



Datum: 25.02.2025

Naročnik: **K PROJEKT L d.o.o.**

Tbilisijska 61
1000 Ljubljana

Projekt: **GEOLOŠKO GEOTEHNIČNO
POROČILO ZA PREMOSTITVENI
OBJEKT**

Objekt: **Povezava P+R Barje – Pot na Rakovo jelšo**

Delovni nalog: DN 2007817
Št. projekta: 2007817-1-25-SZ

Naročilo: nar. št. 01/25 z dne 10.01.2025

Center: **CENTER ZA PROMETNICE IN
INFRASTRUKTURO**

Nosilec naloge: **Simon ŽIBERNA**, univ. dipl. inž. grad.

Vodja centra za prometnice: **Simon ŽIBERNA**, univ. dipl. inž. grad.

Direktor: **Marijan PREŠEREN**, univ. dipl. inž. grad.

GRADBENI INŠTITUT²
ZRMK d.o.o.
Ljubljana, Dimičeva 12



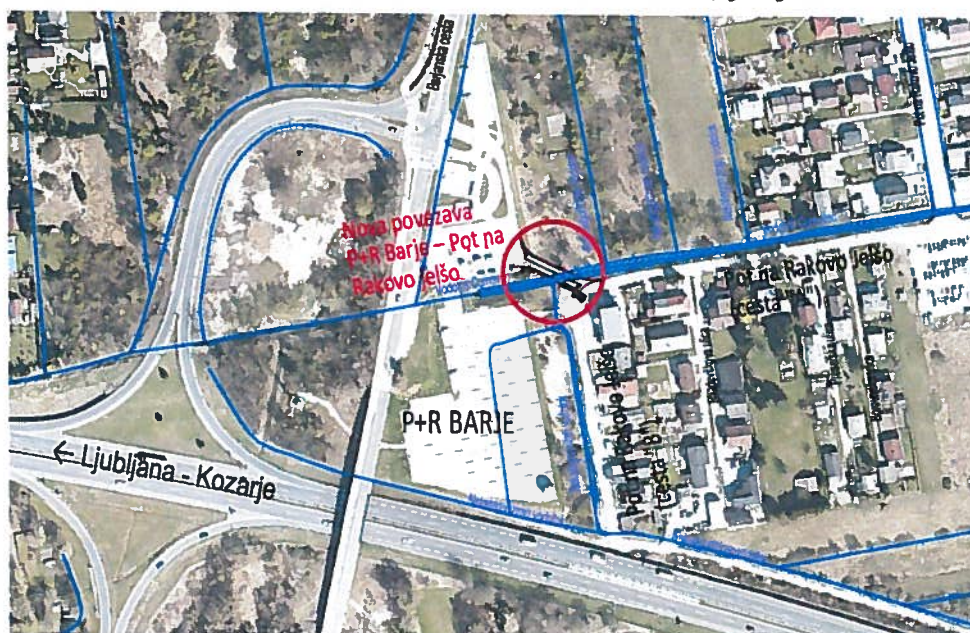
VSEBINA

VSEBINA	2
1. UVOD.....	3
2. PREDHODNO IZVEDENE PREISKAVE TAL	3
3. SESTAVA TAL.....	4
4. GEOTEHNIČNI POGOJI GRADNJE	4
5. ZAKLJUČEK	6
6. PRILOGE.....	8

1. UVOD

Investitor Mestna občina Ljubljana želi urediti oziroma spremeniti linijo LPP do parkirišča P+R Barje. Za ureditev te povezave je predvidena kratka povezava ulice Pot na Rakovo jelšo s parkiriščem P+R Barje. Za ureditev te povezave bo potrebno izvesti premostitveni objekt preko potoka Curnovec.

Za potrebe določitve načina temeljenja je bilo naročeno geološko geotehnično poročilo. Dodatne terenske preiskave se na območju se niso izvedle, ker je investitor dal na razpolago podatke o že izvedenih preiskavah za potrebe izvedbe parkirišča P+R Barje in sicer Poročilo o izvedenih dodatnih raziskavah, Parkirna ploščad P+R Barjanska, SLP d.o.o., junij 2015.



Slika 1: Pogled na predvideno lokacijo novega premostitvenega objekta

Za potrebe izdelave tega poročila smo od naročnika prejeli naslednjo dokumentacijo:

- situacijo s lokacijo predvidenega premostitvenega objekta,

Na podlagi izvedenega pregleda in prejetih podlog o nameravani gradnji, smo v poročilu podali pogoje temeljenja objekta.

2. PREDHODNO IZVEDENE PREISKAVE TAL

Na širšem območju predvidene gradnje premostitvenega objekta je bilo v okviru projekta projektiranja in gradnje parkirišča P+R Barje izvedenih več preiskav tal. Tako je investitor za projektiranje predvidenega premostitvenega objekta dal na razpolago »Poročilo o izvedenih dodatnih raziskavah, Parkirna ploščad P+R Barjanska, SLP d.o.o., junij 2015«, v okviru katerega je bilo izvedenih šest preiskav statične konusne penetracije z meritvami pornih tlakov (CPTU). Vse preiskave so se izvedle do globine 20 m.

Na podlagi izvedenih preiskav je bilo ugotovljeno, da se nosilni sloj prične na kotah med 273,1 m.n.v. in 274,3 m.n.v.. Debelina najbolj kompaktnega dela nosilnega sloja peščenega proda je glede na izvedene preiskave med 1,4 m in 2,6 m. Pod tem slojem se nahajajo tanjši sloji peska in težko gnetne do poltrde gline, ki so malo stisljivi.

3. SESTAVA TAL

Teren na obravnavanem območju je pretežno raven, saj se višina na širšem območju spremeni le za kakšen meter.

Glede na geološko karto širše obravnavano območje sestavljajo jezersko-barjanski sedimenti (j-mQ₂). Vrhne plasti pripadajo holocenu, nižje pa pleistocenu. Vrhno holocensko plast v splošnem predstavlja črna barjanska prst. Pod njo se nahaja temno rjavo šotno blato, ki postopoma prehaja v jezersko kredo - polžarico, ki vsebuje veliko glinastih primesi in organskih ostankov, ki ji dajejo značilno sivkasto belo barvo. Globlje pleistocenske plasti v glavnem predstavlja glina, ki se v različnih globinah menjuje s peskom, mivko in prodom. Glina je siva, sivkasto zelena ali rjavkasto siva.

S preiskavami izvedenimi v okviru projektiranja in gradnje parkirišča P+R Barje je bilo ugotovljeno, da se na območju predvidenega premostitvenega objekta pod plastmi umetnega nasipa, šote in jezerske krede z organskimi primesmi, nahaja plast dobro nosilnega peščenega proda nahaja na koti 273,1 m.n.v. (sonda C5), kar je približno 15 m pod koto obstoječega terena. Ugotovljena debelina plasti je 2,5 m. Pod tem slojem pa se nahajajo tanjši sloji peska in težko gnetne do poltrde gline, ki so malo stisljivi.

Talno vodo lahko pričakujemo pri vseh izkopih, ki segajo več kot 1,5 m pod obstoječo koto terena. Glede na dostopne podatke se talna voda na obravnavanem območju pojavlja na globinah med 1,0 m in 1,5 m pod koto terena (odvisno od padavin in letnega časa). Območje je poplavno dokaj ogroženo, saj 10-letne poplave povzročijo zastajanje vode na manjšem delu območja v okolici, 100-letne poplave pa zastajanje vode na večjem delu obravnavanega območja.

Po slovenskem standardu SIST EN 1998-1:2005, ki upošteva povratno dobo potresov 475 let, spada obravnavano področje Trnovega v območje z vrednostjo projektnega pospeška tal $a_g = 0,275$ g, tla pa se uvršča v razred S1. Projektni pospešek je določen po karti "Potresna nevarnost Slovenije – projektni pospešek tal" (2021).

4. GEOTEHNIČNI POGOJI GRADNJE

Na lokaciji je predvidena ureditev nove povezave med ulico Pot na Rakovo jelšo in parkiriščem P+R Barje. Za ureditev te povezave je predviden premostitveni objekt preko potoka Curnovec.

Zaradi slabo nosilnih in zelo stisljivih tal, izvedba plitvega temeljenja premostitvenega objekta ni mogoča. Temeljenje bo potrebno izvesti globoko, na kolih, ki segajo do sloja dobro nosilnega peščenega proda. Ta je bil ugotovljen na koti 273 m.n.v.. Koli se smejo biti daljši, saj je glede na razpoložljive podatke debelina dobro nosilnega sloja le 2,5 m.

Pri dimenzioniranju temeljenja naj se za nosilnost kolov upošteva v poročilu podane vrednosti. Izvedba kolov naj se izvede za celoten objekt istočasno.

Ker je izvajanje del v opisanih tleh zelo zahtevno, je potrebno, da izkope in temeljenje spremlja geolog – geomehanik in v primeru odstopanj na podlagi ogleda dopolni način izvedbe temeljenja.

Morebitni začasni izkopi se v umetnem nasipu lahko vršijo v naklonu največ 2:3, morebitne izkope v visoko plastični glini in polžarici pa je potrebno varovati (zabiti koli, zagatnice, ...).

Pri izračunih nosilnosti kolov je so upoštevane naslednje karakteristike tal:

1. sloj jezersko barjanskih sedimentov CIV, CIH, SIH (do kote 273 m.n.v.):

- strižni kot $\varphi = 25^\circ$,
- nedrenirana strižna trdnost - kohezija $c_u = 15 \text{ kPa}$,
- prostorninska teža $\gamma = 15 \text{ kN/m}^3$,

2. sloj peščenega proda (med kotama 273 m.n.v. in 271 m.n.v.):

- strižni kot $\varphi = 34^\circ$,
- strižna trdnost - kohezija $c_u = 0 \text{ kPa}$,
- prostorninska teža $\gamma = 23 \text{ kN/m}^3$.

Nosilnosti kolov je v zgornjem delu vrednotena na podlagi povprečnih karakteristik za značilna barjanska tla (jezersko-barjanski sedimenti), na predvideni koti temeljenja pa se pojavi 2,5 m debel sloj peščenega proda na katero se nasloni peta kola. Nižje se pojavijo tanjši sloji peska in težko gnetne do poltrde gline, ki so malo stisljivi.

Izračunane so bile nosilnosti za posamezne premere vtisnjenih kolov in posamezne premere uvrtnih kolov, saj nam v času izdelave poročila obremenitve objekta niso bile poznane. Privzeta je bila dolžina kolov 14,0 m. Ker mora biti dno kola na absolutni koti 273 m.n.v., da se dobro nosilen sloje ne prebije, bo po določitvi kote dna opornikov (kota vrha pilotov) mogoče potrebno dolžine in posledično nosilnosti korigirati.

Projektna nosilnost kolov R_d je izračunana z upoštevanjem delnih faktorjev varnosti po EC7, alternativni metodi:

$\gamma_M = 1,4$	modelni faktor
$\gamma_{R,c} = 1,1$	faktor za tlačno obremenjene pilote
$N_q = 62$	za vtisnjene pilote
$N_q = 43$	za uvrtnane pilote
upoštevana globina talne vode 1,5 m	

V prilogah so podani izračuni z vhodnimi podatki in enačbami, v spodnji preglednici pa povzemamo rezultate za vtisnjene pilote dolžine 14 m:

	premer kola (v cm)		
dolžina kola (v m)	40	50	60
14	561	835	1.164

Preglednica 1: Nosilnosti vtisnjenih kolov (R_d v kN)

V prilogah so podani izračuni z vhodnimi podatki in enačbami, v spodnji preglednici pa povzemamo rezultate za uvtane pilote dolžine 14 m:

	premer kola (v cm)		
dolžina kola (v m)	80	100	120
14	1.454	2.191	3.076

Preglednica 2: Nosilnosti uvtanih kolov (R_d v kN)

Projektna nosilnost kolov R_d mora biti večja od projektne obremenitve V_d kritične kombinacije obtežb z upoštevanjem ustreznih faktorjev varnosti za posamezne vrste obtežb.

V primeru, da bo medsebojna osna oddaljenost kolov manjša od 3D kolov (D = premer kolov), se nosilnost posameznega kola reducira za 1/16 za vsak sosednji kol (Feld, redukcija nosilnosti za skupino kolov).

Vsi komunalni priključki naj se na objekte priključujejo fleksibilno (možnost manjših premikov). V kolikor to ne bo mogoče, je potrebno pod vsemi komunalnimi vodi predvideni pilote (preprečevanje naknadnih posedkov).

5. ZAKLJUČEK

Predvidena je ureditev povezave med ulico Pot na Rakovo jelšo in parkiriščem P+R Barje. Za ureditev te povezave bo potrebno izvesti premostitveni objekt preko potoka Curnovec.

Pri določitvi pogojev temeljenja smo upoštevali dokumentacijo, ki jo je priskrbel investitor. Na podano sestavo tal je bilo ugotovljeno, da je premostitveni objekt mogoče temeljite le globoko, na kolih. V okviru poročila smo izračunali nosilnosti za primer vtisnjenih in uvtanih kolov za izbrano dolžino kolov in izbrane premere. Pri projektiranju in gradnji predvidenega objekta naj se upoštevajo v poročilu podana navodila in karakteristike temeljnih tal.

Talno vodo lahko pričakujemo pri vseh izkopih, ki segajo več kot 1,5 m pod obstoječo koto terena.

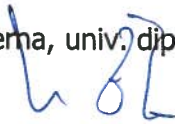
Zaradi pričakovanih diferenčnih posedkov značilnih za barjanska tla, naj se vsi priključki na objekt izvedejo tako, da bodo prenesli te posedke.

Začasni izkopi se v raščeni lahko vršijo v naklonu največ 1:3, morebitne izkope v visoko plastični glini in polžarici pa je potrebno varovati (zabiti koli, zagatnice, ...).

Izvajanje izkopov in temeljenje objektov naj poteka po zgoraj navedenih navodilih in pod strokovnim nadzorom. V primeru kakršnihkoli težav pri temeljenju objekta in odstopanj od navedenih določil (sestava tal, dotoki vode) je potrebno obvestiti geomehanika, ki bo na osnovi opravljenega ogleda podal dopolnila k načinu temeljenja.

Pripravil:

Simon Žiberna, univ. dipl. inž. grad.



6. PRILOGE

1. izračun nosilnosti kolov (6 strani)

Nosilnost vtisnjenih kolov**Delni faktorji po EC-7, pristop 2, alternativna metoda****Pilot:**

$L = 14,0$ m dolžina pilota
 $R = 0,40$ m premer pilota
 $A_b = 0,13$ m² ploščina konice pilota

Varnostni, delni in materialni faktorji:

$g_G = 1,35$ varnostni faktor za stalno obtežbo
 $g_Q = 1,50$ varnostni faktor za spremenljivo obtežbo
 $g_M = 1,40$ modelni faktor
 $g_{R;c} = 1,10$ delni faktor za pilote

Zemljina**Odpor plašča**

sloj	z [m]	dz [m]	g [kN/m ³]	f_k [°]	c_k [kPa]	k_0 [-]	s'_v [kPa]	q_s [kPa]	A_s [m ²]	$R_{s;k,i}$ [kN]
CIV, CIH	14,00	14,00	15	25	15	0,58	85,0	11,44	17,59	201,31

$H_W = 1,50$ m globina talne vode

$R_{s;k} = 201$ kN karakteristična vrednost odpora po plašču pilota

Odpor konice:

$s'_v = 85$ kPa efektivna napetost na globini konice pilota
 $N_q = 62$ faktor nosilnosti konice pilota po Berezantsevu
 $q_b = 5270$ kPa odpor konice pilota (max po EC: 11 - 15 MPa)
 $R_{b;k} = 662$ kN karakteristična vrednost odpora konice

Celotni odpor:

$R_{c;k} = 864$ kN karakteristična vrednost odpora pilota
 $R_{c;d} = 561$ kN projektna vrednost odpora pilota

Nosilnost vtisnjenih kolov**Delni faktorji po EC-7, pristop 2, alternativna metoda****Pilot:**

$L = 14,0$ m dolžina pilota
 $R = 0,50$ m premer pilota
 $A_b = 0,20$ m² ploščina konice pilota

Varnostni, delni in materialni faktorji:

$g_G = 1,35$ varnostni faktor za stalno obtežbo
 $g_Q = 1,50$ varnostni faktor za spremenljivo obtežbo
 $g_M = 1,40$ modelni faktor
 $g_{R;c} = 1,10$ delni faktor za pilote

Zemljina**Odpor plašča**

sloj	z [m]	dz [m]	g [kN/m ³]	f_k [°]	c_k [kPa]	k_0 [-]	s'_v [kPa]	q_s [kPa]	A_s [m ²]	$R_{s;k,i}$ [kN]
CIV, CIH	14,00	14,00	15	25	15	0,58	85,0	11,44	21,99	251,64

$H_W = 1,50$ m globina talne vode

$R_{s;k} = 252$ kN karakteristična vrednost odpora po plašču pilota

Odpor konice:

$s'_v = 85$ kPa efektivna napetost na globini konice pilota
 $N_q = 62$ faktor nosilnosti konice pilota po Berezantsevu
 $q_b = 5270$ kPa odpor konice pilota (max po EC: 11 - 15 MPa)
 $R_{b;k} = 1035$ kN karakteristična vrednost odpora konice

Celotni odpor:

$R_{c;k} = 1286$ kN karakteristična vrednost odpora pilota
 $R_{c;d} = 835$ kN projektna vrednost odpora pilota

Nosilnost vtisnjenih kolov**Delni faktorji po EC-7, pristop 2, alternativna metoda****Pilot:**

$L = 14,0$ m dolžina pilota
 $R = 0,60$ m premer pilota
 $A_b = 0,28$ m² ploščina konice pilota

Varnostni, delni in materialni faktorji:

$g_G = 1,35$ varnostni faktor za stalno obtežbo
 $g_Q = 1,50$ varnostni faktor za spremenljivo obtežbo
 $g_M = 1,40$ modelni faktor
 $g_{R;c} = 1,10$ delni faktor za pilote

Zemljina**Odpor plašča**

sloj	z [m]	dz [m]	g [kN/m ³]	f_k [°]	c_k [kPa]	k_0 [-]	s'_v [kPa]	q_s [kPa]	A_s [m ²]	$R_{S;k,i}$ [kN]
CIV, CIH	14,00	14,00	15	25	15	0,58	85,0	11,44	26,39	301,96

$H_w = 1,50$ m globina talne vode

$R_{S;k} = 302$ kN karakteristična vrednost odpora po plašču pilota

Odpor konice:

$s'_v = 85$ kPa efektivna napetost na globini konice pilota
 $N_q = 62$ faktor nosilnosti konice pilota po Berezantsevu
 $q_b = 5270$ kPa odpor konice pilota (max po EC: 11 - 15 MPa)
 $R_{b,k} = 1490$ kN karakteristična vrednost odpora konice

Celotni odpor:

$R_{c;k} = 1792$ kN karakteristična vrednost odpora pilota
 $R_{c;d} = 1164$ kN projektna vrednost odpora pilota

Nosilnost uvrtnih kolov**Delni faktorji po EC-7, pristop 2, alternativna metoda****Pilot:**

$L = 14,0$ m dolžina pilota
 $R = 0,80$ m premer pilota
 $A_b = 0,50$ m² ploščina konice pilota

Varnostni, delni in materialni faktorji:

$g_G = 1,35$ varnostni faktor za stalno obtežbo
 $g_Q = 1,50$ varnostni faktor za spremenljivo obtežbo
 $g_M = 1,40$ modelni faktor
 $g_{R;c} = 1,10$ delni faktor za pilote

Zemljina**Odpor plašča**

sloj	z [m]	dz [m]	g [kN/m ³]	f _k [°]	c _k [kPa]	k ₀ [-]	s' _v [kPa]	q _s [kPa]	A _s [m ²]	R _{S;k,i} [kN]
CIV, CIH	14,00	14,00	15	25	15	0,58	85,0	11,44	35,19	402,62

$H_W = 1,50$ m globina talne vode

$R_{S;k} = 403$ kN karakteristična vrednost odpora po plašču pilota

Odpor konice:

$s'_v = 85$ kPa efektivna napetost na globini konice pilota
 $N_q = 43$ faktor nosilnosti konice pilota po Berezantsevu
 $q_b = 3655$ kPa odpor konice pilota (max po EC: 11 - 15 MPa)
 $R_{b;k} = 1837$ kN karakteristična vrednost odpora konice

Celotni odpor:

$R_{c;k} = 2240$ kN karakteristična vrednost odpora pilota
 $R_{c;d} = 1454$ kN projektna vrednost odpora pilota

GRADBENI INŠTITUT²
ZRMK d.o.o.
 Ljubljana, Dimičeva 12

Nosilnost uvrtenih kolov**Delni faktorji po EC-7, pristop 2, alternativna metoda****Pilot:**

$L = 14,0$ m dolžina pilota
 $R = 1,00$ m premer pilota
 $A_b = 0,79$ m² ploščina konice pilota

Varnostni, delni in materialni faktorji:

$g_G = 1,35$ varnostni faktor za stalno obtežbo
 $g_Q = 1,50$ varnostni faktor za spremenljivo obtežbo
 $g_M = 1,40$ modelni faktor
 $g_{R;c} = 1,10$ delni faktor za pilote

Zemljina**Odpor plašča**

sloj	z [m]	dz [m]	g [kN/m ³]	f_k [°]	c_k [kPa]	k_0 [-]	s'_v [kPa]	q_s [kPa]	A_s [m ²]	$R_{s;k,i}$ [kN]
CIV, CIH	14,00	14,00	15	25	15	0,58	85,0	11,44	43,98	503,27

$H_W = 1,50$ m globina talne vode

$R_{s;k} = 503$ kN karakteristična vrednost odpora po plašču pilota

Odpor konice:

$s'_v = 85$ kPa efektivna napetost na globini konice pilota
 $N_q = 43$ faktor nosilnosti konice pilota po Berezantsevu
 $q_b = 3655$ kPa odpor konice pilota (max po EC: 11 - 15 MPa)
 $R_{b;k} = 2871$ kN karakteristična vrednost odpora konice

Celotni odpor:

$R_{c;k} = 3374$ kN karakteristična vrednost odpora pilota
 $R_{c;d} = 2191$ kN projektna vrednost odpora pilota

GRADBENI INŠTITUT²
ZRMK d.o.o.
 Ljubljana, Dimičeva 12

Nosilnost uvrtnih kolov**Delni faktorji po EC-7, pristop 2, alternativna metoda****Pilot:**

$L = 14,0$ m dolžina pilota
 $R = 1,20$ m premer pilota
 $A_b = 1,13$ m² ploščina konice pilota

Varnostni, delni in materialni faktorji:

$g_G = 1,35$ varnostni faktor za stalno obtežbo
 $g_Q = 1,50$ varnostni faktor za spremenljivo obtežbo
 $g_M = 1,40$ modelni faktor
 $g_{R;c} = 1,10$ delni faktor za pilote

Zemljina**Odpor plašča**

sloj	z [m]	dz [m]	g [kN/m ³]	f _k [°]	c _k [kPa]	k ₀ [-]	s' _v [kPa]	q _s [kPa]	A _s [m ²]	R _{S;k,i} [kN]
CIV, CIH	14,00	14,00	15	25	15	0,58	85,0	11,44	52,78	603,93

$H_W = 1,50$ m globina talne vode

$R_{S;k} = 604$ kN karakteristična vrednost odpora po plašču pilota

Odpor konice:

$s'_v = 85$ kPa efektivna napetost na globini konice pilota
 $N_q = 43$ faktor nosilnosti konice pilota po Berezantsevu
 $q_b = 3655$ kPa odpor konice pilota (max po EC: 11 - 15 MPa)
 $R_{b;k} = 4134$ kN karakteristična vrednost odpora konice

Celotni odpor:

$R_{c;k} = 4738$ kN karakteristična vrednost odpora pilota
 $R_{c;d} = 3076$ kN projektna vrednost odpora pilota