



PRILOGA 1A

NASLOVNA STRAN PROJEKTNE DOKUMENTACIJE

INVESTITOR	
INVESTITOR 1	
ime in priimek ali naziv družbe	Eles d.o.o.
naslov ali poslovni naslov družbe	Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana
INVESTITOR 2	
ime in priimek ali naziv družbe	
naslov ali poslovni naslov družbe	
INVESTITOR 3	
ime in priimek ali naziv družbe	
naslov ali poslovni naslov družbe	
PODATKI O GRADNJI	
naziv gradnje	Geološko - geomehanske raziskave na območju stojnega mesta : DV 2x110 kV Brestanica - Hudo SM117
<i>naziv gradnje se določi po namenu glavnega objekta</i>	
VRSTE GRADNJE	<input type="checkbox"/> NOVOGRADNJA - NOVOZGRAJEN OBJEKT
<i>označiti vse ustrezne vrste gradnje</i>	<input type="checkbox"/> NOVOGRADNJA - PRIZIDAVA
	<input checked="" type="checkbox"/> REKONSTRUKCIJA
	<input type="checkbox"/> SPREMEMBA NAMEMBOSTI
	<input type="checkbox"/> ODSTRANITEV CELOTNEGA OBJEKTA
	<input type="checkbox"/> LEGALIZACIJA
	<input type="checkbox"/> MANJŠA REKONSTRUKCIJA
PODATKI O PROJEKTI DOKUMENTACIJI	
vrsta dokumentacije (DPP, DGD, PZI, PZO, PID, DL)	PZI
številka projekta	30/26
datum izdelave	maj.26
datum spremembe	
PODATKI O PROJEKTANTU	
projektant (naziv družbe)	Geoekspert, Iva Resanović s.p.
naslov	Ob Koprivnici 57, 3000 Celje
odgovorna oseba projektanta	Iva Resanovic, dipl. inž. gradb. (UN)
podpis odgovorne osebe projektanta	
PODATKI O IZDELOVALCU OSNOVNEGA PRIKAZA / NAČRTA	
izdelovalec osnovnega prikaza / načrta	Robert Hobljaj, univ. dipl. inž. rud. In geotehnol.
identifikacijska številka	IZS-RG-0153
projektant izdelovalca osnovnega načrta (naziv družbe)	Geoekspert, Iva Resanović s.p.
naslov	Ob Koprivnici 57, 3000 Celje
PODATKI O VODJI PROJEKTIRANJA	
VODJA PROJEKTIRANJA	Robert Hobljaj, univ. dipl. inž. rud. In geotehnol.
identifikacijska številka	IZS-RG-0153
podpis vodje projektiranja	

S.2. KAZALO VSEBINE NAČRTA

Objekt: **Geološko - geomehanske raziskave na območju stojnega mesta :
DV 2x110 kV Brestanica - Hudo SM117**

Vrsta projektne dokumentacije: **Geološko – geotehnični elaborat**

Št.:	Dokument:	Id. oznaka:
Št. mape:		
	Naslovna stran	S.1
	Kazalo vsebine načrta	S.2.
	Tehnično poročilo	T.1.1
	Risbe	G
	Situacija M 1:200	G.1
	Karakteristični vzdolžni prerezi	G.2
	Karakteristični prečni prerezi	G.3
	PRILOGE	P.
	Sondažni razkopi	
	Fotodokumentacija	P.1.1 - P.1.4
	Meritve na površju	
	Poročilo o meritvah z radarjem	P.3

Objekt: **Geološko - geomehanske raziskave na območju stojnega mesta :
DV 2x110 kV Brestanica - Hudo SM117**

Vrsta projektne dokumentacije: **Geološko – geotehnični elaborat**

T.1.1 TEHNIČNO POROČILO

1 UVOD

V skladu s programom ter naročilom podjetja ELES d.o.o. iz Ljubljane smo v začetku aprila opravili geološko geomehanske raziskave (v nadaljevanju GG raziskave) na območju SM117 DV 2x110 kV Brestanica – Hudo (slika 1). Osnovni namen raziskav je ugotoviti sestavo temeljnih tal ter podati predlog(e) dokončne sanacije stojnega mesta. SM117 (stara oznaka SM115) se nahaja na parc. št. 2032 in 2035/2 k.o.1454 Daljni Vrh (občina Novo mesto). Teren je rahlo nagnjen proti S.

V okvirju programa GG raziskav smo izvedli:

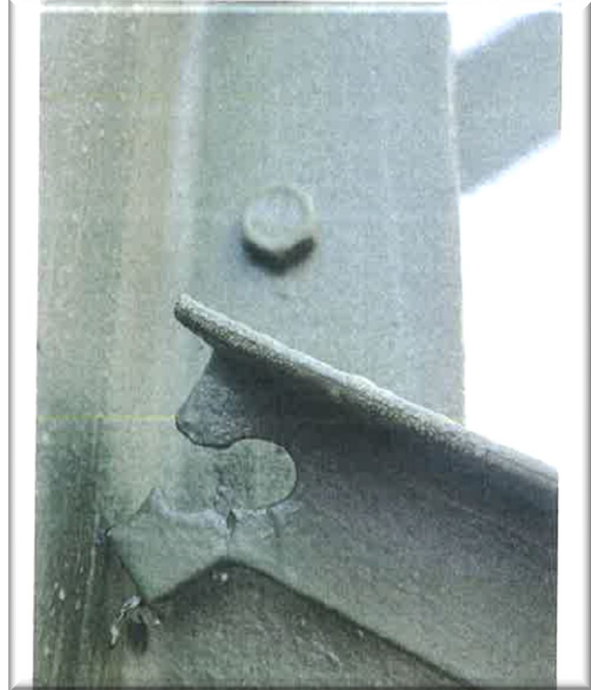
- Inženirsko-geološki pregled območja na SM117.
- Sondažne izkope (4) maksimalne globine do 3m.
- Popise z fotodokumentacijo.
- Meritve z radarjem



Slika 1: Območje raziskav (vir: Google Earth Pro)

2 DOSEDANJE UGOTOVITVE

Poškodba na DV stebru – SM117 (stara oznaka SM115) je bila ugotovljena pri izvedbi antikorozijske zaščite in menjavi označevalne tablice. Pregled in ocena stanja nosilne konstrukcije je bila izvedena s strani izvajalca super kontrole jeklene konstrukcije BUREAU VERITAS, d.o.o.; Roman Švegelj (POR-14-



1275-25_DV 2x110kV-Brestanica-Hudo-SM115-poškodbe, dec. 2025). Prav tako je bil izveden terenski pregled stanja s strani projektanta (IBE) in nadzorom za jekleno konstrukcijo (ELES). Rezultati pregleda sta detajlno podani v poročilu D778 - 7X1119_Poškodba SM115, 11.12.2025

Slika 2: Poškodovana diagonala N1-N4*

Slika 3: Poškodba v priključku na nogo N4*

*Fotografije so povzete iz POR-14-1275-25_DV 2x110kV-Brestanica-Hudo-SM115-poškodbe, dec. 2025, BUREAU VERITAS, d.o.o

3 INŽENIRSKO GEOLOŠKE IN HIDROGEOLOŠKE RAZMERE

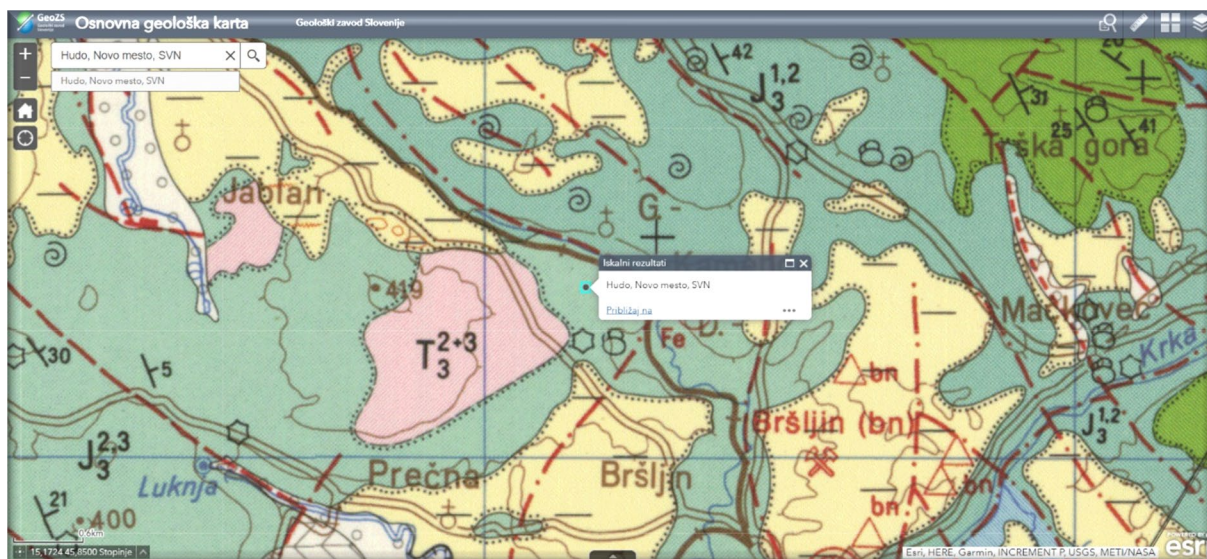
3.1 GEOLOŠKI OPIS TERENA

Po osnovni geološki karti geomorfološko manj razgibano območje gradi bel do siv plastnat apnenec z redkimi plastmi dolomita in oolitni apnenec (zg. kimmeridge, portland). Podlaga je ponekod že na 1,5 m globine. Globina zakraselosti lahko znaša tudi do 10 m ali več (georadarske meritve). V območju stebra so registrirane anomalije (kaverne) delno zapolnjene z glino značilne za kraško območje. Karbonatna podlaga je heterogene sestave ter v precejšnji meri razpokana. Nad podlago nastopa koherentni material v katerem prevladuje peščeno meljna glina rumeno rjave in rdeče barve. V preglednici spodaj podajamo nastopajoče litostratigrafske sloje.

Preglednica 1: Litostratigrafske enote

ENOTA	OPIS LITOSTRATIGRAFSKE ENOTE
J ₃ ^{2,3}	Bel in siv plastnat apnenec z redkimi plastmi dolomita in oolitni apnenec (zg. kimmeridge, portland)

VIR: Tolmač lista Novo mesto L 33-79, Beograd 1977, Geološka karta Slovenije 1:100.000, M. Pleničar, U. Premru



Slika 4: Geološka sestava tal - lokacija označena (vir: OGK100, list Novo mesto)

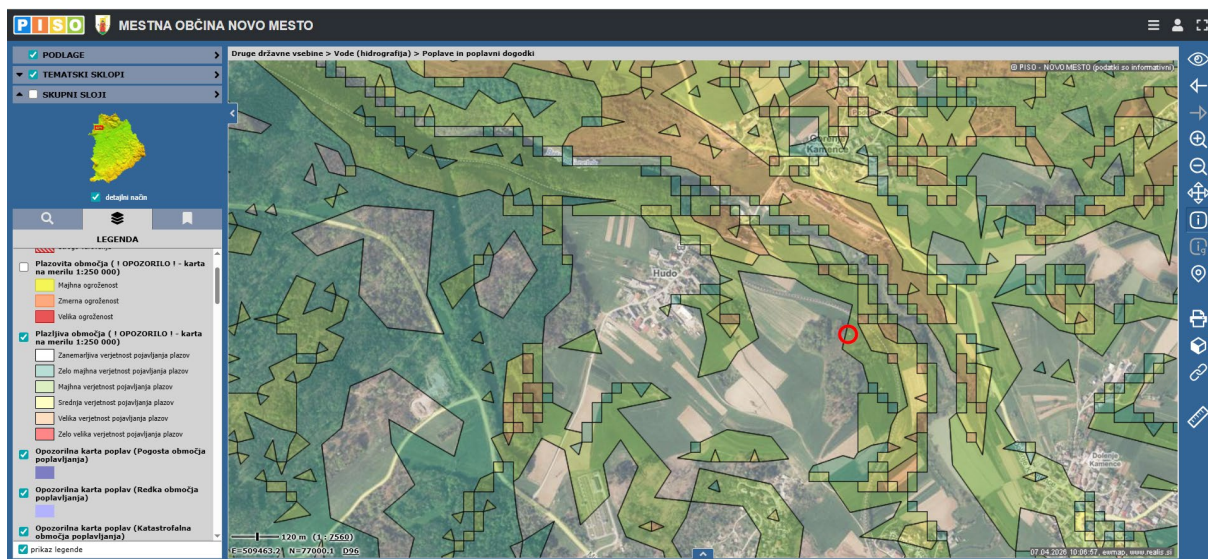
3.2 HIDROGEOLOŠKE RAZMERE

Na obravnavanem območju nastopajo plasti medzrnske in razpoklinske poroznosti, ki tvorijo neznatne vodonosnike z lokalnimi ali omejenimi viri podzemne vode oz. celo brez virov podzemne vode. Nastopajoči litološki členi so slabo vodoprepustni, odvisno od stopnje zakraselosti kamenine ter deleža peščenih frakcij v preperini (glini). V nobenem izmed štirih razkopov nismo registrirali podzemno vodo. Od vodotokov je v širši okolici prisoten Bršljinjski potok. Meteorna voda večinoma pronica v tla v manjši meri pa odteka po pobočju.

Po javno dostopnih podatkih (ARSO, PISO) obravnavana lokacija leži izven območja poplavne in erozijske ogroženosti ter izven vodovarstvenega območja.

3.3 PLAZLJIVOST TERENA

V plazljiva območja uvrščamo zemljišča, katerih je zaradi pojava vode in geološke sestave tal ogrožena stabilnost zemeljskih ali hribinskih sestojev (88. člena zakona o vodah). Po podatkih PISO Novo mesto obravnavani prostor spada v kategorijo, kjer je verjetnost pojavljanja plazov majhna do zelo majhna (slika 5). V času ogleda nismo registrirali nobenih nestabilnih pojavov ali plazenja. Teren na kateri stoji steber daljnovoda je relativno raven in poraščen (podrast). Širši teren vpada proti S.



Slika 5: Plazljiva območja (vir: PISO Novo mesto)

1 TERENSKÉ RAZISKAVE

4.1 SONDAŽNI IZKOPI

V sklopu geološko geomehanskih raziskav smo naredili štiri bagerske (kombinirka) sondažne izkope različne globine in sicer od 1,5 m do 3 m globine. Izkopi so pregledani in fotodokumentirani. Osnovne podatke o lokacijah podajamo v spodnji preglednici. Fotodokumentacijo podajamo v prilogah P1.1 do P.1.4.

Preglednica 2: Osnovni podatki o vrtinah

OZNAKA VRTINE	KOORDINATE VRTIN			Globina [m]	NPV [m]
	x	y	z		
S1 (N2)	45,83175	15,14140	206	2,0	/
S2 (N3)	45,83187	15,14130	204	1,5	/
S3 (N4)	45,83191	15,14143	203	3,0	/
S4 (N4)	45,83191	15,14150	203	3,0	/

Preglednica 3: Inženirsko geološki popis

SONDAŽNI IZKOP	GLOBINA (m)	OPIS MATERIALA
S1	0,00 – 0,20	humus (korenine)
	0,20 – 2,00	peščena glina rjave barve
	> 2,00	kompakten apnenec
S2	0,00 – 0,20	humus
	0,20 – 1,50	peščena glina rjave barve
	> 1,50	kompakten apnenec
S3	0,00 – 0,20	humus
	0,20 – 3,00	peščena glina rjave do rdeče barve
S4	0,00 – 0,20	humus
	0,20 – 3,00	peščena glina rjave do rdeče barve

Zaradi poraščenosti terena ni bilo možno izvesti izkop v bližini noge N1 daljnovidnega stebra. Iz tega razloga sta si izkopa S3 in S4 bližje kot je bilo planirano. Stopnjo in globino zakraselosti ter razpokanosti apnenca ni možno ugotoviti z bagerskim izkopom. Iz tega razloga je v popisu podlaga opisana kot kompaktna.

4.2 GEORADARSKE MERITVE

Georadarske meritve je izvedlo podjetje Georadar, raziskave in svetovanje Kosta Štok s.p. iz Ljubljane. Rezultati so detajlno opisani v »Poročilu o meritvah z georadarsko metodo za potrebe ugotavljanja strukture temeljnih tal pod temelji elektro stebra pri Hudem, Novo mesto«, Ljubljana april 2026 (priloga P.2). V sklopu raziskav je bilo posnetih 6 georadarskih profilov in sicer 3895 (N2-N1), 3896 (N1-N4), 3897 (N3-N4), 3899 (N2-N4), 3901 (N3-N3) ter 3902 (N4-N3 proti JZ). V nadaljevanju povzemamo ključne ugotovitve:

- ❖ Sestava tal je heterogena. V grobem območje DV stebra SM117 gradijo trije sloji: peščena glina (1,0 m - 1,5 m globine), zakraseli (prepereli) karbonati pomešani z glino (1,5 m – 3,0m globine) ter močno razpokana karbonatna podlaga (razpoke zapolnjene z glino).
- ❖ Temelji stebra so na globini ca 3,0 m.
- ❖ V posameznih profilih, zlasti v profilu 3899 na območju N4, so registrirane anomalije, ki jih lahko opredelimo kot sistem povezanih vertikalnih razpok ali delno z glino zapolnjenih kavern.
- ❖ Vsi trije profili 3896, 3897 in 3899 potrjujejo, da na območju N4 prevladuje zemljina nad hribino. Hribina je močno razpokana. Za temelj N1 je ugotovljeno, da najverjetneje leži delno na hribinski osnovi delno na peščeni glini.
- ❖ Heterogenost temeljnih tal ter prisotnost anomalij (vertikalnih sistemov razpok ali celo delno zapolnjenih kavern) so po našem mnenju vzrok nastalih poškodb in deformacij.

2 GEOTEHNIČNE LASTNOSTI TAL

5.1 PROJEKTNI POSPEŠEK TAL

Projektni pospešek tal je po Evrokodu 8 enak največjemu pospešku tal. To je največja absolutna vrednost zapisa pospeška na prostem površju. Projektni pospešek tal na obravnavani lokaciji povzemamo po Karti projektnih pospeškov in znaša $a_g = 0,250$ g. V skladu s preglednico 3.1 (SIST EN 1998-1) tla na lokaciji ustrezajo tipu tal A.

Preglednica 4: Tip tal po EC8 in SIST EN 1998-1

Tip tal	Opis stratigrafskega profila	Parametri		
		$V_{s,30}$	NSPT	C_u
		(m/s)	(ud./30cm)	(kPa)
A	Skala ali druga skali podobna geološka formacija, na kateri je največ 5 m preperine; koeficient tal = 1,0	> 800	-	-

3 PREDLOG STABILIZACIJE TEMELJEV

Na podlagi izvedenih georadarskih raziskav in ugotovljene heterogenosti temeljnih tal bo za zagotovitev dolgoročne stabilnosti potrebno izvesti sanacijo celotnega stojnega mesta stebra SM117. Zaradi prisotnosti močno razpokanih karbonatnih plasti, lokalnih kavern ter neenakomernih deformacij temeljnih tal je predvidena izvedba sistema globokega temeljenja z uporabo GEWI pilotov.

Sanacija bo obsegala izvedbo GEWI pilotov, ki bodo sidrani oziroma vpeti v nosilno karbonatno hribino pod območjem razpokanih in preperelih slojev. Namen pilotov je prenos obtežbe stebra na globlje, nosilnejše sloje ter zmanjšanje nadaljnjih posedkov in deformacij konstrukcije.

Posamezni piloti bodo medsebojno povezani z armiranobetonsko gredo, ki bo objela obstoječe temelje oziroma noge stebra. Na ta način bo vzpostavljen tog in enoten konstrukcijski sistem, ki bo omogočil prerazporeditev obtežb ter stabilizacijo celotnega stojnega mesta. Predvidena rešitev bo zmanjšala vpliv heterogenih temeljnih tal in omejila možnost nadaljnjih diferencialnih pomikov temeljev stebra.

4 ZAKLJUČEK

GG raziskave v okvirju katerih smo inženirsko geološko pregledali teren, izvedli sondažne izkope in georadarske meritve so pokazale, da so temeljna tla heterogena. Temelji, ki segajo do globine ca 3,0 m, so vkopani v različne sloje. Temelja N2 in N3 se nahajata v približno enaki hribinski osnovi tj. zakraseli karbonatni osnovi zapolnjeni z peščeno glino. Temelj N1 se delno nahaja na zakraseli hribinski osnovi delno na peščeni glini. Izstopa temelj N4 ki se v celoti nahaja v peščeni glini, ki prevladuje nad hribinsko osnovo. V neposredni bližini je ugotovljena anomalija – sistem vertikalnih razpok ali kavern zapolnjenih z glino. Poudariti je potrebno, da se pod prehodnih slojem zakraselega apnenca nahaja globlji sloj razpokanega apnenca katerega razpoke so najverjetneje zapolnjene z glino. Razpokani karbonati prevladujejo vse do 9 m globine.

Ugotovljena heterogena sestava je po našem mnenju razlog za diferencialne pomike temeljev stebra ter posledično za nastale poškodbe in deformacije.

Na osnovi rezultatov GG raziskav predlagamo:

- ❖ Sanacija bo obsegala izvedbo GEWI pilotov, ki bodo sidrani oziroma vpeti v nosilno karbonatno hribino pod območjem razpokanih in preperelih slojev, skupaj povezanih z gredo in temelji stojnega mesta.
- ❖ Po sanaciji izvedbo geodetskega opazovanja za daljše obdobje.
- ❖ GG raziskave razširiti tudi na območju sosednjega stebra dvosistemskega daljnovoda.

Celje, april 2024

Obdelala:
Iva Resanovič, dipl.inž.grad.
Robert Hobljaj, univ.dipl.inž.rud.

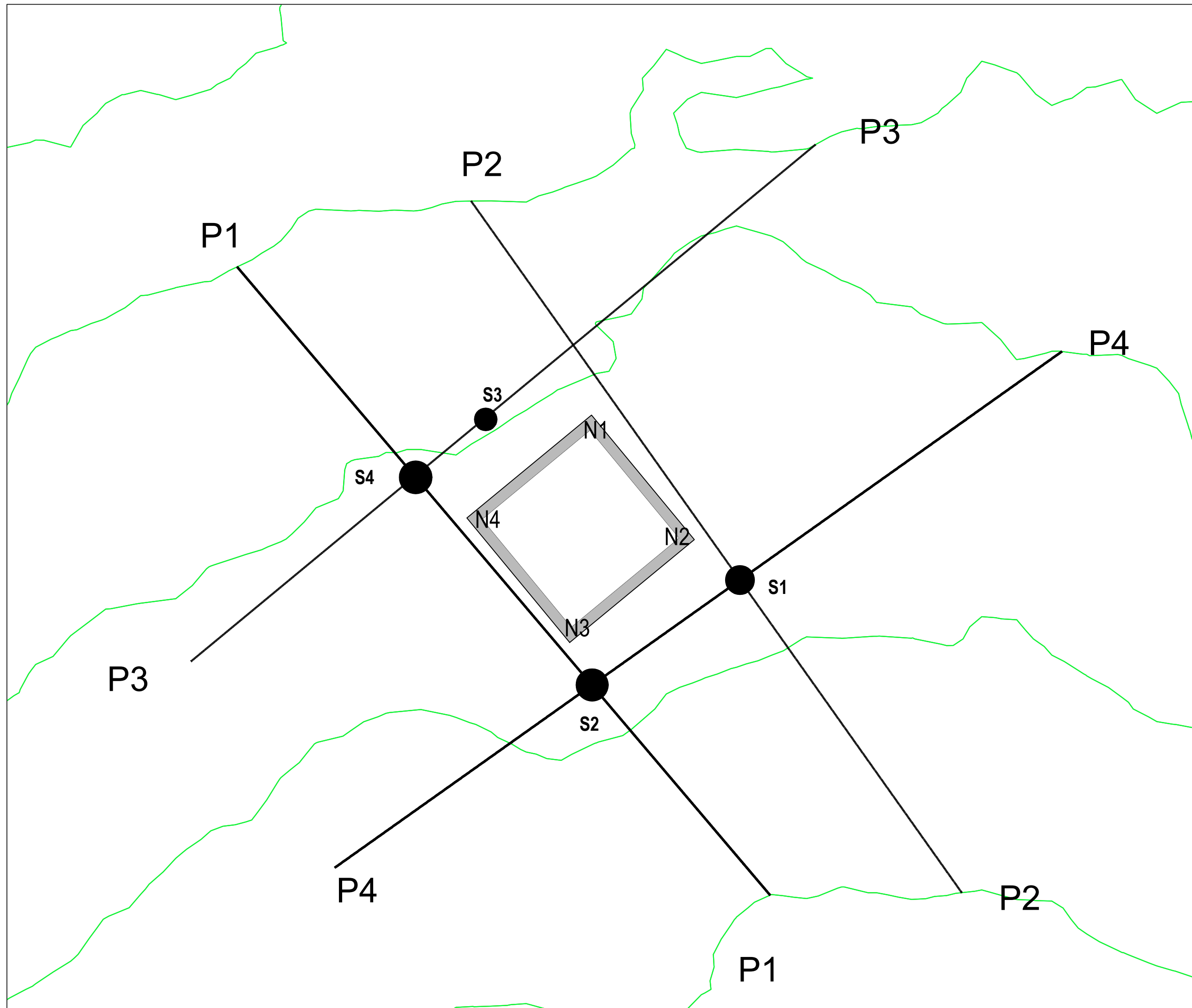
Objekt: **Geološko - geomehanske raziskave na območju stojnega mesta :**

DV 2x110 kV Brestanica - Hudo SM117

Vrsta projektne
dokumentacije:

Geološko – geotehnični elaborat

Št.:	Dokument:	Id. oznaka:
Št. mape:		
	Risbe	G
	Situacija vrtin M 1:200	G.1
	Prečni prerez P1	G.2
	Prečni prerez P2	G.3



NEPOOBLAŠČENO KOPIRANJE IN RAZMNOŽEVANJE NI DOVOLJENO

OBJEKT: **Geološko geotehnično poročilo za SM 117 DV 2x110 kV Brestanica-Hudo**

IZVAJALEC:

INVESTITOR: **ELES D.O.O.
HAJDRIHOVA 2
1000 LJUBLAJNA**



NAČRT:
GEOLOŠKO GEOTEHNIČNO POROČILO

ŠT. NAČRTA
30/26

ŠT. PROJEKTA
30/26

RISBA:
GRADBENA SITUACIJA SANACIJE STOJNEGA MESTA

FAZA PROJEKTA: PZI

VODJA PROJEKTA:
Robert Hoblaj, univ.dipl.inž.rud
Identifikacijska številka: IZS RG-0153

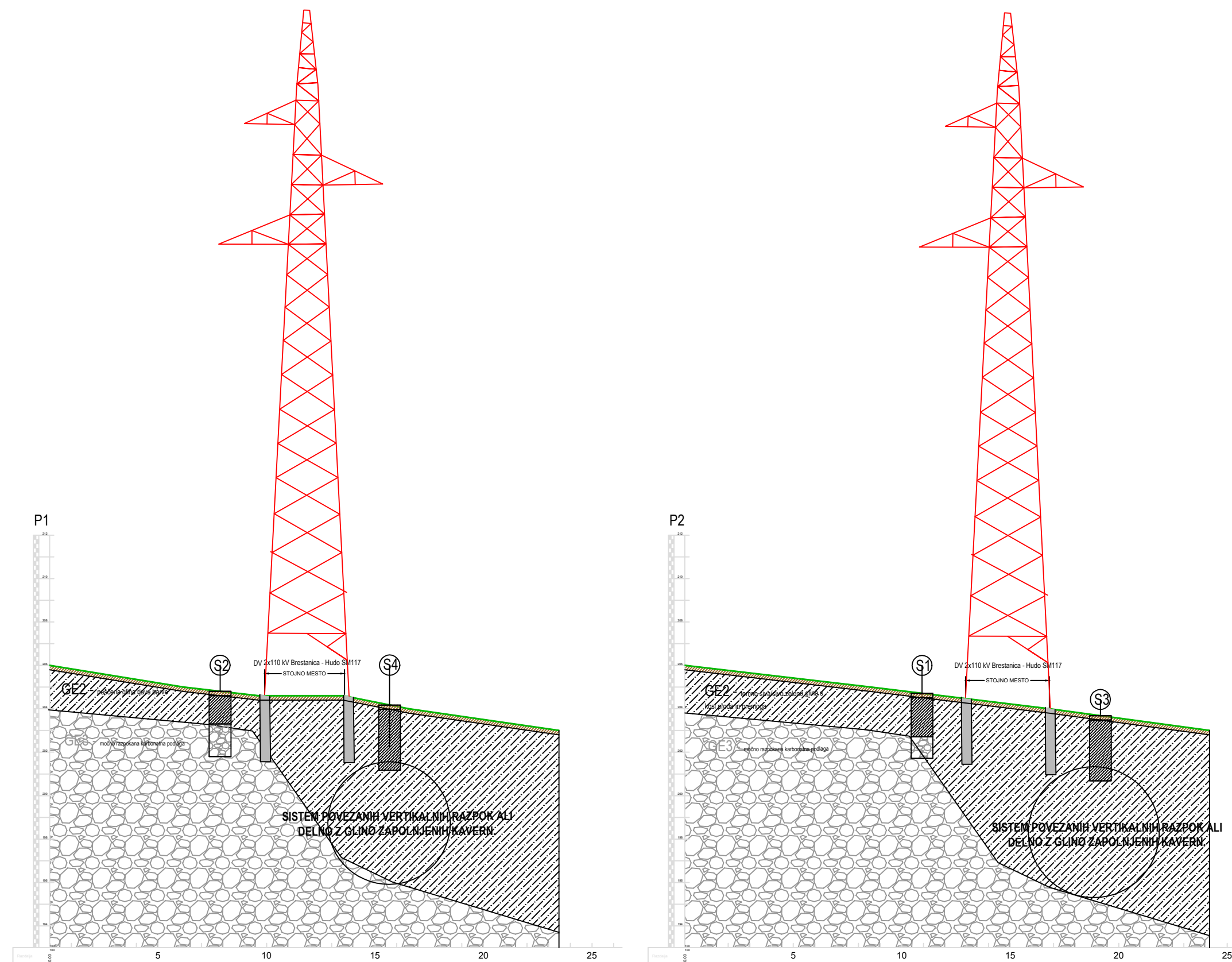
MERILO: 1:100

POOBLAŠČENI INŽENIR:
Robert Hoblaj, univ.dipl.inž.rud
Identifikacijska številka: IZS RG-0153

DATUM: maj 2026

IZDELAL:
Iva Resanovič, dipl. inž. grad. (UN)

LIST ŠTEVILKA: G.1



NEPOOBLAŠČENO KOPIRANJE IN RAZMNOŽEVANJE NI DOVOLJENO

OBJEKT: **Geološko geotehnično poročilo za SM 117 DV 2x110 kV Brestanica-Hudo**

IZVAJALEC:

Geoekspert
 PODJETJE ZA UPORABNO GEOTEHNIKO
 IVA RESANOVIČ s.p.
 Identifikacijska številka podjetja: 0679

INVESTITOR: **ELES D.O.O.
 HAJDRIOVA 2
 1000 LJUBLAJNA**

NAČRT:
GEOLOŠKO GEOTEHNIČNO POROČILO

ŠT. NAČRTA
 30/26

ŠT. PROJEKTA
 30/26

RISBA:
PREČNI PREREZ

FAZA PROJEKTA: PZI

VODJA PROJEKTA:
 Robert Hoblaj, univ.dipl.inž.rud
 Identifikacijska številka: IZS RG-0153

MERILO: 1:100

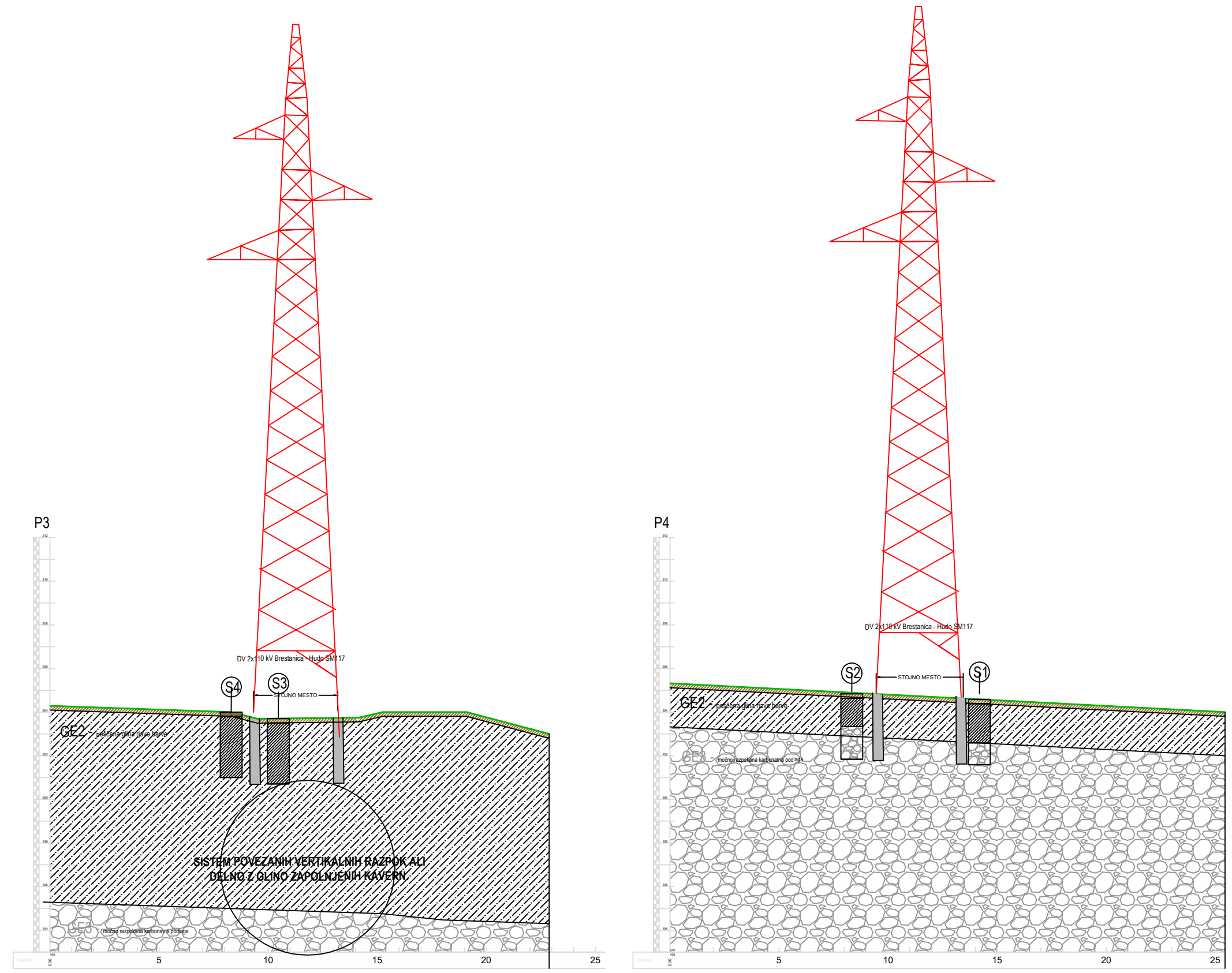
POOBLAŠČENI INŽENIR:
 Robert Hoblaj, univ.dipl.inž.rud

DATUM: maj 2026


Identifikacijska številka: IZS RG-0153

IZDELAL:
 Iva Resanovič, dipl. inž. grad. (UN)

LIST ŠTEVILKA: G.2



NEPOOBLAŠČENO KOPIRANJE IN RAZMNOŽEVANJE NI DOVOLJENO

OBJEKT: Geološko geotehnično poročilo za SM 117 DV 2x110 kV Brestanica-Hudo		IZVAJALEC:  PODJETJE ZA UPORABNO GEOTEHNIKO IVA RESANOVIČ s.p. Identifikacijska številka podjetja: 0679
INVESTITOR: ELES D.O.O. HAJDRIOVA 2 1000 LJUBLAJNA		
NAČRT: GEOLOŠKO GEOTEHNIČNO POROČILO	ŠT. NAČRTA 30/26	ŠT. PROJEKTA 30/26
RISBA: PREČNI PRREZ	FAZA PROJEKTA: PZI	
VODJA PROJEKTA: Robert Hoblaj, univ.dipl.inž.rud Identifikacijska številka: IZS RG-0153	MERILO: 1:100	
POOBLAŠČENI INŽENIR: Robert Hoblaj, univ.dipl.inž.rud Identifikacijska številka: IZS RG-0153	DATUM: maj 2026	
IZDELAL: Iva Resanović, dipl. inž. grad. (UN)	LIST ŠTEVILKA: G.3	

Objekt: **Geološko - geomehanske raziskave na območju stojnega mesta :
DV 2x110 kV Brestanica - Hudo SM117**

Vrsta projektne dokumentacije: **Geološko – geotehnični elaborat**

Št.:		Dokument:	Id. oznaka:
Št. mape:			
		PRILOGE	P.
		Sondažne vrtine	
		Fotodokumentacija	P.1.1 - P.1.4

DV 2x110 kV BRESTANICA - HUDO SM117
SONDAŽNI RAZKOP S1



DV 2x110 kV BRESTANICA - HUDO SM117

SONDAŽNI RAZKOP S2



DV 2x110 kV BRESTANICA - HUDO SM117
SONDAŽNI RAZKOP S3



DV 2x110 kV BRESTANICA - HUDO SM117
SONDAŽNI RAZKOP S4



Objekt: **Geološko - geomehanske raziskave na območju stojnega mesta :
DV 2x110 kV Brestanica - Hudo SM117**

Vrsta projektne dokumentacije: **Geološko – geotehnični elaborat**

Št.:		Dokument:	Id. oznaka:
Št. mape:			
		PRILOGE	P.
		Meritve na površju	
		Poročilo o meritvah z radarjem	P.2

Projekt:

**POROČILO MERITEV Z GEORADARSKO METODO ZA POTREBE
UGOTAVLJANJA STRUKTURE TEMELJNIH TAL , POD TEMELJI
ELEKTRO STEBRA PRI HUDEM, NOVO MESTO**



Izvajalec georadarskih meritev:

GEORADAR, raziskave in svetovanje, Kosta Štok s.p.,
Vurnikova 2, 1000 Ljubljana

Meritev izvedel:

Kosta Štok, dipl. arheol. (UNI), georadarski tehnik

1 UVOD.....	3
2 POTEK MERITEV.....	3
3 DISPOZICIJA MERITEV Z GEORADARSKO METODO.....	6
4 GEORADARSKI PROFILI IN UGOTOVITVE.....	7
5 ZAKLJUČEK.....	14

PRILOGE

I_GEORADARSKI PROFILI

1 UVOD

Dne 9. aprila 2026, smo na lokaciji elektrostebra, pri Hudem, izvedli georadarske meritve. Namen izvedbe meritev z georadarsko metodo je bil dokumentirati strukturo tal pod točkovnimi temelji stebra ter evidentirati strukturo tal in evidentirati morebitne v spremembe na območju temeljenja.

Meritve so bile izvedene zaradi opaženega in izmerjenega diferencialnega pomika stebra.

2 POTEK MERITEV

Opis objekta in izvedenih meritev

V sklopu raziskave je bilo izvedenih skupno 6 georadarskih profilov, zadnji profil je bil posnet z namenom pridobitve širše slike območja, medtem ko so bili ostali profili izvedeni okoli temeljev stebra. Profile smo razporedili tako, da so omogočili celovit vpogled v strukturo tal pod temelji. Interpretirani georadarski profili so predstavljeni v 3 poglavju poročila.



Slika 1: Lokacija meritve z georadarsko metodo. Z rdečo je označeno območje meritev okoli stebra.

Tehnični podatki o meritvi – uporabljen instrumentarij

Georadarske meritve smo izvedli z 100 MHz zakrito anteno švedskega proizvajalca georadarske opreme Mala GeoScience. 100 MHz anteno smo uporabili, ker ima dober globinski doseg in je zaradi relativno debelega sloja sedimenta najbolj zanesljiva v takšni meritvi, saj se signal ne zaduši antena doseže želeno globino.

Uporabili smo naslednje nastavitve antene:

- število vzorcev/sled: 512
- število bitov/vzorec: 8 bit
- dielektrična konstanta: 8
- število sledi na sekundo: 64

Glede na vremenske razmere, meritve so potekale v relativno suhem in toplim vremenu, in poznavanje strukture zemljine smo pričakovali, da bi z georadarjem lahko dosegli globino 10 m. Na globinski doseg vpliva nekaj dejavnikov. Od naravnih sta pomembna dušenje (zmanjševanje amplitude) in odbojne značilnosti meje, kjer pride do sprememb električnih lastnosti kamnin in zemljine. Amplituda radarskega vira se zmanjšuje zaradi sferičnega oddaljevanja EM valovanja od antene.

Kalibracija hitrosti merjenega medija ni bila izvedena, ker gre za teren ki je po svoji sestavi heterogen, zato smo pri analizi upoštevali arbitrarno hitrost za sediment - glino, z vložki grušča $v = 0.07$ m/ns. Pomembno je izpostaviti, da pri navedenih globinah v profilih govorimo o kalibriranih globinah za to hitrost in lahko v realnih izmerah pride do odstopanj.

Table 12.3 Table of relative dielectric constants and radiowave velocities for a range of geological and man-made materials

Material	ϵ_r	V (mm/ns)
Air	1	300
Water (fresh)	81	33
Water (sea)	81	33
Polar snow	1.4–3	194–252
Polar ice	3–3.15	168
Temperate ice	3.2	167
Pure ice	3.2	167
Freshwater lake ice	4	150
Sea ice	2.5–8	78–157
Permafrost	1–8	106–300
Coastal sand (dry)	10	95
Sand (dry)	3–6	120–170
Sand (wet)	25–30	55–60
Silt (wet)	10	95
Clay (wet)	8–15	86–110
Clay soil (dry)	3	173
Marsh	12	86
Agricultural land	15	77
Pastoral land	13	83
Average 'soil'	16	75
Granite	5–8	106–130
Limestone	7–9	100–113
Dolomite	6.8–8	106–115
Basalt (wet)	8	106
Shale (wet)	7	113
Sandstone (wet)	6	112
Coal	4–5	134–150
Quartz	4.3	145
Concrete	6–30	55–112
Asphalt	3–5	134–173
PVC, Epoxy, Polyesters	3	173

Data from Johnson *et al.* (1979), McCann *et al.* (1988), Morey (1974), Reynolds (1990b, 1991b)

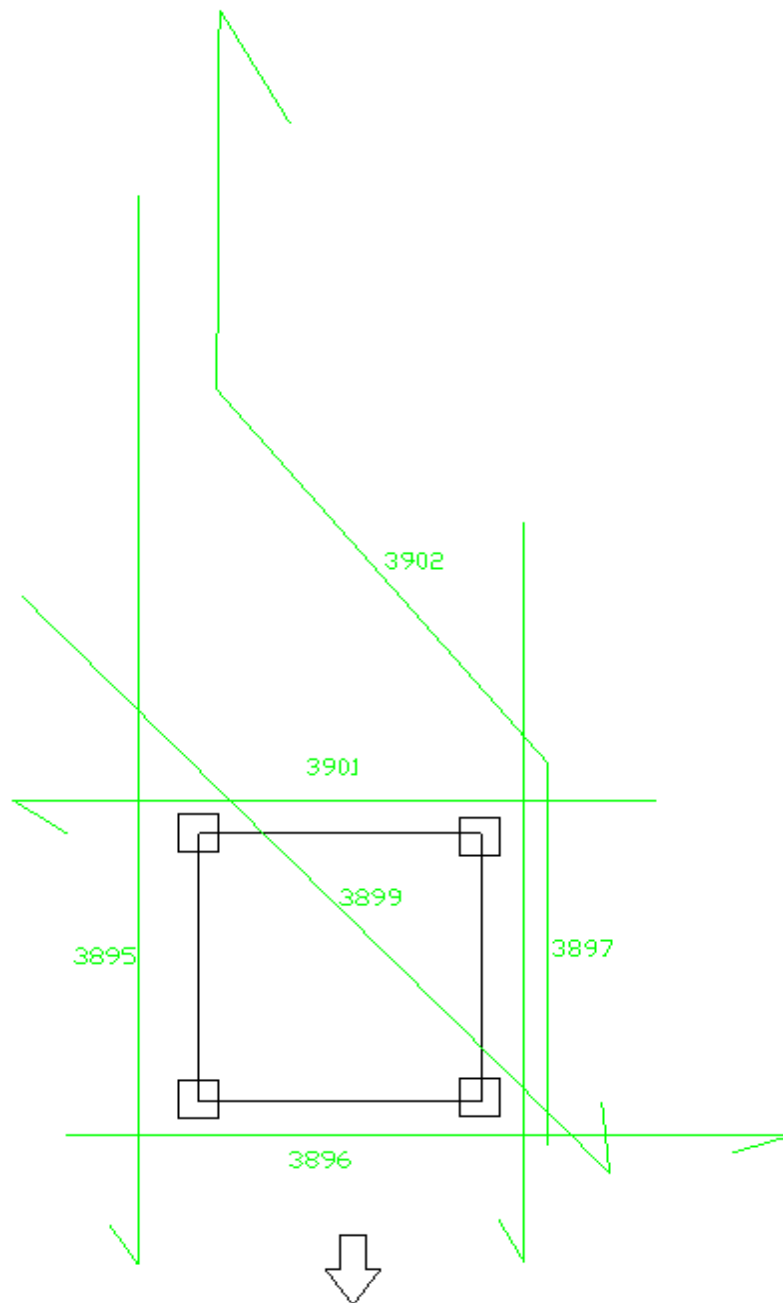
Slika 2: Podatki o hitrostih in dielektrični konstantah merjenih reflektorjev. (Conyers, 2004)

Georadarski sistemi delujejo tako, da se visokofrekvenčni elektromagnetni valovi oddajajo v tla, valovi pa se ob stiku z različnimi materiali odbijejo nazaj. Odbiti signali se beležijo v časovni domeni, kar pomeni, da sistem beleži, koliko časa je trajalo, da so se radarski valovi vrnili. Ta čas imenujemo "two way time". Čas potovanja je odvisen od globine odbojnih površin in lastnosti materialov, na katere naletimo. Ker georadarski signal potuje z znano hitrostjo skozi različne materiale, je čas poti povezan z globino podpovršinskih značilnosti. Z analizo časa, ki je potreben, da se signali vrnejo iz različnih globin, je mogoče določiti položaj predmetov ali struktur pod površjem.

Akvizicijo georadarskih profilov smo izvedli s programom Groundvision2, medtem smo analizo in interpretacijo uporabili programa MalaVision in Geolitix. Podatki ki smo jih z meritvijo so bili zelo dobri in čitljivi in so omogočali dobro analizo "in situ", z upoštevanjem hitrosti pri nadaljnji analizi smo poleg časovne korekcije (hyperbola fitting) in uporabe odstranitve odstopanja električnega toka (DC removal filter) uporabili še ojačitev signala (AGC) in pasovno odstranitev določenih frekvenčnih spektrov, ki so izpostavili spremembe v strukturi tal.

3 DISPOZICIJA PREGLEDA Z GEORADARSKO METODO

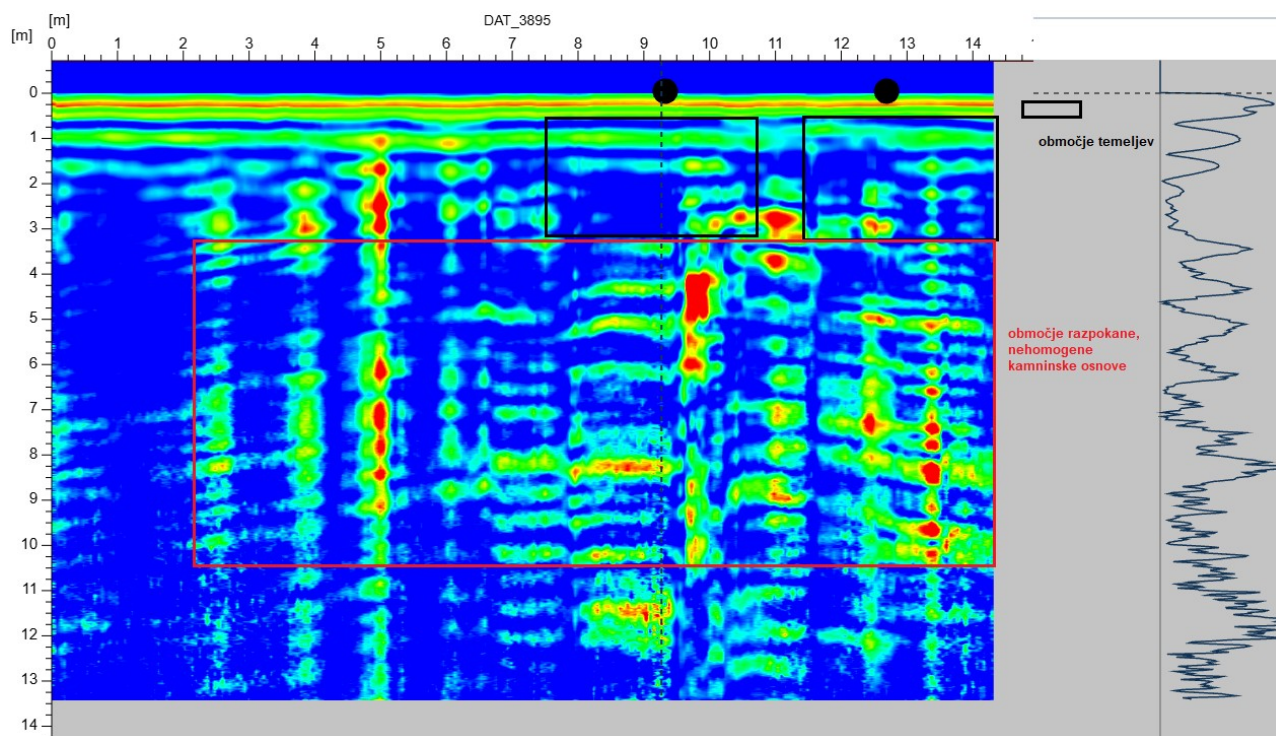
V dispoziciji so vektorsko prikazani izvedeni in analizirani profili.



železniška proga

4 GEORADARSKI PROFILI IN UGOTOVITVE

Georadarski profil 3895

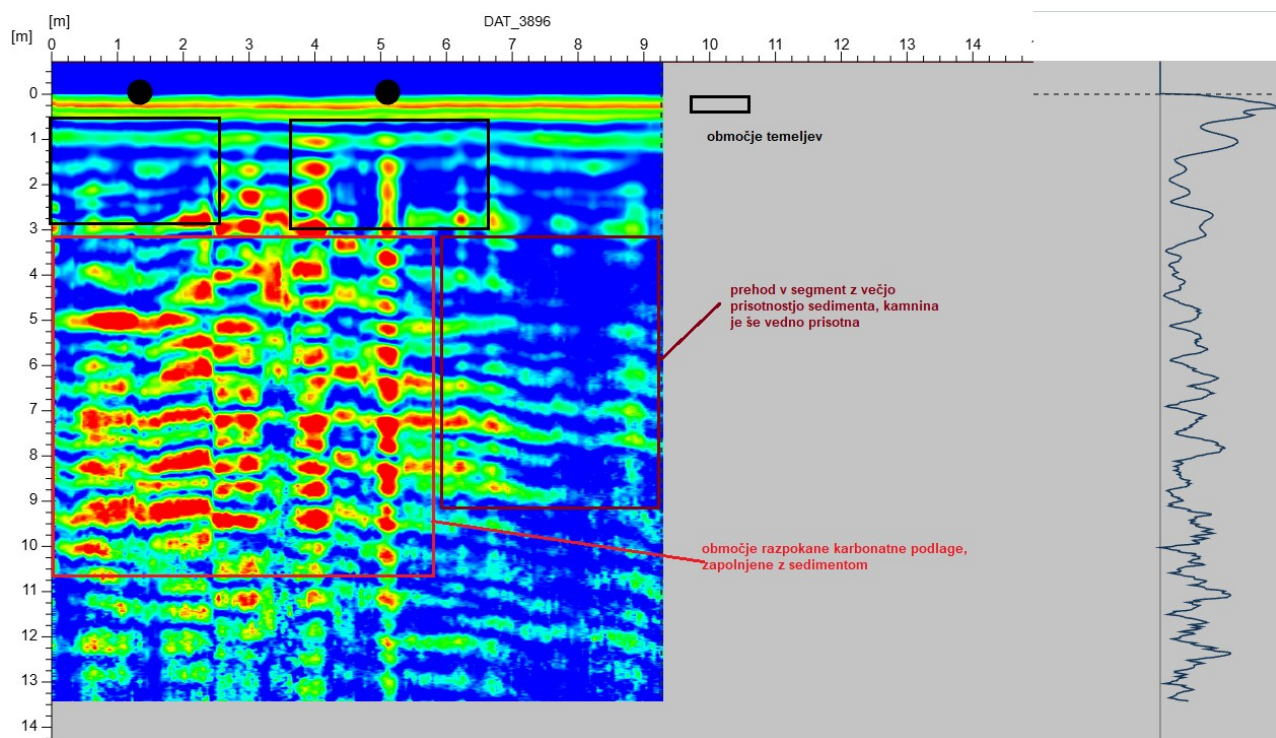


Georadarski profil 3895 je bil izveden na desni strani elektro stebra (smer železniška proga). Podatki pa so bili obdelani z ustaljenimi postopki za odstranjevanje šuma in poudarjanje odbojnih značilnosti. Na podlagi dielektričnih lastnosti tal uporabljena hitrost širjenja elektromagnetnega signala je 0,07 m/ns. Na profilu se jasno odraža stratigrafija območja, kjer je postavljen elektro steber in bi jo lahko razdelili na tri glavne segmente. V zgornjem delu profila, do globine približno 1,0 do 1,5 m, prevladuje sedimentni pokrov (prevladuje ilovnato glinast material slabše konsistence), z malo primesmi grušča in večjih kamnitih blokov. Material je relativno homogen, z zmerno prisotnostjo vlage in je kontrasten glede na raščeno kamninsko osnovo. prevladujejo izraziti in vodoravni odboji, ki so posledica homogene strukture sedimenta.

Pod tem slojem, približno med globinama 1,5 in 3,0 m, je zaznano prehodno območje z vedno bolj razpršenimi in motenimi odboji. Ta del pripisujemo zmerno do močno zbitemu sedimentu - glini, ponekod z vključenim gruščem; sedimentni pokrov prehaja v razpokan zgornji del raščene kamninske osnove, ki jo v tem primeru predstavlja preperela razpokana karbonatna kamnina. Na profilu so vidne zapolnitve razpok v kamnini z

sedimentom. Na globini okoli 3 m, kjer se po oceni georadarja nahaja tudi dno temeljev elektro strebra, začne prehajati kamnita preperina pomešana s sedimentom v območje razpokanega apnenca; prehod je razgiban, karbonatna kamninska osnova pa je izrazito razpokana, manj preperela, razpoke so pa zapolnjene s sedimentom. Glede na podatke georadarja se najbolj razpokan segment z večjimi razpokami zapolnjenimi s sedimentom nahaja na dolžini profila med 12 m in 14 m, torej ravno desnim spodnjim temeljem (smer železniška proga). Razpoke v kamnini segajo, glede na podatke georadarja vsaj do globine 10 m.

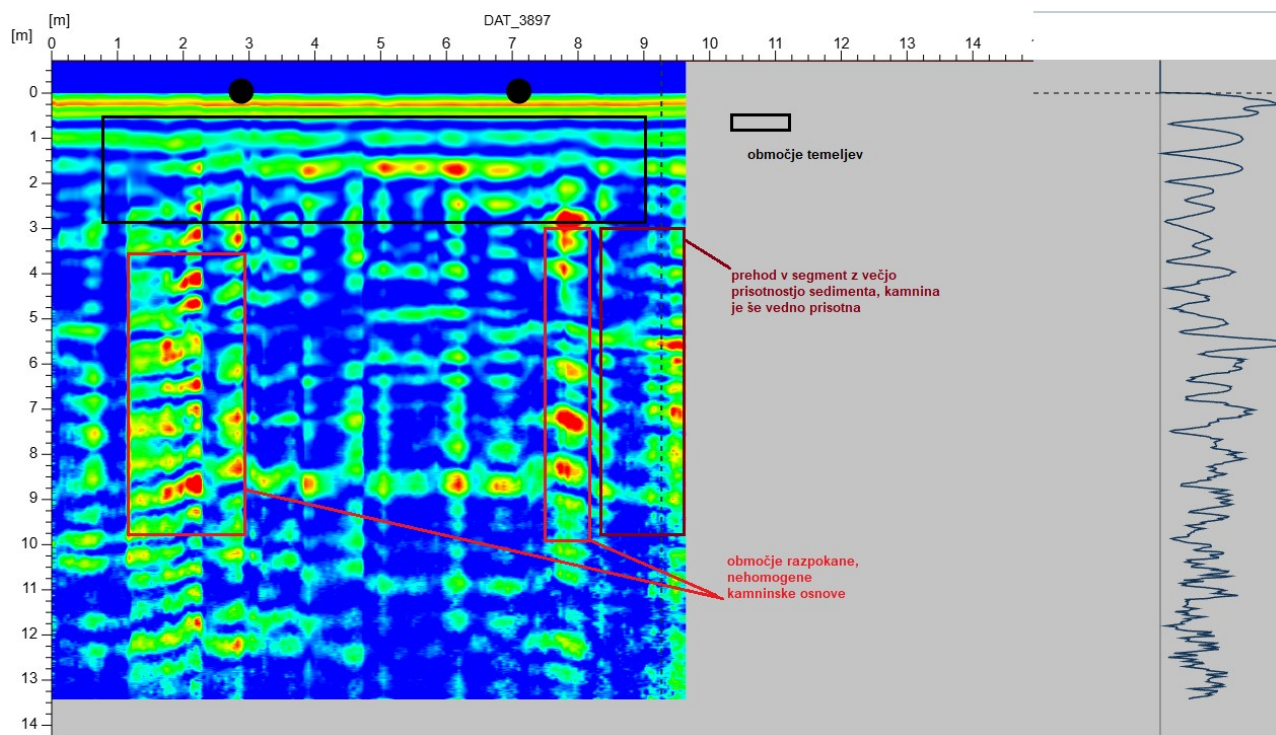
Georadarski profil 3896



Georadarski profil 3896 je bil izmerjen pravokotno na georadarski profil 3895 in je prav tako potekal mimo elektrostebra na spodnji strani (stran železniške proge). Na podlagi dielektričnih lastnosti tal uporabljena hitrost širjenja elektromagnetnega signala je 0,07 m/ns. V profilu se nadaljuje že posneto stanje, ki jo je georadar posnel na koncu profila 3895, georadar je zaznal močno razpokano karbonatno podlago od globine 3 naprej, vse do globine okoli 10 metrov. Območje pod temelji, ki se nahajajo na globini okoli 2,9 m; temelji so umeščeni v območje, kjer preperela kamnina začne prehajati v močno

razpokano izrazito nehomogeno karbonatno podlago, ki je povsem zapolnjena s sedimentom. Na delu profila med 6 m in 9 m dolžine prevladuje sediment, z verjetnimi manjšimi kamninskimi vložki in razpokanimi bloki apnenca, zato lahko sklepamo, na podlagi meritve, da gre za večji zapolnjen kraški vsek ali razširjeno območje razpokanega apnenca v katerem prevladuje sediment. Temelj na dolžini profila na 5,1 m verjetno delno leži na razpokani, zapolnjeni kamnini, delno pa na sedimentu.

Georadarski profil 3897



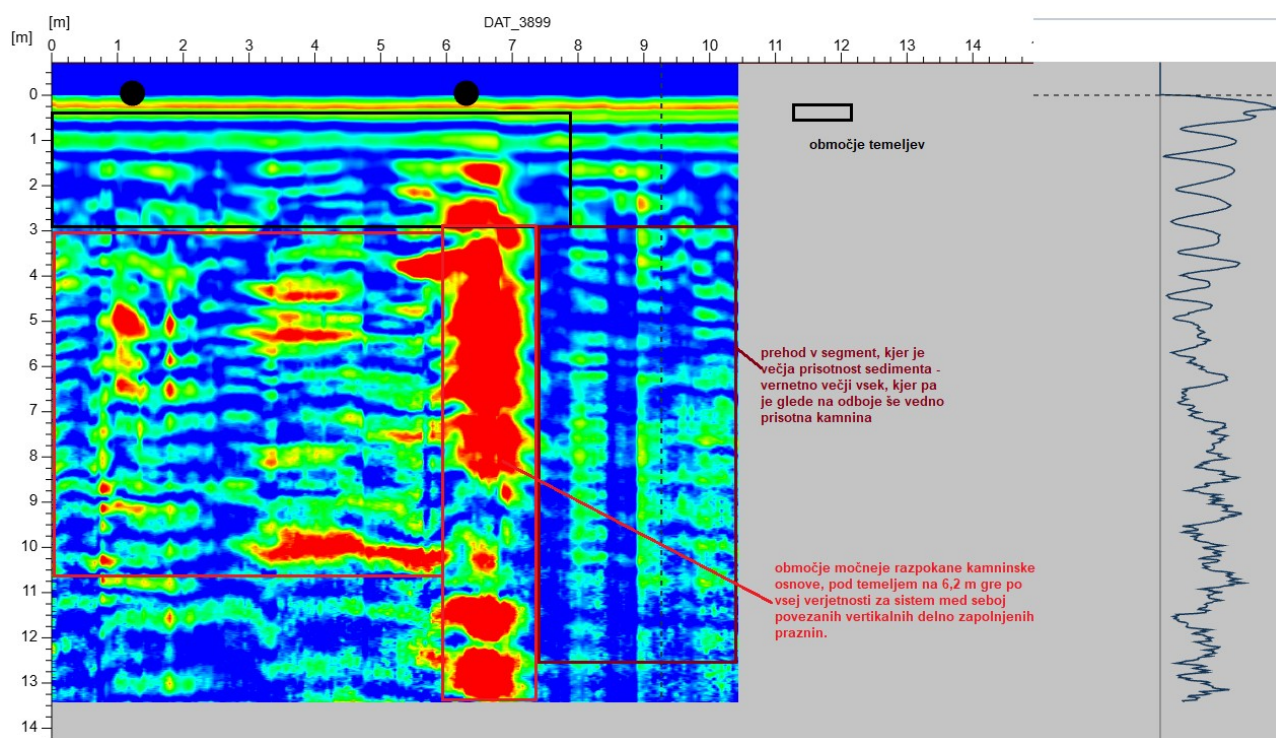
Georadarski profil 3897 je bil izveden na levi strani elektro stebra (smer železniška proga), v isti smeri kot profil 3895. Podatki pa so bili obdelani z ustaljenimi postopki za odstranjevanje šuma in poudarjanje odbojnih značilnosti. Na podlagi dielektričnih lastnosti tal uporabljena hitrost širjenja elektromagnetnega signala je 0,07 m/ns.

Pod površinskim slojem se nahaja prehodno območje, na globini med 1,2 do 3 m, kjer odboji postanejo delno prekinjeni in razpršeni; v tem primeru gre za že znano območje preperle kamnine in zgornjemu pasu razpokane karbonatne podlage; po celotnem delu so prisotne zapolnitve razpok z sedimentom.

V območju pod 3 m globine je georadar ponovno zaznal izrazito heterogenost karbonatne kamninske osnove. V levem delu profila med 1,5 in 3,5 m, prevladuje razpokan apnenec, kamnina je močno razpokana, struktura kamna pa kaže na razčlenjeno strukturo. V delu profila med 3,5 in 6 m se odboj spremeni; signal je bolj homogen, z manjšo amplitudo in slabšo kontinuiteto odbojev, kar je značilno za sedimente (gline, ilovnat material). Zato lahko na podlagi tega zaključimo, da gre v tem delu profila za večji vsek sedimenta. Na delu profila med 6 in 9 m, se ponovno pojavijo odboji, ki kažejo na prisotnost razpokane kamnine, zato gre v tem delu predvsem za prehodno območje, kjer se sta prisotnost razpokane kamnine in sedimenta povsem prepletena in je podlaga heterogena.

Območje temeljev se nahaja približno na 3 m in 7,1 m dolžine profila. Levi temelj je umeščen na rob segmenta, kjer prevladuje razpokan apnenec. Nasprotno pa se desni temelj nahaja v prehodnem območju med razpokano kamnino in sedimentno zapolnjeno strukturo. Jasna je sprememba v sestavi in strukturi tal, kjer se razpokan apnenec prehaja v sedimentno zapolnjeno kraško območje in nato v heterogeno območje, kjer sta prisotna tako razpokana kamnina in sediment.

Georadarski profil 3899



Georadarski profil 3899 je bil izmerjen diagonalno od začetka profila 3895 do konca profila 3897, torej desnega zgornjega vogala do levega spodnjega vogala elektro strebra. Na podlagi dielektričnih lastnosti tal uporabljena hitrost širjenja elektromagnetnega signala je 0,07 m/ns.

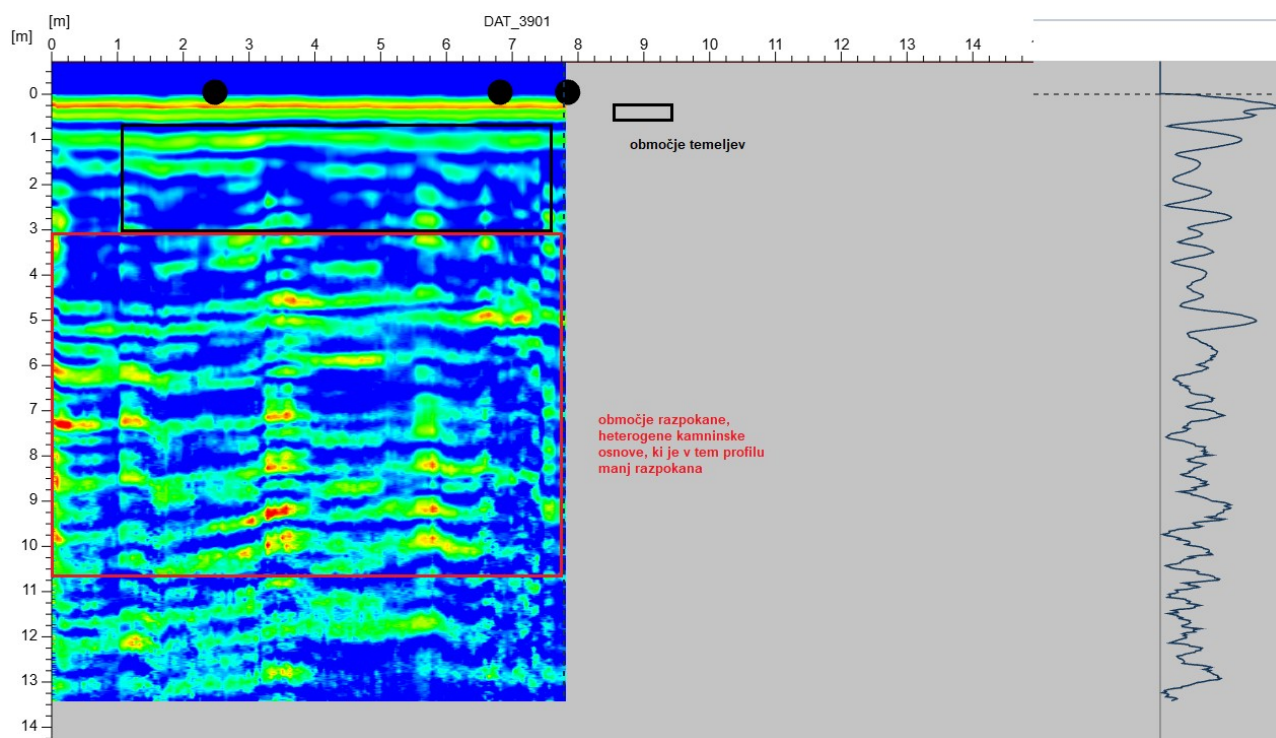
Pod površinskim slojem se nahaja prehodno območje, na globini med 1,2 do 3 m, kjer odboji postanejo delno prekinjeni in razpršeni; v tem primeru gre za že znano območje preperele kamnine in zgornjemu pasu razpokane karbonatne podlage; po celotnem delu so prisotne zapolnitve razpok z sedimentom.

V območju pod 3 m globine je georadar ponovno zaznal izrazito heterogenost karbonatne kamninske osnove. V levem delu profila, na dolžini med 1,5 in 3,5 m prevladuje razpokan apnenec; kamnina iz preperele prehaja v razpokano karbonatno podlago na globini med 3 in 3,5 m globine; razpoke so zapolnjene s sedimentom. V srednjem delu profila, na dolžini profila med 3,5 in 6 m; signal je bolj homogen, z manjšo amplitudo in slabšo kontinuiteto odbojev, kar je značilno za sedimente (gline, ilovnat material). Med 6 in 7,5 m dolžine profila je georadar zaznal vertikalno strukturo, kjer gre verjetno za vertikalni sistem med seboj povezanih delno zapolnjenih praznin, ki sega vsaj do globine 8 m. V delu profila med 7,5 in 9 m se ponovno pojavijo odboji, ki kažejo na prisotnost razpokane kamnine, zato gre v tem delu predvsem za prehodno območje, kjer se sta prisotnost razpokane kamnine in sedimenta povsem prepletena in je podlaga heterogena.

Območje temeljev se nahaja približno na 1,2 m in 6,3 m dolžine profila. Levi temelj je umeščen v območje, kjer prevladuje razpokan apnenec z relativno boljšo kontinuiteto. Nasprotno pa je desni temelj umeščen v območje izrazite anomalije in prehodnega območja, kjer se razpokan apnenec prepleta s sedimentnimi zapolnitvami. Podlaga v tem območju je izrazito heterogena.

Kot ključno je treba izpostaviti prisotnost vertikalne anomalije, kot tudi heterogeno strukturo tal in izmenjavanje sedimenta in razpokane kamnine. Takšna neenotnost podlage je ključna povečanje verjetnosti diferencialnih pomikov temeljev.

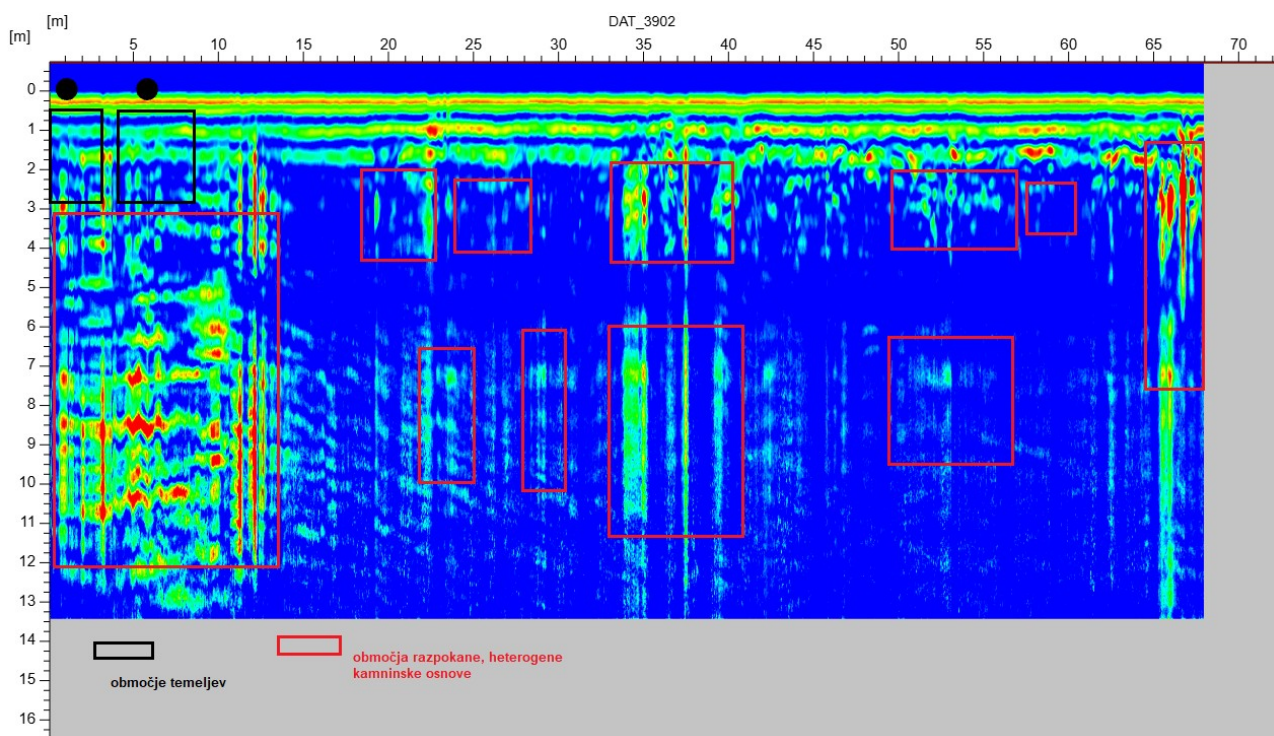
Georadarski profil 3901



Georadarski profil 3901 je bil izmerjen na zgornji stranici elektro stebra, med pravokotno na profila 3895 in 3897. Na podlagi dielektričnih lastnosti tal uporabljena hitrost širjenja elektromagnetnega signala je 0,07 m/ns. Pri tem profilu je potek karbonatne podlage, ki je še vedno razpokana, bolj zvezen, brez večjih prisotnih anomalij, nikjer na profilu ni zaznati območij, kjer bi bil v večji meri prisoten sediment v vseku ali močno razpokanem apnencu. Območje temeljev se nahaja približno na 2,5 m in 6,7 m dolžine profila. Levi temelj je umeščen v segment z manj razpokano kamnino. Desni temelj pa se nahaja v območju heterogene karbonatne podlage, kjer so prisotne lokalne spremembe v strukturi kamnine in možne zapolnitve razpok, vendar brez izrazitega prehoda v območje, kjer prevladuje sediment.

Zaključimo lahko, da je kamninska osnova v celotnem prerezu sicer razpokana in heterogena, vendar v primerjavi z drugimi profili (zlasti 3897 in 3899) manj izrazito prekinjena in brez večjih kraških struktur.

Georadarski profil 3902



Georadarski profil 3902 prikazuje razširjeno sliko geološke zgradbe na območju stojnega mesta elektro stebra in njegove širše okolice. Profil se začne v območju temeljev, ki se nahajajo na začetku profila (približno 1 do 5,5 m dolžine profila), in se nadaljuje v smeri izven neposrednega vplivnega območja konstrukcije. Globine so določene z uporabo efektivne hitrosti širjenja elektromagnetnega signala 0,07 m/ns.

V začetnem delu profila (približno 1 do 5,5 m dolžine profila), kjer se nahajajo temelji, je kamninska osnova izrazito heterogena. Reflektorji so neenakomerni, mestoma prekinjeni kar kaže na razpokan apnenec z lokalnimi zapolnitvami. Prisotni so tudi vertikalno organizirani odboji, ki lahko predstavljajo razpoke ali vertikalne kraške strukture. Podlaga v tem območju je izrazito heterogena.

V območju med 6 in 25 m dolžine profila je prisotno območje cona z zmanjšanimi odboji in slabšim difuznim odzivom. Ta segment je interpretiran kot območje, kjer je povečana prisotnost sedimenta, ki zapolnjuje kraške nepravilnosti. Gre za razširjeno sedimentno zapolnjeno kraško območje, v kateri je kamninska osnova manj izrazita in močno razpokana.

V srednjem delu profila, na dolžini med 25 in 60 m, odboji postanejo bolj zvezni, vendar še vedno dokaj neenakomerni. To kaže na razpokan apnenec z manjšo stopnjo zapolnitev, kjer kamnina ponovno postane prevladujoča, čeprav je še vedno heterogena.

V desnem delu profila, na dolžini profila med 60 in 75 m se ponovno pojavi povečana heterogenost, z izrazitejšimi vertikalnimi odboji in lokalnimi anomalijami. Ta segment predstavlja dodatno kraško nepravilnost ali razpokano območje, kjer je kamninska osnova ponovno bolj razčlenjena.

5 ZAKLJUČEK

Na podlagi izvedenih georadarskih meritev in interpretacije profilov (3895, 3896, 3897, 3899, 3901 in 3902) lahko za strukturno analizo tal pod temelji elektro stebra zaključimo z naslednjimi ugotovitvami.

Stratigrafijo tal na območju temeljenja sestavljajo tri enote; površinski pokrov oziroma sedimentni pokrov, z debelino med 1 do 1,5 m ki ga tvori sediment (ilovica – glina), z manjšo vsebnostjo grušča. Ta sloj je relativno homogen in se odraža v georadarskih profilih z vodoravnimi odboji. Pod sedimentnim pokrovom je prisotno prehodno območje – kamnita preperina pomešana s sedimentom, na globini med 1,5 in 3 m. Na 3 m globine, z večjimi ali manjšimi odstopanji, poteka kontaktna linija z močno razpokano karbonatno podlago; razpoke in zakrasela območja so zapolnjena s sedimentom. Razpokana kamninska osnova je po podatku georadarja prisotna vsaj do globine 9 m.

Na podlagi georadarski profilov se da zaključiti, da se temelji elektro stebra nahajajo na globini približno 2,8 m pod površino terena. S tem so umeščeni v območje prehoda iz preperine v razpokan apnenec oziroma v zgornji del kraške kamninske osnove.

Georadarske meritve so pokazale, da je struktura kamninske osnove pod temelji elektro stebra je heterogena in se kaže kot izmenjevanje razpokanega apnenca ter sedimentnih zapolnitev. Na območju so prisotne razširjene kraške nepravilnosti, vključno z razpokami, vseki in lokalnimi depresijami, ki so zapolnjene z ilovnato-glinastim materialom. V posameznih profilih, zlasti v profilu 3899, so zaznane tudi lokalne vertikalne strukture, ki jih je mogoče interpretirati kot sisteme med seboj povezanih razpok ali delno zapolnjenih kraških praznin. Poleg tega so evidentirana območja z izrazito povečano prisotnostjo

sedimenta, kjer odboj postane difuzen in manj izrazit, kar je posebej značilno za profile 3896, 3897, 3899 in 3902. Pomemben element zgradbe tal predstavljajo tudi prehodna območja, v katerih se razpokan apnenec in sediment med seboj prepletata, kar povzroča izrazito neenotne mehanske lastnosti podlage.

Posebej pomembna ugotovitev je, da pod levim spodnjim temeljem (na strani železniške proge), kar je vidno iz profilov 3896, 3897 in 3899, pojavlja območje kjer sediment prevladuje nad kamnino oziroma kjer je kamninska osnova močno razpokana in zapolnjena s sedimentom. Podobna situacija je tudi pod desnim temeljem, kjer pa je kamninska osnova relativno bolj zvezna, manj prekinjena, vendar temelj po podatkih georadarja delno nalega na kamninsko osnovo, delno pa na sediment. Profil 3902 dodatno potrjuje, da ugotovljena nehomogenost ni omejena zgolj na območje temeljev, temveč predstavlja del širše kraške strukture, ki se lateralno razteza izven območja objekta.

Na podlagi vseh izvedenih analiz je mogoče zaključiti, da so temelji elektro stebra umeščeni v neenotno podlago, kjer se relativno kompaktnjši razpokan apnenec, prehodne cone ter sedimentno zapolnjene kraške nepravilnosti med seboj lateralno izmenjujejo.

Po analizi in interpretaciji georadarskih profilov lahko zaključimo, da je dejavnik za nastanek opaženih diferencialnih pomikov prisotnost sedimentno zapolnjenih zakraselih območij s prehodnimi, kjer temelji na strani proti železniški progi, deloma nalegajo na trdnejšo kamnino, deloma pa na mehkejši material. K neenakomernemu obnašanju dodatno prispevajo razpokanost kamnine, prisotnost zapolnjenih razpok ter lokalne kraške strukture, ki skupaj ustvarjajo kompleksno in prostorsko spremenljivo območje.