

GRADING d.o.o.
Obrežna ulica 1
2000 Maribor
Dr. Stanislav Škrabl

GEOLOŠKO GEOMEHANSKO POROČILO O POGOJIH TEMELJENJA MOSTU ČEZ SAVINJO IN PODVINSKO STRUGO NA LC 490021 ŽALEC - MIGOJNICE

Osnovni podatki	
Naziv gradnje:	MOST ČEZ SAVINJO IN PODVINSKO STRUGO NA LC ŽALEC-MIGOJNICE
Vrsta projektne dokumentacije	
Vsebina:	GEOTEHNIČNO POROČILO O POGOJIH TEMELJENJA MOSTU ČEZ SAVINJO IN PODVINSKO STRUGO NA LC ŽALEC - MIGOJNICE
Naročnik:	Občina Žalec , Ulica Savinjske čete 5, 3130 ŽALEC, Slovenija
Faza:	PZI
Št. proj./načrta	1-GN/2021
Datum:	Januar 2021
Projektant:	GRADING d.o.o. , Obrežna ulica 1, 2000 MARIBOR
Poobl. inženir	Dr. Stanislav Škrabl, univ.dipl.inž.grad.
Vodja projekta:	Metod Krajnc, dipl.inž.grad.

1 UVOD

Po naročilu investitorja Občina Žalec, Ulica Savinjske čete 5, 3130 Žalec (št. naročila N-0007 19/2020, 18.11.2020) smo skladno s ponudbo Grading d.o.o., Podjetje za gradbeni inženiring, Obrežna ulica 1, 2000 Maribor (št. ponudbe 60/20, 25.11.2020), dne 09.12.2020 v prisotnosti projektanta (ISB d.o.o., Maribor) in izvajalca terenskih geotehničnih raziskovalnih del (GEODRIL d.o.o.) opravili terenski pregled mikrolokacije obstoječih mostov preko Savinje in Podvinske struge ter določili mikrolokaciji za izvedbo dveh sondažnih vrtin, po eno na levi in desni brežini reke Savinje, ki običajno zadostujeta za določanje pogojev temeljenja v kolikor v sestavi tal na območjih predvidenih podpor ni posebnih presenečenj.

Obstoječi AB most čez Savinjo je v zelo slabem stanju, temelji stebrov v strugi reke so posejeni zaradi izpiranja glinastega laporja pod AB temelji v strugi, ki gradi temeljna tla na nivoju struge reke. Glinasti lapor je viden na desni brežini ter v dnu struge reke do vmesnih stebrov, globina preperevanja in izpiranja sicer sorazmerno dobro nosilne kamenine ob AB temeljih vmesnih stebrov znaša vsaj 1,0m, kar kaže na dokaj šibko trdnost, trajnost in odpornost površinske plasti lapornate kamenine.

Sondažno vrtino V-1, lociranja je bila na levem bregu, globine 15,0m, smo izdelali 10.12.2020. Po pregledu jedra smo ugotovili, da se v strugi reke nahaja miocenski glinast lapor, katerega mehanske lastnosti so zagotovo slabše od naših pričakovanj ter nas zato globoke erozijske zajede ob AB temeljih vmesnih stebrov obstoječega mostu niso več presenečale. Vendar smo prav zato namenili več pozornosti preverjanju geoloških in tektonskih razmer na mikrolokaciji mostu. Ugotovili smo, da se na mikrolokaciji mostu preko Savinje ob sorazmerno mehki kamenini v dnu struge

hkrati nahaja še prekriti prelom v miocenskem kompleksu, ki poteka od Zabukovice približno pravokotno na strugo Savinje, tik ob obstoječih premostitvah, ter je na geološki karti prikazan na območju Savinje in Podvinske struge ter nato verjetno poteka dalje v smeri proti Žalcu, kjer ga zaradi debelega prekritja podlage ni več mogoče opaziti.

Vrtino V-2, na desnem bregu reke Savinje, smo izvedli 11.12.2020. Zaradi ocenjene slabše trdnosti kamenine in možnosti bližine preloma smo vrtino poglobili za 5,0m ter izvedli podrobne presiometrijske teste v vrtini za določanje sovisnosti med intenziteto bočnih tlakov in deformacijskih modulov v miocenski kamenini. Pri pregledu jedra vrtine V1 smo že spoznali, da z laboratorijskimi preiskavami zaradi plastovitega glinastega laporja in občutljivosti vzorcev kamenine ne bo mogoče pridobiti realnih podatkov za napoved projektne odpornosti in posedkov AB pilotov.

Pri izvedbi sondažne vrtine V-2 je bil prisoten tudi predstavnik naročnika g. Bojan Zakonjšek, ker smo ga v naprej seznanili z možnostjo poteka preloma v smeri sever jug oz. vzdolž osi objekta na območju posameznih temeljev novega mostu preko Savinje in Podvinske struge. Kljub temu, da smo bili že seznanjeni z možnostjo pojava preloma v miocenski podlagi, ga na terenu niti v strugi reke Savinje tedaj nismo uspeli locirati. Z naročnikom smo se dogovorili, da bomo po izvedbi odstranitve obstoječega mostu preko Savinje na mikrolokaciji najbolj obremenjenih pilotov izvedli še eno raziskovalno vrtino v globino vsaj 5,0m pod dno pilotov za potrditev predloženih projektnih parametrov ter izključitev nevarnosti, da prelom poteka v območju najbolj obremenjenih pilotov osrednjega temelja mostu preko Savinje. Ob izvajanju terenskih raziskav v decembru 2020 izvedba dodatne vrtine na mikrolokaciji srednje podpore ni bila možna niti smiselna, ker je pred izvedbo potrebna preusmeritev prometa na most v Petrovčah, ki bo pred preusmeritvijo prometa rekonstruiran, prav tako pa še ni bila poznana konstrukcija in natančna lokacija najbolj obremenjene vmesne podpore ter mikrolokacije posameznih pilotov.

2 TERENSKÉ RAZISKÁVE

Po naročilu investitorja Občina Žalec, Ulica Savinjske čete 5, SI-3310, Žalec smo na levem in desnem bregu ob reki Savinji na mikrolokaciji novega mostu na LC Žalec – Migojnice izvedli dve gemehanski sondažni vrtini skupne dolžine 35,00m. Lokaciji sondažnih vrtin sta prikazani v tlorisu novega mostu na prilogi G.1 ter na vzdolžnem prerezu na prilogi G.2, ki nam ga je posredoval projektant objekta. Geodetski posnetek lokacij ustij dodatnih sondažnih vrtin ni izdelan, ker ga je že izdelal projektant objekta ISB d.o.o. Maribor ter smo zato uporabili podatke projektanta, ki so pridobljeni za potrebe načrtovanja premostitvenega objekta.

Višinske kote dodatnih sondažnih vrtin so določene približno na osnovi geodetskega posnetka prvotnega terena. Zaradi občutljivosti zemljin in za preprečevanje zmrzovanja in/ali osuševanja jeder sondažnih vrtin smo popise vrtin izvajali sproti ob izvajanju sondažnih vrtin. Ob pridobitvi jeder sondažnih vrtin so bili sproti izvedeni tudi preizkusi enosne tlačne trdnosti q_u za določanje nedrenirane strižne trdnosti c_u , rezultati preizkusov so prikazani v geotehničnih popisih jeder sondažnih vrtin.

Geotehnični popis in fotografije jedra sondažne vrtine V-1 so prikazane na prilogi P.1. Priloga P.2 prikazuje geotehnični popis in fotografije jedra sondažne vrtine V-2.

Ob izvajanju sondažnih vrtin so bili izvedeni v manjšem obsegu tudi SPT testi. Rezultati SPT testov so prikazani v popisih vrtin na prilogah P.1 in P.2, vrednotenje rezultatov po standardu SIST EN 1997-2:2007, 01-junij-2007 je podano na prilogi P.3.

Vrtina V1 je bila izdelana 10.12.2009 na lokaciji srednje podpore mostu dol vodno ob premostitvenem objektu po katerem poteka kolesarska steza. Na lokaciji nekoliko nižjega visokovodnega nasipa ob reki Savinji temeljna tla do globine 4,5m pod površjem gradijo delno glineni peščeno prodni materiali v gostem stanju, ki so odloženi na podlagi miocenskega

glinastega laporja M_1 , katerega površina se nahaja približno na koti erodirane struge reke Savinje. Plast glinastega laporja je v globini 4,5 do 4,8m močno preperela, pod preperelo plastjo pa se nahajajo sorazmerno dobro nosilne plasti glinastega laporja. Pri vrtanju vrtin manjšega premera za potrebe izvedbe presiometrijskih testov je bilo jedro zdrobljeno, na ostalih območjih pa slabo vezano ter razpokano in mehansko poškodovano pri vrtanju. Po pregledu jedra sva s projektantom ugotovila, da je lapornata podlaga z vidika mehanske odpornosti slabša od najinih pričakovanj. Mehanske lastnosti glinastega laporja z globino sicer naraščajo, vendar je zaradi plastovitosti jedro pri odvzemu poškodovano in pretirno tako, da na odvzetih vzorcih glinastega laporja ni mogoče izvesti preiskav enoosne tlačne trdnosti katerih rezultati bi bili realni in uporabni za geotehnične analize.

Zato smo predvidene laboratorijske preiskave (preiskava enoosne tlačne trdnosti z meritvami osne deformacije) nadomestili z izvedbo večkratnih presiometrijskih testiranj v vrtinah s katerimi smo približno določili vrednosti deformacijskega modula v odvisnosti od strižnih obremenitev na ostenje vrtnice ter mejno vrednost bočnega tlaka, ki predstavlja osnovni trdnostni parameter oz. izhodiščno vrednost za določitev projektne odpornosti plitvih temeljev in AB pilotov na katerih bo temeljena glavna in obe stranski podpori novega mostu čez Savinjo. Talna vode se je med izvedbo raziskav pojavila na globini 3,70m pod površjem.

Ker so za načrtovanje temeljenja premostitvenega objekta pomembne predvsem mehanske lastnosti glinastega miocenskega laporja, smo za določitev mehanskih lastnosti te geotehnične enote v vrtinah V1 in V2 izvedli po tri presiometrijske preiskave, katerih rezultati ob upoštevanju veljavnih standardov omogočajo zanesljivo določanje projektnih odpornosti ter pričakovanih posredkov plitvih temeljev in AB pilotov, ki bodo uporabljeni za temeljenje zahtevnega premostitvenega objekta. Pričakovane vrednosti mejnih presiometričnih tlakov in količnika odpornosti za vertikalne vplive (k) so določene v standardu SIST EN 1997: del 2, dodatek E ter so prikazane v tabeli E.1.

Tabela E.1: Vrednosti količnika tlačne odpornosti (k) za tlačno obremenjene pilote ter trdnostne kategorije posameznih zemljin in kamenin

Soil category	p_{LM} category	p_{LM} MPa	Bored piles and small displacement piles	Full displacement piles
Clay and silt	A	<0,7	1,1	1,4
	B	1,2–2,0	1,2	1,5
	C	>2,5	1,3	1,6
Sand and gravel	A	<0,5	1,0	4,2
	B	1,0 – 2,0	1,1	3,7
	C	>2,5	1,2	3,2
Chalk	A	<0,7	1,1	1,6
	B	1,0–2,5	1,4	2,2
	C	>3,0	1,8	2,6
Marl	A	1,5–4,0	1,8	2,6
	B	>4,5	1,8	2,6
Weathered rock	A	2,5–4,0	a	a
	B	>4,5		

a) Choose k for the closest soil category.

Vrtino V2 smo izdelali 11.12.2020 na desnem bregu reke Savinje približno 11,40m za krajnim opornikom obstoječega mostu. Sestava tal je podobna kot na levem bregu reke le, miocenski glinast lapor se nahaja na nekoliko višji koti kot na levem bregu. Pod tanko plastjo humosa se v globino 6,0m nahaja peščeno prodni material v gostem stanju, ki je odložen na miocenski lapornati podlagi. V globino 6,0 do 6,5m je glinasti lapor močno preperel ter je v težko gnetnem do poltrdnem konsistenčnem stanju, globlje v globini od 6,0 do 20,0m podlago gradi glinast

lapor, sive barve, trdne konsistence in srednje do visoke penetrabilnosti. Nivo talne vode se je med izvedbo sondažnih vrtin nahajal na globini -5,6m.

Presiometriške preiskave z OYO presiometrom je izvedlo podjetje GEOINŽENIRING d.o.o. in sicer 10.12.2020 v vrtini V1 in 11.12.2020 v vrtini V2, ki ma z izvedbo raziskav pridobljene številne izkušnje ter zato nimamo razlogov, da bi izražali dvome v dobljene rezultate. Rezultati in postopek vrednotenja terenskih presiometriških raziskav po veljavnem slovenskem standardu SIST EN ISO 22476-4 so prikazani na Prilogi P.4.

Povzetek pridobljenih rezultatov, ki nam jih je posredovalo podjetje Geoinženiring d.o.o. iz Ljubljane, prikazuje preglednica 1.

Preglednica 1: Povzetek rezultatov presiometriških raziskav opravljenih z OYO presiometrom (Vir, Geoinženiring d.o.o., 2020)

Vrtina	Gl. test. Odseka [m]	$E_{FDT(L1)}$ [MPa]	$E_{FDT(UR1)}$ [MPa]	$E_{FDT(L2)}$ [MPa]	$E_{FDT(UR2)}$ [MPa]	$E_{FDT(L3)}$ [MPa]	$E_{FDT(UR3)}$ [MPa]	$E_{FDT(L2)}$ [MPa]	P_y [MPa]	P_L [MPa]	Litologija	OPOMBE
V-1	7,0	175	768	206	385	113	324	-	-	4,5	Lapor	
	9,5	147	282	106	319	-	-	319	-	3,8	Lapor	Samo 2 zanki
	12,5	642	-*	679	4531	679	1857	-	-	6,5	Lapor	*Bočni zdrs pakerja
V-2	10,0	141	701	101	649	47	544	-	3,2	3,9	Lapor	
	12,5	221	-*	102	2035	60	551	-	-	4,6	Lapor	*Bočni zdrs pakerja
	15,3	300	-*	256	994	126	652	-	5,2	5,7	Lapor	*Bočni zdrs pakerja

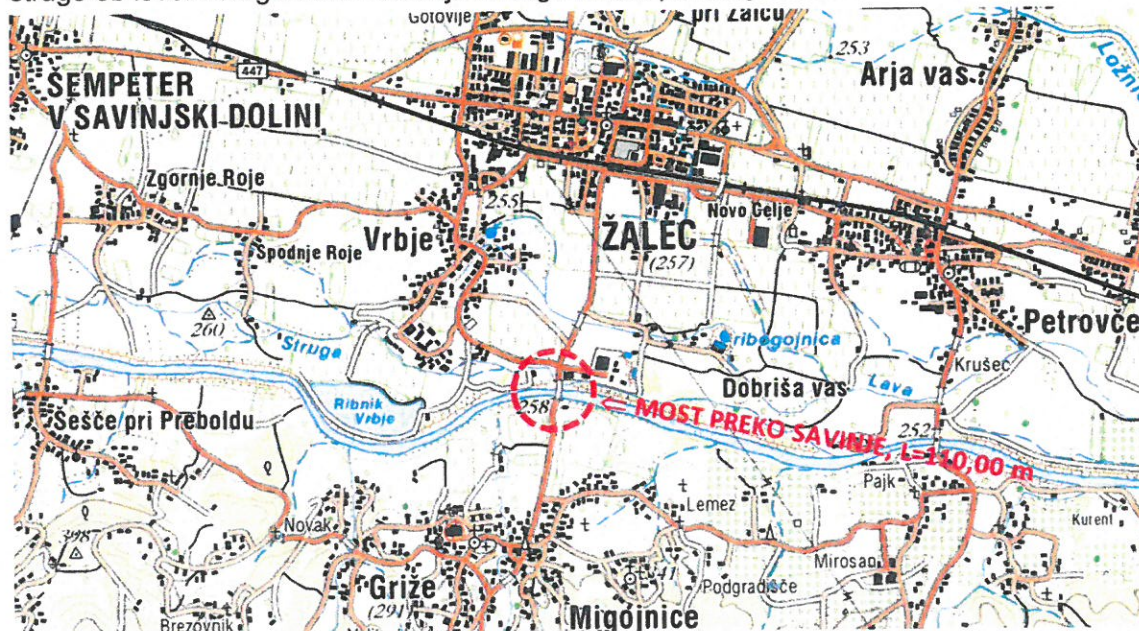
Ocenimo lahko, da mejni tlaki v glinastem laporju dosegajo vrednosti $p_L=3.800,00$ do $6.500,00$ kPa ter moduli elastičnosti pri prvi obremenitvi $E_1=141,00$ do $642,00$ MPa.

Mejni presiometriški tlak in deformacijski modul po globini naraščata, vrednosti mejnih tlakov so primerljive z izkustvenimi vrednostmi iz tabele E.1, glinast lapor je na površju nekoliko mehkejši ter ga po tabeli E.1 uvrščamo v kategorijo A, globlje pa ga lahko uvrstimo v kategorijo B po SIST EN 1997, dodatek E.

3 SESTAVA TAL IN TEMELJENJE MOSTU ČEZ SAVINJO

Na območju novega mostu preko Savinje na LC Žalec – Migojnice temeljna tla na globini struge reke Savinje gradi glinast miocenski lapor M_1 , sive barve, trdne konsistence in srednje do visoke penetrabilnosti. Na območjih predvidenih podpor mostu je sivi lapor v globino do 0,5m preperel ter prekrit z delno glinenimi prodno peščenimi zemljinami v debelini 4,5 do 6,0m.

Geotehnično poročilo obravnava pogoje temeljenja novega mostu preko Savinje in Podvinske struge ob levem bregu reke. Lokacijo novega mostu prikazuje slika 1.



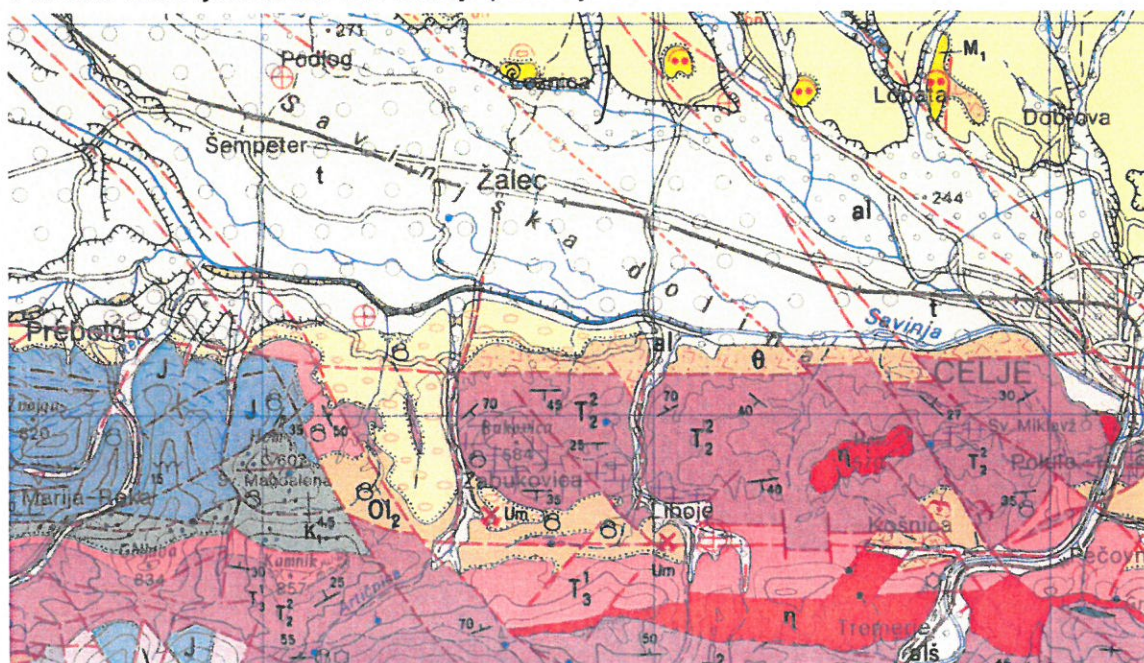
Slika 1: Lokacija novega mostu čez Savinjo na LC Žalec - Migojnice

Na lokaciji obstoječega mostu čez Savinjo, ki je dotrajan in poškodovan zaradi posedanja temeljev v strugi reke, je predvidena izgradnja novega AB mostu skupne dolžine $L=111,34\text{m}$. Glavna razpetina mostu preko struge reke Savinje znaša $L_1=70,0\text{m}$ ter sekundarna za premostitev Podvinske struge na vzhodni strani reke $L_2=40,0\text{m}$. Prekladna konstrukcija mostu bo armirano betonska, verjetno prednapeta, širina premostitvenega objekta bo presegala $11,0\text{m}$. Ocenjujemo, da se bo prevladujoči del vertikalnih vplivov prenašal na srednjo podporo, vertikalne obremenitve obeh krajnih podpor bodo po naših predvidevanjih bistveno manjše, bodo pa morale prevzemati horizontalne vplive zaradi mirnih zemeljskih pritiskov ob priključnih nasipih na levem in desnem bregu.

Temeljenje srednje podpore bo po oceni projektanta izvedeno na petih AB uvrtnih pilotih $\phi 150\text{cm}$, ki bodo dolžini najmanj $L=10,0\text{m}$ vpeti v glinasti lapor katerega mehanske lastnosti so določene s presiometrijskimi testi. Piloti bodo povezani z AB pilotno blazino $L/B=10,5/7,5\text{m}^2$ debeline $1,5\text{m}$, ki predstavlja podporo škatlastemu AB stebru prečnega prereza $4,0\text{m}\times 8,0\text{m}$. Po oceni projektanta bodo projektni vertikalni vplivi na osrednjo podporo v mejnem stanju nosilnosti dosegali vrednost $V_d=37.000,00\text{kN/podpore}$ ter v mejnih stanjih uporabnosti približno $V_d=27.000,00\text{kN/podpore}$.

Krajni podpori na levem in desnem bregu bosta temeljeni na treh AB uvrtnih pilotih $\phi 150\text{cm}$, ki naj bodo prav tako vpeti za najmanj $L=10,0\text{m}$ v glinast lapor. Projektni neugodni vertikalni vplivi na pilote krajnih podpor bodo po naši oceni bistveno manjši ter jih bodo trije AB piloti brez večjih težav prenašali v temeljna tla. Priporočam pa, da vsaj na krajni podpori na desnem bregu struge Savinje projektant predvidi krajšo razbremenilno konzolo v dnu temeljne blazine zaradi pričakovanih erozijskih vplivov v projektni življenski dobi mostu čez Savinjo, ki jih zaradi neobstoja glinastega laporja in bližine prelomnega območja ni mogoče v naprej zanesljivo oceniti.

Obravnavano območje iz geološkega vidika pripada Celjski kotlini, ki jo prekrivajo aluvialni nanosi reke Savinje odloženi na miocenske sedimentne kamenine. Geološka zgradba širšega vplivnega območja je prikazana na Osnovni geološki karti SFRJ, CELJE, M 1:100000, avtorj S. Buser s sodelavci (!), Geološki zavod Ljubljana, 1962-1976. Izsek osnovne geološke karte s širšim območjem mostu čez Savinjo prikazuje slika 2.



Slika 2: Izsek iz Osnovne geološke karte SFRJ, CELJE, avtor S. Buser za širše območje mostu čez Savinjo na LC Žalec - Migojnice

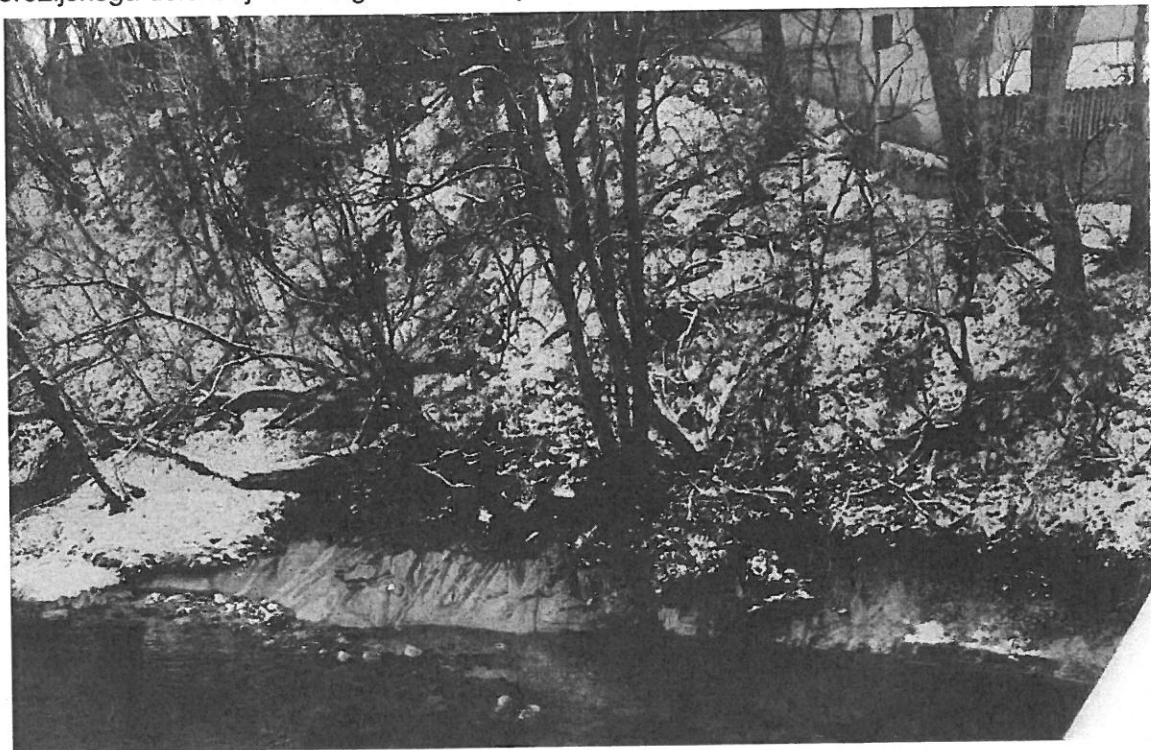
Ocenimo lahko, da med vzpetinama Bukovica na vzhodu, ki jo gradijo triasni skladi in Homom na zahodu, ki ga gradijo jurske in kredne kamenine potekajo številni prelomi v kameninski

osnovi, označeni so kot prekriti prelomi, ki so določeni morfološko in fotogeološko. Posledica prelomov je kompleksna geološka zgradba in sedanje morfološke značilnosti površja. Aktivnost prekritih prelomov nam ni poznana, zagotovo pa vplivajo na dogajanja na površju ob močnejših potresih.

Za temeljenje mostu čez Savinjo je pomembnejši prekriti prelom, ki poteka v smeti jug sever od Zabukovice vzdolž sedanje struge Artišnice ter prečka strugo reke Savinje tik ob predvidenem mostu ter dalje poteka preko Podvinske struge (prikazan je na sliki 2).

Pri terenskih pregledih mikrolokacije mostu v decembru 2020, poteka preloma v strugi Savinje in v Podvinski strugi nismo zaznali oz. zaradi nanosov mulja ni bil viden. Struga reke Savinje in brežina na desnem bregu sta deloma, na brežini in v dnu struge do vmesnega stebra obstoječega mostu je vidna površina glinastega laporja, ki je bila zaradi preperevanja prekrita s plastjo gline in preperine. Na desnem bregu je v strugi Savinje in tudi v Podvinski strugi površina laporja prekrita z nanosi melja, peska in proda ter glinast lapor zato ni dobro viden.

Pri ponovnem pregledu mikrolokacije v januarju 2021 smo na brežini in v dnu struge na desnem bregu reke Savinje opazili poškodbe in razpoke v glinastem laporju, ki po naši oceni lahko pomenijo prelomno območje v miocenskem glinastem laporju. Spremembe, ki smo jih opazili na brežini nad strugo reke Savinje na desnem bregu prikazuje fotografija na sliki 3. Slika 4 prikazuje ocenjeno smer prelomnega območja, ki najbrž poteka nekoliko diagonalno preko struge reke Savinje v smeri vmesnega stabra, ki je poškodovan in posejen zaradi erozijskega delovanja vodnega toka in/ali potresnih vplivov.

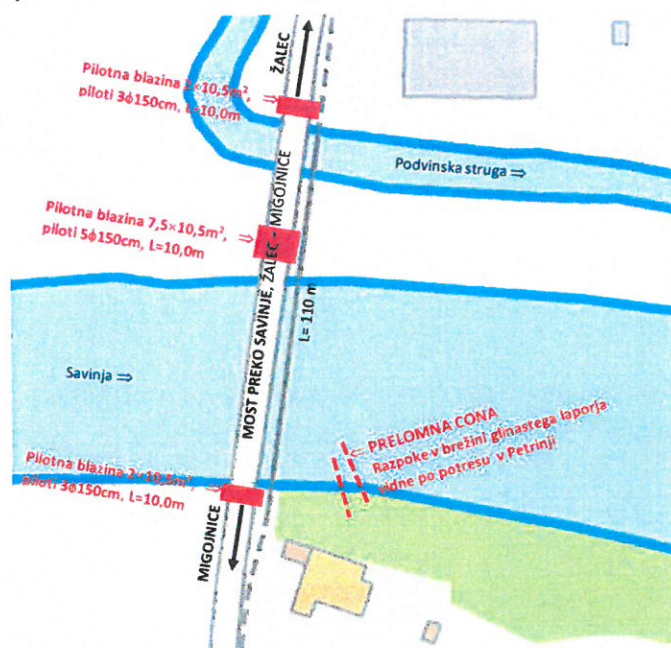


Slika 3: Pogled na razpoklinsko območje v laporju na desnem bregu, ki lahko pomeni pokriti prelom, poškodbe na brežini so se pojavile med 11.12.2020 in 15.01.2021

Ocenjujemo, da so spremembe oz. poškodbe na desnem bregu brežine, ki jo gradi glinast lapor, nastale med 11.12.2020 in 15.01.2021. Zato menimo, da je vzrok poškodb v tem obdobju lahko tudi potres z epicentrom pri Glini na Hrvaškem. Po naši oceni je prav zato pri zasnovi in izvedbi novega mostu čez reko Savinjo in Podvinsko strugo potrebna posebna previdnost.

Neugodni pojav kaže, da je prelomno območje lahko potresno aktivno. Z vidika pogojev temeljenja je pojav lahko neugoden v kolikor bi se najbolj obremenjeni piloti nahajali v prelomnem območju, ki bi zagotovo vplivalo na njihovo projektno odpornost, ki je določena na

osnovi mehanskih lastnosti glinastega laporja izven prelomnega območja. Prav tako je skoraj nemogoče ugotoviti in oceniti zanesljivost predloženega sistema temeljenja v kolikor bi nastali relativni premiki medgor vodnim in dolvodnim skladom miocenskega laporja. Predlagamo, da se pod osrednjim temeljem objekta tlorisne velikosti $L/B=10,5/7,5m^2$ vgradi plast podložnega betona (predvidene debeline 0,5m), ki naj sega do površine miocenskega laporja pod njim, da se bo ob morebitnem močnejšem potresu lahko del vertikalnih vplivov preko podložnega betona neposredno prenašal na miocensko podlago.



Slika 4: Shema temeljenja mostu čez Savinjo in Podvinsko strugo z ocenjeno smerjo prelomnega območja, ki lahko poteka preko srednje podpore novega mostu

Prav tako je potrebno po odstranitvi starega mostu na mikrolokaciji srednjega, dejansko najbolj obremenjenega temelja, izdelati dodatno sondažno vrtino v globino 5,0m pod dno pilotov s presiometrijskimi testi za potrditev rezultatov, ki so dosedaj določeni le za območje kompaktnega glinastega laporja. Lokacijo dodatne vrtine bo mogoče določiti šele ob odstranitvi obstoječega mostu, ker poteka prelomnega območja v naprej ne moremo zanesljivo določiti.

Pri geotehničnem projektiranju temeljenja mostu sta pomembni le dve geomehanski enoti in sicer glinast miocenski lapor ter kamnito zasutje za krajnimi oporniki objekta. Glinast lapor je po dosedaj poznanih podatkih zelo prekonsolidiran ter ima visoko strižno trdnost v večjih globlinah pod površjem in zagotavlja primerno odpornost predvidenim uvrtnim pilotom. Rezultati preiskav kažejo tudi na znatno trenjsko odpornosti ob plašču kot tudi pod konico pilotov.

Z upoštevanjem rezultatov pressiometrijskih raziskav lahko ocenimo nedrenirano strižno trdnost glinastega laporja v globini, kjer so bili testi opravljeni:

V kolikor upoštevamo računsko odpornost konice pilota na območju vrtine V1 na globini 7,0m pod površjem (glej geomehanske izračune v poglavju 4):

$$(R_{b;cal})_{min.} = 3.667,95 \times 1,8 \times 1,767 = 11.666,28 \text{ kN/pilot}$$

ter izraz za določitev odpornosti konice pilota na osnovi enosne tlačne trdnosti c_u zemljine:

$$c_u \times A_b \times N_{cu} = R_{b;k}$$

z upoštevanjem znane vrednosti količnika $N_{cu}=9,0$ (Budhu, 2001, USA) dobimo:

$$c_u = (R_{b;cal})_{min.} / (A_b \times N_{cu} \times \gamma_M \times \xi_4) = 11.666,28 / (1,767 \times 9 \times 1,3 \times 1,27) = 444,33 \text{ kPa}$$

Ocenjujemo, da nedrenirana strižna trdnost glinastega laporja pod visokovodnim nasipom v globini 7,0m pod površjem dosega vrednost $c_u=444,33 \text{ kPa}$.

V strugi reke Savinje je zaradi razbremenitve in zmanjševanja sukcijских podtlakov nedrenirana strižna trdnost lahko zagotovo bistveno manjša.

Zato predlagamo, da se pri analizi krajnih podpor strižna trdnost v globino do 2,0m pod strugo ne upošteva, ker obstaja možnost erozije dna struge v projektni življenski dobi. V globini večji od 2,0m pod strugo se lahko upošteva linearno naraščanje nedrenirane strižne trdnosti:

$$c_u = 100,00 + 50,00 \times z \leq 400,00 \text{ kPa}$$

kjer z označuje globino miocenskega laporja pod strugo reke, ki je večja od 2,0m glede na obstoječo koto dna struge.

Modul reakcije tal v horizontalni smeri za glinasti lapor v globini 7,0m pod površjem znaša:

$$k_h = E/D = 100.000,00/1,5 = 66.667 \text{ kPa/m}$$

V globini večji od 2,0m pod strugo se lahko upošteva linearno naraščanje modula reakcije tal, ki narašča po naslednji zakonitosti:

$$k_h = 20.000,00 + 5.000,00 \times z \leq 60.000,00 \text{ kPa/m}$$

Za projektne izračune krajnih podpor in dokazovanje mejnih stanj predlagamo upoštevanje naslednjih karakterističnih vrednosti:

Glinast lapor (M_1)

$$\gamma = 22,0 \text{ kN/m}^3, \phi = 0^\circ$$

Odpornosti tal do globine 2,0m pod strugo reke se v dokazovanju zanesljivosti naj ne upošteva, v globini $z > 2,0\text{m}$, glede na dno struge Savinje, se v projektnih izračunih lahko upošteva naslednje vrednosti:

$$c_u = 100,00 + 50,00 \times z \text{ (kPa)} \leq 400,00 \text{ kPa}$$

$$k_h = 20.000,00 + 5.000,00 \times z \text{ (kPa/m)} \leq 60.000,00 \text{ kPa/m}$$

(V dokazih mejnih stanj privzeto nedrenirano strižno trdnost glinastega laporja je potrebno preveriti med izvedbo del po odstranitvi obstoječe krajne podpore v strugi reke Savinje ter ob izvedbi izkopov za pilotno blazino na krajnih podporah mostu. V kolikor bo nedrenirana strižna trdnost preverjana z žepnim penetrometrom mora enosna tlačna trdnost v dnu izkopa ob gradnji dosegati vrednost $q_u > 450 \text{ kPa}$. Trdnost glinastega laporja v strugi pred podporo se ob izvedbi dodatno preveri z bagerskim izkopom.)

Kamnito zasutje za krajnimi podporami; $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 35^\circ$, $c = 0,5 \text{ kPa}$, $E = 40 \text{ MPa}$, $\nu = 0,3$;

3 PROJEKTNA ODPORNOST TEMELJENJA NA PILOTIH – MSN

Projektno odpornost posameznih pilotov na mikrolokaciji objekta »Most žez Savinjo in Podvinsko strugo na LC Žalec Migojnice« bomo določili skladno z veljavnim standardom SLOVENSKI STANDARD SIST EN 1997-1:2005, marec, 2006 in z nacionalnim dodatkom k temu standardu SLOVENSKI STANDARD SIST EN 1997-1:2005/A101, marec, 2006.

Za vse obtežne kombinacije mora biti izpolnjena naslednja neenačba:

$$F_{c;d} \leq R_{c;d}$$

Projektno odpornost posameznih pilotov bomo določili skladno z določili SIST EN 1997-1, poglavje 7.6.2.3 Mejna tlačna odpornost, določena iz rezultatov terenskih raziskav. Skladno s priporočilom 7.6.2.3 (2) nacionalnega dodatka bomo pri izračunih upoštevali modelni faktor $\gamma_M = 1,3$.

Na osnovi določila navedenega v nacionalnem dodatku SLOVENSKI STANDARD SIST EN 1997-1:2005/A101, Opomba k 2.4.7.3.4.1 (1); (9P) je potrebno pri dokazovanju zadostne projektne odpornosti upoštevati Projektni pristop 2 (v nadaljevanju PP2). Zato je potrebno za določanje projektnih vrednosti vplivov ali učinkov stalnih neugodnih vplivov uporabiti delni količnik $\gamma_G = 1,35$, za ugodne vplive $\gamma_G = 1,00$ ter pri neugodnih spremenljivih vplivih $\gamma_Q = 1,5$ in pri ugodnih spremenljivih vplivih $\gamma_Q = 0,00$.

Obravnavali bomo le neugodne vplive na pilote srednjega stebra (lociran bo na visokovodnem nasipu med strugo reke Savinje in Podvinsko strugo na levem bregu reke). Zato bomo pri dokazovanju zanesljivosti upoštevali največji neugodni projektni vertikalni vpliv na posamezni pilot, ki po predhodnih projektnih podatkih dosega vrednost $F_{c;d(Max.)}=3.700,00/5=740,00\text{kN}$.

Projektno tlačno odpornost pilota $R_{c;d}$ določimo (SIST EN 1997-1):

$$R_{c;d}=R_{b;d}+R_{s;d}$$

kjer $R_{b;d}$ in $R_{s;d}$ označujeta projektno odpornost konice in plašča pilota, ki se določita z izrazoma:

$$R_{b;d}=R_{b;k}/\gamma_b \quad \text{in} \quad R_{s;d}=R_{s;k}/\gamma_s$$

Karakteristične vrednosti odpornosti $R_{b;k}$ in $R_{s;k}$ določimo po SIST EN 1997-1, 7.6.2.3 (5)P:

$$R_{c;k}=(R_{b;k}+R_{s;k})=(R_{b;cal}+R_{s;cal})/\zeta = R_{c;cal}/\zeta = \text{Min.} [(R_{c;cal})_{\text{mean}}/\zeta_3; (R_{c;cal})_{\text{min}}/\zeta_4]$$

korelacijska faktorja ζ sta odvisna od števila profilov terenskih meritev, v našem primeru $n=2$, ker imamo 2 sondažni vrtni moramo v skladnosti s SIST EN 1997-1 upoštevati:

$$\zeta_3=1,35 \quad \text{in} \quad \zeta_4=1,27$$

Karakteristične vrednosti odpornosti pilotov določimo z izrazoma:

$$R_{b;k}=A_b \times q_{b;k} \quad \text{in} \quad R_{s;k}=\Sigma A_{s;i} \times q_{s;i;k}$$

kjer sta $q_{b;k}$ in $q_{s;i;k}$ karakteristične vrednosti odpornosti konice pilotov in strižne odpornosti plašča pilotov v posameznih plasteh, ki jih bomo določili na osnovi rezultatov presiometrijskih meritev.

Skladno z določili navedenih v publikaciji SLOVENSKI STANDARD SIST EN 1997-2:2007, dodatek E, določimo odpornosti tal na konici in ob plašču pilota:

$$R_{b;cal}=A \times k \times (p_L - p_0) = A \times k \times p_L^*$$

kjer $R_{b;cal}$ in A pomenita računsko odpornost konice in površino konice uvrzanega pilota, k pomeni količnik odpornosti vertikalno obremenjenega pilota za posamezno vrsto zemljine iz tabele E.4 ($k=1,800$ za uvrzane oz. $k=2,6$ za zabite pilote v laporjih ter $p_0=(K_0 \times (\sigma_{v0}-u)+u)$ z upoštevanjem $K_0=0,500$, σ_{v0} totalno (začetno) vertikalno napetost v globini izvedbe testa in u porni tlak v testni globini.

$$R_{s;cal}=P \times \Sigma [q_{si} \times Z_i]$$

P označuje obseg pilota, q_{si} strižno odpornost zemljine ob plašču pilota v posamezni plasti, ki je podana z grafi na sliki E.1 ob upoštevanju določil v tabeli E.5, ki je navedena v dodatku E slovenskega standarda SIST EN 1997-2.

Rezultati presiometrijskih testov so prikazani v preglednici št. 1. Glinast lapor, ki gradi miocensko podlago na območju vseh treh podpor mostu je podoben, vendar se trdnost izražena z mejnim bočnim tlakom v vrtnah po globini vrtin spreminja. Tudi penetrabilnost glinastega laporja ne kaže na bistveno izboljšanje odpornosti laporja v večji globini. Zato bomo računsko odpornost uvrzanih pilotov določili z upoštevanjem minimalnih in povprečnih mejnih vrednosti. V izračunih bomo upoštevali AB pilote $\phi 150\text{cm}$, ki so vpeti minimalno $10,0\text{m}$ v glinast lapor.

OBMOČJE SONDAŽNE VRTINE V1

$$z=7,0\text{m}, p_L-p_0=4.500,00-(4,8 \times 20+2,2 \times 23,0) \times 0,5=4.426,70\text{kPa}$$

$$z=9,5\text{m}, p_L-p_0=3.800,00-(4,8 \times 20+4,7 \times 23,0) \times 0,5=3.667,95\text{kPa}$$

$$z=12,5\text{m}, p_L-p_0=6.500,00-(4,8 \times 20+7,7 \times 23,0) \times 0,5=6.226,90\text{kPa}$$

$$(p_L-p_0)_{\text{Min.}}=3.667,95\text{kPa}, q_s=120,00\text{kPa}$$

$$(p_L-p_0)_{\text{Mean.}}=4.840,85\text{kPa}, q_s=160,00\text{kPa}$$

POVPREČNE IN MINIMALNE RAČUNSKÉ VREDNOSTI

Uvrzani piloti $\phi 150\text{cm}$

$$A_b=1,767\text{m}^2$$

$$P = 4,712\text{m}$$

$$(R_{b;cal})_{mean.} = 4.840,85 \times 1,8 \times 1,767 = 15.396,81 \text{ kN/pilot}$$

$$(R_{b;cal})_{min.} = 3.667,95 \times 1,8 \times 1,767 = 11.666,28 \text{ kN/pilot}$$

$$(R_{s;cal})_{mean.} = 160,00 \times 4,712 \times 10,0 = 7.539,20 \text{ kN/pilot}$$

$$(R_{s;cal})_{min.} = 120,00 \times 4,712 \times 10,0 = 5.654,40 \text{ kN/pilot}$$

$$(R_{c;cal})_{mean.} = (R_{b;cal})_{mean.} + (R_{s;cal})_{mean.} = 22.936,01 \text{ kN/pilot}$$

$$(R_{c;cal})_{min.} = (R_{b;cal})_{min.} + (R_{s;cal})_{min.} = 17.320,68 \text{ kN/pilot}$$

KARAKTERISTIČNA IN PROJEKTA ODPORNOST

Uvrtani piloti $\phi 150\text{cm}$: ($\zeta_3=1,35$, $\zeta_4=1,27$), ($\gamma_M=1,300$, $\gamma_b=\gamma_s=1,100$)

$$R_{c;k} = R_{c;cal} / (\zeta \times \gamma_M) = \text{Min. } [22.936,01 / (1,35 \times 1,3); 17.320,68 / (1,27 \times 1,3)] = 10.491,02 \text{ kN/pilot}$$

$$R_{c;d} = R_{c;k} / (\gamma_b \text{ oz. } \gamma_s) = 13.638,33 / (1,1) = \underline{\underline{9.537,29 \text{ kN/pilot}}}$$

OBMOČJE SONDAŽNE VRTINE V2

$$z=10,0\text{m}, p_L-p_0=3.900,00-(6,0 \times 20+4,0 \times 23,0) \times 0,5=3.749,00\text{kPa}$$

$$z=12,5\text{m}, p_L-p_0=4.600,00-(6,0 \times 20+6,5 \times 23,0) \times 0,5=4.465,25\text{kPa}$$

$$z=15,3\text{m}, p_L-p_0=5.700,00-(6,0 \times 20+9,3 \times 23,0) \times 0,5=5.533,05\text{kPa}$$

$$(p_L-p_0)_{min.} = 3.749,00\text{kPa}, q_s=120,00 \text{ kPa}$$

$$(p_L-p_0)_{mean.} = 4.582,43\text{kPa}, q_s=160,00 \text{ kPa}$$

POVPREČNE IN MINIMALNE RAČUNSKE VREDNOSTI

Uvrtani piloti $\phi 150\text{cm}$

$$A_b = 1,767\text{m}^2$$

$$P = 4,712\text{m}$$

$$(R_{b;cal})_{mean.} = 4.582,43 \times 1,8 \times 1,767 = 14.574,88 \text{ kN/pilot}$$

$$(R_{b;cal})_{min.} = 3.749,00 \times 1,8 \times 1,767 = 11.924,07 \text{ kN/pilot}$$

$$(R_{s;cal})_{mean.} = 160,00 \times 4,712 \times 10,0 = 7.539,20 \text{ kN/pilot}$$

$$(R_{s;cal})_{min.} = 120,00 \times 4,712 \times 10,0 = 5.654,40 \text{ kN/pilot}$$

$$(R_{c;cal})_{mean.} = (R_{b;cal})_{mean.} + (R_{s;cal})_{mean.} = 22.114,08 \text{ kN/pilot}$$

$$(R_{c;cal})_{min.} = (R_{b;cal})_{min.} + (R_{s;cal})_{min.} = 17.578,47 \text{ kN/pilot}$$

KARAKTERISTIČNA IN PROJEKTA ODPORNOST

Uvrtani piloti $\phi 150\text{cm}$: ($\zeta_3=1,35$, $\zeta_4=1,27$), ($\gamma_M=1,300$, $\gamma_b=\gamma_s=1,100$)

$$R_{c;k} = R_{c;cal} / (\zeta \times \gamma_M) = \text{Min. } [22.114,08 / (1,35 \times 1,3); 17.578,47 / (1,27 \times 1,3)] = 10.647,17 \text{ kN/pilot}$$

$$R_{c;d} = R_{c;k} / (\gamma_b \text{ oz. } \gamma_s) = 10.647,17 / (1,1) = \underline{\underline{9.679,24 \text{ kN/pilot}}}$$

Z upoštevanjem določil veljavnih standardov »SLOVENSKI STANDARD SIST EN 1997-1:2005, marec, 2006«, nacionalnega dodatka k temu standardu »SLOVENSKI STANDARD SIST EN 1997-1:2005/A101, marec, 2006« in določil navedenih v veljavnem standardu »SLOVENSKI STANDARD SIST EN 1997-2:2007, 01-junij-2007«, dosega projektna odpornost pilotov, ki je določena po metodi rezultatov geotehničnih raziskav in so vpeti vsaj 10,0m v glinast lapor na območju MOSTU ČEZ SAVINJO IN PODVINSKO STRUGO NA LC ŽALEC MIGOJNICE vrednost:

Uvrtani piloti $\phi 150\text{cm}$, dolžina vpetosti v glinast lapor $L=10,0\text{m}$:

$$R_{c;d} = R_{c;k} / (\gamma_M \times (\gamma_b \text{ oz. } \gamma_s)) = \underline{\underline{9.537,29 \text{ kN/pilot}}}$$

Navedena projektna odpornosti pilota $R_{c;d}$ je določene za projektni pristop 2 (PP2, zahteva je navedena v nacionalnem dodatku) ter se pri dokazovanju mejnih stanj

nosilnosti primerja s projektnimi vplivi, ki morajo biti določeni za enaki projektni pristop z upoštevanjem delnih količnikov, ki so prav tako navedeni v prej citiranem standardu SIST EN 1997.

Po PZI načrtu temeljenja znaša razmik med sosednjimi piloti $s=4,0\text{m}$. Razmerje med osnim razmikom in premerom pilota zato znaša $s/D=4,0/1,5=2,67$. V praksi velja, da so medsebojni vplivi na projektno odpornost pilotov v skupini zanemarljivi v kolikor je razmik $s/D \geq 3,0$ ter zato zaradi le malenkostne prekoračitve kriterija in upoštevanega modelnega količnika $\gamma_M=1,300$ (je priporočljiv, ni nujno potreben), menimo, da redukcija projektne odpornosti zaradi pilotov v skupini, v obravnavanem primeru, ni nujno potrebna.

Mejno stanje nosilnosti posameznega AB pilota $\phi 150\text{cm}$, vpetega v glinast lapor na dolžini najmanj $L=10,0\text{m}$, dokažemo z izrazom:

$$F_{c;d}=37.000,00/5=7.400,00 \text{ kN/pilot} < R_{c;d}=9.537,29 \text{ kN/pilot}$$

V kolikor bodo temelji obstoječih podpor odstranjeni se naj globino vpetosti pilotov upošteva od globine izkopov navzdol.

4 POSEDKI PODPOR – MEJNO STANJE UPORABNOSTI (MSU)

V okviru mejnih stanj uporabnosti bomo določili le pričakovane vrednosti posedkov uvrtenih pilotov za na podporah premostitve preko Savinje in Podvinske struge, kjer so bila tla neposredno raziskana s sondažnimi vrtnami. Z upoštevanjem AB uvrtenih pilotov $\phi 150\text{cm}$, globine vpetosti v glinast lapor $L=10,0\text{m}$ ter osnih razmikov med ploti, ki znašajo najmanj $s=4,0\text{m}$ bodo po našem prepričanju posedki pilotne blazine približno enaki posedku najbolj obremenjenega pilota. Hkrati projektantu predlagamo, da predvidi takšno razporeditev pilotov na podporah, da bodo vsi piloti približno enakomerno obremenjeni.

Kot smo poudarili že v prejšnjem poglavju, izračunane vrednosti odpornosti pilotov za osne vplive veljajo za projektne izračune in izvedbo potrebnih dokazov zanesljivosti za mejna stanja nosilnosti (PP2, SIST EN 1997), kjer je delež vertikalnih neugodnih vplivov na pilote, ki izvira iz stalnih obtežb povečan za delni količnik $\gamma_G=1,35$ ter delež, ki izvira iz koristnih obtežb na objektih z delnim količnikom $\gamma_Q=1,5$. Ocenjujemo, da je delež koristne obtežbe v skupnih neugodnih vertikalnih vplivih na pilote sorazmerno majhen. Zato bomo v izračunih posedkov upoštevali, da so dejanski vertikalni vplivi na pilote v mejnem stanju uporabnosti za povprečni količnik $\gamma_{F;\text{mean}}=1,4$ manjši, ko bi znašali v mejnem stanju nosilnosti za povečane vplive (PP2).

Karakteristični vertikalni vpliv na pilote v mejnem stanju uporabnosti ob zgoraj navedenih predpostavkah dosega vrednost:

$$F_{c;k}=7.400,00/1,4=5.285,71 \text{ kN/pilot}$$

Po predhodnih podatkih projektanta skupni karakteristični vertikalni vpliv na pilote srednje podpore dosega vrednost $2.700,00\text{kN/podpora}$, ter tako vertikalni vpliv na posamezni pilot dosega približno naslednjo vrednost:

$$F_{c;k}=27.000,00/5=5.400,00 \text{ kN/pilot}$$

Posedke bomo ocenili z upoštevanjem vpliva odpornosti tal pod konico in ob plašču pilota na območjih, ki občutno prispevajo k projektni odpornosti pilotov. Zaradi sorazmerno majhnih dejanskih vertikalnih vplivov na pilote (v primerjavi z mejnimi računskimi vrednostmi) ter upoštevanja delnih količnikov skladno s slovenskimi standardom SIST EN 1971, so dejanski vertikalni vplivi $F_{c;k}$ bistveno manjši od dejanske mejne odpornosti tal, kjer izračuni po teoriji elastičnosti niso več dopustni. Zato bomo posedke določili po teoriji elastičnosti z izrazom:

$$w_e = \frac{F_{c;k}}{\frac{E_s \cdot L \cdot \pi}{4 \cdot (1 + \nu)} + \frac{D \cdot E_b}{1 - \nu^2}}$$

kjer w_e pomeni vertikalni premik pilota, $F_{c;k}$ dejansko pričakovani vertikalni vpliv, E_s oz. E_b modul elastičnosti zemljine ob plašču oz. pod konico pilota, ν Poisson-ov količnik, D premer pilota ter L dolžino

pilota vpetega v nosilna tla, elastični skrček pilota zaradi osnih sil v izračunih ni upoštevan. Postopek se pogosto uporablja v praksi čeprav rezultat izračuna pomeni le približek k pravi vrednosti saj temelji na predpostavki seštevanja togosti tal ob plašču in togosti pod konico pilota, medsebojni vplivi obeh deležev pri prevzemanju vplivov pa niso upoštevani.

Z ozirom, da je sestava in odpornost glinastega laporja na območju obeh sondažnih vrtin približno enaka bomo pri napovedi elastičnih posedkov upoštevali deformacijske module ob plašču pilotov $E_s=100,00\text{MPa}$ ter $E_b=200,00\text{MPa}$ v globini nad 10,0m pod konico pilota. Zaradi zelo visokega razmerja med mejnim bočnim tlakom ter modulom elastičnosti ($p_L/E_{FDT} \geq 147/3,8=38,68$) je lahko glinast lapor zelo prekonsolidiran ter mu lahko zato pripišemo reološki faktor $\alpha=1,0$. To pomeni, da je deformacijski modul glinastega laporja lahko tudi manjši od izmerjenih vrednosti.

Posedek uvrzanega piloti $\phi 150\text{cm}$, vpetega v glinast lapor $L=10,0\text{m}$ ter obremenjenega z osnim vplivom $F_{c,k}=5.400,00\text{kN/pilot}$ bi ob teh predpostavkah dosegal vrednost:

$$w_e = \frac{5.400,00}{\frac{3,14 \cdot 10 \cdot 100}{4 \cdot (1 + 0,3)} + \frac{1,5 \cdot 200}{1 - 0,3^2}} = 5,78\text{mm}$$

V kolikor v analizi upoštevamo, da karakteristična odpornost plašča pilota dosega vrednost $R_{s,k} = 5.654,40/(1,3 \times 1,27) = 3.424,83\text{kN/pilot}$, se celotna odpornost plašča aktivira pri posedku:

$$w_{e,s} = \frac{3.424,83}{\frac{3,14 \cdot 10 \cdot 100}{4 \cdot (1 + 0,3)}} = 5,67\text{mm}$$

Ker se pri posedku pilota 5,67mm aktivira celotna karakteristična odpornost plašča pilota (plastičnost), mora preostanek vertikalnih vplivov prevzeti konica pilota. Končni posedek pilota izračunamo:

$$w_{e,s,b} = \frac{5.400,00 - 3.424,83}{\frac{1,5 \cdot 200}{1 - 0,3^2}} = 5,991 \approx 6,0\text{mm}$$

Ocenjujemo, da bo posedek srednje podpore mostu znašal od 5,0 do 10,0mm.

5 OCENA SEIZMIČNE OGROŽENOSTI MIKROLOKACIJE

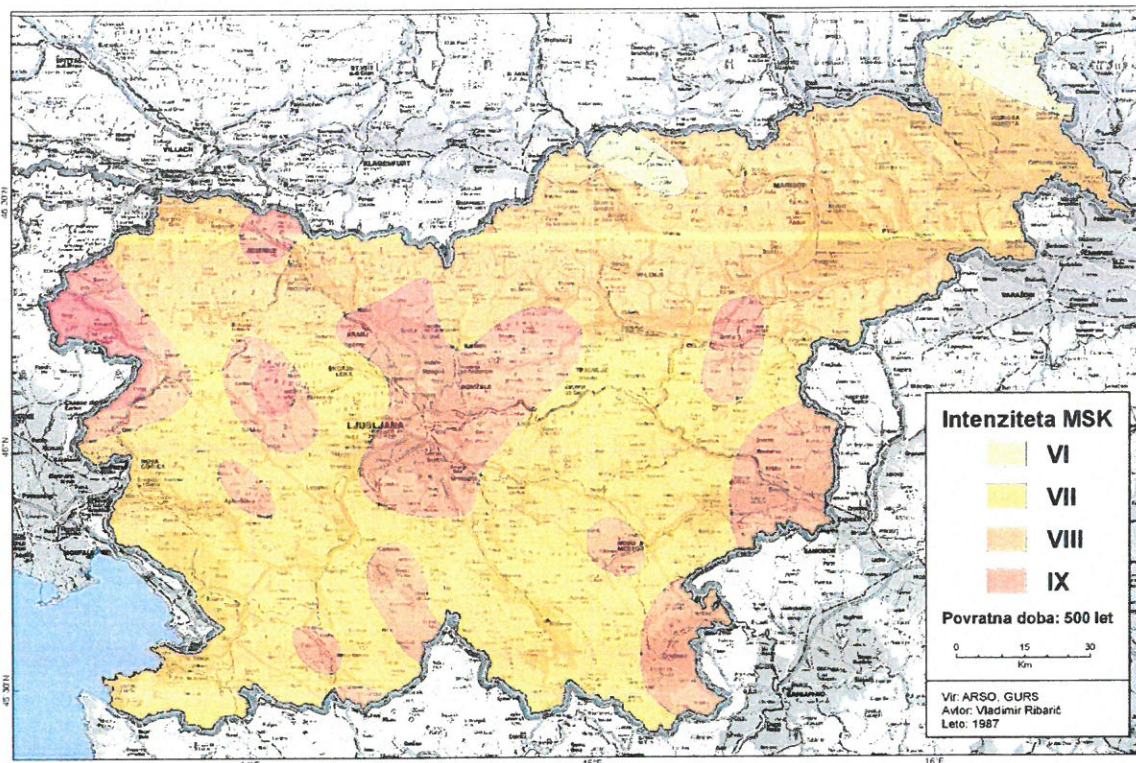
Seizmična ogroženost objektov v Celjski kotlini ni pretirana ter je pri večjem deležu objektov bistveno manjša kot na osrednjem, zahodnem in jugozahodnem delu Slovenije. Zaradi bližine prelomnega območja, ki skoraj zagotovo poteka v neposredni bližini Mostu čez Savinjo in Podvinsko strugo, pa jo je potrebno bolj podrobno obravnavati in razumeti.

Poznano je, da se Republika Slovenije nahaja na potresno aktivnem območju, ker se na ozemlju RS stikajo različne tektonske enote: Alpe, Dinaridi in Panonski bazen. Večji del ozemlja se nahaja na Jadranski plošči, ki je ukleščena med veliko Afriško ploščo na jugu ter Evrazijsko ploščo na severu. Jadranska plošča je na nekaterih lokacijah razpokana, premika se v nasprotni smeri urinega kazalca ter se nariva na osrednji del plošče, kar povzroča sproščanje velikih notranjih napetosti pod površjem ter potrese. Slovenija velja za državo s srednjo potresno ogroženostjo. Potresi pri nas načeloma ne dosegajo velikih magnitud, vendar so lahko njihovi učinki zaradi razmeroma plitvih žarišč dokaj veliki. Potresna žarišča lahko nastajajo na celotnem območju Slovenije, vendar so potresno najbolj ogrožena območja Ljubljanske kotline, Idrijsko in Cerkljansko hribovje, Krško in Brežiška kotlina ter Posočje. V 20. stoletju je bilo v Sloveniji vsaj 13 potresov, katerih intenziteta je presegla VII. stopnjo po evropski makroseizmični lestvici, kar sicer pomeni le, da so povzročili večjo gmotno škodo.

Najmanj potresov je v skrajnem severovzhodnem delu Slovenije tako, da po moji oceni tudi območje savinjske doline ni pretirano oz. nadpovprečno potresno izpostavljeno.

Obravnavano območje pri Žalcu uvrščamo v VII. stopnjo potresne ogroženosti oz. intenzitete pričakovanih potresov po lestvici MSK-64 (Medvedev-Sponheuer-Karnik) s povratno dobo 500 let. Omenjena karta je bila v RS Sloveniji v uporabi od leta 1987 do leta 2007, prikazana je na

sliki 5. Karta intenzitete pričakovanih potresov je bila zasnovana na rezultatih kompleksnih seizmoloških, geoloških in geofizikalnih raziskav različnih področij in sintezi rezultatov teh raziskav. Zato ima napovedni karakter, to pomeni, da daje oceno verjetnosti pojava pričakovanih potresov v prihodnosti, določenega s površinskim razporedom njihovih intenzitet v odvisnosti od naravnih značilnosti terena.

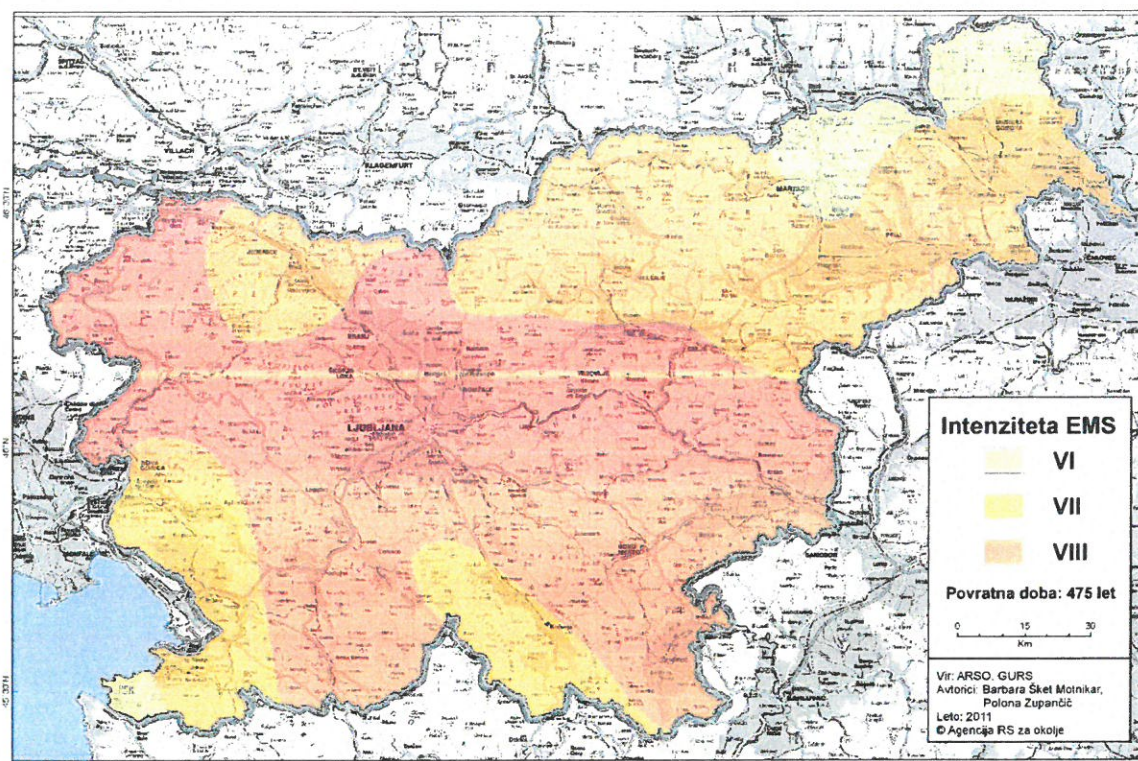


Slika 5: Karta pričakovanih potresov po MSK-64 za povratno dobo 500 let
(vir spletna stran ARSO)

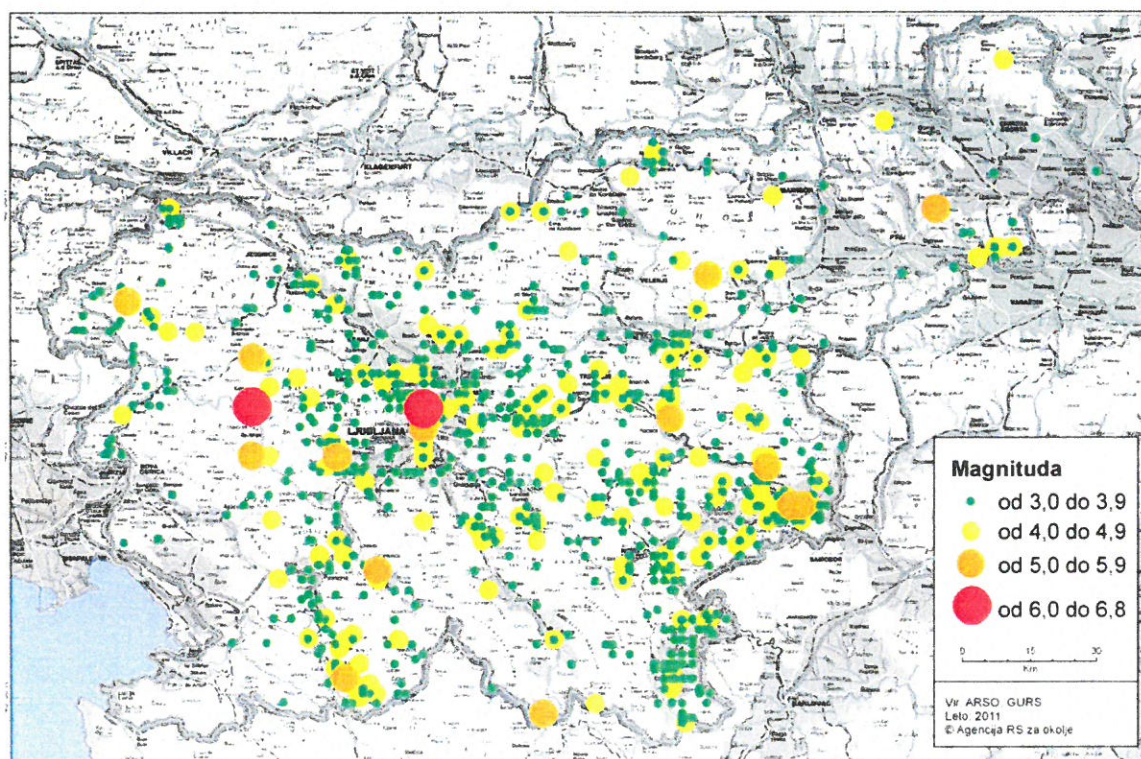
Pri tako obravnavani oceni potresne nevarnosti je pričakovana intenziteta potresov pri povratni dobi 10.000 let pomenila največjo možno pričakovano intenziteto potresa na mikrolokaciji, ki je pomembna le za načrtovanje objektov zelo velikega tveganja, povezanega z izgubo številnih življenj in/ali ogrožanja državne ekonomije, kamor uvrščamo atomske elektrarne in visoke zemeljske pregrade. Karta temelji na podatkih o intenzitetah in magnitudah potresov v preteklosti. V sistemu zaščite in reševanja v Republiki Sloveniji uporabljamo lestvico potresne intenzitete EMS (European Macroseismics Scale). Karta je nastala po sprejetju odločitve ECS o nujnosti posodobitve tedaj največ uporabljane lestvice MSK-64 (Medvedev-Sponheuer-Karnik). Lestvica potresne intenzitete EMS temelji na učinkih pričakovanih potresov na različnih mikrolokacijah v EU. Prikazana je na sliki 6, povzamemo lahko, da je za obravnavano območje pri Žalcu, intenziteta pričakovanega potresa po posodobitvi prvotne karte spremenjena in zato mikrolokacijo mostu preko Savinje in Podvinske struge uvrščamo v stopnjo **VIII. potresne intenzitete**.

V letu 2005 je bil v RS Sloveniji sprejet Pravilnik o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov (Ur.l. RS, št. 101/2005) s katerim smo v RS sprejeli evropski standard za potresno odporno gradnjo Eurocode 8, EC8 (SIST EN-1998). Po preteku prehodnega obdobja, od leta 2008 naprej, lahko pri projektiranju stavb in inženirskih objektov zato uporabljamo le karto projektne pospeška tal. Pri izdelavi karte projektne pospeška tal so avtorji (Lapajne, Šket, Motnikar in drugi) uporabili postopek verjetnostnega ocenjevanja potresne nevarnosti in dvostopenjsko Gaussovo glajenje nadžarišč potresov. Izvirni postopek (enostopenjskega) Gaussovega glajenja nadžarišč potresov je bil razvit in najprej uporabljen pri izdelavi kart potresne nevarnosti ZDA (Frankl, 1995). Avtorji so izvirni postopek zagotovo izboljšali ter ga prilagodili razmeram v Republiki Sloveniji. Na spletnih straneh ARSO sta prikazani tudi karti "Nadžariščni potresi Magnituda in "Nadžariščni potresi Intenziteta", ki sta za ozemlje Republike

Slovenije prikazani na slikah 7 in 8.



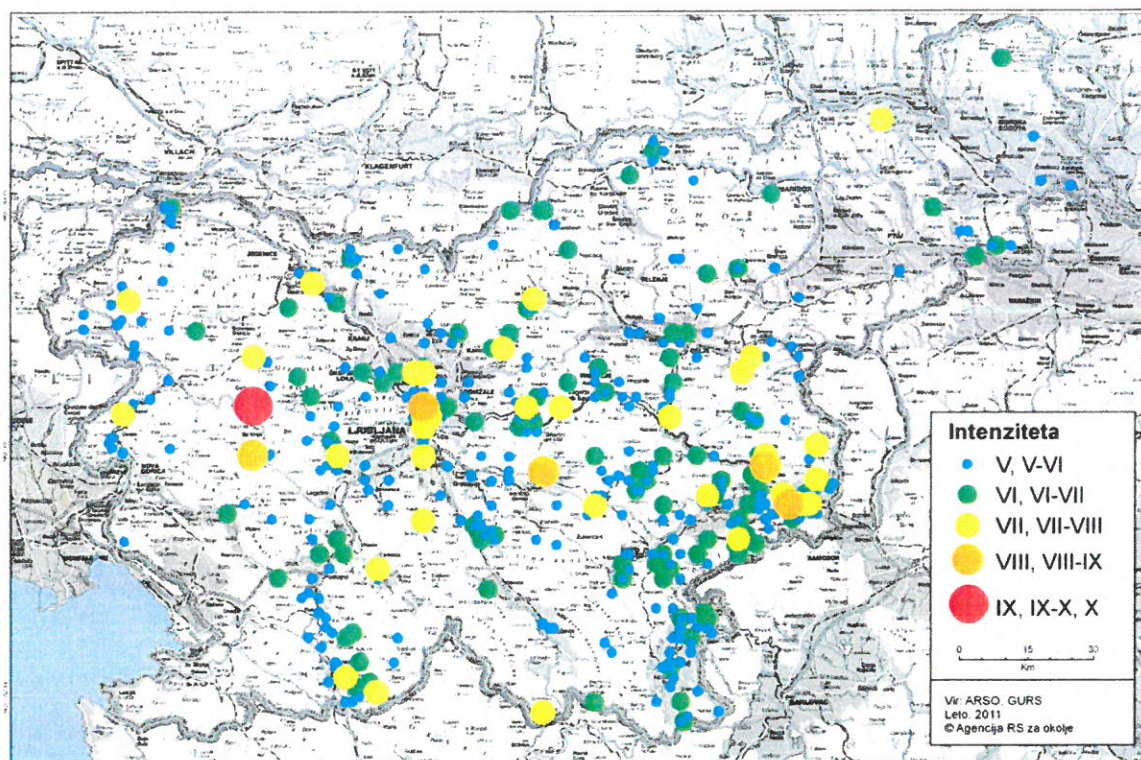
Slika 6: Karta pričakovanih potresov po EMS za povratno dobo 475 let (vir spletna stran ARSO)



Slika 7: Nadžariščni potresi "Magnituda" (Vir ARSO, GURS, 2011)

Povzamemo lahko, da se v vplivnem območju Mostu preko Savinje in Podvinskega potoka pojavlja potres nadžariščne intenzitete VI. oz. VI.-VII., nekoliko bolj pa so oddaljeni pojavi potresov večjih intenzitet, kar je okvirno primerljivo s podatki, ki jih podaja karta pričakovanih

potresov po EMS za povratno dobo 475 let. Nekoliko bolj zaskrbljujoča je magnituda potresa vzhodno od Paškega Kozjaka ter v Zasavju, ki dosegata vrednosti 5,0 do 5,9 ter bi lahko vplivala tudi na tektonska dogajanja na lokaciji mostu.



Slika 8: Nadžarišni potresi "Intenziteta" (Vir ARSO, GURS, 2011)

Po naši oceni obravnavani premostitveni objekt ne predstavlja vira izredno velikih nevarnosti, ki bi se lahko odražala z izgubo številnih človeških življenj ter prav tako v primeru morebitne porušitve mostu ne bi bila povzročena tako ogromna materialna škoda, ki bi potencialno lahko ogrozila državno ekonomijo oz. obstoj RS Slovenije.

Zato je po moji oceni zadostno in potrebno pri načrtovanju mostu upoštevati projektni pospešek za povratno dobo 475 let ter oceniti vplive prelomnega območja, ki se nahaja v neposredni bližini obravnavanega objekta.

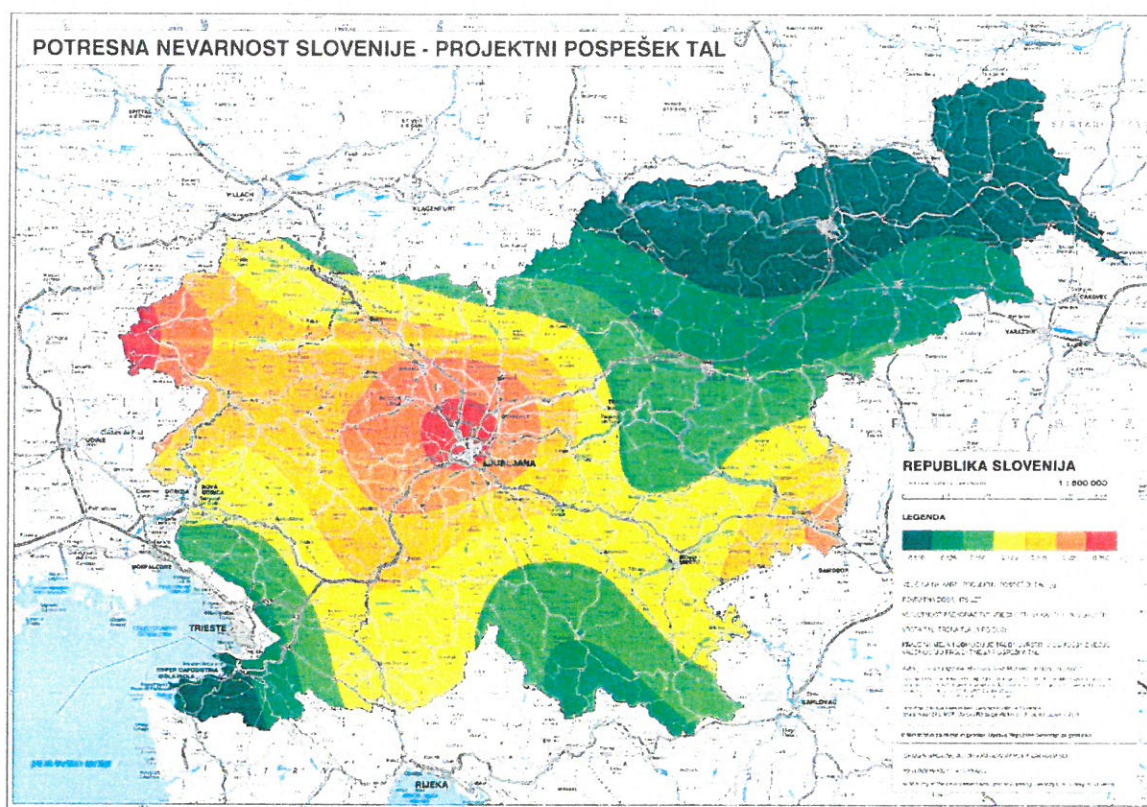
Karto pričakovanih projektnih pospeškov na ozemlju Republike Slovenije za povratno dobo 475 let prikazuje slika 9. »Projektni pospešek tal«, angl. design ground acceleration je po EC8 enak vršnemu (ali največjemu) pospešku tal, angl. peak ground acceleration (PGA). To je največja absolutna vrednost zapisa pospeška na prostem površju. Zapis pospeška je korigiran tako, da so izločeni šumi in napake instrumenta. Projektni pospešek tal je določen za povratno dobo 475 let, ki ustreza verjetnosti 90 %, da vrednosti na karti ne bodo presežene v 50 letih (kar je predvidena življenjska doba številnih običajnih objektov). Povratna doba je povprečen čas med prekoračitvami vrednosti projektnega pospeška tal na dani lokaciji.

Vrednosti projektnega pospeška tal na karti veljajo za tla vrste A (trdna tla). Po EC8 je vrsta tal A skala ali druga geološka formacija, v kateri je hitrost strižnega valovanja vsaj 800 m/s in na kateri je največ 5 m slabšega površinskega materiala. Za druge vrste tal je potrebno projektni pospešek tal pomnožiti z ustreznim koeficientom tal S, angl. soil coefficient. Vrednosti koeficienta S za različne vrste tal so določene v EC8« (vir Tolmač h karti pričakovanih potresnih pospeškov, spletna stran ARSO). Vrste temeljnih tal po EC8 in pričakovane vrednosti koeficienta tal S pa so prikazane v tabeli št. 2.

Vrsto tal lahko določimo na osnovi hitrosti strižnega valovanja $v_{s,30}$ ali posredno na osnovi

rezultatov SPP, kjer $v_{s,30} = 30 / \sum_{i=1}^N (h_i / v_i)$ pomeni povprečno hitrost strižnega valovanja na

zgornjih 30m trdnih tal tipa A po EC8, pri strižni deformaciji 10^{-5} ali manj. Za vrsti tal S_1 in S_2 so potrebne posebne študije potresnih vplivov.



Slika 9: Karta pričakovanih projektnih pospeškov za povratno dobo 475 let, projektni pospešek na mikrolokaciji Mostu preko Savinje in Podvinsko strugo $a=0,15 \times g=1,5 \text{ m/s}^2$, trdna tla po EC8, verjetnost prekoračitve vrednosti 10% v 50 letih (vir ARSO, Urad za seizmologijo RS)

Preglednica 2: Vrste tal po EC8

Vrsta tal	Opis stratigrafije	$V_{s,30}$ (m/s) (hit. str. val.)	N _{SPT} (udarci/30cm)	C_u (kPa)	S
A	Skala ali druga skali podobna geološka formacija, na kateri je največ 5m slabšega površinskega materiala	>800			1.0
B	Zelo gost pesek, prod ali zelo toga glina, debeline vsaj nekaj metrov, pri kateri mehanske lastnosti postopoma naraščajo z globino	360-800	>50	>250	1.2
C	Globoki sedimenti gostega ali srednje gostega peska, prod ali toge gline globine nekaj deset do več sto metrov	180-360	15-50	70-250	1.15
D	Sedimenti rahlih do srednje gostih nevezljivih zemljin (z nekaj mehкими vezljivimi plastmi ali brez njih) ali pretežno mehkih do trdnih vezljivih zemljin	<180	<15		1.35
E	Profil tal, kjer površinska aluvialna plast debeline okrog 5 in 20 metri z vrednostmi V_s , ki ustrezajo tipoma C in D, leži na bolj togem materialu z $V_s > 800 \text{ m/s}$				1.7
S_1	Sedimenti, ki so sestavljeni iz (ali vsebujejo) najmanj 10m debele plasti mehke gline/melja. Z visokim indeksom plastičnosti $I_p > 40$ in z visoko vsebnostjo vode	<100		10-20	
S_2	Tla podvržena likvefakciji, občutljive gline ali drugi profili tal, ki niso vključeni v tipe A-E ali S_1				

Z ozirom na dejansko sestavo tal v strugi reke Savinje na mikrolokaciji mostu (ocenjujemo, da se bo kota temeljenja nahajala na površju glinastega laporja), hitrost strižnega valovanja pri strižni deformaciji $\gamma=10^{-5}$ v laporju skoraj zagotovo presega vrednost $v_{s,30} > 800\text{m/s}$ (kriterij SPT je zagotovo izpolnjen) in zato lahko temeljna uvrstimo v tip A po EC 8. Hkrati pa priporočamo, da se zaradi neposredne bližine prelomnega območja upošteva še faktor dodatne izpostavljenosti mikrolokacije zaradi bližine prelomnega območja ob objektu (podobno kot faktor topografske izpostavljenosti po EC 8).

Predlagamo, da se za izbrani način temeljenja na pilotih z AB pilotno blazino na površju glinastega laporja, pri analizi potresne ogroženosti upošteva količnik $DAF \approx S$ (EC7)=1,0. Kar pomeni uvrstitev tal po EC8 v kategorijo A.

Predlagamo tudi, da se v obravnavanem primeru količnik pričakovanih potresnih vplivov poveča še za faktor potresne izpostavljenosti zaradi neposredne bližine prelomne cone (Podobno kot je v EC8 obravnavana topografska izpostavljenost, Anex A, Topographic amplification factors). Odločitev zagotovo prepuščam projektantu (seizmična študija vplivov na objekt ni bila predmet naročila), vendar predlagam upoštevanje povečanja potresnih vplivov zaradi bližine prelomnega območja za količnik $S_p=1,4$. Pri dokazovanju potrebne projektne odpornosti temeljev, stebrov in prekladne konstrukcije je zato smiselno upoštevati projektni pospešek:

$$a_{h,d}=0,15 \times g \times S \times S_p = 0,15 \times 9,81 \times 1,0 \times 1,4 = 2,06 \text{m/s}^2 \approx 0,21g$$

6 ZAKLJUČKI IN PREDLOGI

Po pregledu mikrolokacije Mostu čez Savinjo in Podvinsko strugo v januarju 2021 nas je presenetil pojav razpok v glinastem laporju na brežini in v strugi na desnem bregu Savinje. Ker teh razpok ob izvedbi sondažnih raziskav v decembru 2020 nismo zaznali, menimo, da obstaja znatna verjetnost, da so se razpoke in poškodbe na brežini dodatno aktivirale ob potresu v decembru 2020. Pogled na brežino na desnem bregu Savinje prikazuje slika 3. Poškodbe in razpoke v glinastem laporju po naši oceni potrjujejo obstoj prekritega preloma, ki je prikazan tudi na geološki karti na sliki 2.

Smeri poteka preloma preko območja struge reke Savinje ni mogoče natančno ugotoviti ter obstaja verjetnost, da se prelomno območje nadaljuje v smeri srednje podpore mostu, ki je najbolj obremenjena. Smer preloma je le vizualno ocenjena ter prikazana na sliki 4. Odpornosti pilotov, ki bi se potencialno lahko nahajali v razpoklinskem območju glinastega laporja ne moremo v naprej oceniti, ker so bile raziskave trdnosti miocenske podlage opravljene izven razpoklinskega območja, kjer je trdnost masiva zagotovo večja.

Predlagamo, da se po odstranitvi obstoječe podpore na levem bregu Savinje opravi podroben pregled masiva miocenskega laporja za ugotavljanje morebitnega poteka preloma preko vplivnega območja temelja srednje podpore. Na območju srednje podpore mostu se po odstranitvi obstoječega mostu izdela še eno sondažno vrtino na mikrolokaciji najbolj poškodovane kamenine v globino vsaj 5,0m pod dno pilotov ter izvede preiskave s presiometrom za ugotavljanje trdnosti masiva.

Zaradi možnosti pojava večjih premikov ob morebitnem potresu prav tako predlagamo, da se pod AB pilotno blazino srednje podpore vgradi podložni beton v debelini približno 0,5m tako, da bo segal do trdnega glinastega laporja, ki je bil pri vrtini V1 ugotovljen na globini približno 0,50m pod dnom pilotne blazine. Globina glinastega laporja neposredno na območju pilotne blazine ni natančno poznana ter jo bo potrebno sproti določiti med izvedbo projekta. Predloženi ukrep je po naši oceni potreben zato, ker obnašanja pilotov pri morebitnem močnejšem potresu ne moremo v naprej napovedati. Predpostavka, da na odpornost pilotov morebitni potres ne bo imel pomembnejšega vpliva, je po naši oceni preveč tvegana ter bi nenazadnje lahko povzročila poškodbe, podobne poškodbam obstoječega mostu. Tudi hitro razpadanje miocenskega glinastega laporja in s tem povezano hitro poglobljanje struge Savinje je lahko povezano z oslavitvami laporja v razpoklinskem območju, ki je kot prekrti prelom prikazano tudi na geološki karti.

V tem primeru se bodo vertikalni vplivi prenašali v tla deloma preko podložnega betona, preostali del pa preko uvrtenih pilotov pod njim. V kolikor za glinast lapor v globini do 10,0m upoštevamo deformacijski modul $E_s=100$ MPa ter na večji globini $E_b=200$ MPa ter Poisson-ov količnik glinastega laporja $\nu=0,3$, bi elastični posedki srednje podpore brez upoštevanja vplivov pilotov pod togo AB blazino ($L/B=10,5m/7,5m=1,4$) lahko dosegali spodaj izračunano vrednost (uporabljen je postopek izračuna po Sovincu):

$$w_e = \beta \times F_{c,k} / (B \times E) = (27.000,00/7,5) \times (0,24/100 + 0,31/200) = 14,22 \text{ mm}$$

Skrček laporja na območju do dna pilotov bi pri takšni oceni znašal 8,64mm ter skrček tal v globini nad 10,0m (pod konico pilotov) 5,58mm.

Zato ocenjujemo, da je napoved posedkov srednje podpore v vrednosti **5,0 do 10,0mm**, ki je navedena v poglavju 4, realno ocenjena.

V kolikor bo med izvedbo temelja srednje podpore mostu ugotovljeno, da preko območja temeljenja podpore poteka prelomno oz. razpoklinsko območje, bo potrebno ponovno preveriti pogoje temeljenja ter po potrebi povečati pilotno blazino in/ali podaljšati AB pilote v kolikor bo to prispevalo k zanesljivosti temeljenja.

Krajni podpori mostu sta s predlogom PZI načrta predvideni kot AB konzolni pilotni steni višine približno 11,0m nad koto izkopa za izvedbo protierozijske obloge pred podporo v strugi reke Savinje. Zato je smiselno pilote poglobiti tako, da bodo vpeti vsaj na dolžini vpetja $L=10,0m$ v lapor, v zaledju pa je smiselno predvideti razbremenilno konzolo širine 2,0 do 3,0m, ki bo preprečevala morebitno rotacijo krajne podpore v smeri struge reke Savinje. Pod konzolo se naj vgradi plast stisljive umetne mase (styropor), ki bo zagotavljal prenos vertikalne obtežbe s konzole na pilote ter s tem ugodno vplival na stabilnost krajne podpore. Prav tako predlagamo razmislek o znižanju kote AB povezovalne grede do kote temeljenja obstoječe krajne podpore na desnem bregu, ki jo bo verjetno potrebno odstraniti. Z ozirom na slabo obstojnost glinastega laporja je to lahko primerna projektna rešitev. Mogoče pa je še primernejša rešitev s sidranjem krajne podpore, ki nam jo je omenil projektant objekta.

Zaradi neobstojnosti glinastega laporja v strugi reke Savinje obstaja možnost še nadaljnjega poglobljanja struge v projektni življenski dobi mostu. Zato predlagamo, da se pri dokazovanju mejnih stanj krajne podpore na desnem bregu reke Savinje v globino 2,0m pod dno struge odpornost glinastega laporja ne upošteva. V globini večji od 2,0m pod dnom obstoječe struge pa se lahko upošteva nedrenirano strižno trdnost in module reakcije tal na pilote v horizontalni smeri, ki so podani v poglavju 2 pričujočega geotehničnega poročila. Trdnost glinastega laporja v strugi Savinje je potrebno ob izvajanju del preveriti še z bagerskim izkopom v strugi, ki je sedaj skoraj nedostopna.

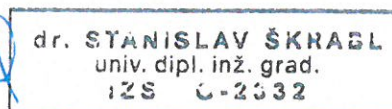
Na območju krajne podpore na levem bregu ob Podvinski strugi so razmere manj kritične, vendar kljub temu predlagamo vsaj izvedbo razbremenilne zaledne konzole širine 2,0m.

Ocenjujemo, da so vse navedene prilagoditve in dodatno potrjevanje lastnosti tal upravičene zaradi pričakovanega neugodnega vpliva prelomne cone, ki se po ugotovljenih učinkih zadnjega nekoliko močnejšega potresa, skoraj zagotovo nahaja v vplivnem območju temeljenja mostu čez Savinjo in Podvinsko Strugo na lokalni cesti Žalec – Migojnice.

Maribor: 18.01.2021

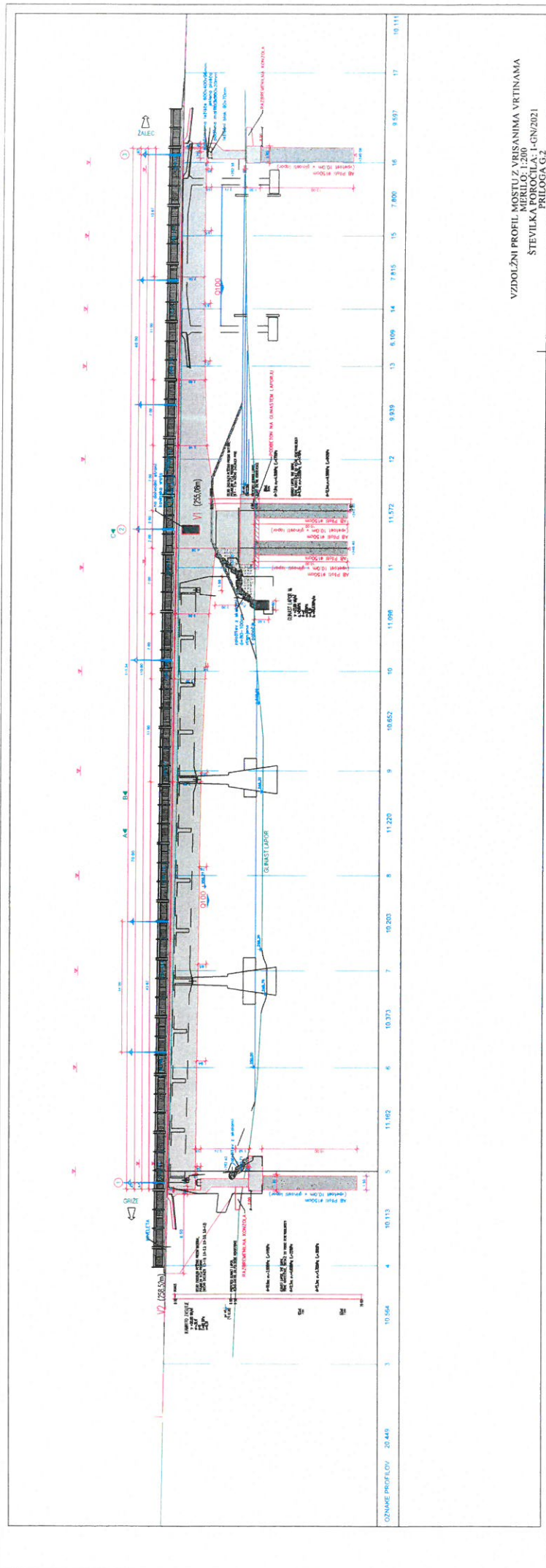
Pooblaščen inženir:

Dr. Stanislav Škrabl, univ.dipl.inž.gradb.





SITUACIJA MOSTU Z VRISANIMA VRTINAMA
MERILO: 1:200
ŠTEVILKA POROČILA: 1-GN/2021
PRILOGA G.1



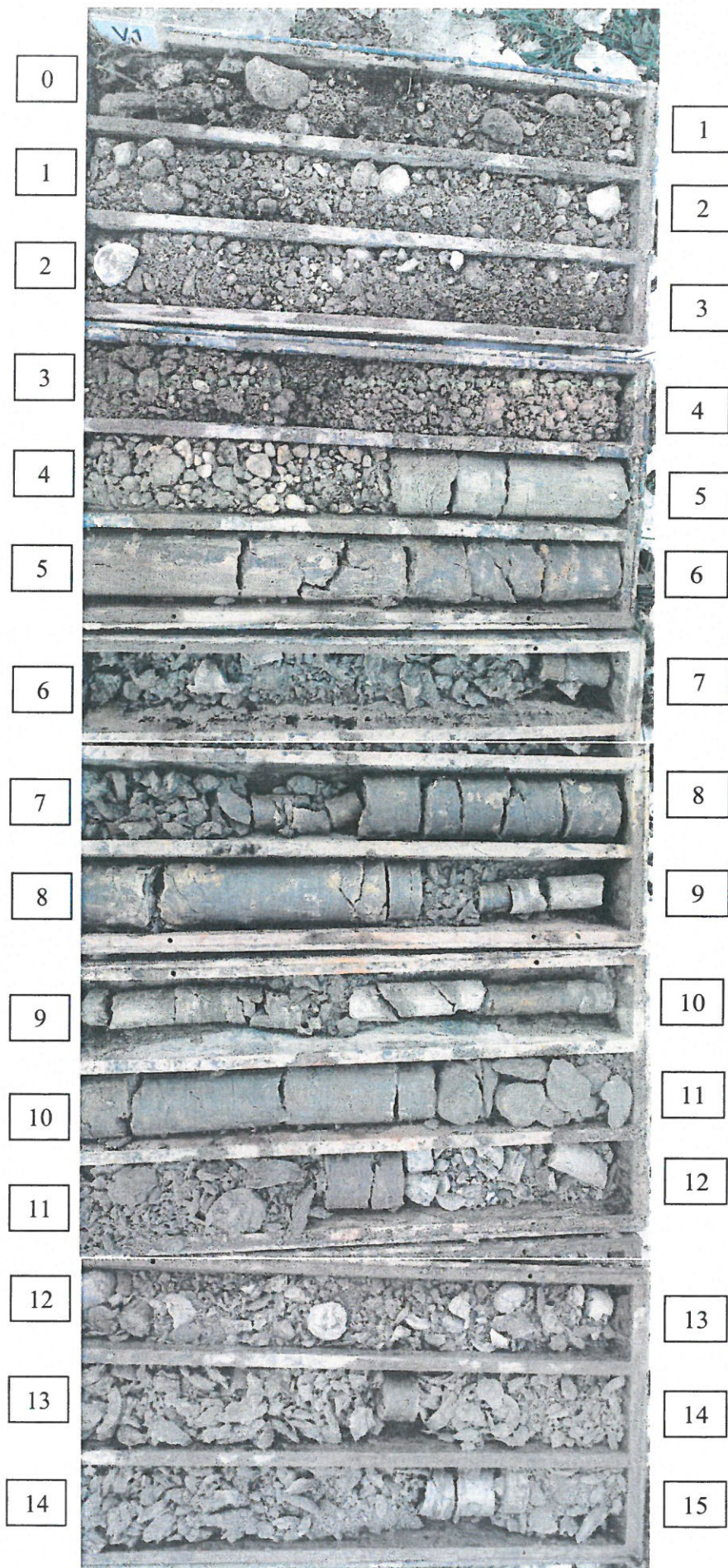
GRADING d.o.o		ŠT. POROČILA: 1-GN/2021		P1.1				
GEOLOŠKO GEOTEHNIČNI PROFIL VRTINE V-1								
OBJEKT: Most čez Savinjo in Podvinsko strugo								
INVESTITOR: Občina Žalec								
IZVAJALEC: Grading - Geodrill								
KOORDINATA X: 122110,99 Y: 512392,83			VRTANO S STROJEM: MVS - 3					
			NAČIN VRTANJA: Strojno na jedro					
KOTA USTJA VRTINE:			ČAS VRTANJA: 10.12.2020					
GLOBINA: 15,00m			VRTALNI MOJSTER: M. Juvan					
% JEDRA:			OBDELAL: B. Birsa, uni.dipl.inž.gr.					
			ODG. VODJA DEL: B. Birsa, uni.dipl.inž.gr.					
PODTALNA VODA	GLOBINA m	GRAFIČNI OPIS	OPIS JEDRA	VRSTA PLASTI	VZOREC	TERENSKÉ PREISKAVE		PRESIOMETRI
						ROČNI PENETROMETER	SPT	
	0.10		HUMUS					
			DELNO ZAGLINJEN PEŠČENO PRODNI MATERIAL, POSAMEZNI VEČJI PRODNIKI (0.4 – 0.5m MOČNO ZAGLINJENI PPM)					
3.70 pri vrtanju								
	4.60		PREPEREL GLINAST LAPOR, TEŽKO GNETNE KONSISTENCE			1.50		
	4.80					>4.50		
			GLINAST LAPOR, SIVE BARVE, TRDNE KONSISTENCE DO VIŠOKE PENETRABILNOSTI				60 udarcev 9cm	
								d=7.0m; R _t =4.500kPa; E _s =175MPa

GRADING d.o.o		ŠT. POROČILA: 1-GN/2021		P1.2				
GEOLOŠKO GEOTEHNIČNI PROFIL VRTINE V-1								
OBJEKT: Most čez Savinjo in Podvinsko strugo								
INVESTITOR: Občina Žalec								
IZVAJALEC: Grading - Geodrill								
			VRTANO S STROJEM: MVS - 3					
			NAČIN VRTANJA: Strojno na jedro					
KOTA USTJA VRTINE:			ČAS VRTANJA: 10.12.2020					
GLOBINA: 15,00m			VRTALNI MOJSTER: M. Juvan					
% JEDRA:			OBDELAL: B. Birsa, uni.dipl.inž.gr.					
			ODG. VODJA DEL: B. Birsa, uni.dipl.inž.gr.					
PODTALNA VODA	GLOBINA m	GRAFIČNI OPIS	OPIS JEDRA	VRSTA PLASTI	VZOREC	TERENSKÉ PREISKAVE		PRESIOMETRI
						ROČNI PENETROMETER	SPT	
			GLINAST LAPOR, SIVE BARVE, TRDNE KONSISTENCE DO VIŠOKE PENETRABILNOSTI					d=9.5m; R=3.800kPa; E _s =147MPa
	15.00						60 udarcev 7cm	

MOST ČEZ SAVINJO NA LC 490021 ŽALEC - MIGOJNICE

Priloga P.1.3: Fotografije jedra vrtine V-1





GRADING d.o.o

ŠT. POROČILA: 1-GN/2021

P2.1

GEOLOŠKO GEOTEHNIČNI PROFIL VRTINE V-2

OBJEKT: Most čez Savinjo in Podvinsko strugo

INVESTITOR: Občina Žalec

IZVAJALEC: Grading - Geodrill

KOORDINATA X: 122033,89
Y: 512360,56

VRTANO S STROJEM: MVS - 3

NAČIN VRTANJA: Strojno na jedro

KOTA USTJA VRTINE:

ČAS VRTANJA: 11.12.2020

GLOBINA: 20,00m

VRTALNI MOJSTER: M. Juvan

% JEDRA:

OBDELAL: B. Birsa, uni.dipl.inž.gr.

ODG. VODJA DEL: B. Birsa, uni.dipl.inž.gr.

PODTALNA VODA	GLOBINA m	GRAFIČNI OPIS	OPIS JEDRA	VRSTA PLASTI	VZOREC	TERENSKÉ PREISKAVE		PRESIOMETRI
						ROČNI PENETROMETER	SPT	
	0.10		HUMUS					
						2.00		
						2.25		
			DELNO ZAGLINJEN PEŠČENO PRODNÍ MATERIAL, POSAMEZNI VEČJI PRODNIKI (MOČNO ZAGLINJENI: 1.5-1.8; 2.0-2.3; 2.9-3.3; 3.8-4.2)			2.50		
5.60 pri vrtanju	6.00							
	6.50		PREPEREL GLINAST LAPOR, TEŽKO GNETNE DO POLTRDE KONSISTENCE					
						>4.50		
			GLINAST LAPOR, SIVE BARVE, TRDNE KONSISTENCE, SREDNJE DO VIŠOKE PENETRABILNOSTI					

GRADING d.o.o		ŠT. POROČILA: 1-GN/2021		P2.2					
GEOLOŠKO GEOTEHNIČNI PROFIL VRTINE V-2									
OBJEKT: Most čez Savinjo in Podvinsko strugo									
INVESTITOR: Občina Žalec									
IZVAJALEC: Grading - Geodrill									
KOORDINATA		X: 122033,89		VRTANO S STROJEM: MVS - 3					
		Y: 512360,56		NAČIN VRTANJA: Strojno na jedro					
KOTA USTJA VRTINE:		ČAS VRTANJA: 11.12.2020							
GLOBINA: 20,00m		VRTALNI MOJSTER: M. Juvan							
% JEDRA:		OBDELAL: B. Birska, uni.dipl.inž.gr.							
		ODG. VODJA DEL: B. Birska, uni.dipl.inž.gr.							
PODTALNA VODA	GLOBINA m	GRAFIČNI OPIS	OPIS JEDRA	VRSTA PLASTI	VZOREC	TERENSKÉ PREISKAVE		PRESIOMETRI	
						ROČNI PENETROMETER	SPT		
			GLINAST LAPOR, SIVE BARVE, TRDNE KONSISTENCE, SREDNJE DO VISOKE PENETRABILNOSTI					d=10.0m; R=3.900kPa; E _s =141MPa	
									d=12.5m; R=4.600kPa; E _s =221MPa
							60 udarcev 7cm		d=15.3m; R=5.700kPa; E _s =300MPa

GRADING d.o.o

ŠT. POROČILA: 1-GN/2021

P2.3

GEOLOŠKO GEOTEHNIČNI PROFIL VRTINE V-2

OBJEKT: Most čez Savinjo in Podvinsko strugo

INVESTITOR: Občina Žalec

IZVAJALEC: Grading - Geodrill

KOORDINATA X: 122033,89
Y: 512360,56

VRTANO S STROJEM: MVS - 3

NAČIN VRTANJA: Strojno na jedro

KOTA USTJA VRTINE:

ČAS VRTANJA: 11.12.2020

LOBINA: 20,00m

VRTALNI MOJSTER: M. Juvan

% JEDRA:

OBDELAL: B. Birsa, uni.dipl.inž.gr.

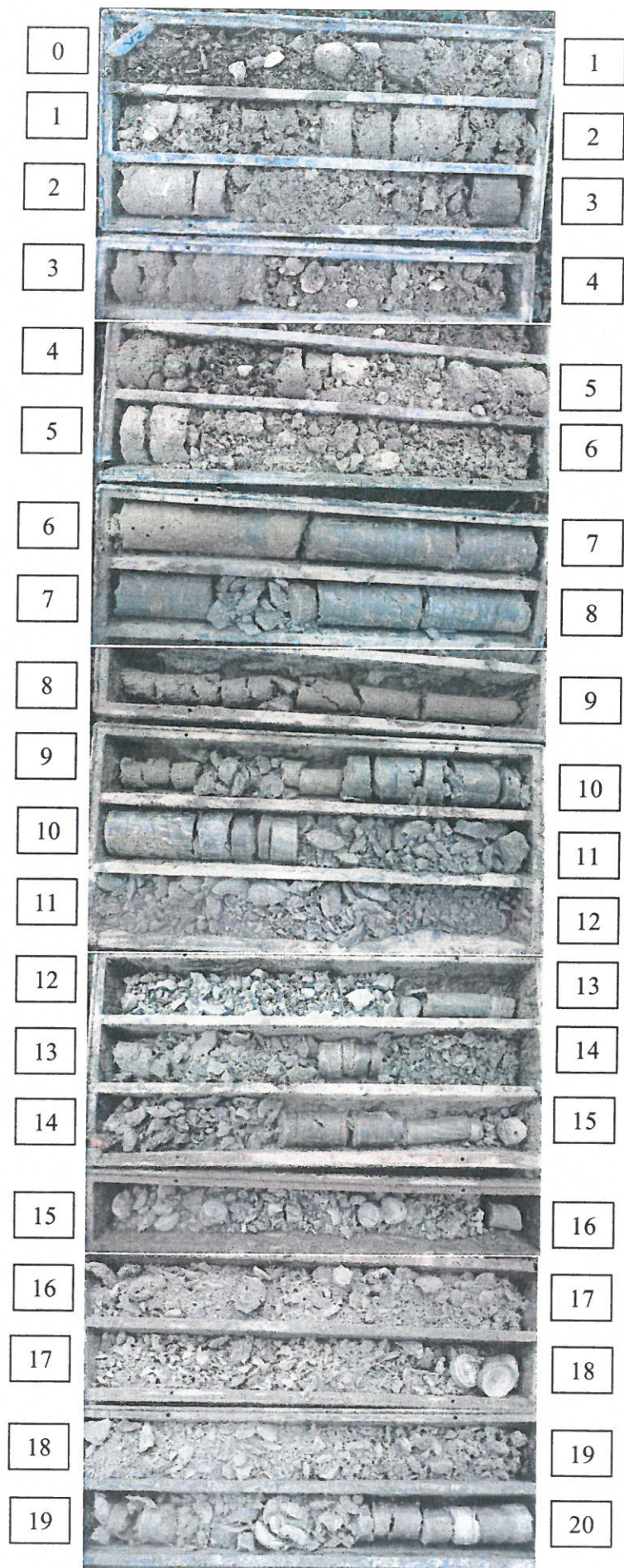
ODG. VODJA DEL: B. Birsa, uni.dipl.inž.gr.

PODTALNA VODA	GLOBINA m	GRAFIČNI OPIS	OPIS JEDRA	VRSTA PLASTI	VZOREC	TERENSKÉ PREISKÁVE		PRESIOMETRI
						ROČNÍ PENETROMETER	SPT	
	20.00		GLINAST LAPOR, SÍVE BARVE, TRDNÉ KONSISTENCE, SREDNĚ DO VISOKE PENETRABILNOSTI				60 udarcev 8cm	

MOST ČEZ SAVINJO NA LC 490021 ŽALEC - MIGOJNICE

Priloga P.2.4: Fotografije vrtine V-2





Vrednotenje SPT po EUROCODE - 7

Lokacija: MOST ŽALEC

Vrtna garnitura:

$k_{60} =$

0,85

Vrtina	globina (m)	Izmerjeni N	x 0,75		gostota		zemljine		prekonso- lidirano	Nivo podtalnice	normalni tlak (v kPa/100)	CN	lambda	N60	(N1)60
			izvedba	s konico	rahlo	sr.gosto	gosto	zelo g.							
V-1	3,13	34	25,5		0		1		0	3,7	0,626	1,142	0,75	18,6	16,3
V-2	3,15	44	33		0		1		0	5,6	0,630	1,141	0,75	24,0	21,0
V-2	6,15	59	44,25		0		1		0	5,6	1,175	0,945	0,85	30,2	32,0

lambda: 0,75 (3-4 m); 0,85 (4-6 m); 0,95 (6-10 m); 1,0 (več od 10 m)

16,3	52	35
21	59	37
32	73	42



**POROČILO O PRESIOMETRIČNIH MERITVAH ZA
»TEMELIENJE MOSTU ČEZ SAVINJSKO IN PODVINSKO STRUGO NA LC
490021 ŽALEC-MIGOJNICA«**



NAROČNIK:

GEODRILL d.o.o.
Obrežna ulica 001, 2000 Maribor

OBJEKT:

Most čez savinjsko in podvinsko strugo na LC 490021 Žalec - Migojnica

IZDELOVALEC GEOTEHNIČNEGA POROČILA :

GEOINŽENIRING d.o.o., Matjaž Makarovič, univ.dipl.inž.str.

IZDELOVALEC POROČILA

Andrej Kresevič, univ.dipl.inž.geol.

ŠTEVILKA, KRAJ IN DATUM IZDELAVE POROČILA:

Ljubljana, december 2020



SEZNAM AVTORJEV POROČILA

NOSILEC NALOGE:

Andrej Kresevič, univ. dipl. inž. geol.

KABINETNA DELA:

Andrej Kresevič, univ. dipl. inž. geol.

TERENSKA DELA:

- Presiometerske meritve

Danijel ČEPON, grad. teh

- Vrtalska dela

GEODRILL d.o.o.



S SPLOŠNI DEL

S.1 Naslovna stran

S.2 Kazalo vsebine

T TEKSTUALNI DEL

KAZALO VSEBINE

1.	UVOD	1
2.	MERITVE S PRESIOMETROM OYO ELASTMETER	1
2.1	Uporabljena oprema in postopek meritve	1
2.2	Izračun in obdelava merjenih podatkov	1
2.3	Rezultati in analiza meritev OYO	2
3.	ZAKLJUČEK	3

KAZALO SLIK

Slika 1: Tipski diagram preiskave s podajnim dilatometrom (po SIST EN ISO 22476 5:2013)	2
---	---

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Rezultati meritev s presiometrom - podajnim dilatometrom	3
---	---

P PRILOGE

P.1	Grafični prikaz meritev s presiometrom – podajnim dilatometrom znamke OYO
P.2	Zbirna tabela z rezultati meritev

1. UVOD

Po naročilu podjetja **GEODRILL d.o.o.** je družba Geoinženiring d.o.o. izvedla presiometriške meritve v dveh raziskovalnih vrtinah na lokaciji »Most čez savinjsko in podvinsko strugo na LC 490021 Žalec - Migojnica«. Osnovni namen preiskav je bil ugotoviti elastične (deformacijske) lastnosti hribine oz. polhribine – laporja. Meritve z elastmetrom OYO so bile izvedene 10. In 11. 12.2020 in sicer v vrtinah V-1 in V-2. V vrtini V-1 na testnih globinah 7,0/9,5m/12,5m. V vrtini V-2 pa na testnih globinah 10,0m/12,5m/15,3m. Skupno je bilo izvedenih 6 meritev. Meritve smo izvedli v skladu z veljavnimi slovenskimi standardi ter navodilom proizvajalca opreme. Lokacije oz. globine meritev so bile določene s strani odgovornega geologa, vrtalna dela je izvajalo podjetje GEODRILL d.o.o.

V nadaljevanju podajamo opis meritev z Oyo hribinskim presiometrom.

2. MERITVE S PRESIOMETROM OYO ELASTMETER

2.1 Uporabljena oprema in postopek meritve

Deformacijske lastnosti hribin smo ugotavljali s presiometrom – podajnim dilatometrom proizvajalca OYO. Meritve smo izvedli skladno s standardom SIST EN ISO 22476-5:2013 (*Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje na terenu - 5. del: Preskus s podajnim dilatometrom v vrtini*) in skladno z navodili proizvajalca opreme.

Pred merjenjem v vrtini izvedemo kalibracijo opreme in kontrolo tesnenja sistema. Sondo namestimo v vrtino na izbran odsek, ki je posebej zato izvrtan s krono NX premera $\Phi 76$ mm. Nato s sondo pričnemo obremenjevati ostenje vrtine in pri tem merimo njeno deformacijo glede na obremenitev. Obremenjevati smemo le toliko, dokler se ostenje vrtine ne poruši oz. ko razširitev sonde ne preseže dovoljenih vrednosti pri določeni obremenitvi (tlaku). S pomočjo računalnika se vrši inkrementalni zapis tlačno – deformacijskih sprememb.

2.2 Izračun in obdelava merjenih podatkov

Na osnovi izmerjenih rezultatov – razmerja med pritiskom in deformacijo ostenja vrtine, ki jih dobimo v grafični in tabelarični obliki, izračunamo vrednosti strižnih, elastičnih in deformacijskih modulov, ki so podani z izrazoma:

$$G_{FDT} = \Delta p * (0,5 * d_s / \Delta d) \quad \text{in} \quad E_{FDT} = 2 * G_{FDT} (1 + \nu)$$

kjer je:

G_{FDT} strižni modul določen s podajnim dilatometrom za posamezne izbrane odseke na obremenilno – razbremenilni krivulji

E_{FDT} modul elastičnosti ali deformabilnosti določen s podajnim dilatometrom za posamezne izbrane odseke na obremenilno – razbremenilni krivulji

Δp sprememba pritiska na izbranem odseku

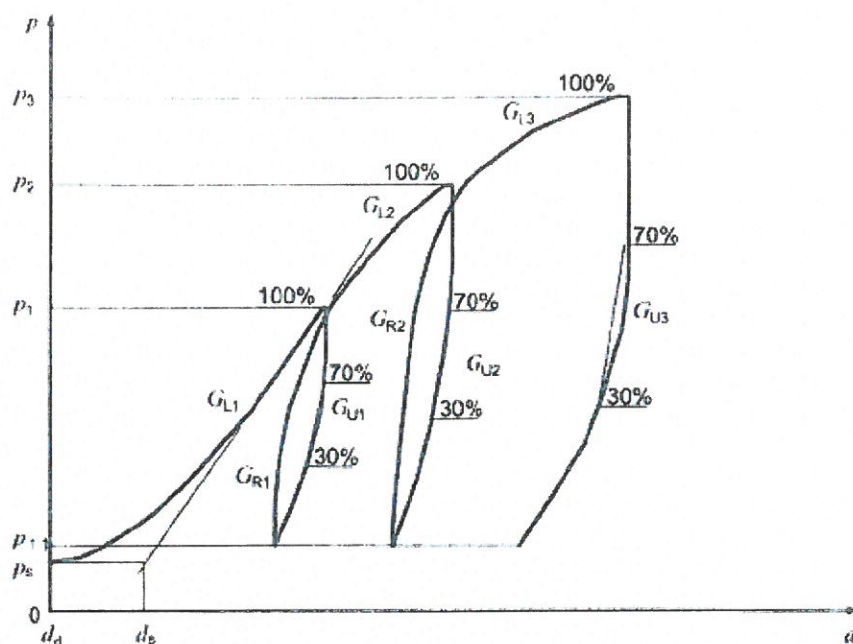
d_s nominalni premer vrtine ko paker naleže na ostenje vrtine

Δd sprememba premera na izbranem odseku

ν Poissonov količnik (upoštevano 0,25)

Veličina P_L (efektivni mejni tlak) je v našem primeru definirana kot maksimalno doseženi tlak na presiometrijski krivulji.

Oznake na sliki 1: E_L in G_L pomenijo izračunane module na obremenilnem delu krivulje, E_U in G_U module na razbremenilnem delu, E_R in G_R module na odsekih ponovne obremenitve. V našem primeru smo pretežno izvedli po eno razbremenilno-obremenilno histerezo. V prilogah so odseki, kjer smo računali module, razvidni tako v grafični, kot tudi v numerični obliki.



Slika 1: Tipični diagram preiskave s podajnim dilatometrom (po SIST EN ISO 22476 5:2013)

2.3 Rezultati in analiza meritev OYO

V skladu s programom preiskav se je izvedlo 6 meritev, 3 v vrtini V-1 in 3 v vrtini V-2. V vrtini V-1 na testnih globinah 7,0/9,5m/12,5m. V vrtini V-2 pa na testnih globinah 10,0m/12,5m/15,3m. Merjenje je potekalo v sivem laporju. Rezultate smo izrednotili skladno s standardom SIST EN ISO 22476-5:2013 (*Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje na terenu - 5. del: Preskus s podajnim dilatometrom v vrtini*) po proceduri B in skladno z navodili proizvajalca opreme

Rezultati presiometrijskih preiskav v grafični obliki so podani v prilogi P.1, osnovni podatki pa so podani v spodnji preglednici 1. Pri vseh meritvah je bil dosežen mejni tlak P_L , pri nekaterih pa tudi lepo vidna meja plastične deformacije P_y .

Preglednica 1: Rezultati meritev s presiometrom - podajnim dilatometrom

Vrtina	Gl. test. Odseka [m]	$E_{FDT(L1)}$ [MPa]	$E_{FDT(UR1)}$ [MPa]	$E_{FDT(L2)}$ [MPa]	$E_{FDT(UR2)}$ [MPa]	$E_{FDT(L3)}$ [MPa]	$E_{FDT(UR3)}$ [MPa]	$E_{FDT(U2)}$ [MPa]	P_y [MPa]	P_L [MPa]	Litologija	OPOMBE
V-1	7,0	175	768	206	385	113	324	-	-	4,5	Lapor	
	9,5	147	282	106	319	-	-	319	-	3,8	Lapor	Samo 2 zanki
	12,5	642	-*	679	4531	679	1857	-	-	6,5	Lapor	*Bočni zdrs pakerja
V-2	10,0	141	701	101	649	47	544	-	3,2	3,9	Lapor	
	12,5	221	-*	102	2035	60	551	-	-	4,6	Lapor	*Bočni zdrs pakerja
	15,3	300	-*	256	994	126	652	-	5,2	5,7	Lapor	*Bočni zdrs pakerja

Analiza rezultatov pokaže, da so rezultati meritev dokaj podobni v obeh vrtinah. Modul elastičnosti E_{FDT} pri prvi obremenitvi se giblje med 141 MPa in 300 MPa, bistveno višji je modul pri prvi obremenitvi le v vrtini V-1 na globini 12,5 m in znaša 642 MPa. Mejni tlak je v razponu od 3,8 MPa do 4,6 MPa, nekoliko višji mejni tlak je dosežen v vrtini V-1 na globini 12,5 m in v vrtini V-2 na 15,3 m. Znaša pa 6,5 MPa in 5,7 MPa. Modul elastičnosti prve obremenitve in mejni tlak praviloma z globino naraščata.

3. ZAKLJUČEK

Za Most čez savinjsko in podvinsko strugo je bilo izvedenih 6 meritev s hribinskim presiometrom tipa Oyo. Vse meritve so bile izvedene v sivem laporju. Modul elastičnosti E_{FDT} pri prvi obremenitvi se giblje med 141 MPa in 300 MPa, bistveno višji je modul prve obremenitve le v vrtini V-1 na globini 12,5 m in znaša 642 MPa. Mejni tlak je v razponu od 3,8 MPa do 4,6 MPa, nekoliko višji mejni tlak je dosežen v vrtini V-1 na globini 12,5 m in v vrtini V-2 na 15,3 m. Znaša pa 6,5 MPa in 5,7 MPa.

Pripravil:

Andrej Kresevič, univ.dipl.inž.geol.



Priloga 1:

Grafični prikaz meritev s presiometrom – podajnim dilatometrom znamke OYO



Priloga 2:

Zbirna tabela z rezultati meritev



GEOINŽENIRING d.o.o.
Geotehnične, geološke in geofizikalne raziskave,
projektniranje, svetovanje in inženiring

PREIZKUS S PODAJNIM DILATOMETROM V VRTINI

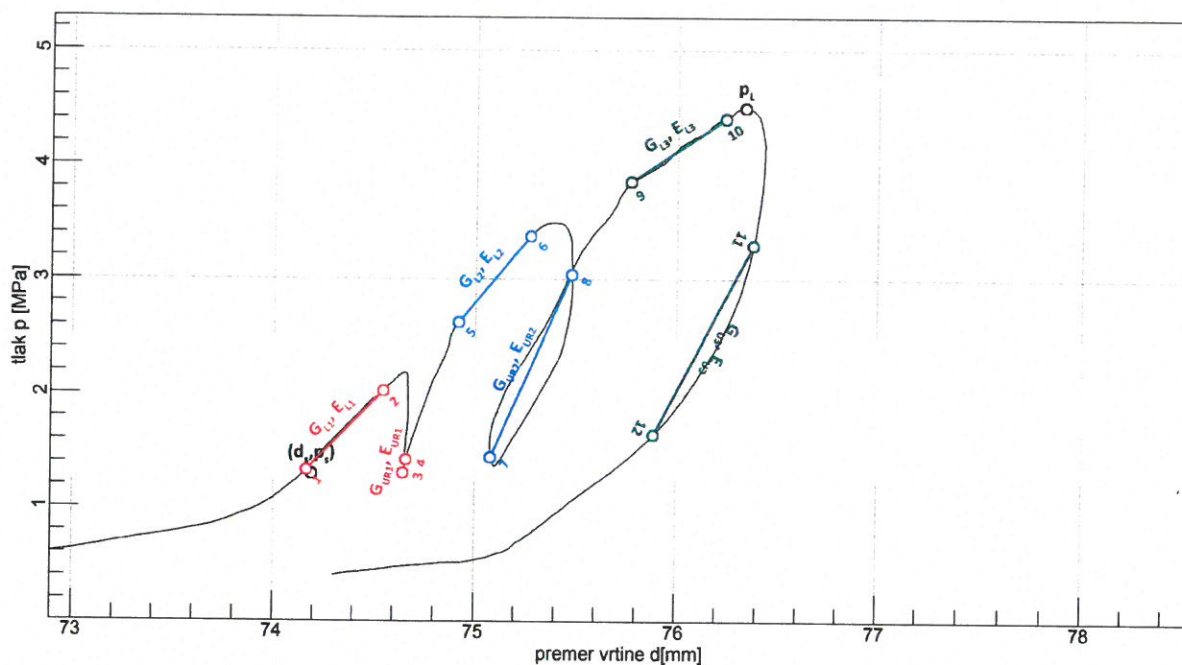
(Merilni sistem ElastIQ, sonda proizvajalca OYO)

SIST EN ISO 22476-5:2013 (procedura B) & navodila proizvajalca opreme

objekt: **Most čez savinjo in podvinsko strugo**
na LC 490021_Žalec - Migojnice
vrtina: **V-1**
globina [m]: **7.00**
klasifikacija: **Lapor**
nivo vode [m]: **-**
vrt. metoda: **Premier 76 mm / na suho**

sonda: **STARA SONDA 340232**
št. odčitkov: **533**
opomba: _____

KALIBRACIJSKI PODATKI
S: **770.156** $\pi \cdot \text{mm}^2$
 k_G : **0.00000** 1/MPa
 n_G : **0.04787** mm/MPa
 k_{PC} : **0.00000** MPa/mm
 n_{PC} : **1.00000** MPa
datum: **4. 6. 2020**



kontaktni tlak p_s [MPa]: **1.3** meja plastičnosti p_y [MPa]: **-** mejni tlak p_l [MPa]: **4.5** Poissonov količnik
nominalni premer d_s [mm]: **74.2** **0.30**

premer d_i [mm]:		tlak p_i [MPa]:		moduli [MPa]			
d_1	74.2	p_1	1.3	G_{L1}	67.2	E_{L1}	174.7
d_2	74.5	p_2	2.0				
d_3	74.6	p_3	1.3	G_{UR1}	295.4	E_{UR1}	768.1
d_4	74.7	p_4	1.4				
d_5	74.9	p_5	2.6	G_{L2}	79.2	E_{L2}	206.0
d_6	75.3	p_6	3.4				
d_7	75.1	p_7	1.4	G_{UR2}	148.1	E_{UR2}	385.0
d_8	75.5	p_8	3.0				
d_9	75.8	p_9	3.9	G_{L3}	43.4	E_{L3}	112.8
d_{10}	76.2	p_{10}	4.4				
d_{11}	76.4	p_{11}	3.3	G_{U3}	124.5	E_{U3}	323.7
d_{12}	75.9	p_{12}	1.6				

meril(a): **Čepon D.**
datum merjenja: **10. 12. 2020**

obdelal(a): **Kreševič A.**
pregledal(a): **Maurer J.**

delovni nalog: **81909**

priloga: **P.1.1**



GEOINŽENIRING d.o.o.
Geotehnične, geološke in geofizikalne raziskave,
projektiranje, svetovanje in inženiring

PREIZKUS S PODAJNIM DILATOMETROM V VRTINI

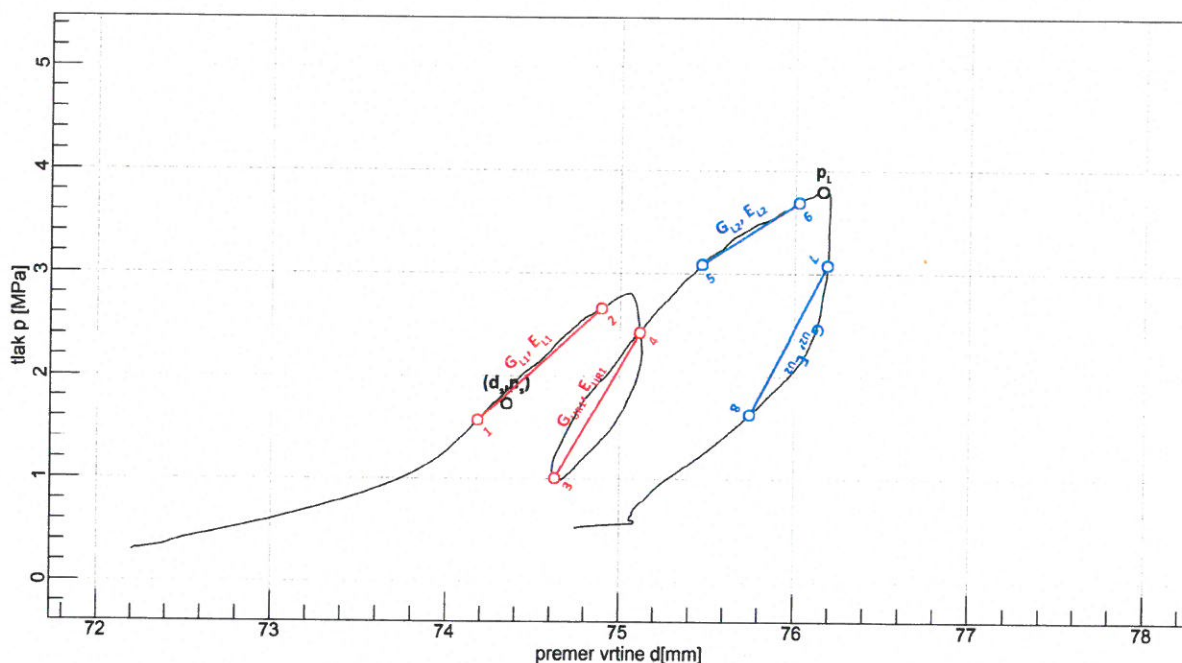
(Merilni sistem ElastIQ, sonda proizvajalca OYO)

SIST EN ISO 22476-5:2013 (procedura B) & navodila proizvajalca opreme

objekt: **Most čez savinjo in podvinsko strugo**
na LC 490021_Žalec - Migojnice
vrtina: **V-1**
globina [m]: **9.50**
klasifikacija: **Lapor**
nivo vode [m]: **-**
vrt. metoda: **Premier 76 mm/ na suho**

sonda: **STARA SONDA 340232**
št. odčitkov: **591**
opomba:

KALIBRACIJSKI PODATKI
S: **770.156** $\pi \cdot \text{mm}^2$
 k_G : **0.00000** 1/MPa
 n_G : **0.04787** mm/MPa
 k_{PC} : **0.00000** MPa/mm
 n_{PC} : **1.00000** MPa
datum: **4. 6. 2020**



kontaktni tlak p_s [MPa]: **1.7** meja plastičnosti p_y [MPa]: **-** mejni tlak p_L [MPa]: **3.8** Poissonov količnik
nominalni premer d_s [mm]: **74.3** **0.30**

premer d_i [mm]:		tlak p_i [MPa]:		moduli [MPa]			
d_1	74.2	p_1	1.6	G_{L1}	56.7	E_{L1}	147.4
d_2	74.9	p_2	2.7				
d_3	74.6	p_3	1.0	G_{UR1}	108.5	E_{UR1}	282.2
d_4	75.1	p_4	2.4				
d_5	75.5	p_5	3.1	G_{L2}	40.7	E_{L2}	105.7
d_6	76.0	p_6	3.7				
d_7	76.2	p_7	3.1	G_{U2}	122.8	E_{U2}	319.2
d_8	75.7	p_8	1.6				

meril(a): **Čepon D.**
datum merjenja: **10. 12. 2020**

obdelal(a): **Kreševič A.**
pregledal(a): **Maurer J.**

delovni nalog: **81909**
priloga: **P.1.2**



GEOINŽENIRING d.o.o.
Geotehnična, geološka in geofizikalne raziskave,
projektiranje, svetovanje in inženiring

PREIZKUS S PODAJNIM DILATOMETROM V VRTINI

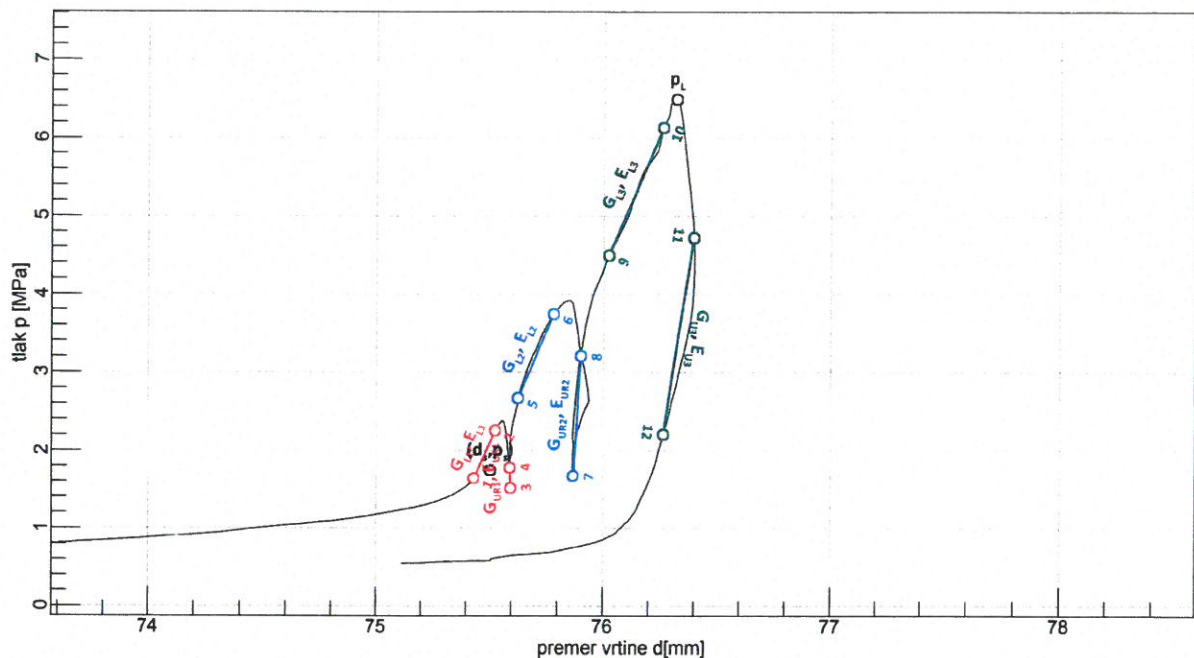
(Merilni sistem ElastIQ, sonda proizvajalca OYO)

SIST EN ISO 22476-5:2013 (procedura B) & navodila proizvajalca opreme

objekt: **Most čez savinjo in podvinsko strugo**
na LC 490021 Žalec - Migojnica
vrtina: **V-1**
globina [m]: **12.50**
klasifikacija: **Lapor**
nivo vode [m]: **-**
vrt. metoda: **Premier 76 mm/ na suho**

sonda: **STARA SONDA 340232**
št. odčitkov: **469**
opomba: _____

KALIBRACIJSKI PODATKI
S: **770.156** $\pi \cdot \text{mm}^2$
 k_G : **0.00000** $1/\text{MPa}$
 n_G : **0.04787** mm/MPa
 k_{PC} : **0.00000** MPa/mm
 n_{PC} : **1.00000** MPa
datum: **4. 6. 2020**



kontaktni tlak p_i [MPa]: **1.7** meja plastičnosti p_y [MPa]: **-** mejni tlak p_L [MPa]: **6.5** Poissonov količnik
nominalni premer d_i [mm]: **75.5** **0.30**

premer d_i [mm]:		tlak p_i [MPa]:		moduli [MPa]			
d_1	75.4	p_1	1.6	G_{L1}	246.8	E_{L1}	641.8
d_2	75.5	p_2	2.3				
d_3	75.6	p_3	1.5	G_{UR1}	-	E_{UR1}	-
d_4	75.6	p_4	1.8				
d_5	75.6	p_5	2.7	G_{L2}	261.2	E_{L2}	679.0
d_6	75.8	p_6	3.7				
d_7	75.9	p_7	1.7	G_{UR2}	1743.2	E_{UR2}	4532.3
d_8	75.9	p_8	3.2				
d_9	76.0	p_9	4.5	G_{L3}	261.3	E_{L3}	679.4
d_{10}	76.3	p_{10}	6.1				
d_{11}	76.4	p_{11}	4.7	G_{U3}	714.6	E_{U3}	1857.8
d_{12}	76.3	p_{12}	2.2				

meril(a): **Čepon D.**
datum merjenja: **10. 12. 2020**

obdelal(a): **Kresevič A.**
pregledal(a): **Maurer J.**

delovni nalog: **81909**
priloga: **P.1.3**

**GEOINŽENIRING d.o.o.**Geotehnična, geološka in geofizikalne raziskave,
projektiranje, svetovanje in inženiring**PREIZKUS S PODAJNIM DILATOMETROM V VRTINI**

(Merilni sistem ElastQ, sonda proizvajalca OYO)

SIST EN ISO 22476-5:2013 (procedura B) & navodila proizvajalca opreme

objekt: **Most čez savinjo in podvinsko strugo**
na LC 490021_Žalec - Migojnice

vertina: **V-2**

globina [m]: **10.00**

klasifikacija: **Lapor**

nivo vode [m]: **-**

vert. metoda: **Premier 76 mm/ na suho**

sonda: **STARA SONDA 340232**

št. odčitkov: **584**

opomba:

KALIBRACIJSKI PODATKI

S: **770.156** $\pi \cdot \text{mm}^2$

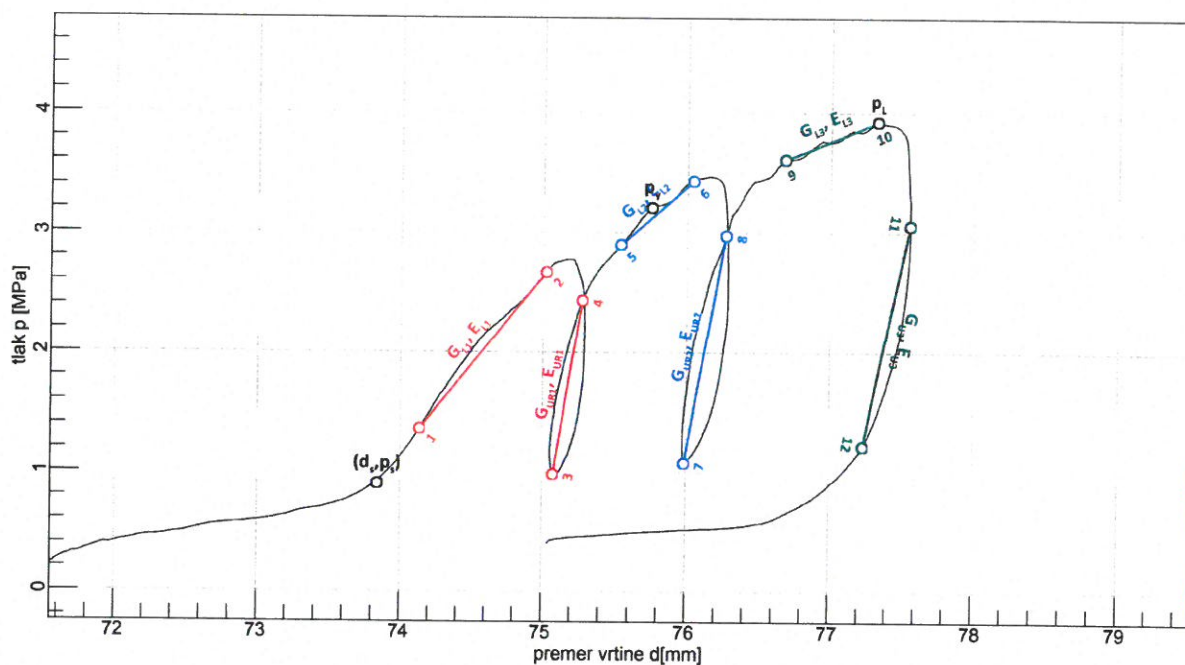
k_G : **0.00000** **1/MPa**

n_G : **0.04787** **mm/MPa**

k_{PC} : **0.00000** **MPa/mm**

n_{PC} : **1.00000** **MPa**

datum: **4. 6. 2020**



kontaktni tlak p_s [MPa]: **0.9** meja plastičnosti p_y [MPa]: **3.2** mejni tlak p_t [MPa]: **3.9** Poissonov količnik

nominalni premer d_s [mm]: **73.8** **0.30**

premer d_i [mm]:		tlak p_i [MPa]:		moduli [MPa]			
d_1	74.1	p_1	1.4	G_{L1}	54.4	E_{L1}	141.5
d_2	75.0	p_2	2.7				
d_3	75.1	p_3	1.0	G_{UR1}	269.6	E_{UR1}	700.9
d_4	75.3	p_4	2.4				
d_5	75.5	p_5	2.9	G_{L2}	39.0	E_{L2}	101.3
d_6	76.0	p_6	3.4				
d_7	76.0	p_7	1.1	G_{UR2}	249.6	E_{UR2}	649.0
d_8	76.3	p_8	3.0				
d_9	76.7	p_9	3.6	G_{L3}	17.9	E_{L3}	46.6
d_{10}	77.3	p_{10}	3.9				
d_{11}	77.6	p_{11}	3.1	G_{U3}	209.3	E_{U3}	544.1
d_{12}	77.2	p_{12}	1.2				

meril(a): **Čepon D.**

datum merjenja: **11. 12. 2020**

obdelal(a): **Kresevič A.**

pregledal(a): **Maurer J.**

delovni nalog: **81909**

priloga: **P.1.4**



GEOINŽENIRING d.o.o.

*Geotehnične, geološke in geofizikalne raziskave,
projektiranje, svetovanje in inženiring*

Presiometriške meritve s hribinskim presiometrom

SIST EN ISO 22476-5:2013 Procedura B

Št.	OBJEKT	Vrtina	Datum	Gl. test. Odseka [m]	E _{FDT(L1)} [MPa]	E _{FDT(UR1)} [MPa]	E _{FDT(L2)} [MPa]	E _{FDT} [MPa]
1	Most čez savinjsko in podvinsko strugo na LC Žalec - Migojnica	V-1	10.12.2020	7,0	175	768	206	38
2				9,5	147	282	106	31
3				12,5	642	-	679	45
4		V-2	11.12.2020	10,0	141	701	101	64
5				12,5	221	-	102	20
6				15,3	300	-	256	99