



## PROGRAM GEOTEHNIČNIH RAZISKAV ZA:

**poglobljanje SZ dela bazena II v Luki Koper na -16m**

---

*Investitor:* Luka Koper, d.d.  
*Faza:* Glavne raziskave

---

---

*Številka poročila:* E-24-16  
*Datum:* 4. 11. 2016  
*Pripravil:*izr.prof.dr. Janko Logar, univ.dipl.inž.grad.

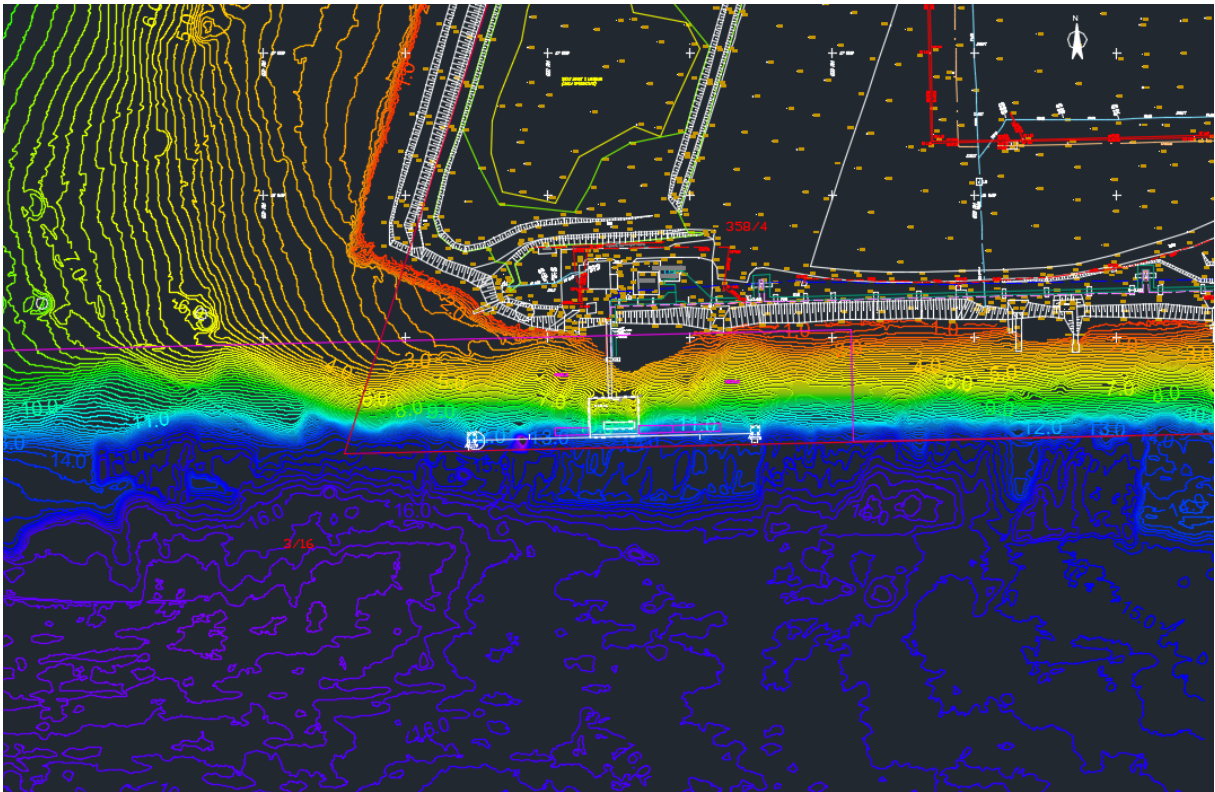
---

*Predstojnik:* izr.prof.dr. Janko Logar, univ.dipl.inž.grad.

---

## 1.0 UVOD

Luka Koper načrtuje poglobitev SZ dela bazena II na -16 m. Ob tem je predvidena izvedba dveh dodatnih samostojnih odbojnikov ter še enega priveznega mesta. Na lokaciji predvidene gradnje se nahaja obstoječe privezno mesto »Petrok« in z njim povezana infrastruktura. Za varno načrtovanje gradbenih posegov ob poglobljanju morskega dna in ustreznemu oblikovanju podvodne brežine v nadaljevanju podajamo program geotehničnih raziskav.



**Slika 1:** Območje predvidenega posega

Zasnovo obeh odbojnikov in priveznega mesta smo prejeli od projektanta (OPI Inter). Podatke o obstoječih vrtinah smo črpali iz arhivskih dokumentov.

Izvedene geotehnične raziskave morajo omogočiti projektantu, da pridobi podatke za analizo obnašanja odbojnikov ter za presojo stabilnosti brežine pomola II. Ključni podatki so:

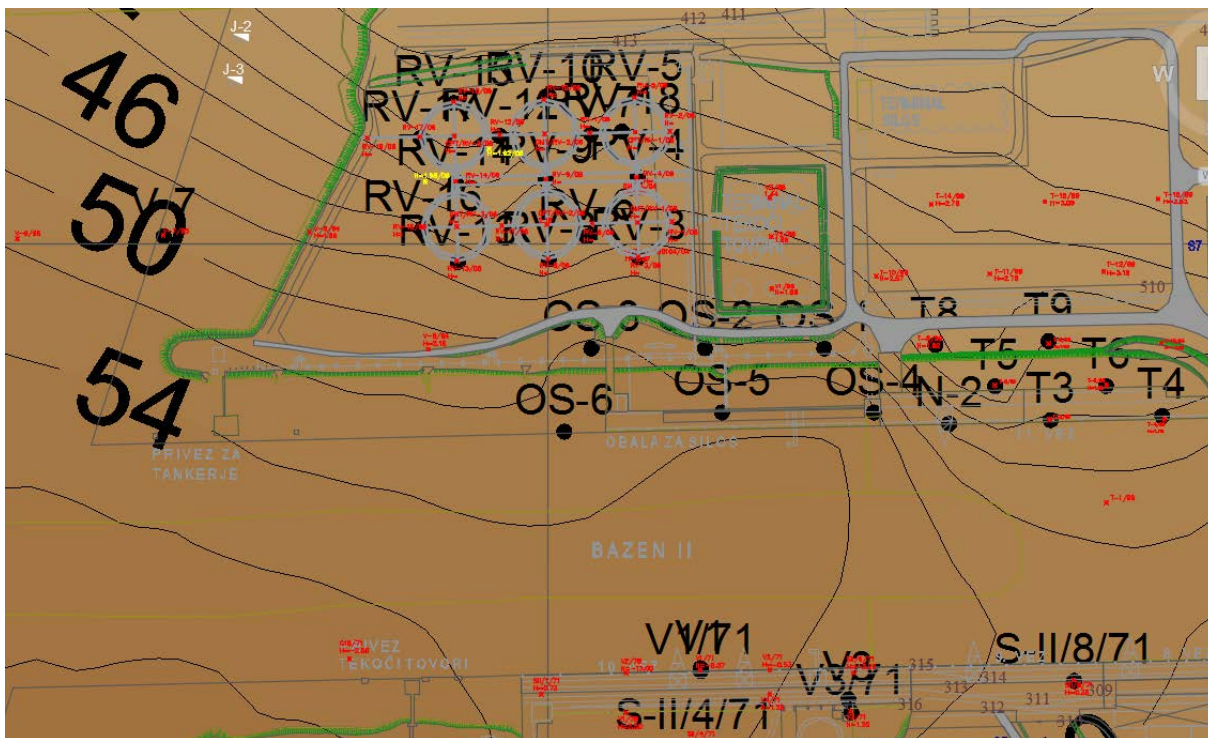
- meje med posameznimi sloji tal oziroma njihove debeline,
- mehanske lastnosti vseh slojev tal,
- sestava in lastnosti tal na sedanjem morskem dnu zaradi izvedbe poglobljanja morskega dna.

Načrtovani gradbeni poseg uvrščamo v 3. (najzahtevnejšo) geotehnično kategorijo po Evrokodu 7-1. Za 3. geotehnično kategorijo je značilno, da v standardu zapisane zahteve glede raziskav pomenijo le spodnjo mejo v smislu količin in kakovosti izvedbe raziskav.

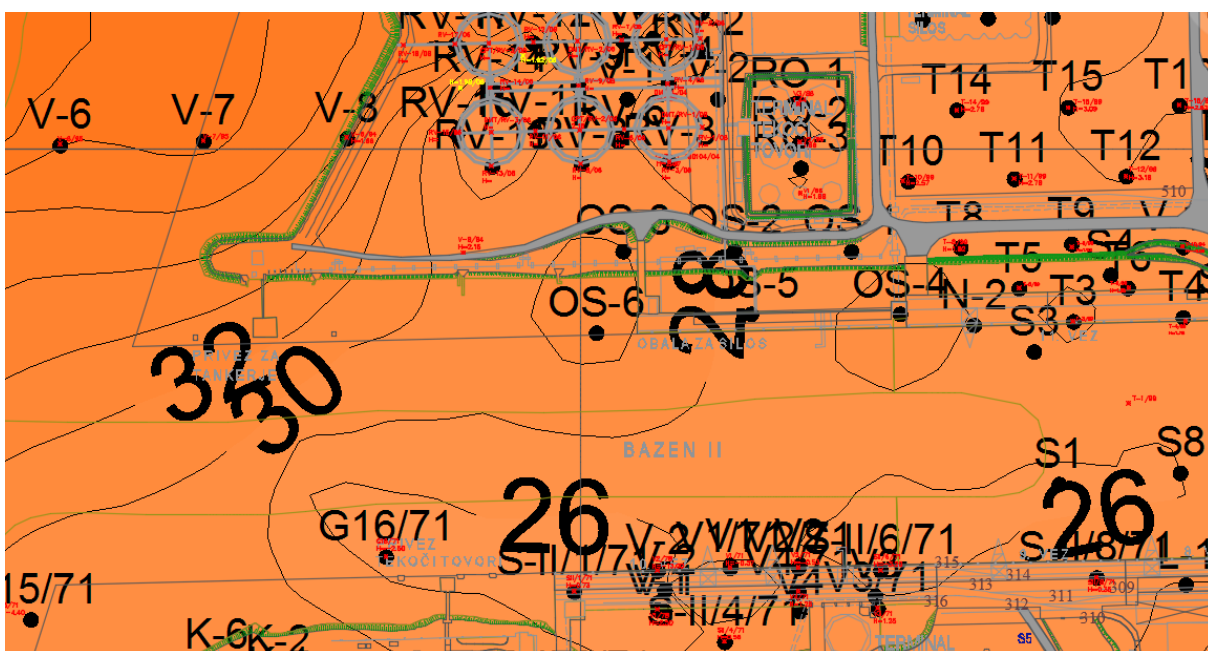
## 2.0 DOSEDANJE RAZISKAVE

Na območju predvidene gradnje so bile v preteklosti verjetno že izvedene raziskave tal za potrebe projektiranja priveznega mesta »Petrol«, a z njimi ne razpolagamo. Drugih podatkov na neposredni lokaciji predvidenega posega nimamo.

Na podlagi drugih raziskav v okolici načrtovanega posega so na slikah 2 in 3 prikazane kote flišne osnove ter dna mehkega glinenega sloja. Ker neposredno na lokaciji ne razpolagamo z nobenim podatkom, je treba interpolirane meje med sloji tal razumeti kot zelo grobo oceno.



Slika 2: Izohipse absolutnih kot flišne podlage



Slika 3: Izohipse absolutnih kot dna sloja mehkih morskih glin

### 3.0 CILJ NAČRTOVANIH RAZISKAV

Načrtovane preiskave bodo služile projektiranju dveh samostojnih odbojnikov in zagotavljanju stabilnosti podvodne brežine na JZ delu pomola II. Zaradi predvidene velike debeline prodnopeščenega sloja med slojem morske gline na vrhu in flišne podlage ocenjujemo, da bodo odbojniki lahko z dnem pilotov vgrajeni le plitvo v flišni sloj. Za analizo obnašanja takih odbojnikov pa potrebujemo kakovostne podatke o lastnostih prodno peščenega sloja tal.

Del projekta je tudi izvedba poglobitve morskega dna v območju priveznega mesta in pod razkladalno ploščadjo. Preiskave morajo torej omogočiti:

- projektiranje izkopa za poglobljanje morskega dna na zahtevano globino (-16 m),
- projektiranje samostojnih odbojnikov (premer in globina pilotov, horizontalna podajnost odbojnika),
- projektiranje priveznega mesta (mehanski parametri tal),
- projektiranje stabilne podvodne brežine (mehanski parametri tal).

S predvidenimi raziskavami moramo torej ugotoviti:

- sestavo tal vključno z lego flišne osnove na mestih odbojnikov,
- lastnosti morskih sedimentov v zgornjih ca 2-3 m zaradi načrtovanja tehnologije poglobljanja morskega dna,
- mehanske lastnosti vseh slojev tal.

Na terenu so zato predvidena naslednja raziskovalna dela:

- izvedba 6 vrtin (glej točko 4) za ugotavljanje sestave tal, izvedbe terenskih meritev in odvzem vzorcev,
- meritve mehanskih lastnosti sloja morske gline s ploskim dilatometrom,
- meritve mehanskih lastnosti prodnopeščenega sloja z Menardovim presiometrom in standardnim penetracijskim preizkusom (SPT).

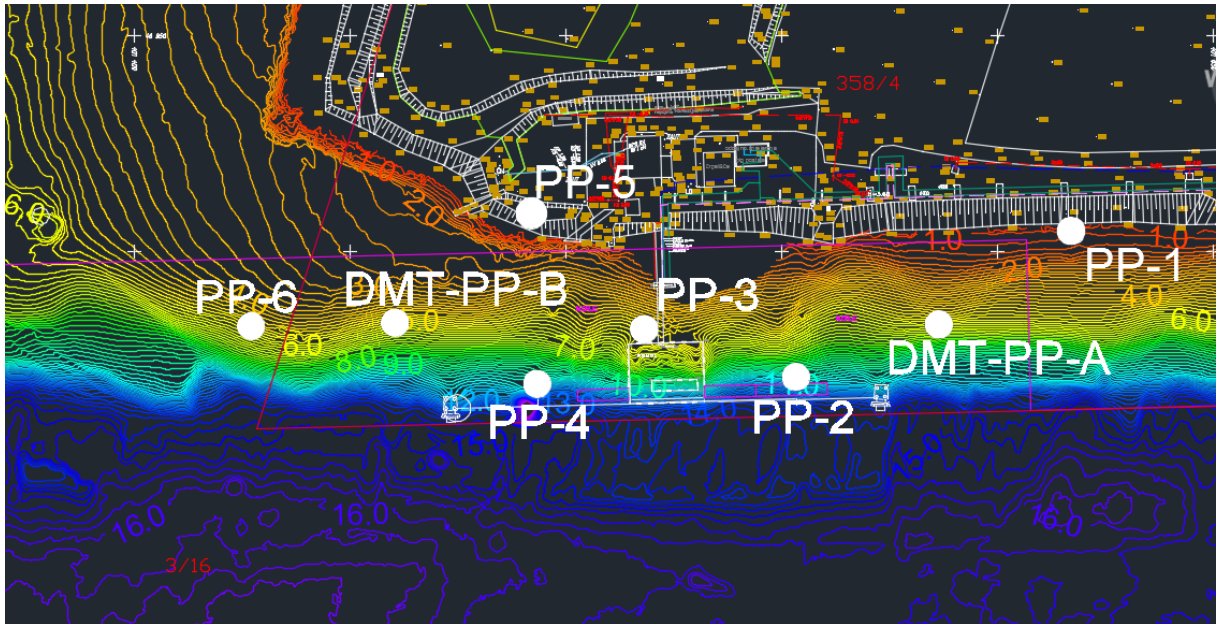
V laboratoriju je treba ugotoviti:

- klasifikacijo, prostorninsko težo in vlažnost vseh slojev tal,
- specifično težo zrn glineno meljnih zemljin,
- togost zemljin (v edometru),
- drenirano in nedrenirano strižno trdnost zemljin,
- enoosno tlačno trdnost in togost flišne osnove.

### 4.0 PROGRAM RAZISKAV

Predlagani program raziskav upošteva dejstvo, da v prostoru posega ne razpolagamo z arhivskimi podatki o sestavi tal. Zato smo predvideli izvedbo 6 vrtin (od tega 3 segajo v flišno osnovo) in dveh dilatometrijskih sondiranj. Situativni prikaz predvidenih raziskav najdemo na sliki 4.

Vrtina PP-5 se izvaja s kopnega, glede na predlog izvajalca in v soglasju z naročnikom se lahko s kopnega izvaja tudi vrtina PP-1.



**Slika 4:** Situacija predvidenih raziskovalnih del

Lokacije vrtin PP-2 in PP-4 so umaknjene za dostopne mostičke, da je čim manj medsebojnega oviranja ladijskega prometa in izvajalca raziskav med njihovo izvedbo.

## 4.1 Terenske raziskave

### Vrtine:

Vrtina PP-1 je predvidena na lokacija priveznega mesta. Vrtini PP-2 in PP-4 sta locirani v bližini dveh samostojnih odbojnikov. Te tri vrtine se izvedejo do flišne osnove. Preostale tri vrtine (PP-3, PP-5 in PP-6) dopolnjujejo poznavanje sestave in lastnosti tal v prostoru za presojo stabilnosti brežine ter karakterizacijo morskega mulja, v katerem se bo vršilo poglobljanje morskega dna. Podrobnosti o lokacijah vrtin in predvidenih globinah vrtanja so podane v preglednici 1.

### Terenske meritve v vrtinah:

V globokih vrtinah PP-1, PP-2 in PP-4 se izvede niz 8 presiometriških meritev: 7 PMT meritev (na ca vsake 3 m) v sloju peščenega proda in 1 v flišni osnovi.

Na dnu vsakokratnega povrtavanja po izvedeni presiometriški meritvi v prodnopoščenem sloju se izvede še SPT meritev.

### Odvzem vzorcev:

Iz vrtine PP-2, PP-3, PP-4 in PP-6 se v laboratorij prenese celotno jedro zgornjih 2,5 m vrtin. V vseh vrtinah se sistematično vzorčijo tla na vsakih 4 do 5 m vrtin. Iz vsake vrtine se vzamejo vsaj 4 do 5 vzorcev iz obeh dominantnih slojev tal ter 1 do 2 vzorca iz flišne osnove.

### Dilatometriške meritve:

Dilatometriške meritve se izvedejo po celotni globini mehkih morskih sedimentov in po možnosti še 1 m v naslednji sloj, če v njem prevladuje peščena frakcija.

### **Dovoljena odstopanja:**

Lokacije vrtin PP-1, PP-2 in PP-4 se smejo na terenu brez soglasja naročnika spremeniti do 2 m. Preostale vrtine se lahko stanju na terenu prilagodijo v radiju 5 m. Lokacijo vsake izvedene vrtine je treba geodetsko posneti.

**Preglednica 1:** Seznam in lokacije predlaganih geotehničnih vrtin z ocenjenimi dolžinami vrtnja v posameznem sloju<sup>1)</sup>

| Sonda                 | Koordinate <sup>1,2)</sup> |       | abs. kota <sup>3)</sup> |              |       | dolžina vrtnja <sup>3)</sup> |                     |          |
|-----------------------|----------------------------|-------|-------------------------|--------------|-------|------------------------------|---------------------|----------|
|                       | y                          | x     | ustja                   | dna<br>gline | fliša | v glini<br>in U.N.           | v pesku in<br>produ | v flišu  |
| PP-1                  | 401617                     | 46905 | -1                      | -31          | -51   | 30                           | 20                  | 3        |
| PP-2                  | 401553                     | 46871 | -11                     | -32          | -54   | 21                           | 22                  | 3        |
| PP-3                  | 401518                     | 46882 | -6                      | -33          | -54   | 27                           | 5                   |          |
| PP-4                  | 401493                     | 46870 | -11                     | -33          | -54   | 22                           | 21                  | 3        |
| PP-5                  | 401492                     | 46908 | +2                      | -35          | -53   | 37                           | 5                   |          |
| PP-6                  | 401427                     | 46883 | -5                      | -35          | -55   | 30                           | 5                   |          |
| <b>Skupaj</b>         |                            |       |                         |              |       | <b>167</b>                   | <b>78</b>           | <b>9</b> |
| DMT-PP-A              | 401586                     | 46883 | -7                      | -31          | -53   | 24                           | 1                   |          |
| DMT-PP-B              | 401460                     | 46884 | -5                      | -34          | -54   | 29                           | 1                   |          |
| <b>Skupaj<br/>DMT</b> |                            |       |                         |              |       | <b>53</b>                    | <b>2</b>            |          |

<sup>1)</sup> Lokacije vrtin so določene na podlagi ogleda terena in razpoložljivih gradbenih situacij trenutnega in načrtovanega stanja. Izvajalec raziskav je dolžan pred pričetkom del preveriti dostopnost vseh lokacij.

<sup>2)</sup> Dejanske lokacije vrtin lahko od predvidenih odstopajo do 2 m (vrtine PP-1, PP-2 in PP-4) oziroma do 5 m za preostale vrtine in DMT sonde.

<sup>3)</sup> Podane so ocenjene vrednosti. Absolutne kote površine in morskega dna so vzete iz zadnjih razpoložljivih podatkov, kota mejnic med sloji pa je ocenjena na podlagi preteklih raziskav v okolici.

Obrazložitev:

- Del terenskih sondažnih del se izvaja s plovnega objekta (vrtine PP-1, PP-2, PP-3, PP-4 in PP-6 ter dilatometra DMT-PP-A in DMT-PP-B. Vrtina PP-1 se lahko izvaja z obale, če je to za izvajalca ugodneje in dobi soglasje naročnika).
- Vrtine so potrebne za ugotavljanje sestave tal in pogojev podtalnice, za odvzem vzorcev za laboratorijske preiskave in za izvedbo presiometričnih meritev.
- Presiometrične meritve (z Menardovim presiometrom) služijo za oceno togosti in trdnosti peščeno prodnega sloja. Ta podatek je pomemben za projektiranje vodoravno obremenjenih pilotov.

## **4.2 Laboratorijske raziskave**

Konkreten obseg laboratorijskih preiskav se bo prilagodil ugotovljeni sestavi tal in osnovnih klasifikacijskih parametrov slojev tal. V nadaljevanju je predlagan okvirni obseg glede na splošno poznavanje geotehničnih razmer v Luki Koper za potrebe priprave ponudbe.

V laboratoriju predvidevamo:

- Preiskave vlažnosti, leznih mej, prostorninskih tež in nedrenirane strižne trdnosti na po treh vzorcih morskih sedimentov iz zgornjih 2,5 m vrtin PP-2, PP-3, PP-4 in PP-6 (12 kom).
- Preiskave vlažnosti, leznih mej in prostorninskih tež na povprečno treh vzorcih morskih sedimentov iz vsake vrtine (20 kom).
- Preiskave specifične teže zrnja morskih glin/meljev (3 kom).
- Preiskave vlažnosti in prostorninskih tež na povprečno dveh vzorcih prodno peščenega sloja iz vsake vrtine (12 kom).
- Preiskave zrnivosti peščeno prodnega sloja (6 kom).
- Preiskave stisljivosti in koeficienta konsolidacije (edometrski preizkus) na povprečno enem do dveh vzorcih morskih sedimentov iz vsake vrtine (10 kom).
- Preiskave trdnosti morskih glin/meljev v neposrednem strižnem aparatu ali triosnem aparatu na povprečno enem do dveh vzorcih morskih sedimentov iz vsake vrtine (10 kom).
- Preiskave strižne trdnosti peščeno prodnega sloja v neposrednem strižnem aparatu na povprečno enem vzorcu morskih sedimentov iz vsake vrtine (6 kom).
- Preiskave nedrenirane strižne trdnosti vzorcev morskih sedimentov na povprečno štirih vzorcih iz vsake vrtine (25 kom)
- Preiskave enoosne tlačne trdnosti z meritvijo togosti vzorcev kompaktnega fliša iz vseh vrtin – vzorci laporovca in peščenjaka (5 kom). Pri teh preiskavah naj se z lokalnimi meritvami deformacij meri tudi elastični modul vzorcev.

Povzetek količin laboratorijskih preiskav je podan v priloženem popisu del.

Podroben program laboratorijskih preiskav bo določen na podlagi odvzetih vzorcev v okviru zgoraj predvidenega obsega.

## 5.0 ZAHTEVE ZA IZVEDBO RAZISKAV

Za doseganje ustrezne kakovosti terenskih in laboratorijskih raziskovalnih del morajo biti izpolnjeni naslednji pogoji:

- Vsa terenska raziskovalna dela morajo glede izvedbe in interpretacije upoštevati določila standarda Evrokod 7-2 in standardov za izvedbo posameznih terenskih ali laboratorijskih preskusov. Poročilo o preiskavah tal mora biti izdelano skladno s standardi in mora vsebovati podpisano izjavo o upoštevanju omenjenih standardov.
- Pred pričetkom terenskih raziskovalnih del mora izvajalec o terminskem načrtu del obvestiti naročnika.
- Terminsko izvedbo vrtalnih del na morju je treba usklajevati z naročnikom.
- Med vrtanjem je stalno prisoten inženir geotehnik, ki popisuje vrtine, skrbi za odvzem in pravilno skladiščenje ter transport vzorcev, za koordinacijo del, za prilagajanje lokacij in časovnega poteka raziskav.
- Jedra vrtin je potrebno fotografirati.
- Lokacije vseh izvedenih sond je potrebno geodetsko posneti (3D).
- V koherentnih slojih se sistematično na vsak meter beleži vrednosti nedrenirane strižne trdnosti, izmerjene z **žepno krilno sondo**, **in** enoosne tlačne trdnosti, izmerjene na jedru z žepnim penetrometrom.

- Vrtanje se izvaja rotacijsko s kontinuirnim jedrovanjem. Tehniko vrtanja je potrebno prilagoditi sestavi tal tako, da so v koherentnih materialih in kamninah odvzeti vzorci kategorije 1 po standardu Evrokod 7-2 (nespremenjena zrnavost, konsistenca, gostota, trdnost, deformabilnost in prepustnost).
- Vsa merilna oprema mora biti veljavno kalibrirana.
- Za laboratorijske preiskave se odvzamejo vzorci premera vsaj 100 mm in dolžine vsaj 250 mm.
- Vzorci za laboratorijske preiskave se izberejo in ustrezno zaščitijo takoj po odvzemu iz vrtine. Odvzem, označevanje, priprava za transport, transport in hramba vzorcev mora slediti zahtevam standarda Evrokod 7-2.
- O izvedenih terenskih meritvah (presiometer, dilatometer, SPT) se vodijo ustrezni terenski zapisniki, ki morajo biti sestavni del arhivskega izvoda poročila.
- Laboratorijske preiskave naj se izvajajo po SIST, CEN ali ISO standardih.
- Rezultati edometrske preiskave morajo biti izvedeni tako, da je mogoče vrednotenje koeficientov obremenitve in razbremenitve (preko 1000 kPa). Merjene morajo biti tudi razbremenilne stopnje.

## 5.1 Terminska opredelitev izvedbe raziskav

Preiskave se lahko izvajajo v poljubnem vrstnem redu.

Izvedba vrtin, ki se vrtajo s plovnega objekta, je vezana na predviden ladijski promet. Razpoložljive termine vrtanja je treba dogovoriti s predstavniki Luke Koper.

## 5.2 Obseg del v ponudbi

V popisu del v prilogi se predvideva izvedba vrtin na lokacijah iz preglednice 1. Dela bodo obračunana po dejansko opravljenih in potrjenih količinah in po enotnih cenah iz ponudbe.

Za vse količine opravljenih raziskav, ki presegajo količine iz priloženega popisa del, je treba predhodno pridobiti pisno soglasje naročnika.

## 6.0 POROČILO O GEOTEHNIČNIH RAZISKAVAH

Rezultat izvedenih raziskovalnih del je poročilo o raziskavah tal s podrobno opisanimi in dobro dokumentiranimi rezultati izvedenih raziskovalnih del. Poročilo o rezultatih raziskav mora obsegati naslednje sklope:

- Splošni del
  - Seznam sodelavcev
  - Seznam uporabljenih standardov z izjavo o upoštevanju
- Tekstualni del
  - Uvod s splošnim opisom raziskovalnih del
  - Podroben opis izvedbe in vrednotenja posameznih terenskih raziskovalnih del z vsemi posebnostmi in pojasnili morebitnih odstopanj



- od pričakovanih rezultatov ter z morebitnimi navedbami odstopanj od standardnih postopkov
- Podroben opis izvedenih laboratorijskih preiskav (standardiziranih postopkov ni potrebno opisovati) s komentarji rezultatov
  - Grafične priloge:
    - Situativni prikaz dejansko izvedenih raziskovalnih del
    - Profili vrtin z oznakami vzetih vzorcev in navedbo izmerjenih vrednosti nedrenirane strižne in enosne tlačne trdnosti
    - Fotografije jeder vrtin
    - Poročilo o rezultatih presiometriških meritev
    - Poročilo o rezultatih SPT meritev
    - Poročilo o rezultatih dilatometriških meritev
    - Poročilo o rezultatih laboratorijskih preiskav
    - Zbirna preglednica laboratorijskih preiskav
    - Vzdolžni profil preko odbojnikov
    - Dva karakteristična prečna profila in razkladalne ploščadi

Poročilo in priloge morajo biti oddane v pisni ter elektronski obliki.

izr.prof.dr. Janko Logar

# POPIS DEL

| Št.       | Opis  | Količina | Cena/EM | Vrednost |
|-----------|---|----------|---------|----------|
| <b>1.</b> | <b>Organizacija delovišča</b>                                       |          |         |          |
|           | - pregled terena  | 1        | kom.    |          |
|           | - organizacija delovišča  | 1        | kom.    |          |
|           | - transport opreme  | 1        | kom.    |          |
|           | - najem plovnega objekta  |          | dni     |          |
|           | - prevozi oseb in vzorcev tal                                       |          | km      |          |
| <b>2.</b> | <b>Sondažno vrtanje 6 vrtin</b>                                     |          |         |          |
|           | - v umetnem nasipu na površini, glini in melju                      | 167      | m       |          |
|           | - v peščeno prodnem sloju   | 78       | m       |          |
|           | - v preperelem in kompaktnem flišu                                  | 9        | m       |          |
|           | - začasna cevitev vrtine  | 245      | m       |          |
|           | - nalaganje in razlaganje opreme na plovni objekt                   | 1        | kom     |          |
|           | - zastoji in povrtavanje za PMT meritve                             | 24       | kom     |          |
|           | - premiki med vrtinami na kopnem                                    | 1        | kom     |          |
|           | - premiki med vrtinami na morju                                     | 7        | kom     |          |
| <b>3.</b> | <b>Terenske geotehnične meritve</b>                                 |          |         |          |
|           | - presiometriške meritve  | 24       | kom.    |          |
|           | - SPT meritve   | 24       | kom.    |          |
|           | - dilatometriške meritve  | 55       | kom.    |          |
|           | - geodetski posnetek lokacij vrtin                                  | 8        | kom.    |          |
| <b>4.</b> | <b>Odvzem vzorcev</b>   |          |         |          |
|           | - Odvzem vzorcev  | 50       | kom.    |          |
| <b>5.</b> | <b>Laboratorijske preiskave vzorcev iz vrtin</b>                    |          |         |          |
|           | - meritve vlažnosti, leznih mej glineno meljnih vzorcev             | 32       | kom     |          |
|           | - meritve vlažnosti peščeno prodnih vzorcev                         | 12       | kom     |          |
|           | - meritve prostorninske teže  | 44       | kom     |          |
|           | - meritve specifične teže zrn                                       | 3        | kom     |          |
|           | - preiskave stisljivosti in koeficienta konsolidacije               | 10       | kom     |          |
|           | - preiskave zrnivosti   | 6        | kom     |          |
|           | - preiskave drenirane strižne trdnosti – neposredni strižni preskus | 16       | kom     |          |
|           | - preiskave nedrenirane strižne trdnosti                            | 37       | kom     |          |
|           | - preiskave enoosne tlačne trdnosti in togosti vzorcev fliša        | 5        | kom     |          |

**6. Inženirsko delo**

|   |       |
|---|-------|
| - popis vrtin                                 | 254 m |
| - usklajevanje del, udeležba na sestankih     | ur    |
| - pregled arhivskih podatkov                  | ur    |
| - kabinetna obdelava podatkov                 | ur    |
| - izdelava situacije in geotehničnih profilov | ur    |
| - izdelava poročila o raziskavah              | ur    |

**7. Drugo**

|                     |     |
|---------------------|-----|
| - Nepredvidena dela | 5 % |
|---------------------|-----|

**Skupaj:**