



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

**NAČRT IN ŠTEVILČNA OZNAKA ELABORATA**

E - Geološko geotehnično poročilo

**NAROČNIK**

Petrol d.d., Dunajska cesta 50, 1527 Ljubljana

**ZA GRADNJO**

OPPN

**ŠTEVILKA PARCELE in KATASTRSKA OBČINA:**

parc. št.: 1236/4 k.o.: 2488 Zalog

**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 131/6/23, Dobrna 13.7.2023

**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 .....	8
T.2.3. Seizmičnost terena .....	9
T.2.4. Zmrzljinska cona .....	9
T.3. TERENSKÉ PREISKAVE .....	10
T.3.1. Splošno .....	10
T.3.2. Izvleček rezultatov meritev s konusnim penetrometrom .....	11
T.3.3. Izvleček rezultatov meritev vlažnosti .....	14
T.3.4. Računski parametri .....	14
T.3.5. Izvleček rezultatov meritev enosne tlačne trdnosti .....	15
T.4. STABILNOST TERENA .....	16
T.5. PREDLOG UREDITVE VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE .....	16
T.6. PREDLOG TEMELJENJA OBJEKTOV .....	18
T.7. OPOZORILA .....	18
T.8. UPORABLJENI STANDARDI IN PREDPISI .....	19
R. RAČUNSKI DEL .....	20
R.1. REZULTATI MERITEV Z DINAMIČNIM PENETROMETROM .....	21
R.1.1. DPM 1 .....	21
R.1.2. DPM 2 .....	22
R.1.3. DPM 3 .....	23
R.1.4. DPM 1 .....	24
R.2. FOTOGRAFIJE VZORCEV IZ VRTINE .....	25
R.2.1. vrtina 1 .....	25
R.2.2. vrtina 2 .....	26
R.2.3. vrtina 3 .....	27
R.3. OPREMA IN INTERPRETACIJA .....	28
R.3.1. Dinamični penetrometer medium PR.13 .....	28
R.3.2. Penetracija s statičnim konusnim penetrometrom - CPT .....	29
R.4. INFORMATIVNI IZRAČUN TEMELJENJA .....	35
R.5. IZRAČUN PARAMETROV KARAKTERISTIČNE PENETRACIJE (DPM 2) .....	36
R.6. IZPIS REZULTATOV CPeT-IT .....	37
G. GRAFIKE .....	38

## S.2 KAZALO SLIK

Slika 1 – Lokacija parcele .....	6
Slika 2 – fotografija parcele .....	6
Slika 3 – izsek iz geološke karte (Postojna).....	8
Slika 4 - Karta projektnega pospeška tal s povratno dobo 475 let.....	9
Slika 5 - Karta informativnih globin prodiranja mraza $h_m$ .....	10
Slika 6 – Enosna tlačna trdnost $\sigma_u$ .....	15
Slika 7 - dinamični penetrometer PR.13 .....	28
Slika 8 - fotografija uporabljene opreme .....	29

## S.3 KAZALO GRAFIK

- G.1 Situacija z lokacijo meritev
- G.2 Geološko geotehnični karakteristični profil PR1
- G.3 Geološko geotehnični karakteristični profil PR2

**T. TEHNIČNI DEL**

## T.1. SPLOŠNO

Naročnik geološko geotehničnega poročila želi na območju parcel: 1236/4 k.o.: 2488 Zalog, pridobiti informacije o pogojih za temeljenje.

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

Parcela se nahaja v zahodnem delu Postojne, na višini 530 m.n.v.. Območje obdelave meri v dolžino 250 m in širino 130 m. Teren prekriva njiva in pada v smeri vzhoda s povprečnim naklonom 3%.



Slika 1 – Lokacija parcele



Slika 2 – fotografija parcele

## T.2. OSNOVE ZA PROJEKTIRANJE

### T.2.1. Geološke osnove

V Postojnski kotlini in na njenem obrobju je med vsemi staroterziarnimi kameninami eocenski fliš najbolj razširjen. Pokriva skoraj vso kotlino ter se podaljšuje v Vipavsko dolino in proti Pivki. Plasti se v glavnem raztezajo od severozahoda proti jugovzhodu, le lokalno odstopajo od te smeri.

Fliš je v Postojnski kotlini na debelo prekrit s preperino. Zato njegovega razvoja podrobno ne poznamo. Ugotovili smo, da je zelo podoben razvoju v Zgornji Vipavski dolini, v dolini Bele na Streliškem vrhu in okoli Kališ pri Logatcu. Kossmat (1905) je na karti označil brečo in konglomerat med Hraščami, Hrenovicami, Goričami in Šmihelom. Ker je tu teren slabo razgaljen - razen okrog Hrenovic in pri Fari - ni mogoče trditi, da vsebuje fliš na vsem tem območju brečo in konglomerat. Na več krajih je res opaziti 2 m do 3 m debele plasti breče, konglomerata in apnenca z numuliti, vse okrog pa se menjavajo plasti kremenovega in apnenega sljudnatega peščenjaka in glinovca z redkimi vložki laporja.

V nekaterih drugih flišnih kotlinah v Dinaridih opazujemo vse tri vrste fliša, ki kažejo na različne stopnje razvoja orogenetske faze: začetni (ali zgornji) fliš (aritmčni glinasti fliš, h kateremu štejejo tudi italijansko scaglio), pravi fliš (ritmčni fliš) in pozni fliš (divji fliš). Pravi ali ritmčni fliš je v Postojnski kotlini najbolj razširjen in najbolj značilen. V ta flišni razvoj štejemo tiste plasti, v katerih se apneni in kremenov peščenjak menjavata z glincem in laporjem. Peščenjak je siv in zelenkasto moder; pri preperevanju postane rjav. V apnenem peščenjaku je navadno precej foraminifernih hišic; med njimi prevladujejo numuliti. Debelejše plasti glinovca in laporja so redke, skoraj vedno so vmes vsaj tanke plasti peščenjaka.

Apneno brečo ter apneni in roženčev konglomerat lahko primerjamo z divjim flišem. Njegov razvoj tu sicer ni povsem značilen, kot npr. v Vipavski in Soški dolini, kjer najdemo tudi velike bloke kamenin, nanesene z nekdanjih kordiljer.

V Postojnski kotlini so prodniki konglomerata in kosi breče veliki nekaj centimetrov do dveh decimetrov. Prodniki roženca so raznobarvni. Prevladujejo prodniki s premerom okoli 1,5 cm.

V apneni breči so pogostni numuliti. Breča in konglomerat nastopata pod plastjo glinovca in laporja, debelo nekaj metrov. Poleg tega se pojavlja drobnozrnati apneni peščenjak, ki prehaja v apnenec.

Glinastemu poznemu flišu prištevamo sivi in rdečkasti apneni lapor in glinovec na severnem obrobju kotline pri Studenem ter v flišnem ostanku pri Kališah.

Ker je pravi ali ritmčni fliš najbolj razširjen, bomo njegovo sestavo podrobneje obravnavali. Menjavanje peščenjaka, glinovca in laporja je pravilno in monotono. Peščenjak je kremenov ali apnen. Plasti so debele 5 cm do 30 cm. Kremenov peščenjak vsebuje 10% kalcijevega karbonata. Če je v peščenjaku več apnene komponente, so kremenova zrna korodirana s kalcitom. Kremen je vulkanskega izvora. Pomemben sestavni del kremenovega peščenjaka so glinenci, ki jih je do 15%. Cement med kremenovimi, kalcitnimi in glinenčevimi zrni je iz mikrokristalnega kremena, muskovita in klorita. Poleg tega vsebuje kremenov peščenjak še malo limonita, neprosojne organske snovi in težke minerale.

Apneni peščenjak sestavljajo detritična zrna kalcita ter organogen kalcit iz litotamnij, diciklin in miliolid. Na kremen in glince odpade 10% do 30%. Od težkih mineralov dobimo pirit in limonit. Apneni peščenjak vsebuje mnogo manj muskovita kot kremenov. V peščenjaku so redko vidni navzkrižna plastovitost in sledovi morskega valovanja (ripple marks). Na spodnji strani plasti pa so pogostni sledovi organizmov in kalnih tokov; Pod Nanosom smo našli tokovne odlitke, obremenitvene vzbokline in brazde. V peščenjaku je pogostna plastovitost kot posledica postopne zrnivosti.






V glinovcu znaša odstotek karbonata 1% do 5%. Njegove plasti so tanke, favne navadno ne vsebuje, težke minerale pa le redko. Glinovec sestavljajo zaobljena zrna kremenca, fragmenti roženca in sericitnega glinastega skrilavca. Delno so izvirne kamenine vulkanskega porekla že dvakrat presedimentirane. Na vulkanski izvor kažejo kremenova zrna, ki so redko idiomorfna in s pravo potemnitvijo.

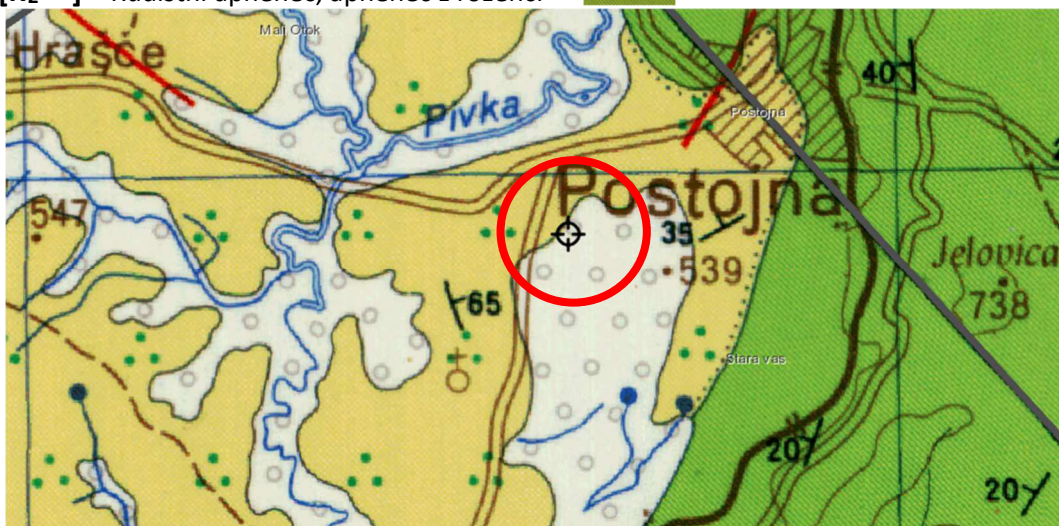
Sivi lapor vsebuje 50% do 60% kalcijevega karbonata. Ima iverasto strukturo. Nastopa v plasteh, debelih 5 cm do 30 cm. Lapor vsebuje redka zrna mikrokristalnih silikatnih mineralov ter zrna pirita, limonita, klorita in majhno količino muskovita.

Konglomerat in breča "divjega fliša" sta sestavljena iz prodnikov in drobcov miliolidnega ali alveolinskega apnenca, roženca, peščenjaka, laporja in glinovca. Breča in konglomerat kažeta na bližino obale. Kosi, ki ju gradijo, so nastali pri eroziji skalnatih obalnih sten, obenem pa kažejo na dviganje kordiljer.

Nastanek ritmičnega fliša so povzročili kalni tokovi v neritski do batialni regiji. Potem ko so z obalnega pobočja v presledkih zdrsnile v morje velike množine nanesenega detritičnega materiala, se je pesek zaradi turbulence mešal z glino, dokler ni masa dosegla morskega dna. Iz večjih zrn je nastajal peščenjak, iz manjših pa glinovec in lapor. Najprej so se sedimentirala večja ali težja zrna in nato vedno lažja. Zato je za plastovitost flišnih plasti značilna postopna zrnavost, ki jo opazujemo, tudi v Postojnski kotlini.

(tolmač za list Postojna, L 33 – 77, Beograd 1970)

- [al] – Nanosi rek in potokov 
- [E<sub>1,2</sub>] – Fliš 
- [K<sub>2</sub><sup>2,3</sup>] – Rudistni apnenec, apnenec z roženci 



Slika 3 – izsek iz geološke karte (Postojna)

### 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. S penetracijskimi meritvami podtalne vode nismo zaznali.

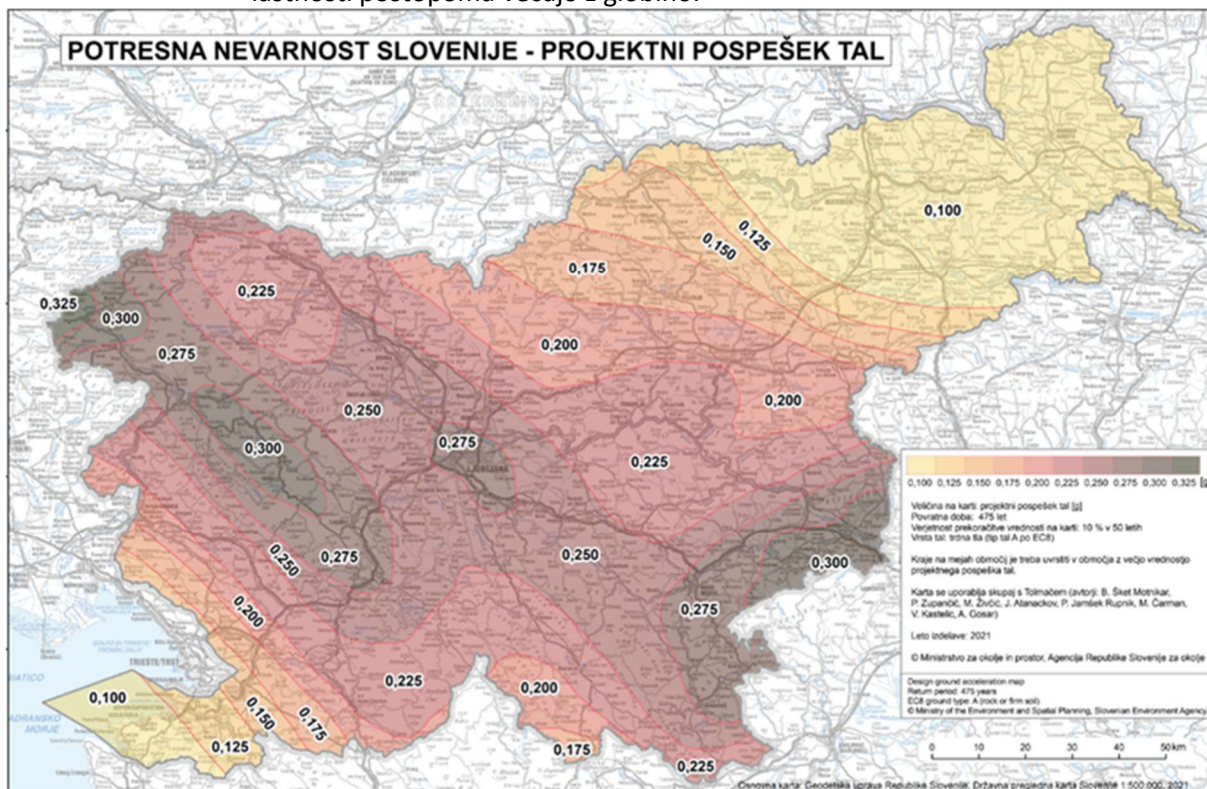


### T.2.3. Seizmičnost terena

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

Projektni pospešek tal: 0,25 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.2.4. Zmrzljinska cona

Podatke o zmrzljivostnih 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  $h_m = 70$  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.

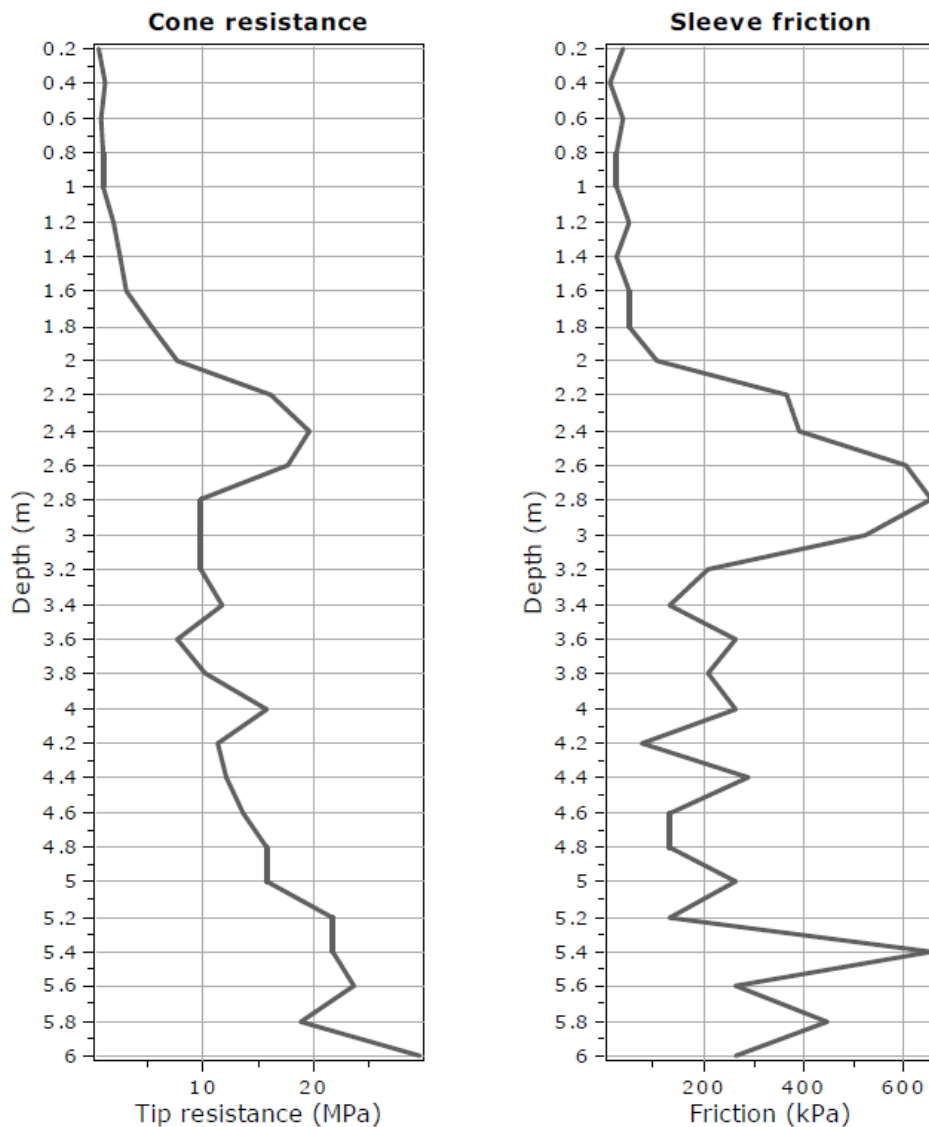
Preiskave s statičnim konusnim penetrometrom so bile izvedene z opremo, ki je skladna s standardi SIST EN 1997-2:2007 ter EN ISO 22476- 1:2005.

meritev	globina [m]	koordinate DM96/TM	višina [m]
CPT 1	5,9	X= 437761,44;Y= 70224,3	530,4
CPT 2	3,1	X= 437731,75;Y= 70129,53	529,64
CPT 3	2,3	X= 437711,94;Y= 70045,43	530,38
DPM 1	1,8	X= 437676,08;Y= 70059,68	530,81
DPM 2	4,4	X= 437683,38;Y= 70093,94	531,09
DPM 3	2,0	X= 437691,48;Y= 70128,1	530,93
DPM 4	2,5	X= 437698,08;Y= 70162,36	531,17

### T.3.2. Izvleček rezultatov meritev s konusnim penetrometrom

V sklopu raziskav smo izvedli 3 CPT meritve.

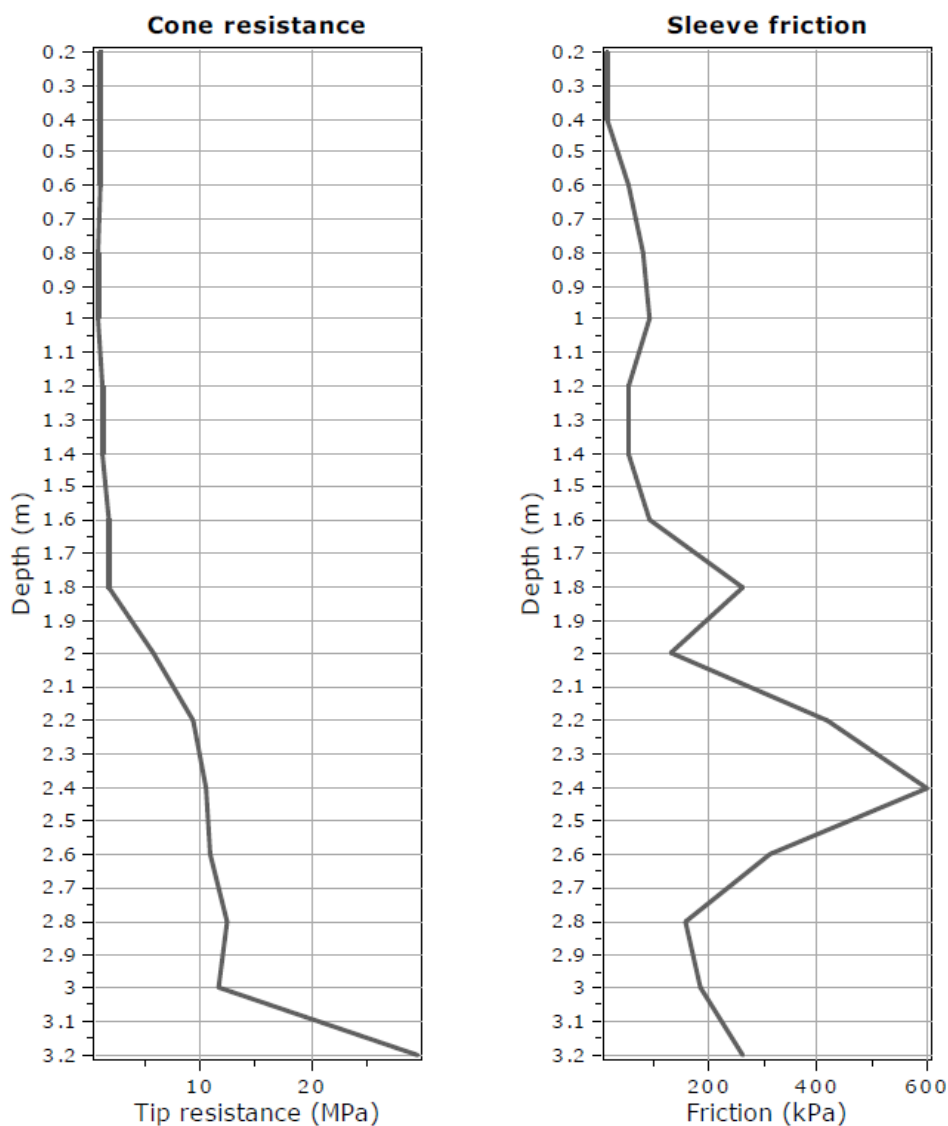
#### CPT1



Summary table of mean values

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT <sub>N60</sub> (blows/30cm)	E <sub>s</sub> (MPa)	D <sub>r</sub> (%)	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G <sub>0</sub> (MPa)	Undrained strength, S <sub>u</sub> (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m <sup>3</sup> )
0.00	1.00	7.20E-07	4.0	16.2	43.0	38.9	16.1	20.7	0.0	0.0	0.0	19.0
1.00		(±3.13E-07)	(±0.7)	(±3.4)	(±6.5)	(±1.3)	(±2.8)	(±4.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)
1.00	1.00	5.65E-06	11.7	39.8	49.5	38.4	48.5	50.8	0.0	0.0	0.0	19.0
2.00		(±5.15E-06)	(±7.5)	(±21.5)	(±11.8)	(±2.0)	(±28.5)	(±27.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)
2.00	3.80	1.54E-05	37.9	120.4	71.2	42.2	151.3	155.9	0.0	0.0	0.0	19.0
5.80		(±1.34E-05)	(±9.4)	(±28.6)	(±9.0)	(±1.6)	(±34.4)	(±35.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)

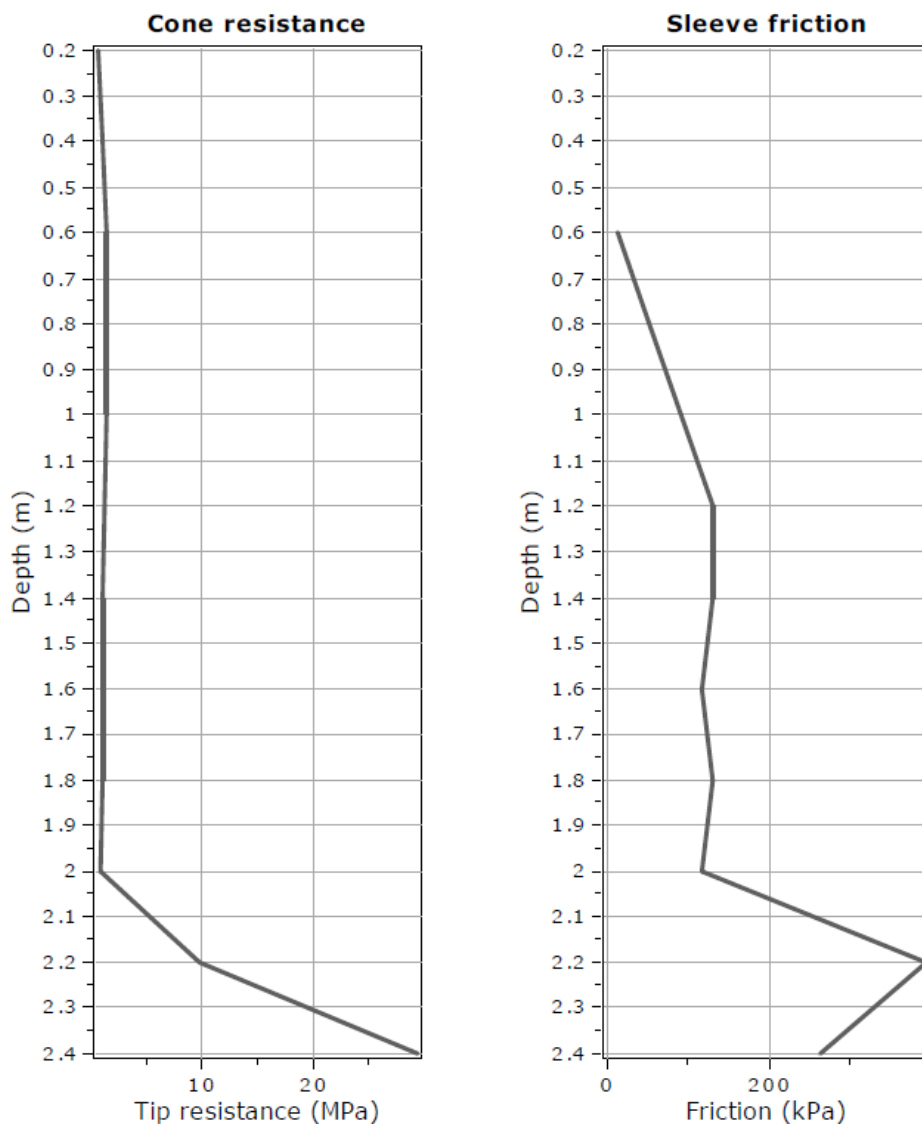
**CPT 2**



**Summary table of mean values**

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT <sub>N60</sub> (blows/30cm)	E <sub>s</sub> (MPa)	D <sub>r</sub> (%)	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G <sub>0</sub> (MPa)	Undrained strength, S <sub>u</sub> (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m <sup>3</sup> )
0.00	1.80	1.14E-06	5.7	0.0	0.0	0.0	20.3	34.0	111.7	3.9	18.2	19.0
1.80		(±2.64E-06)	(±2.8)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±10.0)	(±17.1)	(±55.7)	(±0.8)	(±3.8)	(±0.0)
1.80	1.20	1.29E-05	27.4	111.0	74.0	43.2	113.2	124.8	0.0	0.0	0.0	19.0
3.00		(±2.61E-05)	(±9.1)	(±10.9)	(±5.6)	(±1.0)	(±37.3)	(±30.1)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)

**CPT 3**



**Summary table of mean values**

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT <sub>N60</sub> (blows/30cm)	E <sub>s</sub> (MPa)	D <sub>r</sub> (%)	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G <sub>0</sub> (MPa)	Undrained strength, S <sub>u</sub> (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m <sup>3</sup> )
0.00	2.00	1.69E-06	5.5	0.0	0.0	0.0	18.3	35.0	106.8	3.5	16.2	19.0
2.00		(±3.00E-06)	(±3.2)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±12.8)	(±21.3)	(±74.2)	(±1.4)	(±6.6)	(±0.0)
2.00	0.40	8.68E-06	23.5	103.4	79.4	43.7	91.5	107.3	0.0	0.0	0.0	19.0
2.40		(±1.20E-05)	(±13.4)	(±103.4)	(±79.4)	(±43.7)	(±53.8)	(±34.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)

### T.3.3. Izvleček rezultatov meritev vlažnosti

V laboratoriju smo določili relativno vlažnost tako da smo izmerili maso vzorca naravne vlažnosti in maso suhega vzorca.

vzorec	vertina	globina [m]	naravna masa [g]	suha masa [g]	w - relativna vlažnost [%]
1	V1	0.4	127.5	103	19.22%
2	V1	1.2	128.5	108.5	15.56%
3	V1	2.1	122	101	17.21%
4	V2	0.4	140.5	109.5	22.06%
5	V2	1.2	121	96	20.66%
6	V2	2.1	126	101.5	19.44%
7	V3	0.4	129.5	97.5	24.71%
8	V3	1.2	144	107.5	25.35%
9	V3	2.1	152	101.5	33.22%

$w = W_w / W_s \times 100$  (%)

$W_w$  - teža vode

$W_s$  – teža trde snovi

### T.3.4. Računski parametri

Iz preiskav in izkustveno smo določili računske parametre, ki jih predlagamo, da se uporabljajo pri analizah.

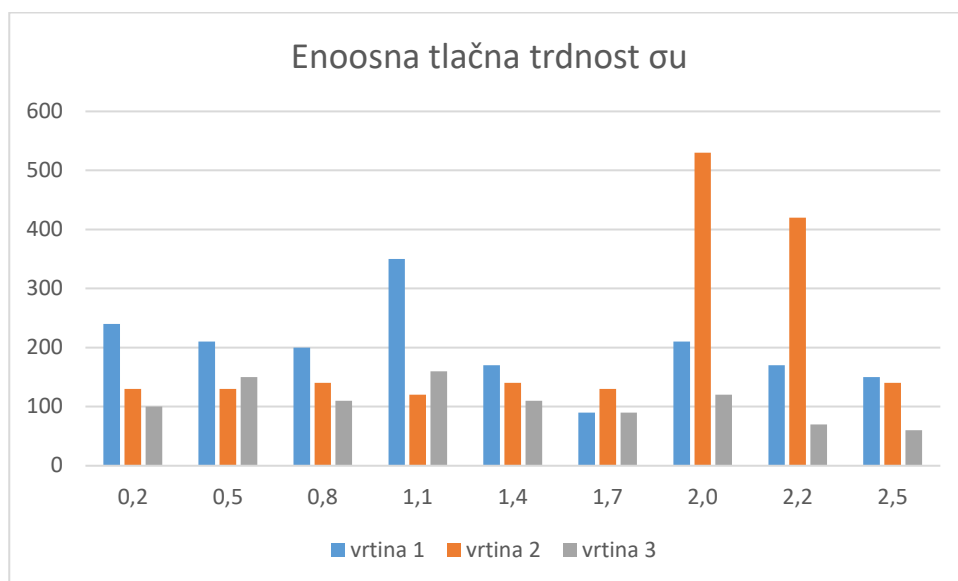
sloj	kohezija [kPa]	strižni kot [°]	Modul stisljivosti [MPa]	gostota [kN/m <sup>3</sup> ]
gramozna peščena glina	2	22	7	17
zaglinjen peščen gramoz	2	28	20	18
nepodajna podlaga	0	35	60	20



**T.3.5. Izvleček rezultatov meritev enoosne tlačne trdnosti**

Izvedli smo 9 meritev v vsaki vrtini z ročnim penetrometrom na globinah od 0m do 2,5m.

	vrtina 1		vrtina 2		vrtina 3	
meritev	globina [m]	$\sigma_u$ [kPa]	globina [m]	$\sigma_u$ [kPa]	globina [m]	$\sigma_u$ [kPa]
1	0,2	130	0,2	130	0,2	100
2	0,5	130	0,5	130	0,5	150
3	0,8	140	0,8	140	0,8	110
4	1,1	120	1,1	120	1,1	160
5	1,4	140	1,4	140	1,4	110
6	1,7	130	1,7	130	1,7	90
7	2,0	530	2,0	530	2,0	120
8	2,2	420	2,2	420	2,2	70
9	2,5	140	2,5	140	2,5	60



Slika 6 – Enoosna tlačna trdnost  $\sigma_u$

#### T.4. STABILNOST TERENA

Analize stabilnosti nismo izvajali saj gre za položen teren – nevarnosti za nestabilnost ni.

**Celotno obravnavano območje se na opozorilni karti erozije nahaja na območju zahtevnih zaščitnih ukrepov.**

Vsled preprečitve erozijskih procesov naj se za dolgoročno stabilnost brežin okolice objekta izvede sledeče:

- vse odpadne meteorne in fekalne vode naj se primerno odvaja skladno z navedenimi smernicami in preračuni preko zadrževalnikov v vodotok.
- zelene površine naj se humusira in intenzivno zatravi ter čimbolj prepreči naravno ponikanje v okolici objekta.
- manipulativne površine se asfaltira ali tlakuje in izvede primerno odvodnjavanje (linijske rešetke, mulde, jaški).
- ureditev brežin naj se konča v naklonu 1:1.5; v primeru večjih naklonov predlagamo protierozijsko zaščito iz naravnih vlaken in intenzivno ozelenitev z vegetacijo.

#### T.5. PREDLOG UREDITVE VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE

Predlagamo da se prevzame na planumu izkopa vrednost  $CBR=4\%$ .

Na planumu posteljice mora biti zagotovljena nosilnost  $CBR \geq 10\%$  ( $E_{vd}=30\text{ MPa}$ ,  $E_{v2}=60\text{ MPa}$ )

Maksimalna globina prodiranja mraza  $h_m$  na tem območju smo ocenili na 70 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 56 cm.

$$h_{min} = 0,8 \cdot h_m = 0,8 \cdot 70\text{ cm} = 56\text{ cm}.$$

Za omenjeno traso je bila izkustveno določena **zelo lahko do lahka** prometna obremenitev. Zaradi zagotovitve zmrzlinke odpornosti voziščne konstrukcije se izvede plast zmrzlinke odpornega kamnitega materiala. Z vgradnjo te plasti ocenjujemo da se vrednost  $CBR$  dvigne na 10 % (po diagramu »Zahtevane debeline 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).

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

- $dk=10\text{ cm}$  plasti bituminiziranih zmesi
- $dsn=25\text{ cm}$  plasti nevezane nosilne plasti kamnitih zrn.

Debelinski indeks takšne voziščne konstrukcije znaša:

$$D_{\text{pot}} = 10 \cdot 0,38 + 25 \cdot 0,14 = 7,30$$

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<sub>i</sub></i>	<i>a<sub>i</sub> · d<sub>i</sub></i>
Bitumenski beton AC 11 surf B70/100, A4	4	0,42	1,68
Bituminizirani drobljenec AC 22 base B50/70, A4	6	0,35	2,10
Tamponski drobljenec TD32	25	0,14	3,50
Zmrzlinško odporna kamnita posteljica TD63	Min. 40	0,11	4,40
<b>Skupaj:</b>	<b>75</b>		<b>11,68</b>

$$D_{\text{dej}} = 11,68 \geq D_{\text{pot}} = 7,30 \quad \text{pogoj je izpolnjen}$$

$$h = 75 \text{ cm} \geq h_{\text{min}} = 56 \text{ cm} \quad \text{pogoj je izpolnjen}$$

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 75 cm. Planum izkopa mora biti nagnjen minimalno 4% in ustrezno odvodnjava.
- Vgradi se posteljica, ki mora znašati min. 40 cm zmrzlinško odpornega kamnitega materiala (posteljica) TD63 in zadoščati  $CBR > \text{min.} 10\%$
- 25 cm tamponskega drobljenca TD32
- 6 cm nosilna asfaltna plast AC 22 base B50/70, A4
- 4 cm obrabna asfaltna plast AC 11 surf B70/100, A4

**T.6. PREDLOG TEMELJENJA OBJEKTOV**

Predlagamo da se temeljenje objektov izvaja na ustrezno dim. plitkem temeljenju. Pred izkopom je potrebno odrinasti plast humusne preperine. Vsa površina temeljnih tal naj predstavlja enako nosilna podlaga. V primeru da objekt ne bo temeljen v nepodajni podlagi naj bo debelina tamponskega nasutja min. 80 cm. Nasip je potrebno utrjevati po maksimalno 20cm slojih. Na planumu vrha tampona je potrebno doseči zbitost  $E_{vd} > 45$  MPa. Na planum izkopa se naj položi 12kN/m geotekstil za preprečevanje mešanja materiala. Geomehanik mora pred pričetkom vgrajevanja tamponskega nasutja preveriti in potrditi geotehnične razmere. V kolikor na planumu niso dosežene predvidene vrednosti je potrebno prilagoditi debelino tamponskega nasutja. V fazi DGD predlagamo da se za vsak posamezen objekt izvedejo dodatne geomehanske penetracije na vogalih objektov.

Uredi naj se odvodnjavanje površinskih ter globinskih zalednih vod. Zunanja ureditev naj se temelji na minimalno 80% globine zmrzovanja. Pri izkopih je potrebno brežine izvesti pod naklonom 1:1,5 v nasprotnem primeru je potrebno izkope varovati s trajnim ali začasnim podpornim ukrepom, ki ga potrdi geomehanik.

**T.7. OPOZORILA**

Drugačne razmere pri izvedbi izkopov, 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. 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. V fazi DGD se naj v vogalih zakoličenega objekta izvedejo dodatne geomehanske meritve (4xDP) za potrditev karakteristik zemljine in se izdela preračun posedkov na projektne obremenitve.

**T.8. UPORABLJENI STANDARDI IN PREDPISI****Splošni predpisi:**

- Gradbeni zakon GZ-1 ((Uradni list RS, št. 199/21 in 105/22 – ZZNŠPP)
- Zakon o gradbenih proizvodih (Uradni list RS, št. 82/13).
- Pravilnik o podrobnejši vsebini dokumentacije in obrazcih, povezanih z graditvijo objektov (Uradni list RS 36/18).
- Uredba o razvrščanju objektov (Uradni list RS 37/18).
- Tehnična smernica za razvrščanje objektov, TSG-V-006:2018.

**Standardi:**

- SIST EN 1997-1:2005: Geotehnično projektiranje – 1.del: Splošna pravila
- SIST EN 1997-2:2005: Geotehnično projektiranje – 2.del: Preiskovanje in preskušanje tal
- SIST EN 1997-1:2005/A101:2006: Geotehnično projektiranje – 1.del: Splošna pravila – Nacionalni dodatek
- SIST EN 1998-1:2005/A101:2006: Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij – 1.del: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe – Nacionalni dodatek
- SIST EN ISO 14688-1:2004: Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Prepoznavanje in razvrščanje zemljin - 1. del (ISO 14688-1:2002)
- SIST ISO 710-1:1995: Grafične oznake na detajlnih kartah, tlorisih in na geoloških prikazih- 1.del: Splošna navodila za prikaz
- SIST ISO 710-2:1995: Grafične oznake na detajlnih kartah, tlorisih in na geoloških prerezihih- 2.del: Prikaz sedimentnih kamnin
- SIST EN ISO 22476-2, 3:2005: Geotehnično preiskovanje in preskušanje na terenu – Preskušanje na terenu

Dobrna, junij 2023

Sestavil:

Martin Škoflek

Pregledal:

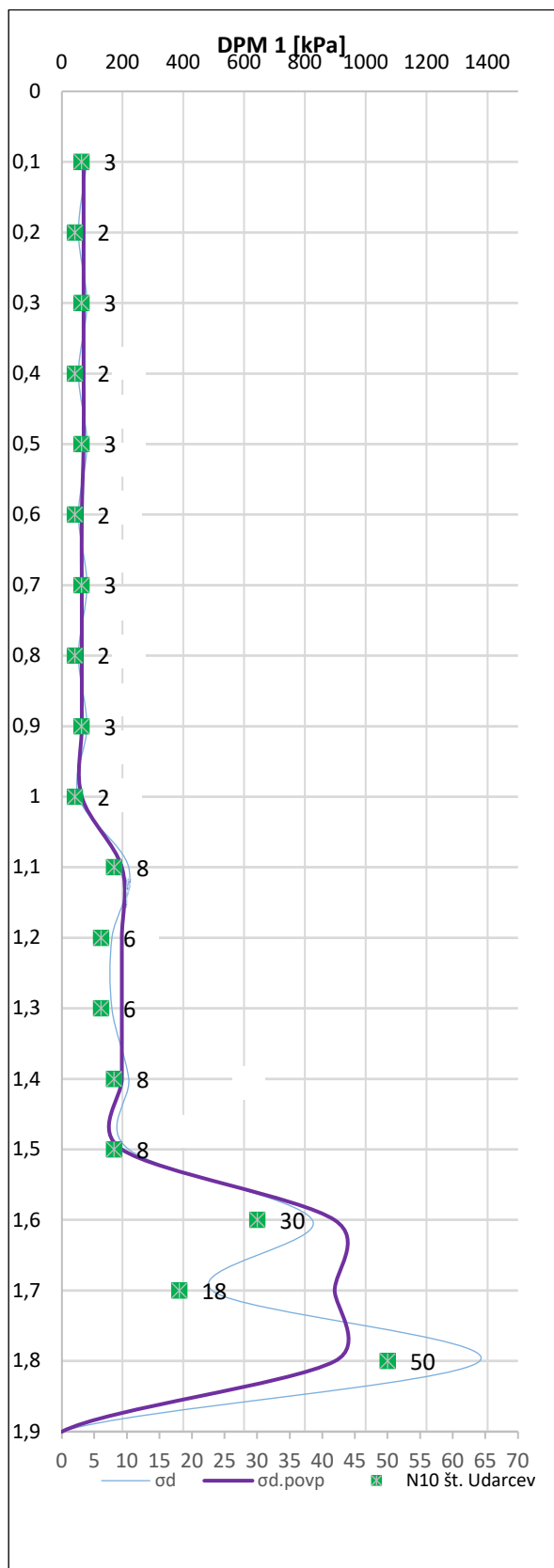
PI Vid Štukovnik, dipl.inž.grad.

**R. RAČUNSKI DEL**



## R.1. REZULTATI MERITEV Z DINAMIČNIM PENETROMETROM

### R.1.1. DPM 1



#### Podatki o meritvi:

Oznaka meritve:	DPM 1
Tip meritve/naprava:	DPM/PR.13
Parc. št.:	X= 438077 ;Y= 69638
Investitor:	Petrol d.d.
Datum:	10.7.2023
Vreme:	sončno, 25 °C
Nivo podtalne vode:	/ m
Meritve izvajal:	Peter Zobec
Globina meritve:	1,8 m

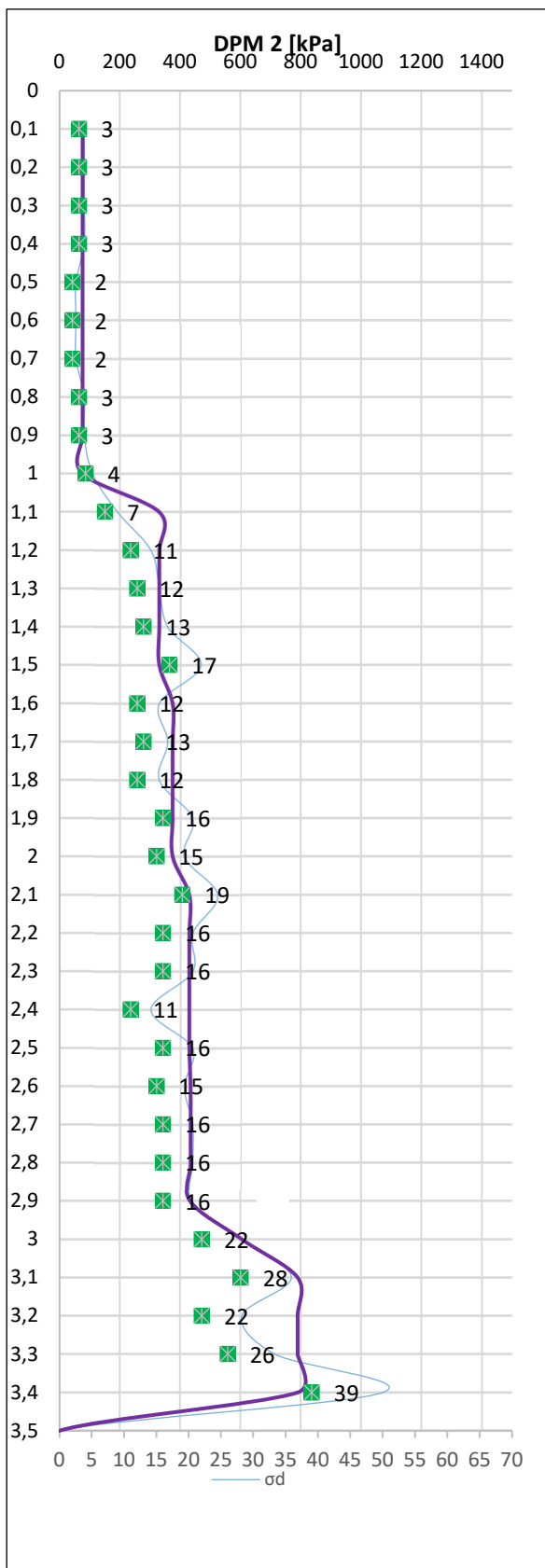
#### Popis slojev:

i	$h_i$ (m)	$h_{i+1}$ (m)	opis	Oznaka
1	0,00	1,00	zameljena glina lahko do srednje gnetne kosnistence	siCl
2	1,00	1,50	zameljena glina težko gnetne kosnistence	siCl
3	1,50	-	preperina fliša	

#### Ocenjene geotehnične karakteristike slojev:

Sloj			siCl	siCl	
opis	oznaka	enota	1	2	3
od globine	$h_i$	m	0,00	1,00	1,50
do globine	$h_{i+1}$	m	1,00	1,50	-
strižni kot	$\phi$	°	20-25	24-26	35
tlačna trdnost	$\sigma_c$	kPa	50-100	150-200	>1000
prostorninska teža	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	17-18	18-19	20-22
modul stisljivosti	Mv	MPa	3-6	8-12	>50

## R.1.2. DPM 2



### Podatki o meritvi:

Oznaka meritve:	DPM 2
Tip meritve/naprava:	DPM/PR.13
Parc. št.:	X= 438077;Y= 69638
Investitor:	Petrol d.d.
Datum:	10.7.2023
Vreme:	sončno, 25 °C
Nivo podtalne vode:	/ m
Meritve izvajal:	Peter Zobec
Globina meritve:	3,4 m

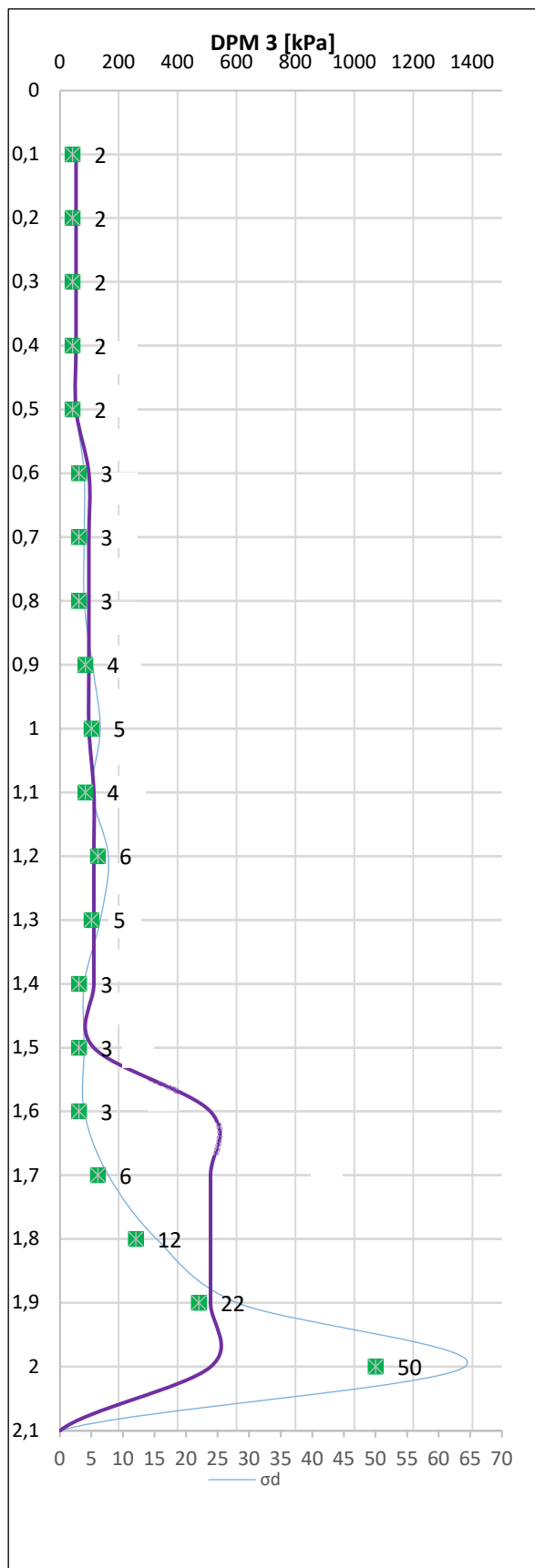
### Popis slojev:

i	$h_i$ (m)	$h_{i+1}$ (m)	opis	Oznaka
1	0,00	1,00	zameljena glina lahko do srednje gnetne kosnistence	siCl
2	1,00	2,90	zameljena glina poltrdna	siCl
3	2,90	-	preperina fliša	

### Ocenjene geotehnične karakteristike slojev:

opis	oznaka	Sloj enota	siCl	siCl	
			1	2	3
od globine	$h_i$	m	0,00	1,00	2,90
do globine	$h_{i+1}$	m	1,00	2,90	-
strižni kot	$\phi$	°	20-25	25-28	35
tlačna trdnost	$\sigma_c$	kPa	50-100	200-400	>1000
prostorninska teža	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	17-18	18-20	20-22
modul stisljivosti	$M_v$	MPa	3-6	10-20	>50

### R.1.3. DPM 3



#### Podatki o meritvi:

Oznaka meritve:	DPM 3
Tip meritve/naprava:	DPM/PR.13
Parc. št.:	X= 438077;Y= 69638
Investitor:	Petrol d.d.
Datum:	10.7.2023
Vreme:	sončno, 25 °C
Nivo podtalne vode:	/ m
Meritve izvajal:	Peter Zobec
Globina meritve:	2,0 m

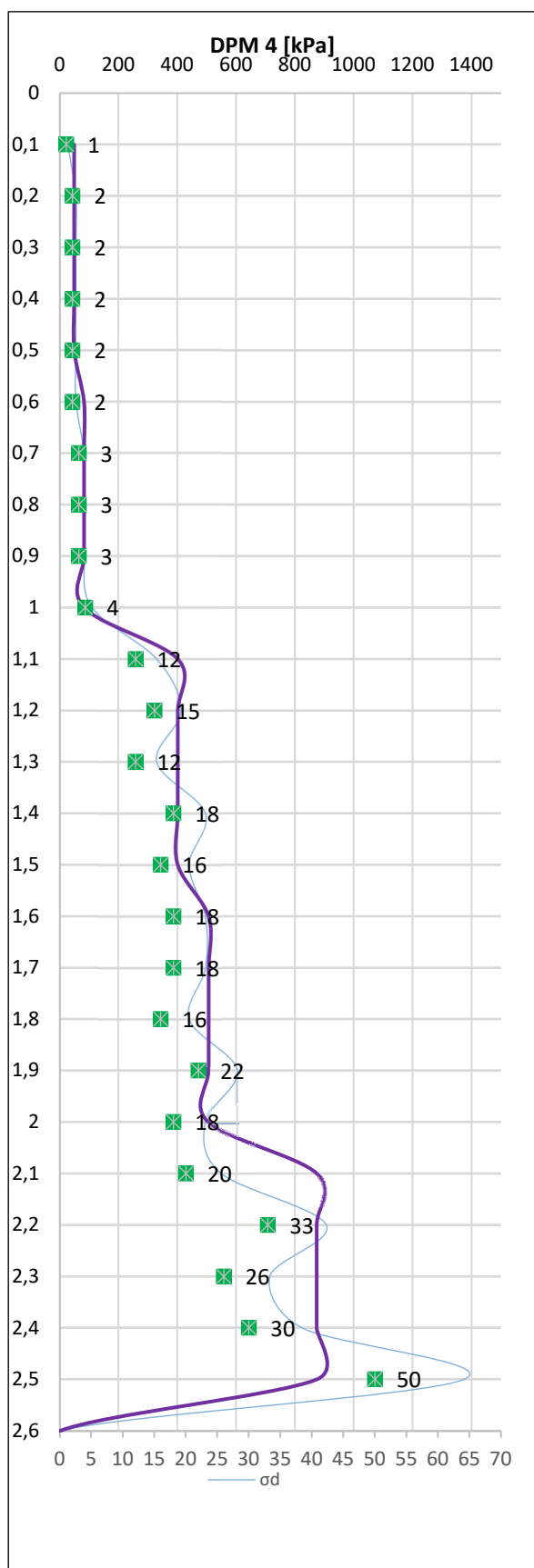
#### Popis slojev:

i	h <sub>i</sub> (m)	h <sub>i+1</sub> (m)	opis	Oznaka
1	0,00	1,70	zameljena glina lahko do srednje gnetne kosnistence	siCl
2	1,70	-	preperina fliša	

#### Ocenjene geotehnične karakteristike slojev:

opis	oznaka	Sloj enota	siCl	
			1	2
od globine	h <sub>i</sub>	m	0,00	1,70
do globine	h <sub>i+1</sub>	m	1,70	-
strižni kot	φ	°	20-25	35
tlačna trdnost	σ <sub>c</sub>	kPa	50-100	>1000
prostorninska teža	γ	kN/m <sup>3</sup>	17-18	20-22
modul stisljivosti	M <sub>v</sub>	MPa	3-6	>50

## R.1.4. DPM 1



### Podatki o meritvi:

Oznaka meritve:	DPM 4
Tip meritve/naprava:	DPM/PR.13
Parc. št.:	X= 438077;Y= 69638
Investitor:	Petrol d.d.
Datum:	10.7.2023
Vreme:	sončno, 25 °C
Nivo podtalne vode:	/ m
Meritve izvajal:	Peter Zobec
Globina meritve:	2,5 m

### Popis slojev:

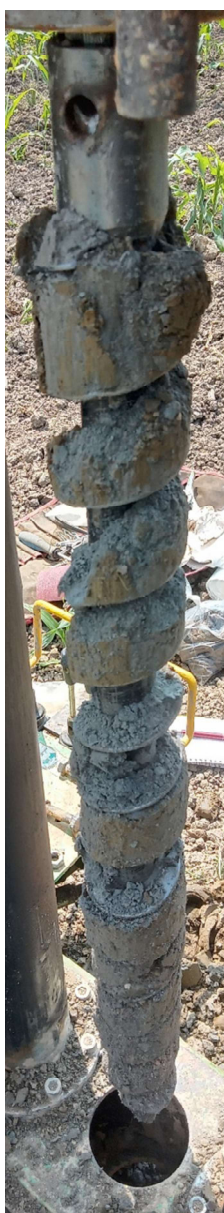
i	$h_i$ (m)	$h_{i+1}$ (m)	opis	Oznaka
1	0,00	1,00	zameljena glina lahko do srednje gnetne kosnistence	siCl
2	1,00	2,10	zameljena glina poltrdna	siCl
3	2,10	-	preperina fliša	

### Ocenjene geotehnične karakteristike slojev:

opis	oznaka	Sloj enota	siCl	siCl	
			1	2	3
od globine	$h_i$	m	0,00	1,00	2,10
do globine	$h_{i+1}$	m	1,00	2,10	-
strižni kot	$\phi$	°	20-25	25-28	35
tlačna trdnost	$\sigma_c$	kPa	50-100	200-400	>1000
prostorninska teža	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	17-18	18-20	20-22
modul stisljivosti	$M_v$	MPa	3-6	10-20	>50

## R.2. FOTOGRAFIJE VZORCEV IZ VRTINE

### R.2.1. vrtina 1



0m-0,8m

0,8m-1,7m

1,7m-2,6m

0,0m – 1,7m rjava gramozna peščena glina

1,7m – 2,6m siva gramozna peščena glina



## R.2.2. vrtina 2



0m-0,8m

0,8m-2,0m

2,0m-2,6m

0,0m – 2,0m rjava gramozna peščena glina

2,0m – 2,6m siva gramozna peščena glina



### R.2.3. vrtina 3



0m-0,8m

0,8m-1,7m

1,7m-2,6m

0,0m – 2,6m rjava gramozna peščena glina

### R.3. OPREMA IN INTERPRETACIJA

#### R.3.1. Dinamični penetrometer medium PR.13

##### DPM - (DIN) EN ISO 22476-2

Masa uteži: 30kg

Višina padca: 500mm

Jeklene palice Ø 32 mm; L 1000 mm; masa 2,5 kg

Krona Ø 43,7 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 7 - dinamični penetrometer PR.13

**R.3.2. Penetracija s statičnim konusnim penetrometrom - CPT****OPREMA IN POSTOPEK MERITEV**

Preiskave s statičnim konusnim penetrometrom so bile izvedene z opremo, ki je skladna s 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 cm<sup>2</sup>. Merilno konico se vtiska v tla s povprečno hitrostjo 2,0 ± 0,5 cm/s.



Slika 8 - 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

$\sigma$  – 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 – $F_r$

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:

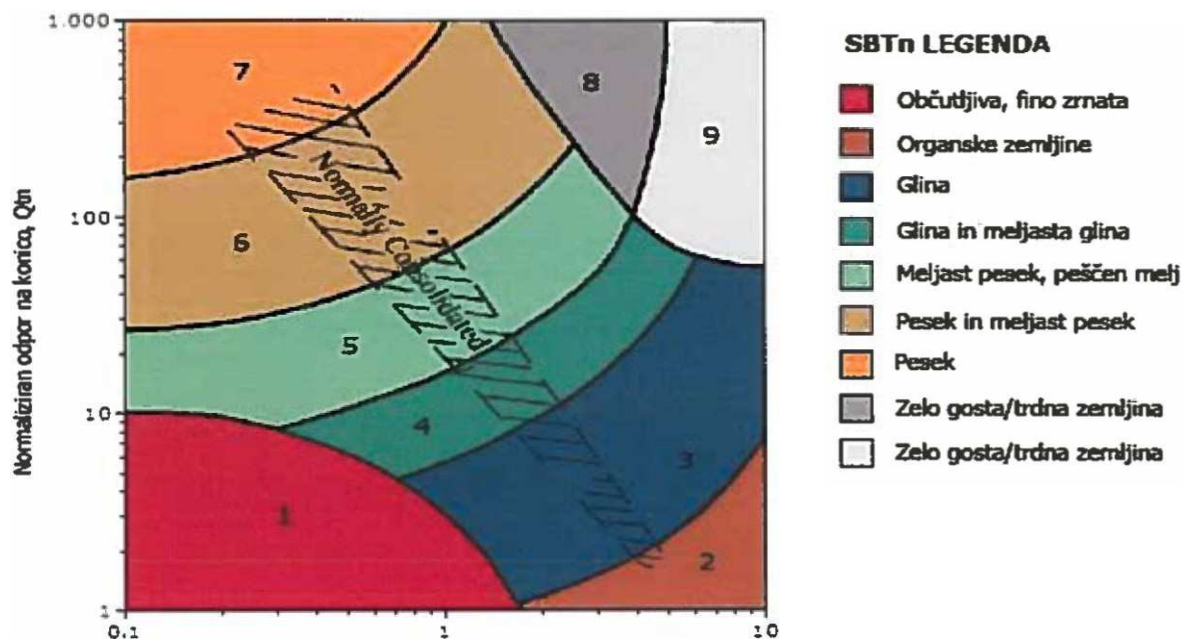
$f_r$  - normalizirano trenje po plašču drogovja

$f_s$  – merjeno trenje po plašču drogovja

$q_t$ - 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

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

Kjer je:

Ic – SBTn indeks

Qtn – normaliziran opdor na konico

Fr –normalizirano trenje po plašču drogova

Na podlagi SBTn indeksa lahko izračunamo koficient prepustnosti – k.

### IZRAČUN OCENJENIH VREDNOSTI GEOTEHNIČNIH PARAMATREOV

#### Koeficient prepustnosti - k<sub>SBT</sub>

SBTn tip	Koeficient prepustnosti (m/s)
1	1x10 <sup>-8</sup>
2	1x10 <sup>-7</sup>
3	3x10 <sup>-10</sup>
4	1x10 <sup>-8</sup>
5	1x10 <sup>-6</sup>
6	1x10 <sup>-4</sup>
7	1x10 <sup>-2</sup>
8	1x10 <sup>-6</sup>
9	3x10 <sup>-9</sup>

Tabela: Korelacija med koficinetom prepustnosti ter normaliziranim tipom obnašanja zemljin

#### Korelacija z SPT testom –N<sub>60</sub>

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 <sub>60</sub>
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 – $\phi$

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

$\Phi$  ocenjen strižni kot

$q_t$  – odpor na konico

### Modul 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  $\alpha_M$

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

Pri koherentnih zemljinah pa za  $\alpha_M$  vzamemo:

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

Kjer je:

$M$  – modul stisljivosti

$\alpha_M$  – korekcijski faktor glede na SBTn indeks

### Strižni modul – $G_0$

Strižni modul je ocenjen po sledeči enačbi ([www.geologismiki.gr](http://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

$\alpha_M$  – 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

$\sigma$  – 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 uprabili vrednost 0.33, ki je predlagana v literaturi)

$\sigma$  – primarna napetost v tleh

$\sigma_{ef}$  – efektivna napetost

### **OPOMBA**

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

#### R.4. INFORMATIVNI IZRAČUN TEMELJENJA

##### Nosilnost tal pod plitvimi temelji, račun po EC7-1 Nedrenirani pogoji

##### info. preračun temeljne plošče

###### 1. Podatki

Nedrenirana strižna trdnost: $c_u$ (kPa)	10,1
Prostorninska teža tal: $g$ (kN/m <sup>3</sup> )	17,0

Širina temelja $B$ (m): ( $B < L$ )	7,70
Dolžina temelja: $L$ (m)	11,40
Globina temelja: $D$ (m)	0,80
Nagnjenost temeljne ploskve $\alpha$ (°)	0,0

Vertikalna sila: $V$ (kN)	3500,0
Horizontalna sila: $H$ (kN)	0,0
ekscentričnost v smeri $B$ : $e_B$ (m)	0,00
ekscentričnost v smeri $L$ : $e_L$ (m)	0,00

Varnost na kohezijo $g_{cu} =$	1
Varnost na odpor tal $g_{R,v} =$	1,40

EC7-1, projektni pristop 2

###### 2. Rezultati

Koeficient $b_c$	1,000
Koeficient $s_c$	1,135
Koeficient $i_c$	1,000

Projektna vrednost $c_{ud}$ (kPa)	10,1
Teža tal ob temelju: $q = gD$ (kPa)	13,6

Širina centr.obr.tem. $B'$ (m)	7,70
Dolžina centr.obr.tem. $L'$ (m)	11,40
Ploščina: $A' = B' \cdot L'$ (m <sup>2</sup> )	87,78

###### Nosilnost tal - NAPETOST

Nosilnost tal: $q_f$	73	kPa
Projektna nosilnost tal: $q_{f,d}$	52	kPa

###### Nosilnost tal - ODPOR

Nosilnost tal: $R$	6.368	kN
Projektna nosilnost tal: $R_{vd}$	4.549	kN

## R.5. IZRAČUN PARAMETROV KARAKTERISTIČNE PENETRACIJE (DPM 2)

### COHESIVE SOILS

#### Undrained cohesion

Description	NSPT	Layer depth (m)	Correlation	Cu (KPa)
zameljena glina lah. do sr. gnet. kons.	2.19	0.00-1.00	Terzaghi-Peck	20.79
zameljena glina poltrdna	11.09	1.00-2.90	Terzaghi-Peck	113.36

#### Qc (CPT Cone resistance)

Description	NSPT	Layer depth (m)	Correlation	Qc (Mpa)
zameljena glina lah. do sr. gnet. kons.	2.19	0.00-1.00	Robertson (1983)	0.66
zameljena glina poltrdna	11.09	1.00-2.90	Robertson (1983)	3.36

#### Oedometric module

Description	NSPT	Layer depth (m)	Correlation	Eed (Mpa)
zameljena glina lah. do sr. gnet. kons.	2.19	0.00-1.00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	3.57
zameljena glina poltrdna	11.09	1.00-2.90	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	17.30

#### Young's modulus

Description	NSPT	Layer depth (m)	Correlation	Ey (Mpa)
zameljena glina lah. do sr. gnet. kons.	2.19	0.00-1.00	Apollonia	3.32
zameljena glina poltrdna	11.09	1.00-2.90	Apollonia	16.79

#### AGI Classification (Assoc. It. Geolog.)

Description	NSPT	Layer depth (m)	Correlation	Classification
zameljena glina lah. do sr. gnet. kons.	2.19	0.00-1.00	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
zameljena glina poltrdna	11.09	1.00-2.90	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

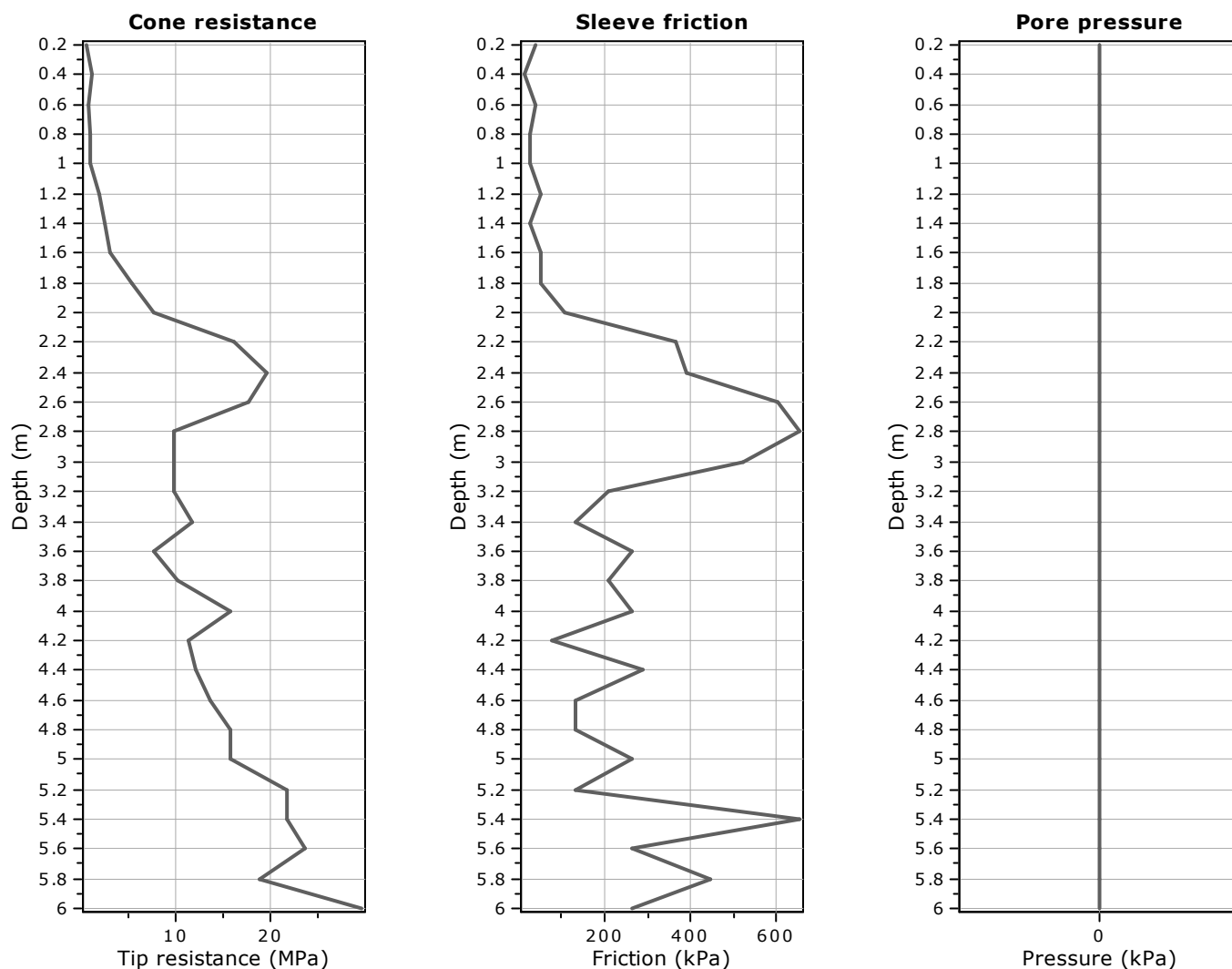
#### Unit weight

Description	NSPT	Layer depth (m)	Correlation	Unit weight (KN/m <sup>3</sup> )
zameljena glina lah. do sr. gnet. kons.	2.19	0.00-1.00	Meyerhof	16.28
zameljena glina poltrdna	11.09	1.00-2.90	Meyerhof	20.50

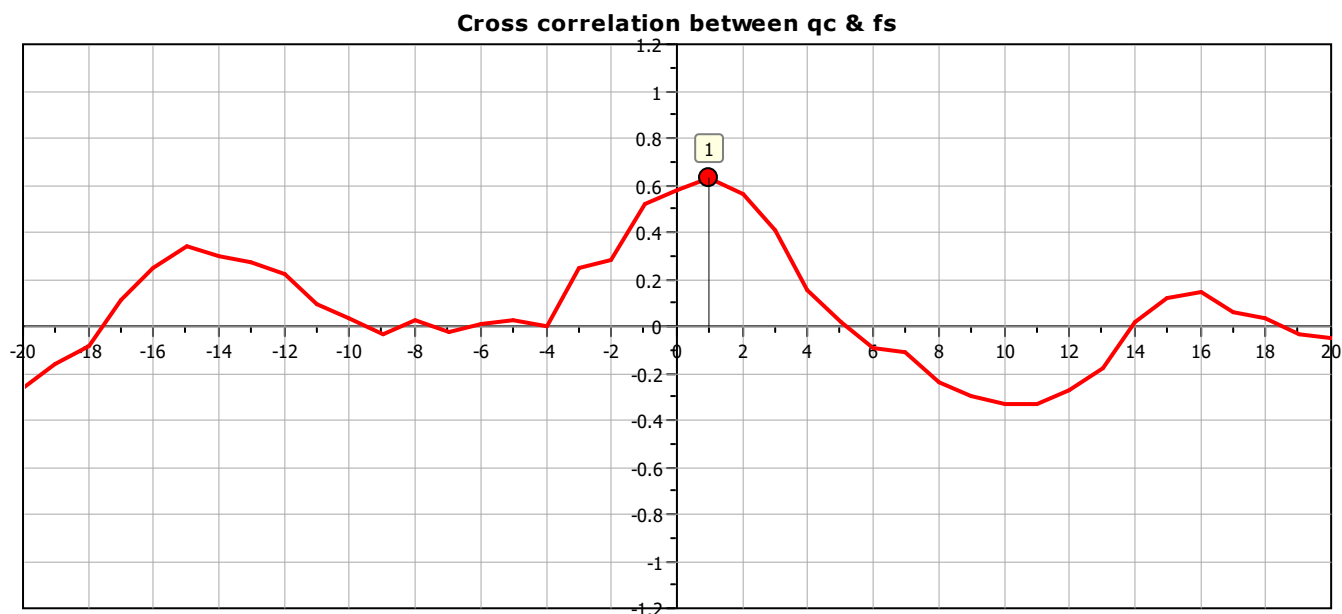
**R.6. IZPIS REZULTATOV CPeT-IT**

**Project:**

**Location:**

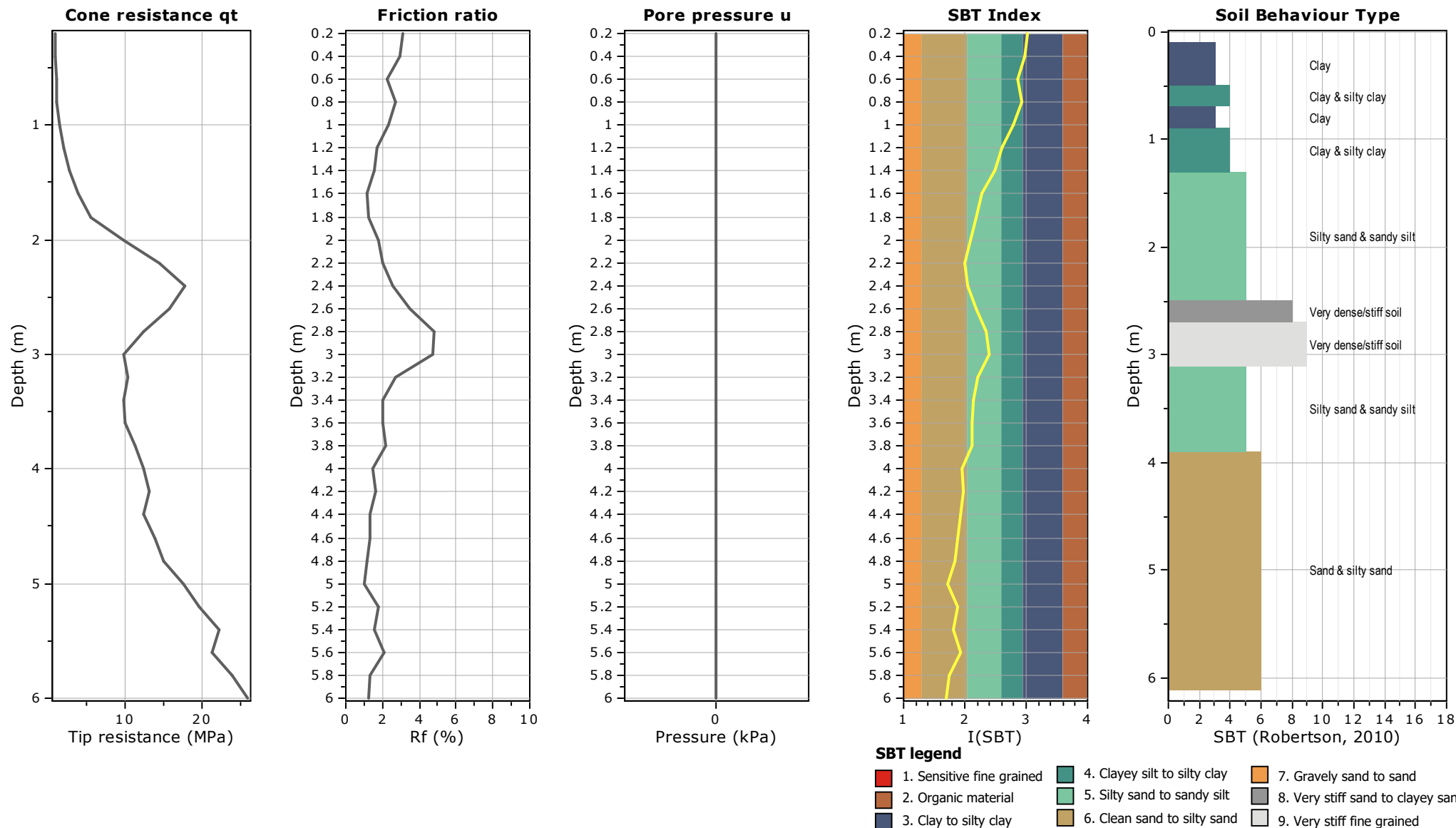


The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw  $q_c$  and  $f_s$  values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



Project:

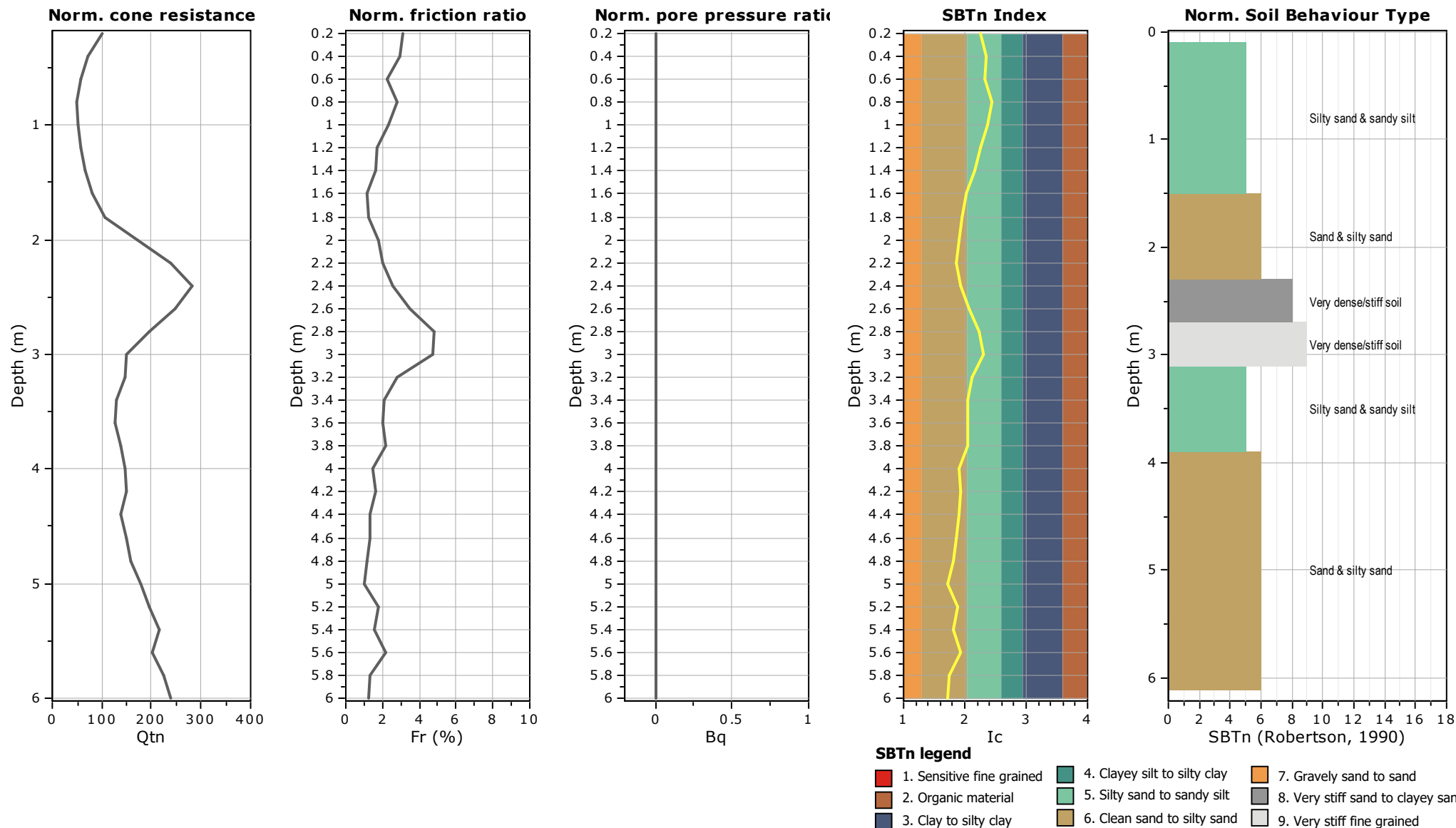
Location:





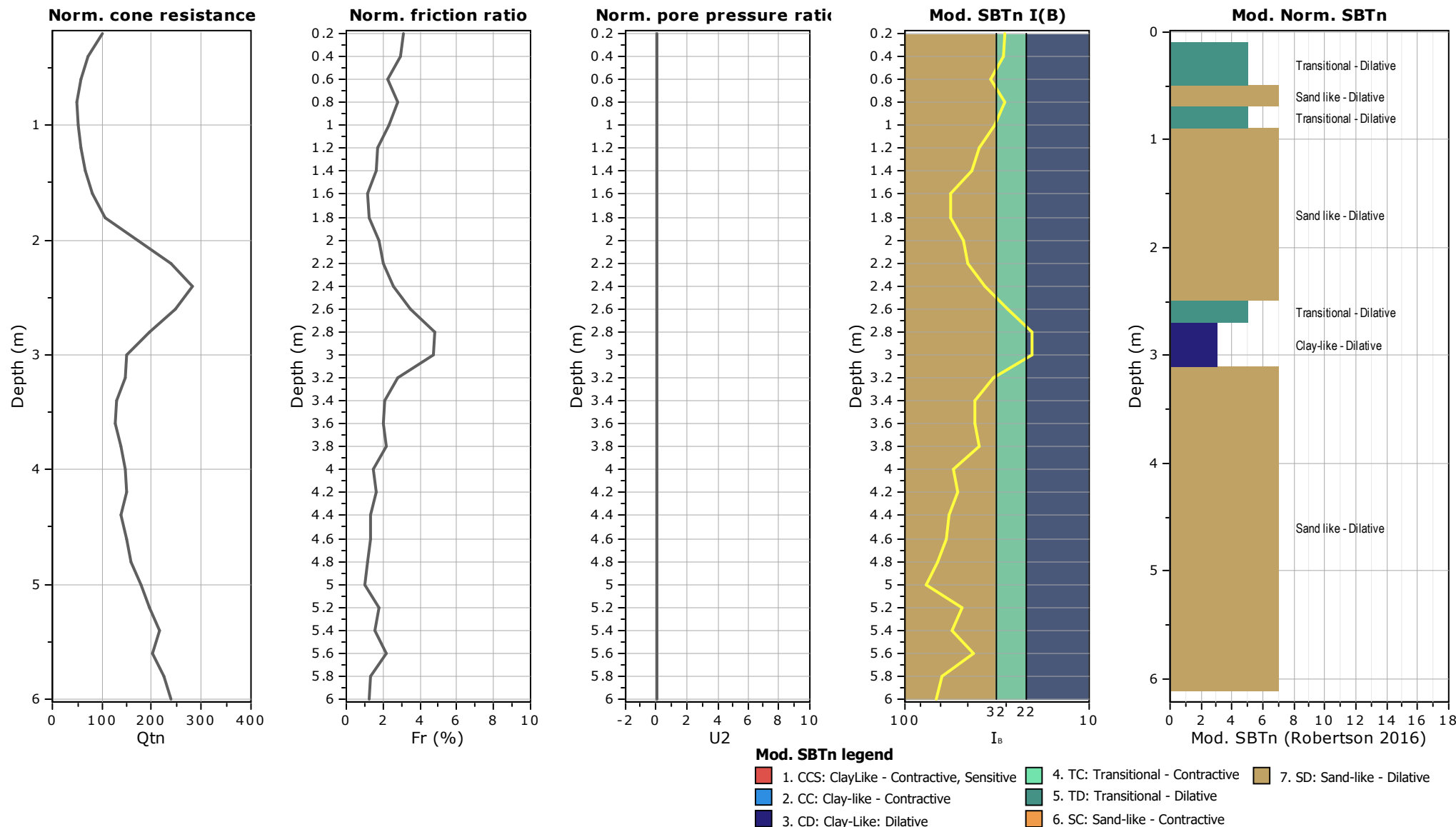
Project:

Location:



Project:

Location:

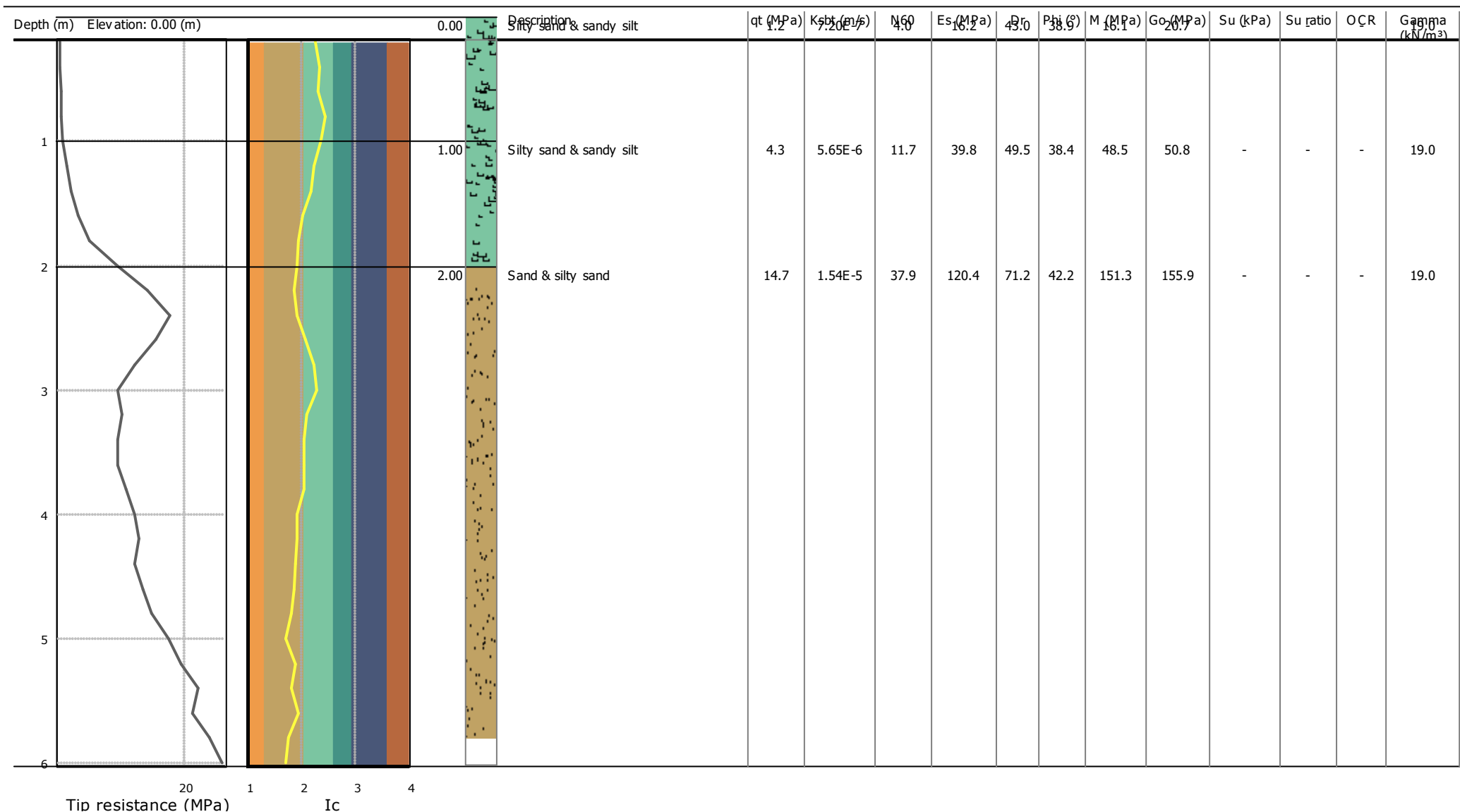


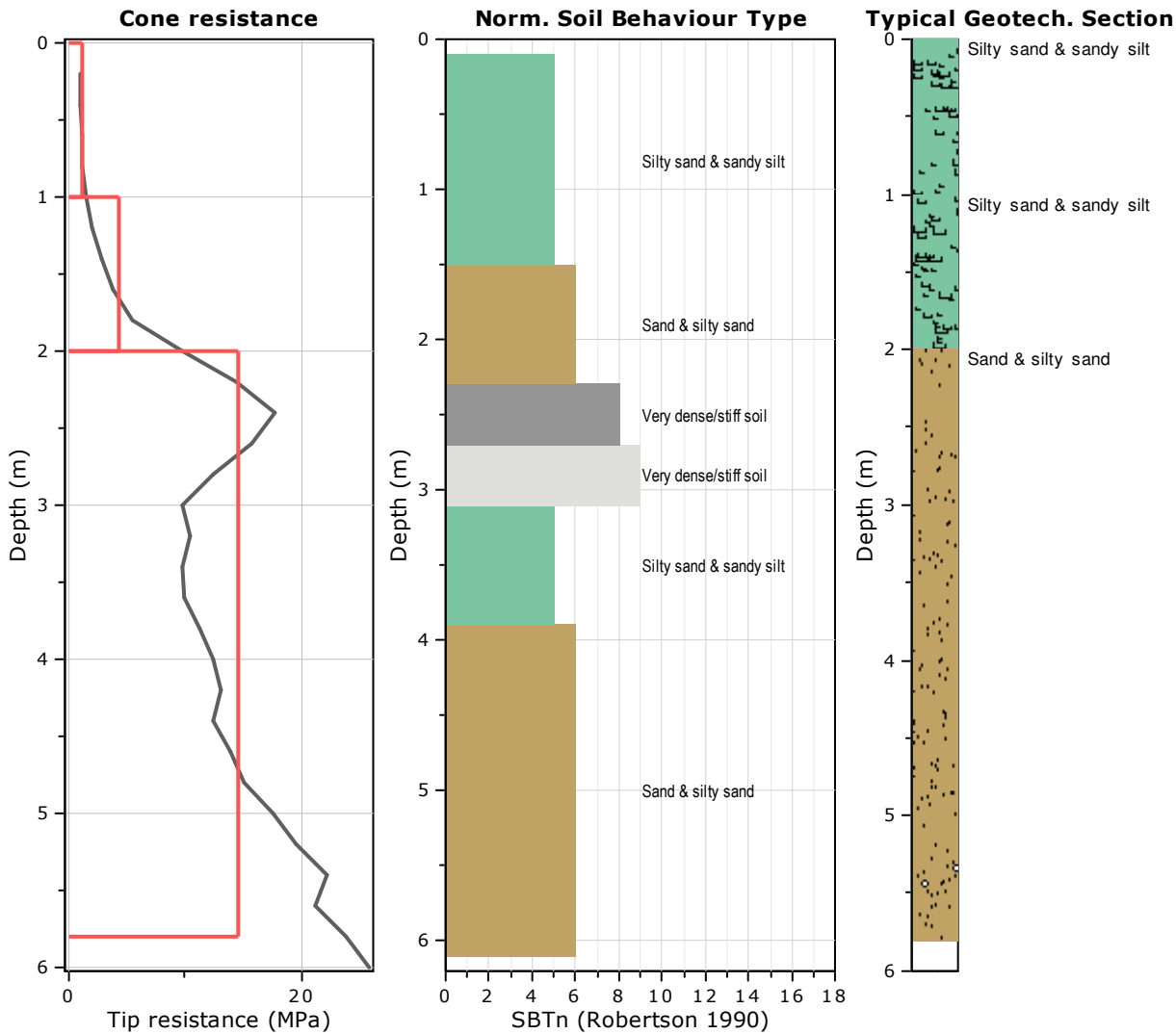
**Project:**

**Location:**

Cone Type:

Cone Operator:





### Tabular results

#### ::: Layer No: 1 :::

**Code:** 1      **Start depth:** 0.00 (m), **End depth:** 1.00 (m)

**Description:** Silty sand & sandy silt

#### Basic results

Total cone resistance:  $1.16 \pm 0.21$  MPa

Sleeve friction:  $28.77 \pm 10.94$  kPa

Ic:  $2.35 \pm 0.07$

SBT<sub>n</sub>: 5

SBTn description: Silty sand & sandy silt

#### Estimation results

Permeability:  $7.20E-07 \pm 3.13E-07$  m/s

N<sub>60</sub>:  $4.00 \pm 0.71$  blows

Es:  $16.22 \pm 3.42$  MPa

Dr (%):  $42.98 \pm 6.47$

φ (degrees):  $38.88 \pm 1.27$  °

Unit weight:  $19.00 \pm 0.00$  kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.:  $16.13 \pm 2.81$  MPa

Go:  $20.67 \pm 4.35$  MPa

Su:  $0.00 \pm 0.00$  kPa

Su ratio:  $0.00 \pm 0.00$

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

**:: Layer No: 2 ::****Code:** 2      **Start depth:** 1.00 (m), **End depth:** 2.00 (m)**Description:** Silty sand & sandy silt**Basic results**

Total cone resistance: 4.25 ±3.08 MPa

Sleeve friction: 52.30 ±28.65 kPa

Ic: 2.11 ±0.18

SBT<sub>n</sub>: 5SBT<sub>n</sub> description: Silty sand & sandy silt**Estimation results**

Permeability: 5.65E-06 ±5.15E-06 m/s

N<sub>60</sub>: 11.67 ±7.47 blows

Es: 39.84 ±21.50 MPa

Dr (%): 49.46 ±11.80

φ (degrees): 38.36 ±1.98 °

Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 48.45 ±28.46 MPa

Go: 50.77 ±27.40 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

**:: Layer No: 3 ::****Code:** 3      **Start depth:** 2.00 (m), **End depth:** 5.80 (m)**Description:** Sand & silty sand**Basic results**

Total cone resistance: 14.65 ±4.43 MPa

Sleeve friction: 304.66 ±184.77 kPa

Ic: 1.95 ±0.15

SBT<sub>n</sub>: 6SBT<sub>n</sub> description: Sand & silty sand**Estimation results**

Permeability: 1.54E-05 ±1.34E-05 m/s

N<sub>60</sub>: 37.85 ±9.44 blows

Es: 120.41 ±28.55 MPa

Dr (%): 71.18 ±9.01

φ (degrees): 42.17 ±1.62 °

Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 151.31 ±34.39 MPa

Go: 155.90 ±35.54 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

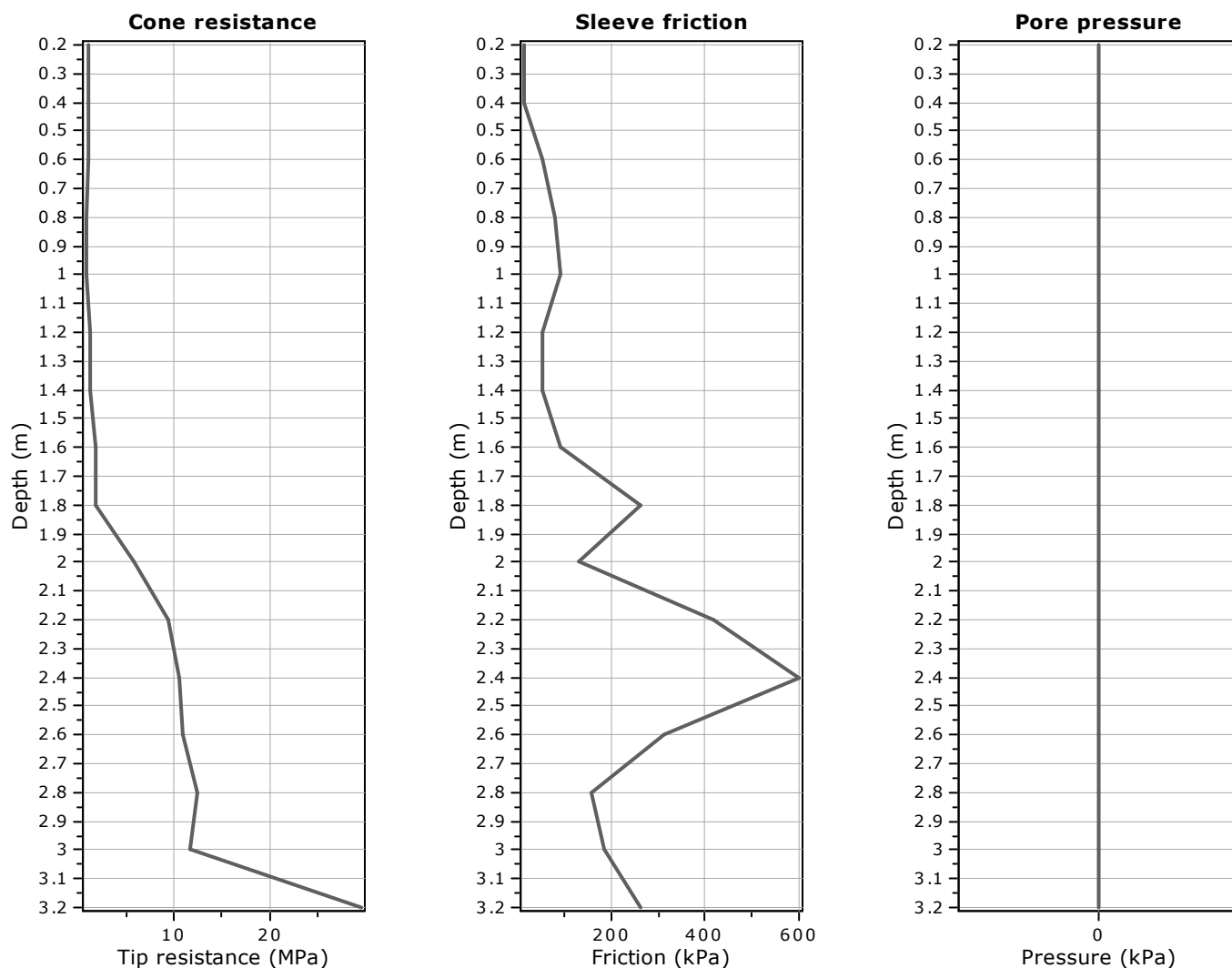
**Project:**
**Location:**
**Summary table of mean values**

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT <sub>N60</sub> (blows/30cm)	E <sub>s</sub> (MPa)	D <sub>r</sub> (%)	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G <sub>0</sub> (MPa)	Undrained strength, S <sub>u</sub> (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m <sup>3</sup> )
0.00	1.00	7.20E-07	4.0	16.2	43.0	38.9	16.1	20.7	0.0	0.0	0.0	19.0
1.00		(±3.13E-07)	(±0.7)	(±3.4)	(±6.5)	(±1.3)	(±2.8)	(±4.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)
1.00	1.00	5.65E-06	11.7	39.8	49.5	38.4	48.5	50.8	0.0	0.0	0.0	19.0
2.00		(±5.15E-06)	(±7.5)	(±21.5)	(±11.8)	(±2.0)	(±28.5)	(±27.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)
2.00	3.80	1.54E-05	37.9	120.4	71.2	42.2	151.3	155.9	0.0	0.0	0.0	19.0
5.80		(±1.34E-05)	(±9.4)	(±28.6)	(±9.0)	(±1.6)	(±34.4)	(±35.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)

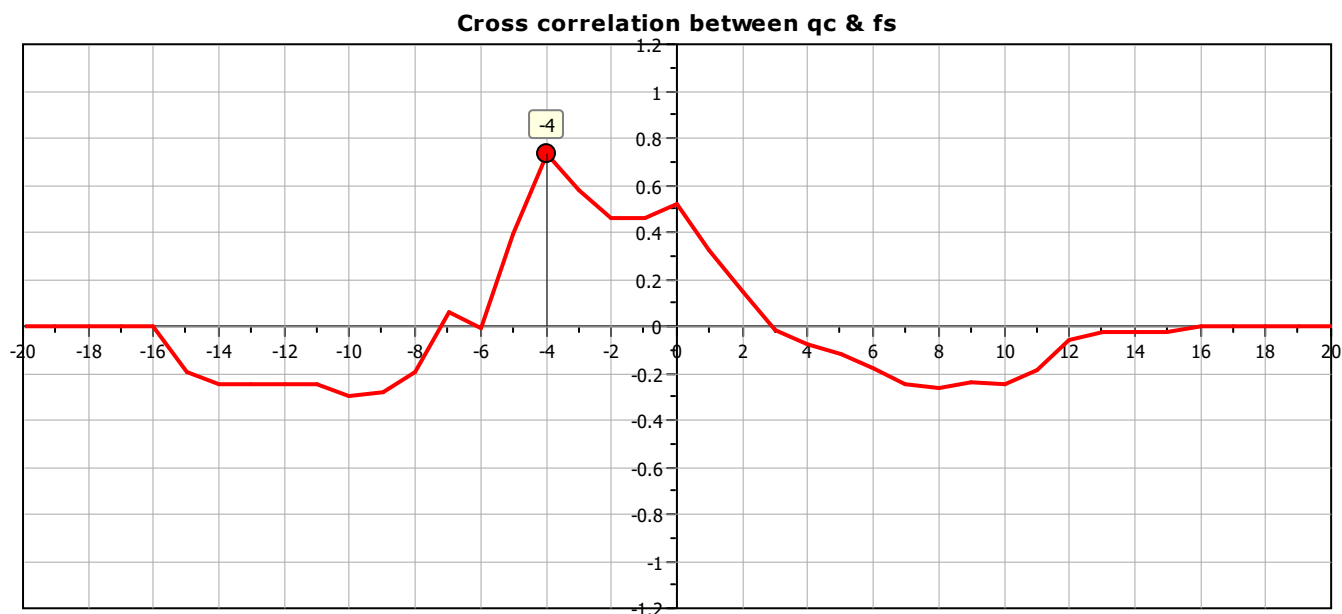
Depth values presented in this table are measured from free ground surface

**Project:**

**Location:**



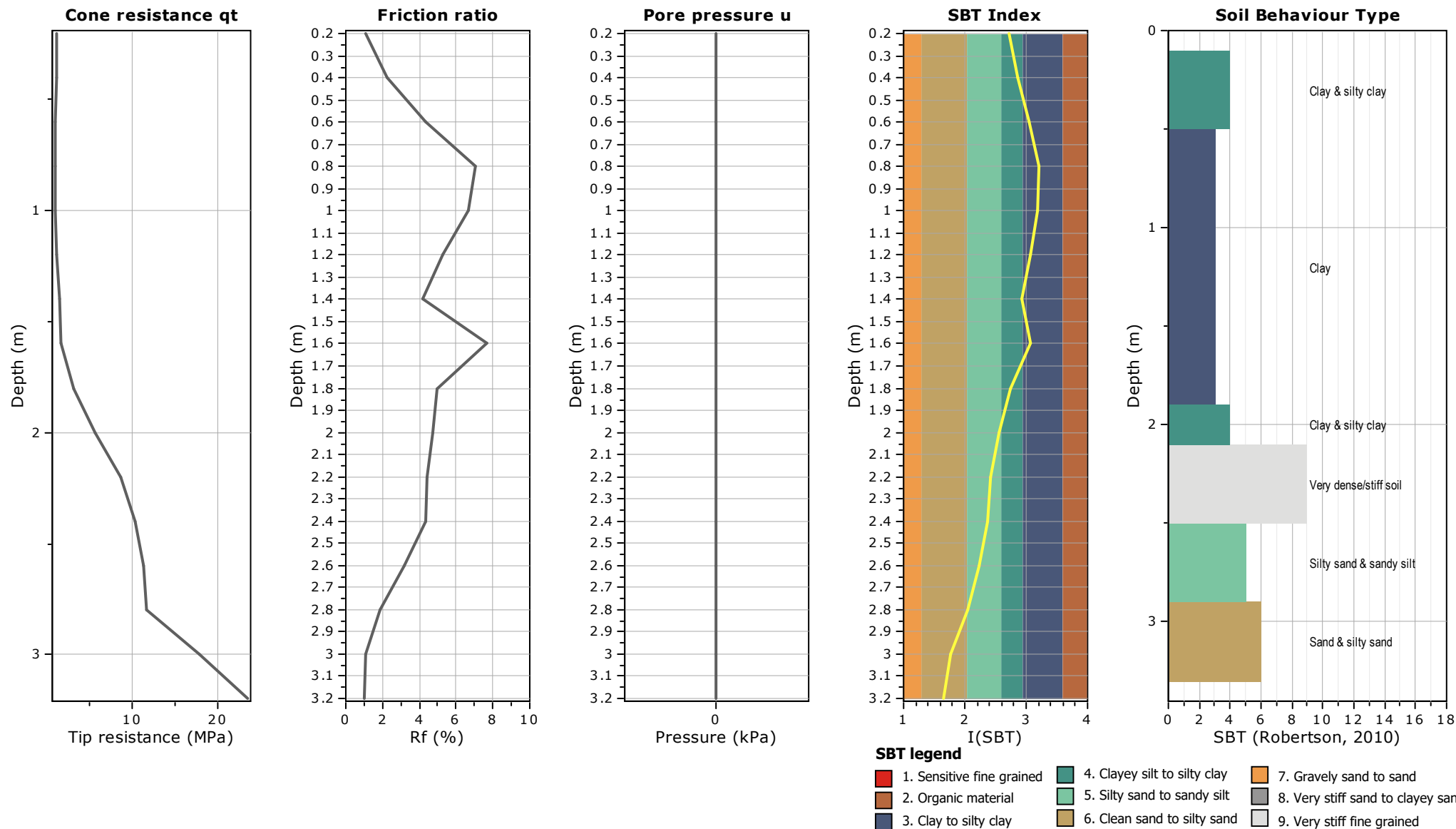
The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw  $q_c$  and  $f_s$  values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).





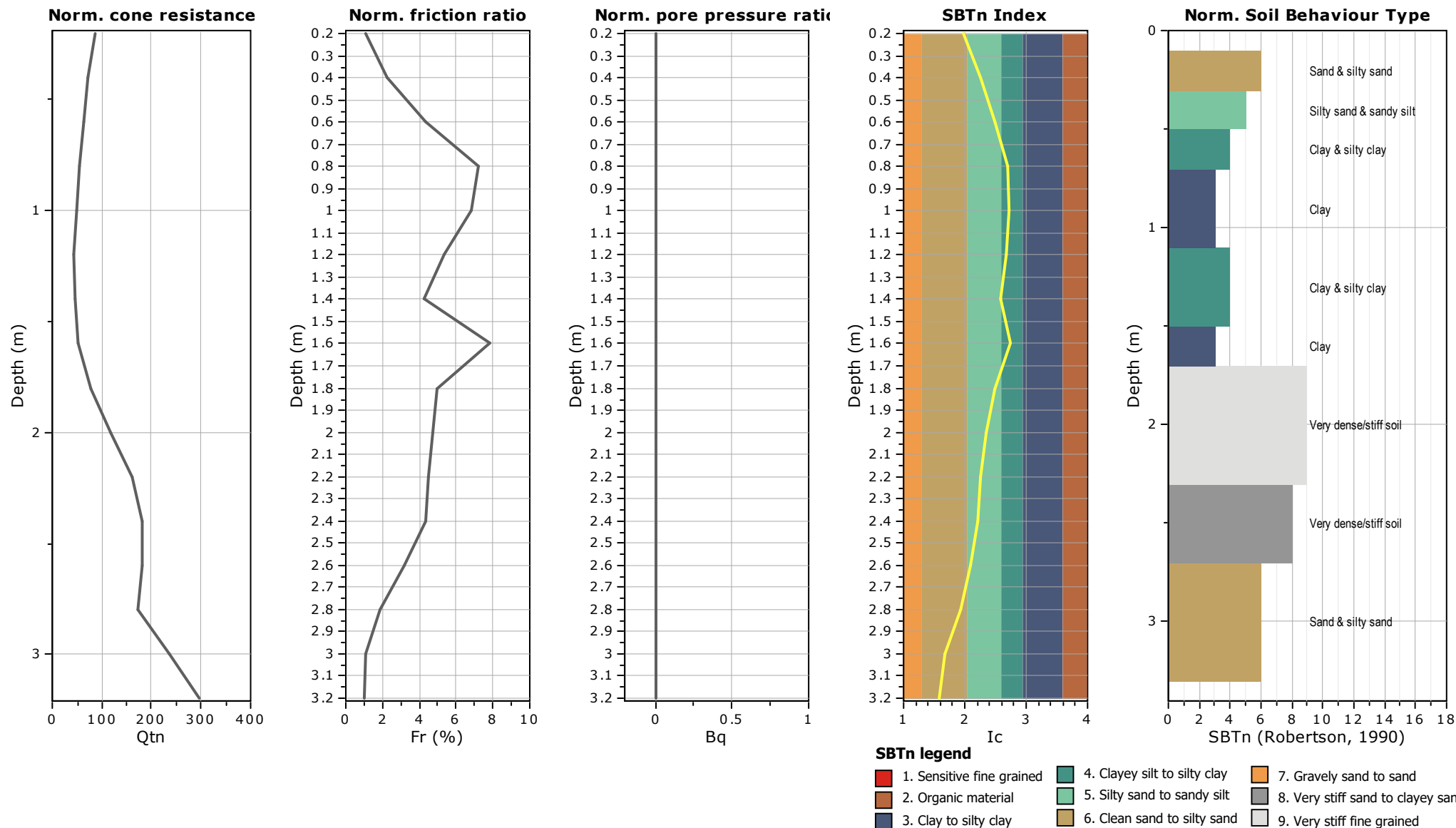
Project:

Location:



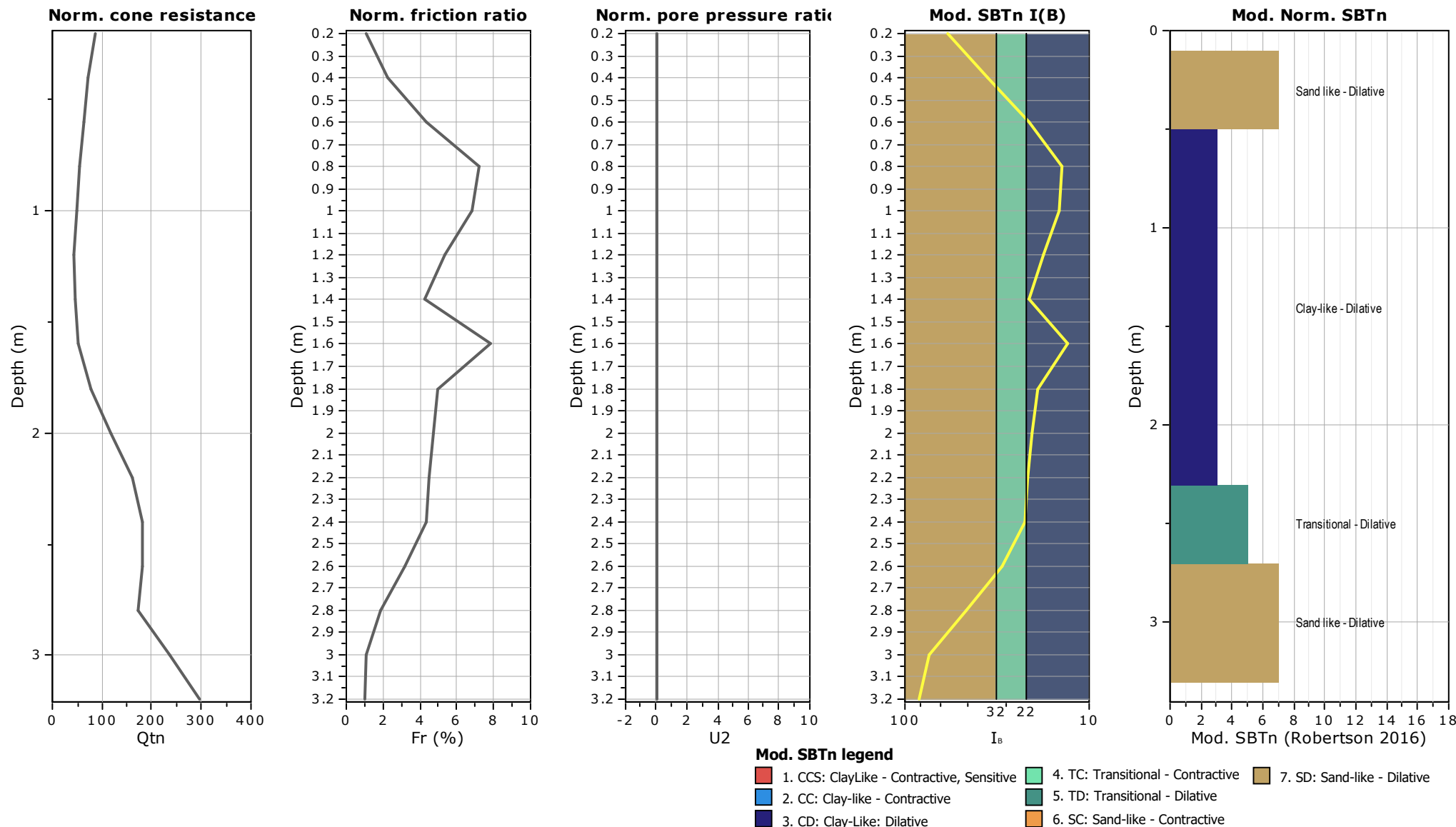
Project:

Location:



Project:

Location:

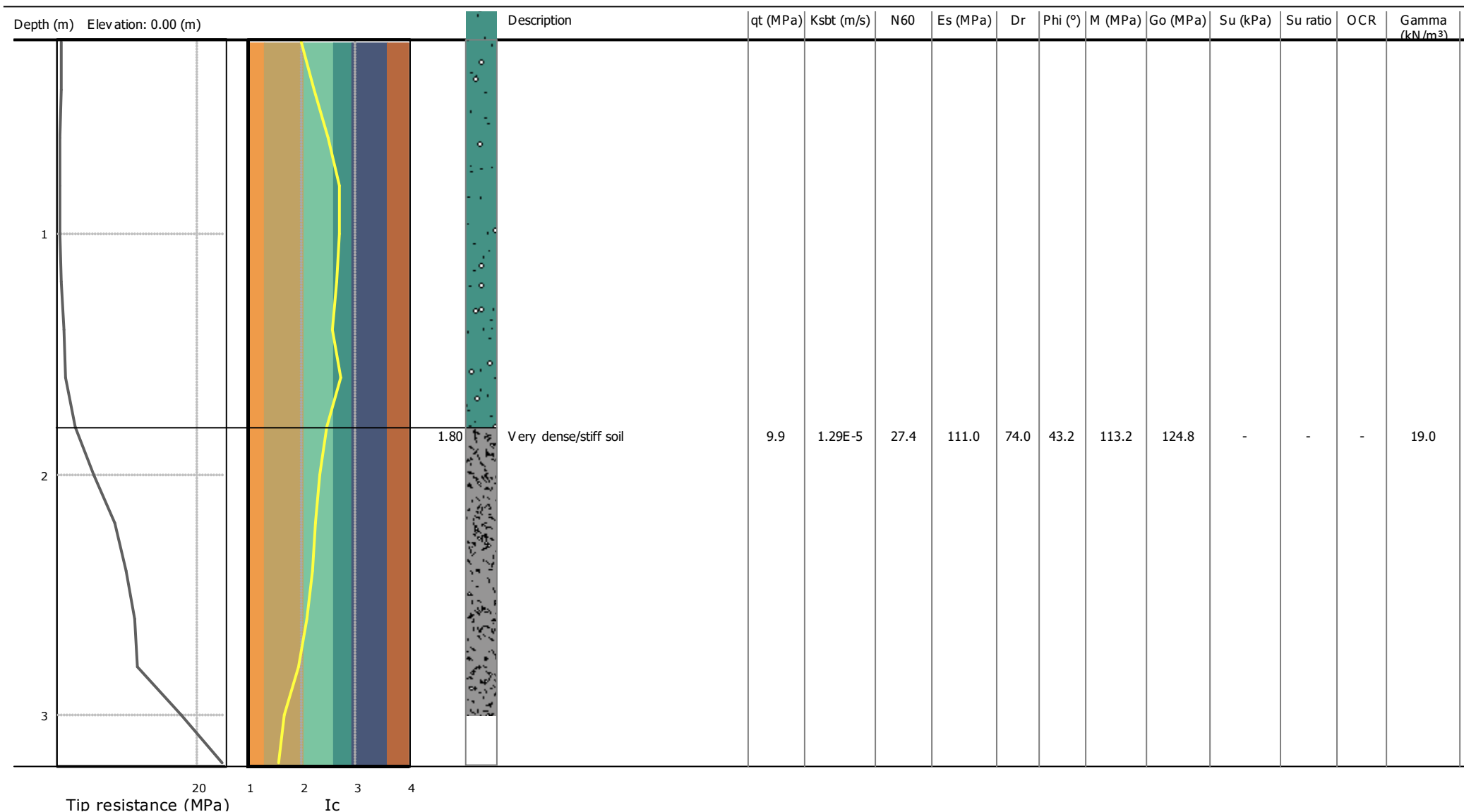


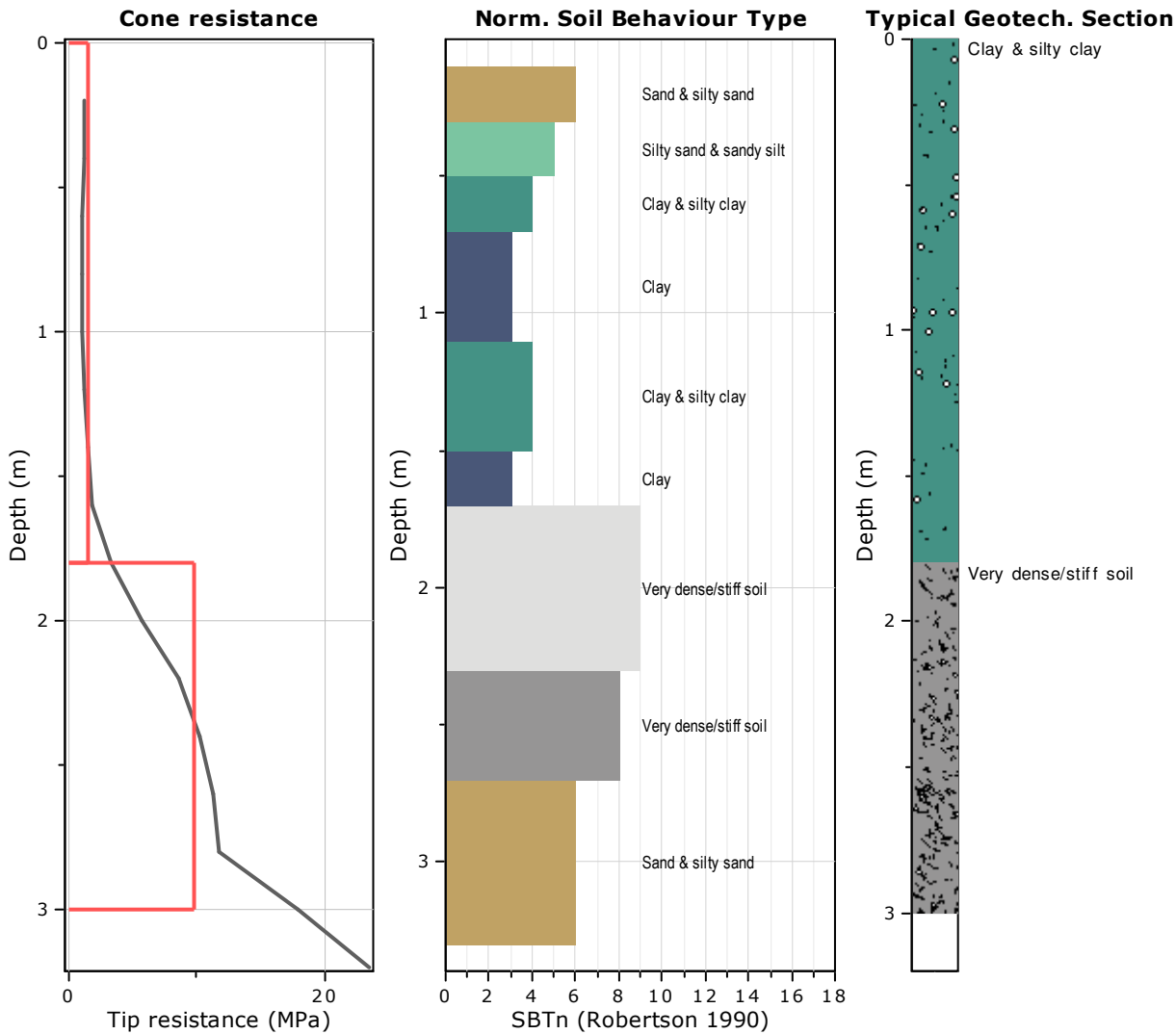
**Project:**

**Location:**

Cone Type:

Cone Operator:





### Tabular results

#### ::: Layer No: 1 :::

**Code:** 1      **Start depth:** 0.00 (m), **End depth:** 1.80 (m)

**Description:** Clay & silty clay

#### Basic results

Total cone resistance:  $1.50 \pm 0.70$  MPa

Sleeve friction:  $78.45 \pm 74.54$  kPa

Ic:  $2.52 \pm 0.25$

SBT<sub>n</sub>: 4

SBT<sub>n</sub> description: Clay & silty clay

#### Estimation results

Permeability:  $1.14\text{E-}06 \pm 2.64\text{E-}06$  m/s

N<sub>60</sub>:  $5.67 \pm 2.78$  blows

Es:  $0.00 \pm 0.00$  MPa

Dr (%):  $0.00 \pm 0.00$

φ (degrees):  $0.00 \pm 0.00$  °

Unit weight:  $19.00 \pm 0.00$  kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.:  $20.31 \pm 10.00$  MPa

Go:  $34.00 \pm 17.11$  MPa

Su:  $111.70 \pm 55.74$  kPa

Su ratio:  $3.94 \pm 0.82$

O.C.R.:  $18.22 \pm 3.81$

**:: Layer No: 2 ::****Code:** 2      **Start depth:** 1.80 (m), **End depth:** 3.00 (m)**Description:** Very dense/stiff soil**Basic results**

Total cone resistance: 9.86 ±4.71 MPa

Sleeve friction: 295.13 ±167.93 kPa

Ic: 2.15 ±0.27

SBT<sub>n</sub>: 8SBT<sub>n</sub> description: Very dense/stiff soil**Estimation results**

Permeability: 1.29E-05 ±2.61E-05 m/s

N<sub>60</sub>: 27.43 ±9.14 blows

Es: 110.96 ±10.94 MPa

Dr (%): 74.02 ±5.61

φ (degrees): 43.15 ±0.95 °

Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 113.15 ±37.26 MPa

Go: 124.85 ±30.09 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

**Project:**
**Location:**
**Summary table of mean values**

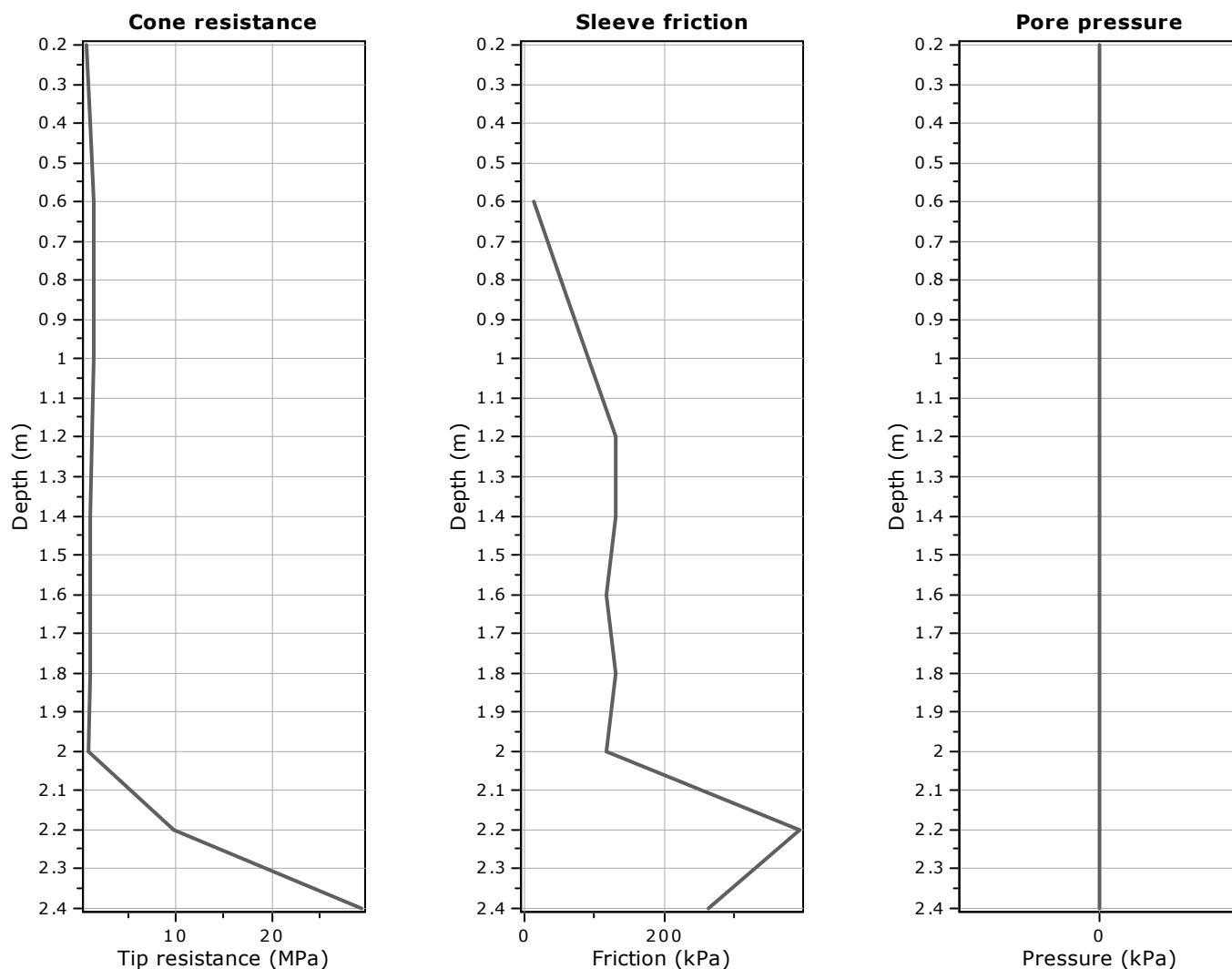
From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT <sub>N60</sub> (blows/30cm)	E <sub>s</sub> (MPa)	D <sub>r</sub> (%)	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G <sub>0</sub> (MPa)	Undrained strength, S <sub>u</sub> (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m <sup>3</sup> )
0.00	1.80	1.14E-06	5.7	0.0	0.0	0.0	20.3	34.0	111.7	3.9	18.2	19.0
1.80		(±2.64E-06)	(±2.8)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±10.0)	(±17.1)	(±55.7)	(±0.8)	(±3.8)	(±0.0)
1.80	1.20	1.29E-05	27.4	111.0	74.0	43.2	113.2	124.8	0.0	0.0	0.0	19.0
3.00		(±2.61E-05)	(±9.1)	(±10.9)	(±5.6)	(±1.0)	(±37.3)	(±30.1)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)

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

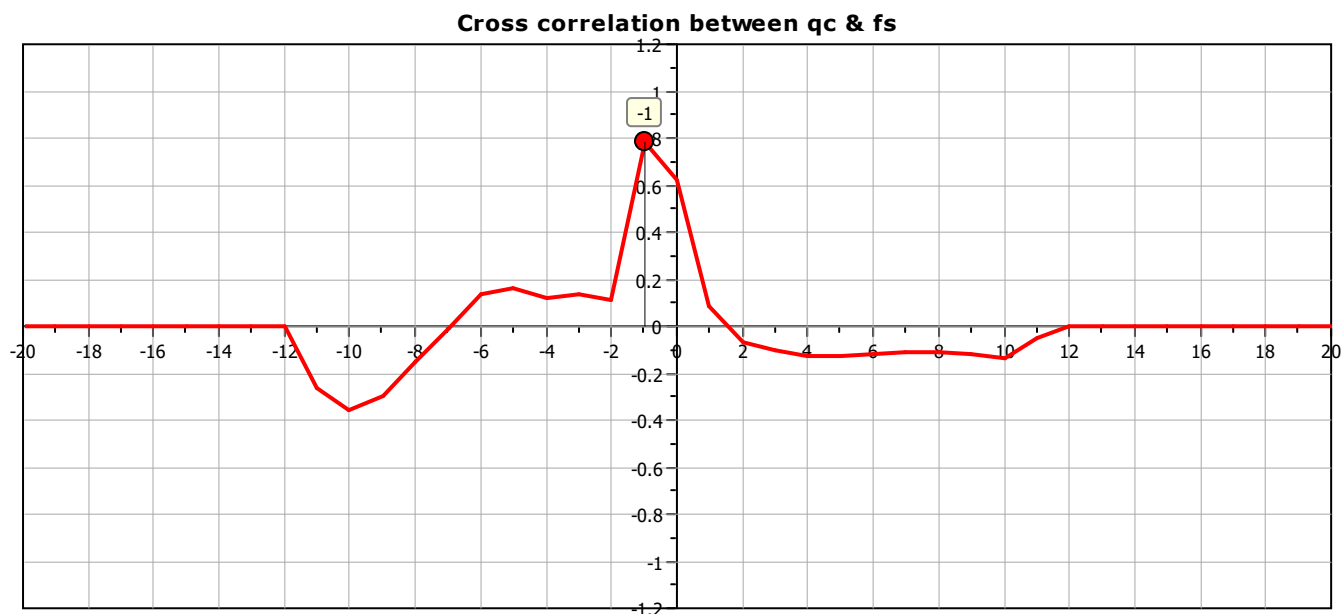


**Project:**

**Location:**

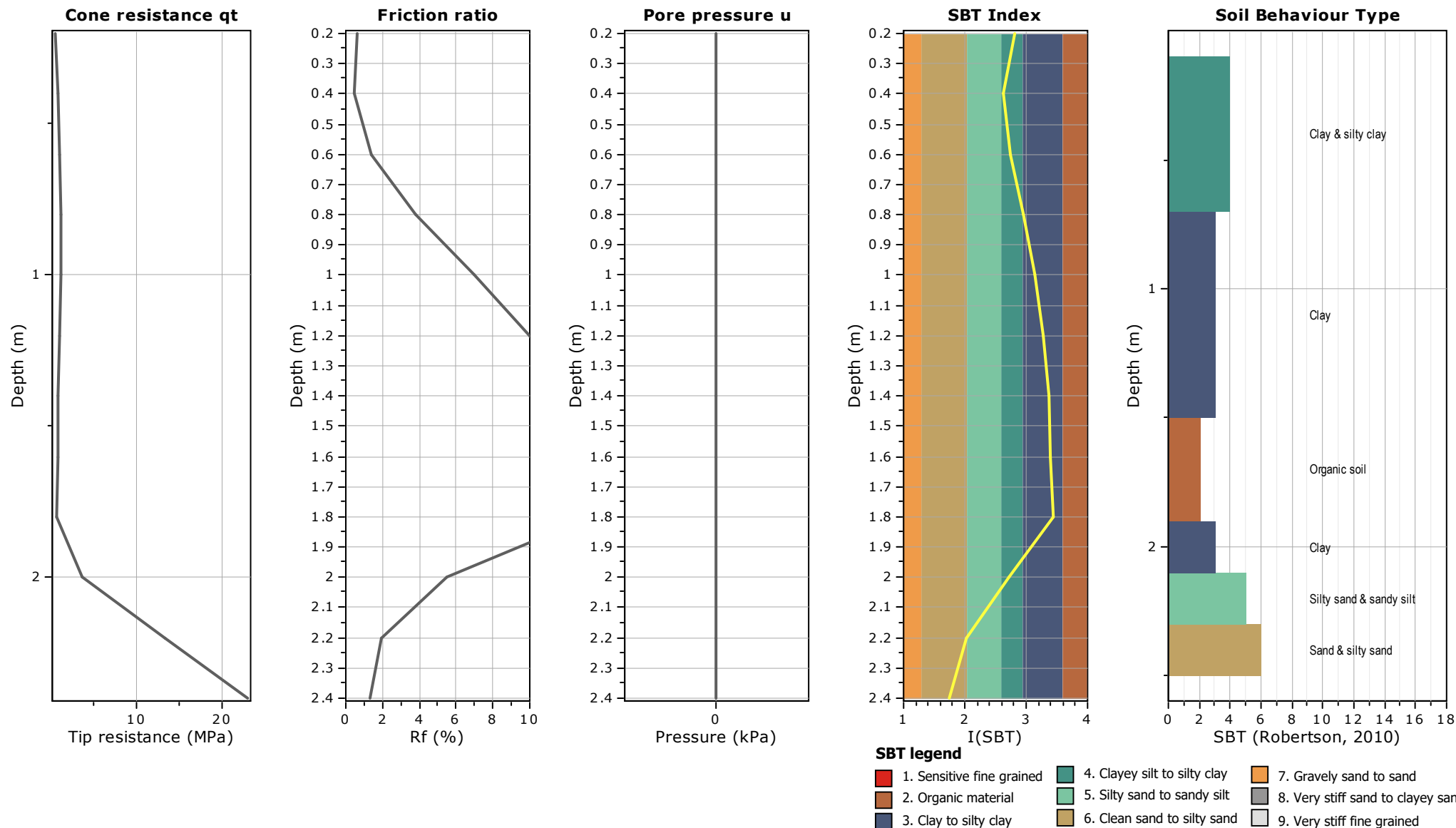


The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw  $q_c$  and  $f_s$  values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



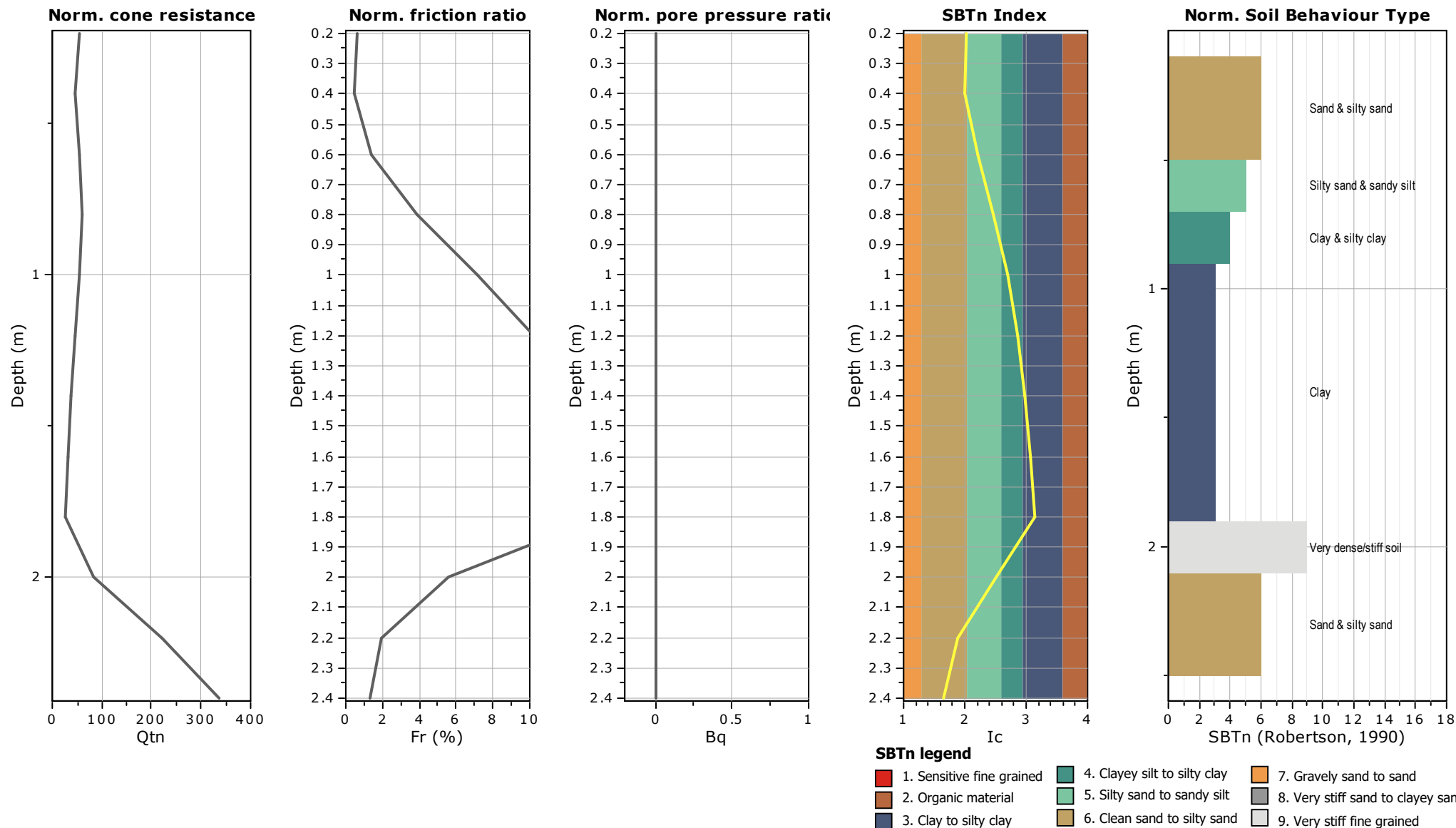
Project:

Location:



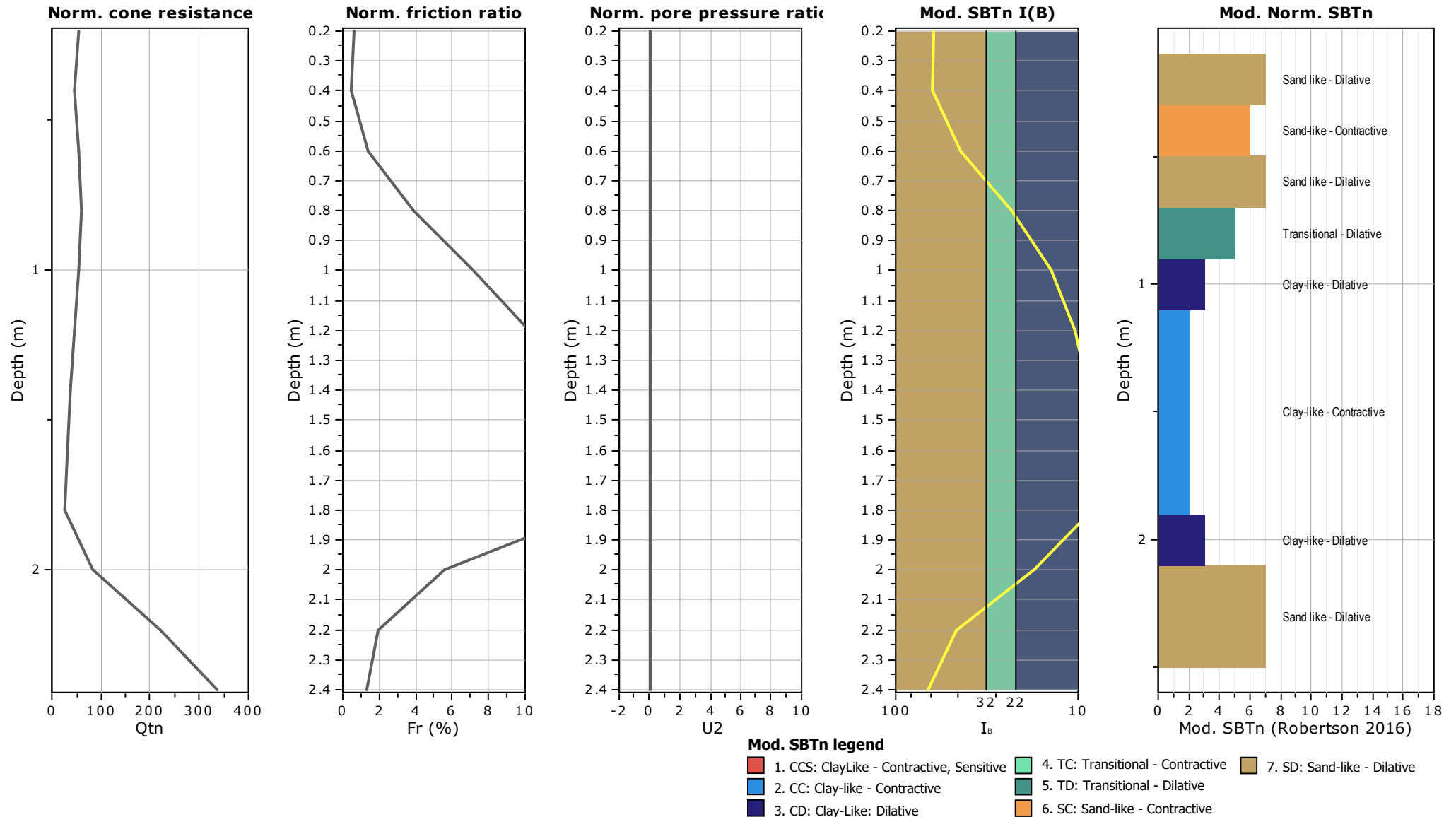
Project:

Location:



Project:

Location:

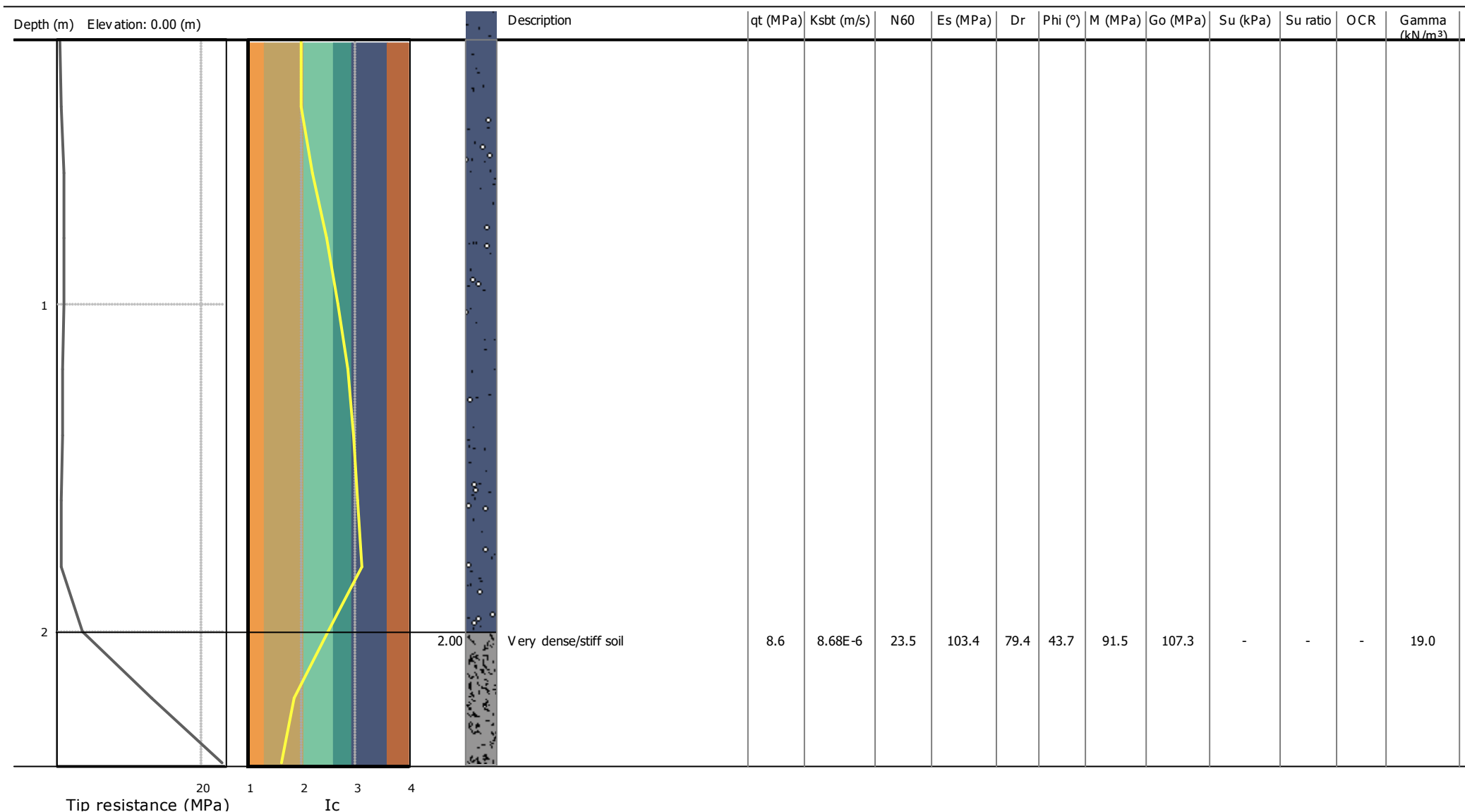


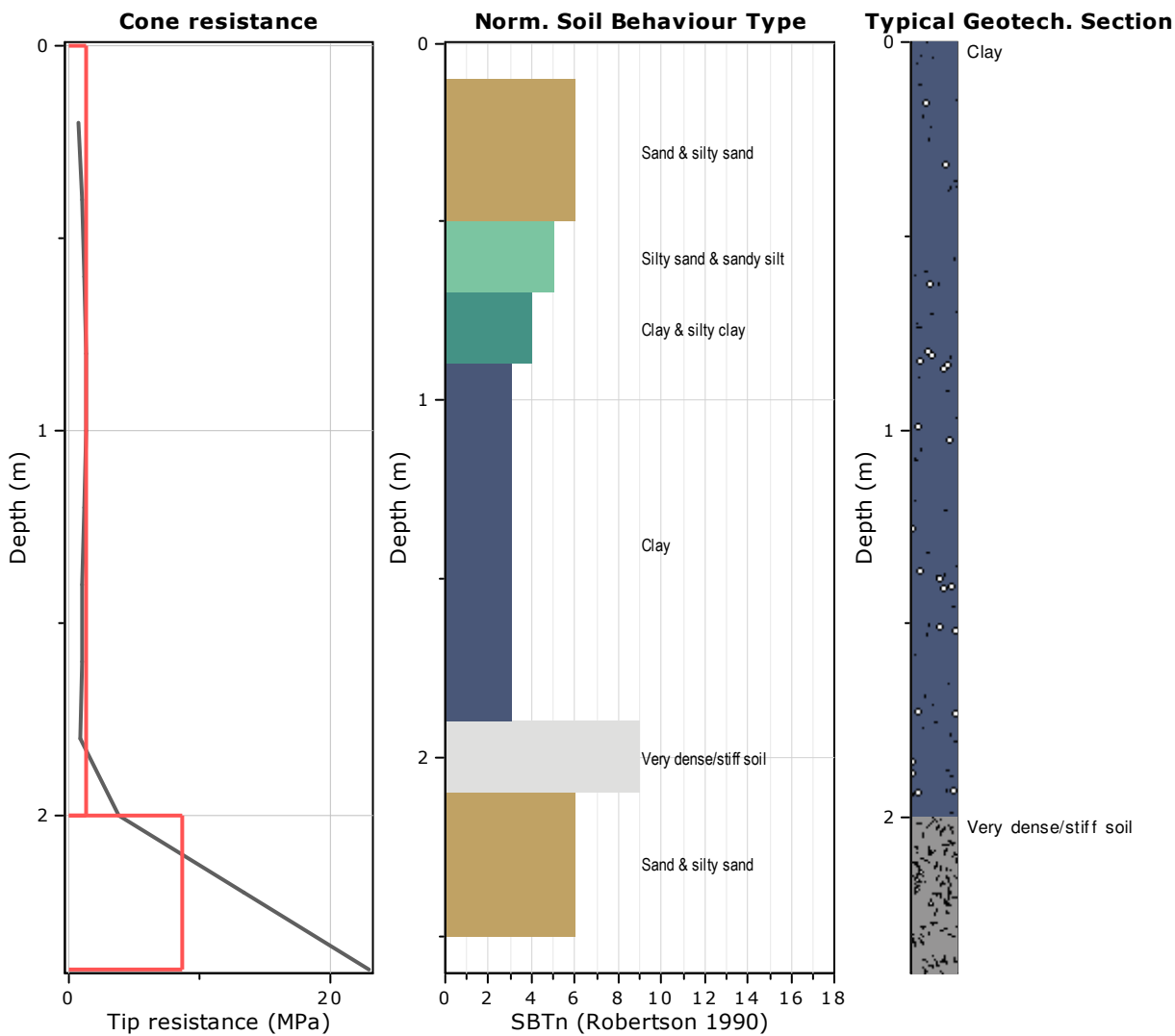
**Project:**

**Location:**

Cone Type:

Cone Operator:





### Tabular results

#### ::: Layer No: 1 :::

**Code:** 1 **Start depth:** 0.00 (m), **End depth:** 2.00 (m)

**Description:** Clay

#### Basic results

Total cone resistance:  $1.36 \pm 0.90$  MPa

Sleeve friction:  $78.45 \pm 56.83$  kPa

Ic:  $2.59 \pm 0.42$

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

#### Estimation results

Permeability:  $1.69E-06 \pm 3.00E-06$  m/s

N<sub>60</sub>:  $5.50 \pm 3.24$  blows

Es:  $0.00 \pm 0.00$  MPa

Dr (%):  $0.00 \pm 0.00$

φ (degrees):  $0.00 \pm 0.00$  °

Unit weight:  $19.00 \pm 0.00$  kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.:  $18.29 \pm 12.80$  MPa

Go:  $35.01 \pm 21.26$  MPa

Su:  $106.77 \pm 74.24$  kPa

Su ratio:  $3.51 \pm 1.43$

O.C.R.:  $16.20 \pm 6.62$

**:: Layer No: 2 ::****Code:** 2      **Start depth:** 2.00 (m), **End depth:** 2.40 (m)**Description:** Very dense/stiff soil**Basic results**

Total cone resistance: 8.60 ±6.70 MPa

Sleeve friction: 254.97 ±194.16 kPa

Ic: 2.19 ±0.44

SBT<sub>n</sub>: 8SBT<sub>n</sub> description: Very dense/stiff soil**Estimation results**

Permeability: 8.68E-06 ±1.20E-05 m/s

N<sub>60</sub>: 23.50 ±13.44 blows

Es: 103.35 ±103.35 MPa

Dr (%): 79.40 ±79.40

φ (degrees): 43.66 ±43.66 °

Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 91.50 ±53.79 MPa

Go: 107.33 ±34.47 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00



**Project:**

**Location:**

**CPT: CPT 3**

Total depth: 2.40 m, Date: 13. 07. 2023

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 <sub>N60</sub> (blows/30cm)	E <sub>s</sub> (MPa)	D <sub>r</sub> (%)	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G <sub>0</sub> (MPa)	Undrained strength, S <sub>u</sub> (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m <sup>3</sup> )
0.00	2.00	1.69E-06	5.5	0.0	0.0	0.0	18.3	35.0	106.8	3.5	16.2	19.0
2.00		(±3.00E-06)	(±3.2)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±12.8)	(±21.3)	(±74.2)	(±1.4)	(±6.6)	(±0.0)
2.00	0.40	8.68E-06	23.5	103.4	79.4	43.7	91.5	107.3	0.0	0.0	0.0	19.0
2.40		(±1.20E-05)	(±13.4)	(±103.4)	(±79.4)	(±43.7)	(±53.8)	(±34.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)

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/m<sup>3</sup>) ::

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

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) ::

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

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

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

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

(applicable only to  $I_c < I_{c\_cutoff}$ )

### :: Relative Density, $Dr$ (%) ::

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

### :: State Parameter, $\psi$ ::

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

### :: Drained Friction Angle, $\phi$ (°) ::

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

(applicable only to  $SBT_n: 5, 6, 7 \text{ and } 8$  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  $I_c \geq 2.20$

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

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

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

### :: 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  $SBT_n: 1, 2, 3, 4 \text{ and } 9$  or  $I_c > I_{c\_cutoff}$ )

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

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

### :: 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  $SBT_n: 1, 2, 3, 4 \text{ and } 9$  or  $I_c > I_{c\_cutoff}$ )

### :: In situ Stress Ratio, $K_0$ ::

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

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

### :: Soil Sensitivity, $S_t$ ::

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

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

### :: Peak Friction Angle, $\phi'$ (°) ::

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

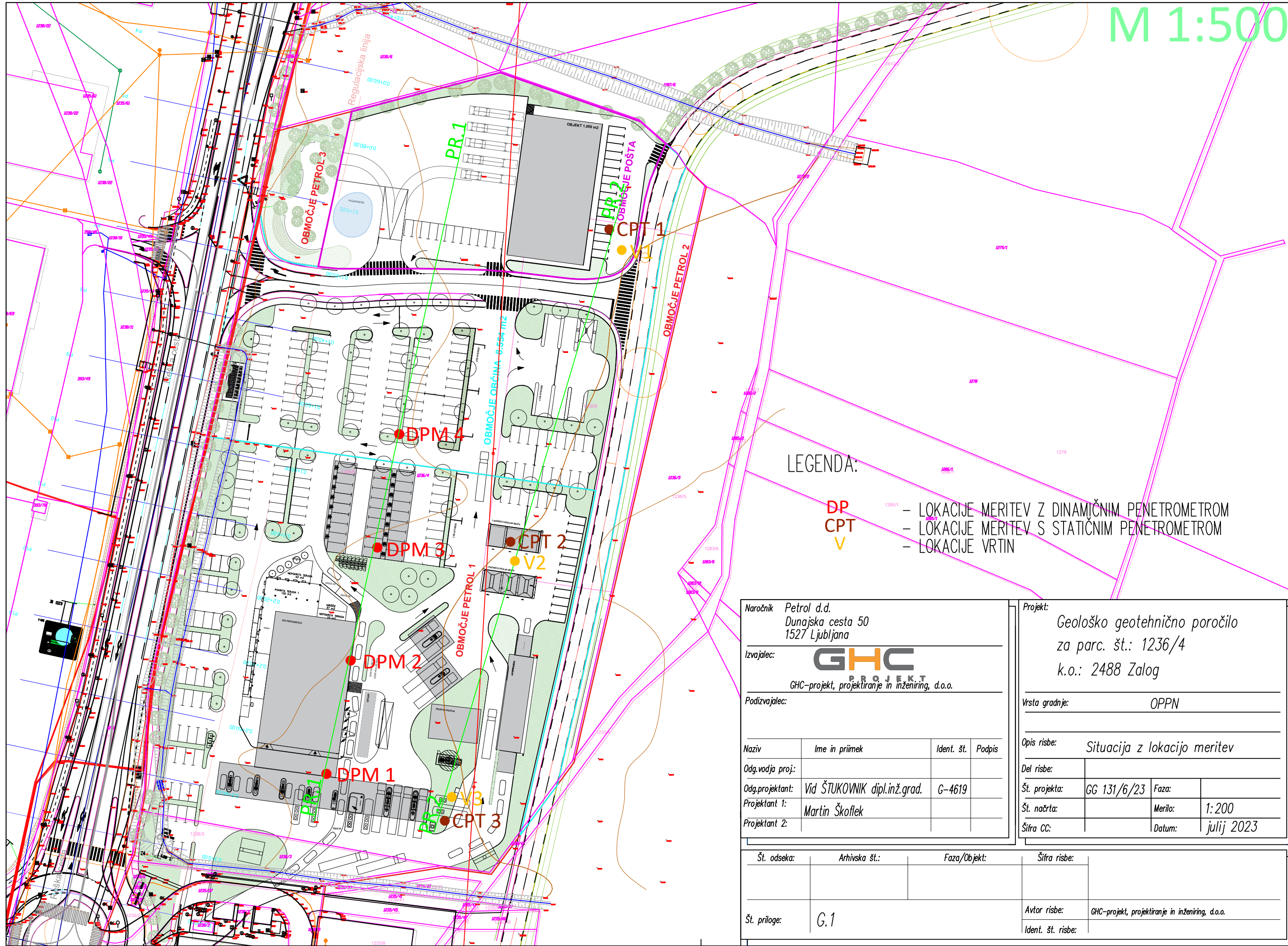
(applicable for  $0.10 < B_q < 1.00$ )

## References

- Robertson, P.K., Cabal K.L., Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering, Gregg Drilling & Testing, Inc., 5<sup>th</sup> Edition, November 2012
- Robertson, P.K., Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Can. Geotech. J. 46(11): 1337–1355 (2009)
- N Barounis, J Philpot, Estimation of in-situ water content, void ratio, dry unit weight and porosity using CPT for saturated sands, Proc. 20th NZGS Geotechnical Symposium

## **G. GRAFIKE**

M 1:500



LEGENDA:

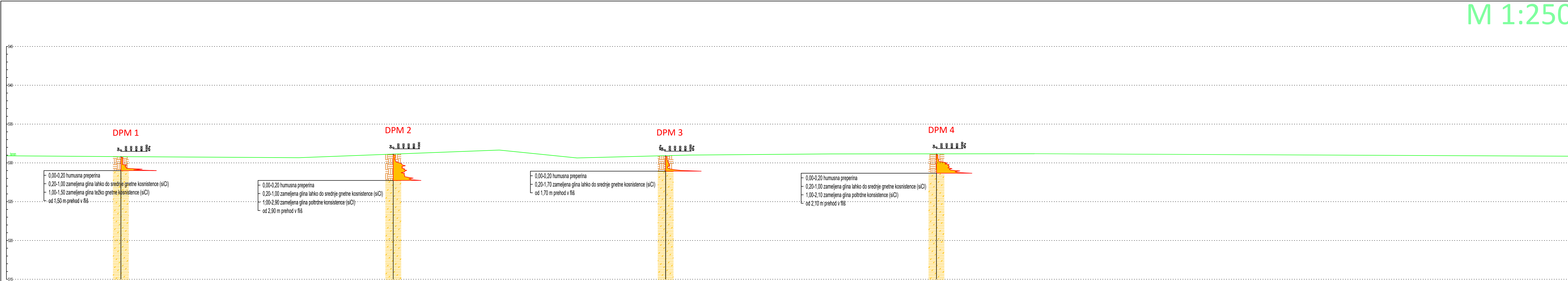
- DP – LOKACIJE MERITEV Z DINAMIČNIM PENETROMETROM
- CPT – LOKACIJE MERITEV S STATIČNIM PENETROMETROM
- V – LOKACIJE VRTIN

Naročnik		Petrol d.d. Dunajska cesta 50 1527 Ljubljana	
Izvajalec:		<b>GHC</b> 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.: 1236/4 k.o.: 2488 Zalog			
Vrsta gradnje:		OPPN	
Opis risbe: Situacija z lokacijo meritev			
Del risbe:			
Št. projekta:	GG 131/6/23	Faza:	
Št. načrta:		Merilo:	1:200
Šifra CC:		Datum:	julij 2023

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:	






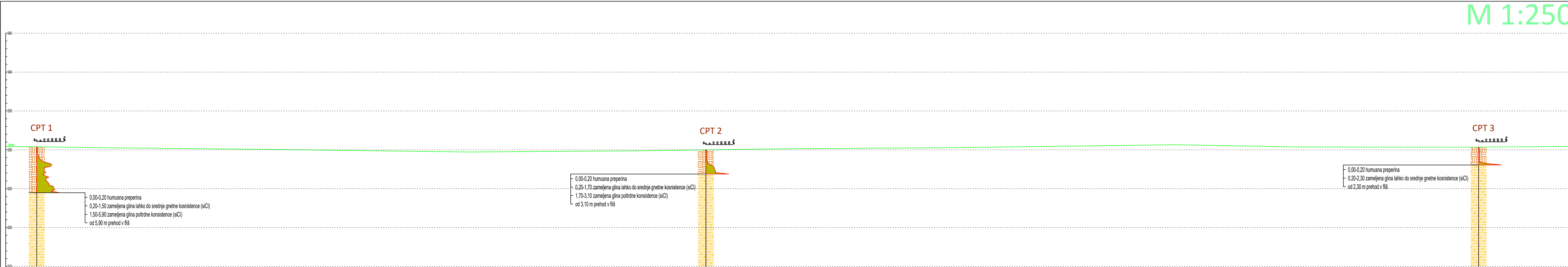
LEGENDA:

 DP

– Qd

– LOKACIJE MERITVE Z DINAMIČNIM PENETROMETROM


Naročnik: Petrol d.d. Dunajska cesta 50 1527 Ljubljana				Projekt: Geološko geotehnično poročilo za parc. št.: 1236/4 k.o.: 2488 Zalog			
Izvajalec:  GHC-projekt, projektiranje in inženiring, d.o.o.				Vrsta gradnje: OPPN			
Podizvajalec:				Opis risbe: Geološko geotehnični profil PR.1			
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:							
Št. odseka:		Arhivska št.:		Faza/Objekt:		Šifra risbe:	
Št. prilož:		G.2		Avtor risbe:		GHC-projekt, projektiranje in inženiring, d.o.o.	
				Ident. št. risbe:			



LEGENDA:

 - qc

- LOKACIJE MERITVE S STATIONIM PENETROMETROM

Naročnik: Petrol d.d. Dunajska cesta 50 1527 Ljubljana				Projekt: Geološko geotehnično poročilo za parc. št.: 1236/4 k.o.: 2488 Zalog			
Izvajalec:  GHC-projekt, projektiranje in inženiring, d.o.o.				Vrsta gradnje: OPPN			
Podizvajalec:				Opis risbe: Geološko geotehnični profil PR.2			
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:							
Št. odseka:		Arhivska št.:		Faza/Objekt:		Šifra risbe:	
Št. priloge:		G.3		Avtor risbe:		GHC-projekt, projektiranje in inženiring, d.o.o.	
				Ident. št. risbe:			