOVAČIČ		A. KOVAČIČ		PRILOGA: 3.1.2		

VRTINA: V-1
GLOBINA: 30.00 m
NAMEN: PREISKAVA TAL
KOTA VRHA: 292.70 m.n.v.
DATUM VRTANJA: 26. in 27. 9. 2022
VODJA: ANDREJA KOVAČIČ, univ.dipl.inž.gradb.
DELOVNI NALOG: 1 - 14/2022

OBJEKT:
CENTER PLEZALNIH ŠPORTOV
LJUBLJANA

X = 460053.5

Y = 99810.2

NACIN	GLOBINA	KLASIFIKACIJA		STAROST	GEOTEHNIŠKI OPIS	GLOBINA	TERENSKA IN LAB. RAZISKAVE						
		GEOL. PROFIL	AC				W	W _p	W _l	N	q _{uz} [kPa]	OPOMBE	
UDARNO/ROTACIJSKO Z OBČASNIM DODAJANJEM VODE	21.20		CL/OL	KVARTAR	peščena organska glina do melj, razmočena								
	22.40		GM/GP		zelo meljast prod različnih kamnin do Ø30mm, rjav, gost/zelo gost	22.50				59			
	23.40		GM/GP		zelo meljast prod različnih kamnin do Ø20mm, siv, gost/zelo gost								
	27.00		GM/GP		zelo meljast prod različnih kamnin do Ø50mm, svetlorjav gost/zelo gost	26.00				85			
	30.00		GM/GP		zelo meljast prod različnih kamnin do Ø50mm, svetlorjav gost/zelo gost	29.80 30.00				72		zrnavaost	
NIVO PODTALNICE		DATUM:						OBDELAL:		PREGLEDAL:		ŠT. LISTA: 3	
		NIVO:						A. KOVAČIČ		A. KOVAČIČ		PRILOGA: 3.1.3	

VRTINA: V-2P
GLOBINA: 30.00 m
NAMEN: PREISKAVA TAL
KOTA VRHA: 292.60 m.n.v.
DATUM VRTANJA: 28. in 29. 9. 2022
VODJA: ANDREJA KOVAČIČ, univ.dipl.inž.gradb.
DELOVNI NALOG: 1 - 14/2022

OBJEKT:
CENTER PLEZALNIH ŠPORTOV
LJUBLJANA

X = 460124.4

Y = 99766.2

NACIN	GLOBINA	KLASIFIKACIJA		STAROST	GEOTEHNIŠKI OPIS	GLOBINA	TERENSKE IN LAB.RAZISKAVE						
		GEOL. PROFIL	AC				W	W _p	W _l	N	q _{uz} [kPa]	OPOMBE	
UDARNO/ROTACIJSKO Z OBČASNIM DODAJANJEM VODE	0.40		hu/ML		humus s koreninami trave in peščen melj, rjav								
	1.40		ML/SM	KVARTAR	peščen melj s preperelimi drobcami različnih kamnin do Ø2mm, mestoma meljast pesek, rjav, srednje gost								
	2.80	SM/GM	zelo meljast/glinast pesek do prod različnih kamnin do Ø15mm, siv, rahel do srednje gost		2.00	5		zrnavost					
					2.35								
	4.60	CL/CH/ML/SM			glina do peščena glina, nekoliko organska, s prehodi v peščen melj do meljast pesek, siva, lahkognetna/rahel								
	5.40		ML/SM		peščen melj, nekoliko organski, do meljast pesek, siv, lahkogneten/srednje gost								
	8.10	CL/CH			glina do peščena glina, nekoliko organska, siva, lahkognetna								
9.60	ML/SM		peščen melj do meljast pesek, siv, lahkogneten/srednje gost	8.60						lezne meje			
NIVO PODTALNICE			DATUM:	14.10.2022			OBDELAL:	PREGLEDAL:		ŠT. LISTA: 1			
			NIVO:	-7.74			A. KOVAČIČ	A. KOVAČIČ		PRILOGA: 3.2.1			

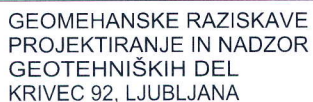
VRTINA: V-2P
GLOBINA: 30.00 m
NAMEN: PREISKAVA TAL
KOTA VRHA: 292.60 m.n.v.
DATUM VRTANJA: 28. in 29. 9. 2022
VODJA: ANDREJA KOVAČIČ, univ.dipl.inž.gradb.
DELOVNI NALOG: 1 - 14/2022

OBJEKT:
CENTER PLEZALNIH ŠPORTOV
LJUBLJANA

X = 460124.4

Y = 99766.2

NACIN	GLOBINA	KLASIFIKACIJA		STAROST	GEOTEHNIŠKI OPIS	GLOBINA	TERENSKE IN LAB.RAZISKAVE					
		GEOL. PROFIL	AC				W	W _p	W _l	N	q _{u2} [kPa]	OPOMBE
UDARNO/ROTACIJSKO Z OBČASNIM DODAJANJEM VODE	13.40		CL/CH	KVARTAR	glina do peščena glina, nekoliko organska, siva, lahkognetna							
			GC/GP			zelo glinast/meljast, slabo granuliran prod različnih kamnin do Ø80mm, siv, srednje gost do gost	14.00				48	
	16.40											
	16.60		CL/CH		glina do peščena glina, siva, s prodnikom do Ø80mm, lahkognetna							
	16.70		OH/Pl		organska glina s šoto, temnosiva do črna, trda							
			CH/SC		zelo peščena glina, mestoma glinast pesek, siva, srednjegnetna do težkognetna	17.00				15	50-100	
NIVO PODTALNICE		DATUM: 14.10.2022				OBDELAL: A. KOVAČIČ		PREGLEDAL: A. KOVAČIČ		ŠT. LISTA: 2 PRILOGA: 3.2.2		
		NIVO: -7.74										



INVESTITOR:
MESTNA OBČINA LJUBLJANA
Mestn trg 1
1000 LJUBLJANA

VRTINA: V-2P
GLOBINA: 30.00 m
NAMEN: PREISKAVA TAL
KOTA VRHA: 292.60 m.n.v.
DATUM VRTANJA: 28. in 29. 9. 2022
VODJA: ANDREJA KOVAČIČ, univ.dipl.inž.gradb.
DELOVNI NALOG: 1 - 14/2022

OBJEKT:
CENTER PLEZALNIH ŠPORTOV
LJUBLJANA

$$X = 460124.4$$
$$Y = 99766.2$$

NACIN	GLOBINA	KLASIFIKACIJA		STAROST	GEOTEHNIŠKI OPIS	GLOBINA	TERENSKE IN LAB.RAZISKAVE					
		GEOL. PROFIL	AC				W	W _p	W _l	N	q _{1,2} [kPa]	OPOMBE
UDARNO/ROTACIJSKO Z OBČASNIM DODAJANJEM VODE	20.30			KVARTAR								
			GM/GC		zelo meljast do glinast prod, siv; slabo do srednje zaobljeni prodniki različnih, različno degradiranih kamnin do Ø20mm, srednje gost do gost							
	20.80											
			GM/GP		zelo meljast, mestoma slabo granuliran prod različnih, različno degradiranih kamnin do Ø30mm, svetlorjav, mestoma svetlosiv, gost/zelo gost	22.00				59		
						25.50					56	
	30.00					30.00					64	
NIVO PODTALNICE		DATUM:		14.10.2022			OBDELAL:		PREGLEDAL:		ŠT. LISTA: 3	
		NIVO:		-7.74			A. KOVAČIČ		A. KOVAČIČ		PRILOGA: 3.2.3	

VRTINA: V-3
GLOBINA: 30.00 m
NAMEN: PREISKAVA TAL
KOTA VRHA: 292.60 m.n.v.
DATUM VRTANJA: 3. in 4. 10. 2022
VODJA: ANDREJA KOVAČIČ, univ.dipl.inž.gradb.
DELOVNI NALOG: 1 - 14/2022

OBJEKT:

CENTER PLEZALNIH ŠPORTOV
LJUBLJANA

X = 460088.6

Y = 99691.8

NACIN	GLOBINA	KLASIFIKACIJA		STAROST	GEOTEHNIŠKI OPIS	GLOBINA	TERENSKES IN LAB.RAZISKAVE						
		GEOL. PROFIL	AC				W	W _p	W _l	N	q _{uz} [kPa]	OPOMBE	
UDARNO/ROTACIJSKO Z OBČASNIM DODAJANJEM VODE	0.30		hu	KVARTAR	humus s koreninami trave, temnorjav								
			CL/ML		peščena glina do melj z drobcu degradiranih kamnin do Ø3mm, rjava, težkognetna; med 1.0m in 1.3m razmočena						120-200		
	1.30		CL/CH		glina do peščena glina, rjava do siva, težkognetna						120-180		
	1.70		SM/ML		zelo meljast pesek do peščen melj, siv, srednjegneten, srednje gost								
	2.00		SM		zelo meljast pesek s slabo zaobljenimi prodniki različnih kamnin do Ø25mm, srednje gost								
	2.30		SM/ML		zelo meljast pesek do peščen melj, siv, srednjegneten, srednje gost	3.00					5		
	4.20		CH/CL			glina do peščena glina, nekoliko organska, s prehodi v peščen melj do meljast pesek, siva, lahkognetna/rahel							
NIVO PODTALNICE		DATUM:					OBDELAL:		PREGLEDAL:		ŠT. LISTA: 1		
		NIVO:					A. KOVAČIČ		A. KOVAČIČ		PRILOGA: 3.3.1.		

VRTINA: V-3
GLOBINA: 30.00 m
NAMEN: PREISKAVA TAL
KOTA VRHA: 292.60 m.n.v.
DATUM VRTANJA: 3. in 4. 10. 2022
VODJA: ANDREJA KOVAČIČ, univ.dipl.inž.gradb.
DELOVNI NALOG: 1 - 14/2022

OBJEKT:
CENTER PLEZALNIH ŠPORTOV
LJUBLJANA

X = 460088.6

Y = 99691.8

NACIN	GLOBINA	KLASIFIKACIJA		STAROST	GEOTEHNIŠKI OPIS	GLOBINA	TERENSKE IN LAB.RAZISKAVE						
		GEOL. PROFIL	AC				W	W _p	W _l	N	q _{uz} [kPa]	OPOMBE	
UDARNO/ROTACIJSKO Z OBČASNIM DODAJANJEM VODE			CH/CL	KVARTAR	glina do peščena glina, nekoliko organska, s prehodi v peščen melj do meljast pesek, siva, lahkognetna/rahel								
	13.20												
	13.40		SM/ML		zelo meljast/glinast pesek do peščen melj/glina, nekoliko organski, siv, srednje gost/srednje gneten	13.50				32			
			GM/SM		zelo meljast prod do pesek različnih kamnin do Ø25mm, siv, srednje gost								
	14.10												
			GM/GC		zelo meljast do glinast, slabo do srednje zaobljen prod različnih, različno degradiranih kamnin pretežno do Ø30mm, mestoma do Ø80mm, siv, srednje gost do gost	15.40						zrnavost	
						16.00				44			
	16.70		Pt		sota, nekoliko peščena, temnorjava do črna, trda								
	16.80												
			CH/OH	glina do peščena glina, nekoliko organska, siva, lahkognetna						120-180			
17.90													
			SC/SM/ML		zelo meljast/glinast pesek do peščen melj/glina, nekoliko organski, siv, srednjegneten/srednje gost	18.70						lezne meje stisljivost	
NIVO PODTALNICE		DATUM:					OBDELAL:		PREGLEDAL:		ŠT. LISTA: 2		
		NIVO:					A. KOVAČIČ		A. KOVAČIČ		PRILOGA: 3.3.2		

VRTINA: V-3
GLOBINA: 30.00 m
NAMEN: PREISKAVA TAL
KOTA VRHA: 292.60 m.n.v.
DATUM VRTANJA: 3. in 4. 10. 2022
VODJA: ANDREJA KOVAČIČ, univ.dipl.inž.gradb.
DELOVNI NALOG: 1 - 14/2022

OBJEKT:
CENTER PLEZALNIH ŠPORTOV
LJUBLJANA

X = 460088.6

Y = 99691.8

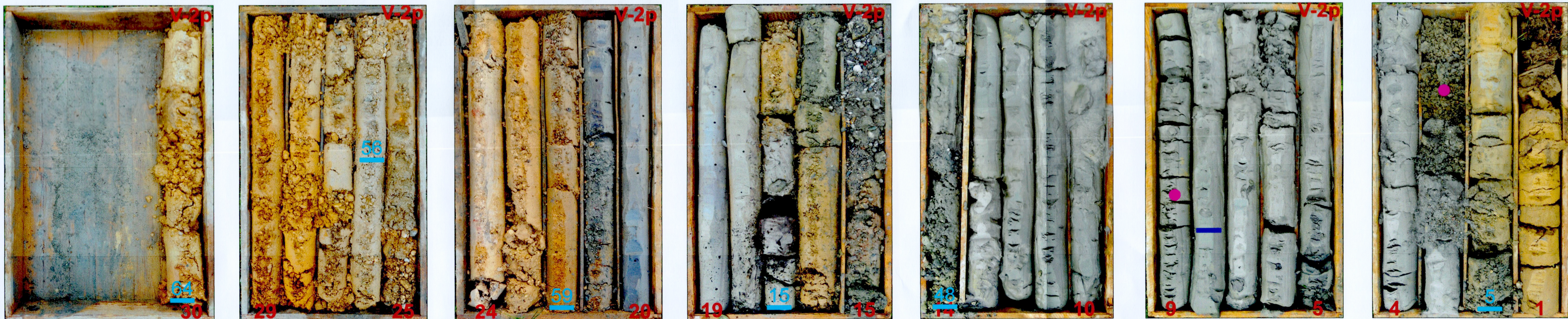
NACIN	GLOBINA	KLASIFIKACIJA		STAROST	GEOTEHNIŠKI OPIS	GLOBINA	TERENSKJE IN LAB.RAZISKAVE					
		GEOL. PROFIL	AC				W	W _p	W _l	N	q _[kPa] _{uz}	OPOMBE
UDARNO/ROTACIJSKO Z OBČASNIM DODAJANJEM VODE	20.30		GC/SC	KVARTAR	zelo glinast do meljast prod različnih, različno degradiranih kamnin do Ø80mm, siv, srednje gost do gost	23.00					48	
	25.10		GC/GM/GC		zelo meljast do glinast prod različnih, različno degradiranih kamnin do Ø60mm, rjav, srednje gost do gost	26.00				67		
	26.80		GM/GP		meljast, slabo granuliran, slabo do srednje zaobljen prod različnih kamnin do Ø60mm, siv, gost							
	29.00		SM/SC		zelo meljast do glinast pesek, siv, gost							
	29.40		GM/GP		meljast, slabo granuliran, slabo do srednje zaobljen prod različnih kamnin do Ø60mm, siv, gost	29.85						zrnavost 3cm=60ud
	30.00					30.00						
NIVO PODTALNICE			DATUM:			OBDELAL:		PREGLEDAL:		ŠT. LISTA: 3		
			NIVO:			A. KOVAČIČ		A. KOVAČIČ		PRILOGA: 3.3.3		

V-1



— SPT (NEKORIGIRAN)
● LABORATORIJSKI VZOREC
—

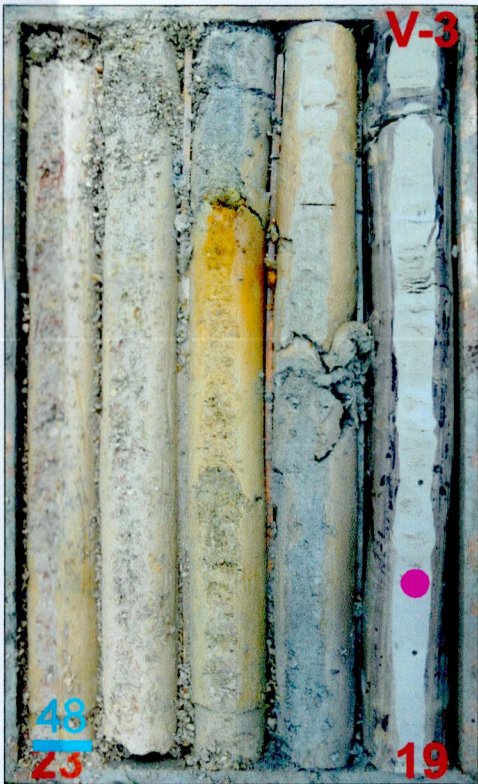
V-2P



SLIKE VRTIN V-1 IN V-2P

<div><div>GRACEN</div><div>D.O.O.</div></div> <div>GEOMEHANSKE RAZISKAVE PROJEKTIRANJE IN NADZOR GEOTEHNIČNIH DEL KRIVEC 92, LJUBLJANA</div>			
INVESTITOR: MESTNA OBČINA LJUBLJANA Mestni trg 1 1000 LJUBLJANA	Obdelala:	Andreja KOVAČIČ, univ. dipl. inž. gradb.	
	Risal:	Andrej KOVAČIČ, dipl. inž. gradb.	
OBJEKT : CENTER PLEZALNIH ŠPORTOV LJUBLJANA	Namen uporabe:	IDP, DGD	
	Št. elaborata:	1 - 17/2022	
NAČRT : SLIKE VRTIN V-1 IN V-2P	Merilo:	Datum:	Priloga:
		november 2022	4.1

V-3



— SPT (NEKORIGIRAN)
● LABORATORIJSKI VZOREC
—

SLIKE VRTINE V-3

<div><div>GRACEN</div><div>D.O.O.</div></div> <div>GEOMEHANSKE RAZISKAVE PROJEKTIRANJE IN NADZOR GEOTEHNIČNIH DEL KRIVEC 92, LJUBLJANA</div>			
INVESTITOR: MESTNA OBČINA LJUBLJANA Mestni trg 1 1000 LJUBLJANA	Obdelala:	Andreja KOVAČIČ, univ. dipl. inž. gradb.	
	Risal:	Andrej KOVAČIČ, dipl. inž. gradb.	
OBJEKT : CENTER PLEZALNIH ŠPORTOV LJUBLJANA	Namen uporabe:	IDP, DGD	
	Št. elaborata:	1 - 17/2022	
NAČRT : SLIKE VRTINE V-3	Merilo:	Datum:	Priloga:
		november 2022	4.2

Vrednotenje rezultatov SPT

Objekt: Plezalni center
Lokacija: Ljubljana, Koprška cesta
Datum: Oktober, 2022

Korekcijska faktorja:

K	0,75
K_{60}	1,55

VHODNI PODATKI				KOREKCIJE PO EUROCODE 7						INTERPRETACIJA			
Globina	N	Penetra- bilnost	Opis tal	σ_v' (kN/m ²)	λ	$C_n^{(*)}$	N_{60} ud./30cm	$(N_1)_{60}$ cm/60ud	$(p_1)_{60}$ cm/60ud	Peck et.al., (1974) (*)	Skempton, (1986) (**)		
(m)	ud./30cm	cm/60ud	klasifikacija									gostota/konsistenca	konsistenca
V-1													
npv (m)	-0,8 m												
3,0	4												
7,0	3		GM/SM	rahel	32	0,75	1,73	3	6	-			
15,0	72		CH/OH	lahkogmetna	64	0,95	1,00	3	3	-	lahko gmetna		
22,5	59		GM/GP	gost/zelo gost	136	1,00	0,84	83	70	-	-		
26,0	85		GM/GP	gost/zelo gost	204	1,00	0,69	68	47	-	-		
30,0	72		GM/GP	gost/zelo gost	239	1,00	0,63	98	62	-	-		
			GM/GP	gost/zelo gost	279	1,00	0,59	83	49	-	-		
V-2p													
npv (m)	-0,8 m												
2,0	5		ML/SM	srednjegmeten	24	0,75	1,00	4	4	-	srednje gmetno		
14,0	48		GC/GP	srednje gost/gost	120	1,00	0,89	55	49	-	-		
17,0	15		CH/SC	srednjegmetna	147	1,00	1,00	17	17	-	poltrda		
22,0	59		GM/GP	gost/zelo gost	192	1,00	0,71	68	48	-	-		
25,5	56		GM/GP	gost/zelo gost	227	1,00	0,65	65	42	-	-		
30,0	64		GM/GP	gost/zelo gost	272	1,00	0,59	74	44	-	-		
										-	gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		
										-	zelo gost		

(*) Peck, R. B., Hanson, W. E. and Hombum, 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, Aging and Overconsolidation, Geotechnique 36, NO. 3, 425 - 447
(***) Liao, S.S., and Whitman, R.V., (1986), Overburden Correction Factors for SPT in Sand, IGED, Vol. 112, Vol. 28.

Vrednotenje rezultatov SPT

Objekt: Poslovna objekta COPIA MDM INVEST
Lokacija: Ljubljana, Koprška cesta
Datum: December, 2019

Korekcijska faktorja:

K	0,75
k_{60}	1,55

VHODNI PODATKI				KOREKCIJE PO EUROCODE 7						INTERPRETACIJA			
Globina	N	Penetra- bilnost	Opis tal	σ_v' (kN/m ²)	λ	C_n (***)	N_{60} ud./30cm	$(N_1)_{60}$ cm/60ud	$(p_1)_{60}$ cm/60ud	Peck et.al., (1974) (*)		Skempton, (1986) (**)	
(m)	ud./30cm	cm/60ud	klasifikacija							gostota/konsistenca	konsistenca		q_u (kPa)
V-3													
npv (m)	-0,8 m												
3,0	5		SM/ML	zelo rahel	32	0,75	1,73	4	7	-		rahel	28 - 30
13,5	32		GM/SM	srednje gost	116	1,00	0,91	37	33	-		gost	36 - 41
16,0	44		GM/GC	srednje gost/gost	139	1,00	0,83	51	42	-	-	gost	36 - 41
23,0	48		GC/SC	srednje gost/gost	209	1,00	0,68	55	37	-	-	gost	36 - 41
26,0	67		GM/GP	srednje gost/gost	239	1,00	0,63	77	49	-	-	gost	36 - 41
30,0		3	GM/GP	gost	279	1,00	0,59	-	-	4	-	zelo gost	> 41
											-	-	-

	k_{60}	1,55
--	----------	------

(*) Peck, R. B., Hanson, W. E. and Hombum, T. H. (1974), Foundation Engineering, John Wiley and Sons Inc., New York.

(**) Skempton, A.W. (1986), Standard Penetration Test Procedures and the Ageing and Overconsolidation, Geotechnique 36, No. 3, 425 - 447

(***) Liao, S.S., and Whitman, R.V., (1986), Overburden Correction Factors for SPT



GEOINZENIRING d.o.o.

Geotehnične, geološke in geofizikalne raziskave,
projektiliranje, svetovanje in inženjring

Dimičeva 14, 1000 Ljubljana
tel.: 01/ 234 56 00
e.p.: dir@geo-inz.si

Objekt: Plezalni center Ljubljana, Koprška
Naročnik: GRACEN d.o.o.
DN: 82308

Datum poročila: 27.10.2022

Številka poročila: 82308-lab206/22-AK

Preglednica št.: 1

PREGLEDNICA REZULTATOV PREISKAV GEOTEHNIČNIH PARAMETROV ZEMLJIN

[illegible]

CEMENTIZING
1
11/Jan/17
d.o.o.
Any



GEOTENŽERING d.o.o.
Geoteknične, geodetske in geografske raziskave,
projektiranje, svetovanje in izvajanje
Dimičeva 14, 1000 Ljubljana
tel.: 01/24 55 00
e.p.: dir@geo-hz.si

Objekt: **Plezalni center Ljubljana, Kopraska**
Naročnik: **GRACEN d.o.o.**
DN: **82308**
Datum poročila: **27.10.2022**
Številka poročila: **82308-lab206/22-AK**

Preglednica št.: **1**

PREGLEDNICA REZULTATOV PREISKAV GEOTEHNIČNIH PARAMETROV ZEMLJIN IN HRBIN

Vzorec			Klasifikacija vzorca SIST (ACI/USCS)		Vlaga narav.		Gostota		Gostota zm		Žarolagubša		Konsistenčne meje				Zrnavost						Vodoprepustnost		MB		Proctor		CBR		Trdnost kamnine																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Št.vzorca	PRIG. PREISK	Oznaka vrtnice / jaška	Datum odvzema	Interval globine																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

1 - SIST EN ISO 14682-2018, 2 - SIST EN ISO 17892-1:2015, 3 - SIST EN ISO 17892-3:2016, 4 - SIST EN ISO 17892-2:2015, 5 - SIST EN ISO 17892-12:2016, 6 - SIST EN ISO 17892-4:2017, 7 - SIST EN 933-9:2009+A1:2013, 8 - SIST EN 13286-2:2010 + AC:2013, 9 - SIST EN 13286-4:2012, 10 - SIST EN 13286-2:2010, 11 - SIST EN 13286-3:2010, 12 - SIST EN 13286-4:2012, 13 - SIST EN 13286-5:2010, 14 - SIST EN 13286-6:2010, 15 - SIST EN 13286-7:2010, 16 - SIST EN 13286-8:2010, 17 - SIST EN ISO 17892-11:2019, 18 - ASTM D 5731-95, 19 - SIST EN 13286-2:2010

Amj
d.o.o.
Ljubljana



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-22-714**

Objekt: Plezalni center Ljubljana, Koprška

Vrtina: V-1

Globina [m]: 0,80-1,00

Datum preiskave: 7.10.2022

Preiskal: B. Sajovic

Opis zemljine: CIV/SiV, tgn. kons.

NARAVNA VLAGA			
Št. posode:	337	296	268
Masa posode m_c [g]	23,46	23,82	18,31
Masa vl. vzorca in posode m_1 [g]	190,0	192,4	145,8
Masa suh. vzorca in posode m_2 [g]	142,9	144,6	109,9
Masa vode m_w [g]	47,1	47,7	35,9
Masa suhega vzorca m_d [g]	119,5	120,8	91,6
Vlažnost vzorca w [%]	39,4	39,5	39,2
Naravna vlaga vzorca w_{pov} [%]	39,4		

Žepni pen. q_z

160,0

180,0

180,0

170,0

povp.vred. (kN/m²)

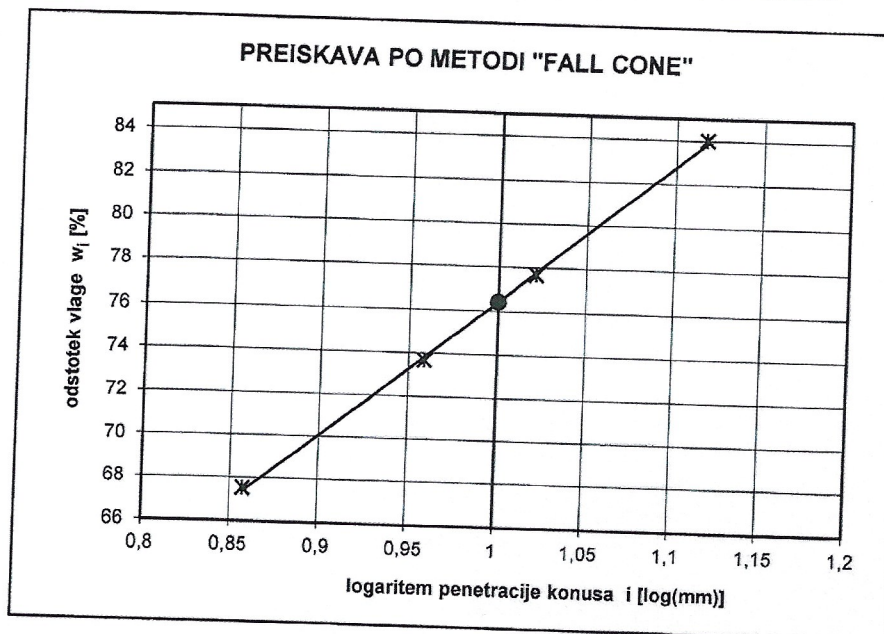
173

Opomba: _____

Ljubljana, 27.10.2022

Pregledal: A. Kovačič



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

Št. vzorca:	GI-22-714
objekt:	Plezalni center Ljubljana, Koprška
vrtna:	V-1
globina:	0,80-1,00
datum:	7.10.2022
preiskal:	B. Sajovic
opomba:	

naravna vlaga	
w [%]:	39,4

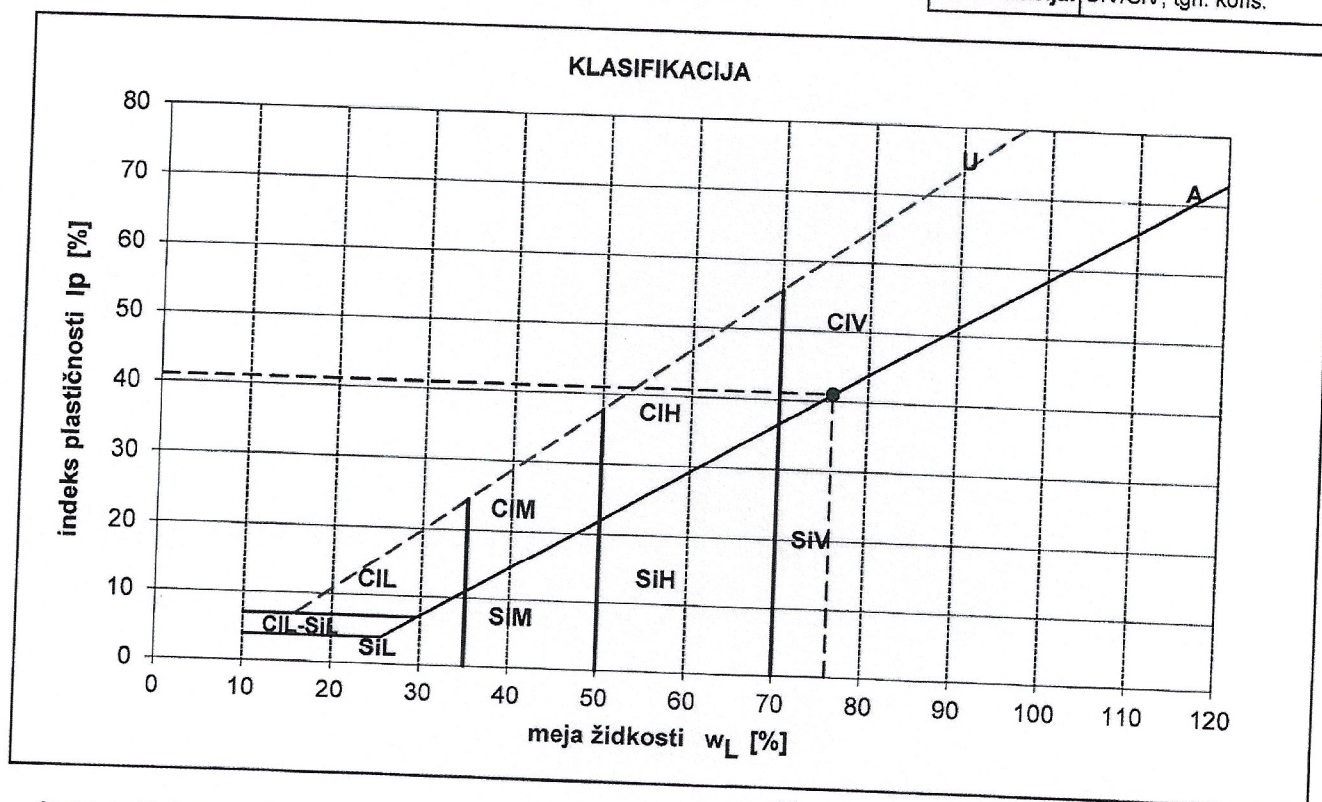
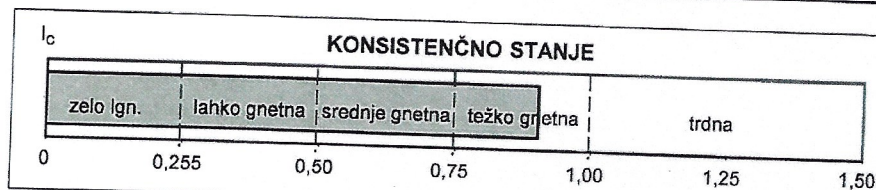
meja plastičnosti	
w _P [%]:	35

meja židkosti	
w _L [%]:	76

indeks plastičnosti	
I _p [%]:	41

indeks konsistence	
I_c :	0,902

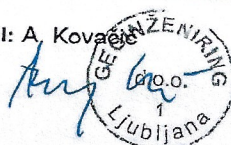
Klasifikacija:	CIV/SiV, tgn. kons.
----------------	---------------------



Obdelal: M. Sambolič

Ljubljana, 27.10.2022

Pregledal: A. Kovar



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-22-715**

Objekt: Plezalni center Ljubljana, Koprška

Vrtina: V-1

Globina [m]: 6,80-7,00

Datum preiskave: 12.10.2022

Preiskal: B. Sajovic

Opis zemljine: SiL

NARAVNA VLAGA			
Št. posode:	259	176	243
Masa posode m_c [g]	26,04	17,25	19,38
Masa vl. vzorca in posode m_1 [g]	228,2	191,4	170,0
Masa suh. vzorca in posode m_2 [g]	190,4	157,9	141,3
Masa vode m_w [g]	37,9	33,5	28,7
Masa suhega vzorca m_d [g]	164,3	140,6	121,9
Vlažnost vzorca w [%]	23,0	23,8	23,5
Naravna vlaga vzorca w_{pov} [%]	23,5		

Žepni pen. q_z

100,0

100,0

110,0

120,0

povp.vred. (kN/m²)

108

Opomba: _____

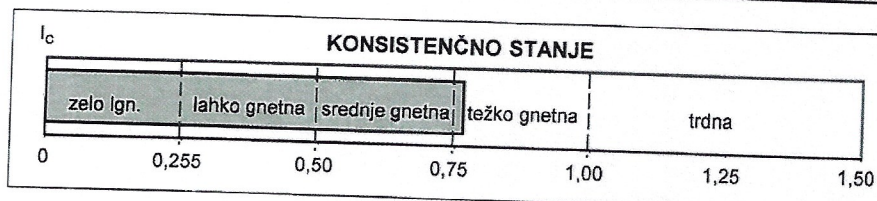
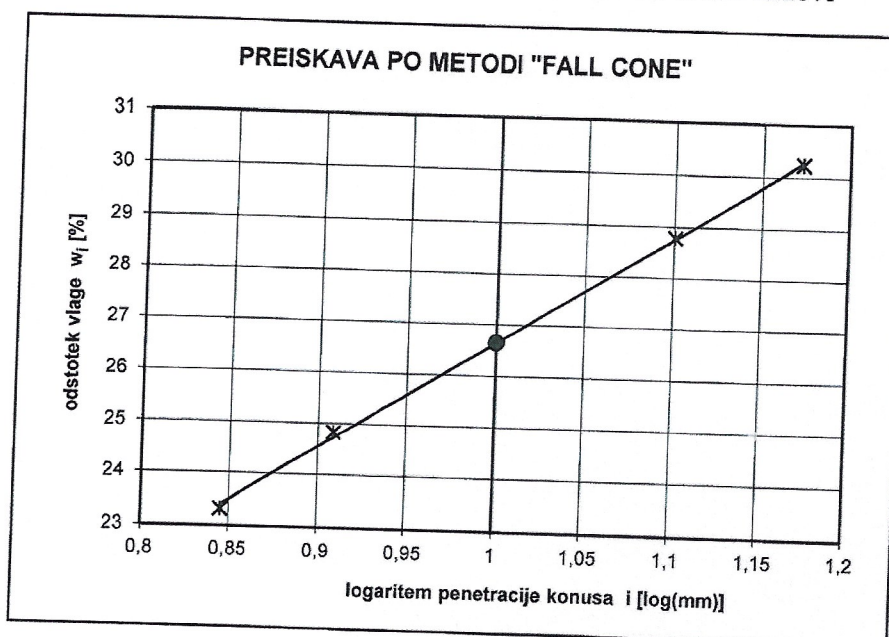
Ljubljana, 27.10.2022

Pregledal: A. Kovacic





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



Št. vzorca:	GI-22-715
objekt:	Plezalni center Ljubljana, Koprška
vrtna:	V-1
globina:	6,80-7,00
datum:	12.10.2022
preiskal:	B. Sajovic
opomba:	

naravna vlaga	
w [%]:	23,5

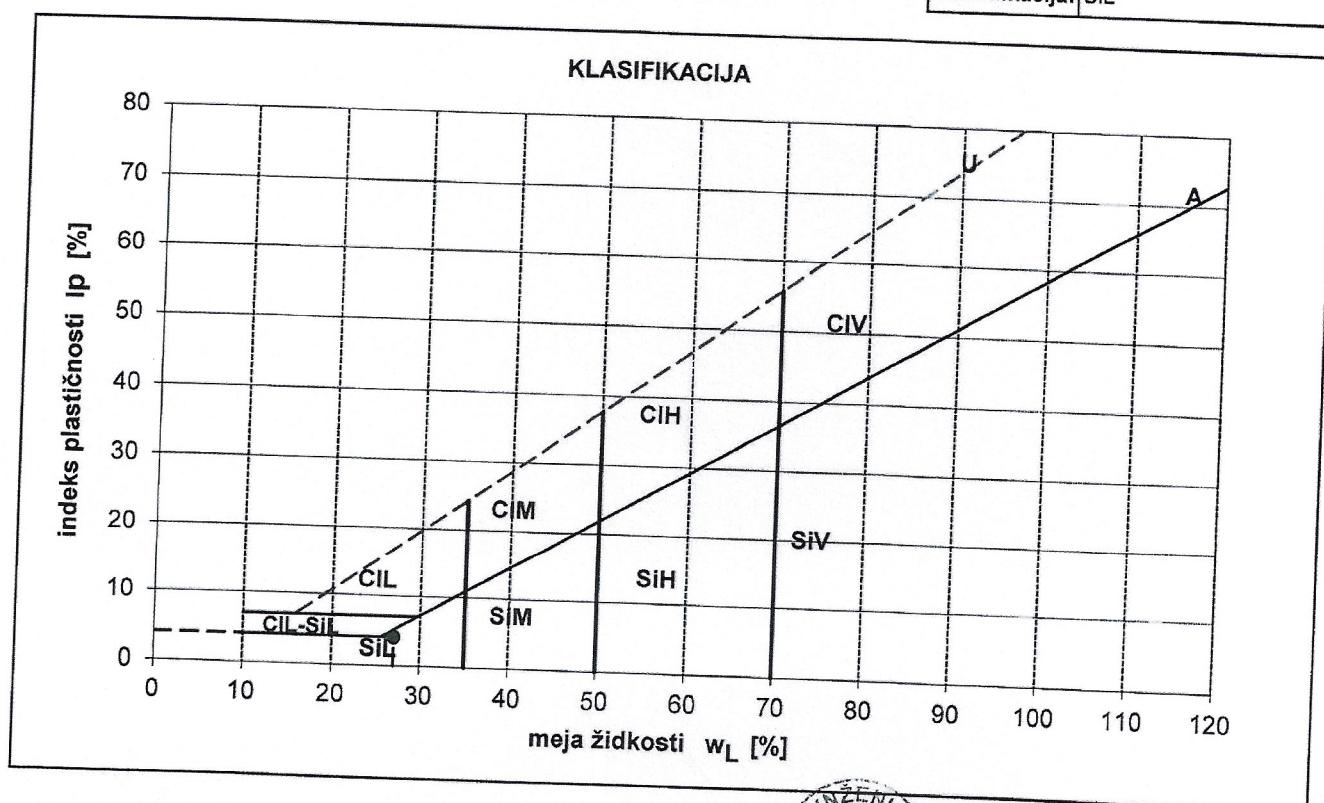
meja plastičnosti	
w_p [%]:	23

meja židkosti	
w_L [%]:	27

indeks plastičnosti	
I_p [%]:	4

indeks konsistence	
I_c :	0,765

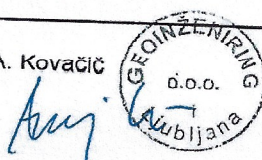
Klasifikacija:	SIL
----------------	-----



Obdelal: M. Sambolić

Ljubljana, 27.10.2022

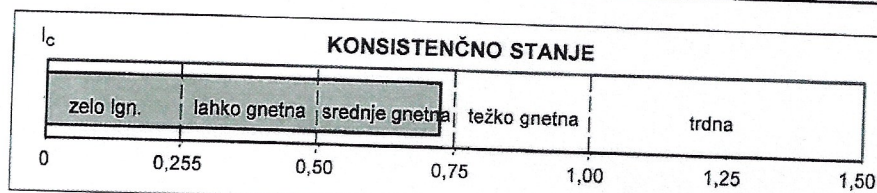
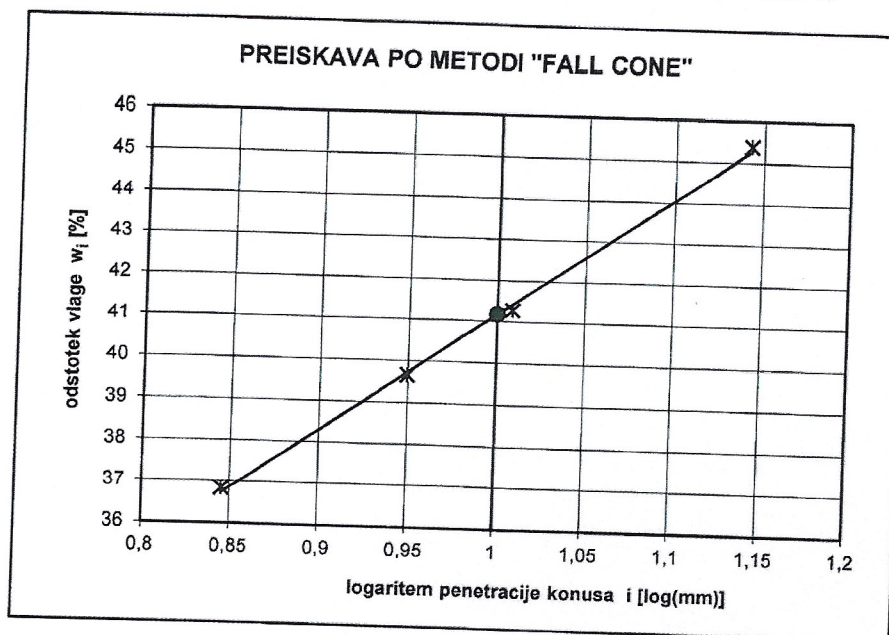
Pregledal: A. Kovačič



priloga:



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



Št. vzorca:	GI-22-716
objekt:	Plezalni center Ljubljana, Koprška
vrtnina:	V-1
globina:	16,80-16,95
datum:	12.10.2022
preiskal:	B. Sajovic
opomba:	

naravna vlaga	
w [%]:	29,4

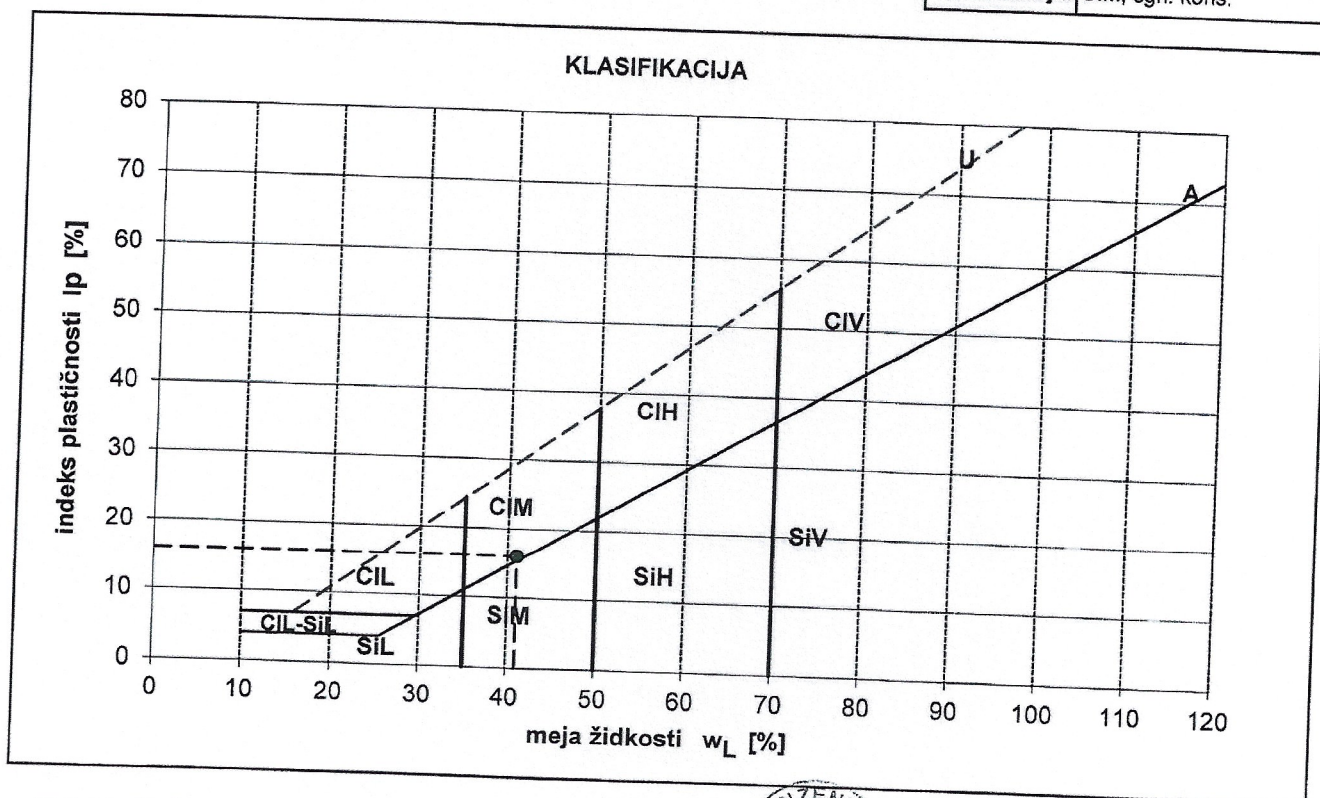
meja plastičnosti	
w_P [%]:	25

meja židkosti	
w_L [%]:	41

indeks plastičnosti	
I_P [%]:	16

indeks konsistence	
I_c :	0,72

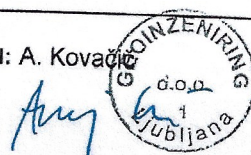
Klasifikacija:	CIM, sgn. kons.
----------------	-----------------



Obdelal: M. Sambolić

Ljubljana, 27.10.2022

Pregledal: A. Kovacic



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-22-716**

LOKACIJA: Plezalni center Ljubljana, Koprška

D.N.: 82308

VRTINA: V-1

ZAČETEK PREISKAVE: 06.10.22

GLOBINA: 16,8-16,95m

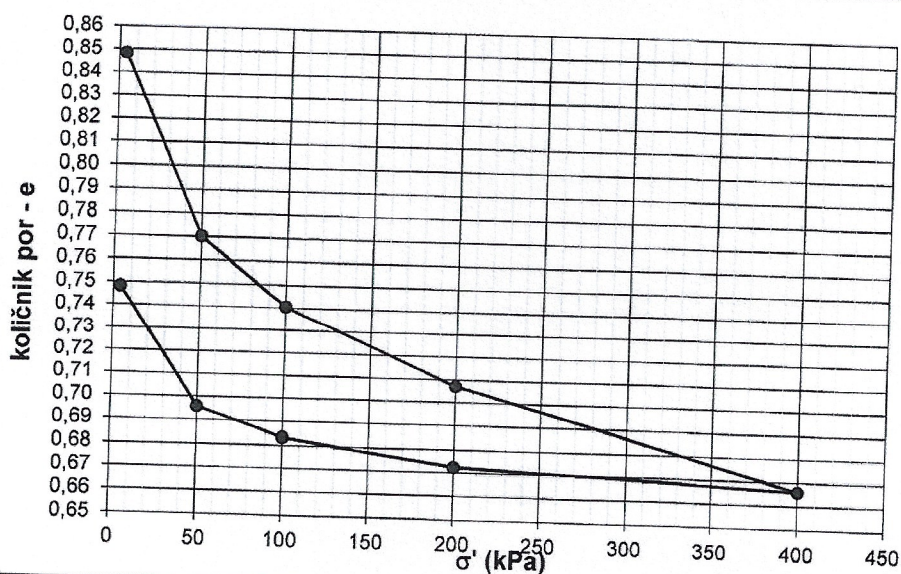
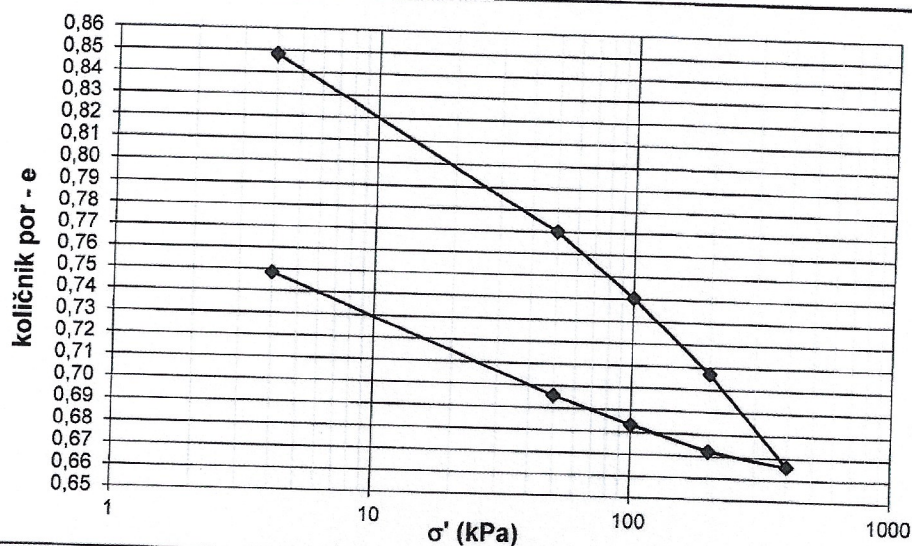
OPOMBA:

OPIS ZEMLJINE: CIM, sgn. kons.

aparatus: 2
višina vzorca: 20 mm
premer vzorca: 70,0 mm
 S_r pred: 95,9 %
 S_r po: 102,3 %

ocenjena/merjena gostota zrn ρ_s : 2,70 t/m³
vlaga vzorca pred preiskavo: 30,1 %
vlaga vzorca po preiskavi: 28,4 %
gostota ρ : 1,90 t/m³
suha gostota ρ_d : 1,46 t/m³

KRIVULJA STISLJIVOSTI





ZRNAVOST - KOMBINIRANA ANALIZA

SIST EN ISO 17892-4:2017

Št. obr. LAB-013

Geoinženiring d.o.o.
Dimičeva 14

LOKACIJA: Piezalni center Ljubljana, Koprška

VRTINAJAŠEK: V-1

GLOBINA [m]: 29,70-29,90

OPIS MATERIALA: mGr (GM)

Št. vzorca: GI-22-717

D.N.: 82308

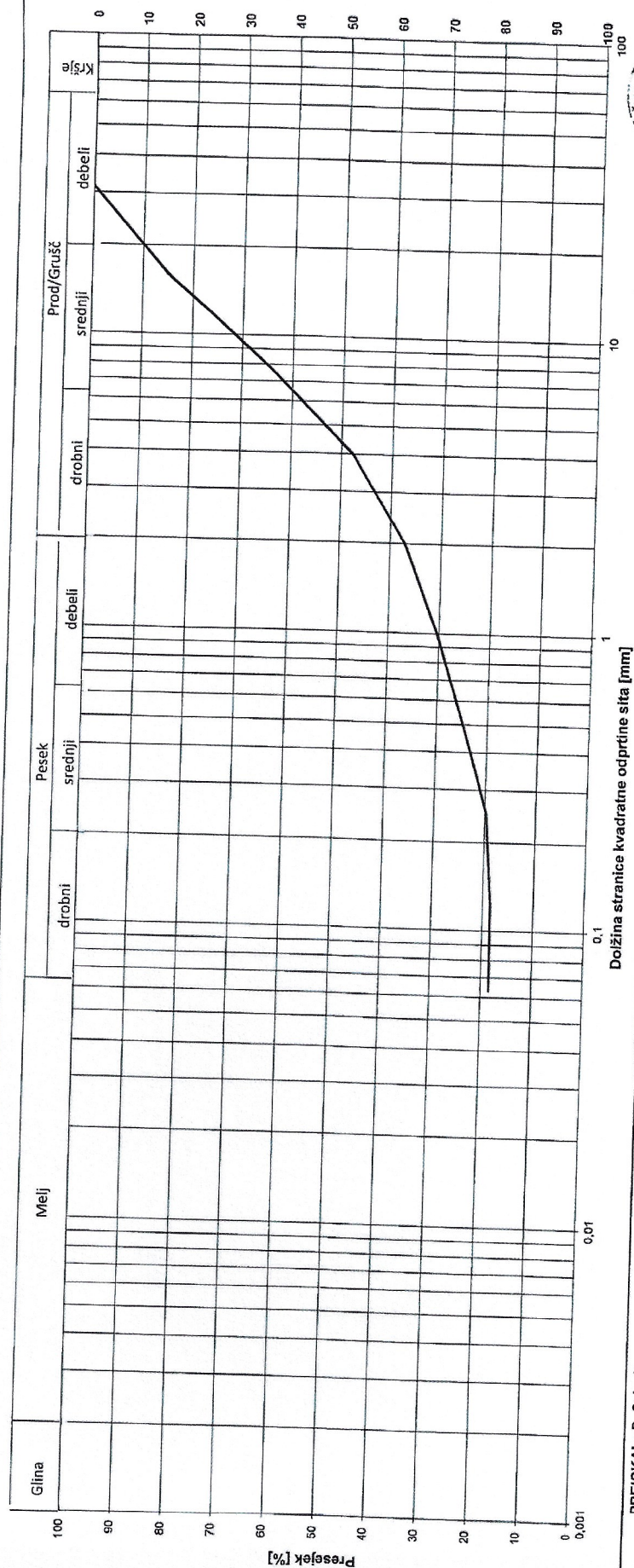
OBMOČJE SESTAVE ZRN:

presejek [%]	premer [mm]
10	#DEL/01
20	2,8E-01
30	9,7E-01
60	6,8E+00

$C_u = d_{60}/d_{10}$	#DEL/01
$C_c = d_{30}^2/d_{10} \cdot d_{60}$	#DEL/01

VDP Hazen [m/s]:	npd
VDP USBR [m/s]:	1,7E-04

frakcija	delež [%]
2 mm < prod. grušč	82,9
0,063 mm < pesek < 2 mm	18,8
melj, glina < 0,063 mm	18,4



PREISKAL: B. Sajovic
ZAČ. PREISKAVE: 5.10.2022
KON. PREISKAVE: 7.10.2022

PREGLEDAL: A. Kovačič

PRILOGA:





ZRNAVOST - KOMBINIRANA ANALIZA

SIST EN ISO 17892-4:2017

št. obr. LAB-013

Geoinženjering d.o.o.
Dimičeva 14

LOKACIJA: Plezalni center Ljubljana, Koprška

VRTINAJAŠEK: V-2P

GLOBINA [m]: 2,20-2,50

OPIS MATERIALA: cSa (SC/SM)

Št. vzorca: GI-22-718

D.N.: 82308

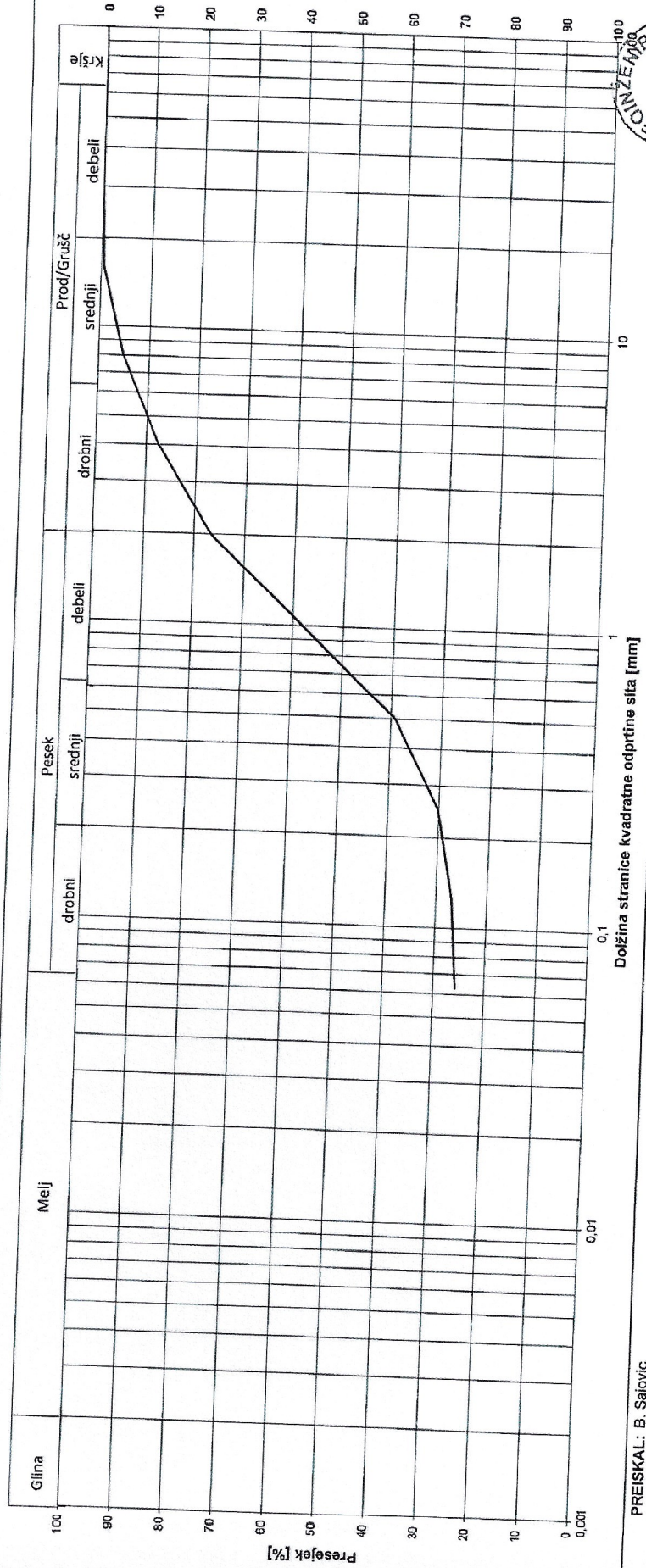
OBMOČJE SESTAVE ZRN:

presejek [%]	premer [mm]
10	#DIV/0!
20	#DIV/0!
30	2.5E-01
60	1.1E+00

$C_u = d_{60}/d_{10}$	#DIV/0!
$C_c = d_{60}^2/d_{10} \cdot d_{30}$	#DIV/0!

VDP Hazen [m/s]:	npd
VDP USBR [m/s]:	npd

frakcija	delež [%]
2 mm < prod, grušč	23,3
0,063 mm < pesek < 2 mm	51,0
melj, glina < 0,063 mm	25,7



PREISKAL: B. Sajovic

ZAČ. PREISKAVE: 5.10.2022

KON. PREISKAVE: 7.10.2022

PREGLEDAL: A. Kovačič

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-22-719**

Objekt: Plezalni center Ljubljana, Koprška

Vrtina: V-1P

Globina [m]: 8,50-8,70

Datum preiskave: 12.10.2022

Preiskal: B. Sajovic

Opis zemljine: SiM, zelo lgn. kons.

NARAVNA VLAGA			
Št. posode:	215	165	223
Masa posode m_c [g]	18,79	25,28	19,78
Masa vl. vzorca in posode m_1 [g]	168,6	134,4	137,9
Masa suh. vzorca in posode m_2 [g]	125,5	102,2	103,5
Masa vode m_w [g]	43,1	32,3	34,4
Masa suhega vzorca m_d [g]	106,8	76,9	83,7
Vlažnost vzorca w [%]	40,4	41,9	41,1
Naravna vlaga vzorca w_{pov} [%]	41,1		

Žepni pen. q_z

10,0

20,0

20,0

10,0

povp.vred. (kN/m²)

15

Opomba: _____

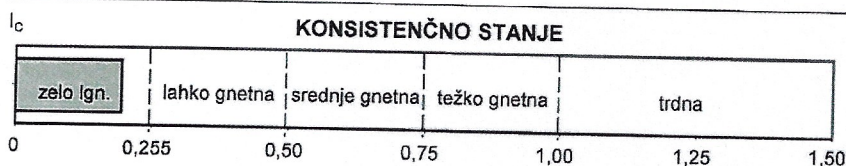
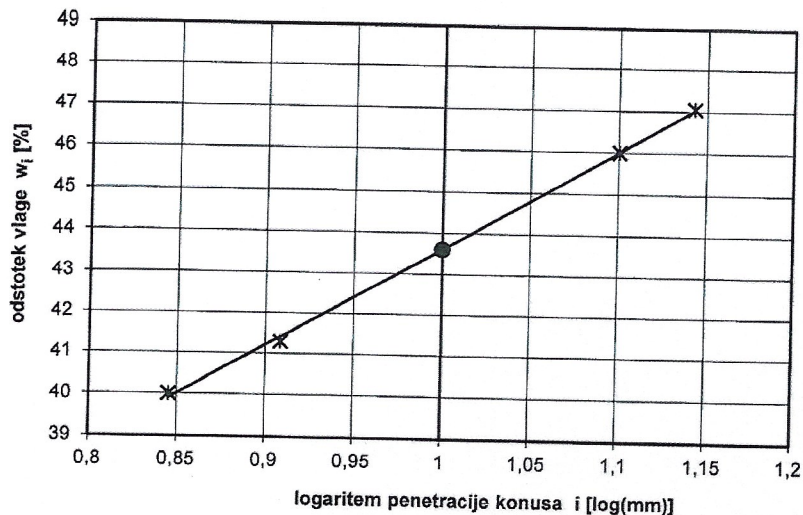
Ljubljana, 27.10.2022

Pregledal: A. Kopač



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

SIST EN ISO 17892-12:2018

PREISKAVA PO METODI "FALL CONE"

Št. vzorca:	GI-22-719
objekt:	Plezalni center Ljubljana, Koprška
vrtna:	V-1P
globina:	8,50-8,70
datum:	12.10.2022
preiskal:	B. Sajovic
opomba:	

naravna vlaga	
W [%]:	41,1

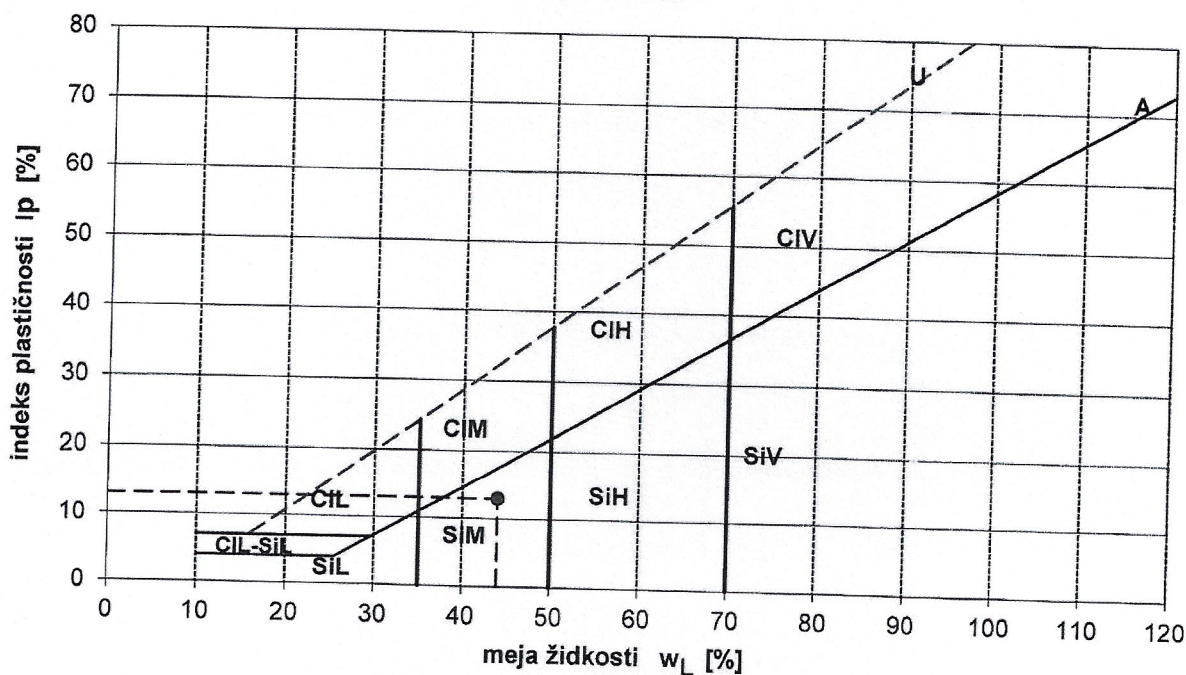
meja plastičnosti	
w_p [%]:	31

meja židkosti	
w_L [%]:	44

indeks plastičnosti	
I_p [%]:	13

indeks konsistence	
I_c :	0,195

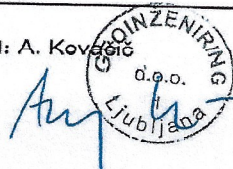
Klasifikacija:	SiM, zelo lgn. kons.
----------------	----------------------

KLASIFIKACIJA

Obdelal: M. Sambolić

Ljubljana, 27.10.2022

Pregledal: A. Kovar



priloga:



ZRNAVOST - KOMBINIRANA ANALIZA

SIST EN ISO 17892-4:2017

št. obr. LAB-013

Geoinženiring d.o.o.
Dimičeva 14

LOKACIJA: Plezalni center Ljubljana, Kopraska

VRTINAJAŠEK: V-3

GLOBINA [m]: 15,30-15,50

OPIŠ MATERIALA: mGr (GM)

Št. vzorca: GI-22-721

D.N.: 82308

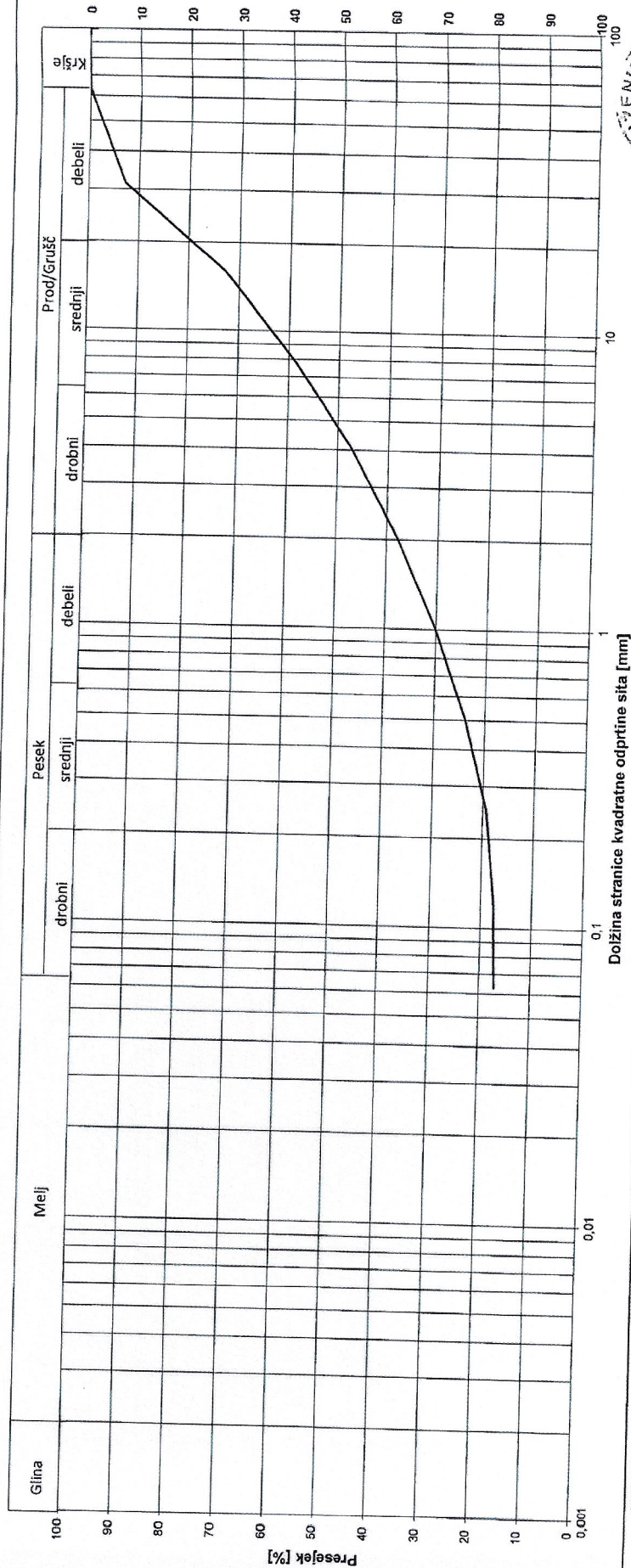
OBMOČJE SESTAVE ZRN:

presejek [%]	premer [mm]
10	#DIV/0!
20	2,9E-01
30	9,9E-01
60	8,9E+00

$C_u = d_{60}/d_{10}$	#DIV/0!
$C_c = d_{30}^2/d_{10} \cdot d_{60}$	#DIV/0!

VDP Hazen [m/s]:	n _{pd}
VDP USBR [m/s]:	2,1E-04

frakcija	delež [%]
2 mm < prod. gruč	62,3
0,063 mm < pesek < 2 mm	20,7
melj, glina < 0,063 mm	17,0



PREISKAL: B. Sajovic

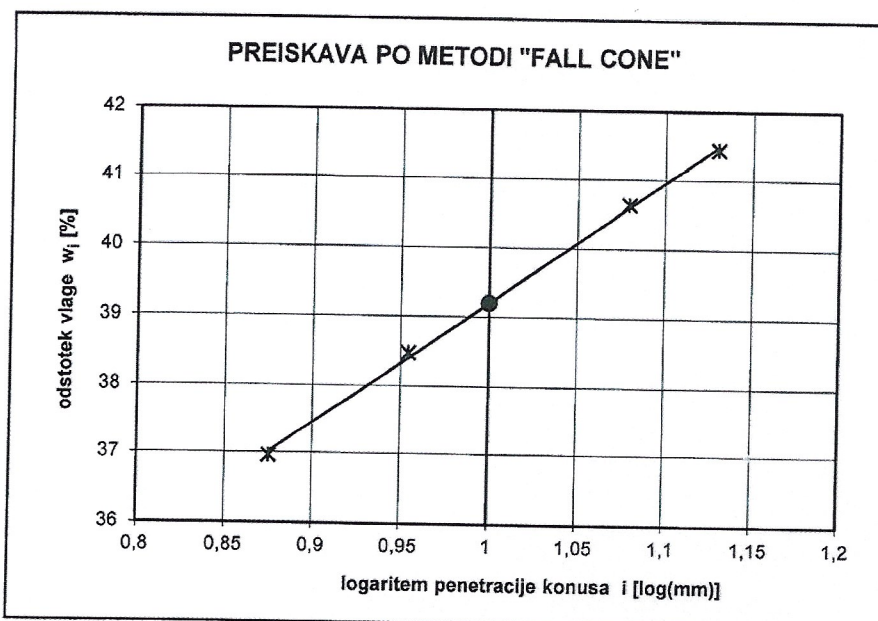
ZAČ. PREISKAVE: 5.10.2022

KON. PREISKAVE: 7.10.2022

PREGLEDAL: A. Kovačič

PRILOGA:



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

Št. vzorca:	GI-22-722
objekt:	Plezalni center Ljubljana, Koprška
vrtna:	V-3
globina:	18,60-18,80
datum:	7.10.2022
preiskal:	B. Sajovic
opomba:	

naravna vlaga	
w [%]:	27,8

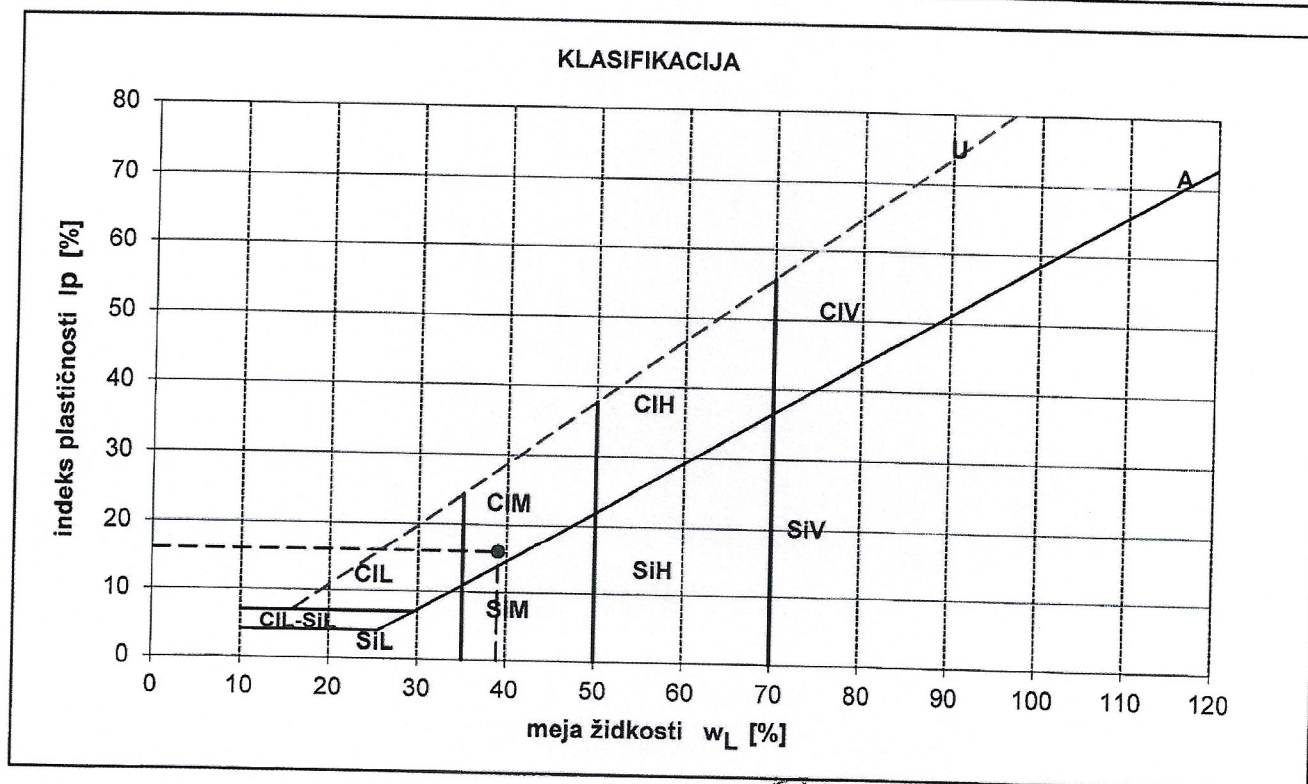
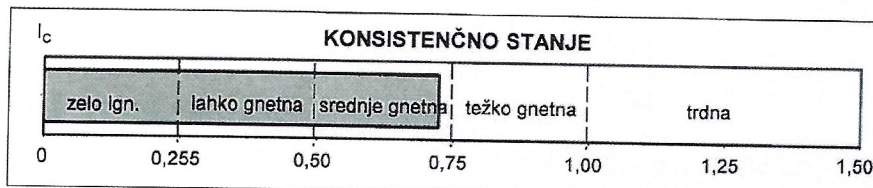
meja plastičnosti	
w_P [%]:	23

meja židkosti	
w_L [%]:	39

indeks plastičnosti	
I_P [%]:	16

indeks konsistence	
I_c :	0,723

Klasifikacija:	CIM, sgn.kons.
----------------	----------------



Obdelal: M. Sambolić

Pregledal: A. Kovar

Ljubljana, 27.10.2022

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-22-722**

LOKACIJA: Plezalni center Ljubljana, Koprška

D.N.: 82308

VRTINA: V-3

ZAČETEK PREISKAVE: 06.10.22

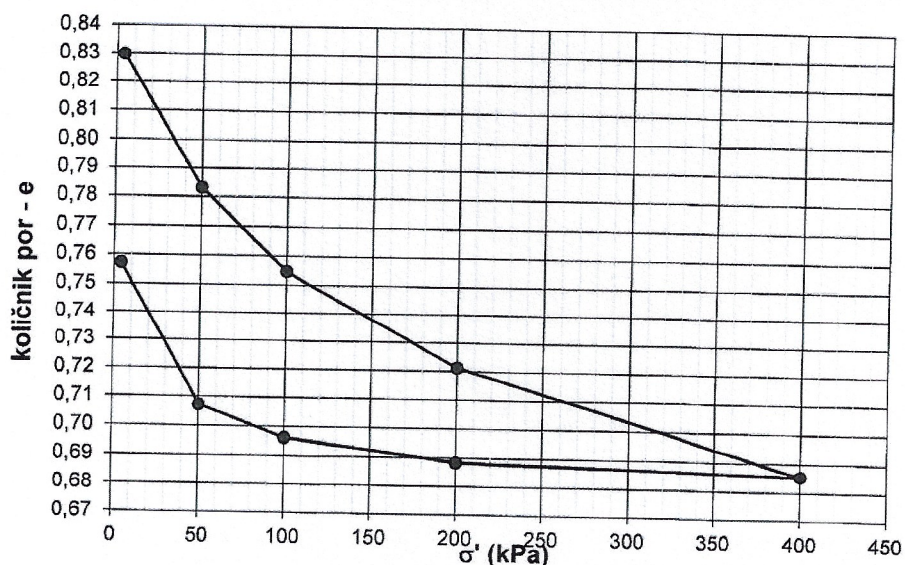
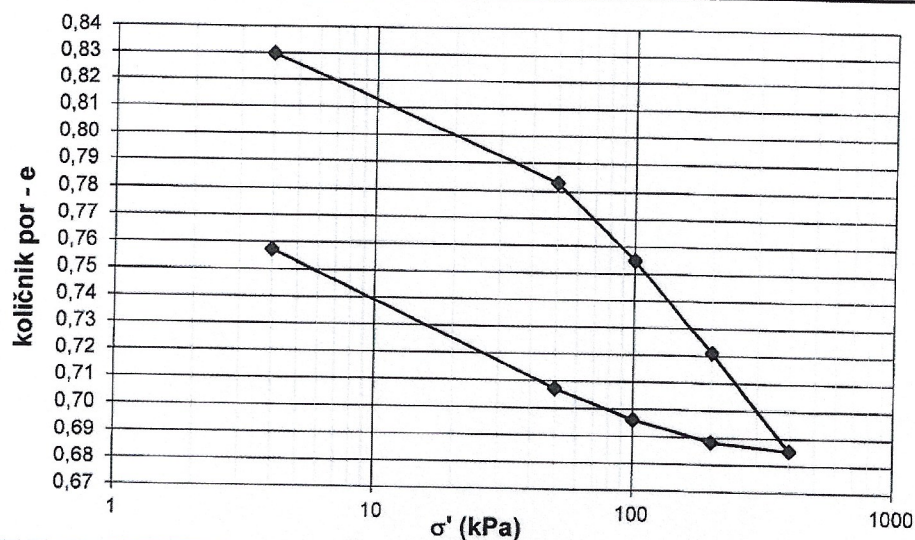
GLOBINA: 18,6-18,8m

OPOMBA:

OPIS ZEMLJINE: CIM,sgn. kons.

aparatus:	3	ocenjena/merjena gostota zrn ρ_s :	2,70	t/m ³
višina vzorca:	20 mm	vlaga vzorca pred preiskavo:	30,1	%
premer vzorca:	70,0 mm	vlaga vzorca po preiskavi:	29,5	%
S_r pred:	98,0 %	gostota ρ :	1,92	t/m ³
S_r po:	105,2 %	suha gostota ρ_d :	1,48	t/m ³

KRIVULJA STISLJIVOSTI







ZRNAVOST - KOMBINIRANA ANALIZA

SIST EN ISO 17892-4:2017

št. obr. LAB-013

Geoinženiring d.o.o.
Dimitčeva 14

LOKACIJA: Plezalni center Ljubljana, Koprška

VRTINAJAŠEK: V-3

GLOBINA [m]: 29,70-30,00

OPIS MATERIALA: mGr (GM/GC)

Št. vzorca: **GI-22-723**

D.N.: 82308

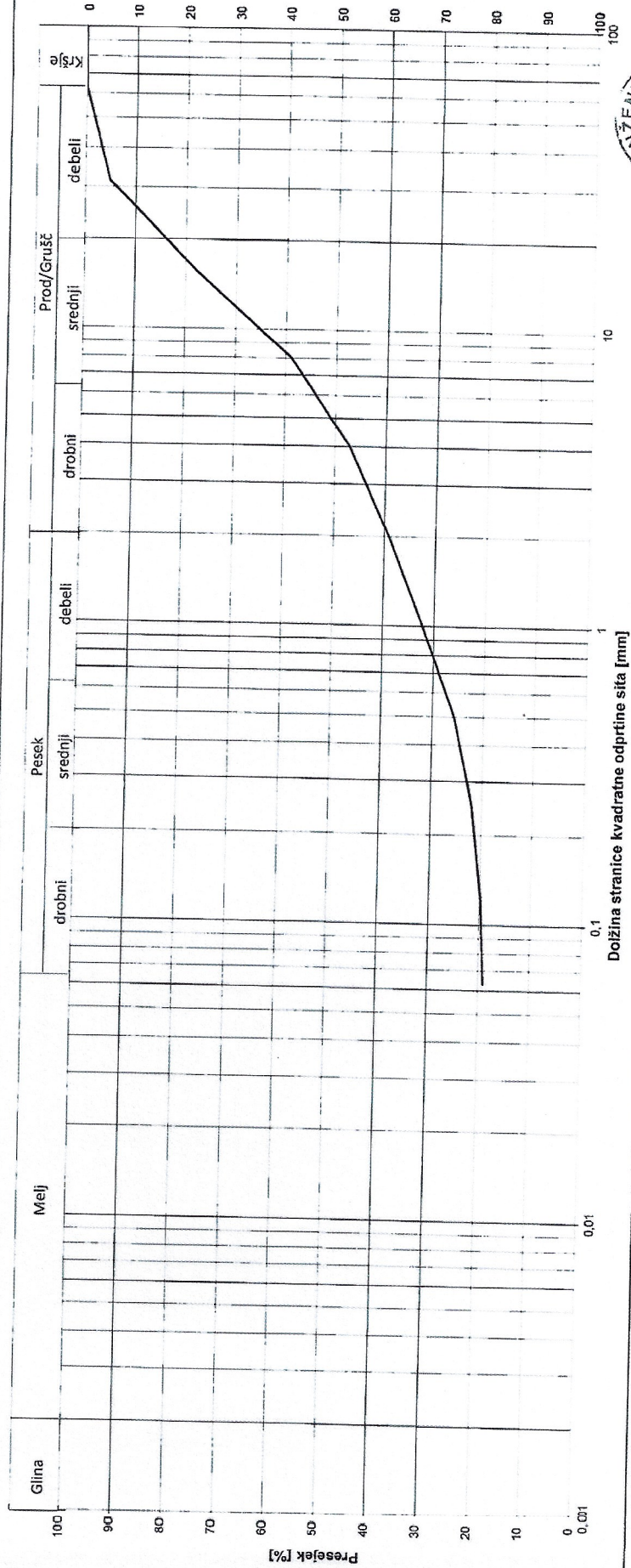
OBMOČJE SESTAVE ZRN:

presjek [%]	premer [mm]
10	#DEL01
20	1,4E-01
30	8,3E-01
60	8,5E+00

$C_u = d_{60}/d_{10}$	#DEL01
$C_e = d_{90}^2/d_{10} \cdot d_{60}$	#DEL01

VDP Hazen [m/s]:	npd
VDP USBR [m/s]:	3,6E-05

frakcija	delež [%]
2 mm < prod. grušč	61,0
0,063 mm < pesek < 2 mm	20,0
meľ, glina < 0,063 mm	19,0



PREISKAL: B. Sajovic

ZAČ. PREISKAVE: 5.10.2022

KON. PREISKAVE: 7.10.2022

PREGLEDAL: A. Kogalčič

PRILOGA:



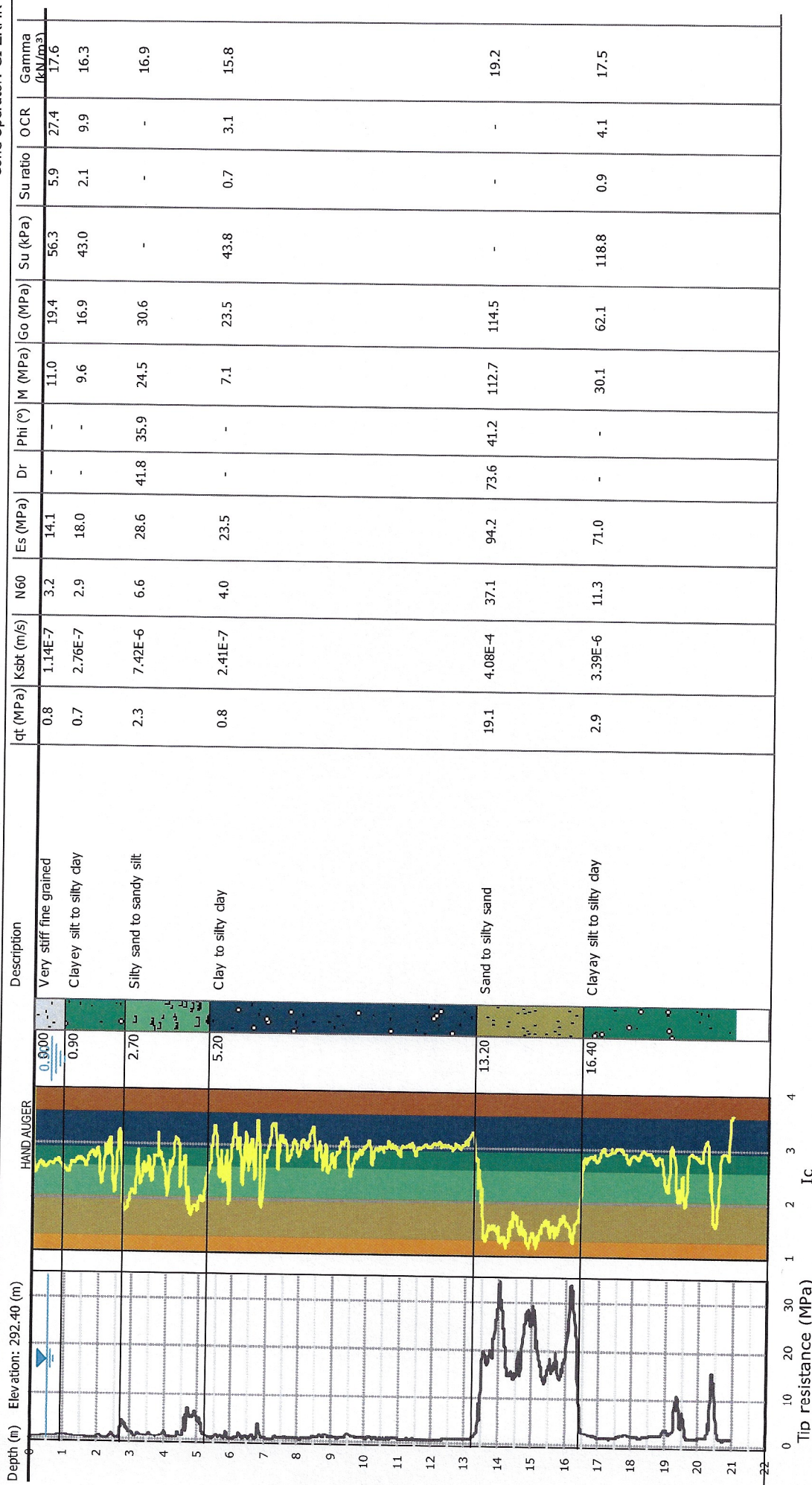




CPT: CPT-1_Koprška c.

Total depth: 20.96 m, Date: 7. 10. 2022
Surface Elevation: 292.40 m

Cone Type: Pagani
Cone Operator: GI ZRMK



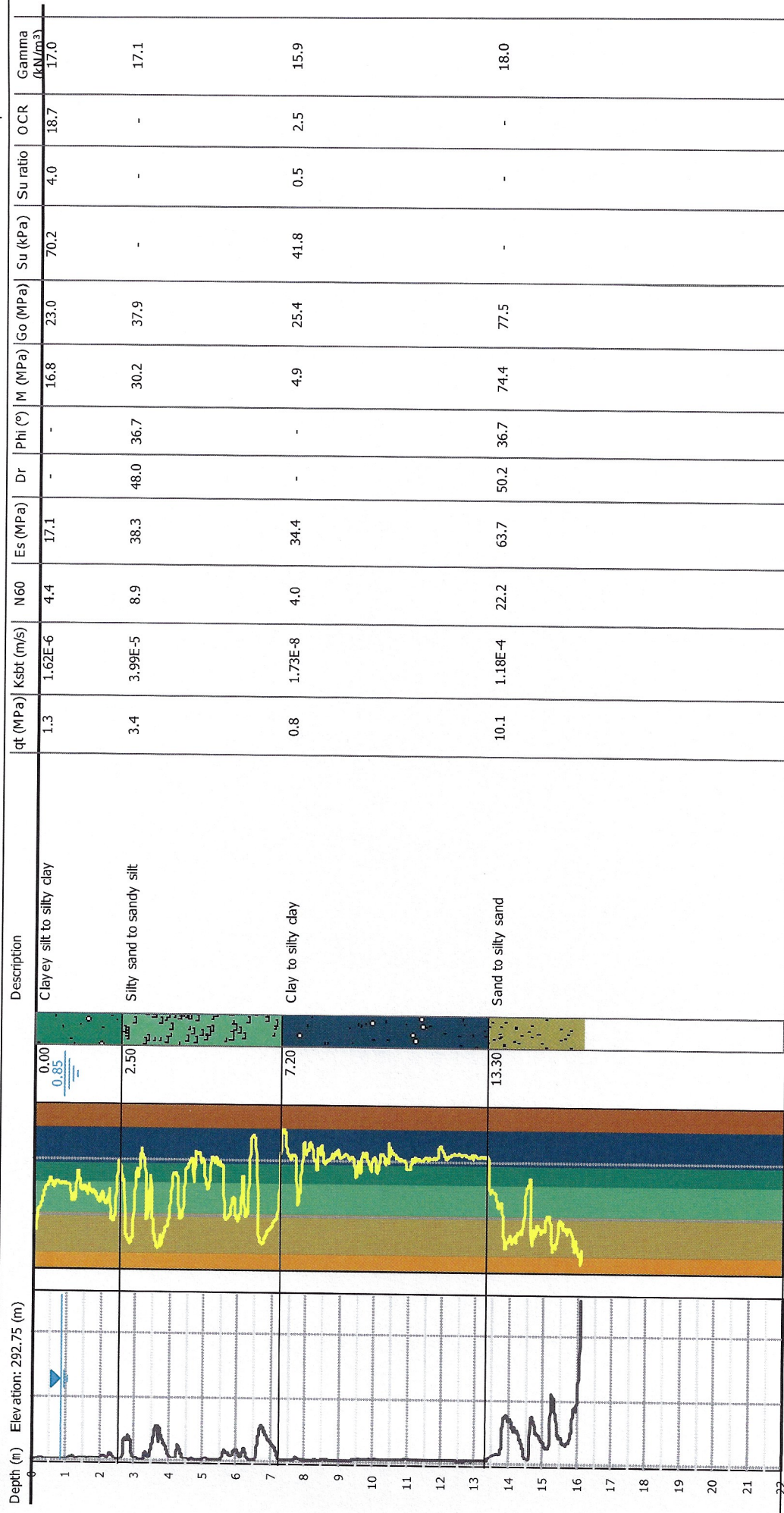
CPT: CPT-3_Koprška c.

Total depth: 16.12 m, Date: 14. 10. 2022

Surface Elevation: 292.75 m

Cone Type: Unknown

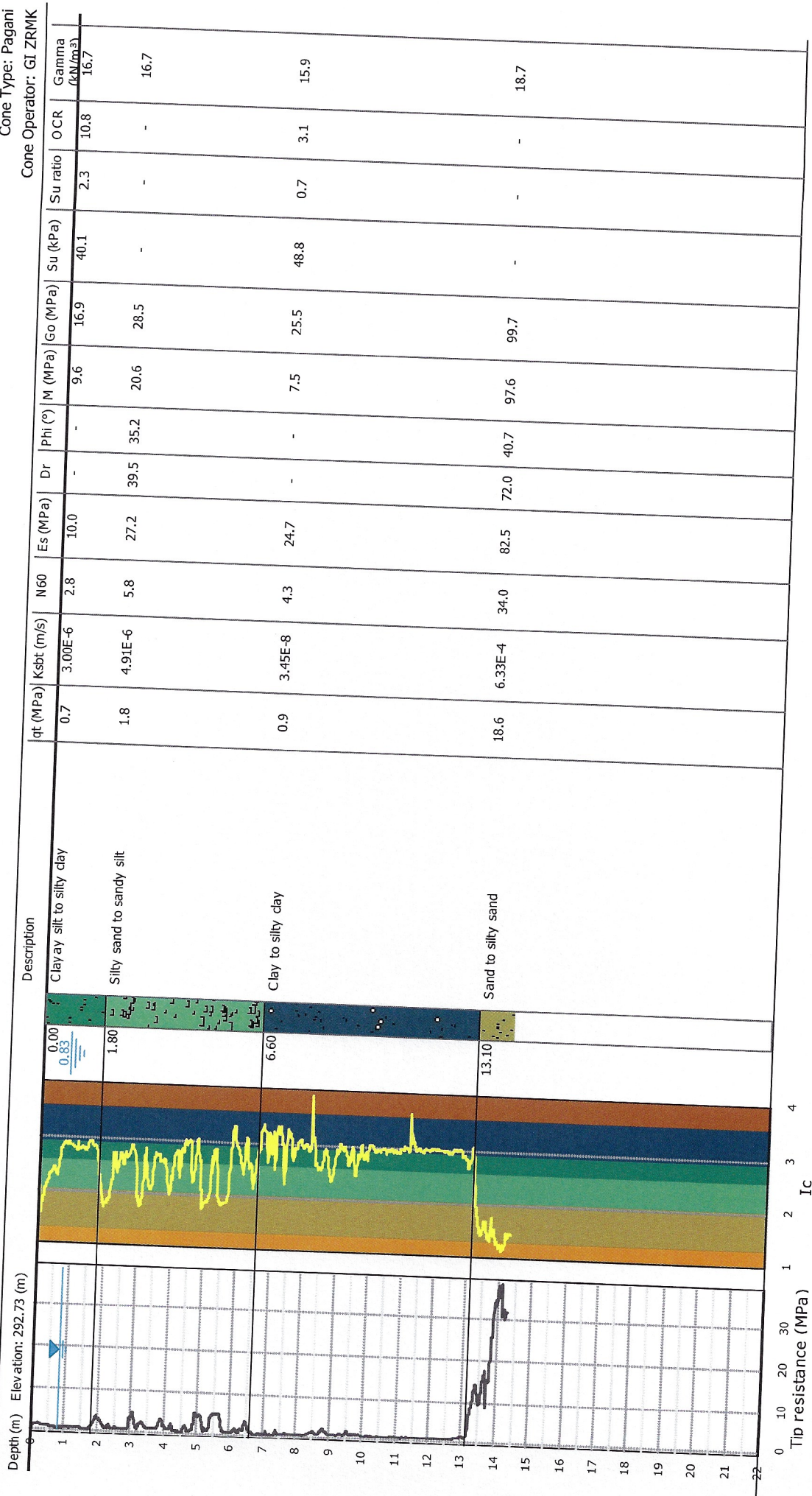
Cone Operator: Unknown



Summary table of mean values

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT _{N60} (blows/30cm)	E _s (MPa)	D _r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G ₀ (MPa)	Undrained strength, S _u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m ³)
0.00	0.90	1.14E-07 (±5.24E-08)	3.2 (±0.8)	14.1 (±3.4)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	11.0 (±2.8)	19.4 (±5.1)	56.3 (±14.4)	5.9 (±2.3)	27.4 (±10.5)	17.6 (±0.4)
0.90	1.80	2.76E-07 (±7.99E-07)	2.9 (±1.0)	18.0 (±3.5)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	9.6 (±5.1)	16.9 (±4.6)	43.0 (±20.0)	2.1 (±1.2)	9.9 (±5.3)	16.3 (±0.7)
2.70	2.50	7.42E-06 (±1.35E-05)	6.6 (±3.5)	28.6 (±8.1)	41.8 (±8.2)	35.9 (±1.2)	24.5 (±14.5)	30.6 (±10.1)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	16.9 (±0.6)
5.20	8.00	2.41E-07 (±1.69E-06)	4.0 (±1.1)	23.5 (±5.6)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	7.1 (±6.0)	23.5 (±6.0)	43.8 (±16.9)	0.7 (±0.3)	3.1 (±1.3)	15.8 (±0.7)
13.20	3.20	4.08E-04 (±5.01E-04)	37.1 (±11.3)	94.2 (±20.3)	73.6 (±11.4)	41.2 (±2.0)	112.7 (±33.0)	114.5 (±28.9)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	19.2 (±0.7)
16.40	4.56	3.39E-06 (±1.76E-05)	11.3 (±5.5)	71.0 (±9.8)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	30.1 (±27.3)	62.1 (±20.6)	118.8 (±44.1)	0.9 (±0.4)	4.1 (±1.6)	17.5 (±0.9)

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





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

Project: Plezalni center
Location: Ljubljana, Kopraska cesta

CPT: CPT-2_Kopraska c.

Total depth: 14.31 m, Date: 12. 10. 2022

Surface Elevation: 292.73 m

Cone Type: Pagani

Cone Operator: GI ZRMK

Summary table of mean values

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT _{N60} (blows/30cm)	E _s (MPa)	D _r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G _o (MPa)	Undrained strength, S _u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m ³)
0.00	1.80	3.00E-06 (±1.38E-05)	2.8 (±0.7)	10.0 (±5.4)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	9.6 (±4.1)	16.9 (±3.6)	40.1 (±9.3)	2.3 (±0.8)	10.8 (±3.8)	16.7 (±0.8)
1.80	4.80	4.91E-06 (±9.72E-06)	5.8 (±2.8)	27.2 (±7.0)	39.5 (±6.3)	35.2 (±1.0)	20.6 (±12.7)	28.5 (±9.1)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	16.7 (±0.6)
6.60	6.50	3.45E-08 (±1.07E-07)	4.3 (±1.1)	24.7 (±3.7)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	7.5 (±5.9)	25.5 (±6.0)	48.8 (±18.3)	0.7 (±0.3)	3.1 (±1.2)	15.9 (±0.7)
13.10	1.10	6.33E-04 (±7.42E-04)	34.0 (±16.7)	82.5 (±29.2)	72.0 (±19.5)	40.7 (±3.4)	97.6 (±41.6)	99.7 (±38.1)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	18.7 (±1.0)

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

Summary table of mean values

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT _{NEO} (blows/30cm)	E _s (MPa)	D _r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G ₀ (MPa)	Undrained strength, S _u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m ³)
0.00	2.50	1.62E-06 (±4.27E-06)	4.4 (±1.3)	17.1 (±4.3)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	16.8 (±6.0)	23.0 (±5.9)	70.2 (±14.9)	4.0 (±1.6)	18.7 (±7.5)	17.0 (±0.8)
2.50	4.70	3.99E-05 (±9.22E-05)	8.9 (±5.7)	38.3 (±8.9)	48.0 (±11.4)	36.7 (±1.9)	30.2 (±21.0)	37.9 (±15.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	17.1 (±0.9)
7.20	6.10	1.73E-08 (±1.02E-07)	4.0 (±0.9)	34.4 (±34.4)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	4.9 (±3.5)	25.4 (±5.0)	41.8 (±12.3)	0.5 (±0.2)	2.5 (±0.8)	15.9 (±0.6)
13.30	2.82	1.18E-04 (±2.67E-04)	22.2 (±10.8)	63.7 (±19.8)	50.2 (±15.6)	36.7 (±2.8)	74.4 (±30.7)	77.5 (±26.4)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	18.0 (±0.9)

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

Povzetek disipacijskih preizkusov

Objekt: Plezalni center, Koprška c., Ljubljana

Datum: oktober 2022

Preizkusi v dobro prepustnih zemljinah:

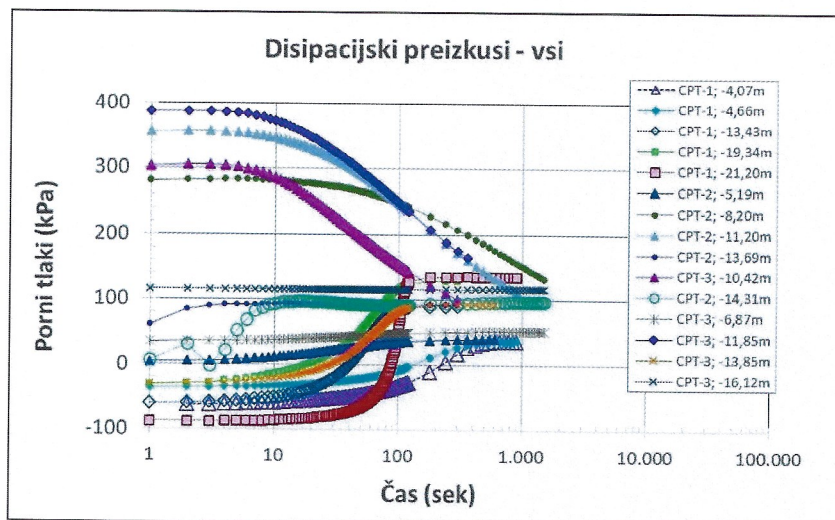
CPTu	Globina (m)	t (sek)	u_0 (kPa)	u_k (kPa)	Tlačna višina (m) ^(*)	NPV (m)
CPT-1	4,07	900	-62,85	36,65	3,74	-0,33
	4,66	900	-35,82	36,70	3,74	-0,92
	13,43	300	-60,25	89,28	9,10	-4,33
	19,34	300	-31,22	128,17	13,07	-6,27
	21,20	900	-87,63	136,10	13,87	-7,33
CPT-2	5,19	600	4,07	40,78	4,16	-1,03
	13,69	300	61,02	90,82	9,26	-4,43
	14,31	1500	6,49	97,60	9,95	-4,36
CPT-3	6,78	1500	36,17	52,28	5,33	-1,45
	13,85	600	-29,51	91,18	9,29	-4,56
	16,12	1500	115,60	116,61	11,89	-4,23

Pomen oznak:

u_0 : začetni porni tlak

u_k : končni porni tlak

Tlačna višina: $u_k/(γ_{sat}g)$ ^(*)

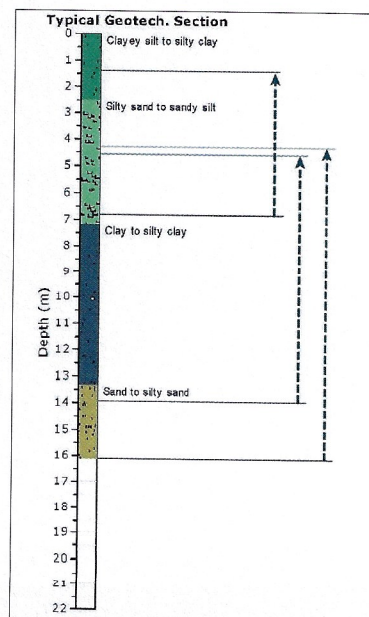
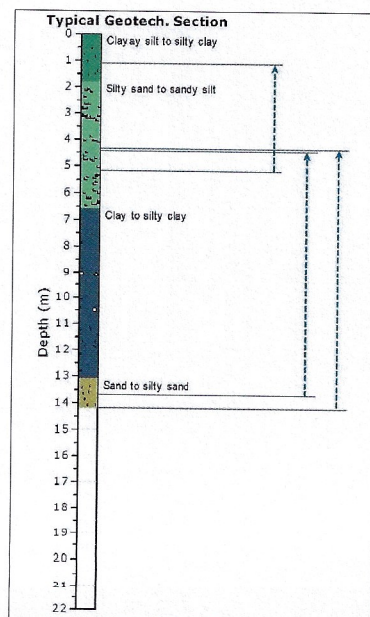
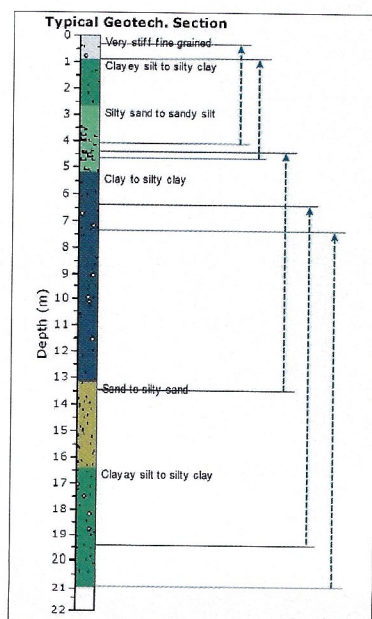


Mesta disipacijskih preizkusov v dobro prepustnih zemljinah in tlačna višina^(*):

CPT-1:

CPT-2:

CPT-3:



^(*) (po Brenčič, 2021, stran 25)

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

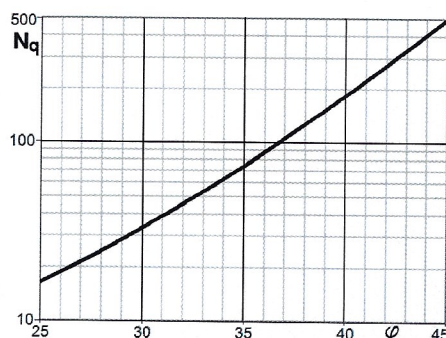
$R_{b,k}$ nosilnost pilota pod konico,

$R_{s,k}$ nosilnost pilota po plašču,

W_p teža pilota.

Nosilnost pilotov določimo na podlagi rezultatov CPT meritev (opravljene zvezno do kote dna pilotov).

Nosilnost pilotov pod konico v nekoherentnih tleh (iz strižnih parametrov)



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:

φ'_{CV} ... strižni kot pri konstantnem volumnu

D_R ... relativna gostota

σ'_v ... efektivni vertikalni tlak ob konici pilota

Potopsek izračuna faktorja N_q :

- Izberemo začetni približek za N_q na podlagi strižnega kota.
- Izračunamo povprečni efektivni tlak p' ob konici kola pri porušitvi kot geometrijsko sredino σ'_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 φ' iz enačbe (enota °):

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

- 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 vtisnjem pilotu mobiliziral šele pri večjem pogrezku pilota.

Nosilnost pilotov po plašču v koherentnih tleh (iz strižnih parametrov)

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

Nosilnost pilotov po plašču v nekoherentnih tleh (iz strižnih parametrov)

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 (δ) 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.

Zaradi omejitve posedkov si izberemo razmerje med posedkom 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 pod konico (iz rezultatov CPT)

Nosilnost pilotov pod konico izračunamo po formuli Fleming-a in Thorburn-a, če se karakteristike tal pod konico spreminjajo:

$$q_{b,k} = \frac{q_{c1} + q_{c2} + 2q_{c3}}{4}$$

kjer je:

- q_{c1} povprečen odpor pod konico kola na območju $2D$ pod konico pilota,
- q_{c2} najmanjši odpor pod konico kola na območju $2D$ pod konico pilota,
- q_{c3} povprečje minimalnih vrednosti, manjših od q_{c1} na območju $8D$ nad konico pilota.

Nosilnost pilota po plašču (iz rezultatov CPT)

Nosilnost pilota po plašču izračunamo kar kot

$$q_s = f_s$$

kjer je f_s odpor ob plašču CPT sonde (za zabite oz. vtisnjene pilote), medtem ko je za uvtane pilote potrebna redukcija dobljenih vrednosti s faktorji 2 do 3 zaradi relaksacije prvotnih horizontalnih napetosti med vgradnjo.

f_s je povprečje f_s v posameznem »homogenem« sloju (kjer so vrednosti q_c in f_s približno konstantne in se pomembnejše razlikujejo od sosednjega sloja). Nosilnost pilota po plašču dobimo tako, da seštejemo prispevke Q_s po posameznih slojih.

IZRAČUN NOSILNOSTI PILOTOV

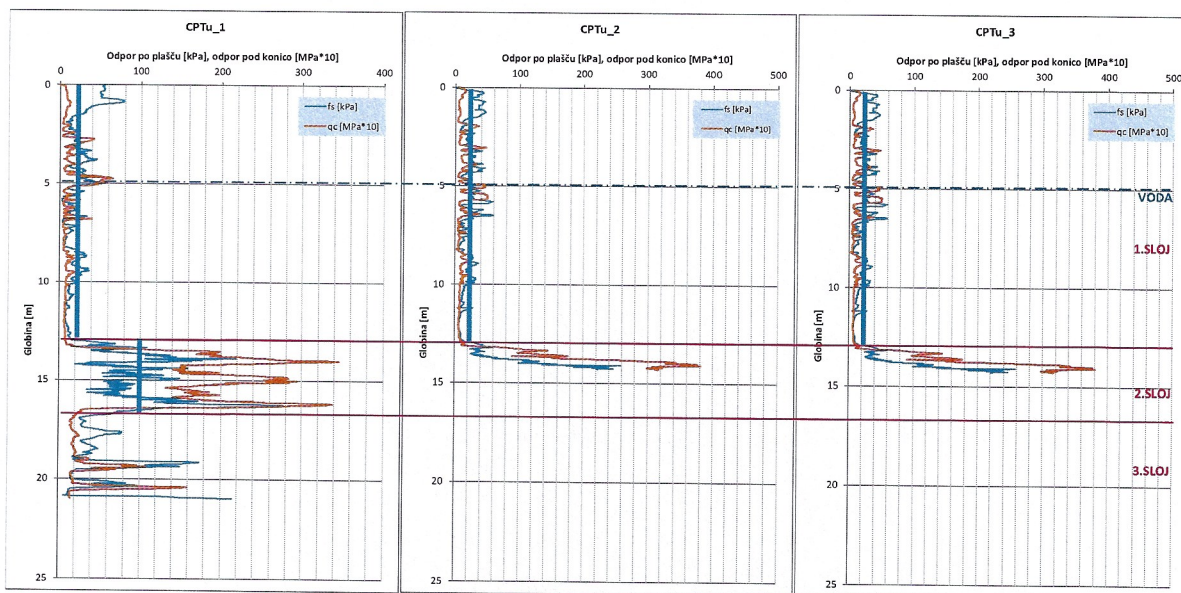
Glede na sestavo tal sta možna dva tipa globokega temeljenja in sicer:

- Temeljenje objektov na zabitih pilotih s konico v 1. gramoznem sloju, ki se pojavlja v globini 13 do 16 m;
- Temeljenje objektov na uvtanih pilotih s konico v 2. gramoznem sloju, ki se pojavlja od globine od 20,1 m navzdol

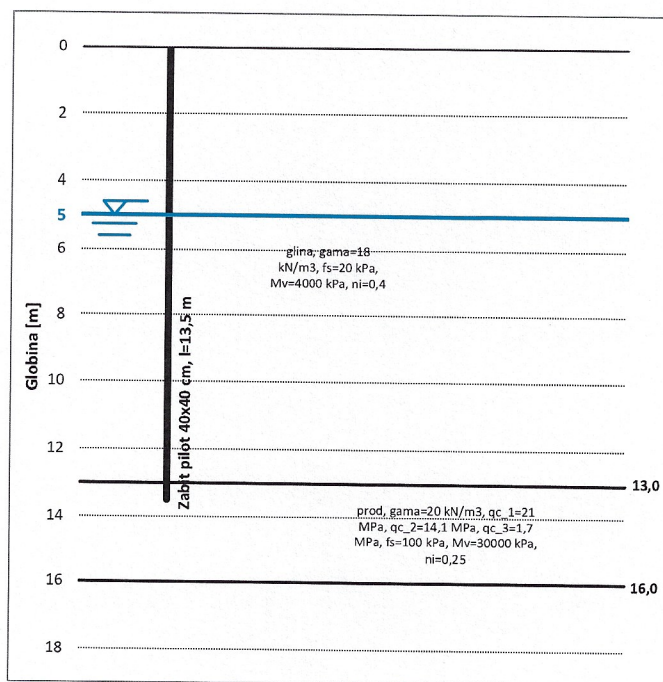
Ker imamo zanesljive podatke o sestavi tal iz podatkov CPT preiskave (odpor pod konico, odpor po plašču) le za zgornji sloj gline in zgornji (1.) sloj gramozja, bomo izračun nosilnosti zabitih pilotov izvedli iz parametrov CPT preiskave, izračun nosilnosti uvtanih pilotov pa s pomočjo strižnih karakteristik, ocenjenih s pomočjo parametrov CPT preiskave.

Zabiti AB piloti 40x40 cm, dolžine 13.5 m

Profil tal, pridobljen s CPT preiskavo, je prikazan na sliki 2. Do globine 13 m se nahaja mehkejši material s povprečjem odpora ob plašču 20 kPa (1.sloj), sledi bolj nosilen material s povprečnim odporom ob plašču 100 kPa (2.sloj). Debelina nosilnega sloja je 3 m, piloti segajo s konico 0.5 m v ta nosilni sloj (globina 13.5 m). Prerez tal in njihove karakteristike, upoštevane v računu, so prikazana na sliki 3.



Slika 2: Profil tal, pridobljen s CPT preiskavo



Slika 3: Prerez tal in materialne karakteristike, upoštevane v računu (CPT karakteristike)

Zabiti piloti 40x40 cm, dolžine 13.5 m

TLAČNA NOSILNOST

Nosilnost po plašču (sonda CPTu-1):

Nosilnost pilota po plašču				
	l v sloju	q _s	A _s	R _s
1.sloj	13,00	20,00	20,80	416,00
2.sloj	0,50	100,00	0,80	80,00
R _{s,k} =				496 kN

Nosilnost pod konico (sonda CPTu-1):

$$q_{b,k} = \frac{q_{c1} + q_{c2} + 2q_{c3}}{4} = \frac{21 + 14.1 + 2 \cdot 1.7}{4} = 9.63 \text{ MN/m}^2$$
$$A_b = 0,160 \text{ m}^2 \rightarrow R_{b,k} = 1.54 \text{ MN}$$

Projektna nosilnost pilota po EC7:

Na lokaciji objekta so bile izvedene 3 CPT terenske preiskave, a izračun nosilnosti pod konico je bil mogoč le iz enega profila (CPTu-1), zato je vrednost korelacijskega faktorja za temeljenje na pilotih po preglednici A.10 nacionalnega dodatka A k Evrokodu 7 enaka $\xi_3 = 1.4$.

$$R_{c,d} = \frac{\left(\frac{R_{b,k}}{\gamma_b} + \frac{R_{s,k}}{\gamma_s}\right)}{\xi_3} - W_p = \frac{\left(\frac{1540}{1.1} + \frac{496}{1.1}\right)}{1.4} - 54 = 1268 \text{ kN}$$

Karakteristična nosilnost pilota po EC7:

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} - W_p = 1540 + 496 - 54 = 1982 \text{ kN}$$

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:

$$\frac{L}{R} = \frac{13.5}{0.24^*} = 55.9 > \frac{1}{2} \left(\frac{E_{pilota}}{G_b} \right)^{0.5} = \frac{1}{2} \left(\frac{3 \cdot 10^7}{10000} \right)^{0.5} = 27.4 \quad \text{Pilot je podajen.}$$

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

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

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

Izračun posedkov - pilot 40x40 cm						
	L v sloju	Mv	ni	E	G	plášč konica
1.sloj	13,00	4000	0,4	1867	667	13614
2.sloj	0,50	30000	0,25	25000	10000	7854 10667
						21468 10667

$$\eta = \frac{r_b}{r_0} = 1, \zeta = 4, \lambda = \frac{E_{pilot}}{G_{plášč}} = \frac{3 \cdot 10^7}{1012} = 29634, \rho = 1, \mu L = \frac{L}{r_0} \sqrt{\frac{2}{\zeta \lambda}} = \frac{13,5}{0,24} \sqrt{\frac{2}{4 \cdot 29634}} = 0,23,$$

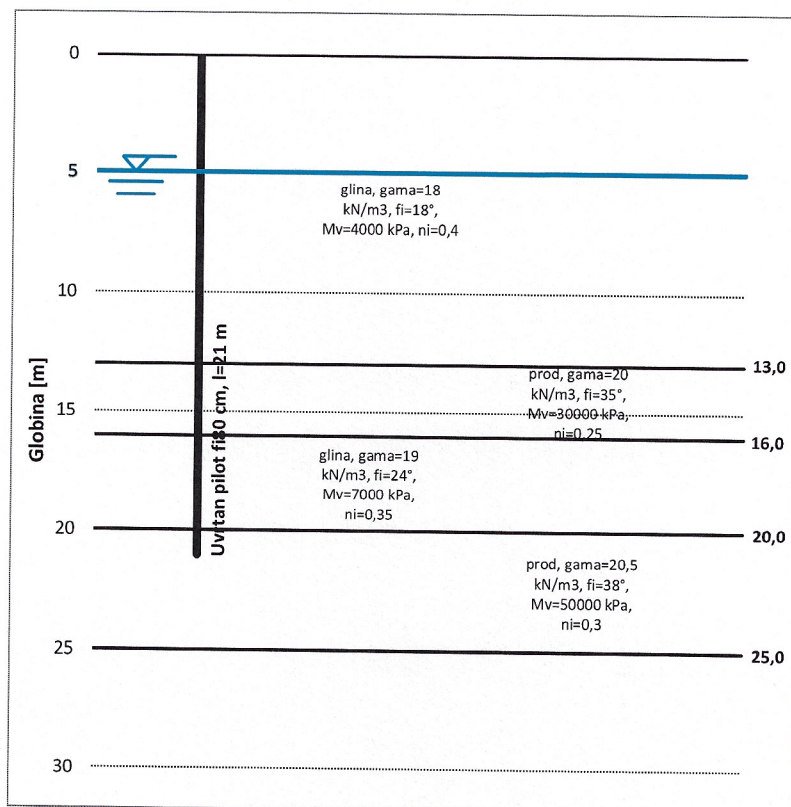
$$\xi = \frac{G_{plášč}}{G_{konica}} = \frac{1012}{10000} = 0,101, \tanh \mu L = \frac{e^{\mu L} - e^{-\mu L}}{e^{\mu L} + e^{-\mu L}} = 0,226, A = \frac{L \tanh \mu L}{r_0 \mu L} = \frac{14 \cdot 0,226}{0,24 \cdot 0,230} = 55,0$$

$$\frac{Q}{s} = G_L \cdot R_0 \frac{\frac{4\eta}{\xi(1-\nu)} + \frac{2\rho\pi A}{4\eta A}}{1 + \frac{\pi\lambda\xi(1-\nu)}{4\eta A}} = 36201 \quad \rightarrow \quad s = \frac{1268}{36201}$$

$$s = 0,035 \text{ m} = 3,5 \text{ cm}$$

Posedek pri projektni obtežbi 1268 kN znaša 3,5 cm.

Uvrtani piloti $\phi 100$ cm, dolžine 21 m



Slika 4: Prerez tal in materialne karakteristike, upoštevane v računu (strižne karakteristike)

TLAČNA NOSILNOST

Nosilnost po plašču:

Nosilnost pilota po plašču								
	δ_k	δ_d	K	σ_v'	l v sloju	q_s	A_s	R_s
1.sloj	14,40	14,40	0,69	77,00	13,00	13,66	32,67	446,34
2.sloj	35,00	35,00	0,70	169,00	3,00	82,83	7,54	624,56
3.sloj	19,20	19,20	0,59	202,00	4,00	41,73	10,05	419,54
4.sloj	38,00	38,00	0,70	225,25	1,00	123,19	2,51	309,61
								$R_{s,k} = 1800$ kN

Nosilnost pod konico (nekoherentna zemljina):

$$\varphi = 38^\circ, D_R = 0.80$$

$$\sigma_v' = 5.0m \cdot 18kN/m^3 + 8.0m \cdot (18 - 10)kN/m^3 + 3.0m \cdot (20 - 10)kN/m^3 + 4.0m \cdot (19 - 10)kN/m^3 + 1.0m \cdot (20.5 - 10)kN/m^3 = 230.5 kPa$$

$$\text{Začetni približek } N_q = 129$$

Št.iteracije	N_q	p' [kPa]	l_R	φ'
1. iteracija	129	2622	0,7	40,1
2. iteracija	193	3201	0,5	39,6
3. iteracija	176	3059	0,6	39,8
4. iteracija	180	3090	0,6	39,7
5. iteracija	179	3083	0,6	39,7
6. iteracija	179	3085	0,6	39,7

$$\text{Končni } N_q = 180$$

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

$$q_{b,k} = 0.21 \cdot N_q \cdot \sigma_v' = 0.21 \cdot 180 \cdot 230.5 = 2730 kN/m^2, A_b = 0.503 m^2 \rightarrow R_{b,k} = 1372 kN$$

* omejitev odpora pod konico za vtisnjen pilot na 13 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 $\xi_i = 1.4$.

$$R_{c,d} = \frac{\left(\frac{R_{b,k}}{\gamma_b} + \frac{R_{s,k}}{\gamma_s}\right)}{\xi_3} - W_p = \frac{(1372/1.1 + 1800/1.1)}{1.4} - 264 = 1.8 MN$$

Karakteristična nosilnost pilota po EC7:

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} - W_p = 1372 + 1800 - 264 = 2.9 MN$$

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:

$$\frac{L}{R} = \frac{21}{0.4} = 52.5 > \frac{1}{2} \left(\frac{E_{pilota}}{G_b} \right)^{0.5} = \frac{1}{2} \left(\frac{3 \cdot 10^7}{14286} \right)^{0.5} = 22.9 \quad \text{Pilot je podajen.}$$

Za podajen pilot se posedek izračuna po enačbi

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

kjer je

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

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

Izračun posedkov - pilot f180 cm						
	L v sloju	Mv	ni	E	G	konica
1.sloj	13,00	4000	0,4	1867	667	
2.sloj	3,00	30000	0,25	25000	10000	
3.sloj	4,00	7000	0,35	4362	1615	
4.sloj	1,00	50000	0,3	37143	14286	32653
		$V_{\text{plašč}}$	0,36	$G_{\text{plašč}}$	2829	
				G_{konica}	14286	

$$\eta = \frac{r_b}{r_0} = 1, \zeta = 4, \lambda = \frac{E_{\text{pilot}}}{G_{\text{plašč}}} = \frac{3 \cdot 10^7}{2829} = 10604, \rho = 1, \mu L = \frac{L}{r_0} \sqrt{\frac{2}{\zeta\lambda}} = \frac{21}{0.40} \sqrt{\frac{2}{4 \cdot 10604}} = 0.361,$$

$$\xi = \frac{G_{\text{plašč}}}{G_{\text{konica}}} = \frac{2829}{14286} = 0.198, \tanh \mu L = \frac{e^{\mu L} - e^{-\mu L}}{e^{\mu L} + e^{-\mu L}} = 0.346, A = \frac{L}{r_0} \frac{\tanh \mu L}{\mu L} = \frac{21}{0.40} \frac{0.346}{0.361} = 50.3$$

$$\frac{Q}{s} = G_L \cdot R_0 \frac{\frac{4\eta}{\xi(1-v)} + \frac{2\rho\pi A}{\zeta}}{1 + \frac{4\eta A}{\pi\lambda\xi(1-v)}} = 121724 \quad \rightarrow \quad s = \frac{1796}{121724}$$

$$s = 0.015 \text{ m} = 1.5 \text{ cm}$$

Posedek pri projektni obtežbi 1796 kN znaša 1.5 cm.

POVZETEK REZULTATOV IZRAČUNOV NOSILNOSTI PILOTOV IN POSEDKOV

Pilot	40 x 40 cm	φ80 cm	φ100 cm
Tip	zabit	uvrtan	uvrtan
Tlačen / natezen	tlačen	tlačen	tlačen
Dolžina [m]	13,5	21	21
Nosilnost po plašču [kN]	496	1800	2250
Nosilnost pod konico [kN]	1540	1372	2144
Celotna projektna nosilnost [kN]	1268	1796	2441
Posedek [cm]	3,5	1,5	1,8