



**EL NASLOVNA STRAN Z OSNOVNIMI PODATKI O
ELABORATU**

NAČRT IN ŠTEVILČNA OZNAKA ELABORATA

E - Geomehansko poročilo s predlogom sanacije usada

NAROČNIK

Občina Žalec, Ul. Savinjske čete 5, 3310 Žalec

OBJEKT

Lokalna cesta 490012 – zemeljski usad

VRSTA PROJEKTNE DOKUMENTACIJE:

IZP

ZA GRADNJO

sanacija

ŠTEVILKA PARCELE in KATASTRSKA OBČINA:

parc. št.: 195 in 1010/9 k.o.: 1021 Liboje

IZDELOVALEC:

GHC-Projekt, projektiranje in inženiring d.o.o., Pristova 8, 3204 Dobrna

Odgovorna oseba izdelovalca:

Vid Štukovnik, dipl. inž. grad.

ODGOVORNI IZDELOVALEC:

Vid Štukovnik, dipl. inž. grad. IZS PI G-4619

ŠTEVILKA, KRAJ IN DATUM IZDELAVE ELABORATA:

GG 83/7/20, Arja vas 30.7.2020

S. SPLOŠNI DEL

S.1 KAZALO VSEBINE POROČILA

S. SPLOŠNI DEL.....	2
S.1 KAZALO VSEBINE POROČILA	3
S.2 KAZALO SLIK.....	4
S.3 KAZALO GRAFIK	4
T. TEHNIČNI DEL	5
T.1. SPLOŠNO.....	6
T.1.1. Lokacija in opis.....	6
T.2. OSNOVE ZA PROJEKTIRANJE.....	7
T.2.1. Geološke osnove	7
T.2.2. Podzemna in meteorna voda	7
T.2.3. Vodoprepustnost in ponikanje	7
T.2.4. Seizmičnost terena	8
T.2.5. Zmrzljinska cona	8
T.3. TERENSKÉ PREISKAVE	9
T.3.1. Splošno	9
T.3.2. Izvleček rezultatov meritev z dinamičnim penetrometrom	9
T.3.3. Izvleček rezultatov meritev s konusnim penetrometrom	10
T.3.4. Določitev strižnih karakteristik hribine.....	11
T.3.5. Karakteristične vrednosti	11
T.4. ANALIZA STABILNOSTI	12
T.4.1. Analiza v PR.1	13
T.5. VAROVANJE GRADBENE JAME	14
T.6. PREDLOG SANACIJE PLAZU.....	14
T.7. PREDLOG UREDITVE VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE	14
T.8. OPOZORILA.....	16
R. RAČUNSKI DEL	17
R.1. REZULTATI MERITEV Z LAHKIM DINAMIČNIM PENETROMETROM.....	18
R.1.1. DPM 1	18
R.1.2. DPM 2	19
R.1.3. DPM 3	20
R.1.4. DPM 4	21
R.1.5. DPM 5	22
R.1.6. DPM 6	23
R.2. KORELACIJSKI IZRAČUNI IZ DINAMIČNE PENETRACIJE	24
R.3. DOLOČITEV STRIŽNIH PARAMETROV HRIBINE	25
R.4. RAZKOP.....	26
R.5. OPREMA IN INTERPRETACIJA	27
R.5.1. DINAMIČNI PENETROMETER PR.13.....	27
R.5.2. PENETRACIJA S STATIČNIM KONUSNIM PENETROMETROM - CPT	28
R.6. IZPIS REZULTATOV CPeT-IT.....	34
R.7. ANALIZE STABILNOSTI	35
G. GRAFIKE	36

S.2 KAZALO SLIK

Slika 1 – Lokacija parcele	6
Slika 2 – fotografija parcele	6
Slika 3 – izsek iz geološke karte	7
Slika 4 - Karta projektnega pospeška tal s povratno dobo 475 let.....	8
Slika 5 - Karta informativnih globin prodiranja mraza h_m	8
Slika 6 – Tabela za določitev GSI.....	11
Slika 7 – Uporabljen model trenutnega stanja	12
Slika 8 – Uporabljen model saniranega stanja	12
Slika 9 – Prikazana najbolj nestabilna porušnica brez obtežbe prometa in vode	13
Slika 10 – Prikazana najbolj nestabilna porušnica saniranega stanja z dodano vodo in obtežbo.....	13
Slika 11 – Fotografija razkopa.....	26
Slika 12 - dinamični penetrometer PR.13.....	27
Slika 13 - fotografija uporabljene opreme	28

S.3 KAZALO GRAFIK

G.1 Situacija z lokacijo meritev

G.2 Geološko geotehnični karakteristični profil PR1

T. TEHNIČNI DEL

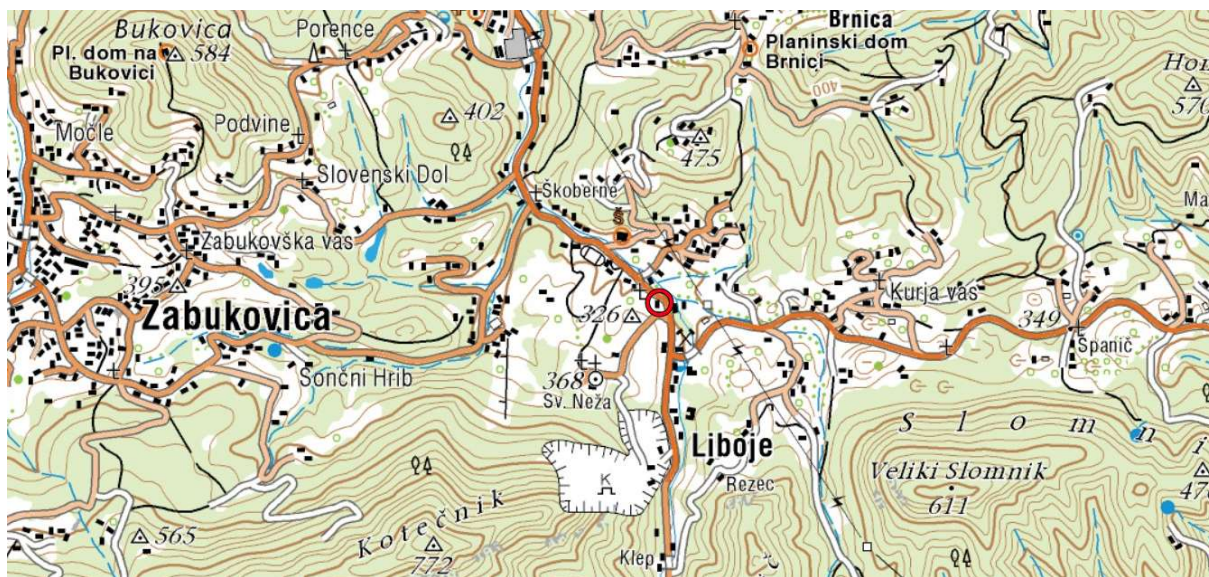
T.1. SPLOŠNO

Naročnik geološko geotehničnega poročila želi na parcelah s parcelno številko: parc. št.: 195 in 1010/9 k.o.: 1021 Liboje, pridobiti informacije o pogojih za sanacijo usada pod lokalno cesto.

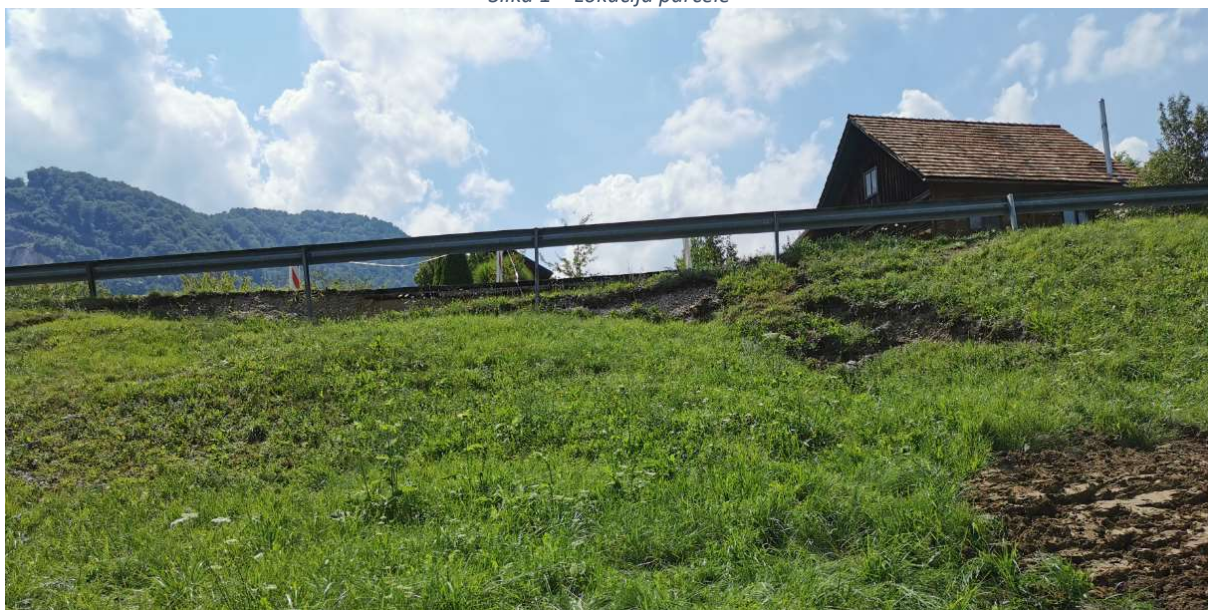
Osnova za izdelavo tega poročila je terenski pregled območja, predhodne raziskave na obravnavanem območju in izvedene terenske meritve ter interpretacija pridobljenih podatkov.

T.1.1. Lokacija in opis

Usad se nahaja v Libojah, na višini 300 m n.m.. Teren je zatravljen in pada proti vzhodu z naklonom 50%. Zemeljski usad se nahaja pod lokalno cesto LC 490012 in nad asfaltirano pešpotjo. Dolžina usada je cca 20m. Odlom pod cesto je izmerjen dolžine 11 m.



Slika 1 – Lokacija parcele



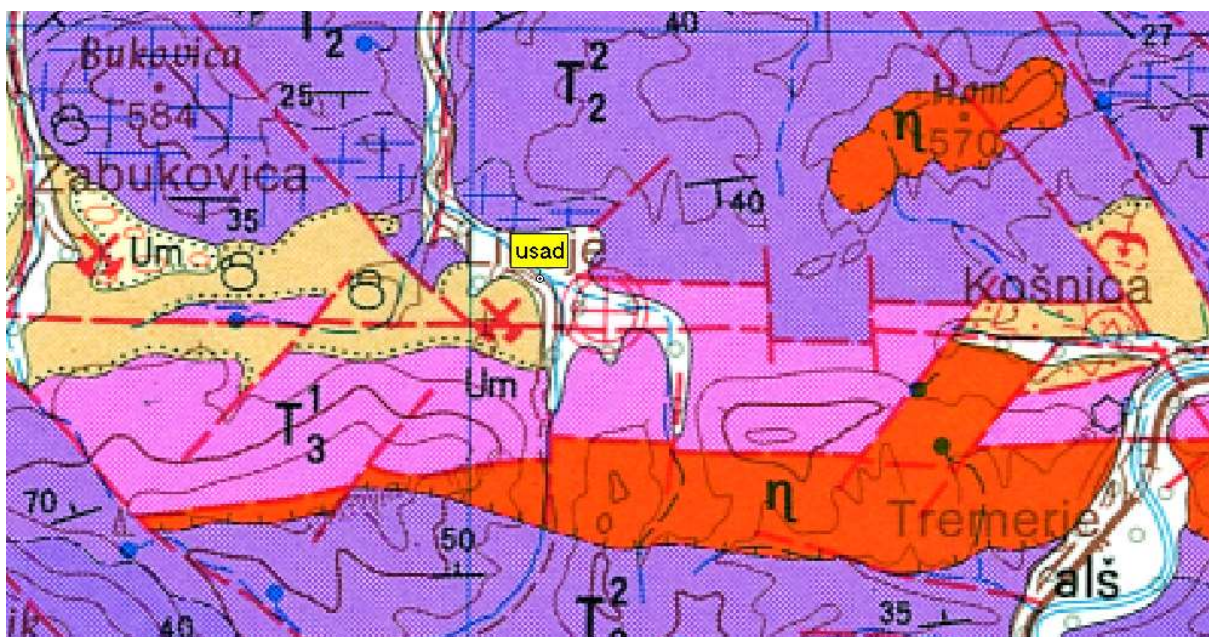
Slika 2 – fotografija parcele

T.2. OSNOVE ZA PROJEKTIRANJE

T.2.1. Geološke osnove

Na obravnavanem območju pod aluvialnimi nanosi gline nahajamo oligocenske plasti sive masivne laporske gline, ki jo nekateri imenujejo tudi sivica. Sveža kamenina je trda s kroglasto krojitvijo, na površini pa hitro prepereva in daje debelo blineno preperino. Ta kamenina je v litološkem pogledu in po bogati foraminiferni favni podobna kiscelski glini na Madžarskem.

Te plasti leže transgresivno na triasnih skladih v katerih nastopa predvsem apnenec.



Slika 3 – izsek iz geološke karte

T.2.2. Podzemna in meteorna voda

Konkretni podatki o gibanju nivoja podzemnih vod na tem območju nam niso na voljo, ker ni na voljo opazovalnih objektov. Podtalno vodo smo s penetracijsko meritvijo zaznali na globini 1 m pod terenom.

T.2.3. Vodoprepustnost in ponikanje

V sklopu CPT raziskav smo ocenili faktor vodoprepustnosti. Ocenjen nezasičen faktor vodoprepustnosti plasti meljne gline je 10^{-8} m/s.

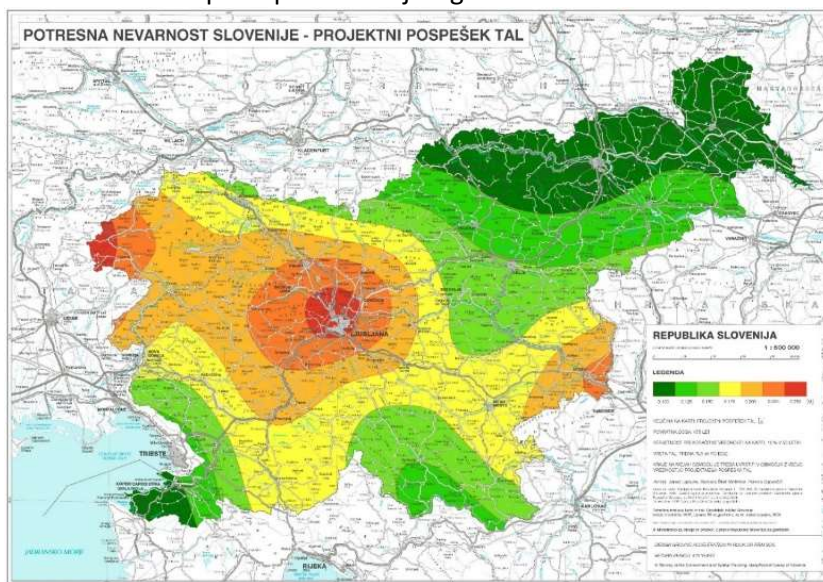
Materiali niso primerni za ponikanje vode in izdelavo ponikalnika.

T.2.4. Seizmičnost terena

Podatke o seizmičnosti terena smo povzeli po karti »POTRESNA NEVARNOST SLOVENIJE – PROJEKTNI POSPEŠEK TAL« za povratno dobo 475 let.

Projektni pospešek tal: 0,150 g

B – Zelo gost pesek, prod ali zelo toga glina, debeline vsaj nekaj deset metrov, pri katerih se mehanske lastnosti postopoma večajo z globino.



Slika 4 - Karta projektnega pospeška tal s povratno dobo 475 let

T.2.5. Zmrzljinska cona

Podatke o zmrzljinskih conah smo povzeli po TSC 6.512:2003 iz priloge 1: Karta informativnih globin prodiranja mraza h_m na področju Republike Slovenije.

Globina prodiranja mraza $h_m = 95$ cm.



Slika 5 - Karta informativnih globin prodiranja mraza h_m

T.3. TERENSKÉ PREISKAVE**T.3.1. Splošno**

Geološko sestavo in mehanske lastnosti smo ugotavljali z meritvami z dinamičnim penetrometrom PR.13 (DPM – dynamic penetrometer medium). Aparature in postopek merjenja sta skladna s standardom (DIN) EN ISO 22476-2. Izvedba penetracijskega sondiranja nam omogoča pridobiti informacije o geotehničnih karakteristikah zemljine kakor o globinah posameznih slojev.

Preiskave s statičnim konusnim penetrometrom so bile izvedene z opremo, ki je skladna z standardi SIST EN 1997-2:2007 ter EN ISO 22476- 1:2005.

T.3.2. Izvleček rezultatov meritev z dinamičnim penetrometrom

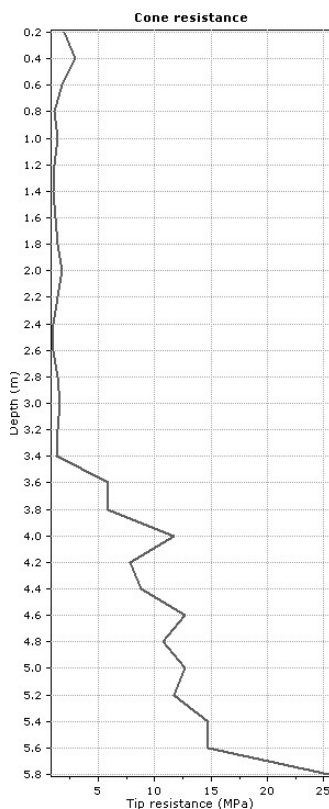
V sklopu meritev smo izvedli 6 DPM meritev. Za karakteristične vrednosti smo prevzeli najslabšo meritev.

meritev	globina [m]	kohezija [kPa]	strižni kot [°]
DPM 1	<2,1	1	18
	>2,1	2	20
DPM 2	<2,0	1	18
	>2,0	2	20
DPM 3	<3,9	1	18
	>3,9	2	20
DPM 4	<2,7	1	18
	>2,7	2	20
DPM 5	<3,2	1	18
	>3,2	2	20
DPM 6	<3,4	1	18
	>3,4	2	20

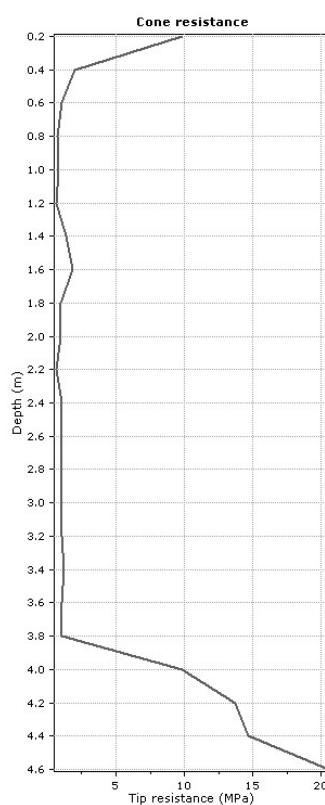
T.3.3. Izvleček rezultatov meritev s konusnim penetrometrom

V sklopu meritev smo izvedli 2 CPT meritvi.

CPT 1



CPT 2



CPT 1

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	3.40	6.09E-06	6.2	0.0	0.0	0.0	21.2	39.7	96.7	2.5	11.7	18.0
3.40		(±1.70E-05)	(±1.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±7.6)	(±13.5)	(±32.2)	(±0.7)	(±3.4)	(±0.8)
3.40	2.20	1.31E-05	26.8	91.4	57.6	39.5	165.2	110.6	0.0	0.0	0.0	19.5
5.60		(±1.16E-05)	(±9.2)	(±23.9)	(±7.3)	(±1.1)	(±68.6)	(±31.6)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.6)

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

CPT 2

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	0.50	1.01E-04	12.5	34.8	83.0	43.3	69.6	43.6	0.0	0.0	0.0	18.5
0.50		(±1.19E-04)	(±2.1)	(±2.2)	(±13.6)	(±1.5)	(±4.3)	(±2.7)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)
0.60	3.20	5.27E-08	5.4	0.0	0.0	0.0	15.7	36.6	67.9	2.1	9.7	17.9
3.80		(±1.22E-07)	(±2.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±10.1)	(±10.7)	(±12.6)	(±1.1)	(±5.3)	(±0.3)
3.80	0.80	7.42E-06	28.0	93.5	57.6	40.0	172.2	117.2	0.0	0.0	0.0	19.7
4.60		(±5.32E-06)	(±12.4)	(±34.5)	(±15.0)	(±2.1)	(±92.5)	(±43.2)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.9)

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

T.3.4. Določitev strižnih karakteristik hribine

Po Hoekov Brownovem porušitvenem kriteriju smo določili strižne karakteristike hribine. Tlačna trdnost preperine je bila določena s dinamično penetracijo v hribinsko preperino in je znašala 1,0 MPa. GSI smo prevzeli 40, mi 5 D=0,7, za hribino se lahko prevzame $C = 2 \text{ kPa}$ $\varphi = 20^\circ$

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS (Hoek and Marinos, 2000) From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that $GSI = 35$. Note that the table does not apply to structurally controlled failures. Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis.		SURFACE CONDITIONS VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces GOOD Rough, slightly weathered, iron stained surfaces FAIR Smooth, moderately weathered and altered surfaces POOR Slackensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments VERY POOR Slackensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings	
STRUCTURE INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes		DECREASING SURFACE QUALITY →	
DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES ↓		→	
90		N/A	
80		N/A	
70		N/A	
60		N/A	
50		N/A	
40		N/A	
30		N/A	
20		N/A	
10		N/A	
N/A		N/A	

Slika 6 – Tabela za določitev GSI

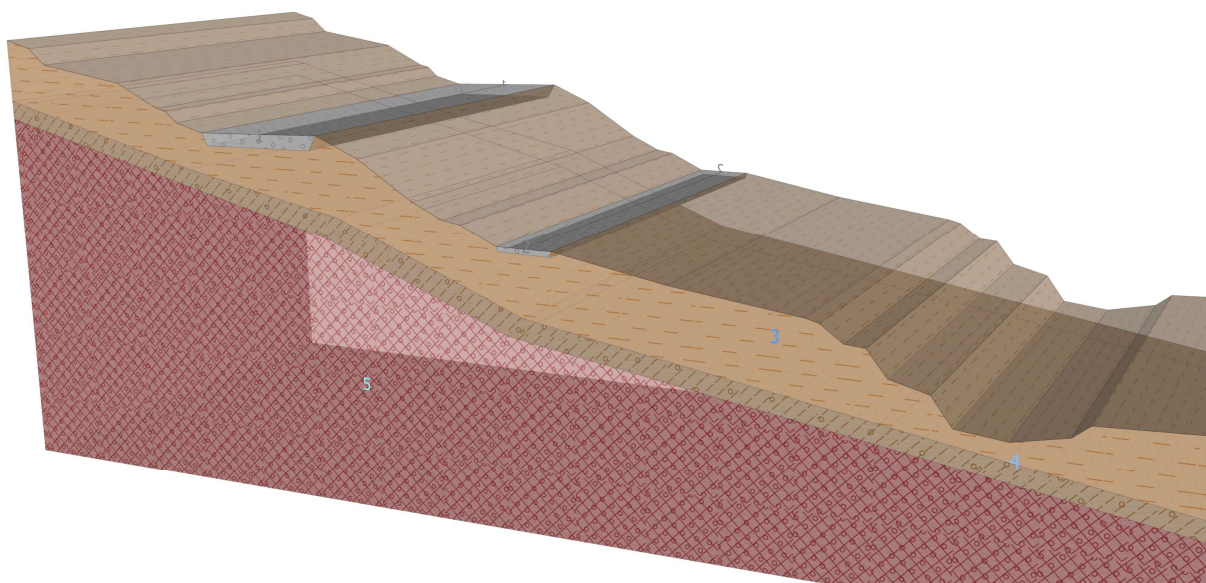
T.3.5. Karakteristične vrednosti

Iz različnih meritev in korelacijskih metod smo inženirsko ocenili karakteristike slojev na obravnavanem območju.

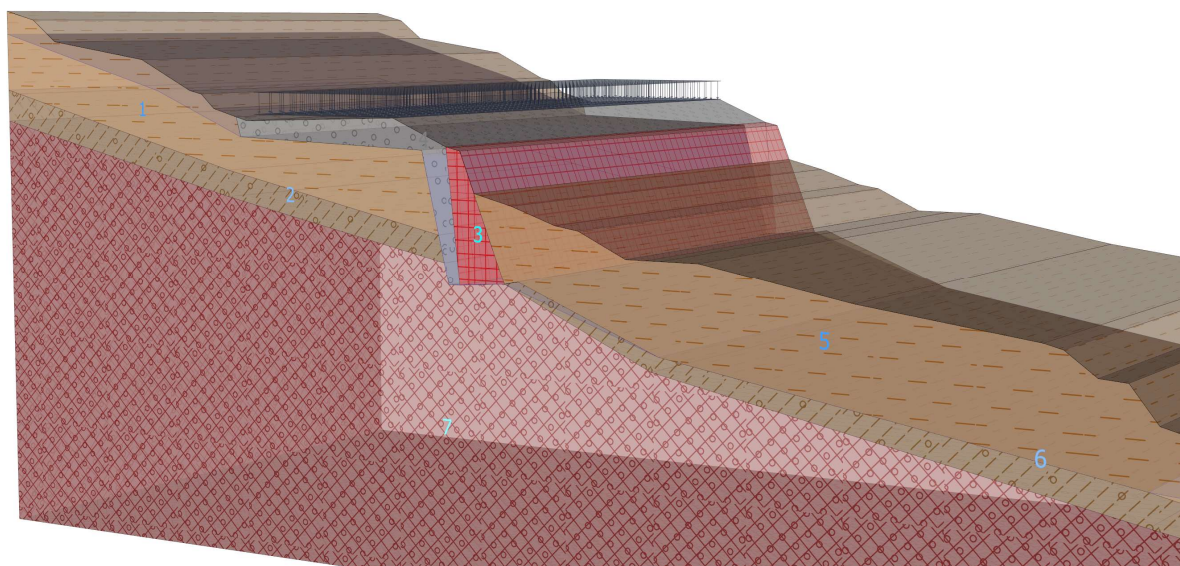
Št.	Sloj	globina [m]	Gostota [kN/m ³]	kohezija [kPa]	Nedrenirana strižna trdnost [kPa]	strižni kot [°]	Elastični modul [MPa]
1	Meljna glina	0-3,9	17	1	13	18	2
2	Morska glina - sivica	3,9-4,9	18	2	30	20	5
3	Okamenela glina	Od 4,9	20	9	60	23	20

T.4. ANALIZA STABILNOSTI

Za analizo smo obravnavali profil – PR.1. Uporabljene so bile Mohr-Coulombove karakteristike materialov. Porušnice smo iskali z metodo po Bishopu. Izračun nam najde najbolj neugodne porušnice in stopnjo izkoriščenosti. Obravnavali smo trenutno stanje brez dodane vode in obtežbe prometa, ter predvideno sanirano stanje. Analiza saniranega stanja je le informativne narave kot dokazilo ustrezno izbrane variante. Pred izvedbo je potrebno izdelati analizo stabilnost na projektno stanje.



Slika 7 – Uporabljen model trenutnega stanja



Slika 8 – Uporabljen model saniranega stanja

1. Meljna glina:

$$C = 1 \text{ kPa}$$

$$\varphi = 17^\circ$$

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$$

- kohezija

- strižni kot

- prostorninska teža

2. Morska glina - sivica:

$$C = 2 \text{ kPa}$$

$$\varphi = 20^\circ$$

$$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$$

- kohezija

- strižni kot

- prostorninska teža

3. Okamenela glina/nepodajna podlaga:

$$C = 9 \text{ kPa}$$

$$\varphi = 23^\circ$$

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

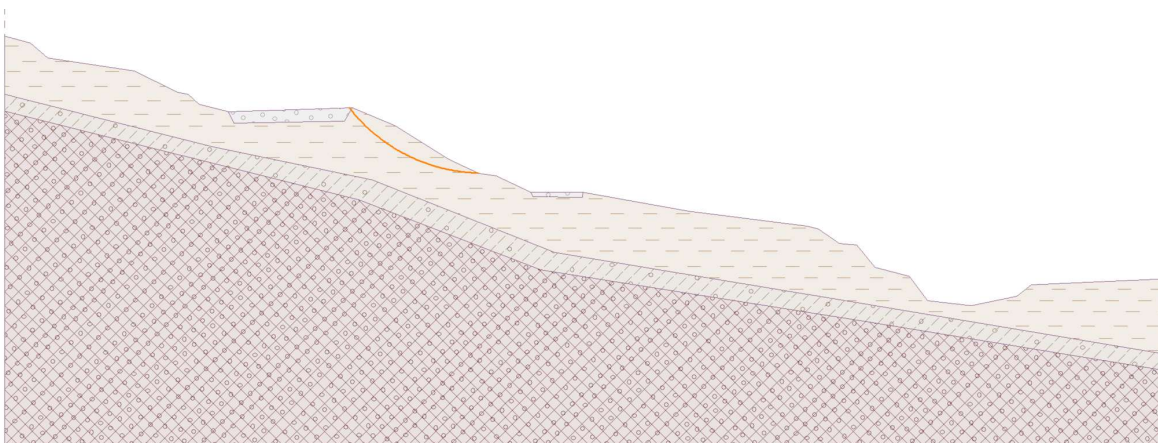
- kohezija

- strižni kot

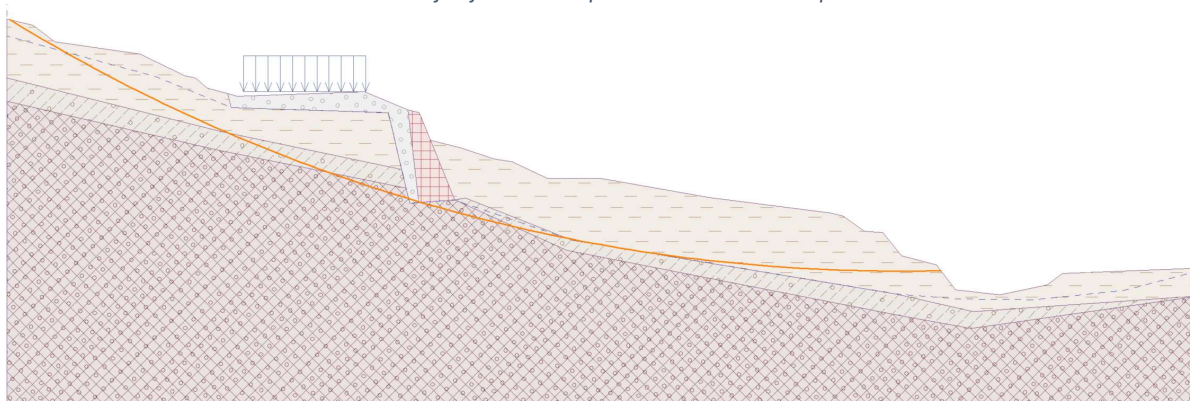
- prostorninska teža

T.4.1. Analiza v PR.1

Na prevzete parametre dobimo največje nestabilnosti pod cesto, kjer je tudi v naravi usad.



Slika 9 – Prikazana najbolj nestabilna porušnica brez obtežbe prometa in vode



Slika 10 – Prikazana najbolj nestabilna porušnica saniranega stanja z dodano vodo in obtežbo

REZULTAT ANALITČNE ANALIZE STABILNOSTI

Profil PR1	Izkoriščenost
Trenutno stanje	158,6 %
Sanirano stanje	88,2 %

T.5. VAROVANJE GRADBENE JAME

Pri izvedbi predvidene kamnite zložbe je potrebno izkope varovati. Oziroma to preučiti v fazi PZI.

T.6. PREDLOG SANACIJE PLAZU

Sanacijo je možno izvest s podpornim ukrepom sidranje podporne stene, AB zidu ali kamnite zložbe v betonu.

Kot najbolj ekonomična rešitev se predlagala kamnita zložba v betonu. Predlaga se sanacija v dolžini cca 30 m. Zložba bi bila višine cca 6,0 m. Objekt mora biti temeljen cca 1,0 m v okameneli glini, ki na obočju sanacije globine cca 5,0 m. Na geomehansko prevzet planum temeljnih tal se prične vgradnja 15 cm podložnega betona. Sklon temelja je 10% proti zaledni drenaži. Ob zlaganju kamenja je potreben sproten zasip iz obeh strani zložbe. Zložba se izvede iz skal premera 60-100cm. Kamni morajo biti čisti in po vgradnji je potrebno kamnito zložbo vlažiti, da ne bo »izgorel« beton. Stične ploskve med kamni morajo imeti vsaj 8-10% proti zaledju. Kamnita zložba se izvede iz zmrzlinso odpornega kamna v razmerju 40% beton C20/25 in 60%kamen. Ob zidu je potrebo izvest drenažni zasip z vgradnjo drenaž na betonskih muldah. Celoten zasip je potrebno zbijati in dokazovati zbitost $E_{vd} > 45 \text{ Mpa}$. Vgrajevanje slojev mora imeti min. prečni sklon 4% proti drenažnem zasipu in se vgrajuje v maksimalnem sloju 40cm.

Podporni ukrep je potrebno preveriti na zdrs, prevrnitev, preverit globalno stabilnost ter ga ustrezno dimenzionirati.

T.7. PREDLOG UREDITVE VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE

Planum temeljenja ceste ima CBR okoli 4%.

Maksimalna globina prodiranja mraza h_m na tem območju smo ocenili na 95 cm (povzeto po karti globin prodiranja mraza na področju Republike Slovenije TSC 06.512: 2003 Projektiranje, Klimatski in hidrološki pogoji).

Temeljna tla sestavljajo materiali, katere uvrščamo v razred neodpornih proti učinkom zmrzovanja in odtajevanja. Hidrološki pogoji po ureditvi ceste zaradi prisotnosti zalednih vod upoštevamo kot neugodni. Potrebna debelina voziščne konstrukcije h_{min} je 80 % globine prodiranja mraza h_m , kar znaša 64 cm.

$$h_{min} = 0,8 \cdot h_m = 0,8 \cdot 95 \text{ cm} = 76 \text{ cm}.$$

Na obravnavani cesti je bilo v času preiskav opaženih večje število tovornih vozil.

Za omenjeno traso je bila informativno določena **Težka** prometna obremenitev. Predlagamo, da se v sklopu projekta izvede strukturno štetje prometa za določitev prometne obremenitve in se prevzete parametre preveri. Zaradi zagotovitve zmrzlinso odpornosti voziščne konstrukcije in izboljšave nosilnosti temeljnih tal iz CBR 4% se izvede plast zmrzlinso odpornega kamnitega materiala. Z vgradnjo te plasti ocenjujemo da se vrednost CBR dvigne na 10 % (po diagramu »Zahtevane debelne dodatne plasti kamnitega materiala za povečanje nosilnosti posteljice) ter zadostimo pogoju globine zmrzovanja. V kolikor se ob izvedbi ne doseže predvidene nosilnosti na planumu temeljnih tal, se debelina kamnite posteljice ustrezno poveča (določiti z geotehničnim nadzorom).

Upoštevana je 2% rast prometa in 20 letna doba trajanja.

Na osnovi izračunane prometne obremenitve in predvidene nosilnosti na planumu posteljice je potrebna voziščna konstrukcija iz plasti:

- dk= 15 cm plasti bituminiziranih zmesi
- dsn= 35 cm plasti nevezane nosilne plasti kamnitih zrn.

Debelinski indeks takšne voziščne konstrukcije znaša:

$$D_{\text{pot}} = 15 \cdot 0,38 + 35 \cdot 0,14 = 10,6$$

Dimenzioniranje voziščne konstrukcije je izvedeno po TSC 06.520 : 2009, na podlagi prometne obremenitve in nosilnosti temeljnih tal..

<i>Sloj</i>	<i>d (cm)</i>	<i>a_i</i>	<i>a_i · d_i</i>
Bitumenski beton AC 11 surf B70/100, A2	6	0,42	2,52
Bituminizirani drobljenec AC 22 base B50/70, A2	9	0,35	3,15
Tamponski drobljenec TD32	36	0,14	5,04
Zmrzlinško odporna kamnita posteljica TD63	Min. 40	-	-
Skupaj:	91		10,71

$D_{\text{dej}} = 10,71 \geq D_{\text{pot}} = 10,6$ pogoj je izpolnjen

$h = 91 \text{ cm} \geq h_{\text{min}} = 76 \text{ cm}$ pogoj je izpolnjen

Za novogradnjo oz. asfaltiranje je predvidena vgradnja sledečih plasti na temeljna tla:

- Obstoječo konstrukcijo in temeljna tla je treba odstraniti do kote, ki bo usklajena s predvideno niveleto nove voziščne konstrukcije. Skupna debelina nove voziščne konstrukcije z zmrzlinško odpornim materialom mora znašati najmanj 91,0 cm
- Vgradi se posteljica, ki mora znašati min. 40 cm zmrzlinško odpornega kamnitega materiala (posteljica) TD63 in zadoščati CBR>min.10%
- 36 cm tamponskega drobljenca TD32
- 9 cm nosilna asfaltna plast AC 22 base B50/70, A2
- 6 cm obrabna asfaltna plast AC 11 surf B70/100, A2

T.8. OPOZORILA

Drugačne razmere pri izvedbi monitoringa , ki opisu v tem poročilu ne bi bile ustrezne, je potrebno ponovno pregledati, ugotoviti stanje in nosilnost temeljnih tal v delu, kjer jih predstavlja drugačen material od predvidenega. Obtežni primer v izračunih je informativne narave. Za preračun dejanskega temeljenja je potrebno izdelati preračun temeljenja na podlagi dejanskih obtežb in reakcij objekta na temeljna tla. V primeru globljih in nenosilnih con pa je potreben ponoven ogled in odločitev o pripravi temeljnih tal, oziroma preračunu temeljenja.

Za izvedbo sanacije je potrebna izdelava načrta podpornega ukrepa in načrta ureditve ceste.

Dobrna, julij 2020

Sestavila:

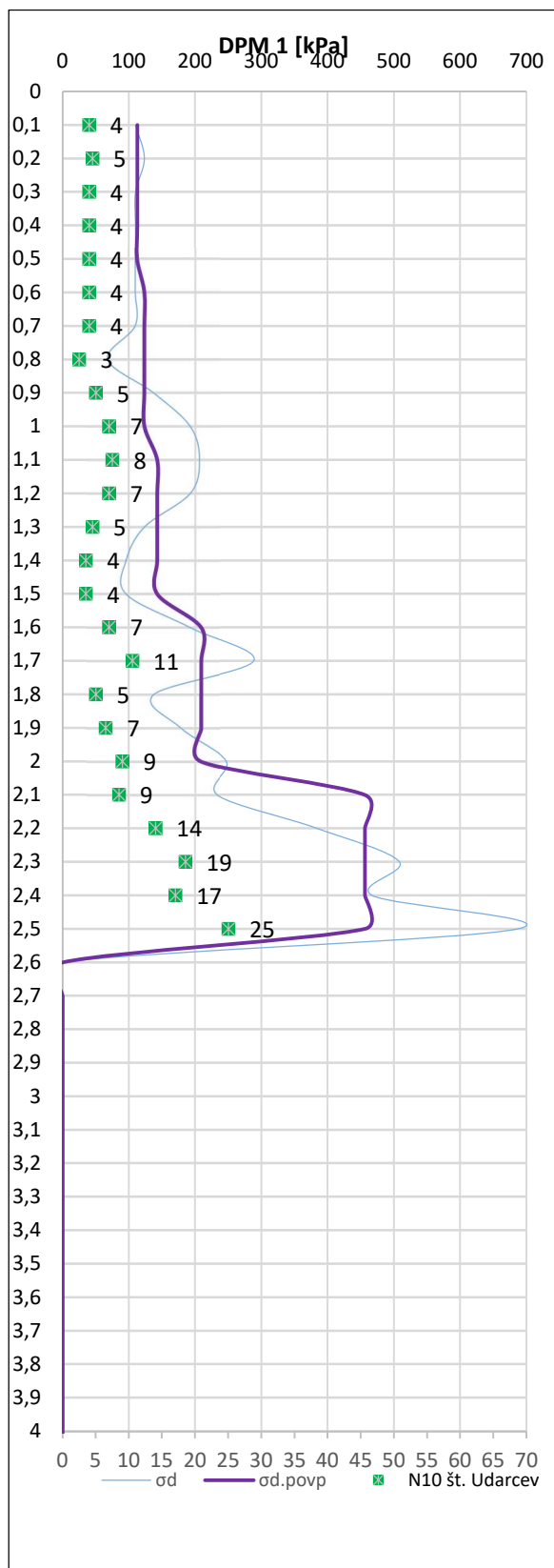
Martin Škoflek in

Vid Štukovnik, dipl.inž.grad.

R. RAČUNSKI DEL

R.1. REZULTATI MERITEV Z LAHKIM DINAMIČNIM PENETROMETROM

R.1.1. DPM 1



Podatki o meritvi:

Oznaka meritve:	DPM 1
Tip meritve/naprava:	DPL/PR.13
Parcela:	parc. št.: 195 in 1010/9 k.o.: 1021 Liboje
Investitor:	Občina Žalec
Vreme:	sončno, 30 °C
Nivo podtalne vode:	/ m
Meritve izvajal:	M. Škoflek
Globina meritve:	2,5 m

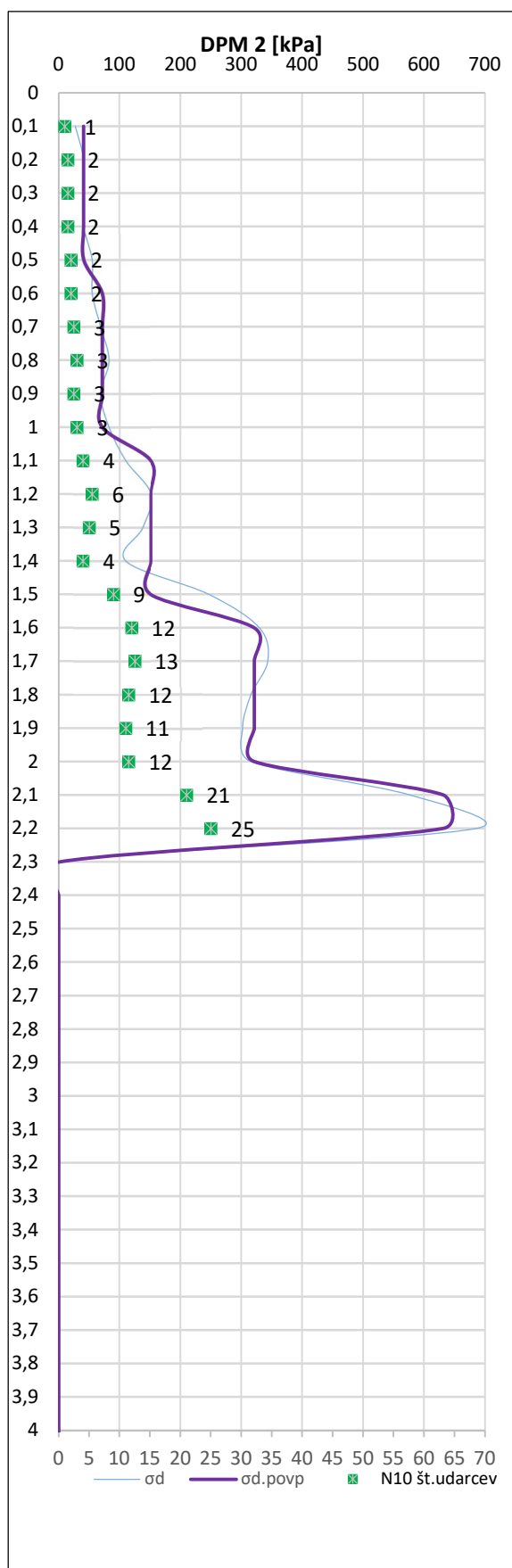
Popis slojev:

i	h_i (m)	h_{i+1} (m)	opis	Oznaka
1	0,00	2,10	meljna glina	siCl
2	2,10	-	morska glina - sivica	

Ocenjene geotehnične karakteristike slojev:

Sloj			siCl	
opis	oznaka	enota	1	2
od globine	h_i	(m)	0,00	2,10
do globine	h_{i+1}	(m)	2,10	-
kohezija	C	(kPa)	1	2
strižni kot	ϕ	(°)	18°	20°
tlačna trdnost	σ_c	(kPa)	100	500
prostorninska teža	γ	(kN/m ³)	16	20
modul stisljivosti	Mv	(MPa)	5	20

R.1.2. DPM 2



Podatki o meritvi:

Oznaka meritve:	DPM 2
Tip meritve/naprava:	DPL/PR.13
Parcela:	parc. št.: 195 in 1010/9 k.o.: 1021 Liboje
Investitor:	Občina Žalec
Vreme:	sončno, 30 °C
Nivo podtalne vode:	/ m
Meritve izvajal:	M. Škoflek
Globina meritve:	2,2 m

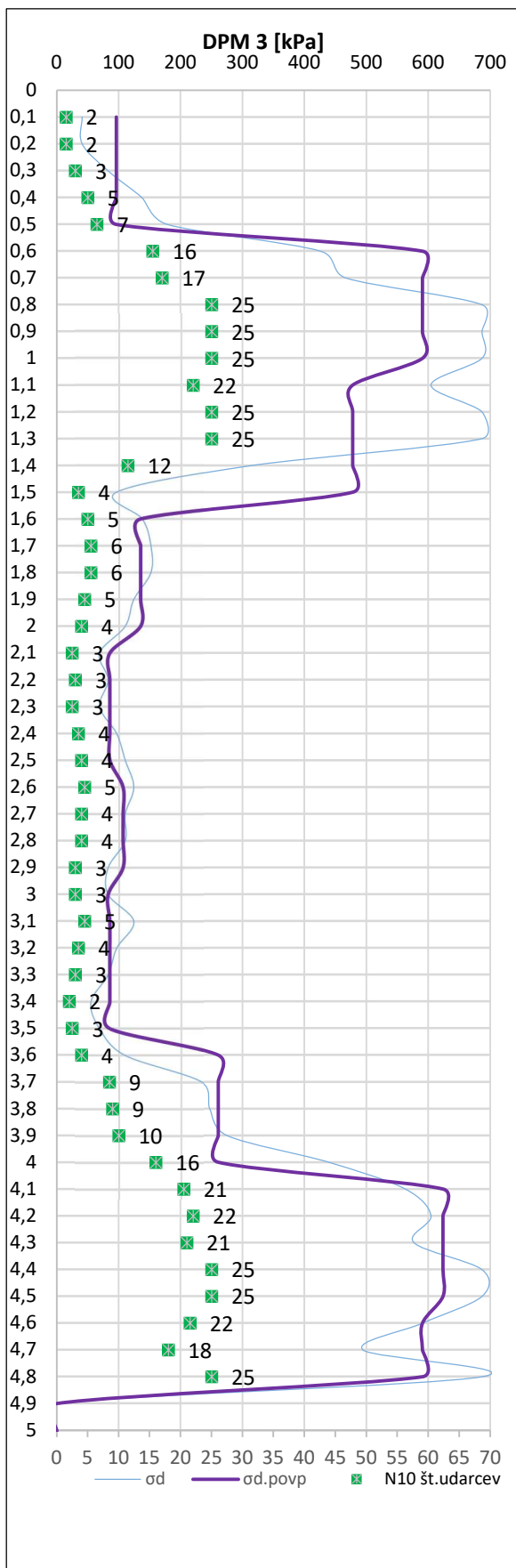
Popis slojev:

i	h _i (m)	h _{i+1} (m)	opis	Oznaka
1	0,00	2,00	meljna glina	siCl
2	2,00	-	morska glina - sivica	

Ocenjene geotehnične karakteristike slojev:

Sloj			siCl	
opis	oznaka	enota	1	2
od globine	h _i	(m)	0,00	2,00
do globine	h _{i+1}	(m)	2,00	-
kohezija	C	(kPa)	1	2
strižni kot	φ	(°)	18°	20°
tlačna trdnost	σ _c	(kPa)	20-100	500
prostorninska teža	γ	(kN/m ³)	16	20
modul stisljivosti	M _v	(MPa)	5	20

R.1.3. DPM 3



Podatki o meritvi:

Oznaka meritve:	DPM 3
Tip meritve/naprava:	DPL/PR.13
Parcela:	parc. št.: 195 in 1010/9 k.o.: 1021 Liboje
Investitor:	Občina Žalec
Vreme:	sončno, 30 °C
Nivo podtalne vode:	/ m
Meritve izvajal:	M. Škoflek
Globina meritve:	4,8 m

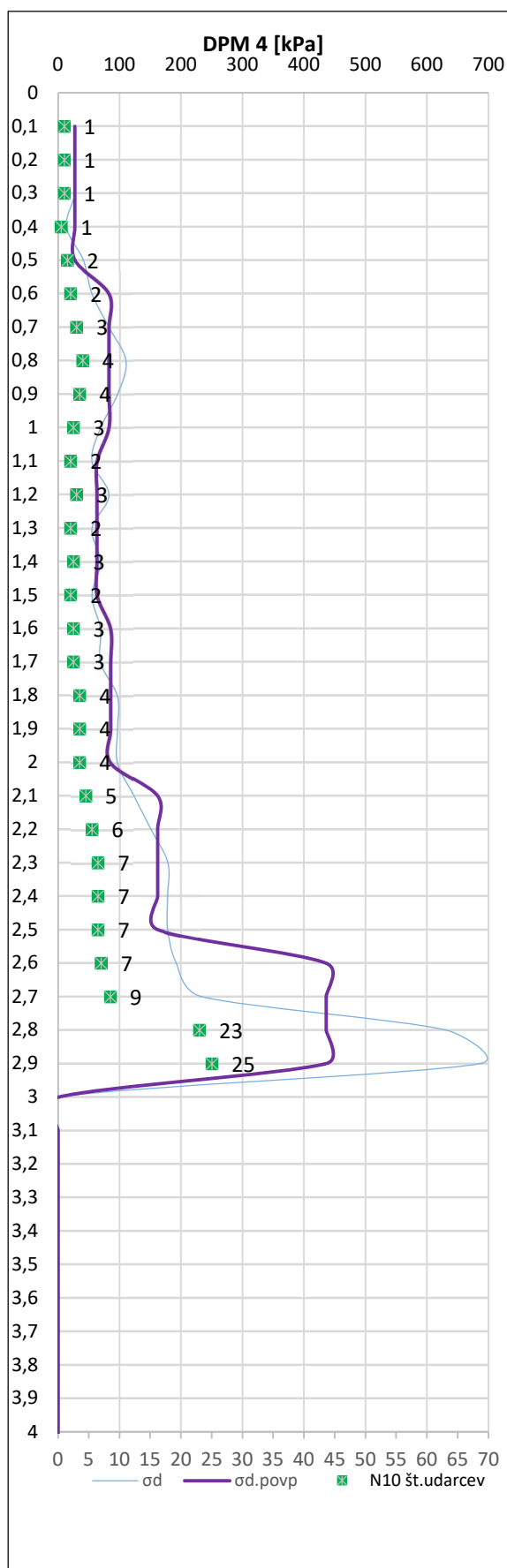
Popis slojev:

i	h_i (m)	h_{i+1} (m)	opis	Oznaka
1	0,00	3,90	meljna glina	siCl
2	3,90	-	morska glina - sivica	

Ocenjene geotehnične karakteristike slojev:

Sloj			siCl	
opis	oznaka	enota	1	2
od globine	h_i	(m)	0,00	3,90
do globine	h_{i+1}	(m)	3,90	-
kohezija	C	(kPa)	1	2
strižni kot	ϕ	(°)	18°	20°
tlačna trdnost	σ_c	(kPa)	20-100	500
prostorninska teža	γ	(kN/m ³)	16	20
modul stisljivosti	Mv	(MPa)	5	20

R.1.4. DPM 4



Podatki o meritvi:

Oznaka meritve:	DPM 4
Tip meritve/naprava:	DPL/PR.13
Parcela:	parc. št.: 195 in 1010/9 k.o.: 1021 Liboje
Investitor:	Občina Žalec
Vreme:	sončno, 30 °C
Nivo podtalne vode:	/ m
Meritve izvajal:	M. Škoflek
Globina meritve:	2,9 m

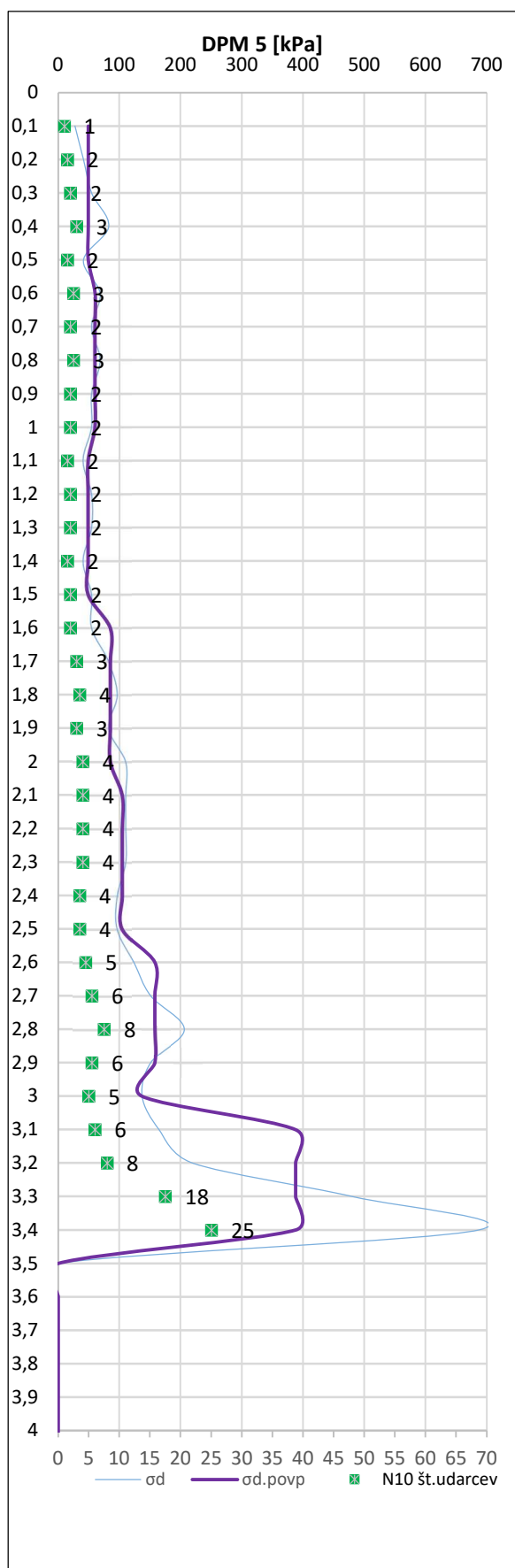
Popis slojev:

i	h_i (m)	h_{i+1} (m)	opis	Oznaka
1	0,00	2,70	meljna glina	siCl
2	2,70	-	morska glina - sivica	

Ocenjene geotehnične karakteristike slojev:

Sloj			siCl	
opis	oznaka	enota	1	2
od globine	h_i	(m)	0,00	2,70
do globine	h_{i+1}	(m)	2,70	-
kohezija	C	(kPa)	1	2
strižni kot	ϕ	(°)	18°	20°
tlačna trdnost	σ_c	(kPa)	20-100	500
prostorninska teža	γ	(kN/m ³)	16	20
modul stisljivosti	Mv	(MPa)	5	20

R.1.5. DPM 5



Podatki o meritvi:

Oznaka meritve:	DPM 5
Tip meritve/naprava:	DPL/PR.13
Parcela:	parc. št.: 195 in 1010/9 k.o.: 1021 Liboje
Investitor:	Občina Žalec
Vreme:	sončno, 30 °C
Nivo podtalne vode:	/ m
Meritve izvajal:	M. Škoflek
Globina meritve:	3,4 m

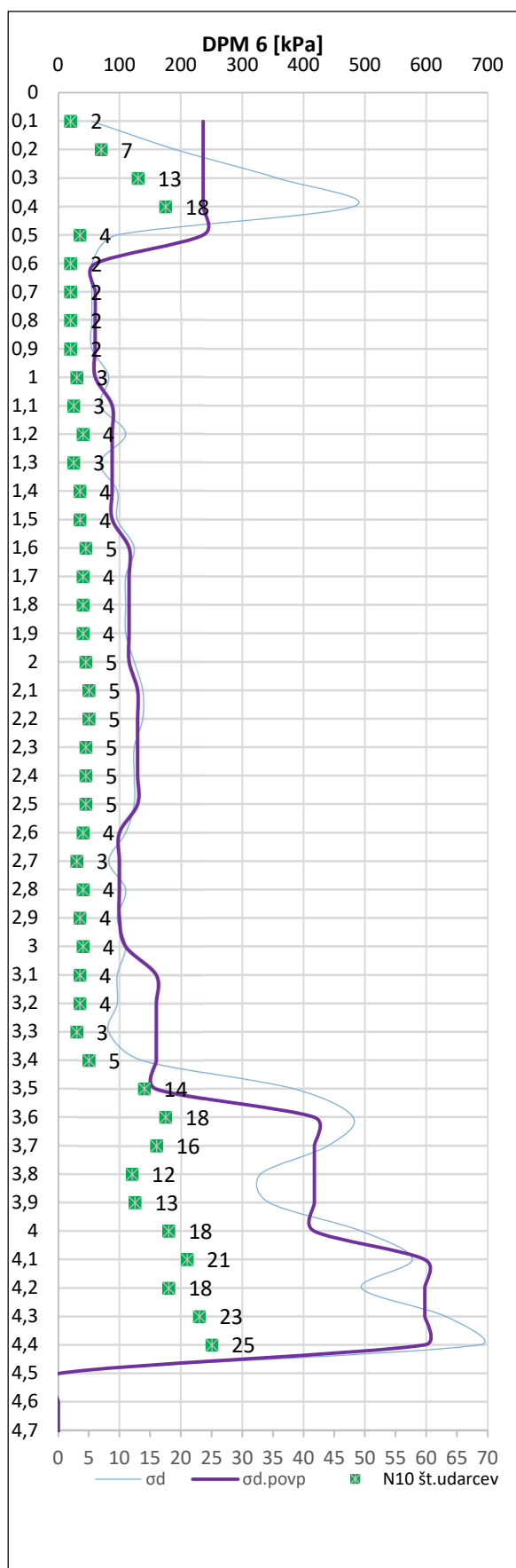
Popis slojev:

i	h_i (m)	h_{i+1} (m)	opis	Oznaka
1	0,00	3,20	meljna glina	siCl
2	3,20	-	morska glina - sivica	

Ocenjene geotehnične karakteristike slojev:

Sloj			siCl	
opis	oznaka	enota	1	2
od globine	h_i	(m)	0,00	3,20
do globine	h_{i+1}	(m)	3,20	-
kohezija	C	(kPa)	1	2
strižni kot	ϕ	(°)	18°	20°
tlačna trdnost	σ_c	(kPa)	20-100	500
prostorninska teža	γ	(kN/m ³)	16	20
modul stisljivosti	Mv	(MPa)	5	20

R.1.6. DPM 6



Podatki o meritvi:

Oznaka meritve:	DPM 6
Tip meritve/naprava:	DPL/PR.13
Parcela:	parc. št.: 195 in 1010/9 k.o.: 1021 Liboje
Investitor:	Občina Žalec
Vreme:	sončno, 30 °C
Nivo podtalne vode:	/ m
Meritve izvajal:	M. Škoflek
Globina meritve:	4,4 m

Popis slojev:

i	h_i (m)	h_{i+1} (m)	opis	Oznaka
1	0,00	3,40	meljna glina	siCl
2	3,40	-	morska glina - sivica	

Ocenjene geotehnične karakteristike slojev:

Sloj			siCl	
opis	oznaka	enota	1	2
od globine	h_i	(m)	0,00	3,40
do globine	h_{i+1}	(m)	3,40	-
kohezija	C	(kPa)	1	2
strižni kot	ϕ	(°)	18°	20°
tlačna trdnost	σ_c	(kPa)	20-100	500
prostorninska teža	γ	(kN/m ³)	16	20
modul stisljivosti	Mv	(MPa)	5	20

R.2. KORELACIJSKI IZRAČUNI IZ DINAMIČNE PENETRACIJE

COHESIVE SOIL S

Undrained cohesion

Description	NSPT	Layer depth (m)	Correlation	Cu (KPa)
Layer (1) glina lahko gnetna	2,22	0.00-1,60	Terzaghi-Peck	13,63
Layer (2) glina srednje gnetna	5,08	1,60-3,10	Terzaghi-Peck	31,09

Qc (CPT Cone resistance)

Description	NSPT	Layer depth (m)	Correlation	Qc (Mpa)
Layer (1) glina lahko gnetna	2,22	0.00-1,60	Robertson (1983)	0,44
Layer (2) glina srednje gnetna	5,08	1,60-3,10	Robertson (1983)	1,00

Oedometric module

Description	NSPT	Layer depth (m)	Correlation	Eed (Mpa)
Layer (1) glina lahko gnetna	2,22	0.00-1,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	2,40
Layer (2) glina srednje gnetna	5,08	1,60-3,10	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	5,26

Young's modulus

Description	NSPT	Layer depth (m)	Correlation	Ey (Mpa)
Layer (1) glina lahko gnetna	2,22	0.00-1,60	Apollonia	2,18
Layer (2) glina srednje gnetna	5,08	1,60-3,10	Apollonia	4,98

AGI Classification (Assoc. It. Geolog.)

Description	NSPT	Layer depth (m)	Correlation	Classification
Layer (1) glina lahko gnetna	2,22	0.00-1,60	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Layer (2) glina srednje gnetna	5,08	1,60-3,10	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Unit weight

Description	NSPT	Layer depth (m)	Correlation	Unit weight (KN/m3)
Layer (1) glina lahko gnetna	2,22	0.00-1,60	Meyerhof	15,49
Layer (2) glina srednje gnetna	5,08	1,60-3,10	Meyerhof	17,26

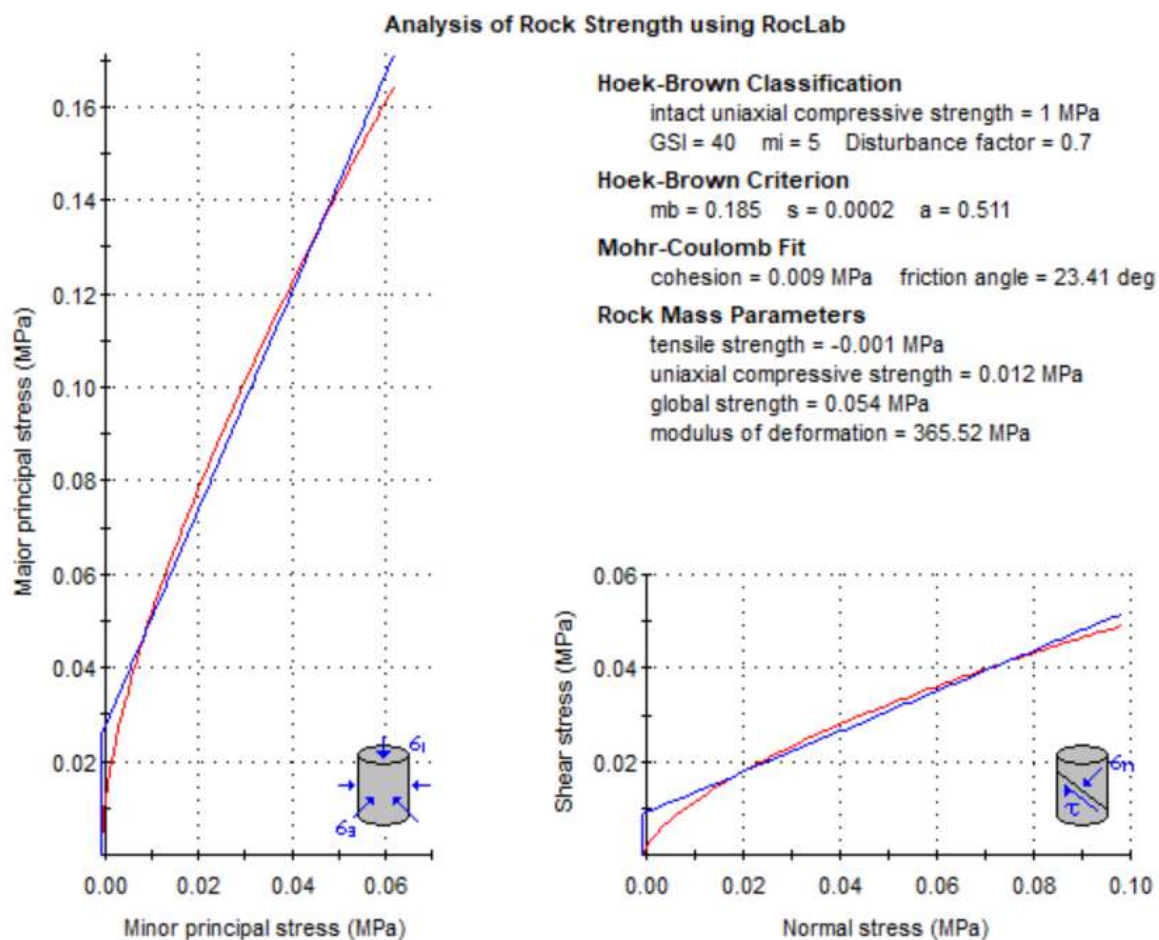
Saturated unit weight

Description	NSPT	Layer depth (m)	Correlation	Saturated unit weight (KN/m3)
Layer (1) glina lahko gnetna	2,22	0.00-1,60	Meyerhof	18,14
Layer (2) glina srednje gnetna	5,08	1,60-3,10	Meyerhof	18,44

Shear wave velocity

Description	NSPT	Layer depth (m)	Correlation	Shear wave velocity (m/s)
Layer (1) glina lahko gnetna	2,22	0.00-1,60	Ohta & Goto (1978) Low plasticity clays and silty clays	75,22
Layer (2) glina srednje gnetna	5,08	1,60-3,10	Ohta & Goto (1978) Low plasticity clays and silty clays	106,87

R.3. DOLOČITEV STRIŽNIH PARAMETROV HRIBINE



R.4. RAZKOP



Slika 11 – Fotografija razkopa

0-1m	glina lahko gnetna (razuzdana)
1m-2,5m	glina srednje gnetna
>2,5m	morska glina - sivica

R.5. OPREMA IN INTERPRETACIJA

R.5.1. DINAMIČNI PENETROMETER PR.13

Masa uteži: 30kg

Višina padca: 500mm

Jeklene palice Ø 32 mm; L 1000 mm

Krona Ø 42,3 mm; B 90°; A 15 cm²

Energija prenešena skozi drogovje je preračunana kot:

$$F(t) = A_a * E_a * \varepsilon_m(t)$$

Kjer je:

$$A_a \quad \text{Prerez drogovja}$$

$$E_a \quad \text{Modul elastičnosti drogovja}$$

$$\varepsilon_m(t) \quad \text{Merjena deformacija drogovja ob času t}$$

Razmerje med teoretično energijo in dejansko energijo preneseno skozi drogovje do krone je za vsak penetrometer definirano posebej kot:

$$E_r = \frac{EM}{ET}$$

Kjer je:

$$EM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E \quad \text{dejanska prenešena energija skozi drogovje do krone}$$

$$ET = m * g * h \quad \text{teoretična – potencialna energija}$$

$$E_r = 0,7$$

Odpornost tal je preračunana kot:

$$q_d = \left(\frac{m}{m + m'} \right) * r_d$$

$$r_d = \frac{EM}{A * e}$$

$$\delta_{dop} = \frac{r_d}{25}$$

Kjer je:

m masa kladiva

m' skupna masa aparature z drogovje,

g zemeljski pospešek

h višina padca kladiva

A Površina krone

E povprečen prodor krone



Slika 12 - dinamični penetrometer PR.13

R.5.2. PENETRACIJA S STATIČNIM KONUSNIM PENETROMETROM - CPT**OPREMA IN POSTOPEK MERITEV**

Preiskave s statičnim konusnim penetrometrom so bile izvedene z opremo, ki je skladna z standardi SIST EN 1997-2:2007 ter EN ISO 22476- 1:2005.

Za preiskavo smo uporabili stroj za vtiskanje (penetrometer) GD 150KN. Drogovje je opremljeno s merilno konico površine 10 cm². Merilno konico se vtiska v tla s povprečno hitrostjo 2,0 ± 0,5 cm/s.



Slika 13 - fotografija uporabljene opreme

MERJENE VREDNOSTI

S statičnim konusnim penetrometrom smo na terenu pridobili izmerjene vrednosti prikazane v spodnji tabeli 1.

ID	parameter	oznaka	enota
1	Odpor na konico	Qc	MPa
2	Trenje po plašču drogovja	fs	KPa/MPa

NORMALIZIRANI ODPOR NA KONICO q_t

Vrednosti odpora pod konico smo korigirali zaradi vpliva dinamičnih pornih tlakov. Korigirana oziroma normalizirana vrednost odpora na konico tako znasa :

$$q_t = q_c + u_2 \cdot (1 - a)$$

$$q_{tn} = \frac{(q_t - \sigma)}{\sigma_{ef}}$$

Qt – totalni odpor na konico (MPa)

Qtn – normalizirani odpor na konico (kPa) glede na težo zemljine

u2 - dinamični (merjeni) porni tlak

σ – primarna napetost v tleh

a – razmerje med površino konice na katero deluje sila odpora zemljine ter efektivnim merskim prerezom (0,58 v našem primeru)

NORMALIZIRANO TRENJE PO PLAŠČU – Fr

Trenje po plašču smo prav tako normalizirali zaradi vplivov dinamičnih pornih tlakov. Tako je normalizirano trenje po plašču drogovja.

$$F_r = \left(\frac{f_s}{q_t} \right) \cdot 100$$

kjer je:

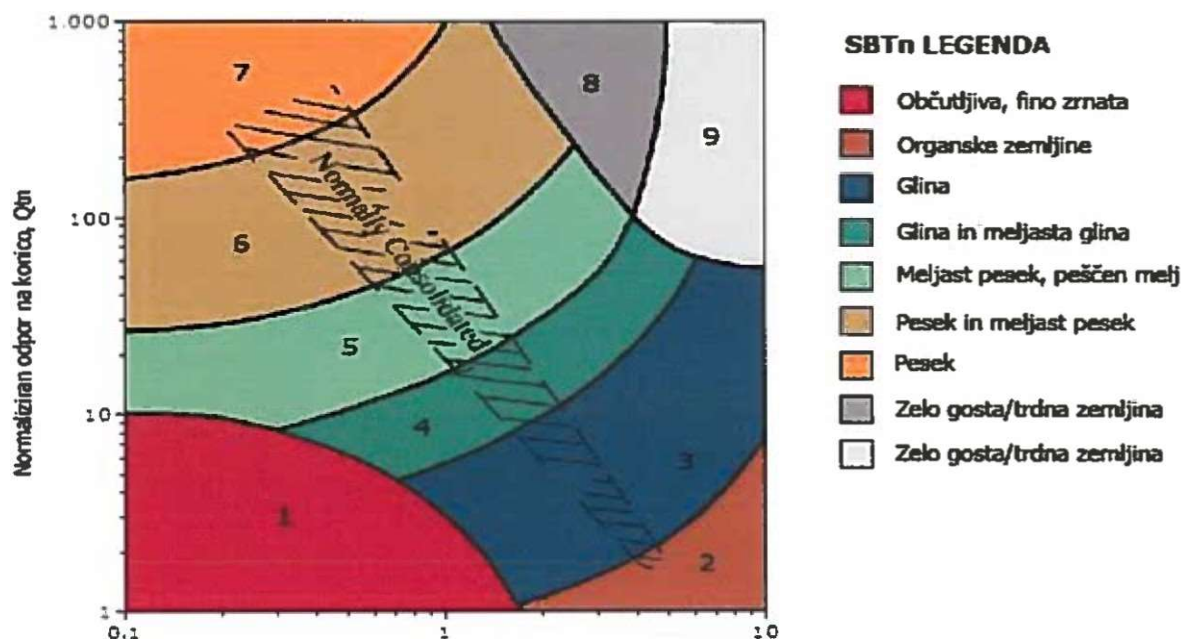
fr - normalizirano trenje po plašču drogovja

fs – merjeno trenje po plašču drogovja

qt- normaliziran odpor na konici

SBTn diagram – NORMALIZIRAN DIAGRAM TIPA OBNAŠANJA ZEMLJIN

SBTn diagram (Lunne et al.,1997) je diagram tipa obnašanja zemljin glede na izmerjene parametre. Na podlagi tega diagrama se klasificira zemljine, kar je eden glavnih prednosti preiskave s statičnim konusnim penetrometrom. Tako razvrščanje zemljin na podlagi SBTn diagramov je zgolj orientacijsko in služi kot opora za nekatere nadaljnje izračune, saj nekateri od njih temeljijo na predpostavki ali zemljini predpišemo koherentne oziroma nekoherentne lastnosti.



SBTn indeks - Ic

Indeks tipa obnašanja zemljin smo izračunali po sledeči enačbi

$$I_c = \left[\left[3,47 - \log(q_{tn})^2 + (\log(F_r) + 1,22) \right]^k \right]^{0,5}$$

Kjer je:

Ic – SBTn indeks

Qtn – normaliziran opdor na konico

Fr –normalizirano trenje po plašču drogova

Na podlagi SBTn indeksa lahko izračunamo koficent prepustnosti – k.

IZRAČUN OCENJENIH VREDNOSTI GEOTEHNIČNIH PARAMATREOV

Koeficent prepustnosti - k_{SBT}

SBTn tip	Koeficent prepustnosti (m/s)
1	1x10 ⁻⁸
2	1x10 ⁻⁷
3	3x10 ⁻¹⁰
4	1x10 ⁻⁸
5	1x10 ⁻⁶
6	1x10 ⁻⁴
7	1x10 ⁻²
8	1x10 ⁻⁶
9	3x10 ⁻⁹

Tabela: Korelacija med koeficinetom prepustnosti ter normaliziranim tipom obnašanja zemljin

Korelacija z SPT testom –N₆₀

Korelacija med podatki iz CPT preiskav ter številom udarcev pri standardnem penetracijskem testu je podana kot odvisnost od klasifikacije posameznega zemljinskega intervala in odpora na konico, kot je prikazano v s spodnji tabeli

območje	Tip zemljine	(qc/pa)/N ₆₀
1	Občutljivo, fino zrnata zemljina	2
2	Organski material	1
3	glina	1
4	Meljasta glina do glina	1.5
5	Glinast melj do meljasta glina	2
6	Peščen melj do glinast melj	2.5
7	Mejast pesek do peščen pesek	3
8	Pesek do meljast pesek	4

9	pesek	5
10	Prodnat pesek do pesek	6
11	Zelo gosto, fino zrnata zemljina	1
12	Pesek do glinast pesek	2

Tabela: korelacija SBTn ter N60

Izračun N60 je izveden po spodnji enačbi

$$\frac{\left(\frac{q_c}{p_q}\right)}{N_{60}} = 8,5 \cdot \left(1 - \frac{I_c}{4,6}\right)$$

Kjer je:

qc – merjen odpor na konico

pa – referenčni tlak (100kPa)

N60 – število udarcev

Ic – SBTn indeks

Youngov modul elastičnosti – Es

Modul elastičnosti je izračunan po spodnji enačbi

$$E_s = \alpha_E \cdot (q_t - \sigma)$$

$$\alpha_E = 0,015 \cdot \left[10^{(0,55 \cdot I_c + 1,68)}\right] \text{ pri } I_c > 2,6$$

Kjer je:

Es – ocenjen Youngov modul elastičnosti

α tn – konstatna, ki je odvisna od tipa zemljine

Ic- SBTn indeks tipa obnašanja zemljin

Youngov modul elastičnosti se izračuna pri Ic>2,6 (Lunne et al, 1997)

Relativna gostota – Dr

Izračun relativne gostote se izvaja samo za 5,6,7 in 8 normaliziran tip obnašanja zemljin (Lunne et al, 1997) in sicer po spodnji enačbi

$$D_r = \sqrt{\frac{q_{tn}}{C_{Dr}}}$$

Kjer je

Dr – relativna gostota v %

qtn – nornmaliziran odpor na konico

CDr – konstanta tipa zemljine

Strižni kot – ϕ

Izračun strižnega kota je izveden po spodnji enačbi za 5,6,7 in 8 normaliziran tip obnašanja zemljine (Lunne et al, 1997)

$$\phi = 17,6 + 11 \cdot \log(q_t)$$

Kjer je

Φ ocenjen strižni kot

q_t – odpor na konico

Mopdul stisljivosti – oedometrski – M

Modul stisljivosti je izračunan po spodnji enačbi za vse tipe zemljin (Lunne et al, 1997) in sicer po spodnji enačbi

$$M = \alpha_M \cdot (q_t - \sigma)$$

Pri nekoherentnih zemljinah α_M

$$M = \alpha_M \cdot (q_t - \sigma)$$

Pri nekoherentnih zemljinah pa za α_M vzamemo:

$$\alpha_M = 0,0188 [10^{(0,55 \cdot I_c + 1,68)}]$$

Kjer je:

M – modul stisljivosti

α_M – korekcijski faktor glede na SBTn indeks

Strižni modul – G_0

Strižni modul je ocenjen po sledeči enačbi (www.geologismiki.gr, CpeT-IT user`s manual, 2008)

$$G_0 = \alpha_M \cdot (q_t - \sigma)$$

$$\alpha_M = 0,0188 [10^{(0,55 \cdot I_c + 1,68)}]$$

kjer je:

G_0 - strižni modul

α_M – korekcijski faktor glede na SBTn indeks

Nedrenirana strižna trdnost – S_u

Za vsak interval koherentne zemljine smo določili nedrenirano strižno trdnost S_u (Meigh 1987), kjer smo upoštevali relacijo:

$$S_u = \frac{(q_t - \sigma)}{N_{kt}}$$

kjer je:

Su – nedrenirana strižna trdnost

Qt – odpor na konico

σ – primarna napetost v tleh

Nkt – emeprični faktor odvisen od tipa konice, OCR, stopnje cementacije. Tipična vrednost

Nkt= 10 – 20. V prekonsolidiranih zemljinah je Nkt večji kot pri normalno konsolidiranih. Izračun se izvedeni samo za SBTn tipe 1, 2, 3, 4 in 9

Koeficient prekonsolidacije – OCR

Koeficient prekonsolidacije koherentnih zemljin OCR smo izračunali po enačbi (Mayne, 1991)

$$OCR = k_{OCR} \cdot \frac{(q_t - \sigma)}{\sigma_{ef}}$$

kjer je:

OCR – koeficient prekonsolidacije

Kocr – konstanta glede na zemljino (pri izračunih smo upoabili vrednost 0.33, ki je predlagana v literaturi)

σ – primarna napetost v tleh

σ_{ef} – efektivna napetost

OPOMBA

Za ustrezno interpretacijo dobljenih rezultatov je potrebno rezultate meritev preveriti in uskaditi z ostalimi geotehničnimi preiskavami na obravani lokaciji.

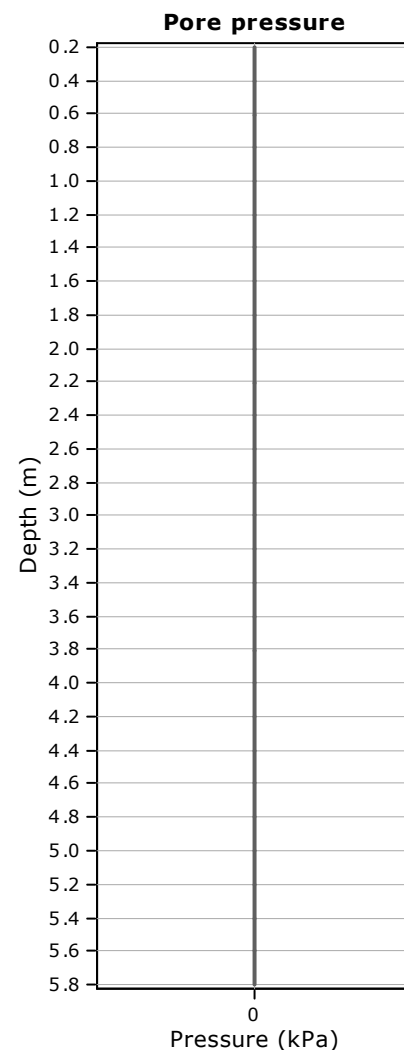
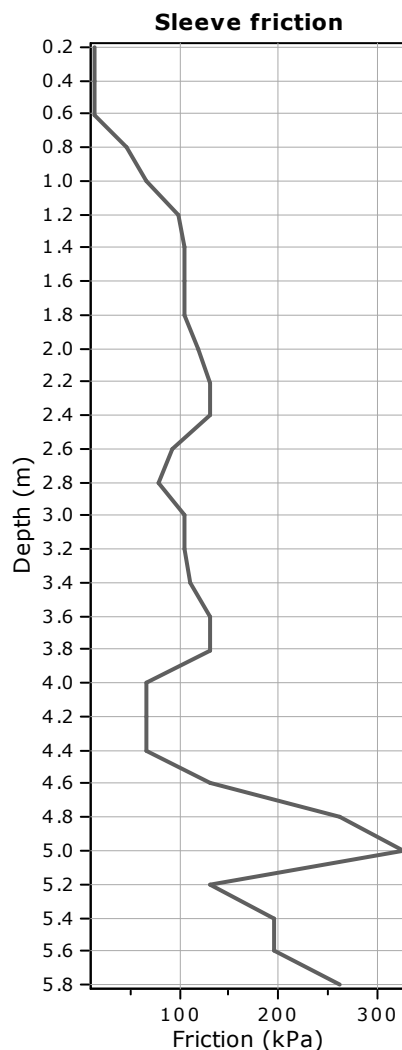
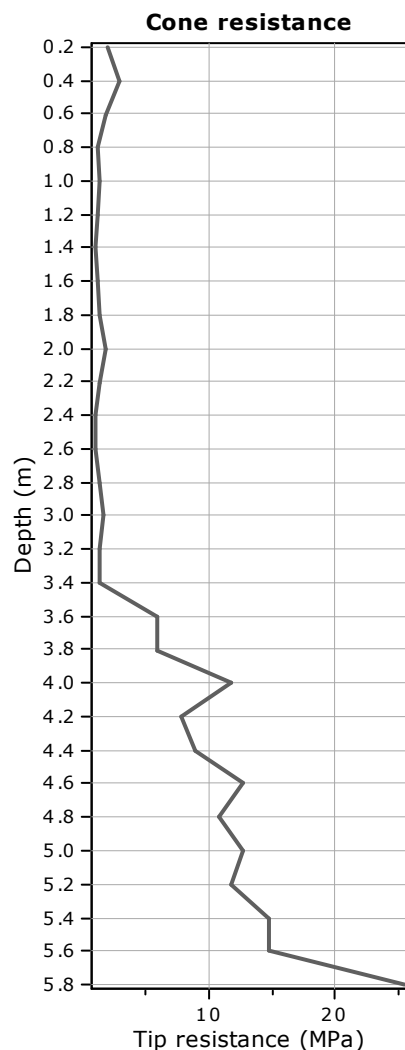
R.6. IZPIS REZULTATOV CPeT-IT

R.7. ANALIZE STABILNOSTI

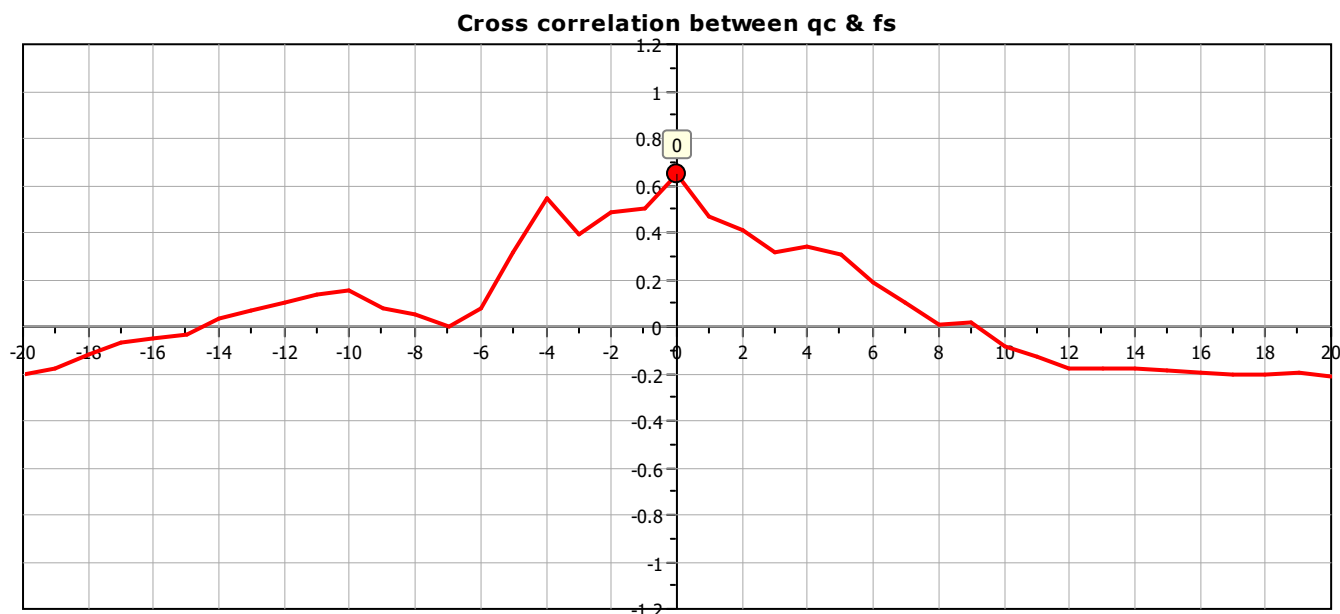
G. GRAFIKE

Project:

Location:



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



Project:

Location:

CPT: CPT1

Total depth: 5.80 m, Date: 3. 08. 2020

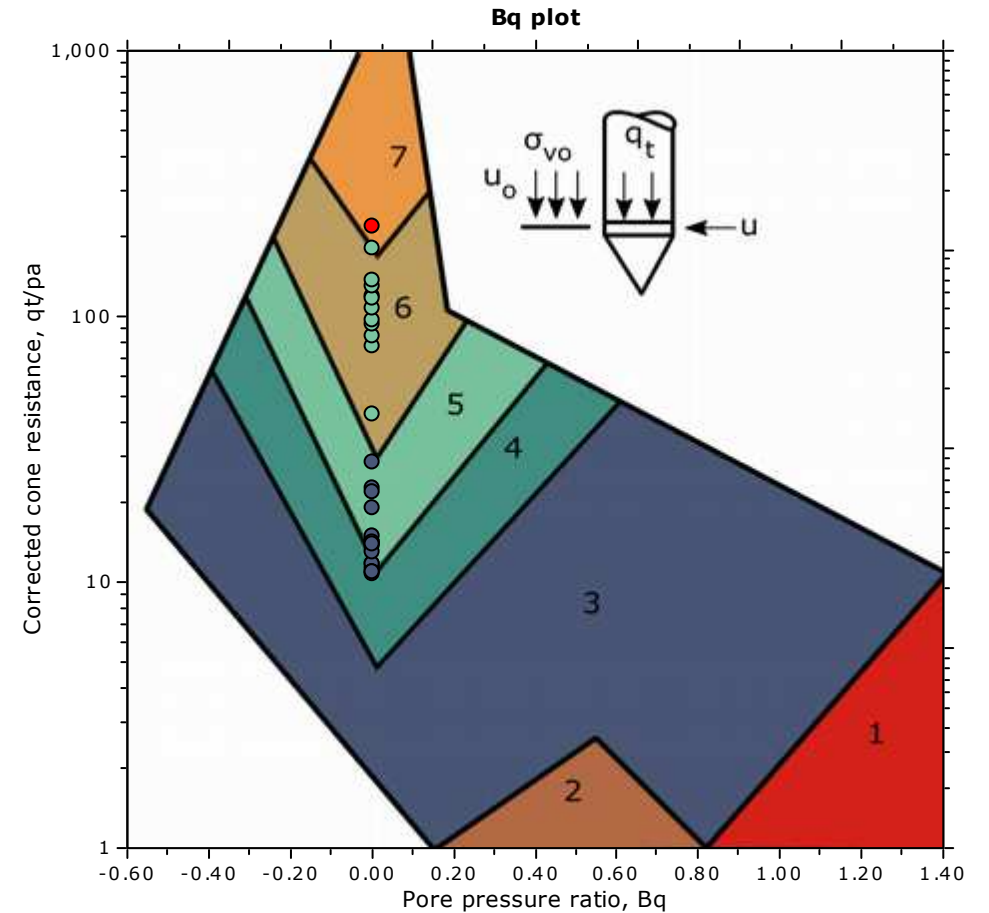
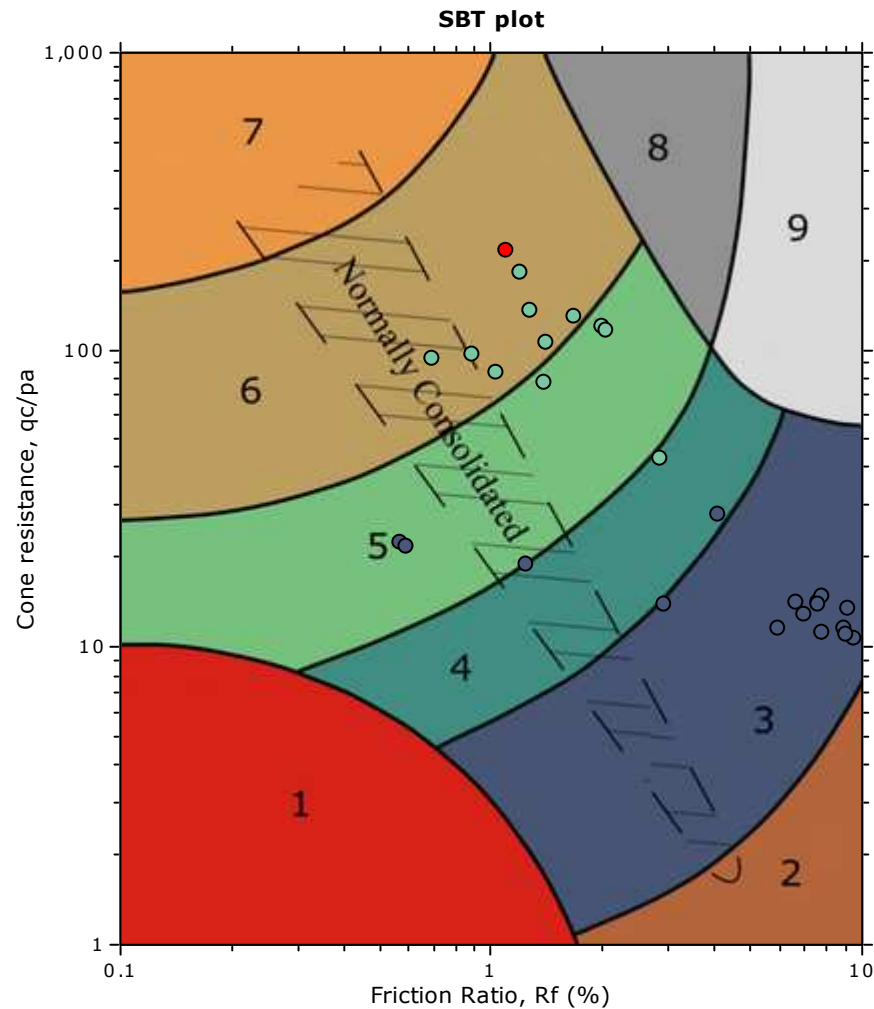
Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type:

Cone Operator:

SBT - Bq plots



SBT legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

Project:

Location:

CPT: CPT1

Total depth: 5.80 m, Date: 3. 08. 2020

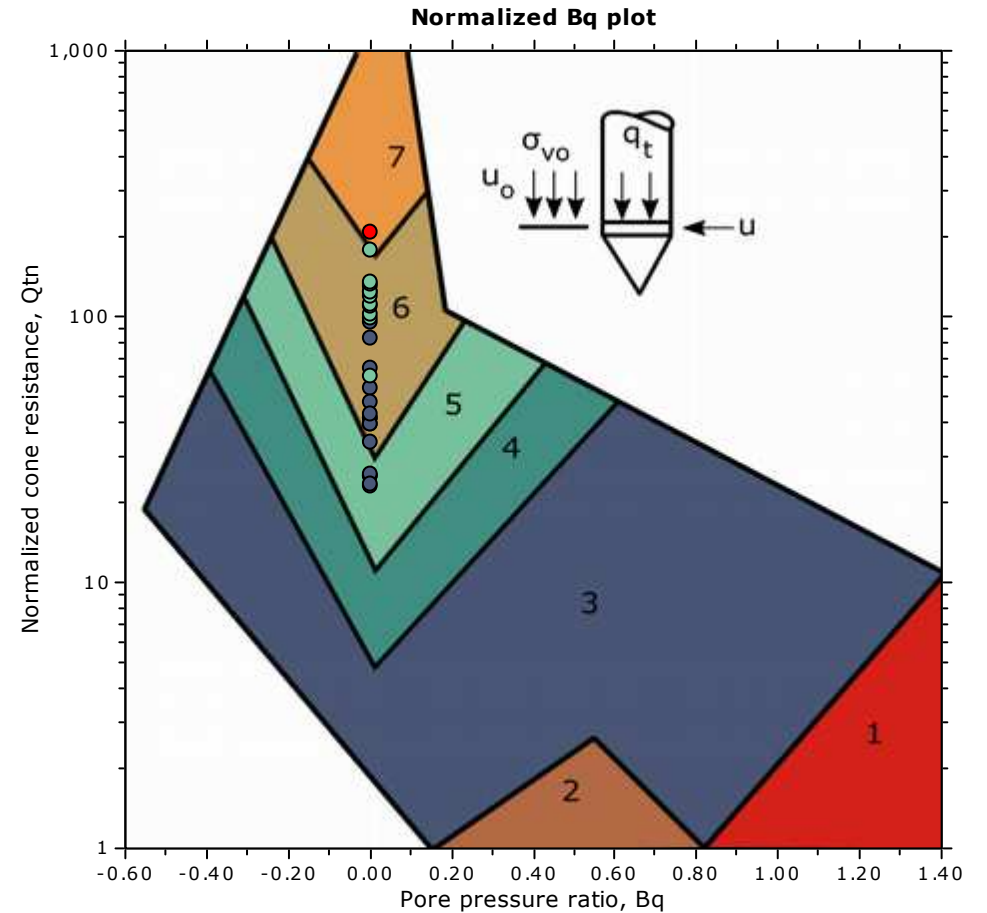
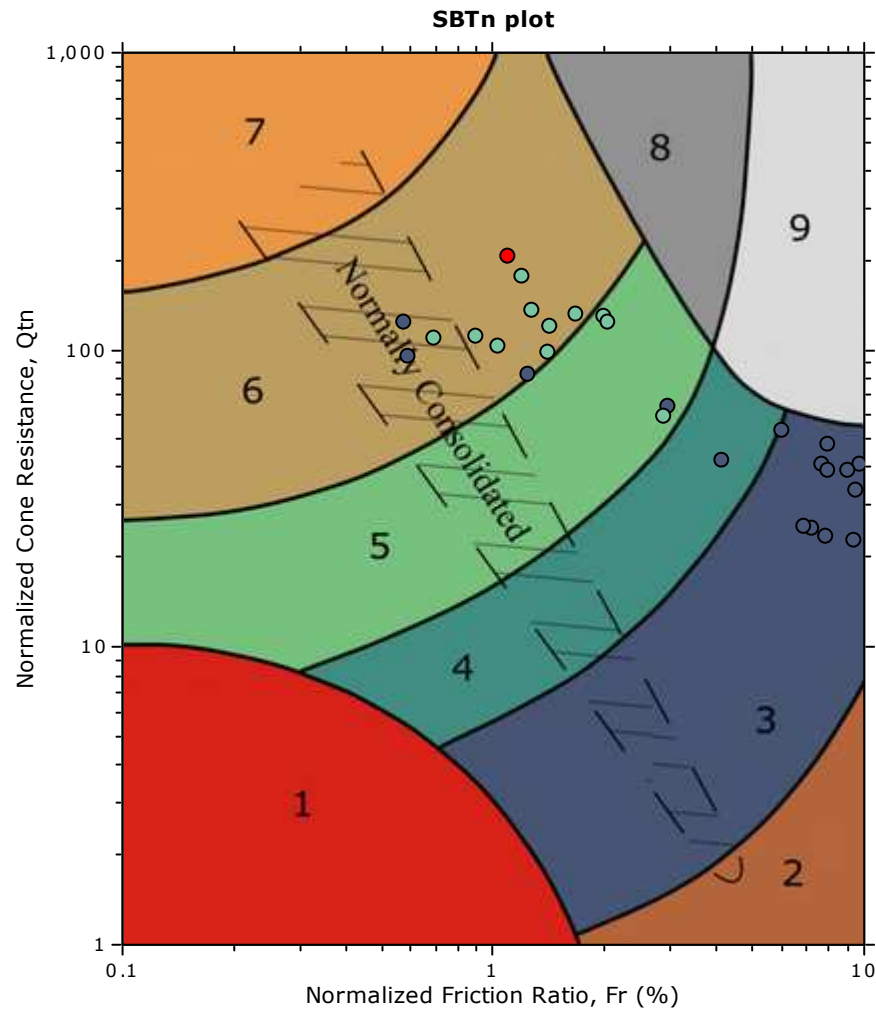
Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type:

Cone Operator:

SBT - Bq plots (normalized)



SBTn legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

Project:

Location:

CPT: CPT1

Total depth: 5.80 m, Date: 3. 08. 2020

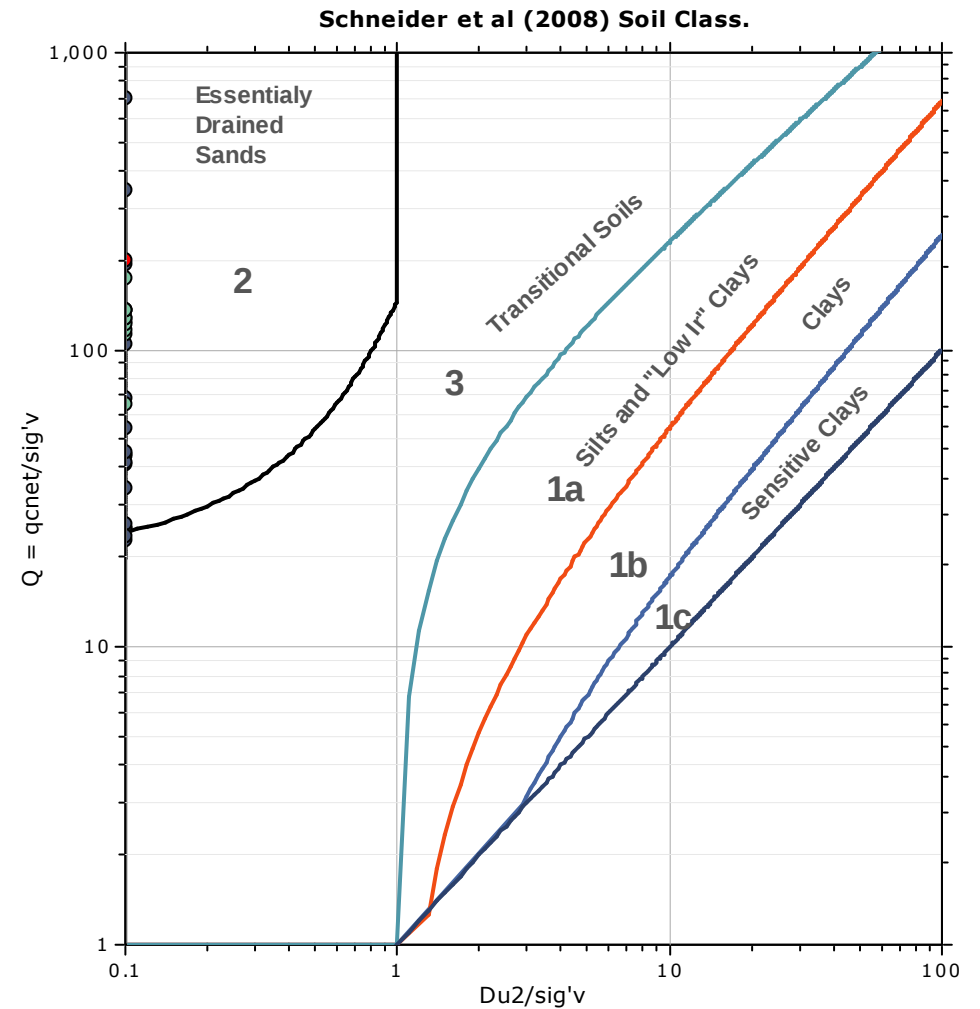
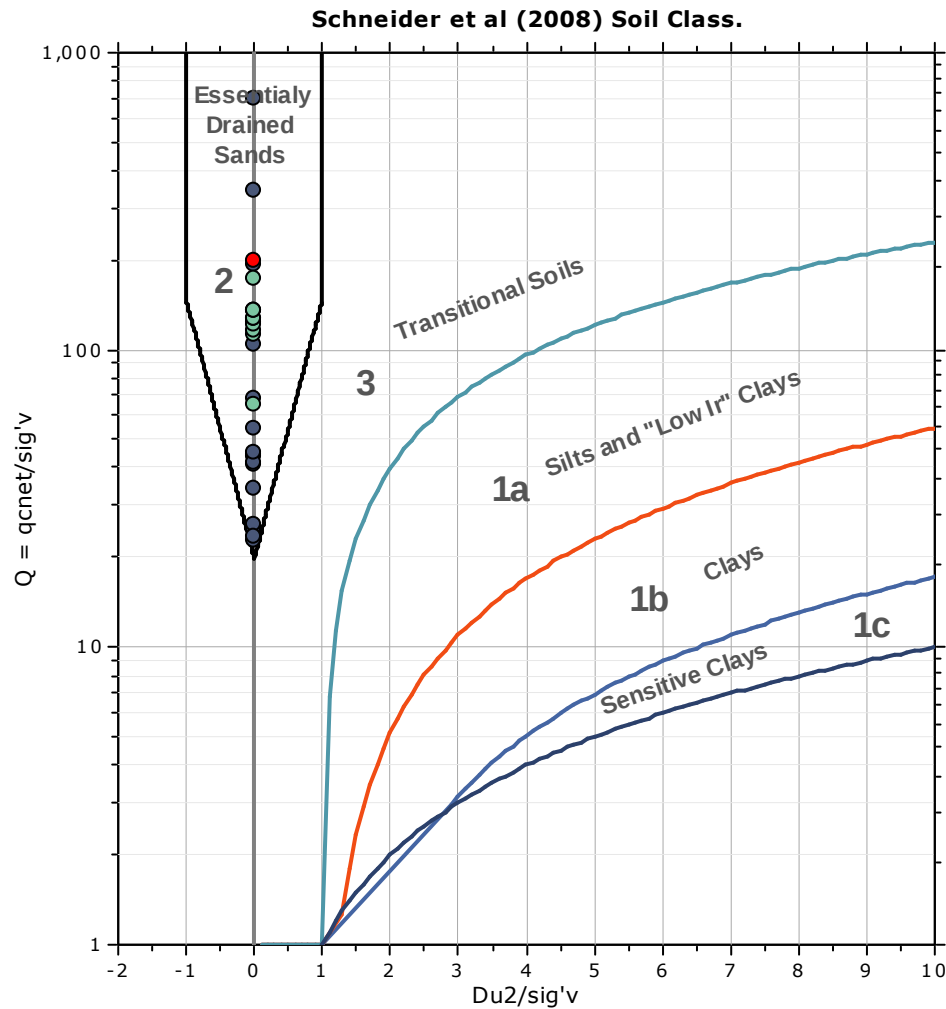
Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type:

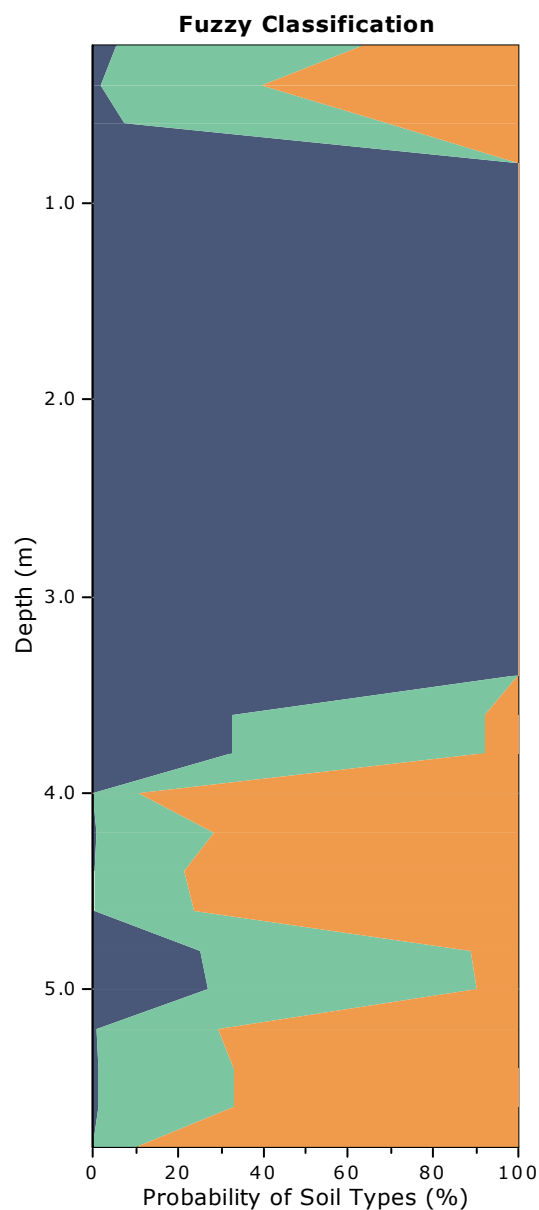
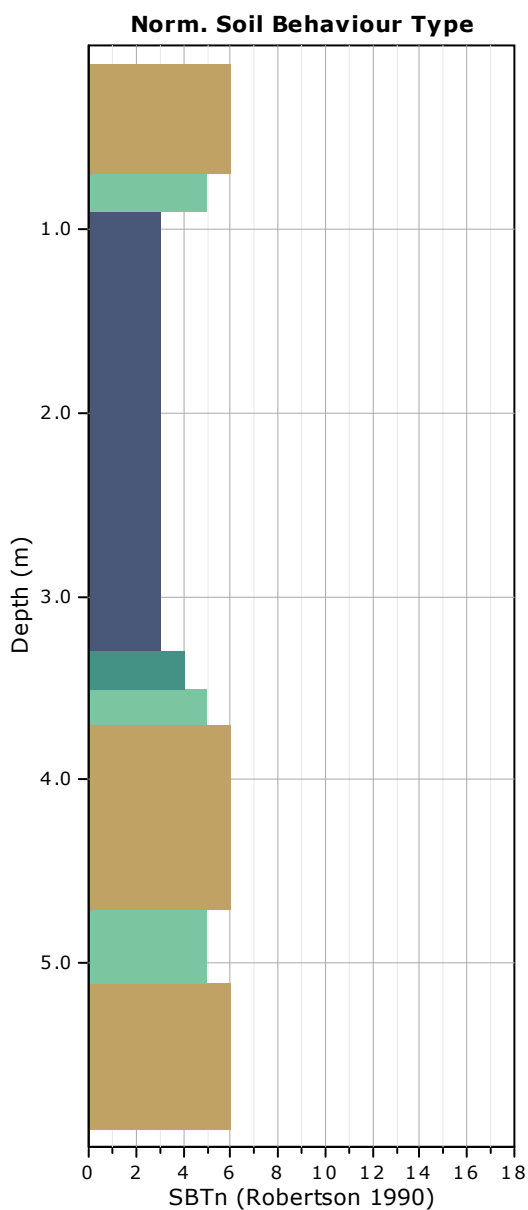
Cone Operator:

Bq plots (Schneider)



Project:

Location:



Project:
Location:

CPT: CPT1

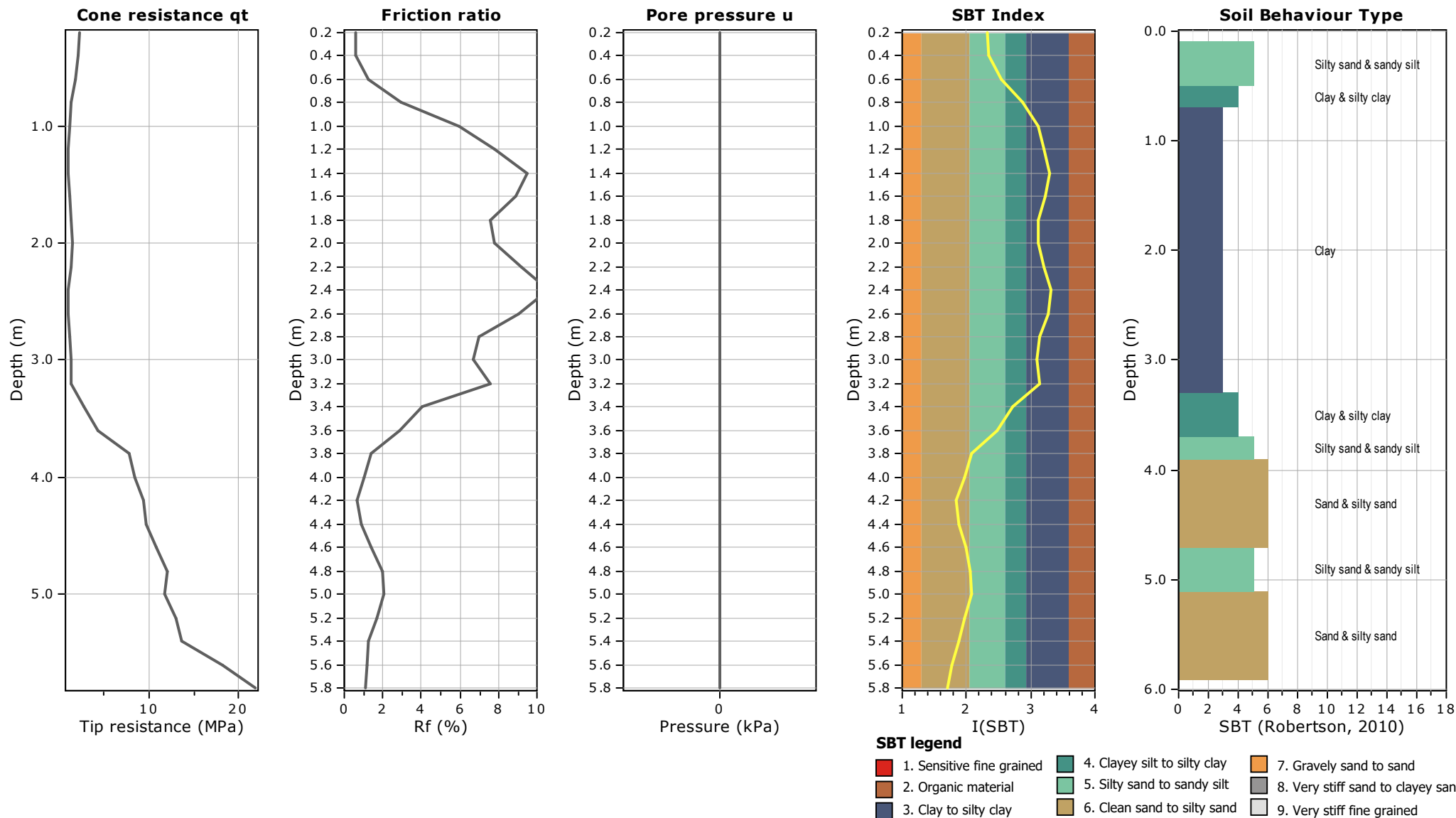
Total depth: 5.80 m, Date: 3. 08. 2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type:

Cone Operator:



Project:

Location:

CPT: CPT1

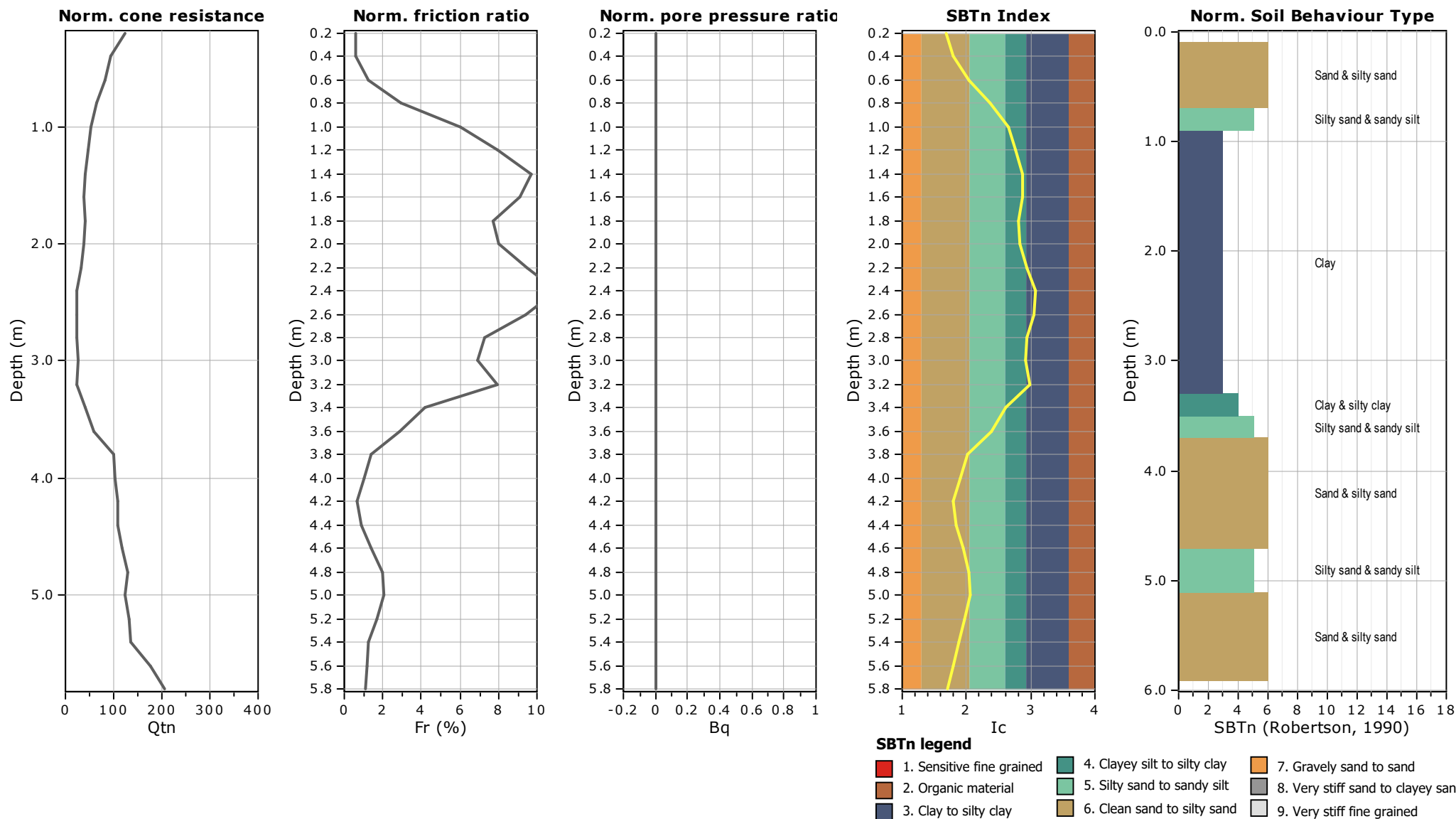
Total depth: 5.80 m, Date: 3. 08. 2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

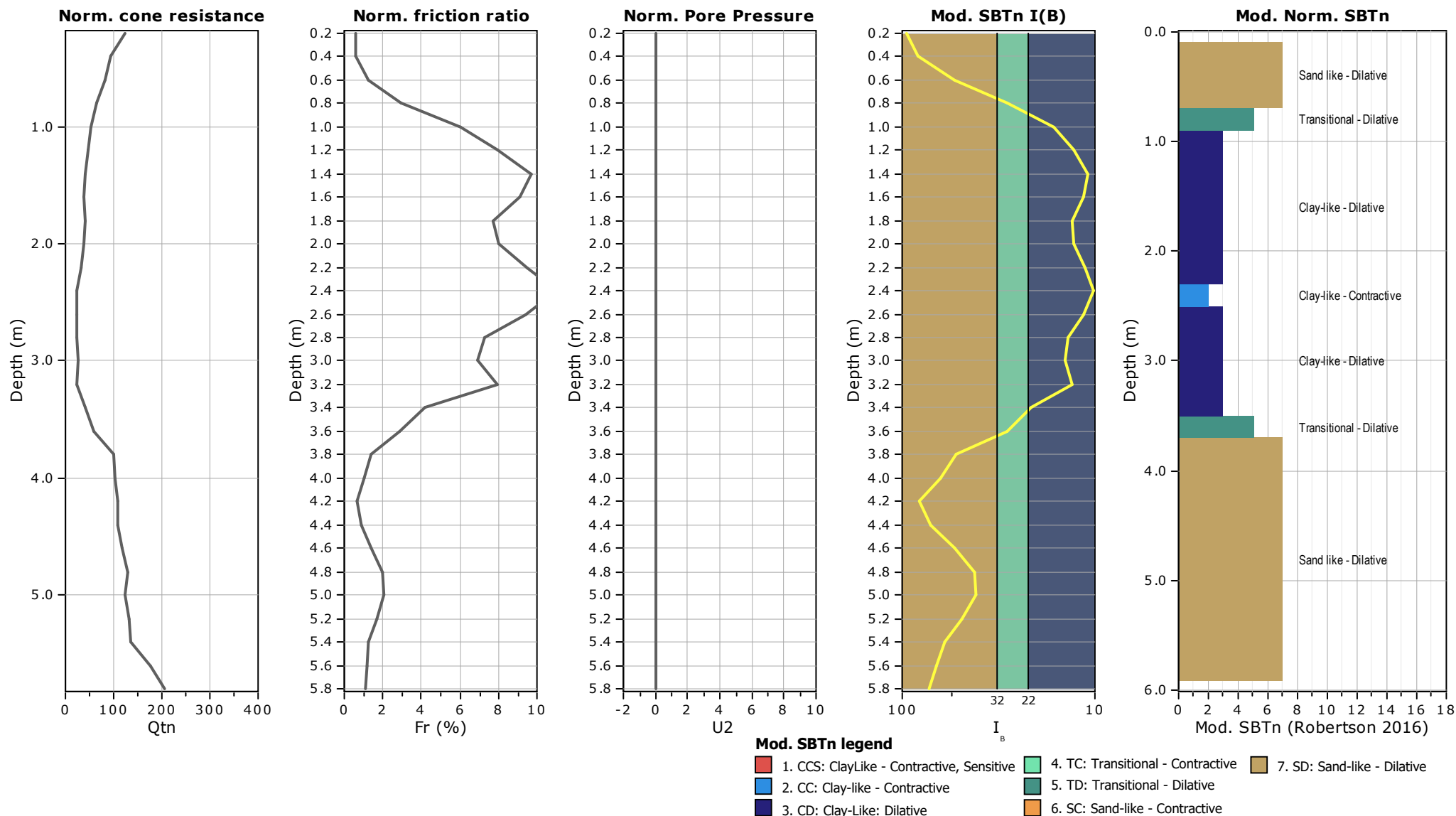
Cone Type:

Cone Operator:



Project:

Location:



Project:

Location:

CPT: CPT1

Total depth: 5.80 m, Date: 3. 08. 2020

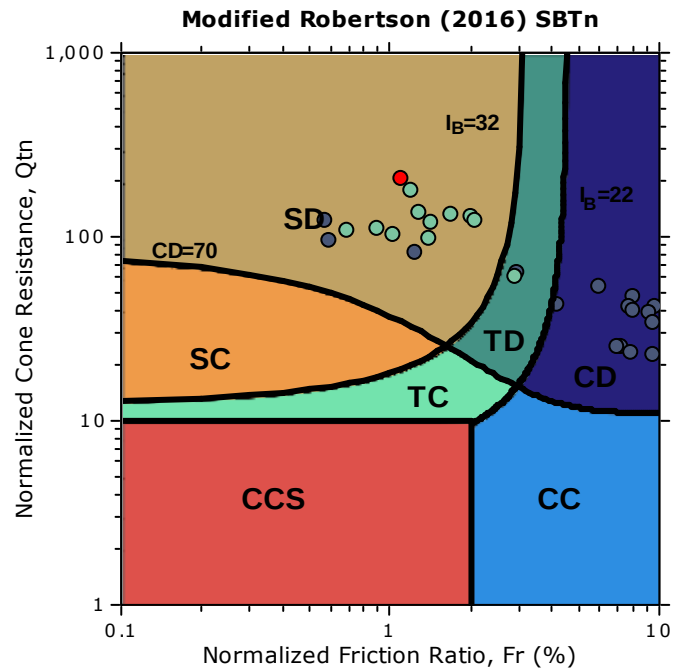
Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

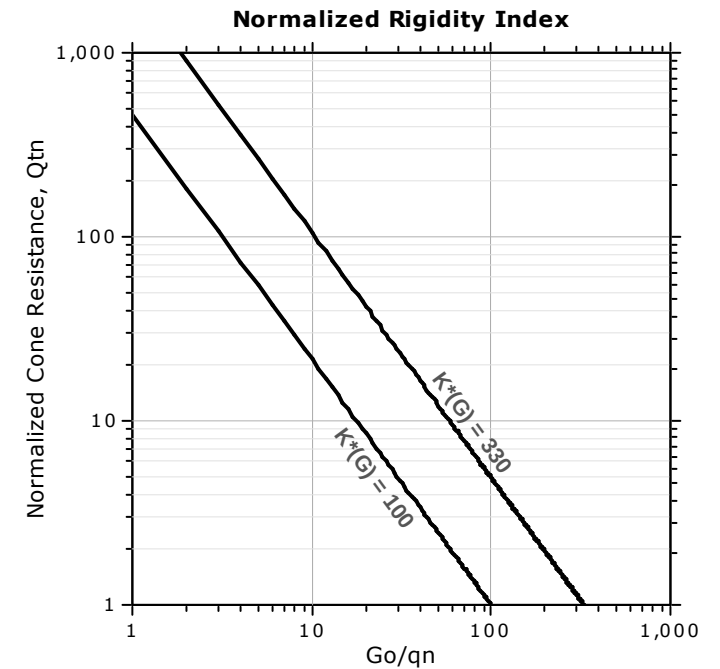
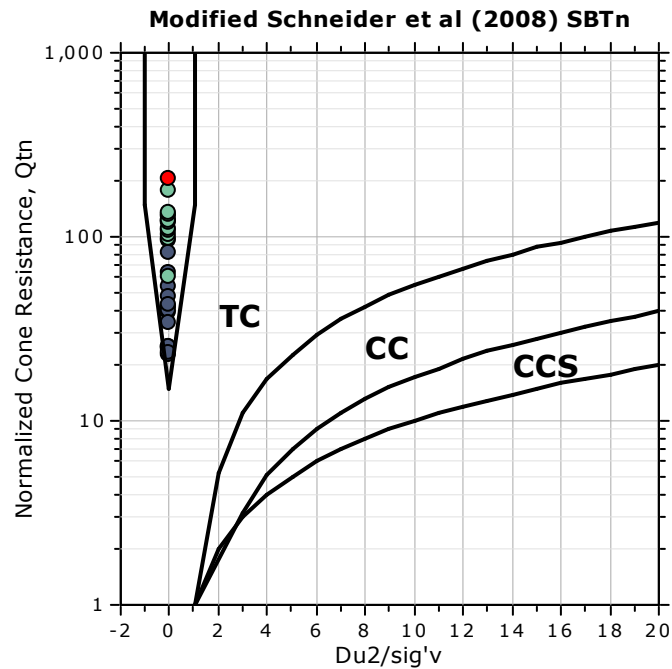
Cone Type:

Cone Operator:

Updated SBTn plots



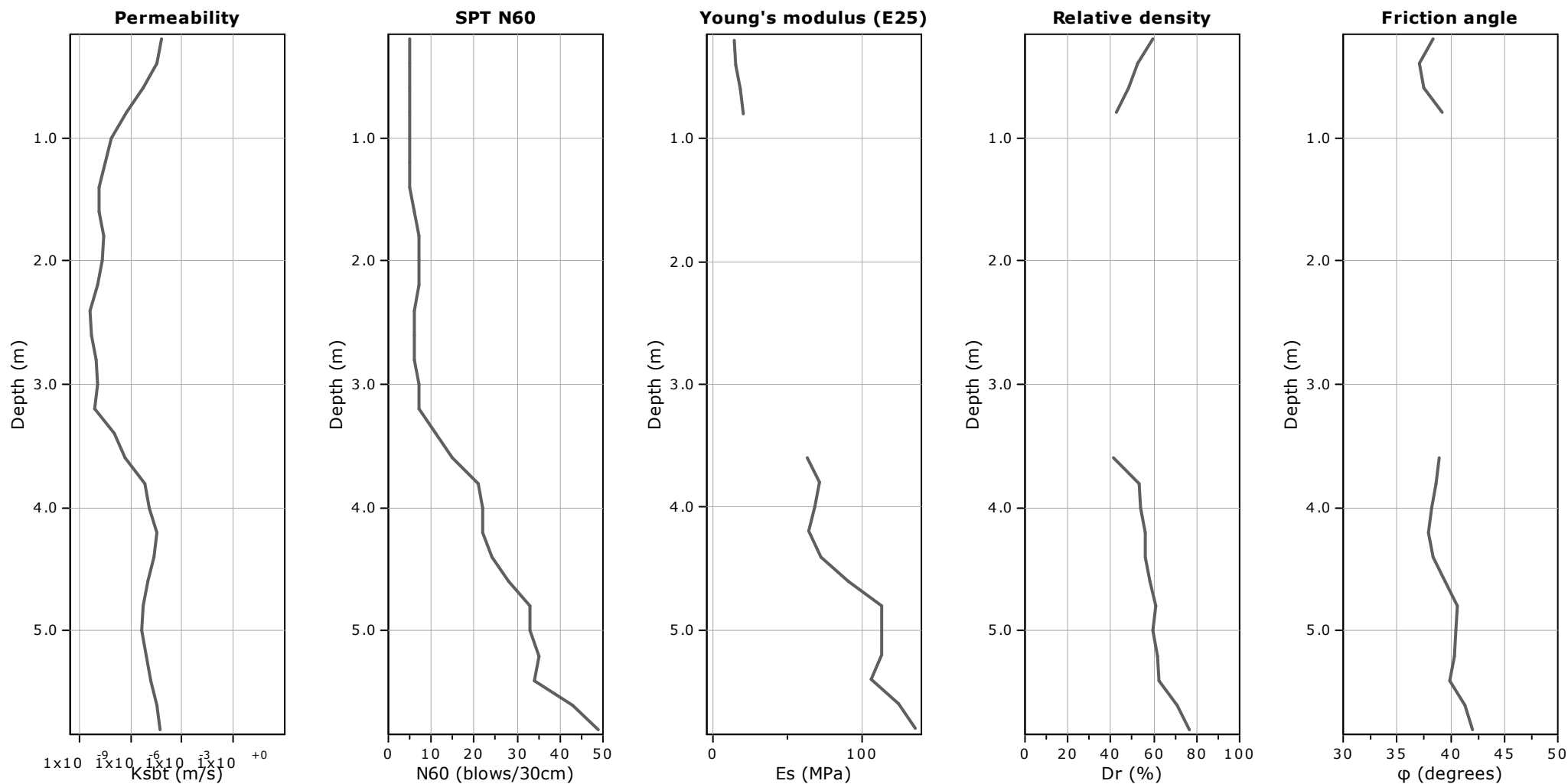
CCS: Clay-like - Contractive - Sensitive
CC: Clay-like - Contractive
CD: Clay-like - Dilative
TC: Transitional - Contractive
TD: Transitional - Dilative
SC: Sand-like - Contractive
SD: Sand-like - Dilative



$K(G) > 330$: Soils with significant microstructure
(e.g. age/cementation)

Project:

Location:



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N₆₀: Based on I_c and q_t

Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr}: 350.0

Phi: Based on Kulhavy & Mayne (1990)

● User defined estimation data

Project:

Location:

CPT: CPT1

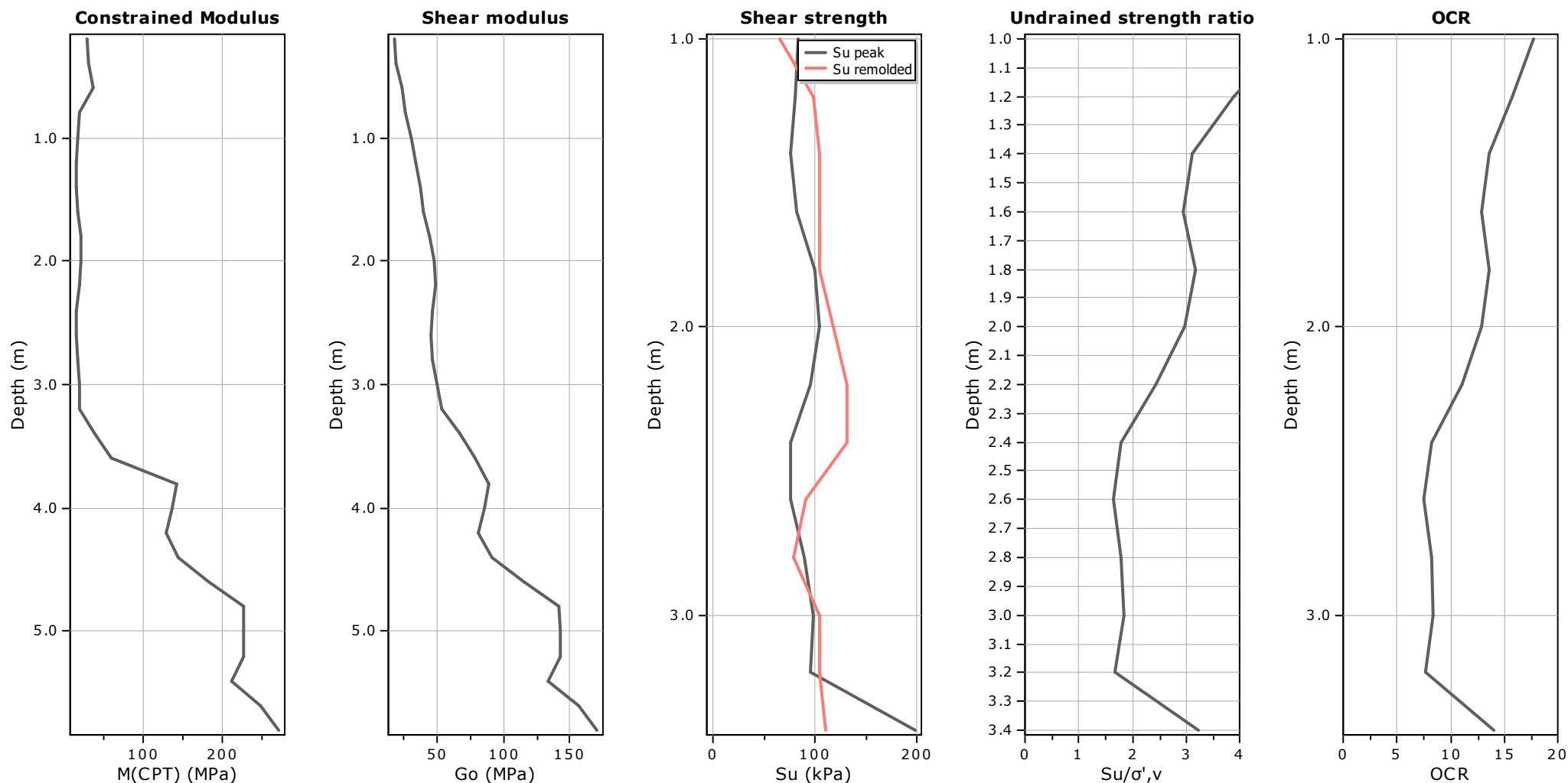
Total depth: 5.80 m, Date: 3. 08. 2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type:

Cone Operator:



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{tn} (Robertson, 2009)

Go: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 14

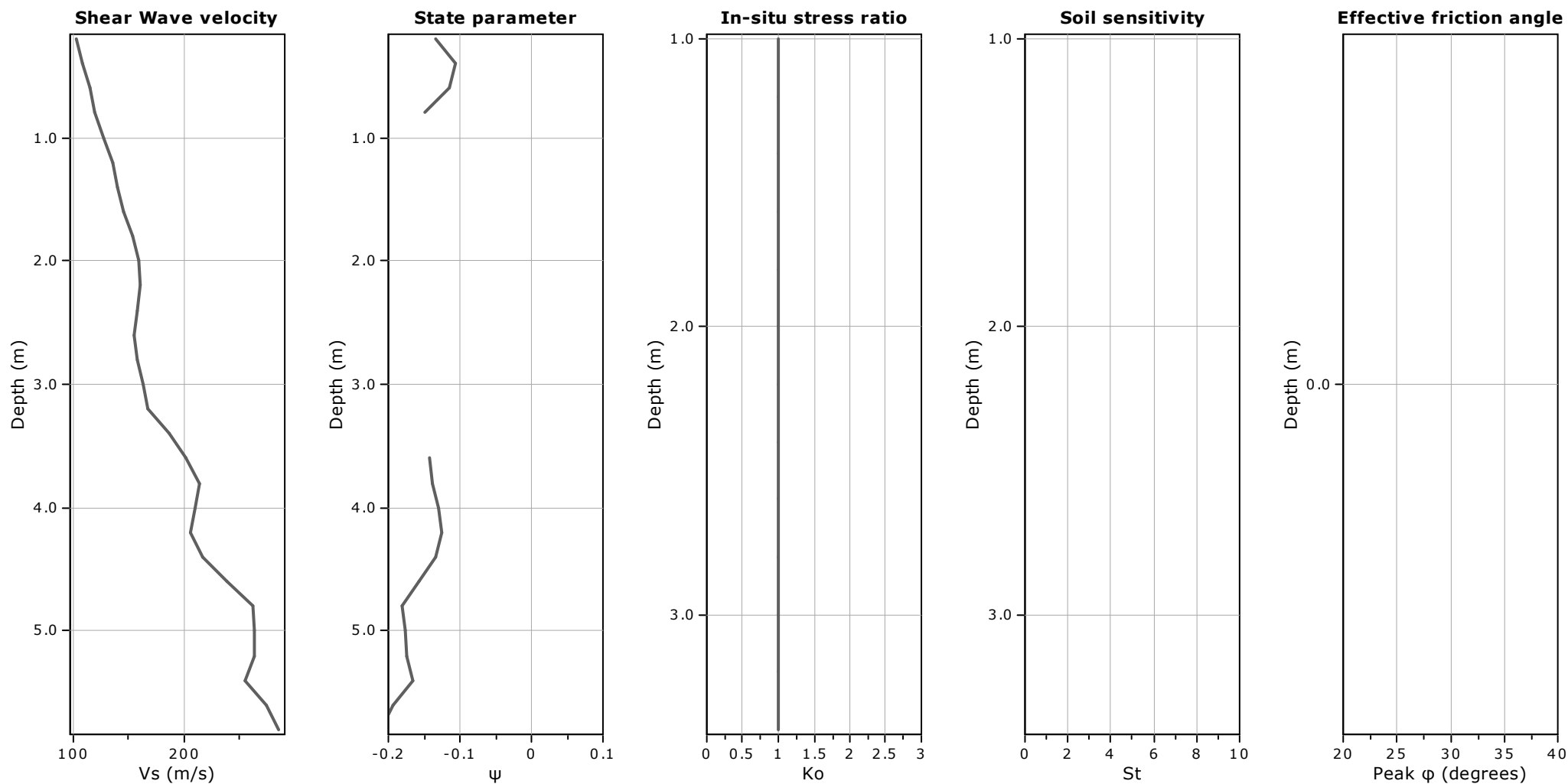
OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

● User defined estimation data

● Flat Dilatometer Test data

Project:

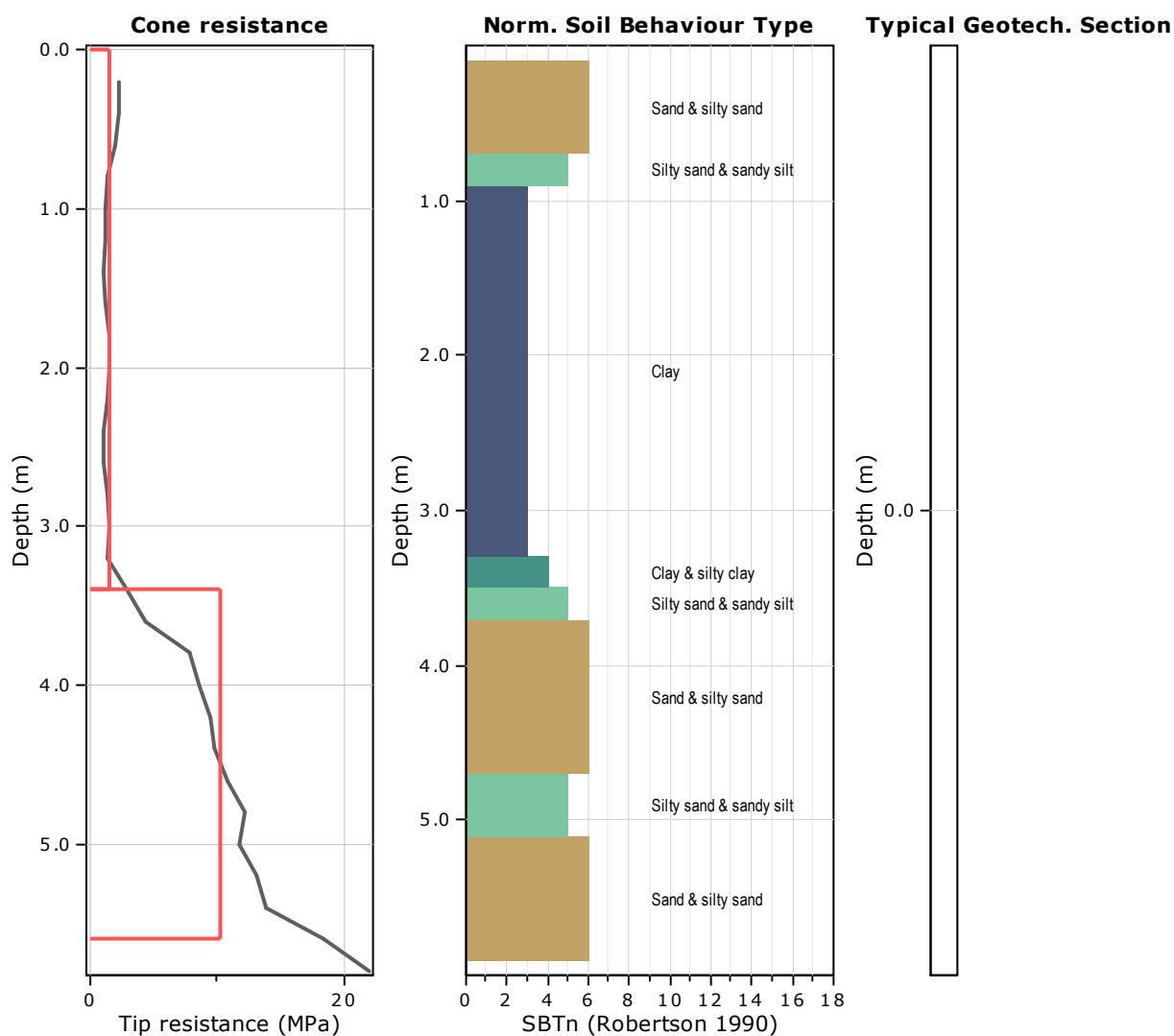
Location:



Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 350.00

—●— User defined estimation data



Tabular results

::: Layer No: 1 :::

Code: 1 **Start depth:** 0.00 (m), **End depth:** 3.40 (m)

Description: Clay

Basic results

Total cone resistance: 1.53 ± 0.50 MPa

Sleeve friction: 84.22 ± 39.96 kPa

Ic: 2.66 ± 0.43

SBT_n: 3

SBTn description: Clay

Estimation results

Permeability: $6.09\text{E-}06 \pm 1.70\text{E-}05$ m/s

N₆₀: 6.18 ± 1.51 blows

Es: 0.00 ± 0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ± 0.00

φ (degrees): 0.00 ± 0.00 °

Unit weight: 18.02 ± 0.82 kN/m³

Constrained Mod.: 21.23 ± 7.56 MPa

Go: 39.73 ± 13.48 MPa

Su: 96.66 ± 32.25 kPa

Su ratio: 2.53 ± 0.73

O.C.R.: 11.69 ± 3.39

:: Layer No: 2 ::**Code:** 2 **Start depth:** 3.40 (m), **End depth:** 5.60 (m)**Description:** Silty sand & sandy silt**Basic results**

Total cone resistance: 10.22 ±4.16 MPa

Sleeve friction: 150.92 ±81.15 kPa

Ic: 2.02 ±0.24

SBT_n: 5SBT_n description: Silty sand & sandy silt**Estimation results**

Permeability: 1.31E-05 ±1.16E-05 m/s

N₆₀: 26.75 ±9.23 blows

Es: 91.35 ±23.88 MPa

Dr (%): 57.60 ±7.30

φ (degrees): 39.50 ±1.14 °

Unit weight: 19.52 ±0.63 kN/m³

Constrained Mod.: 165.20 ±68.56 MPa

Go: 110.58 ±31.60 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

Project:

Location:

CPT: CPT1

Total depth: 5.80 m, Date: 3. 08. 2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type:

Cone Operator:

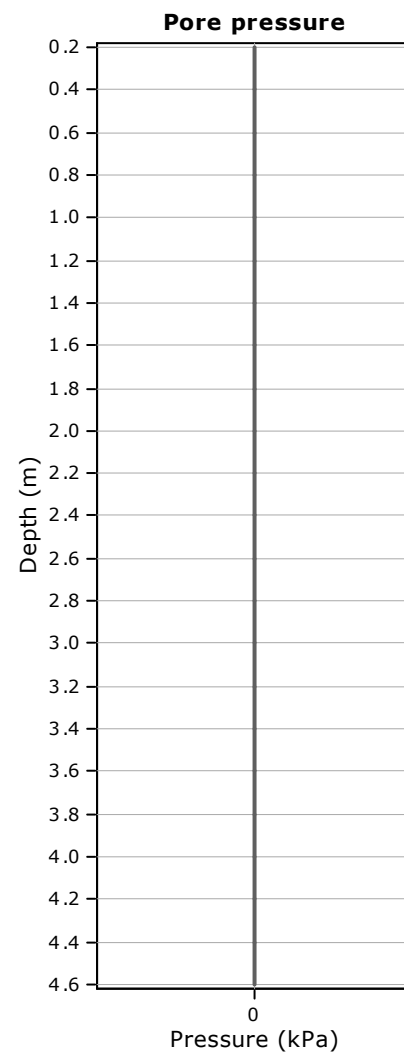
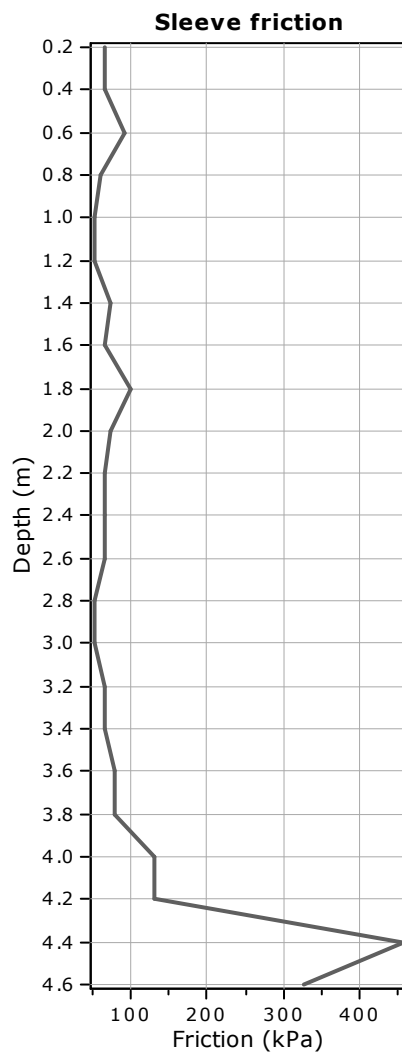
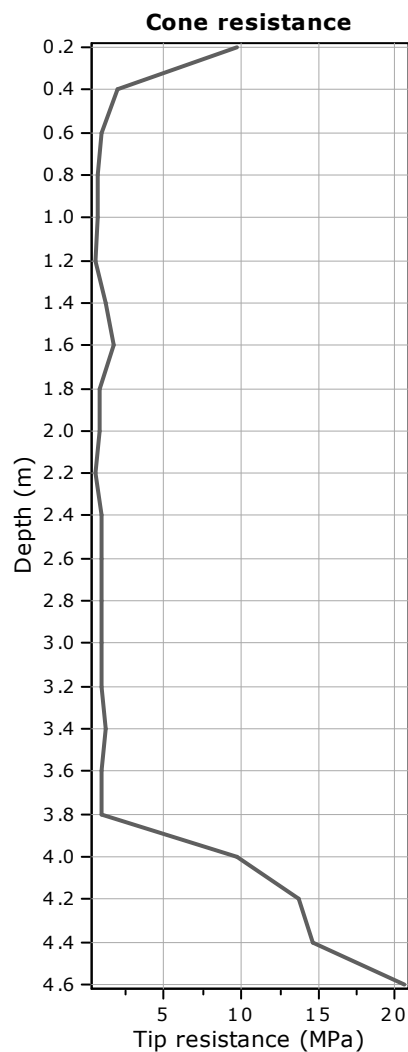
Summary table of mean values

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	3.40	6.09E-06	6.2	0.0	0.0	0.0	21.2	39.7	96.7	2.5	11.7	18.0
3.40		(±1.70E-05)	(±1.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±7.6)	(±13.5)	(±32.2)	(±0.7)	(±3.4)	(±0.8)
3.40	2.20	1.31E-05	26.8	91.4	57.6	39.5	165.2	110.6	0.0	0.0	0.0	19.5
5.60		(±1.16E-05)	(±9.2)	(±23.9)	(±7.3)	(±1.1)	(±68.6)	(±31.6)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.6)

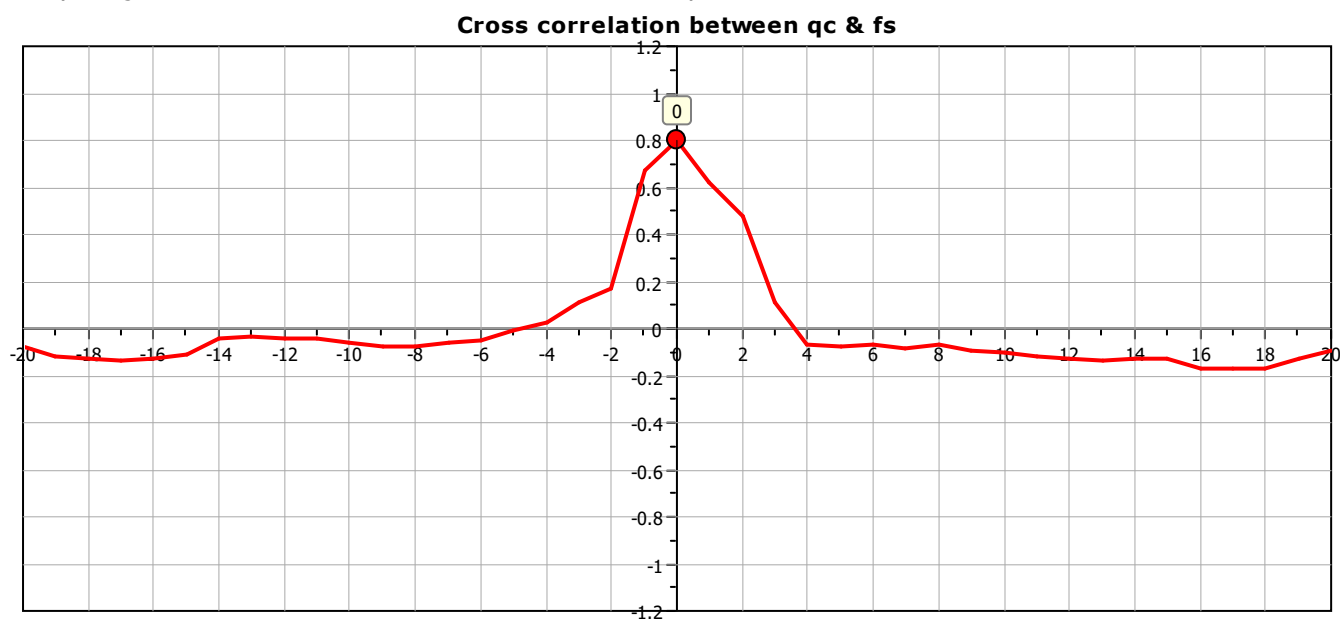
Depth values presented in this table are measured from free ground surface

Project:

Location:



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



Project:

Location:

CPT: CPT2

Total depth: 4.60 m, Date: 3. 08. 2020

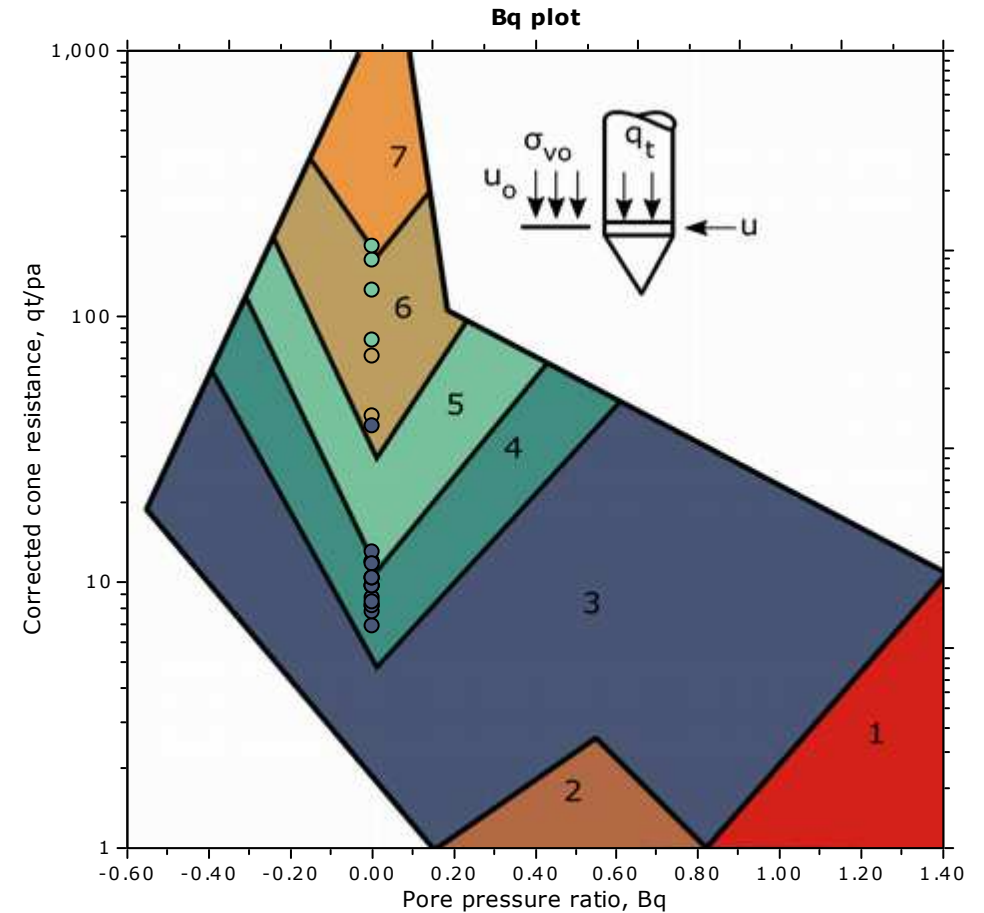
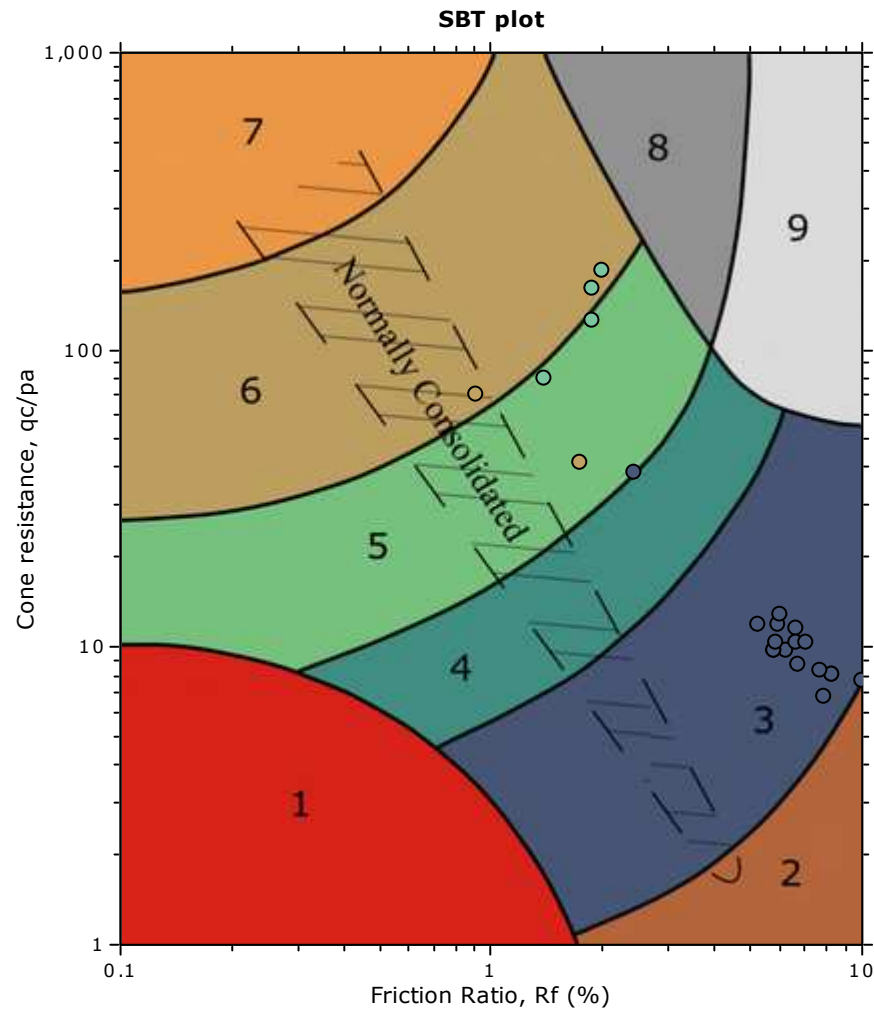
Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type:

Cone Operator:

SBT - Bq plots



SBT legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

Project:

Location:

CPT: CPT2

Total depth: 4.60 m, Date: 3. 08. 2020

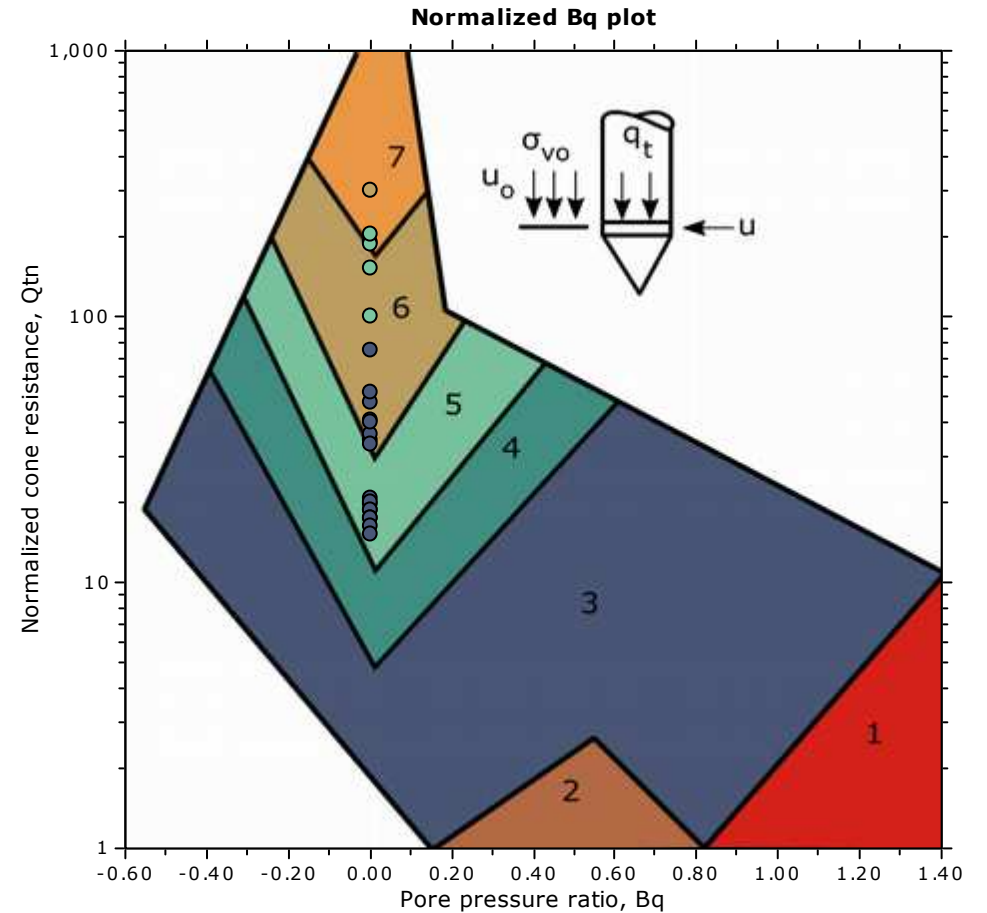
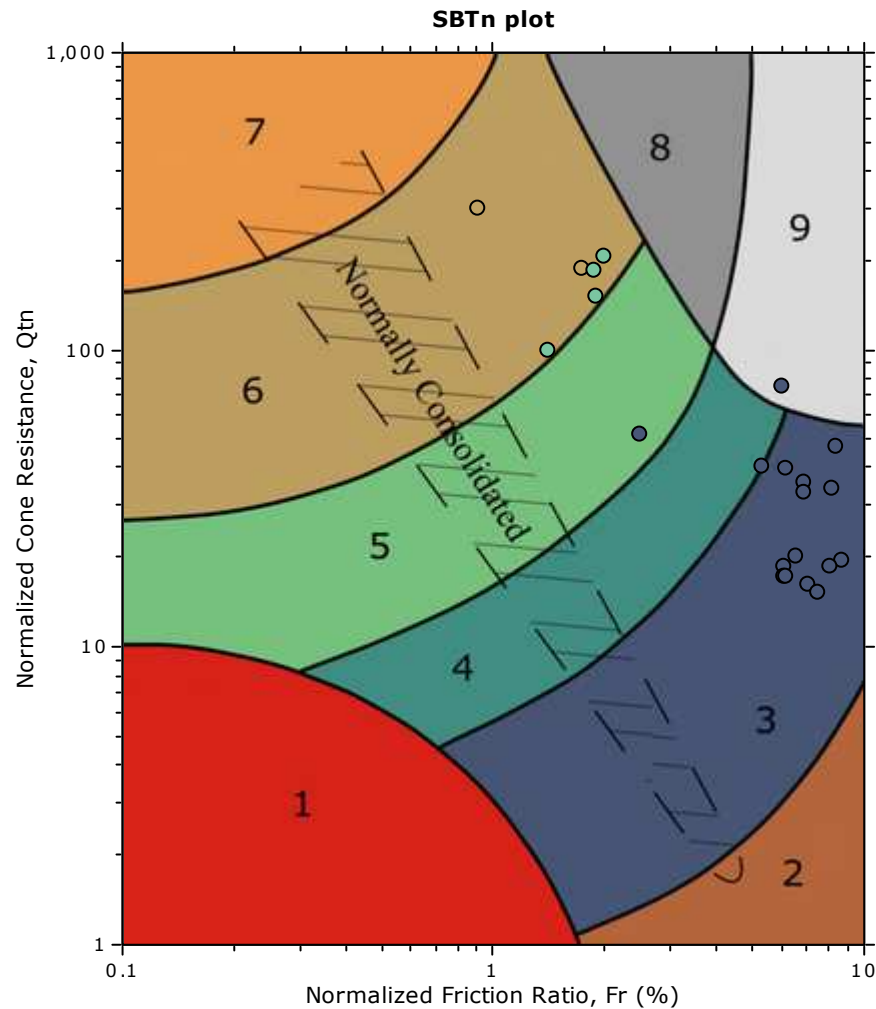
Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type:

Cone Operator:

SBT - Bq plots (normalized)



SBTn legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

Project:

Location:

CPT: CPT2

Total depth: 4.60 m, Date: 3. 08. 2020

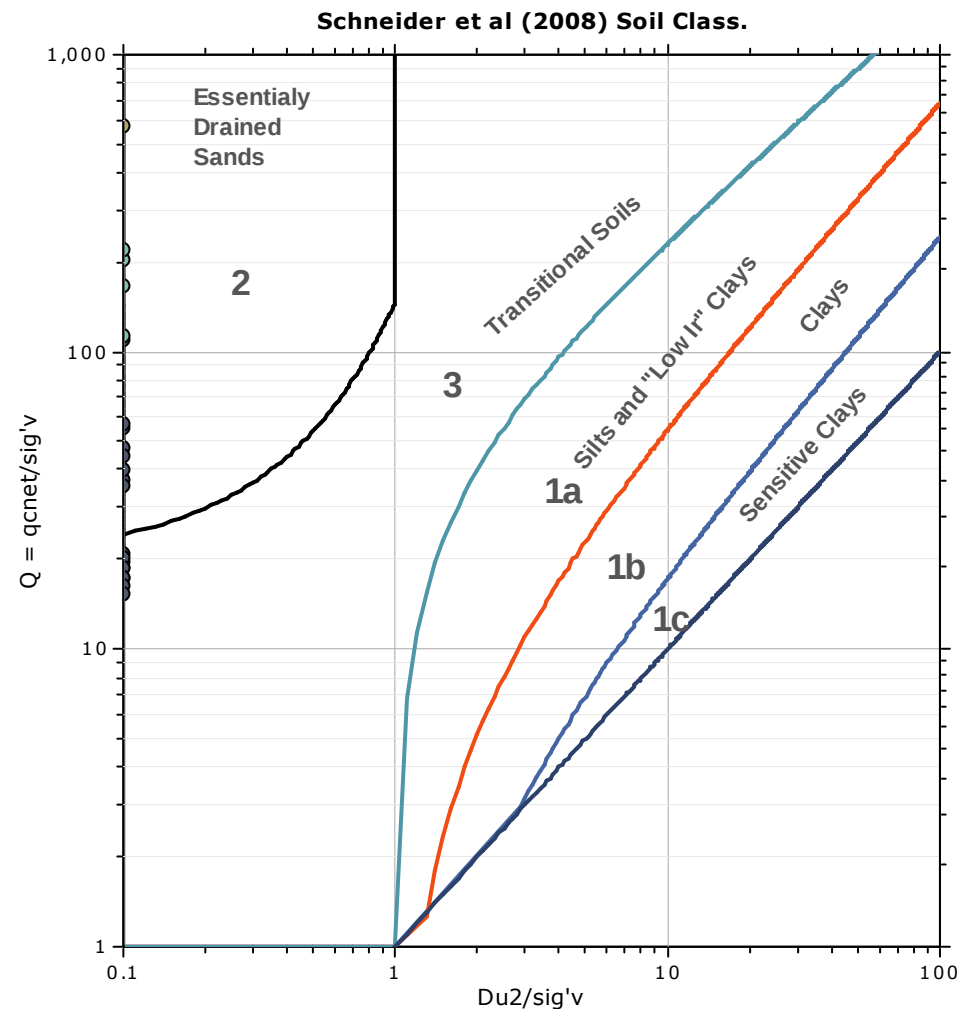
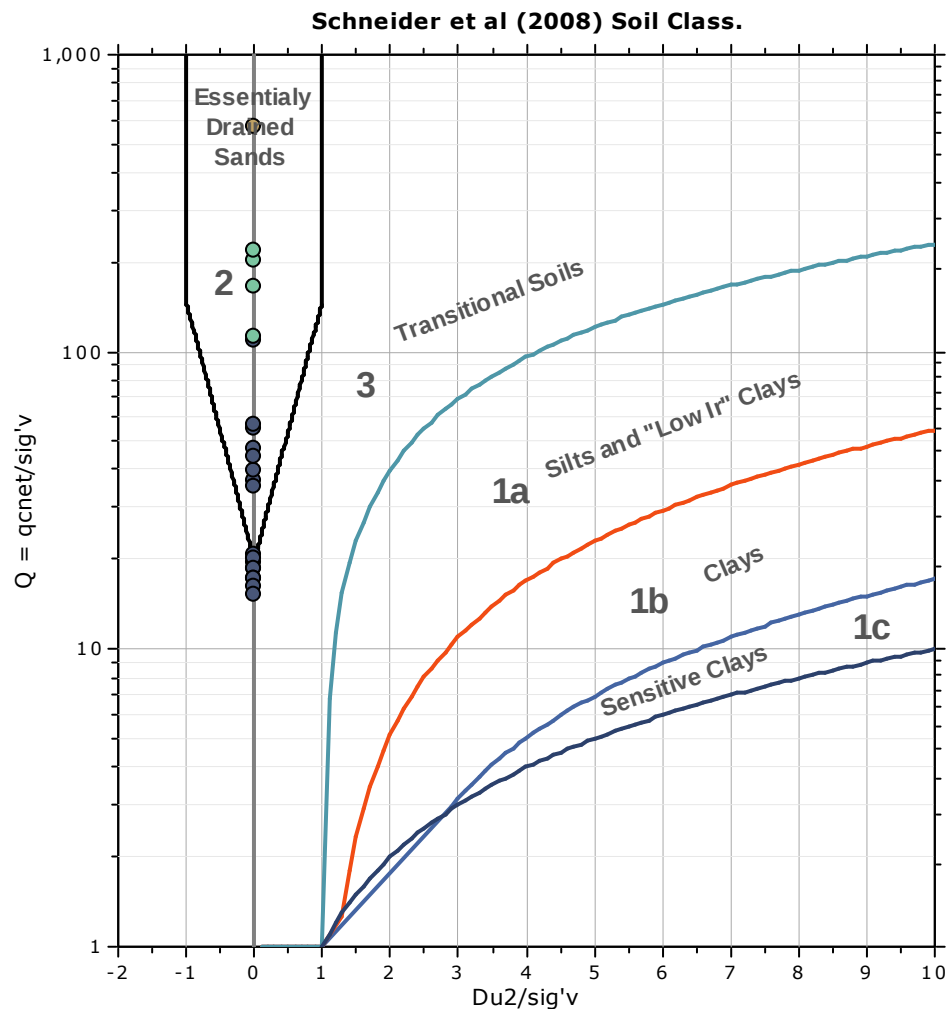
Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type:

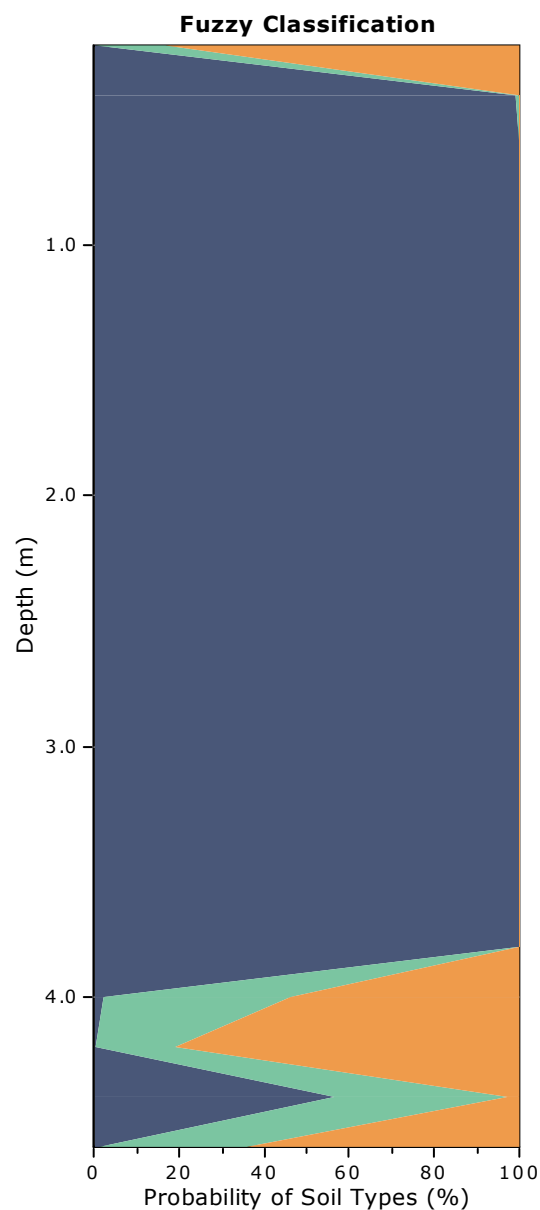
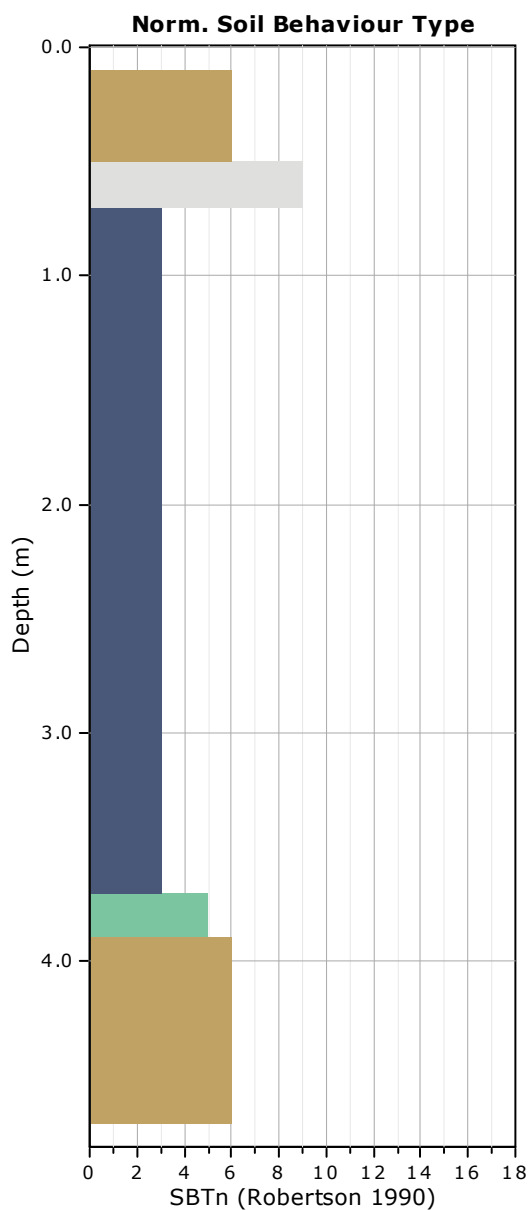
Cone Operator:

Bq plots (Schneider)



Project:

Location:



Project:

Location:

CPT: CPT2

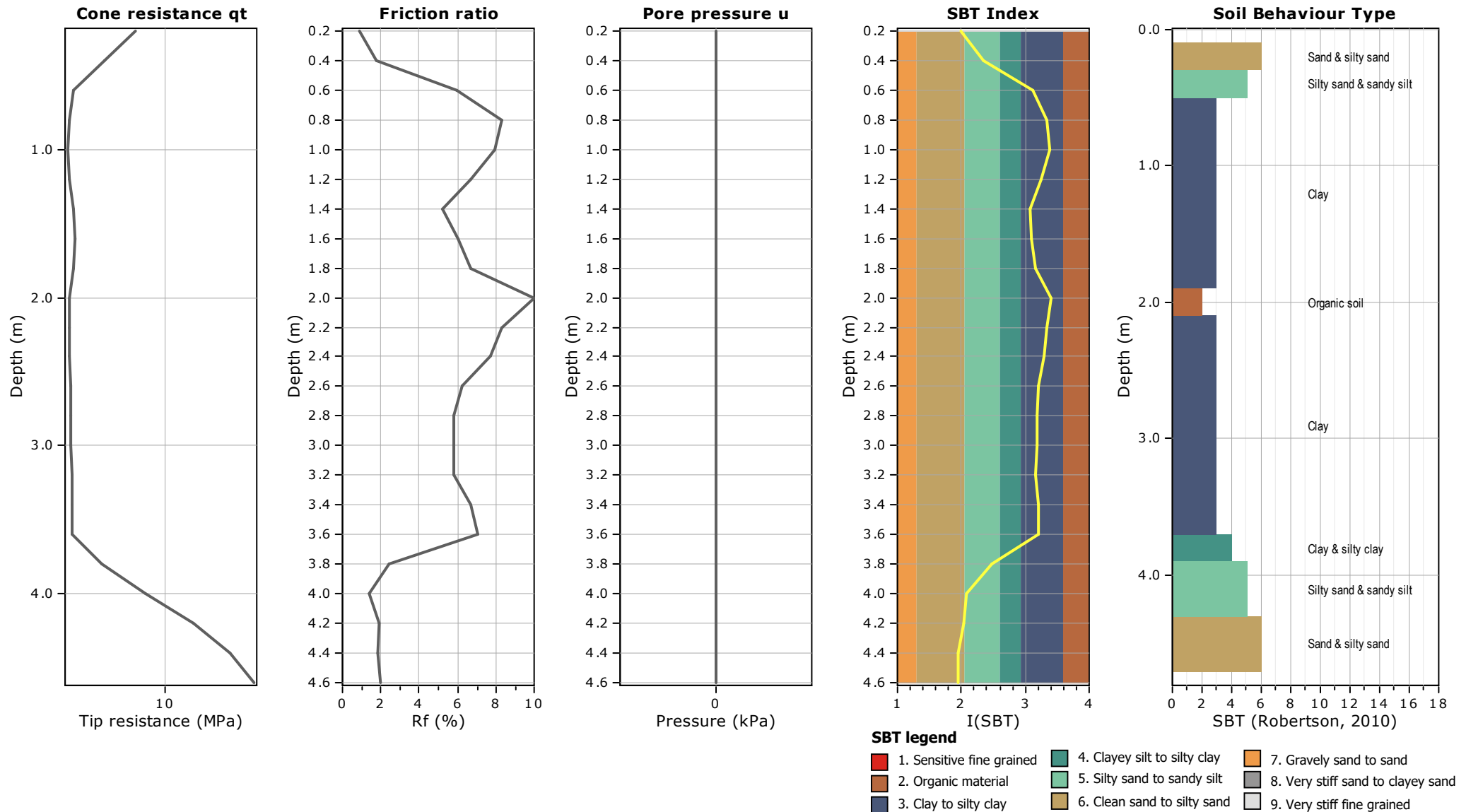
Total depth: 4.60 m, Date: 3. 08. 2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type:

Cone Operator:



Project:

Location:

CPT: CPT2

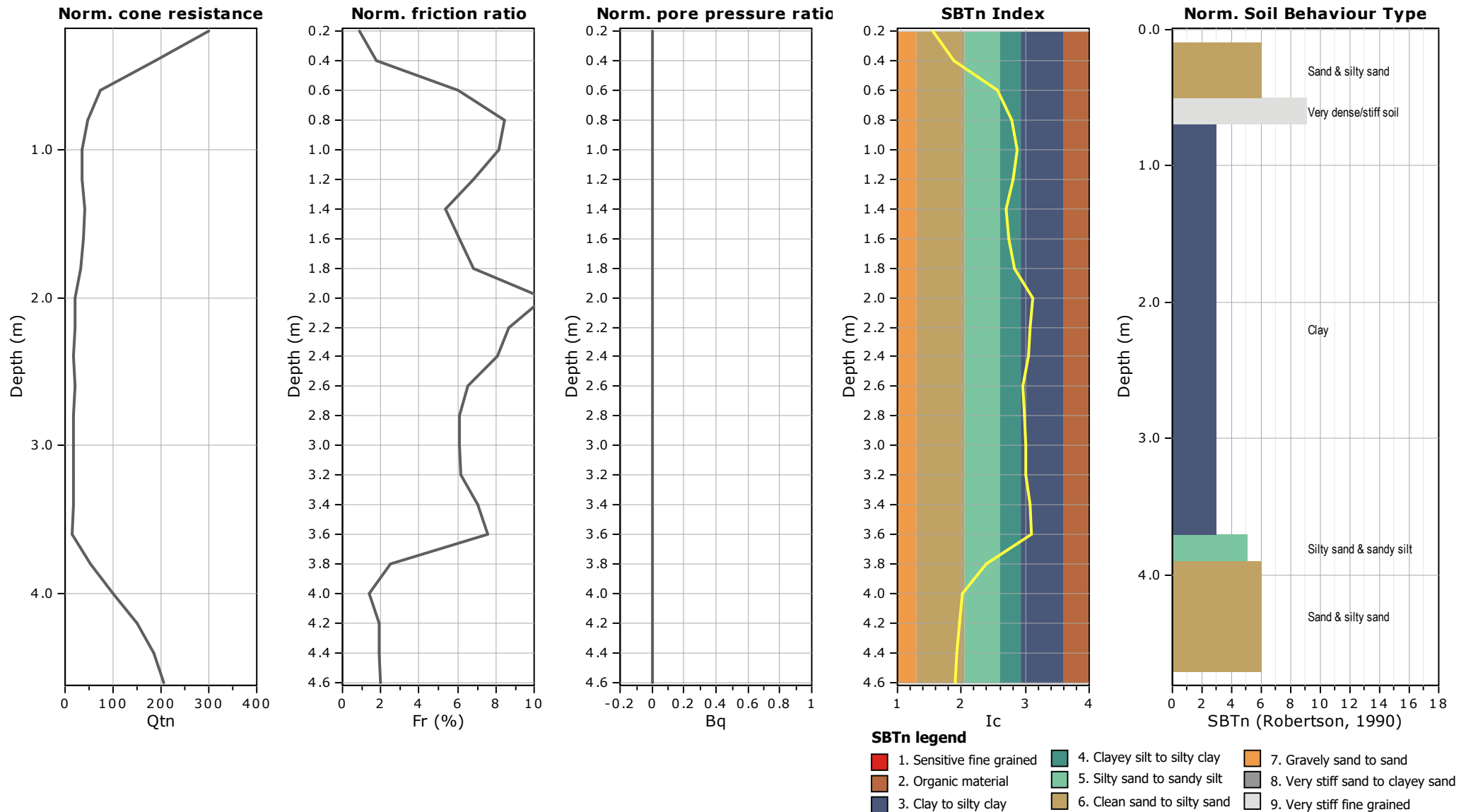
Total depth: 4.60 m, Date: 3. 08. 2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

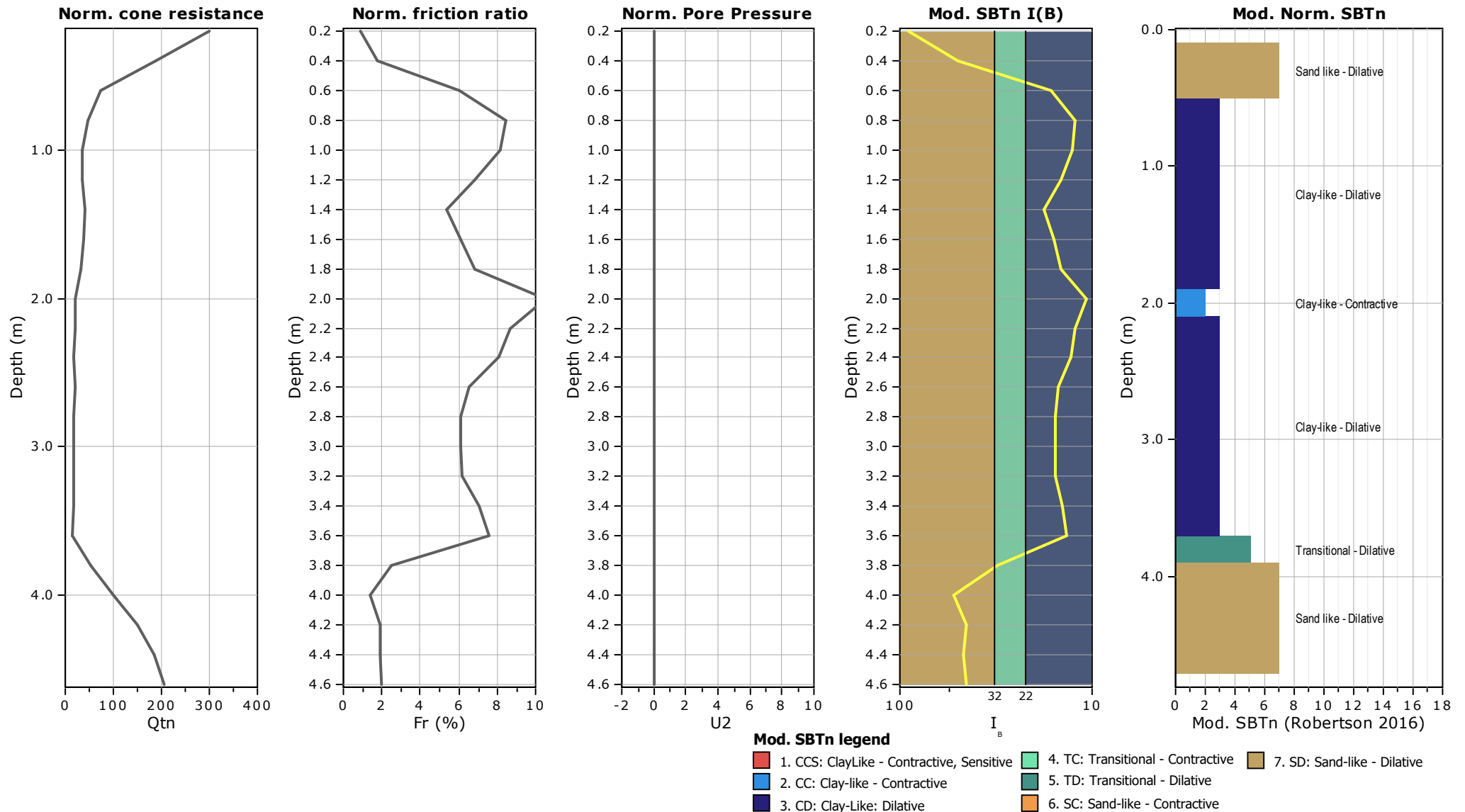
Cone Type:

Cone Operator:



Project:

Location:



Project:

Location:

CPT: CPT2

Total depth: 4.60 m, Date: 3. 08. 2020

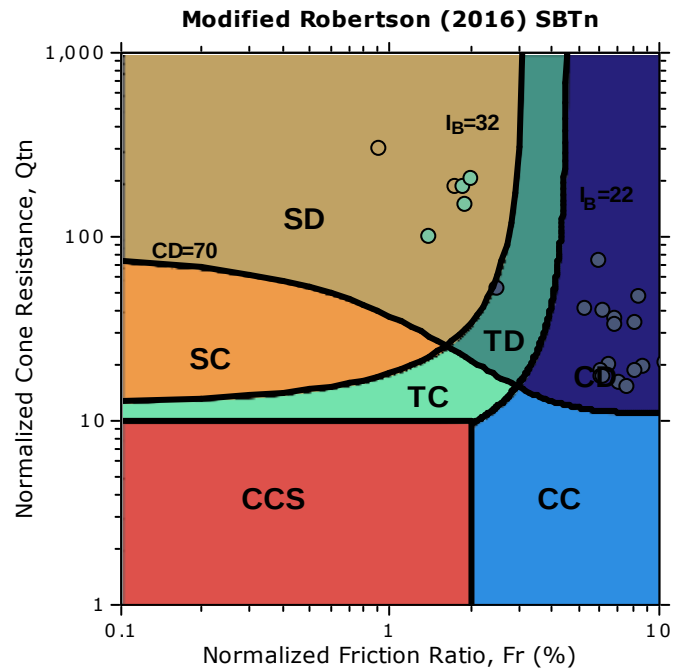
Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

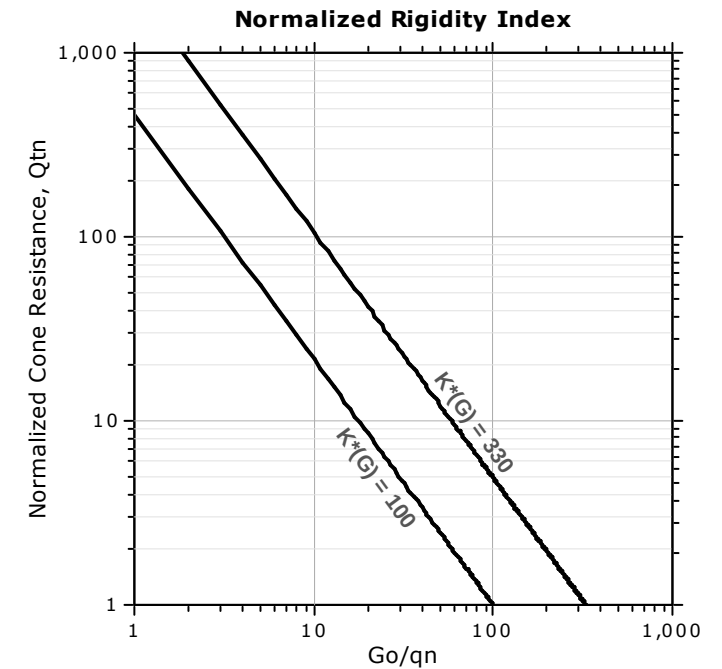
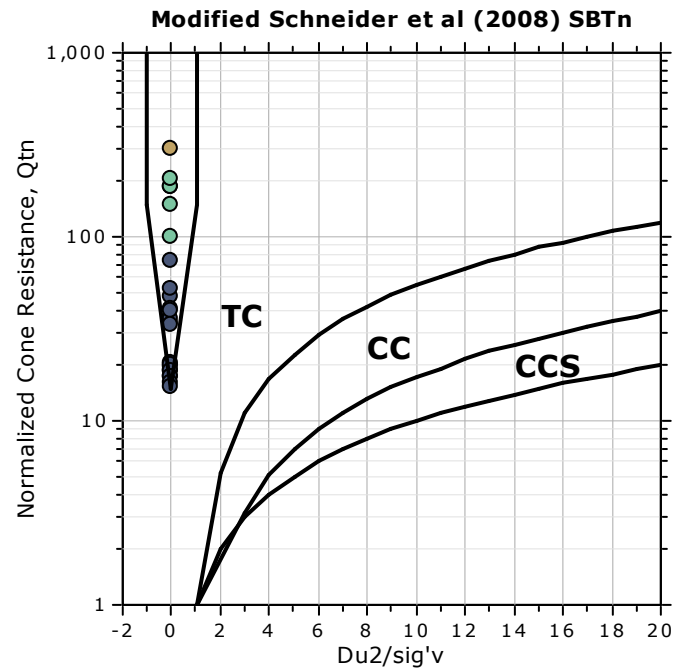
Cone Type:

Cone Operator:

Updated SBTn plots



CCS: Clay-like - Contractive - Sensitive
CC: Clay-like - Contractive
CD: Clay-like - Dilative
TC: Transitional - Contractive
TD: Transitional - Dilative
SC: Sand-like - Contractive
SD: Sand-like - Dilative



$K(G) > 330$: Soils with significant microstructure
(e.g. age/cementation)

Project:

Location:

CPT: CPT2

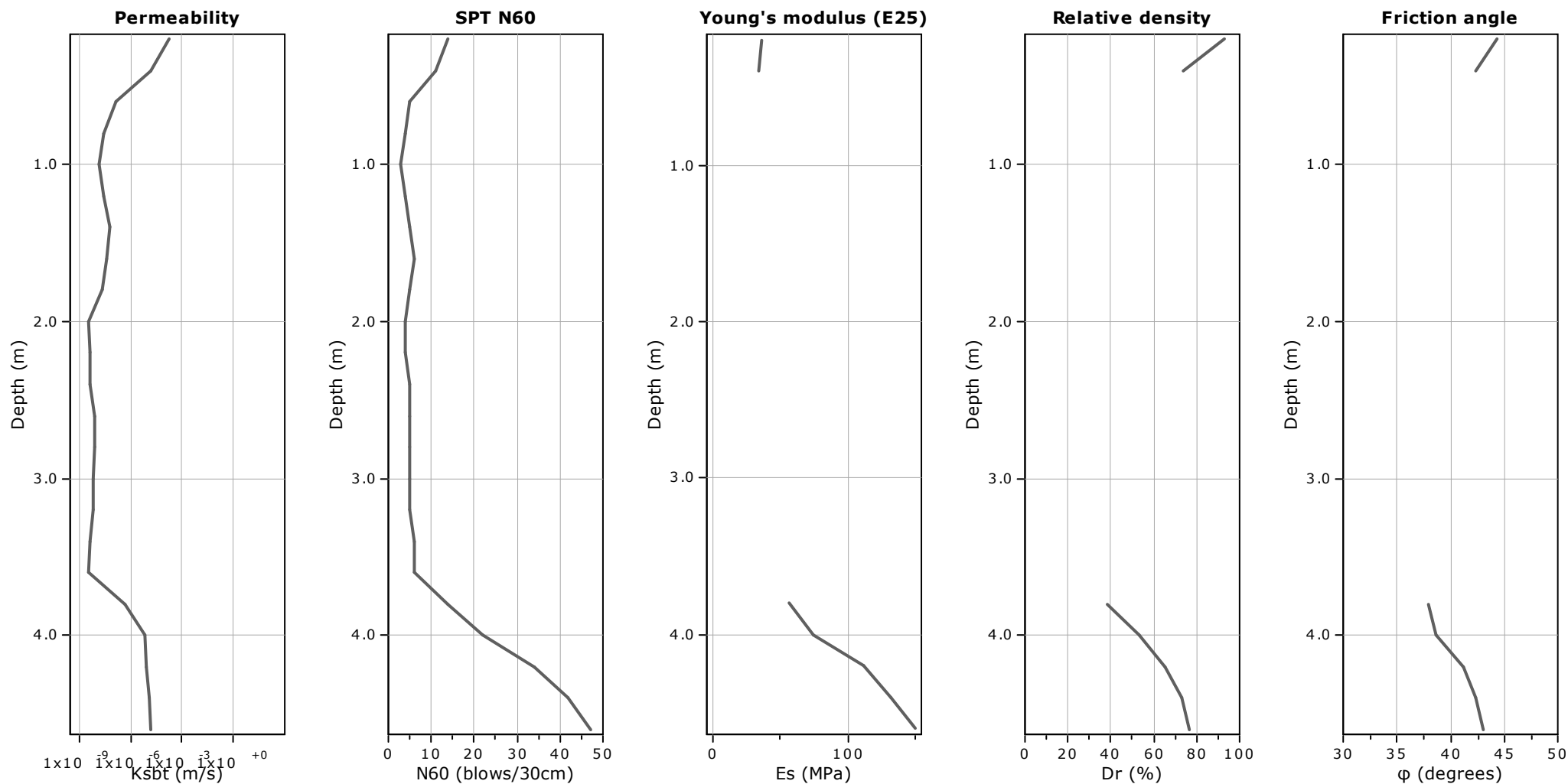
Total depth: 4.60 m, Date: 3. 08. 2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type:

Cone Operator:



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N₆₀: Based on I_c and q_t

Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr}: 350.0

Phi: Based on Kulhavy & Mayne (1990)

● User defined estimation data

Project:

Location:

CPT: CPT2

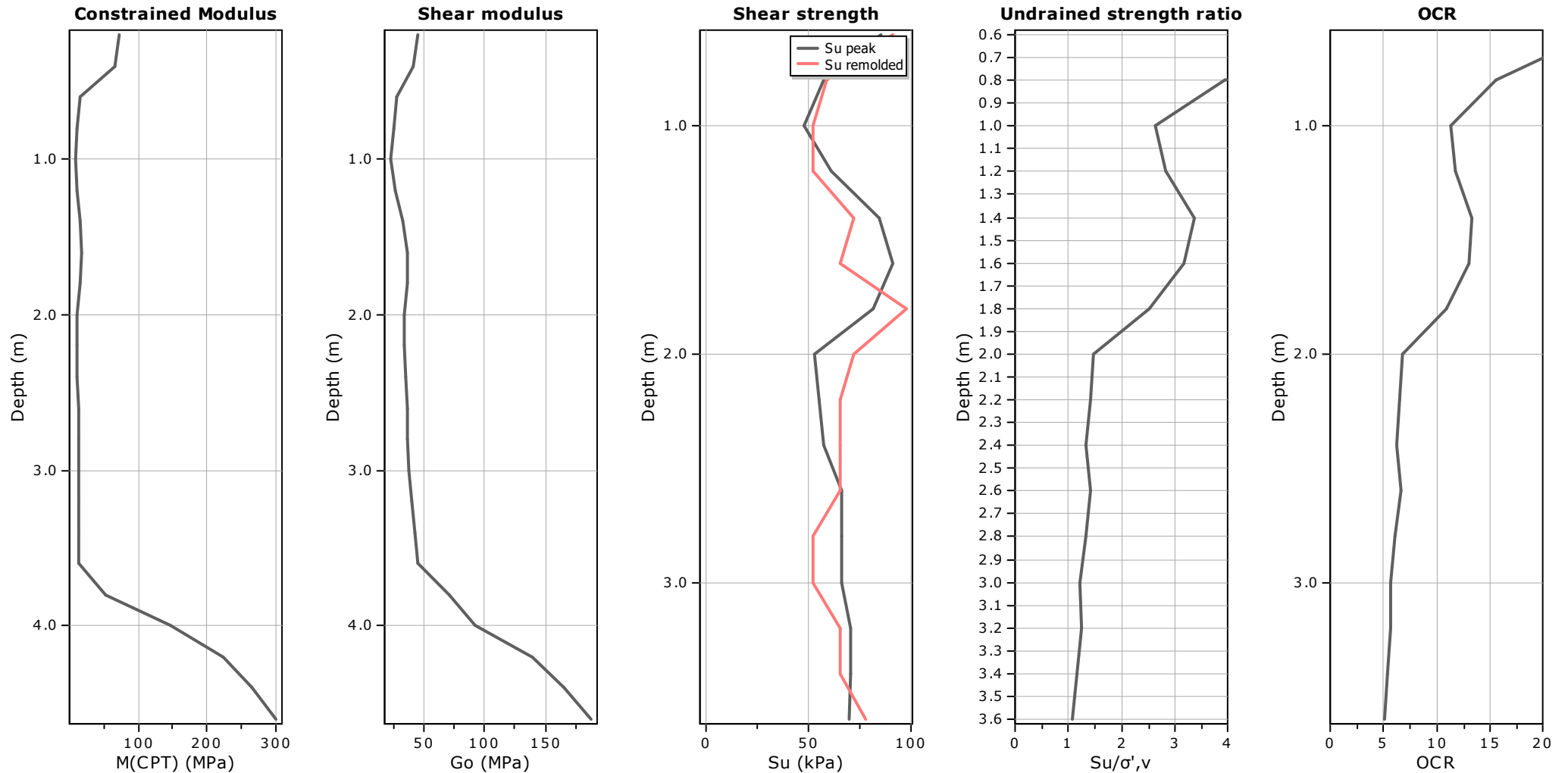
Total depth: 4.60 m, Date: 3. 08. 2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type:

Cone Operator:



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{tn} (Robertson, 2009)

G_0 : Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 14

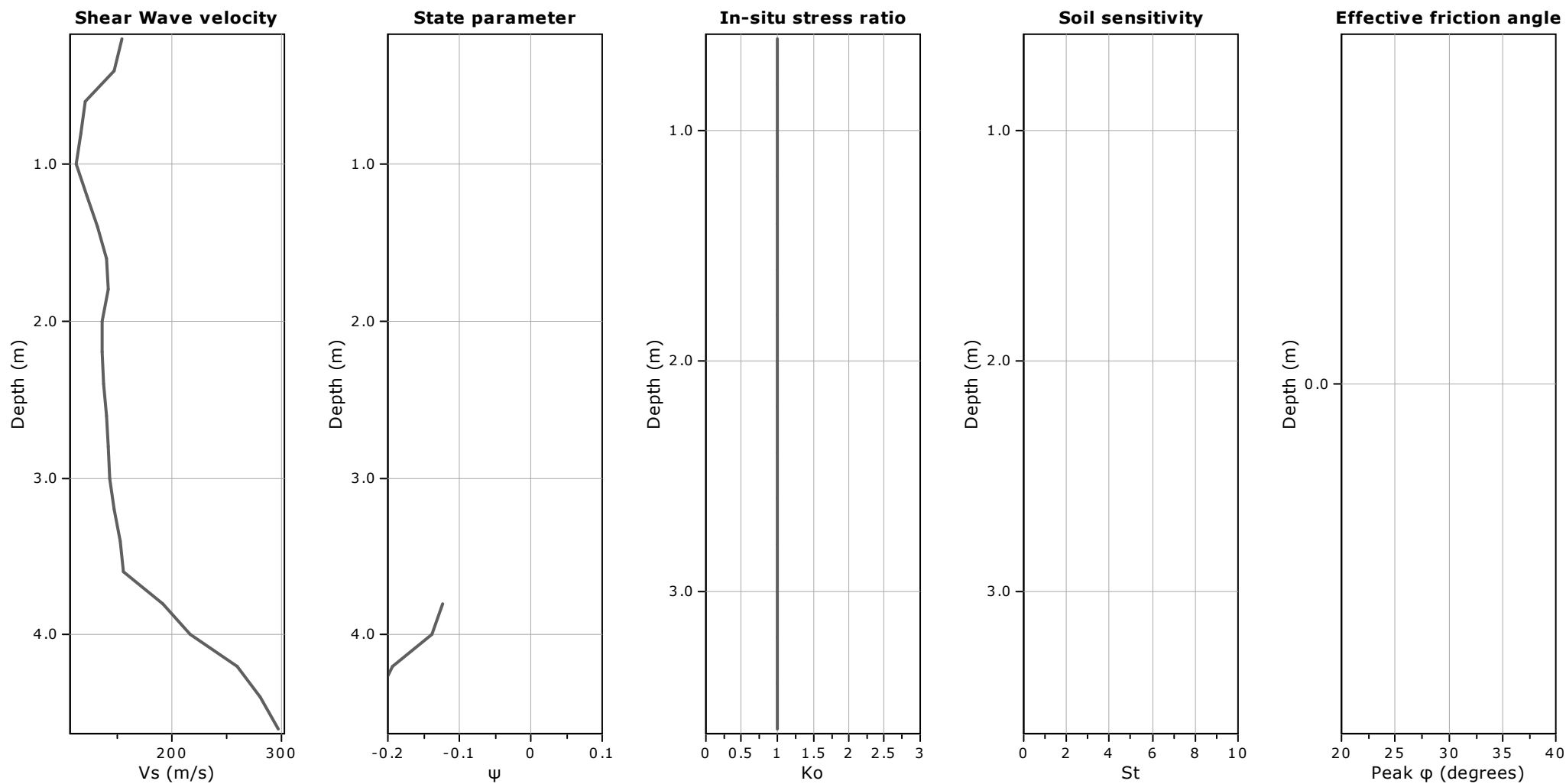
OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

● User defined estimation data

● Flat Dilatometer Test data

Project:

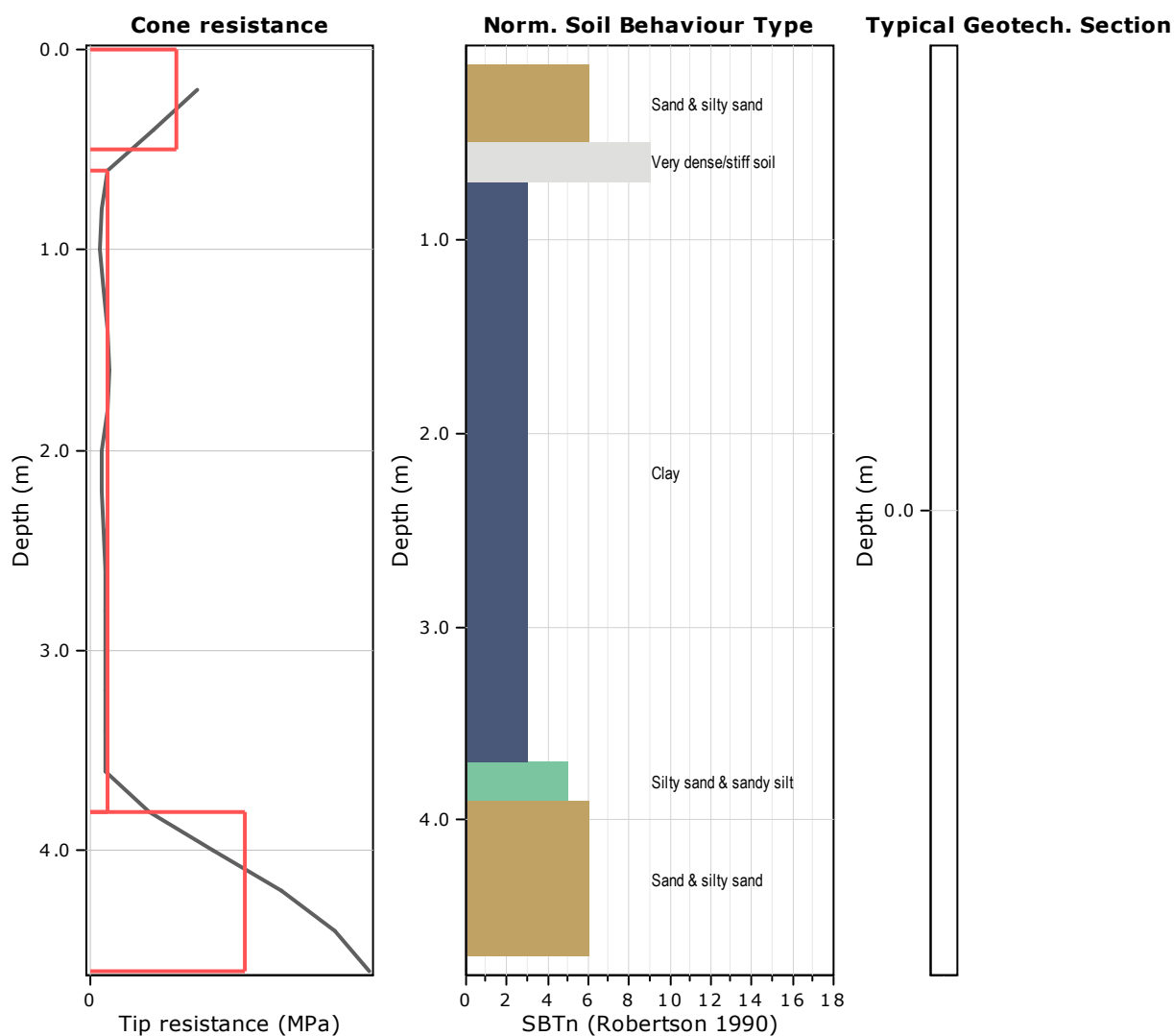
Location:



Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 350.00

—●— User defined estimation data



Tabular results

::: Layer No: 1 :::

Code: 1 **Start depth:** 0.00 (m), **End depth:** 0.50 (m)

Description: Sand & silty sand

Basic results

Total cone resistance: 5.72 ±2.08 MPa

Sleeve friction: 65.38 ±0.00 kPa

Ic: 1.71 ±0.25

SBT_n: 6

SBTn description: Sand & silty sand

Estimation results

Permeability: 1.01E-04 ±1.19E-04 m/s

N₆₀: 12.50 ±2.12 blows

Es: 34.80 ±2.17 MPa

Dr (%): 83.02 ±13.56

φ (degrees): 43.33 ±1.46 °

Unit weight: 18.52 ±0.04 kN/m³

Constrained Mod.: 69.61 ±4.34 MPa

Go: 43.62 ±2.72 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

:: Layer No: 2 ::**Code:** 2 **Start depth:** 0.60 (m), **End depth:** 3.80 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.16 ±0.73 MPa

Sleeve friction: 67.69 ±13.27 kPa

Ic: 2.89 ±0.20

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 5.27E-08 ±1.22E-07 m/s

N₆₀: 5.35 ±2.37 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.85 ±0.29 kN/m³

Constrained Mod.: 15.70 ±10.15 MPa

Go: 36.57 ±10.70 MPa

Su: 67.92 ±12.62 kPa

Su ratio: 2.10 ±1.14

O.C.R.: 9.68 ±5.28

:: Layer No: 3 ::**Code:** 3 **Start depth:** 3.80 (m), **End depth:** 4.60 (m)**Description:** Silty sand & sandy silt**Basic results**

Total cone resistance: 10.30 ±5.41 MPa

Sleeve friction: 199.40 ±173.92 kPa

Ic: 2.07 ±0.21

SBT_n: 5SBT_n description: Silty sand & sandy silt**Estimation results**

Permeability: 7.42E-06 ±5.32E-06 m/s

N₆₀: 28.00 ±12.44 blows

Es: 93.54 ±34.46 MPa

Dr (%): 57.60 ±14.99

φ (degrees): 40.03 ±2.11 °

Unit weight: 19.73 ±0.88 kN/m³

Constrained Mod.: 172.24 ±92.46 MPa

Go: 117.24 ±43.19 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

Project:

Location:

CPT: CPT2

Total depth: 4.60 m, Date: 3. 08. 2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type:

Cone Operator:

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	0.50	1.01E-04	12.5	34.8	83.0	43.3	69.6	43.6	0.0	0.0	0.0	18.5
0.50		(±1.19E-04)	(±2.1)	(±2.2)	(±13.6)	(±1.5)	(±4.3)	(±2.7)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)
0.60	3.20	5.27E-08	5.4	0.0	0.0	0.0	15.7	36.6	67.9	2.1	9.7	17.9
3.80		(±1.22E-07)	(±2.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±10.1)	(±10.7)	(±12.6)	(±1.1)	(±5.3)	(±0.3)
3.80	0.80	7.42E-06	28.0	93.5	57.6	40.0	172.2	117.2	0.0	0.0	0.0	19.7
4.60		(±5.32E-06)	(±12.4)	(±34.5)	(±15.0)	(±2.1)	(±92.5)	(±43.2)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.9)

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

Presented below is a list of formulas used for the estimation of various soil properties. The formulas are presented in SI unit system and assume that all components are expressed in the same units.

:: Unit Weight, g (kN/m³) ::

$$g = g_w \cdot \left(0.27 \cdot \log(R_f) + 0.36 \cdot \log\left(\frac{q_t}{p_a}\right) + 1.236 \right)$$

where g_w = water unit weight

:: Permeability, k (m/s) ::

$$I_c < 3.27 \text{ and } I_c > 1.00 \text{ then } k = 10^{0.952 - 3.04 \cdot I_c}$$

$$I_c \leq 4.00 \text{ and } I_c > 3.27 \text{ then } k = 10^{-4.52 - 1.37 \cdot I_c}$$

:: N_{SPT} (blows per 30 cm) ::

$$N_{60} = \left(\frac{q_c}{p_a} \right) \cdot \frac{1}{10^{1.1268 - 0.2817 \cdot I_c}}$$

$$N_{1(60)} = Q_{tn} \cdot \frac{1}{10^{1.1268 - 0.2817 \cdot I_c}}$$

:: Young's Modulus, E_s (MPa) ::

$$(q_t - \sigma_v) \cdot 0.015 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

(applicable only to $I_c < I_{c_cutoff}$)

:: Relative Density, Dr (%) ::

$$100 \cdot \sqrt{\frac{Q_{tn}}{k_{DR}}} \quad \text{(applicable only to SBT}_n\text{: 5, 6, 7 and 8 or } I_c < I_{c_cutoff}\text{)}$$

:: State Parameter, ψ ::

$$\psi = 0.56 - 0.33 \cdot \log(Q_{tn,cs})$$

:: Drained Friction Angle, ϕ (°) ::

$$\phi = \phi'_{cv} + 15.94 \cdot \log(Q_{tn,cs}) - 26.88$$

(applicable only to SBT_n: 5, 6, 7 and 8 or $I_c < I_{c_cutoff}$)

:: 1-D constrained modulus, M (MPa) ::

If $I_c > 2.20$

$\alpha = 14$ for $Q_{tn} > 14$

$\alpha = Q_{tn}$ for $Q_{tn} \leq 14$

$$M_{CPT} = \alpha \cdot (q_t - \sigma_v)$$

If $I_c \geq 2.20$

$$M_{CPT} = 0.03 \cdot (q_t - \sigma_v) \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

:: Small strain shear Modulus, G_0 (MPa) ::

$$G_0 = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

:: Shear Wave Velocity, V_s (m/s) ::

$$V_s = \left(\frac{G_0}{\rho} \right)^{0.50}$$

:: Undrained peak shear strength, S_u (kPa) ::

$$N_{kt} = 10.50 + 7 \cdot \log(F_r) \text{ or user defined}$$

$$S_u = \frac{(q_t - \sigma_v)}{N_{kt}}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Remolded undrained shear strength, $S_u(rem)$ (kPa) ::

$$S_{u(rem)} = f_s \quad \text{(applicable only to SBT}_n\text{: 1, 2, 3, 4 and 9 or } I_c > I_{c_cutoff}\text{)}$$

:: Overconsolidation Ratio, OCR ::

$$k_{OCR} = \left[\frac{Q_{tn}^{0.20}}{0.25 \cdot (10.50 + 7 \cdot \log(F_r))} \right]^{1.25} \text{ or user defined}$$

$$OCR = k_{OCR} \cdot Q_{tn}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: In situ Stress Ratio, K_0 ::

$$K_0 = (1 - \sin \phi') \cdot OCR^{\sin \phi'}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Soil Sensitivity, S_t ::

$$S_t = \frac{N_s}{F_r}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Peak Friction Angle, ϕ' (°) ::

$$\phi' = 29.5^\circ \cdot B_q^{0.121} \cdot (0.256 + 0.336 \cdot B_q + \log Q_t)$$

(applicable for $0.10 < B_q < 1.00$)

References

- Robertson, P.K., Cabal K.L., Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering, Gregg Drilling & Testing, Inc., 5th Edition, November 2012
- Robertson, P.K., Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Can. Geotech. J. 46(11): 1337–1355 (2009)

Slope stability analysis

Input data

Project

Task : Lokalna cesta 490012 – zemeljski usad
Part : Sanirano stanje
Customer : Občina Žalec
Author : Vid Štukovnik, dipl.inž.grad IZS PI G-4619
Date : 3. 08. 2020
Project ID : GG 83/7/20
Project number : GG 83/7/20

Settings

Slovenia - EN 1997

Stability analysis

Earthquake analysis : Standard
Verification methodology : according to EN 1997
Design approach : 3 - reduction of actions (GEO, STR) and soil parameters

Partial factors on actions (A)					
Permanent design situation					
		State STR		State GEO	
		Unfavourable	Favourable	Unfavourable	Favourable
Permanent actions :	$\gamma_G =$	1,00 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]
Variable actions :	$\gamma_Q =$	1,50 [-]	0,00 [-]	1,30 [-]	0,00 [-]
Water load :	$\gamma_w =$			1,00 [-]	

Partial factors for soil parameters (M)			
Permanent design situation			
Partial factor on internal friction :	$\gamma_\phi =$	1,25 [-]	
Partial factor on effective cohesion :	$\gamma_c =$	1,25 [-]	
Partial factor on undrained shear strength :	$\gamma_{cu} =$	1,40 [-]	

Interface

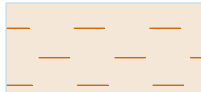
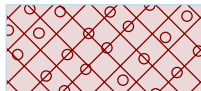
No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	18,05	1,74	17,62	3,14	16,57
		8,73	15,75	11,67	14,33	12,37	14,18
		13,11	13,52	14,45	13,16	15,07	13,00
		19,40	13,15	23,41	13,29	26,27	12,09
		27,00	11,93	27,74	10,10	29,69	9,62
		31,91	8,88	33,08	8,70	35,42	7,61
		37,15	7,61	38,93	7,61	46,02	6,35
		53,96	5,34	54,77	5,14	56,15	4,16
		57,35	4,07	58,57	2,56	60,87	1,97
		62,10	0,32	65,03	0,00	68,12	0,64
		69,09	1,40	78,19	1,75		
2		0,00	14,19	0,67	14,02	13,94	10,69
		25,85	8,21				

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
3		14,45	13,16	14,70	12,25	24,97	11,91
		25,85	8,21	26,14	6,99	26,38	6,01
		26,97	6,02	29,31	6,20	30,03	6,33
		37,02	3,58	58,20	0,06	63,27	-1,10
		78,19	-0,06				
4		0,00	12,67	13,90	9,46	26,14	6,99
5		26,27	12,09	26,97	6,02		
6		27,74	10,10	29,31	6,20		
7		29,31	6,20	36,67	2,92	58,21	-1,30
		63,13	-2,21	78,19	-0,06		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	Φ_{ef} [°]	C_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	Meljna glina		17,00	1,00	17,00
2	Morska Glina		20,00	2,00	18,00
3	Okamenela glina		23,00	9,00	20,00
4	Tampon		35,00	0,00	20,00

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [–]
1	Meljna glina		18,00		
2	Morska Glina		20,00		
3	Okamenela glina		20,00		
4	Tampon		20,00		

Soil parameters

Meljna glina

Unit weight : $\gamma = 17,00 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 17,00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 1,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 18,00 \text{ kN/m}^3$

Morska Glina

Unit weight : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 20,00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 2,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

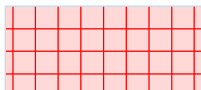
Okamenela glina

Unit weight : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 23,00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 9,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Tampon

Unit weight : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 35,00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Rigid bodies

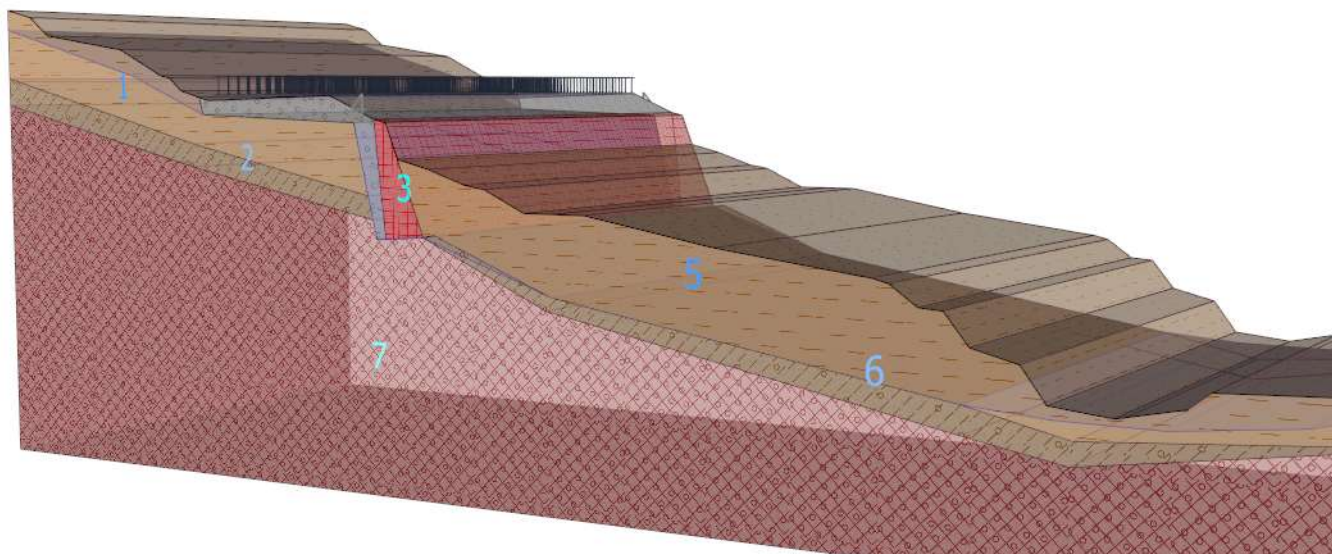
No.	Name	Sample	γ [kN/m ³]
1	zložba		25,00

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		24,97	11,91	14,70	12,25	Meljna glina
		14,45	13,16	13,11	13,52	
		12,37	14,18	11,67	14,33	
		8,73	15,75	3,14	16,57	
		1,74	17,62	0,00	18,05	
		0,00	14,19	0,67	14,02	
		13,94	10,69	25,85	8,21	
2		13,90	9,46	26,14	6,99	Morska Glina
		25,85	8,21	13,94	10,69	
		0,67	14,02	0,00	14,19	
		0,00	12,67			
3		27,74	10,10	27,00	11,93	zložba
		26,27	12,09	26,97	6,02	
		29,31	6,20			
4		26,27	12,09	23,41	13,29	Tampon
		19,40	13,15	15,07	13,00	
		14,45	13,16	14,70	12,25	
		24,97	11,91	25,85	8,21	
		26,14	6,99	26,38	6,01	
		26,97	6,02			
5		29,31	6,20	30,03	6,33	Meljna glina
		37,02	3,58	58,20	0,06	
		63,27	-1,10	78,19	-0,06	
		78,19	1,75	69,09	1,40	
		68,12	0,64	65,03	0,00	
		62,10	0,32	60,87	1,97	
		58,57	2,56	57,35	4,07	
		56,15	4,16	54,77	5,14	
		53,96	5,34	46,02	6,35	
		38,93	7,61	37,15	7,61	
		35,42	7,61	33,08	8,70	
		31,91	8,88	29,69	9,62	
6		27,74	10,10			Morska Glina
		36,67	2,92	58,21	-1,30	
		63,13	-2,21	78,19	-0,06	
		63,27	-1,10	58,20	0,06	
		37,02	3,58	30,03	6,33	
7		29,31	6,20			Okamenela glina
		63,13	-2,21	58,21	-1,30	
		36,67	2,92	29,31	6,20	
		26,97	6,02	26,38	6,01	
		26,14	6,99	13,90	9,46	
		0,00	12,67	0,00	-7,21	
		78,19	-7,21	78,19	-0,06	

Name : Soils and assignment

Stage : 1



Surcharge

No.	Type	Type of action	Location z [m]	Origin x [m]	Length l [m]	Width b [m]	Slope α [°]	Magnitude	
1	strip	permanent	on terrain	x = 15,50	l = 8,00		0,00	q, q ₁ , f, F	q ₂ unit
								20,00	kN/m ²

Surcharges

No.	Name
1	promet

Water

Water type : GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	16,93	9,65	14,31	14,70	12,25
		24,97	11,91	26,38	6,01	29,31	6,20
		37,02	3,58	58,20	0,06	62,28	-0,27
		67,25	-0,32	73,10	0,28	78,19	1,61

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters					
Center :	x =	58,46 [m]	Angles :	α_1 =	-31,54 [°]
	z =	112,95 [m]		α_2 =	1,39 [°]
The slip surface after optimization.					

Slip surface parameters

Radius : R = 111,40 [m]

The slip surface after optimization.

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 945,63 \text{ kN/m}$

Sum of passive forces : $F_p = 1071,97 \text{ kN/m}$

Sliding moment : $M_a = 105342,76 \text{ kNm/m}$

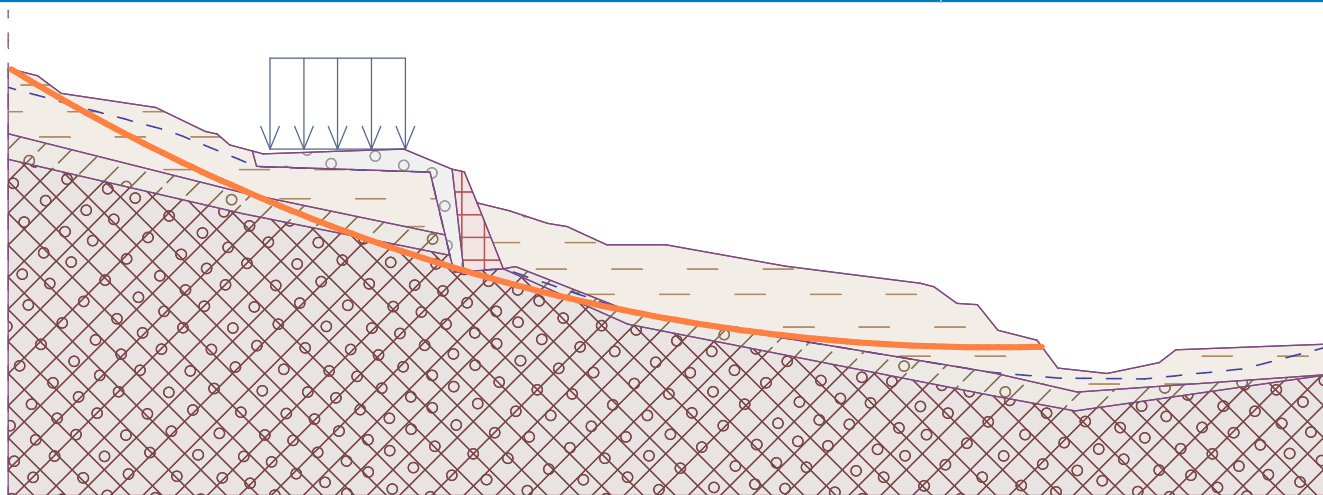
Resisting moment : $M_p = 119417,25 \text{ kNm/m}$

Utilization : 88,2 %

Slope stability ACCEPTABLE

Name : Analysis

Stage - analysis : 1 - 1



Slope stability analysis

Input data

Project

Task : Lokalna cesta 490012 – zemeljski usad
Part : Trenutno stanje brez obtežb in vode
Customer : Občina Žalec
Author : Vid Štukovnik, dipl.inž.grad IZS PI G-4619
Date : 3. 08. 2020
Project ID : GG 83/7/20
Project number : GG 83/7/20

Settings

Standard - EN 1997 - DA1

Stability analysis

Earthquake analysis : Standard
Verification methodology : according to EN 1997
Design approach : 1 - reduction of actions and soil parameters

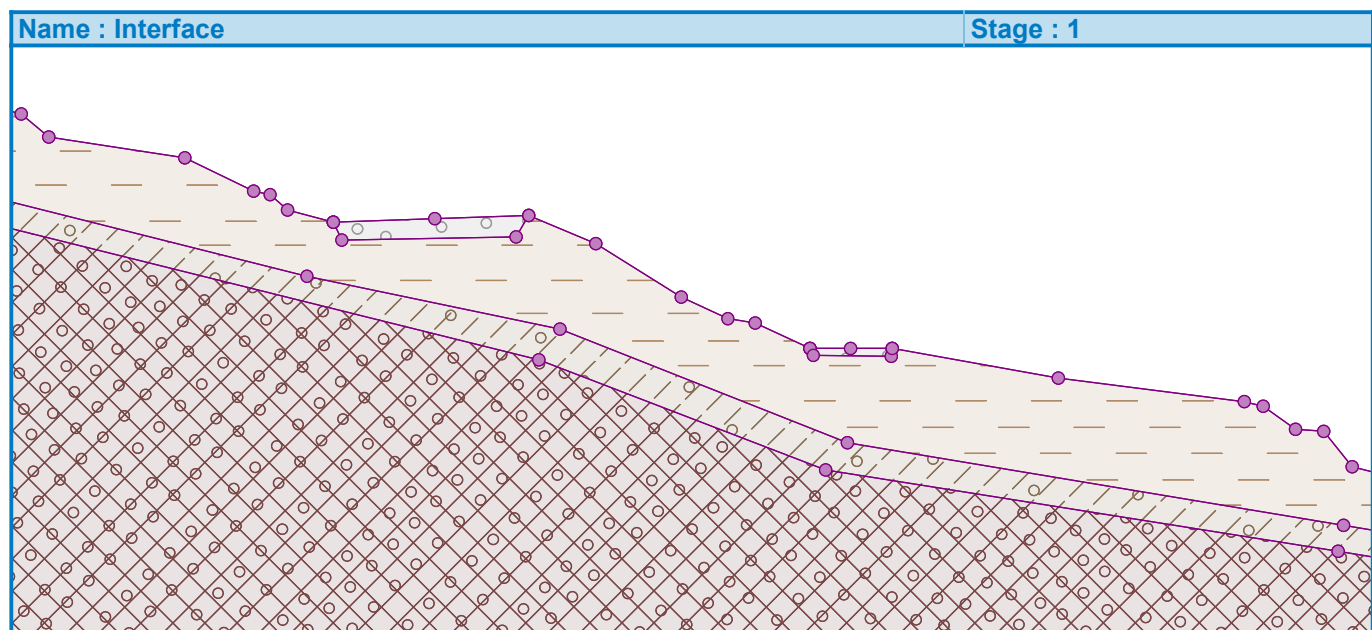
Partial factors on actions (A)					
Permanent design situation					
		Combination 1		Combination 2	
		Unfavourable	Favourable	Unfavourable	Favourable
Permanent actions :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]
Variable actions :	$\gamma_Q =$	1,50 [-]	0,00 [-]	1,30 [-]	0,00 [-]
Water load :	$\gamma_w =$	1,35 [-]		1,00 [-]	

Partial factors for soil parameters (M)			
Permanent design situation			
		Combination 1	Combination 2
Partial factor on internal friction :	$\gamma_\phi =$	1,00 [-]	1,25 [-]
Partial factor on effective cohesion :	$\gamma_c =$	1,00 [-]	1,25 [-]
Partial factor on undrained shear strength :	$\gamma_{cu} =$	1,00 [-]	1,40 [-]

Interface

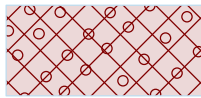
No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	18,08	1,74	17,62	2,92	16,63
		8,73	15,75	11,67	14,33	12,37	14,18
		13,11	13,52	15,07	13,00	19,40	13,15
		23,41	13,29	26,27	12,09	29,92	9,80
		31,91	8,88	33,08	8,70	35,42	7,61
		37,15	7,61	38,93	7,61	46,02	6,35
		53,96	5,34	54,77	5,14	56,15	4,16
		57,35	4,07	58,57	2,56	60,87	1,97
		62,10	0,32	65,03	0,00	68,12	0,64
		69,09	1,40	78,19	1,79		
2		0,00	14,19	0,67	14,02	13,94	10,69
		24,74	8,44	37,02	3,58	58,20	0,06
		78,19	-3,26				

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
3		15,07	13,00	15,43	12,24	22,87	12,37
		23,41	13,29				
4		0,00	13,05	23,84	7,12	36,08	2,42
		57,96	-1,05	78,19	-4,38		
5		35,42	7,61	35,56	7,32	38,89	7,27
		38,93	7,61				



Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	Φ_{ef} [°]	C_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	Meljna glina		17,00	1,00	17,00
2	Morska Glina		20,00	2,00	18,00

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
3	Okamenela glina		23,00	9,00	20,00
4	Tampon		35,00	0,00	20,00

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [–]
1	Meljna glina		18,00		
2	Morska Glina		20,00		
3	Okamenela glina		20,00		
4	Tampon		20,00		

Soil parameters

Meljna glina

Unit weight : $\gamma = 17,00 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 17,00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 1,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 18,00 \text{ kN/m}^3$

Morska Glina

Unit weight : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 20,00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 2,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Okamenela glina

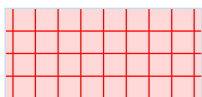
Unit weight : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 23,00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 9,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Tampon

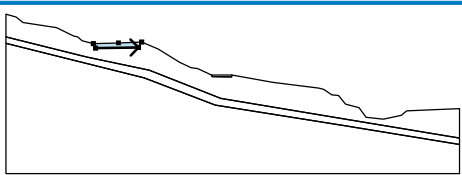
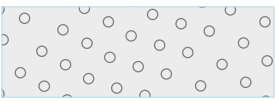
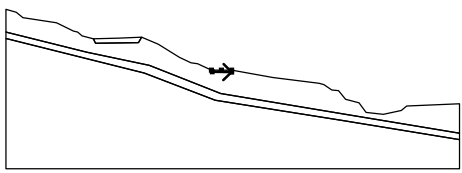
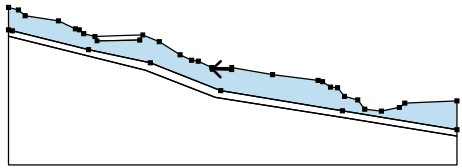
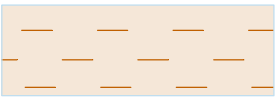
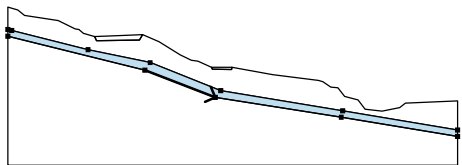
Unit weight : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 35,00^\circ$

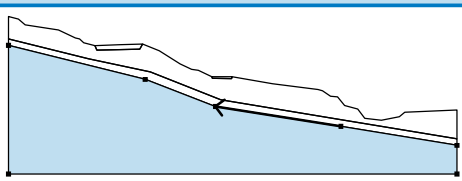
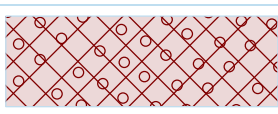
Cohesion of soil : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

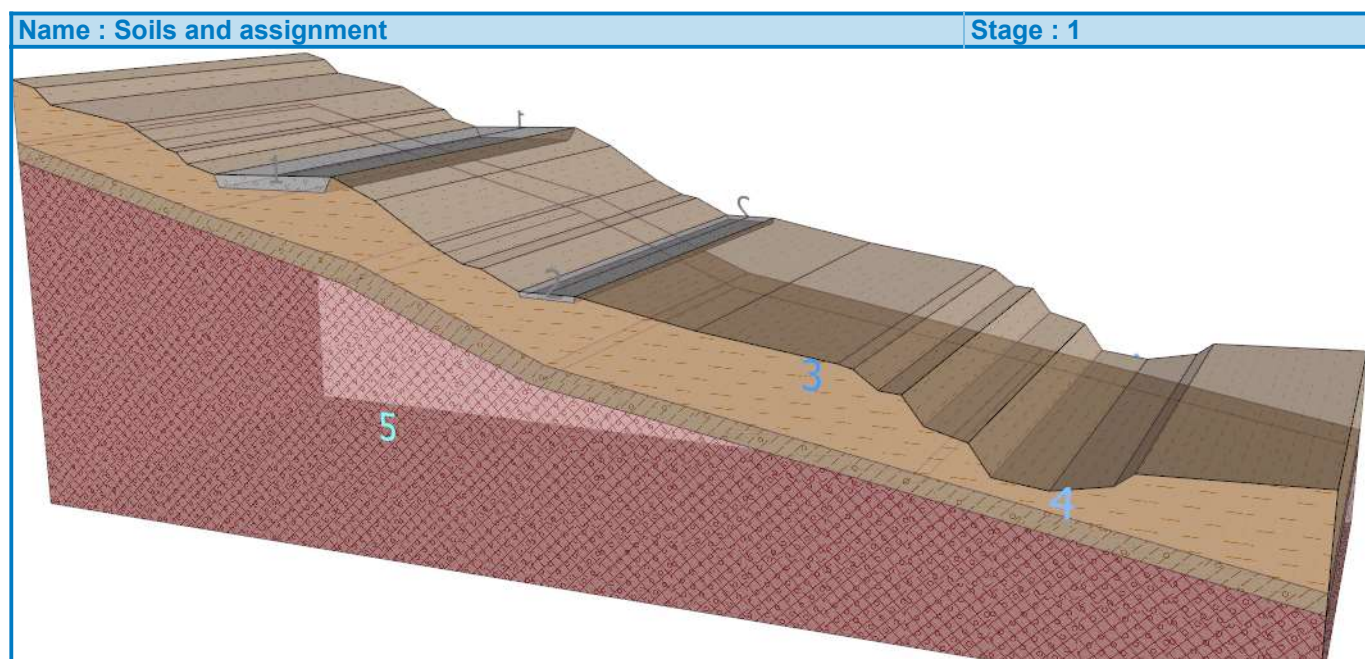
Rigid bodies

No.	Name	Sample	γ [kN/m ³]
1	Rigid body No. 1		25,00

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		15,43	12,24	22,87	12,37	Tampon 
		23,41	13,29	19,40	13,15	
		15,07	13,00			
2		35,56	7,32	38,89	7,27	Tampon 
		38,93	7,61	37,15	7,61	
		35,42	7,61			
3		38,89	7,27	35,56	7,32	Meljna glina 
		35,42	7,61	33,08	8,70	
		31,91	8,88	29,92	9,80	
		26,27	12,09	23,41	13,29	
		22,87	12,37	15,43	12,24	
		15,07	13,00	13,11	13,52	
		12,37	14,18	11,67	14,33	
		8,73	15,75	2,92	16,63	
		1,74	17,62	0,00	18,08	
		0,00	14,19	0,67	14,02	
		13,94	10,69	24,74	8,44	
		37,02	3,58	58,20	0,06	
		78,19	-3,26	78,19	1,79	
		69,09	1,40	68,12	0,64	
		65,03	0,00	62,10	0,32	
		60,87	1,97	58,57	2,56	
		57,35	4,07	56,15	4,16	
		54,77	5,14	53,96	5,34	
		46,02	6,35	38,93	7,61	
4		23,84	7,12	36,08	2,42	Morska Glina 
		57,96	-1,05	78,19	-4,38	
		78,19	-3,26	58,20	0,06	
		37,02	3,58	24,74	8,44	
		13,94	10,69	0,67	14,02	
		0,00	14,19	0,00	13,05	

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
5		57,96	-1,05	36,08	2,42	Okamenela glina 
		23,84	7,12	0,00	13,05	
		0,00	-9,38	78,19	-9,38	
		78,19	-4,38			



Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

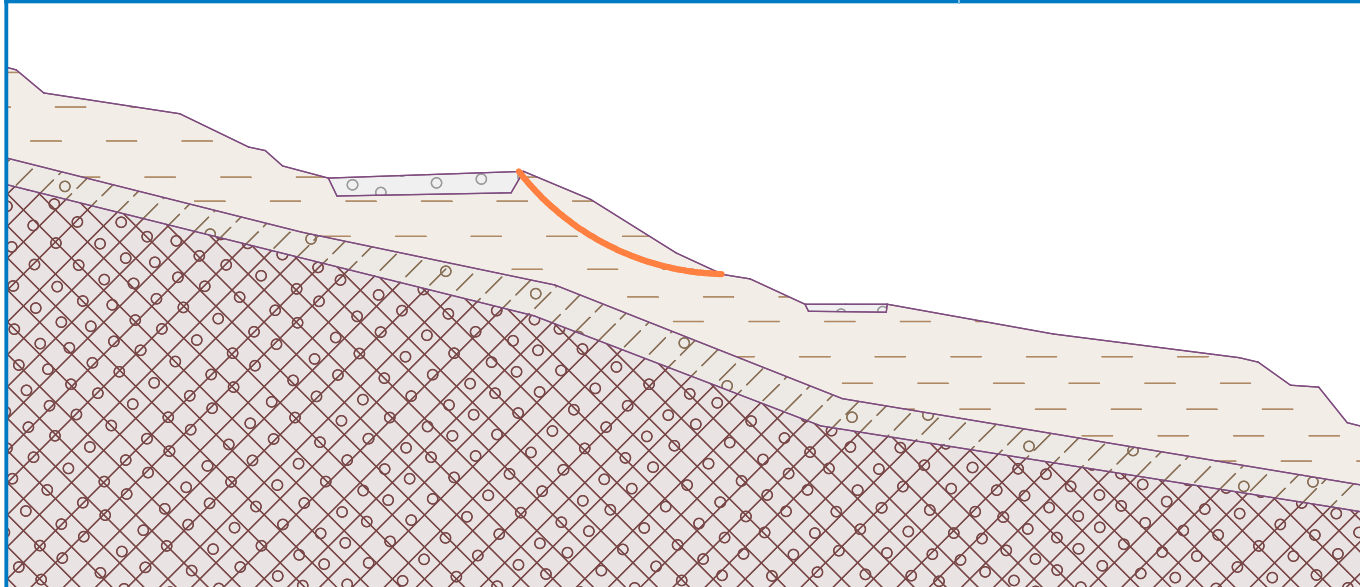
Slip surface parameters					
Center :	x =	32,15 [m]	Angles :	α_1 =	-52,21 [°]
	z =	20,22 [m]		α_2 =	-1,47 [°]
Radius :	R =	11,32 [m]			
Specified slip surface.					

Slope stability verification (Bishop)

Analysis has not been performed.

Name : Analysis

Stage - analysis : 1 - 1



M 1:200

PR. 1

PR. 1

zgornji rob usada

LEGENDA:

J
DP
CPT

- LOKACIJE SONDAŽNIH IZKOPOV
- LOKACIJE MERITEV Z DINAMIČNIM PENETROMETROM
- LOKACIJE MERITEV S STATIČNIM PENETROMETROM

Naročnik Občina Žalec
Ul. Savinjske čete 5
3310 Žalec

Izvajalec: **GHC**
PROJEKT
GHC-projekt, projektiranje in inženiring, d.o.o.

Podizvajalec:

Naziv	Ime in priimek	Ident. št.	Podpis
Odg.vodja proj.:			
Odg.projektant:	Vid ŠTUKOVNIK dipl.inž.grad.	G-4619	
Projektant 1:	Martin Škoflek		
Projektant 2:			

Projekt:
Geološko geotehnično poročilo
za parc. št.: 195 in 1010/9
k.o.: 1021 Liboje

Odsek: sanacija

Pododsek:

Opis risbe: Situacija z lokacijo meritev

Del risbe:

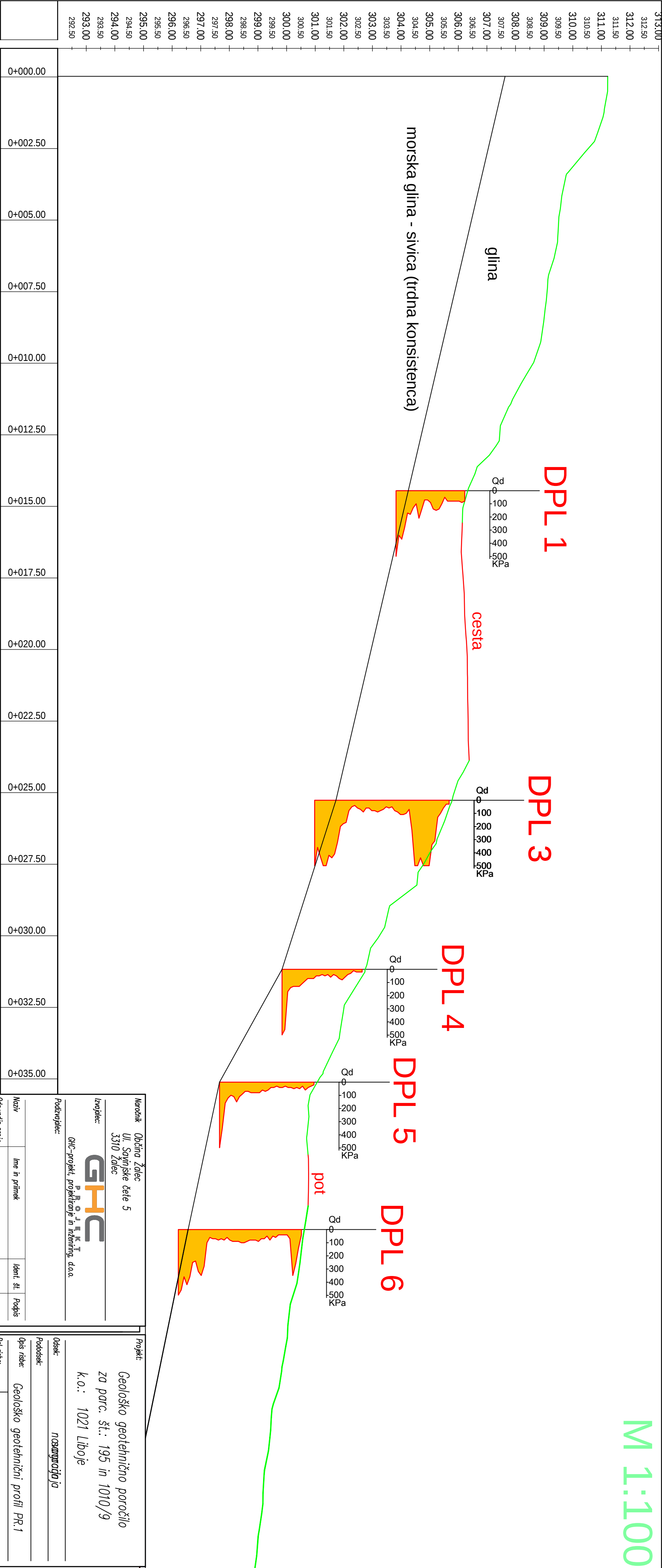
Št. projekta: GG 83/7/20 Faza: DGD

Št. načrta: Merilo: 1:200

Šifra CC: Datum: julij 2020

Št. odseka:	Arhivska št.:	Faza/Objekt:	Šifra risbe:
Št. priloge:	G.1		
		Avtor risbe:	GHC-projekt, projektiranje in inženiring, d.o.o.
		Ident. št. risbe:	

M 1:100



Naročnik: Občina Žalec Ul. Soušijske čete 5 3310 Žalec			Projekt: Geološko geotehnično poročilo za parc. št.: 195 in 1010/9 k.o.: 1021 Liboje		
Izvajalec: GHG-projekt, projektiranje in inženiring, d.o.o.			Podizvajalec: navedeno ni		
Podizvajalec:			Odssek: navedeno ni		
Naziv: ime in priimek			Opis risbe: Geološko geotehnični profil PR.1		
Odgovorna proj.: ident. št.			Podpis: Del risbe:		
Odgovornost: VId ŠTUKOMNIK dipl.inž.građ.			Št. projekta: GG 83/7/20		
Projektant 1: Martin Škoflek			Št. nadzora: Mento: 1:100		
Projektant 2:			Šifra CC: Datum: julij 2020		

Št. odsaka:		Arhivsko št.:		Faza/Objekt:		Šifra risbe:	
Št. priloge:		G.2		Avatar risbe:		GHG-projekt, projektiranje in inženiring, d.o.o.	
				Ident. št. risbe:			

LEGENDA:
- Qd
- LOKACIJE MERITEV Z DINAMIČNIM PENETROMETROM



DP