

SPP d.o.o.
Trstenjakova 3
Varaždin
t. 042 / 203 302
spp@spp.hr ; www.spp.hr

faza: **Geotehnički elaborat**
građevina: **Centar za gospodarenje otpadom Splitsko-dalmatinske županije**
naručitelj: **Regionalni centar čistog okoliša d.o.o.**
lokacija: **Općina Lećevica, Kladnjice, k.o. Kladnjice**
voditelj: **Izv.prof.dr.sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.**
suradnici: **Kristijan Grabar, dipl.ing.geoteh.**

vrsta : **ELABORAT**
t.d. broj : **SPP/2016/104**
datum : **prosinac 2016.**



KNJIGA / SVEZAK: 1/1

VRSTA PROJEKTA : **GEOTEHNIČKI ELABORAT**

o istraživanju temeljnog tla na prostoru Centra za gospodarenje otpadom Splitsko-dalmatinske Županije - Kladnjice
< geofizička istraživanja, studeni 2016. >

TEHNIČKI DNEVNIK : SPP/2016/104

GRAĐEVINA : Centar za gospodarenje otpadom Splitsko-dalmatinske županije

NARUČITELJ : Regionalni centar čistog okoliša d.o.o., Split, Domovinskog rata 2

LOKACIJA : Općina Lećevica, Kladnjice, k.o. Kladnjice

VODITELJ RADOVA: Izv.prof. dr.sc Stjepan Strelec, dipl.ing.

SURADNICI : Kristijan Grabar, dipl.ing.geoteh.

Nikola Gizdevec, dipl.ing.geol.

Ivan Pažur, dipl.ing.građ.

Ana Filipović, dipl.ing.geoteh.

Marina Marciuš, mag.ing.geoing.

DIREKTOR: Izv. prof.dr.sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.

DATUM : prosinac, 2016. 

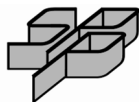
S A D R Ź A J

❖ Registracija trgovačkog društva SPP d.o.o. Varaždin

	str.
1. UVOD	1
2. PRETHODNA ISTRAŽIVANJA	1
3. GEOTEHNIČKA ISTRAŽIVANJA	3
4. GEOLOŠKA GRAĐA	3
5. TEKTONIKA	5
6. GEOFIZIČKA ISTRAŽIVANJA	7
7. ELEKTRIČNA TOMOGRAFIJA, ERT - Electrical Resistivity Tomography	7
7.1. INTERPRETACIJA REZULTATA ELEKTRIČNIH ISTRAŽIVANJA	9
8. SEIZMIČKA ISTRAŽIVANJA, RF & MASW	15
8.1. INTERPRETACIJA REZULTATA SEIZMIČKIH ISTRAŽIVANJA	16
9. METODA GEORADARA, GPR - Ground Penetrating Radar	18
9.1. INTERPRETACIJA REZULTATA GPR PROFILIRANJA	18
10. DPL ISPITIVANJE (laka udarna sonda, LUS) - HRN EN ISO 22476-2:2008	20
11. INŽENJERSKOGEOLOŠKA KLASIFIKACIJA STJENSKE MASE (RMR89)	22
12. GEOTEHNIČKE ZNAČAJKE TEMELJNE STIJENE	25
13. PROJEKTNE VRIJEDNOSTI MAKSIMALNOG POTRESA (EUROCODE 8)	30
14. SUSTAVI RASJEDA IZ SEIZMIČKIH ISTRAŽIVANJA	30
15. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA	31

PRILOZI

	broj listova:
1. DETALJNI PLAN ISTRAŽIVANJA	2
2. POLOŽAJ ISTRAŽNIH RADOVA NA GEOLOŠKOJ KARTI	1
3. TLOCRTNA SITUACIJA IDENTIFICIRANIH ANOMALIJA I GEOTEHNIČKI PROFIL TLA	2
4. PROFILI ELEKTRIČNE TOMOGRAFIJE (ERT)	4
5. SEIZMIČKI PROFILI	8
6. GEORADARSKI RADIOGRAMI (GPR)	1
7. LAKA DINAMIČKA PENETRACIJA (DPL)	40
8. GEOFIZIČKI PROFILI ECOINA d.o.o. Zagreb, 2004.	2



NARUČITELJ:	- REGIONALNI CENTAR ČISTOG OKOLIŠA d.o.o., Split, Domovinskog rata 2
GRAĐEVINA:	- Centar za gospodarenje otpadom splitsko-dalmatinske županije
LOKACIJA ZAHVATA:	- Općina Lećevica, Kladnjice, k.o. Kladnjice
NAZIV ELABORATA:	- GEOTEHNIČKI ELABORAT O ISTRAŽIVANJU TEMELJNOG TLA NA PROSTORU CENTRA ZA GOSPODARENJE OTPADOM SPLITSKO-DALMATINSKE ŽUPANIJE - Kladnjice <istražni radovi, studeni 2016.>
IZRAĐIVAČ ELABORATA:	- SPP d.o.o., Varaždin
VODITELJ ISTRAŽIVANJA:	- Izv.prof.dr.sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.
BROJ TEH. DNEVNIKA:	- SPP/2016/104
VRSTA IZVIJEŠĆA:	- geotehnički elaborat
DATUM:	- prosinac 2016.

1. UVOD

Naručitelj je povjerio projektantu poslove geomehaničkih ispitivanja terena s izradom geotehničkog elaborata na prostoru planirane izgradnje Centra za gospodarenje otpadom Splitsko-dalmatinske županije, općina Lećevica, Kladnjice, evidencijski broj nabave BN-12/16.

Istražni radovi izvedeni su sukladno programu istraživanja iz Poziva za dostavu ponuda, kao i sklopljenog ugovora o pružanju usluga geotehničkog ispitivanja terena UR.BROJ: 297-01/16. od 02.11.2016.

2. PRETHODNA ISTRAŽIVANJA

Na raspolaganje izrađivaču ovog elaborata investitor je stavio dosadašnju dokumentaciju o provedenim istraživanjima na prostoru predmeta istraživanja. Dostavljena dokumentacija navedena je u tablici 1.

Predmetni prostor opsežno je istraživao za potrebe izgradnje centra počevši od 2002. god. kada je u periodu od dvije godine odrađen veći dio dostupnih istraživanja, a o kojima je izvješteno u dokumentima *[7 i 8]. Nastavak geoloških i hidrogeoloških istraživanja predstavlja dokument [6]*, koji usvaja prethodna istraživanja i dopunjuje ih u glavnom dijelu u za potrebe dodatnih pojašnjenja hidrogeoloških uvjeta podzemlja na prostoru planirane izgradnje Centra.

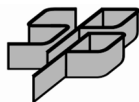
Od prethodnih geotehničkih radova preuzimaju se slijedeći podaci koji su uključeni u obradu u ovom elaboratu, a odgovaraju užem prostoru smještaja Centra za gospodarenje otpada:

- duboke strukturno-istražne bušotine B-1, B-2 i B-3, ECOINA d.o.o., 2004. [7],
- profili električne tomografije (ERT), GT-I, GT-II i GT-III, ECOINA d.o.o., 2004. [7],
- seizmički profili refrakcijske seizmike RSP-1 i RSP-2.

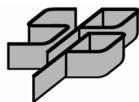
Položaj preuzetih istraživanja približno je pozicioniran na situaciji u Prilogu 1, list 2

*[1] - oznaka dokumenta iz liste prethodnih istraživanja, tablica 1, (način citiranja i u ostatku elaborata)

Tablica 1. Dokumentacija o prethodno provedenim istraživanjima.



<i>br</i>	<i>NAZIV DOKUMENTA</i>	<i>IZRADIO</i>	<i>OZNAKA</i>	<i>DATUM</i>
1.	DOPUNA EZO CENTAR ZA GOSPODARENJE OTPADOM SPLITSKO-DALMATINSKE ŽUPANIJE NA LOKACIJI LEČEVICA HIDROGEOLOGIJA	HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT, Zagreb, Sachsova 2	BR. 59/16	06/2016
2.	SITUACIJSKI PLAN S TLOCRTNIM RASPOREDOM OBJEKTA CENTRA I PODJELOM NA ZONE	GEOPROJEKT d.d. Split, Sukoišanska 43	T.D. 736 - P2	10/2015
3.	SEIZMIČKO MIKROZONIRANJE SEIZMOLOŠKA I SEIZMOTEKTONSKA STUDIJA ŠIRE OKOLICE LOKACIJE ŽUPANIJSKOG CENTRA ZA GOSPODARENJE OTPADOM U OPĆINI LEČEVICA	HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT, Zagreb, Sachsova 2		08/2010
4.	POSEBNA GEODETSKA PODLOGA	GIRUS d.o.o., Split, Vukovarska 148	G 10/10	01/2010
5.	GEOLOŠKA I HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA NA PODRUČJU PREDLOŽENE LOKACIJE CENTRA ZA GOSPODARENJE OTPADOM SPLITSKO-DALMATINSKE ŽUPANIJE KOD LEČEVICE REZULTATI TRASIRANJA JAME NA LOKACIJI CENTRA	HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT, Zagreb, Sachsova 2	BR. 90/06	08/2006
6.	GEOLOŠKA I HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA NA PODRUČJU PREDLOŽENE LOKACIJE CENTRA ZA GOSPODARENJE OTPADOM SPLITSKO-DALMATINSKE ŽUPANIJE KOD LEČEVICE	HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT, Zagreb, Sachsova 2	BR. 68/06	06/2006
7.	ELABORAT O KOMPLEKSNIM GEOISTRAŽIVANJIMA LOKACIJE "KLADNJICE"- LEČEVICA <i>< Knjiga I, 2002-2004 ></i>	ECOINA d.o.o. Zagreb, SR Njemačke 10	<i>Knjiga I</i>	12/2004
8.	ELABORAT O KOMPLEKSNIM GEOISTRAŽIVANJIMA LOKACIJE "KLADNJICE"- LEČEVICA <i>< Knjiga II, 2002-2004 ></i>	ECOINA d.o.o. Zagreb, SR Njemačke 10	<i>Knjiga II</i>	12/2004
9.	ISTRAŽNI RADOVI NA LOKACIJI KLADNJICE, OPĆINA LEČEVICA <i>< sažetak i preliminarni zaključci ></i>	INSTITUT GRAĐEVINARSTVA HRVATSKE d.d., Zagreb, Janka Rakuše 1		2004



3. GEOTEHNIČKA ISTRAŽIVANJA

Izrađivač elaborata obvezao se izraditi geotehnički elaborat sukladno dostavljenoj specifikaciji usluga u svrhu izrade geotehničkog elaborata za potrebe izgradnje Centra za gospodarenje otpadom Splitsko-dalmatinske županije u Općini Lećevica, Kladnjice.

Tehničkom specifikacijom predviđeno je korištenje geofizičkih metoda u svrhu istraživanja stanja temeljnog tla na predmetnom prostoru koji se odnosi na izgradnju Centra. Od geofizičkih metoda predviđena je upotreba električne tomografije (ERT), georadarskog profiliranja (GPR), te seizmičkih metoda plitke seizmičke refrakcije (RF) i višekanalne analize površinskih valova (MASW). Položaj, raspored i količinu pojedinog istraživanja potrebno je prilagoditi stanju na lokaciji, a sve u svrhu što bolje identifikacije podzemlja.

Na istražnom prostoru (slika 7, 10 i 12) u studenom 2016, tvrtka SPP d.o.o. Varaždin provela je slijedeća istraživanja:

1. Električna tomografija (ERT), 8x profila dužine L=230 m, 320 m i 420 m;
2. Seizmička istraživanja 8x profila RF & MASW dužine pojedinačnog dispozitiva L=70 m.
3. GPR profiliranje, ukupno L=1,40 km;

Od ostalih geotehničkih istraživanja provedeno je dinamičko sondiranje materijala pokrivača na prostoru vrtača gdje je debljina ovog sloja značajnija. Dinamičko sondiranje provedeno je lakom udarnom sondom (DPL) sukladno normi HRN EN ISO 22476-2:2008.

4. Laka udarna sonda (DPL), 10 x sonde prosječne dubine 2,0 m.

Položaj istraživanja prikazan je na detaljnom situacijskom planu u Prilogu 1, listovi 1 i 2.

4. GEOLOŠKA GRAĐA

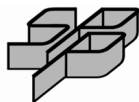
Geološka obilježja lokacije Centra detaljno su obrađena prethodnim istraživanjima iz tablice 1. Za razmatranja preuzima se geološki sastav i građa terena iz dokumenta [7], Ecoina d.o.o. Zagreb, 2004.

Teren je morfološki dobro razveden pa hipsometrijske razlike u njemu mjestimično prelaze 100 m. Smješten je uglavnom između uzvišenja sa sjeverne strane: Crni Umac (511 m) i Rovanj (513 m), te s južne strane brdom Plišivica (553 m). Tako teren predstavlja nejednako razvedenu depresiju s brojnim krškim fenomenima.

Razmatrani teren pripada području tzv. Visokog krša, izgrađenom od karbonatnih stijena, koje su tektonski značajno oštećene i deformirane, što je uz kemijski sastav omogućilo intenzivnu okršenost terena, odnosno nastanak različitih krških oblika (škrape, ponikve, uvale ponori i dr.).

Područje je najvećim dijelom prekriveno gustom vegetacijom, koja prekriva izdanke stijena. Zbog guste vegetacije, koja podsjeća na makiju, teren je vrlo teško prohodan. Najbolje je razvijena niska vegetacija u kojoj dominira grab i jasen te druga niska vegetacija, uglavnom grmlje i žbunje.

Na razmatranom području gotovo da i nema obradivih površina, ako se izuzmu manje površine koje se nalaze na dnu vrtača. Nema površinskih vodotoka niti izvorišta, a nema niti naseljenih mjesta.



Poslije dugotrajnih i intenzivnih oborina mogu se javiti kratki bujični tokovi, koji se slijevaju do najbližih depresija u terenu - vrtača pa ih poplave. Međutim, poplava traje samo koji sat za vrijeme kiša i kratko poslije kiše, jer sva voda ponire.

Pri razmatranju geološke građe i sastava terena zahvaćeno je šire područje, kako bi se mogao dobiti potpuniji uvid u geološke odnose tog terena, jer su oni od izuzetne važnosti za lociranje predviđenog Centra te za sagledavanje mogućeg utjecaja izgrađenog objekta na podzemne vode i njihov režim.

Prema Osnovnoj geološkoj karti list Drniš mjerila 1:100 000 i tumaču te karte autora: A. Ivanović, V. Sikirica, S. Marković, K. Sakač (1977. i 1978.) razmatrani teren izgrađuju vapnenci i dolomiti gornje krede, zatim donjoeocenski - kozinski slatkovodno - brakični vapnenci i foraminiferski vapnenci. U nastavku se daje njihov kraći opis, prema tumaču navedenih autora.

Kredni vapnenci i dolomiti (K_2^{23})

Razvijeni vapnenci i dolomiti pripadaju gornjoj kredi (turon-senon) i izgrađuju najveći dio razmatranog terena. Naslage te geološke jedinice pružaju se generalno u pravcu sjeverozapad - jugoistok s generalnim nagibom slojeva prema sjeveru i sjeveroistoku.

Dolomiti u naslagama imaju podređenu ulogu, dok se češće sreću sitnozrnati do srednjozrnati dolomitni vapnenci različitog stupnja dolomitizacije.

Na dolomitima slijede svijetlosmeđi i svijetlosivi do bijeli uslojeni vapnenci s proslojcima dolomita. Idući prema naviše dolomitni proslojci su sve rjeđi. Gornji dio ove jedinice čine slabo uslojeni do neuslojeni i bankoviti kristalinični bijeli i ružičasti biogeni vapnenci, koji su vrlo izlomljeni (Crni Umac). Ukupna debljina ovih naslaga iznosi oko 600 m. Detaljnim terenskim kartiranjem (J. Velić), ova litostratigrafska jedinica podijeljena je u dva dijela: stariji označen kao gornjocenomanski do gornjoturanski vapnenci s dolomitima (K_2^{1-2}) i nešto mlađi član označen kao gornjoturanski do gornjosantonski vapnenci (K_2^{2-4}).

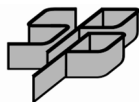
Donjoeocenski vapnenci (E_1)

Donjoeocenski-kozinski slatkovodno-brakični vapnenci najstariji su dio jedinice paleogenskih naslaga i slijede transgresivno na gornjokrednim naslagama. Razvijeni su u formi uskih i isprekidanih zona generalno orijentiranih u pravcu sjeverozapad - jugoistok. Nalaze se u južnom dijelu istraživanog terena (Plišivica), a izgrađene su od svijetlosmeđih, dobrouslojenih vapnenaca. Debljina slojeva je najčešće 5-20 cm, a rjeđe seže do 40 cm. Ukupna debljina ove jedinice iznosi 5 - 50 m. Ove naslage se odlikuju slatkovodno- brakičnom sedimentacijom u plitkoj relativno stabilnoj sredini s postupnim prijelazom u završnom dijelu u marinske sedimente. J. Velić je ove naslage prikazala zajedno s nešto mlađim foraminiferskim vapnencima kao jednu jedinicu nazvanu: foraminiferski vapnenci (E_{1-2}) donjeg do srednjeg eocena.

Eocenski foraminiferski vapnenci ($E_{1,2}$)

Donjem eocenu (lutetu) pripadaju foraminiferski vapnenci koji se nalaze uz kozinske vapnence kao manje izdvojene pojave. U rasjednom su kontaktu s krednim vapnencima.

Dio foraminiferskih vapnenaca, koji odgovara miliolidnom i alveolinskom članu čine svijetlosmeđasti uslojeni vapnenci. Debljina slojeva je 10 - 40 cm, a rjeđe više od 50 cm.



Numulitni član foraminiferskih vapnenaca čine smeđasti, gromadasti i uslojeni vapnenci debljine slojeva od 2-60 cm. Tanko uslojeni vapnenci su laporoviti. Ukupna debljina foraminiferskih vapnenaca je oko 250 m. Njihova zastupljenost na površini razmatranog terena je neznatna.

5. TEKTONIKA

Fotogeološkom analizom i interpretacijom aerosnimaka približnog mjerila 1:20 000 načinjenih u pankromatskoj tehnici registrirani su brojni strukturni elementi terena, među kojima su najvažniji rasjedi i položaji slojeva. Na temelju tih elemenata dobiven je potpuniji uvid u tektonske odnose razmatranog terena.

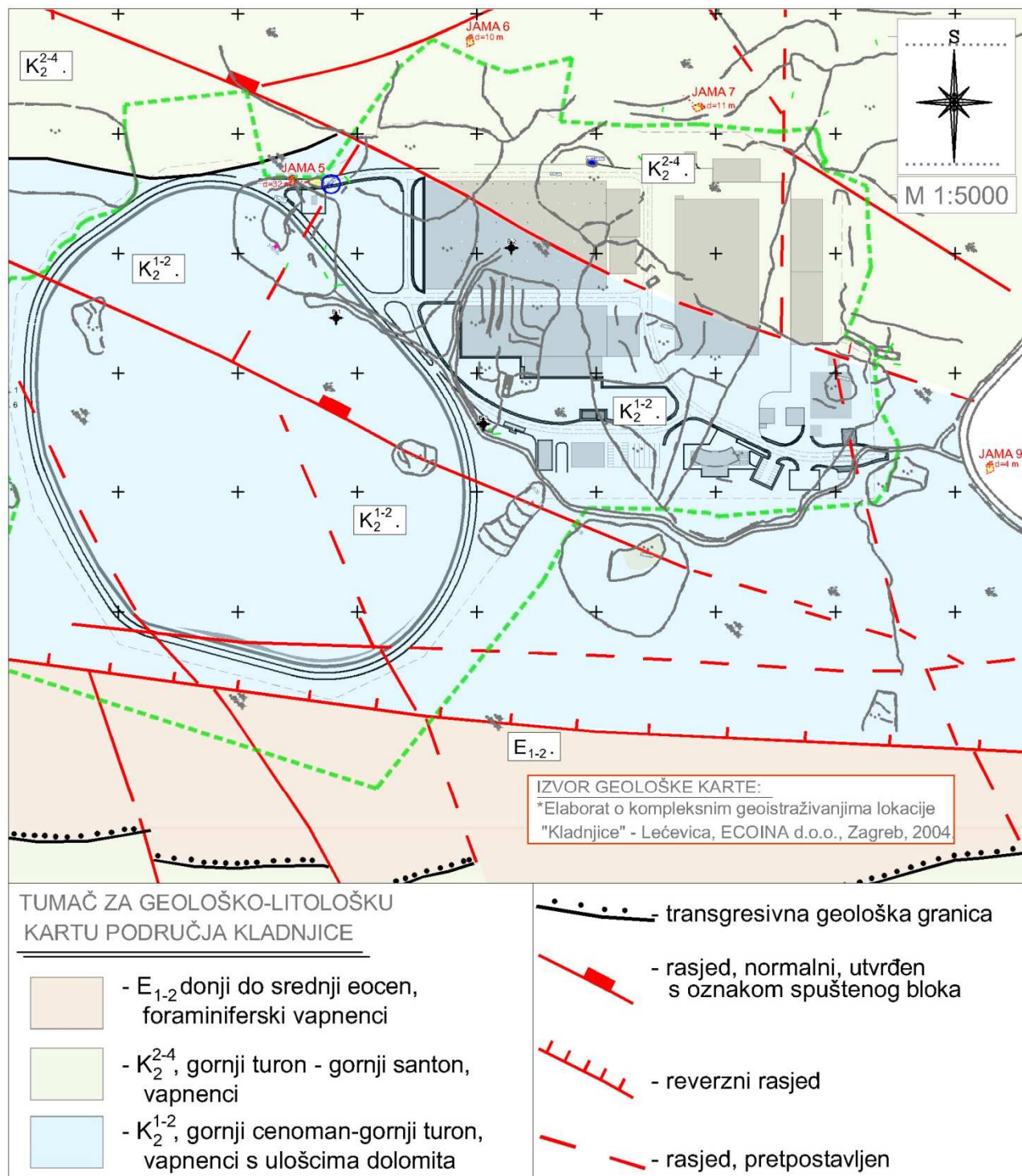
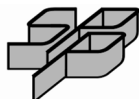
Geološko-strukturni elementi registrirani na aerofotogrametrijskim snimcima (trodimenzionalnom modelu), terenskom prospekcijom su verificirani na repnim točkama i dopunjeni terenskim mjerenjima prostornog položaja naslaga. Međutim, zbog pokrivenosti terena gustom vegetacijom i njegove teške prohodnosti samo su se iznimno terenski mogle opažati paraklaze rasjeda.

Središnji dio obrađivanog terena predstavlja morfostrukturu negativnog oblika izduženu, generalno u pravcu istok - zapad. Tu morfostrukturu s južne strane omeđuju uzvišenja Plišivica (553 m) i Jadrin Umac (470 m), dok je sa sjevera ograničavaju brda Crni Umac (517 m) i Ravanj (513 m). Središnji dio morfostrukture je u prosjeku oko 100 m niži od navedenih okolnih uzvišenja.

Centralnim dijelom strukture pruža se krupni rasjed (najjači u ovom terenu) generalnog pravca istok - zapad, povijajući prema sjeverozapadnom smjeru. Taj rasjed je isprekidan s više na njega poprečnih i dijagonalnih rasjeda, koji su ga dislocirali u manje segmente. On je svojom aktivnošću predisponirao navedenu morfostrukturu i u njoj vrlo intenzivno poremetio i deformirao stijene koje je izgrađuju. To je uvjetovalo, uz ostalo, snažan razvoj krških formi (registrirano je i do 14 vrtača na 1 km²). Spomenuti krupni rasjed može se pratiti od istoka prema zapadu, na potezu od predjela Šarinka (istočno od ceste), preko Doca prema Divišnjaku, odakle povija prema sjeverozapadu. Najveća razlomljenost i okršnost terena nalazi se duž tog rasjeda, posebno naglašena na presjecištima s poprečnim i dijagonalnim rasjedima, pa je i najveći broj vrtača razvijen duž njegove trase, odnosno na presjecištima rasjeda različitih pružanja.

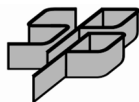
U istom pravcu, sa sjeverne strane opisanog rasjeda, gotovo paralelno njemu, pruža se rasjed od Crnog Umca do brda Ravanj, isprekidan rasjedima dijagonalnog pružanja na njegovu trasu (pravca sjeveroistok - jugozapad). Nastavak mu se može pratiti od predjela Japage prema zapadu. Na tom potezu rasjed je također isprekidan s više manjih na njega poprečnih i dijagonalnih rasjeda.

U južnom dijelu terena također se može pratiti jak uzdužni rasjed, koji se pruža u pravcu sjeverozapad - jugoistok. Njegova paraklaza, premda značajno deformirana i isprekidana transverzalnim i dijagonalnim rasjedima, može se nesuvislo pratiti od istoka prema zapadu: Čeline - južno od Zelenikovca - Staze u smjeru Ljutina i dalje na zapad- sjeverozapad.



Slika 1. Dio geološko-litološke karte užeg prostora (Ecoina d.o.o., Zagreb, 2004.).

Naslage uzduž ovoga rasjeda značajno su poremećene i najčešće strmo nagnute. Znatno brojniji su rasjedi koji se pružaju transverzalno i dijagonalno na opisane rasjede. Prostorni položaj naslaga je takav da su općenito nagnute prema sjeveru i to srednje strmo do jako strmo.



6. GEOFIZIČKA ISTRAŽIVANJA

Na predmetnoj lokaciji istražni radovi provedeni su u studenom i prosincu 2016. god., primjenom geofizičkih metoda geoelektrične tomografije (ERT), georadarskog profiliranja (GPR) i seizmičkih istraživanja (RF & MASW), te invazivne metode dinamičke penetracije u svrhu detekcije debljine pokrivača na prostorima vrtača (DPL).

Položaj geofizičkih profila organiziran je sukladno mogućnostima na teško prohodnom terenu. Ostvarenim rasporedom profila ne pokriva se prostor izgradnje centra u cijelosti. Naime, teren prema višim kotama Crni Umac i Plišivica nedostupan je za istraživanja (bilo koje vrste) zbog konfiguracije terena i obrasle površine.

Na istražnom prostoru u studenom 2016, tvrtka SPP d.o.o. Varaždin provela je slijedeća geofizička istraživanja:

1. Električna tomografija (ERT), 8x profila dužine L=230 m, 320 m i 420 m;
2. Seizmička istraživanja 8x profila RF & MASW dužine pojedinačnog dispozitiva L=70 m.
3. GPR profiliranje, ukupno L=1,40 km;

Od ostalih geotehničkih istraživanja provedeno je dinamičko sondiranje sedimenata pokrivača na prostoru vrtača gdje je debljina ovog sloja značajnija. Dinamičko sondiranje provedeno je lakom udarnom sondom (DPL) sukladno normi HRN EN ISO 22476-2:2008.

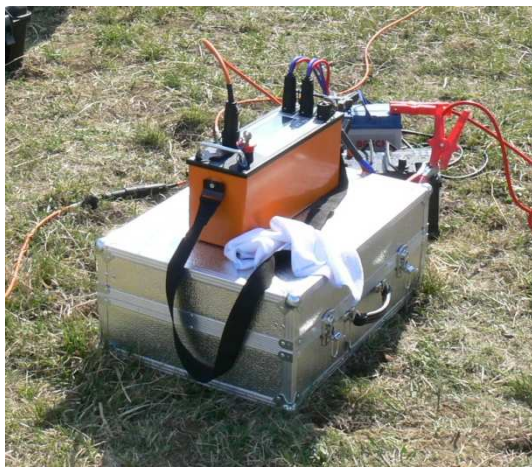
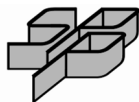
4. Laka udarna sonda (DPL), 10x sondi prosječne dubine 2,0 m.

7. ELEKTRIČNA TOMOGRAFIJA, ERT - Electrical Resistivity Tomography

Otpornost je vrlo važno svojstvo tla, odnosno stijene, a ovisi o sadržaju vode te o količini i vrsti u njoj otopljenih minerala. Zbog različitog stupnja poroznosti stijene i saturiranosti vodom, taj se otpor može mijenjati u širokim granicama. Svi mjerni iznosi prividnog otpora bit će jednaki stvarnom otporu samo ako je geološka sredina po cijeloj ispitanoj dubini homogena. Geološke sredine su najčešće heterogene pa prividni otpor, unutar zahvaćene dubine, ima neku prosječnu vrijednost, koja ovisi o otporima i raspodjeli materijala po dubini te o razmacima elektroda.

Terenska mjerenja izvedena su uređajem ARES, Češkog proizvođača GF Instruments. Uređaj ARES predstavlja opremu za mjerenje električnih otpornosti (tomografija i VES - vertikalno električno sondiranje) te mjerenje induciranog i vlastitog potencijala. Uređaj se sastoji od upravljačke jedinice, kabela s aktivnim selektorom elektroda i samih elektroda (<http://www.gfinstruments.cz>). Na slici 2 prikazana je terenska oprema za mjerenje geoelektričnih svojstava tla s pripadajućim karakteristikama.

Geoelektrične metode su brojnije i raznovrsnije od drugih geofizičkih metoda, a najčešće se primjenjuje galvanska metoda prividnog otpora, koja se zasniva na razlici između električnih otpornosti slojeva, odnosno masa u zahvaćenom dijelu geoloških formacija. Niz uzastopnih mjerenja prividnih otpornosti s rastućim razmakom između strujnih i potencijalnih elektroda, čime se dobivaju mjerni podaci za sve veće dubine, predstavlja geoelektrično sondiranje. Struja određene jakosti se preko metalnih strujnih elektroda pušta u tlo, te se iz nastale razlike potencijala na mjernim naponskim elektrodama određuje prividna otpornost tla. U praksi, ova se metoda najčešće koristi za određivanje promjena otpornosti s dubinom.

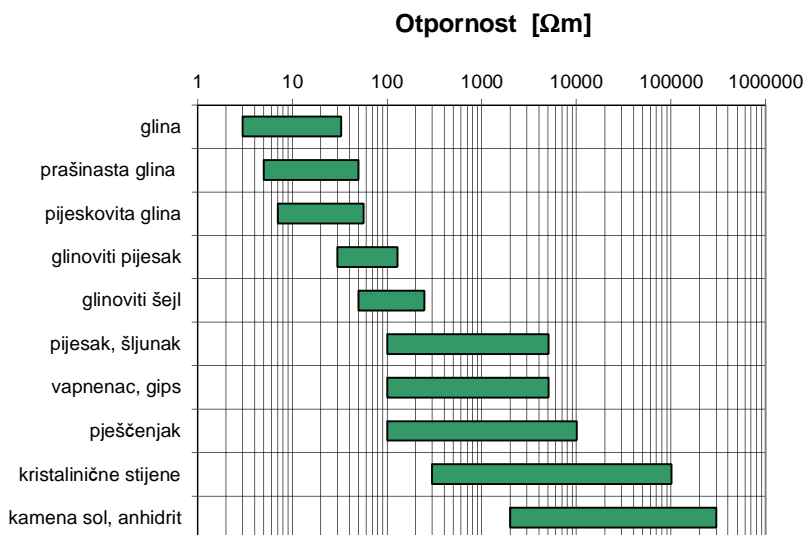


Odašiljač:		
Snaga:	do 850	W
Struja:	do 5.0	A
Strujna rezolucija	24	bits
Napon:	2000 V _{p-p}	
Zaštita:	elektronička	
Prijamnik:		
Ulazni nivo napona	±5 V _{p-p} (±10 V _{p-p} dodatno)	
Naponska rezolucija	24	bits
Ulazna impedancija	20	MΩ
Mrežna frekvencija filtriranja	50 or 60 Hz odabir filtra	

Slika 2. Oprema za geoelektrična ispitivanja korištena na terenu sa osnovnim karakteristikama.

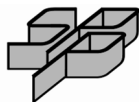
Pri interpretaciji rezultata mjerenja uvažene su postojeće spoznaje o sastavu i građi terena. Zbog usporedbe treba navesti i podatke o specifičnom električnom otporu nekih geoelektričnih sredina iz literature. Na slici 3 prikazana je specifična otpornost ρ nekih geoloških sredina G. Dohr. *Applied Geophysics*, str. 187.

Podaci dobiveni geoelektričnim ispitivanjima veoma su pouzdani ako se verificiraju strukturnim bušenjima, te ako rezultate mjerenja interpretira iskusan geoelektričar. Geoelektrično sondiranje ima značajne prednosti pred drugim geofizičkim metodama ispitivanja geoloških formacija, jer je jednostavno, brzo, točno i nije skupo. U osnovi ovog ispitivanja mjeri se provodljivost naslaga, odnosno otpori tla prolazu električne struje.



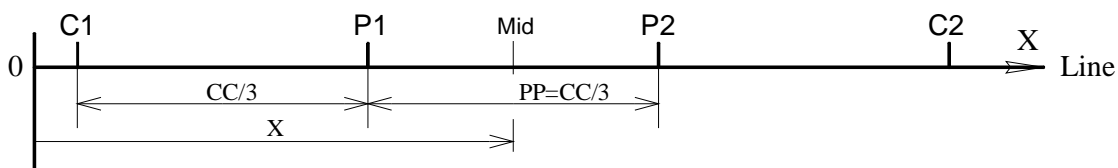
Slika 3. Prikaz otpornosti nekih materijala (G. Dohr)

Otpornost naslaga mijenja se u dosta širokim granicama, a na njenu veličinu posebno utječe niz činitelja poput otpora minerala stijene i otopina u njenim porama i pukotinama, poroznost, vlažnost i struktura stijene odnosno sloja.



U Wennerovom mjernom rasporedu za profiliranje koriste se dvije strujne elektrode (C1 i C2) i dvije potencijalne elektrode (P1 i P2) smještene u liniji i centrirane na nekoj lokaciji (Slika 4).

Elektrode se postavljaju u ravnoj liniji profila, na način da se zabode velik broj elektroda, a preklopnik geoelektričnog uređaja za mjerenje automatizirano prebacuje raspored strujnih i potencijalnih elektroda. Mjeri se jakost struje između strujnih elektroda pa se iz razlike potencijala između potencijalnih elektroda, pomoću konstante geometrijskih odnosa elektroda (za Wenner PRF – $K=2\pi CC/3$), određuje prividna otpornost. Interpretacijom se određuju debljine i specifični električni otpor pojedinih geoelektričnih sredina.



Slika 4. Wenner-ov elektrodni raspored.

gdje je:

X : udaljenost u profilu do polovišta P1P2 (Mid)

CC/3 : trećina udaljenosti strujnih elektroda (CC/3)

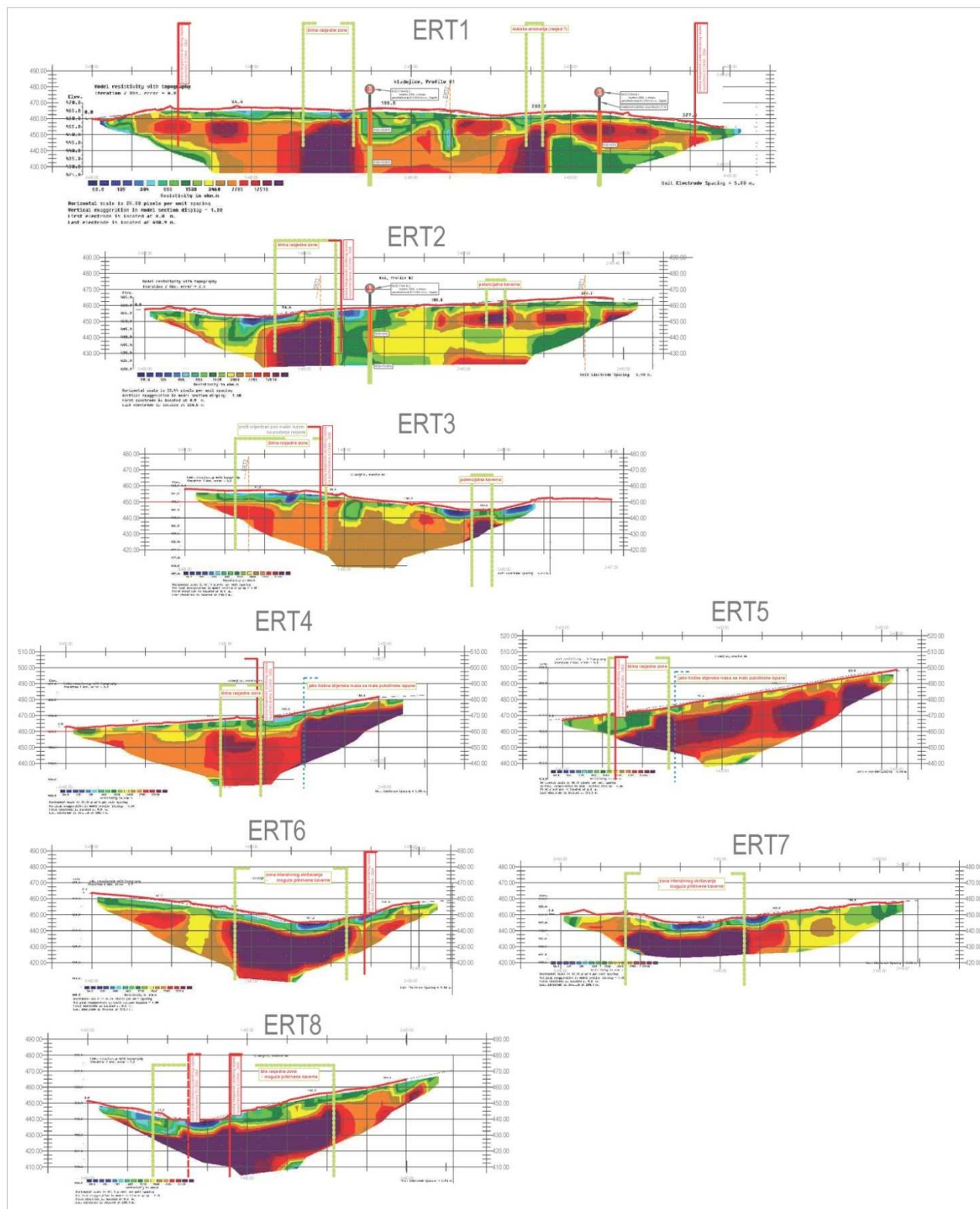
Polovište potencijalnih elektroda P1 i P2 nalazi se na udaljenosti X od početka geoelektričnog profila. Pri mjerenju udaljenost P1-P2 iznosi trećinu udaljenosti C1C2 ($PP=CC/3$).

7.1.INTERPRETACIJA REZULTATA ELEKTRIČNIH ISTRAŽIVANJA

Interpretirani rezultati prikazuju se kao grafički prikaz profila otpornosti sa dubinom. Profil se prikazuje u boji, gdje različite šrafure prema legendi prikazuju zone različitih otpornosti. Geoelektrična tomografija sve se više koristi kao metoda za istraživanje zona sa složenom geologijom. Na slici 5. pregledno su prikazani profili snimljeni na prostoru Centra (za detalje vidi Prilog 4).

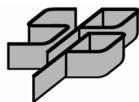
Trapezasti oblik grafičkog prikaza, gdje se sa udaljenošću od središta profila smanjuje dubina interpretacije, razlog je u postepenom smanjivanju prikupljenih podataka kako se razmak strujnih i potencijalnih elektroda povećava.

Prostorni raspored snimljenih geoelektričnih profila rezultat je neprohodnog terena u kojem su pravci za postavljanje profila uvjetovani konfiguracijom terena i raslinjem. Na prostoru Centra za gospodarenjem otpadom Splitsko-dalmatinske županije snimljeno je ukupno osam (8) ERT profila dužine od 230 m do 420 m.



Slika 5. Profili električne tomografije (ERT) snimljeni na prostoru Centra (pregledni prikaz).

Situacijski plan prikazan je na slici 7 i detaljno na situacijama u Prilogu 1. Vrste temeljnog tla razlučene su sukladno profilima električne tomografije snimljenim na lokaciji.



Nelinearna skala za višebojni prikaz profila (boja/otpornost) za sve profile odabrana je jednako, kako je prikazano na slici 6.

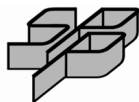


Slika 6. Nelinearna višebojna skala za prikaz izmjerenih otpornosti u električnim profilima - Kladnjice - Centar za gospodarenje otpadom - Kladnjice.

Prema slici 3, očekivane otpornosti za stijenu vapnenaca na lokaciji su od 100 Ωm do reda veličine nekoliko tisuća Ωm (u pravilu $<10\,000\,\Omega\text{m}$), a sukladno trošnosti stijenske formacije i vrsti pukotinske ispune. Na interpretiranim ERT snimkama vidljiva su područja (tamno crvene boje do ljubičaste) sa znatno višim otpornostima. Ljubičasta boja na skali sa slike 6, predstavlja sve otpornosti više od $>25000\,\Omega\text{m}$. Visoke otpornosti u profilima rezultat su vrlo poremećenih geoloških formacija stijenske mase sa širokim pukotinama, bez ili s vrlo malo ispune (električna otpornost se znatno povećava sa širinom zračnosti u pukotinama).

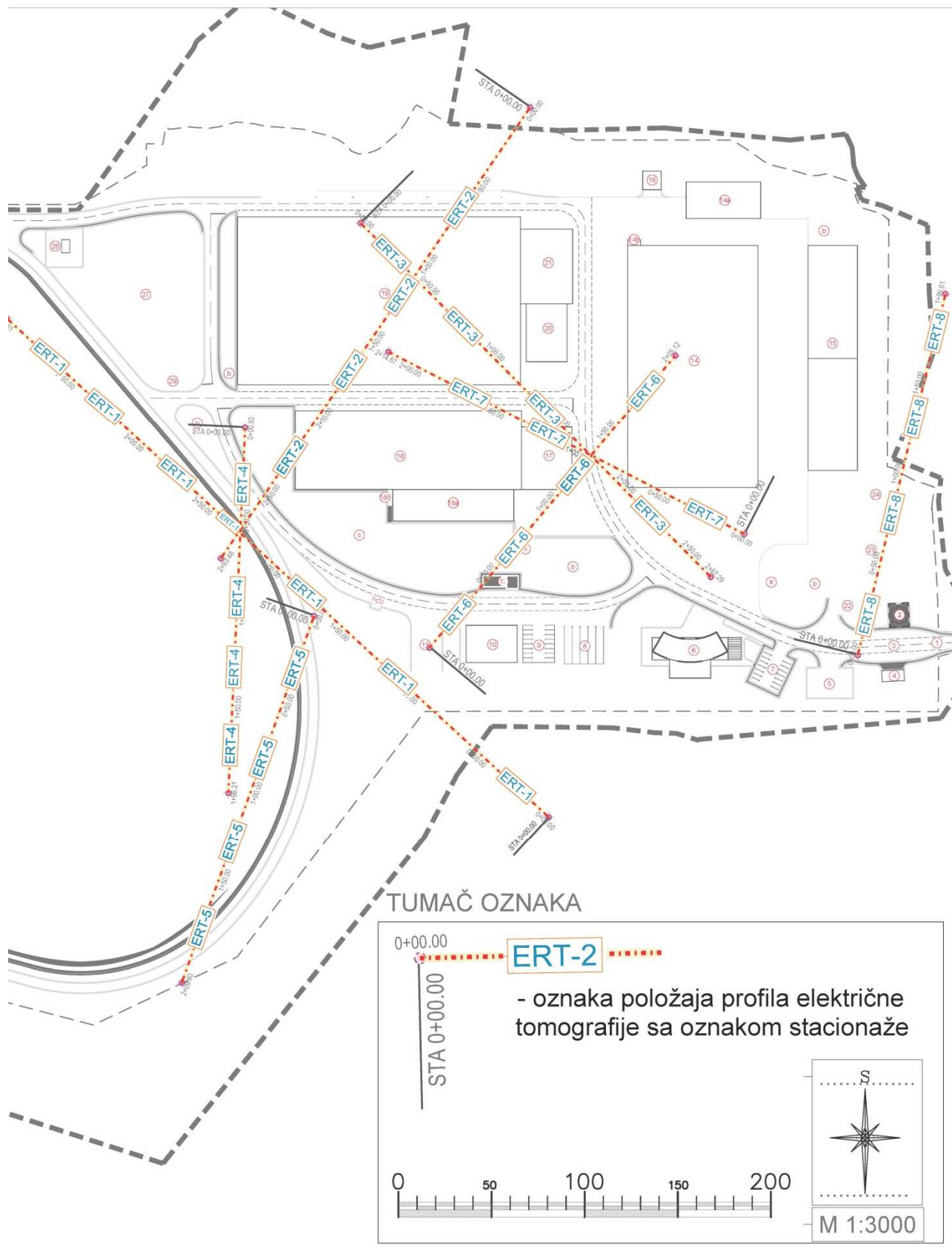
Na profilima snimljenim na prostoru Centra, pojavljuju se područja s visokim vrijednostima električne otpornosti. Gornje granice izmjerenih vrijednosti otpornosti sežu do $320\,000\,\Omega\text{m}$. Snimljeni prostori s visokim vrijednostima u profilima električne tomografije tlocrtno su preneseni na situacijski plan sa svrhom prostornog praćenja zabilježenih anomalija, slika 8 i Prilog 3, list 1.

Ovakvo razmatranje interpretiranih profila može se povezati i sa razdrobljenim zonama koje su se u konkretnom primjeru pokazale izravno povezane uz rasjedne sustave. Iako ovakav način razmatranja djeluje jednoznačno, visoke električne otpornosti rezultat su raspucanosti stijenskog masiva, ali i mogućeg sustava kavernoznih formacija različitih dimenzija i značajnosti. Električna otpornost tako visokih iznosa ne može se izravno povezati sa određenim mehaničkim stanjem stijene, već se takve zone moraju s geomehaničkog aspekta sondažnim istraživanjima potvrđivati za potrebe temeljenja objekata i to prvenstveno zbog mogućnosti kaverna, kao i potvrde njihovog karaktera.

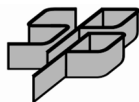


SPP d.o.o.

za geotehniku, rudarstvo, građenje, zaštitu okoliša, hidrogeološke radove i usluge
Trstenjakova 3, 42 000 Varaždin; telefon: 042 203 302; faks: 042 203 306; e-mail: spp@spp.hr



Slika 7. Prostorni raspored snimljenih profila električne tomografije - "Centar Kladnjice".



Visoke otpornosti u stijenskom masivu često se pojavljuju i kao rezultat strmih slojnih diskontinuiteta kod kojih je infiltracija vode u podzemlje vertikalne orijentacije pri čemu dolazi do ispiranja sitnozrnih i glinovitih pukotinskih ispuna. Navedeno je slučaj u vrtačama i ponorima u kojim je poniranje intenzivno i vrlo usmjereno. Isto je slučaj i na predmetnom prostoru. Gotovo na prostoru svake vrtače nalazimo navedenu manifestaciju s visokim izmjerenim vrijednostima električnih otpornosti. Bitno je razumijevati da u takvim uvjetima postoji mogućnost "pokrivenih" (u električnom smislu) kavernoznih formacija koje nije moguće posebno izdvojiti električnim mjerenjima.

Također su veliki iznosi otpornosti zabilježeni i višim kotama terena (briježnim) dijelovima lokacije, a gdje su rezultat strmih slojnih i pukotinskih diskontinuiteta, te se kao takvi ne interpretiraju kao prostori s visokom vjerojatnošću potencijalnih krških prolamanjima.

Električnim mjerenjima u tomografskim profilima ERT provedenih na prostoru Centra, posebno su izdvojeni prostori karakteristični za rasjede. Detaljnim kartiranjem navedene anomalije prenesene su na situacijski plan, te je utvrđeno da se navedeni prostori velikom preciznošću poklapaju sa tektonskim elementima utvrđenim fotogeološkim analizama provedenim u sklopu istraživanja Ecoina d.o.o. Zagreb, 2004. Iz električnih profila jasno je da se radi o gotovo vertikalnim do subvertikalnim diskontinuitetima, a kako je i rekognoscirana u geološkim istraživanjima *[7].

Svi snimljeni profili električne tomografije (ERT), zajedno sa analiziranim elementima prilažu se u prilogu 4 elaborata, te pregledno na slici 5.

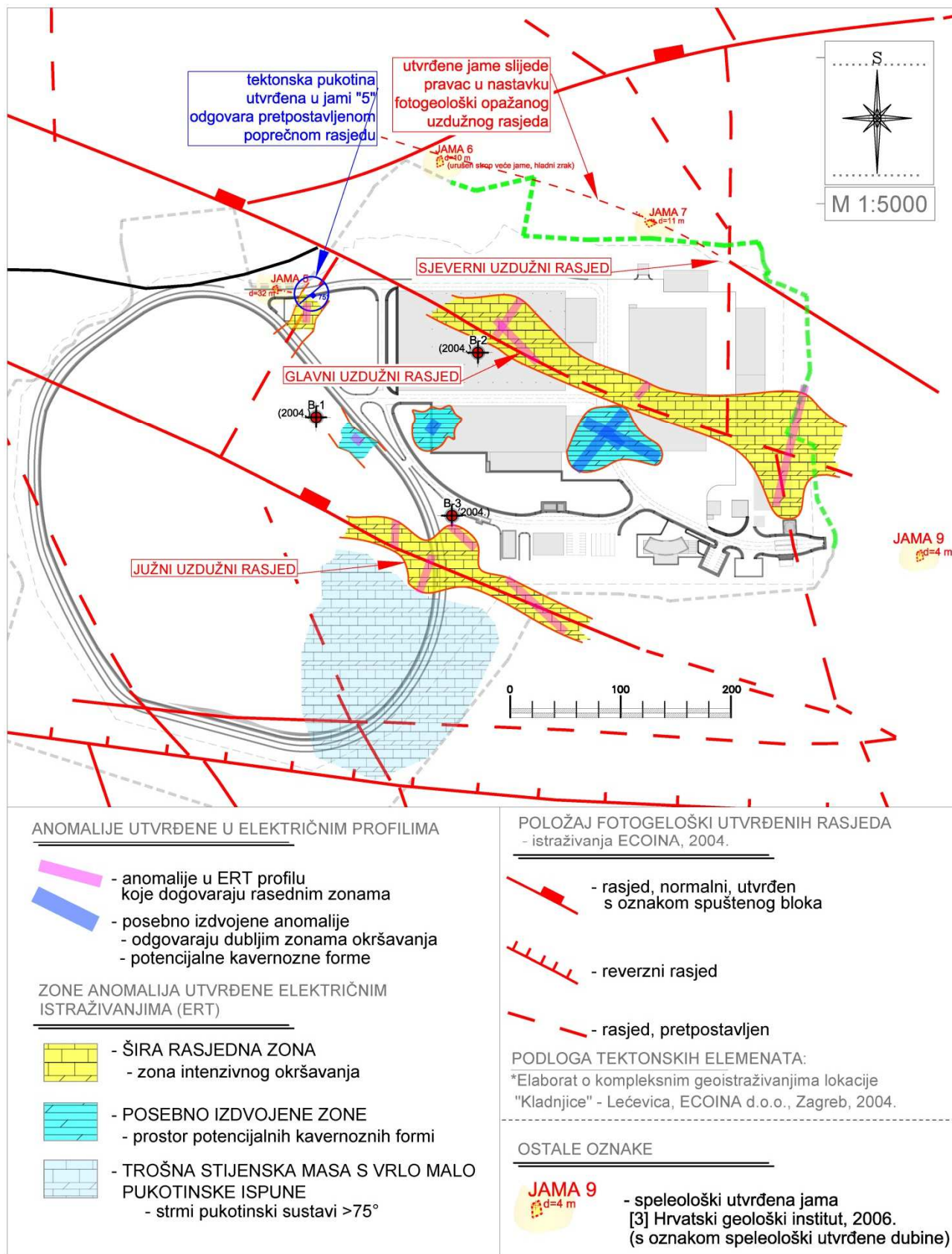
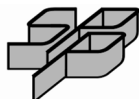
Od utvrđenih zona posebno se ističe središnji (*glavni*) uzdužni rasjed sa utvrđenom širom zonom poremećene stijenske mase prosječne širine 30-tak i više metara, slika 8, Prilog 3, list 1. Značajniji utjecaj trošenja stijene unutar rasjedne zone identificiran južno od pravca pružanja rasjeda identificiranog na površini također je u skladu sa geološkim nalazima iz elaborata *[7], odnosno utvrđenog smjera pružanja i nagiba slojnih diskontinuiteta.

Povećanu važnost i težinu identificiranoj zoni, odnosno prostoru potvrđenih rasjednih zona daje podatak o speleološki utvrđenim jamama *[5] na prostoru i u blizini izgradnje Centra.

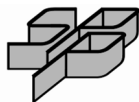
Na užem prostoru izgradnje Centra popisana su i poznata četiri (4) speleološka objekta (jame), označene u dokumentu *[5] oznakama, Jama 5, 6, 7 i 9, vidi situacijski plan, odnosno slika 8. Od toga je Jama-5 najdublja, speleološki utvrđene dubine $d=32$ m i vidljivim horizontalnim kanalima koji se nastavljaju na vertikalni otvor, te iz kojih dolazi strujanje hladnog zraka koji ukazuje na povezanost sa drugim speleološkim fenomenima. Ova jama je u dokumentu *[5](2006.) korištena za trasiranje smjera podzemnih voda. Također, u njoj je zabilježena značajnija tektonska pukotina (2006.) godine koja odgovara pretpostavljenom poprečnom rasjedu iz geoloških istraživanja *[7](2004.).

Navedeni objekti značajni su iz geotehničkog aspekta u ovom radu jer se upravo pojavljuju na prostoru pružanja uzdužnih rasjeda (potvrđenih električnim istraživanjima), i to Jama-5 i 9 u zoni utjecaja glavnog uzdužnog rasjeda, a Jama-6 i 7 u zoni utjecaja sjevernog uzdužnog rasjeda (slika 8).

Zaključno na gore navedeno, iz detaljnih analiza ERT rezultata, izdvojene su zone potencijalnih krških formacija (anomalija) u kojima se s utemeljenim argumentima mogu očekivati krška prolamanja. Za potrebe izgradnje Centra istaknute zone potrebno je posebno istražiti i okarakterizirati. Za to je najprimjerenije sondažno istražno bušenje u kombinaciji sa georadarskim snimanjem. U zatečenim uvjetima, lokacija nije bez pripremljenih radova dostupna za navedena istraživanja.



Slika 8. Anomalije iz geoelektričnih istraživanja preklapljene na kartu rasjeda *[7].

**8. SEIZMIČKA ISTRAŽIVANJA, RF & MASW - shallow Refraction Seismic & Multi-channel Analysis of Surface Waves**

Refrakcijskom seizmikom (RF) mjerimo vremena prvih nailazaka seizmičkih valova koji se očitavaju sa snimljenih seizmograma. Prvi se nailasci odnose na uzdužne P ili poprečne S valove što već ovisi o načinu generiranja seizmičkog poremećaja. "Pikiranje" i korespondencija vremena odgovarajućim refraktorima najosjetljiviji je dio prilikom interpretacije. Princip CAD (*computer aided tomography*) daje korektne slike kad god se uvažavaju relevantni podaci geotehničkog profila, a time se ujedno umanjuje moguća višeznačnosti zbog inverzije brzina po dubini.

Plitka seizmička refrakcija, odnosno refrakcijska tomografija provedena je s P valovima. Seizmički dispozitiv se sastojao od 24 vertikalna geofona frekvencije 4.5 Hz za snimanje P valova. Geofonski razmak iznosio je 3,0 m. Podaci mjerenja su interpretirani su računalnom aplikacijom SeisIMAGER 4.0.1.6., OYO Corporation 2004-2009.

Ograničenje refrakcijske metode je porast brzine seizmičkih valova s dubinom. Tako nije moguće interpretirati sloj niže brzine ispod sloja više brzine nego je konačni rezultat prikaz na kojemu brzine seizmičkih valova rastu sa dubinom.

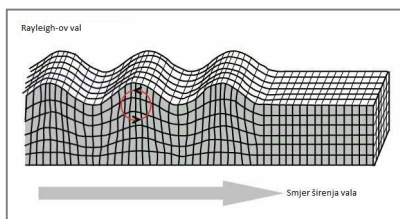
MASW (višekanalna analiza površinskih valova) je metoda koja omogućava određivanje brzine posmičnih valova podpovršinskih materijala. Seizmički valovi se u beskonačnom, homogenom i izotropnom mediju šire kao P i S prostorni valovi. S približavanjem granici polu-beskonačnog prostora ti se valovi transformiraju u površinske valove. Kada se za generiranje seizmičkih valova na površini koriste vertikalni izvori poput čekića ili pada utega (*drop-weight*), nastaju površinski Rayleighevi (R) valovi koji u najvećoj mjeri preuzimaju seizmičku energiju izvora (R valovi: 67%; S valovi: 26%; P valovi: 7%). Složeni oblik Rayleighevih valova sastoji se od longitudinalnog i transverzalnog gibanja s međusobnim pomakom u fazi. Materijalna čestica prelazi eliptičku putanju kojoj je velika poluos vertikalna kada je val blizu površine. R valovi često se nazivaju i valjanje tla (*ground roll*, slika 9).

Najvažnije svojstvo R valova je disperzija. Kako se valovi niže frekvencije, pa prema tome veće valne duljine, šire dublje u medij nego valovi visoke frekvencije, odnosno male valne duljine, a brzina širenja vala pri pojedinoj frekvenciji je različita, krivulja koja prikazuje faznu brzinu u ovisnosti o frekvenciji naziva se krivulja fazne brzine ili disperzijska krivulja. Prostorni P i S valovi nemaju disperzivno svojstvo.

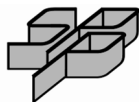
Pojava više faznih brzina na određenoj frekvenciji naziva se višemodalna disperzija. U ovom slučaju najsporiji mod naziva se osnovni (M_0), a sljedeći s većom brzinom prvi viši mod (M_1) itd. Fazna brzina širenja Rayleigh-ovih valova (v_r) prvenstveno ovisi o brzini posmičnih valova (v_s). Izraz koji pokazuje odnos između brzine posmičnih valova (v_s) i brzine Rayleigh-ovih valova (v_r) je sljedeći:

$$v_s = P v_r,$$

gdje je P konstanta ovisna o Poisson-ovom koeficijentu (ν) (primjerice $P = 1.09$ za $\nu = 0.25$).



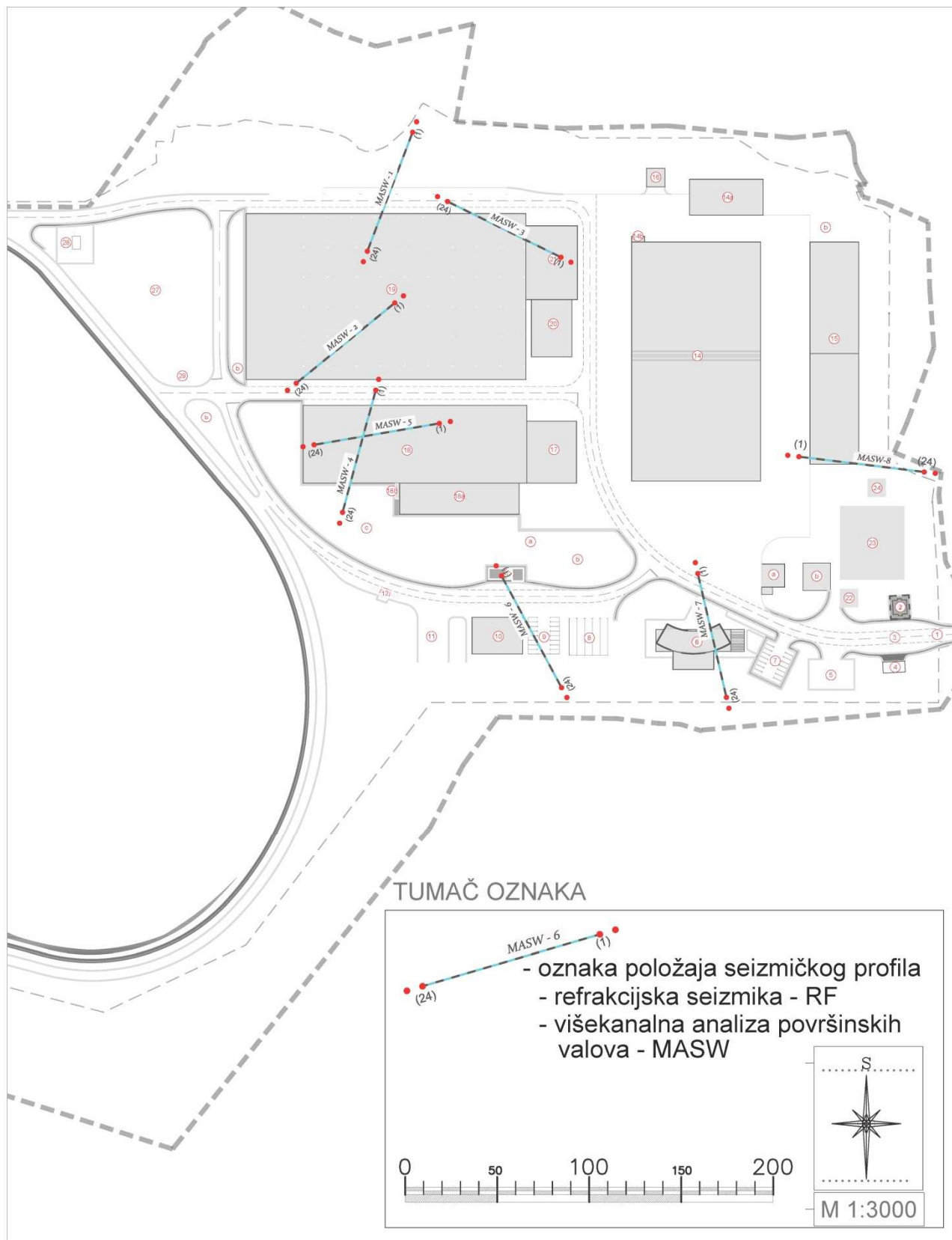
Slika 9. Širenje Rayleigh-ovog vala.



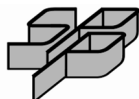
SPP d.o.o.

za geotehniku, rudarstvo, građenje, zaštitu okoliša, hidrogeološke radove i usluge
Trstenjakova 3, 42 000 Varaždin; telefon: 042 203 302; faks: 042 203 306; e-mail: spp@spp.hr

8.1.INTERPRETACIJA REZULTATA SEIZMIČKIH ISTRAŽIVANJA



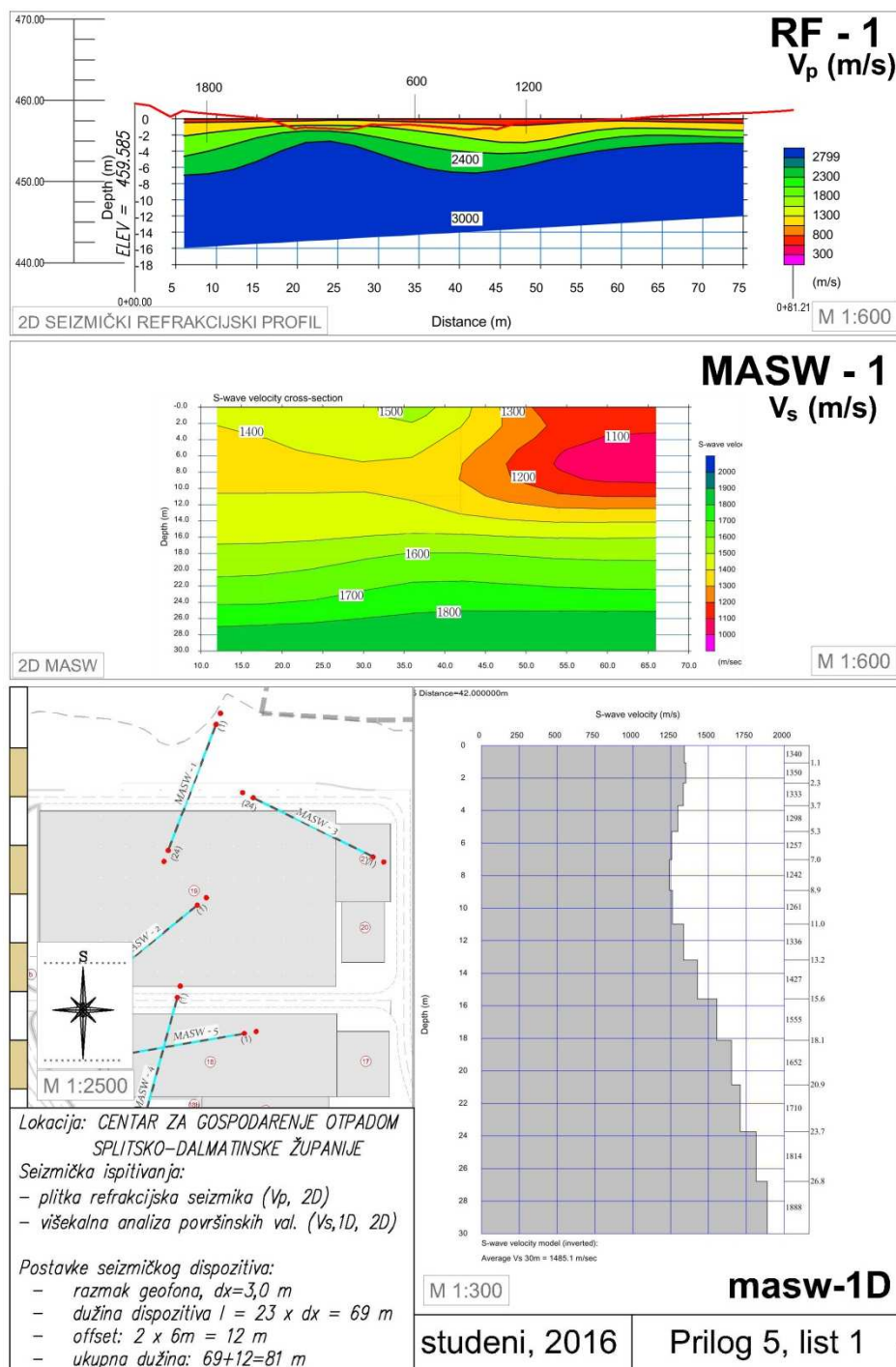
Slika 10. Situacijski plan s ucrtanim položajem snimljenih seizmičkih profila (RF/MASW).



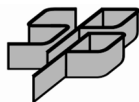
MASW dispozitiv sastojao se od 24 vertikalna geofona frekvencije 4.5 Hz, postavljena na međusobnom razmaku od 3,0 m i istovjetan je dispozitivu za snimanje plitke refrakcijske seizmike. Položaj seizmičkih profila prikazan je na slici 10, kao i u prilogu 1.

Pri interpretaciji MASW mjerenja koristi se fundamentalni ili osnovni mod. Interpretacija mjerene krivulje disperzije na lokaciji provedena je računalnom aplikacijom SeisIMAGER 4.0.1.6., OYO Corporation 2004-2009.

Interpretacija za svaki pojedinačni seizmički profil prilaže se u prilogu 5. Na slici 11 prikazan je primjer analize za seizmički profil 1, iz kojeg je vidljiv način prikaza rezultata u prilogu 5.



Slika 11. Brzine V_p i V_s seizmičkih valova snimljenih na profilima RF-1 i MASW-1.



Seizmičkim ispitivanjima ostvareni su osnovni ulazni podaci za klasifikaciju stijenske mase, osnovom izmjerenih brzina širenja seizmičkih primarnih i sekundarnih valova. Izmjerene vrijednosti grupirane su sukladno pojedinačnim snimljenim profilima.

Površinska zona trošenja (0,0 - 2,0 m) - $V_p = 600-1200$ m/s, $V_s = 800 - 1000$ m/s

Zona I (2,0 - 12,0 m) - $V_p = 1200-2400$ m/s, $V_s = 1000 - 1200$ m/s

Zona II (2,0 - 12,0 m) - $V_p = 2400-4800$ m/s, $V_s = 1500 - 2400$ m/s

9. METODA GEORADARA, GPR - Ground Penetrating Radar

Metode istraživanja stijena radarom datiraju od ranih godina prošlog stoljeća i razvijaju se sukladno s usavršavanjem radarskih metoda. Tek nedavno dolazi do veće primjene metode radara u građevinarstvu i to s pojavom uređaja oznake GPR (Ground Penetrating Radar), nakon čega je izdano više publikacija počevši od 1982.g. i održano više internacionalnih konferencija na temu "georadara".

Osnovni princip rada georadara je odašiljanje kratkog elektromagnetskog pulsa raznih frekvencija u tlo. Puls putujući kroz medij tla gubi dio energije dok se ostatak reflektira natrag do prijemnika. Georadar mjeri vrijeme proteklo od pobude do povratka reflektiranog pulsa, slično kao kod geofizičke metode seizmičke refleksije. Brzina širenja elektromagnetskih valova c_m u tlu iznosi:

$$c_m = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$
gdje je c brzina elektromagnetskih valova u vakuumu (30 cm/ns); dielektrična permeabilnost ϵ_r ovisi o vrsti materijala i korištenim frekvencijama elektromagnetskog signala, a čije vrijednosti su u rasponu od 1 za zrak do 81 za vodu, te oko 5-10 za stijene.

Elektromagnetski valovi prigušuju se za vrijeme širenja kroz medij tla, te razlikujemo geometrijska gušenja zbog položaja predajnika i prijemnika kao i načina širenja (sferično, cilindrično), te gušenje unutar medija tla.

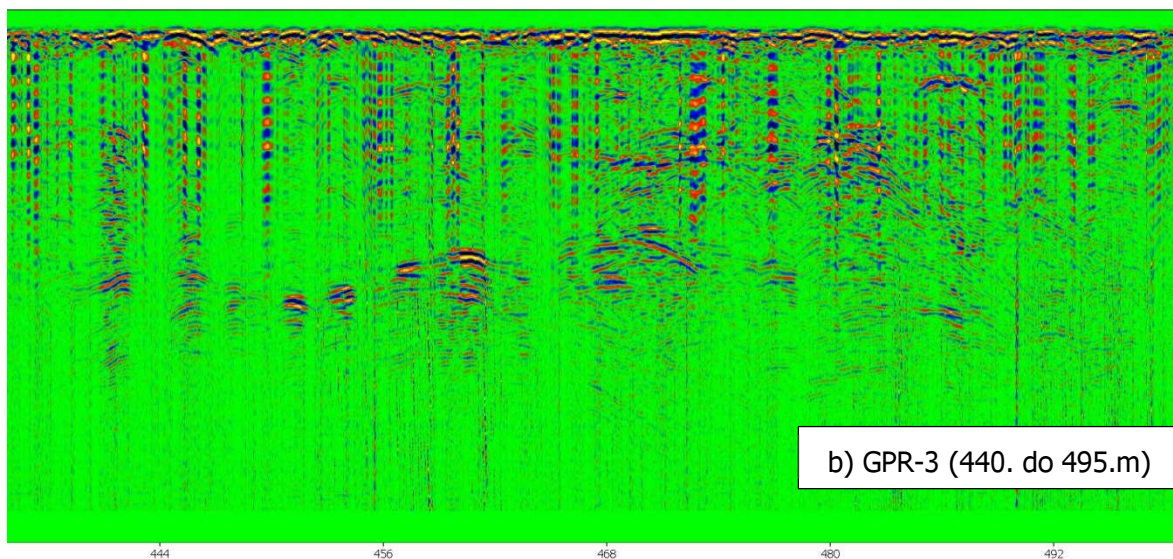
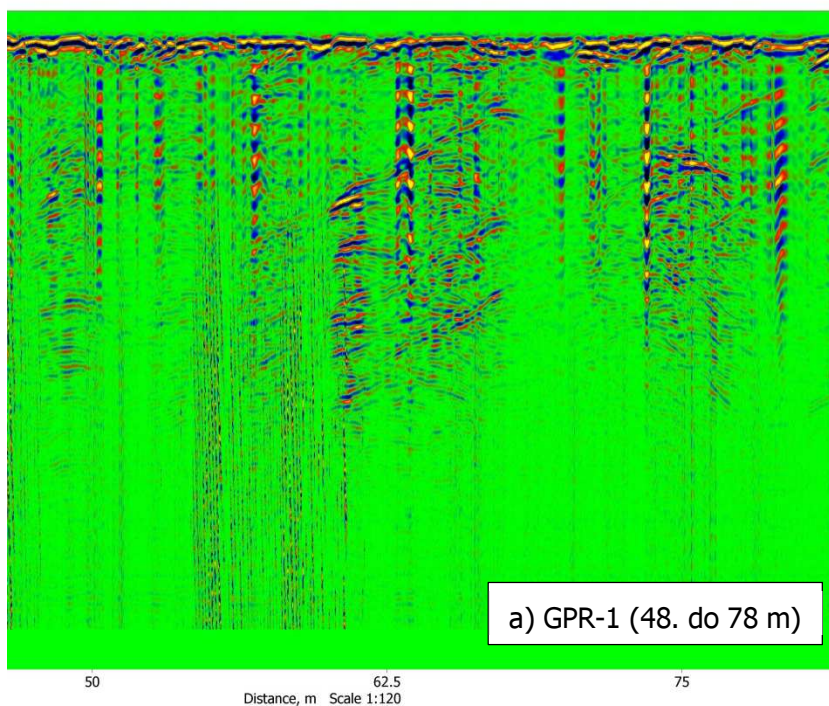
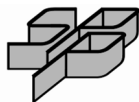
Tehnika profiliranja georadarom sastoji se u cikličkom ponavljanju transmisije kratkih impulsa elektromagnetskih valova dok je antena u pokretu. Odaslani impuls koji u mediju doživljava prigušenja i refleksiju procesuirana se u prijemniku gdje se stvara kontinuirani profil električnih karakteristika materijala. Na taj je način georadarom moguće dobiti izravnu sliku struktura tla ispod površine bez potrebe definiranja modela za interpretaciju podataka.

Ograničenja metode odnose se na primjenu u ne vodljivim ili slabo vodljivim materijalima. Dubina penetracije znatno je smanjena u elektro-vodljivim materijalima glina, a u tom smislu voda se smatra kao dobar vodič. Metodom je moguće identificirati globalne kao i lokane anomalije. Metoda je etablirana kao geofizička metoda, a primjenjuje se u građevinarstvu, geologiji, geotehnici, arheologiji kao i za utvrđivanje dubina stijena i podzemne vode, lokalizacije naslaga pijeska i šljunka, lokalizaciju blokova i arheoloških nalazišta, točkastih kao i linijskih podzemnih objekata.

9.1.INTERPRETACIJA REZULTATA GPR PROFILIRANJA

Georadarski radiogrami u pravilu otkrivaju površinske trošne zone, slojne diskontinuitete i značajnije pukotine. Osim razdrobljenih zona, radiogrami sadrže i dosta hiperbolnih refleksa koji predstavljaju manje šupljine u tlu. Dubina vidljive interpretacije radiograma iznosi 18 m.

Na slici 12 prikazani su dijelovi snimljenih GPR radiograma, prilažu se u prilogu 6.

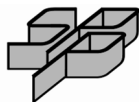


Slika 12. Izvadci georadarskih radiograma.

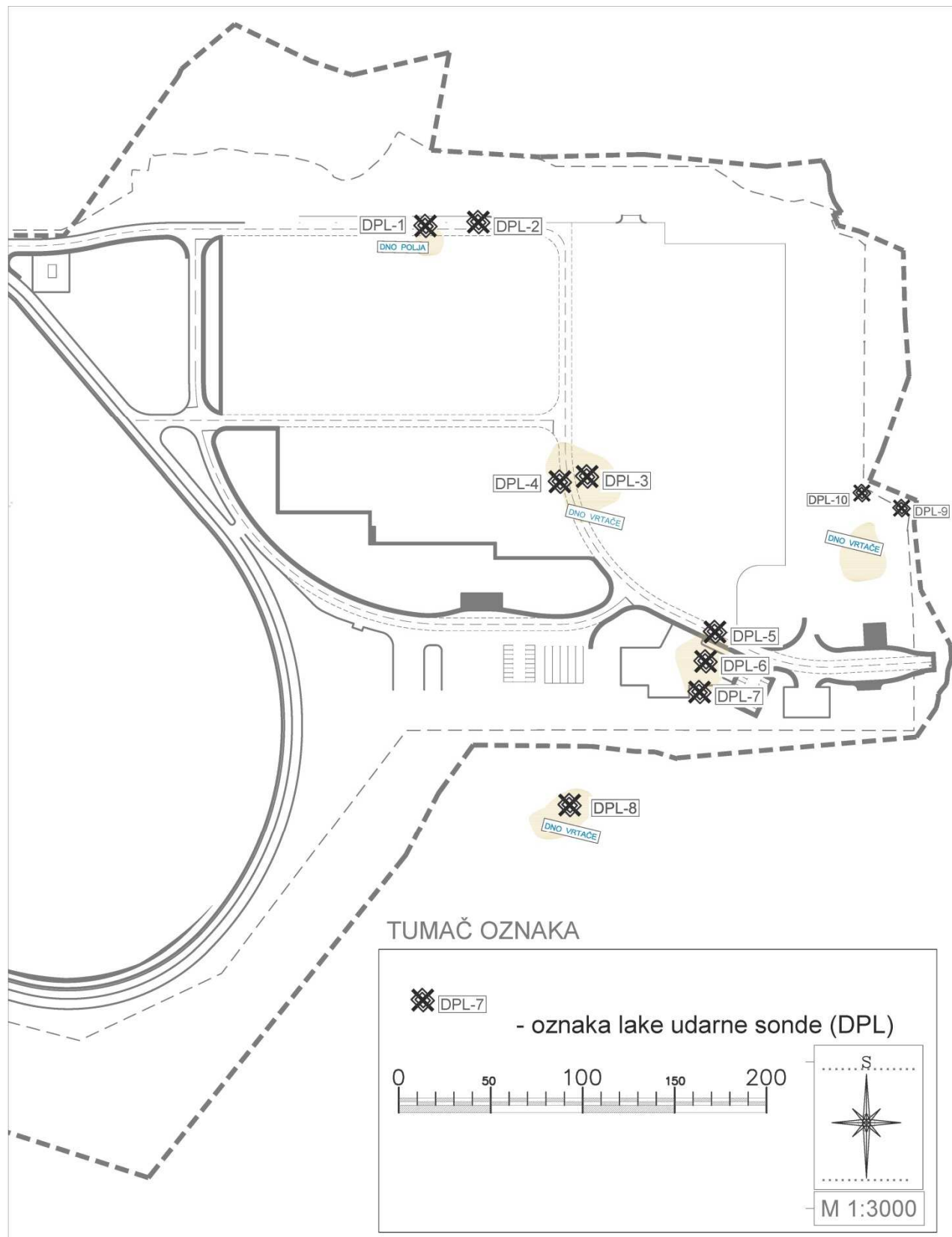
GPR radiogrami otkrivaju strukturu stijenske mase. Slojni diskontinuiteti sa trošenjem na kontaktu slojeva prikazan je na slici 12a. Vidljiv je i kut inklinacije slojeva, a iznosi 30 - 32°. Na slici 12b vidljiva je horizontalna struktura anomalije u 450-tom metru profila GPR-3, a završava sa dubljom zonom trošenja u 480.-tom metru. Ova anomalija je položajno prikazana u prilogu 6.

Na prostoru snimljenih GPR profila nisu nađene značajnije kavernozne forme, iako treba imati na umu da je prostor, pokriven snimkama GPR radara, relativno oskudan u odnosu na prostor izgradnje Centra.

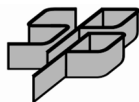
Nakon čišćenja terena za izgradnju, preporuča se u pravilnoj mreži profila snimiti cijeli prostor izgradnje.

**10. DPL ISPITIVANJE (laka udarna sonda, LUS) - HRN EN ISO 22476-2:2008**

Dinamičko ispitivanje izvršeno na prostoru doca i vrtača, a sa svrhom da se utvrdi dubina glinovitog pokrivača. Situacija sa položajem izvedenih sondi prikazana je na slici 13.



Slika 13. Položaj ispitivanja lakom dinamičkom udarnom sondom (DPL).



Osnovni princip dinamičkog sondiranja je da uteg standardne težine pada sa standardne visine pri čemu se mjeri broj potrebnih udaraca utega da se standardizirana sonda utisne u tlo 100 mm.

Na kraju svake utisnute standardizirane šipke mjeri se torzijski moment potreban da se okrene šipka (svlada otpor trenja), a na osnovi izmjerene momenta utvrdi se indikacija o komponenti trenja šipki i koliko ta komponenta utječe na otpor tla pri prodiranju sonde.

Otpor prodiranju sonde dobiva se iz izraza:

$$R_d = \frac{g}{A} \cdot \left[\left(\frac{M^2}{M + M'} \right) \cdot \frac{h}{0.1} \cdot N_{10} + (M + M') \right] - \frac{T}{A \cdot r}$$

gdje su : za laku sondu (DPL)

- R_d – dinamički otpor tla prodiranju sonde
- M - masa utega (10 kg)
- M' – masa sonde, šipki (3.0 kg)
- h – visina pada utega (50 cm)
- N_{10L} – broj udaraca potrebnih za penetraciju sonde od 10 cm
- T – torzijski moment potreban za rotaciju šipke
- r – radijus šipki (22 mm)
- A – površine sonde (10 cm²)

Na osnovi dobivene otpornosti tla (R_d) mogu se odrediti parametri tla:

- nedrenirana čvrstoća tla : $c_u = R_d/22$
- broj udaraca standardnog penetracijskog testa: $(N_1)_{60} \approx 2.4 \cdot R_d$
- indeks zbijenosti tla : $D_R = 100 \cdot \sqrt{(N_1)_{60}/60}$
- kut trenja tla:
 - za $D_R < 35\%$: $\Phi = 30^\circ$
 - za $35 < D_R < 65\%$: $\Phi = 34^\circ$
 - za $D_R > 65\%$: $\Phi = 38^\circ$

- edometarski modul tla:

$$\text{koherentno tlo : } E_{oed} = (4 \cdot N_{10,L} + 30) \cdot p_a \cdot \left(\frac{\sigma'_{vo} + 0.5 \cdot \Delta\sigma}{p_a} \right)^{0.6}$$

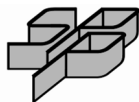
- nekoherentno tlo : $E_{oed} = (214 \cdot \log(N_{10,L}) + 71) \cdot p_a \cdot \left(\frac{\sigma'_{vo} + 0.5 \cdot \Delta\sigma}{p_a} \right)^{0.5}$

REZULTATI SONDIRANJA:

Rezultati dinamičkog sondiranja prilažu se u prilogu 7.

Najveća dubina glinovitog pokrivača zabilježena je na prostru doca (polja) na sjeveru, na kojem se nalazi i manje jezerce (stajaća voda). Zabilježene dubina pokrivača iznosi 1,10 do 2,50 m. Dinamički otpor u sloju pokrivača iznosi $R_d = 2 - 4$ MPa, čemu odgovara nedrenirana posmična čvrstoća $c_u = 120 - 160$ kPa, odnosno edometarski moduli $E_{oed} = 6 - 10$ MPa.

Prosječna dubina sedimenta glina u vrtačama iznosi svega 1,00 do 1,80 m.

**11. INŽENJERSKOGEOLOŠKA KLASIFIKACIJA STJENSKE MASE (RMR89)**

Za potrebe determinacije kvalitete stijenske mase korišteni su i podaci istražnog bušenja iz elaborata Ecoina d.o.o., 2004. *[7]

Uz detaljan inženjersko – geološki opis korištena je geomehanička klasifikacija poznata pod nazivom RMR sustav (Rock Mass Rating, Sistem) koju je 1973. godine razvio Bienawski. Posljednja njena promjena nastala je 1989.g. i korištena prilikom ovih istražnih radova (RMR89). Klasifikacija je prvenstveno namijenjena rješavanju inženjerskih problema u mehanici stijena.

Klasifikacija se temelji na pridavanju bodova, odnosno bez dimenzionalnih koeficijenata za stanje stijenske mase.

Klasifikacija sadrži sljedećih šest parametara:

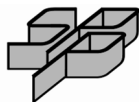
1. Jednoosna tlačna čvrstoća (*terensko ispitivanje sklerometrom*),
2. Indeks kvalitete jezgre (RQD) (*preuzima se iz elaborata Ecoina d.o.o., 2004. *[7]*)
3. Razmak diskontinuiteta (*učestalost*),
4. Stanje pukotina (*svojstva*),
5. Stanje podzemne vode,
6. Orijentacija pukotina u odnosu na objekt.

Svi ovi parametri dobiveni su na terenu izravnim motrenjem i podacima iz istražne jezgre bušenjem u sklopu istraživanja Ecoina d.o.o., 2004. Jednoosna tlačna čvrstoća mjerena je pomoću Schmitovog čekića. Uz navedeno korištena je i tablica 2. za terensko određivanje jednoosne tlačne čvrstoće.

Tablica 2. terensko određivanje jednoosne tlačne čvrstoće.

OPIS	TERENSKA IDENTIFIKACIJA	STUPANJ TVRDOĆE	APROKS. PODRUČJE ČVRST. NA PRITISAK (MPa)
Ekstremno slaba stijena	Para se noktom	R0	0,25-1,0
Vrlo slaba stijena	Mrvi se pri jačem udarcu geološkim čekićem, može se rezati nožićem	R1	1,0-5,0
Slaba stijena	Može se rezati nožićem	R2	5,0-25,0
Srednje čvrsta stijena	Ne može se rezati nožićem, uzorak se može razbiti udarcem geološkim čekića	R3	25,0-50,0
Čvrsta stijena	Uzorak zahtjeva više od jednog udarca geološkim čekićem	R4	50,0-100,0
Vrlo čvrsta stijena	Uzorak zahtjeva mnogo udaraca geološkim čekićem da bi bio razbijen	R5	100,0-250,0
Ekstremno čvrsta stijena	Uzorak se može samo odlamati pomoću geološkog čekića	R6	>250,0

Procjena kvalitete stijenske mase RQD (Rock Quality Designation) je linearni pokazatelj cjelovitosti stijenske mase. Dobiven je bušenjem i predstavlja omjer zbroja svih dužina dužih od 10cm (4 inča) i intervala bušenja, izražen u postocima.



Međunarodno društvo za mehaniku stijena (ISRM -Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in rock Masses, 1978.) preporučilo je proceduru za mjerenje i računanje RQD indeksa.

JRC10 je određivan prema tipičnim profilima hrapavosti, odnosno koeficijentima hrapavosti pukotina (JRC, ISRM, 1978 B). Razina podzemne vode je vrlo duboko.

Orijentacija pukotina u odnosu na objekt (temelje) određena je kao konstanta koji iznosi -15.

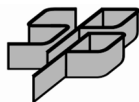
Kod opisa stupnja trošnosti stijenskog materijala korištene su tablice prema DEARMAN (1991) i LEE & DE FREITAS (iz Goodman, 1993).

Tablica 3. Klasifikacijski parametri i njihovi bodovi.

Parametri			Vrijednosti parametra						
1	Čvrstoća intaktne stijene (MPa)	Indeks čvrstoće u točki	>10	4-10	2-4	1-2	Preporuča se ispitati jednoosnu tlačnu čvrstoću		
		Jednoosna tlačna čvrstoća	250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	<1
	Bodovi		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	Bodovi		20	17	13	8	3		
3	Razmak diskontinuiteta		>2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Bodovi		20	15	10	8	5		
4	Stanje diskontinuiteta (vidi E)		Vrlo hrapave površine Nisu kontinuirani Zijev=0 mm Zidovi nisu rastrošeni	Neznatno hrapave površine Zijev <1 mm Stijena u zidovima neznatno rastrošena	Neznatno hrapave površine Zijev <1 mm Stijena u zidovima jako rastrošena	Skliski ili ispuna <5 mm debljine Zijev 1-5 mm Kontinuirani	Mekana ispuna > 5 mm debljine ili Zijev >5 mm Kontinuirani		
	Bodovi		30	22	13	6	0		
5	Podzemna voda	Dotok na 10 m duljine tunela (l/m)	nema	<10	10-25	25-125	>125		
		Odnos tlaka pukotinske vode i većeg glavnog naprežanja	0	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5		
		Općeniti uvjeti	kompletno suho	vlažno	mokro	kanjanje	tečenje		
	Bodovi		15	10	7	4	0		

Kod bodovanja u RMR sustavu primijenjena je korekcija bodova kada se bodovanje koristi za temeljenje u iznosu -15 bodova.

Također prema Hoeku: $GSI = RMR89 - 5$.



Tablica 4. Klasifikacijski parametri i njihovi bodovi.

Duljina diskontinuiteta (m)	<1	1-3	3-10	10-20	>20
Bodovi	6	4	2	1	0
Zijev diskontinuiteta	nema zijeva	<0,1 mm	0,1-1,0 mm	1-5 mm	>5 mm
Bodovi	6	5	4	1	0
Hrapavost diskontinuiteta	vrlo hrapavi	hrapavi	neznatno hrapavi	glatki	skliski
Bodovi	6	5	3	1	0
Ispuna diskontinuiteta	nema ispune	tvrdna ispuna <5 mm	tvrdna ispuna >5 mm	mekana ispuna <5 mm	mekana ispuna >5 mm
Bodovi	6	4	2	2	0
Rastrošnost zidova diskontinuiteta	nerastrošeni	neznatno rastrošeni	umjereno rastrošeni	jako rastrošeni	potpuno rastrošeni
Bodovi	6	4	2	1	0

Tablica 5. Kalkulacije u RMR klasifikacijskom sustavu.

ZONA I - zona intenzivnog trošenja (RQD = 35 - 60%)			ZONA II - RQD = 75 - 85%		
	Vrijednosti parametara	DODIJELJENI BODOVI		Vrijednosti parametara	DODIJELJENI BODOVI
Jednoosna tlačna čvrstoća (MPa)	0,1,2,4,7,12,15	7	Jednoosna tlačna čvrstoća (MPa)	0,1,2,4,7,12,15	7
Indeks kvalitete jezgre (RQD)	3,8,13,17,20	8	Indeks kvalitete jezgre (RQD)	3,8,13,17,20	17
Razmak diskontinuiteta (m)	5,8,10,15,20	8	Razmak diskontinuiteta (m)	5,8,10,15,20	10
Duljina diskontinuiteta (m)	0,1,2,4,6	4	Duljina diskontinuiteta (m)	0,1,2,4,6	4
Zijev diskontinuiteta (mm)	0,1,4,5,6	1	Zijev diskontinuiteta (mm)	0,1,4,5,6	1
Hrapavost diskontinuiteta	0,1,3,5,6	5	Hrapavost diskontinuiteta	0,1,3,5,6	6
Ispuna diskontinuiteta	0,2,2,4,6	6	Ispuna diskontinuiteta	0,2,2,4,6	6
Rastrošnost zidova	0,1,2,4,6	2	Rastrošnost zidova	0,1,2,4,6	4
Korekcija bodova - temelji	-15	-15	Korekcija bodova - temelji	-15	-15
UKUPNO RMR		26	UKUPNO RMR		40
OZNAKA KATEGORIJE	I-V	IV	OZNAKA KATEGORIJE	I-V	IV
KOHEZIJA (kPa)	<100 - 400>		KOHEZIJA (kPa)	<100 - 400>	
KUT TRENJA (stupnjevi)	<15 - 45>		KUT TRENJA (stupnjevi)	<15 - 45>	
GSI VRIJEDNOST		21	GSI VRIJEDNOST		35

Rezultati klasifikacije kvalitete stijenske mase prema RMR i GSI sustavu provedeni su za dva karakteristična intervala stijene, odabrana prema rezultatu preklopljenih podataka istražnih bušotina (2004.) i električne otpornosti stijene, ERT profilu 1 i 2, **prilog 4 list 1.**

Dobivene su vrijednosti za RMR / GSI:

- za stijensku masu u **ZONI I = 26 / 21** (zona intenzivnog trošenja)
- za stijensku masu u **ZONI II = 40 / 35**

**12. GEOTEHNIČKE ZNAČAJKE TEMELJNE STIJENE**

Analizom ostvarenih podataka i klasifikacijom kvalitete stijenske mase RMR_{89} i GSI, te geoelektričnih i seizmičkih istraživanja, za izradu geostatičkih proračuna utvrđeni su sljedeći litološki članovi i usvojeni sljedeći parametri tla na istražnoj lokaciji:

U ovom poglavlju dat će se generalizirane upute za interpretaciju rezultata istraživanja prema utvrđenim litološkim članovima, a koje pokrivaju većinu istražnog prostora. Detaljna analiza za pojedinačnu lokaciju objekta izvode se iz ovih smjernica.

POKRIVAČ (glina s kršjem; CH)**1.** Glina sa kršjem (CH) do zaglinjeno kršje (GC)

Glinoviti pokrivač utvrđen je na prostoru doca i vrtača, slika 13. Svojstva i dubina zalijeganja ovog člana ispitana su dinamičkom udarnom sondom, DPL.

Najveća dubina glinovitog pokrivača zabilježena je na prostoru doca (polja) na sjeveru, na kojem se nalazi i manje jezerce (stajaća voda). Zabilježene dubina pokrivača iznosi 1,10 do 2,50 m. Dinamički otpor u sloju pokrivača iznosi $R_d = 2 - 4$ MPa, čemu odgovara nedrenirana posmična čvrstoća $c_u = 120 - 160$ kPa, odnosno edometarski moduli $E_{oed} = 6 - 10$ MPa.

Prosječna dubina sedimenta glina u vrtačama iznosi svega 1,00 do 1,80 m.

Ovaj materijal se u pravilu uklanja kod pripreme i uređenja temeljnog tla.

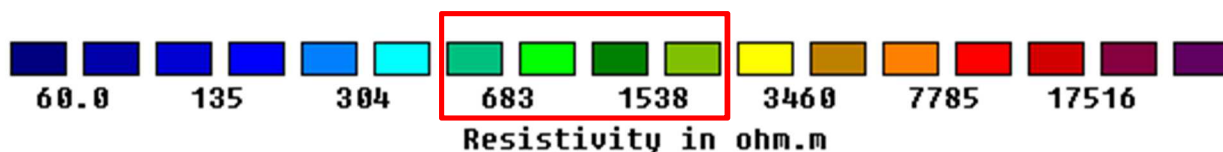
VAPNENAC - STIJENSKA ZONA I (zona intenzivnog trošenja)**2.** Vapnenac [$K_2^{1,2}$]

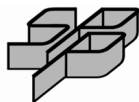
Vapnenac je glavna stijena istražnog prostora, izrazito je promjenjive trošnosti. Terenski je ispitana tlačna čvrstoća sklerometrom (Schmidt-ovim čekićem). Izmjerena tlačna čvrstoća nalazi se u rasponu $\sigma_c = 50 - 90$ MPa. Prosječna tlačna čvrstoća stijene u ovoj zoni može se usvojiti $\sigma_c = 50$ MPa.

Kvaliteta stijenske mase klasificirana je sukladno RMR_{89} i GSI sustavu (poglavlje 11.).

$RMR_{89} / GSI = 26 / 21$

Električna otpornost na ERT profilima: 600 - 2000 Ωm



**KARAKTERISTIKE STIJENE IZ SEIZMIČKIH ISTRAŽIVANJA:**

Korelacije za jediničnu težinu (γ), računsku otpornost temeljnog tla (q_a) i koeficijent reakcije tla (k_s) preuzete su iz literature: S.S.Tezcan, Z.Ozdemir, A.Keceli: *Seismic technique to Determine the Allowable Bearing Pressure for Shallow Foundation in Soils and Rock, Acta Geophysica, volume 57, Number 2, June 2009* :

- brzina primarnih valova, $v_p = 1200 - 2400$ m/s
- brzina posmičnih valova, $v_s = 800 - 1200$ m/s

Jedinična težina tla : $\gamma = 18 + 0.002 \cdot v_p$; **$\gamma = 21 - 23$ kN/m³**

Računska otpornost temeljnog tla: $q_a = 0.1 \cdot \gamma \cdot v_s \cdot \frac{1}{n}$; $n = 4.6 - 0.0008 \cdot v_s$; **$q_a = 460 - 750$ kPa**

Koeficijent reakcije tla : $k_s = 4 \cdot \gamma \cdot v_s$; **$k_s = 82\,000$ kN/m³**

- Posmični modul (G_0) dobiven na osnovi brzine posmičnih valova: $G_0 = \rho V_s^2 = 1\,350\,000$ kN/m²

Alfa koeficijent; $\alpha = \left(\frac{v_p}{v_s}\right)^2 = 3.5$ do 4.0

- Poissonov koeficijent tla: $\vartheta = \frac{\alpha - 2}{2(\alpha - 1)} = 0.34$
- Edometarski modul tla :

$$E_{oed} = \frac{\alpha \cdot E_0}{2 \cdot (3\alpha - 4)} ; E_0 = \frac{(3\alpha - 4) \cdot G_0}{(\alpha - 1)}$$

$E_{oed} = 890 - 2020$ MN/m²

- Modul elastičnosti tla:

$$E = \frac{E_{oed} \cdot (1 + \vartheta) \cdot (1 - 2\vartheta)}{(1 - \vartheta)}$$

$E = 580 - 1300$ MN/m²

KARAKTERISTIKE STIJENE ZA HOEK&BROWN-ov KRITERIJ ČVRSTOĆE

Kriterij sloma stijenske mase definiran je generaliziranim Hoek-Brown-ovim kriterijem čvrstoće:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_c \cdot \left(m_b \cdot \frac{\sigma'_3}{\sigma_c} + s\right)^a$$

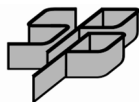
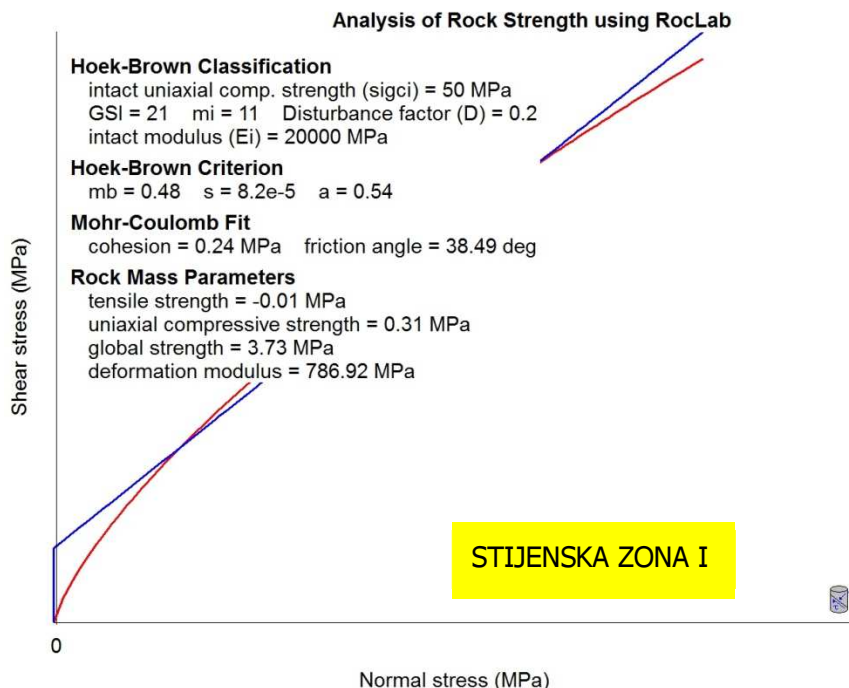
gdje su:

- σ_c – jednoosna tlačna čvrstoća homogenog uzorka stijene
- σ'_1 i σ'_3 – veće i manje efektivno glavno naprezanje
- m_b , a , s – iskustveni parametri stijenske mase definirani izrazima:

$$m_b = m_i \cdot e^{\left(\frac{GSI-100}{28-14 \cdot D}\right)} ; s = e^{\left(\frac{GSI-100}{9-3 \cdot D}\right)} ; a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \cdot \left(e^{\frac{-GSI}{15}} - e^{\frac{-20}{3}}\right)$$

gdje je:

- D – faktor poremećenosti stijenske mase
- m_i – parametar ovisan o vrsti stijene
- GSI – geološki indeks čvrstoće

Čvrstoća kompaktne stijenske mase prema kriteriju Hoek&Brown za **STIJENSKU ZONU I.**

Slika 14. Čvrstoća za stijensku masu I, prema kriteriju Hoek&Brown.

Dobiven je deformacijski moduli stijenske mase **E_d prema Hoek&Brown-u = 780 MPa.**

GRANIČNA NOSIVOST STIJENSKE MASE (PREMA P.MIŠČEVIĆU)

Prema P.Miščeviću (Uvod u inženjersku mehaniku stijena, 2004.) proveden je proračun dodatnih parametara stijenske mase:

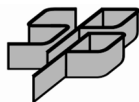
Grafična nosivost stijenske mase određuje se pomoću izraza:

$$q_{ult} = \left[m_b \cdot \sigma_c \cdot \left(s \cdot \sigma_c^{1/a} \right)^a + s \cdot \sigma_c^{1/a} \right]^a + \left(s \cdot \sigma_c^{1/a} \right)^a$$

Za prethodno odabrane "Hoek&Brown" prosječne vrijednosti stijenske mase q_{ult} iznosi:

- parcijalni faktor za tlačnu čvrstoću: $\gamma_{qu} = 1,4$ (EC7, DA3)

$$m_b = 0,48; s = 0,000082; a = 0,54; \sigma_c / \gamma_{qu} = 50 / 1,4 = 35,71 \text{ MPa}; \quad \mathbf{q_{ult} = 2200 \text{ kPa}}$$

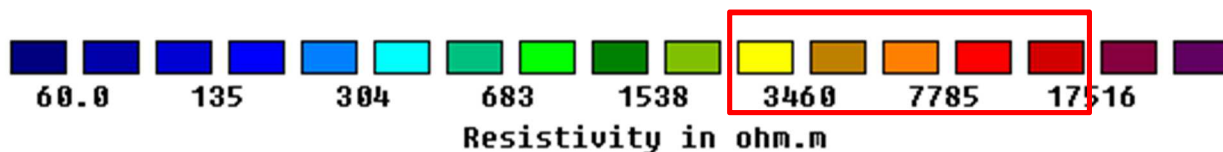
**VAPNENAC - STIJENSKA ZONA II****3. Vapnenac [$K_2^{1,2}$]**

Vapnenac je glavna stijena istražnog prostora, izrazito je promjenjive trošnosti. Terenski je ispitana tlačna čvrstoća sklerometrom (Schmidt-ovim čekićem). Izmjerena tlačna čvrstoća nalazi se u rasponu $\sigma_c = 50 - 90$ MPa. Prosječna tlačna čvrstoća stijene u ovoj zoni može se usvojiti $\sigma_c = 65$ MPa.

Kvaliteta stijenjske mase klasificirana je sukladno RMR_{89} i GSI sustavu (poglavlje 11.).

$RMR_{89} / GSI = 40 / 35$

Električna otpornost na ERT profilima: 2000 - 15000 Ωm

**KARAKTERISTIKE STIJENE IZ SEIZMIČKIH ISTRAŽIVANJA:**

Korelacije za jediničnu težinu (γ), računsku otpornost temeljnog tla (q_a) i koeficijent rekacije tla (k_s) preuzete su iz literature: S.S.Tezcan, Z.Ozdemir, A.Keceli: *Seismic technique to Determine the Allowable Bearing Pressure for Shallow Foundation in Soils and Rock*, Acta Geophysica, volume 57, Number 2, June 2009 :

- brzina primarnih valova, $v_p = 2400 - 4800$ m/s
- brzina posmičnih valova, $v_s = 1500 - 2400$ m/s

Jedinična težina tla : $\gamma = 18 + 0.002 \cdot v_p$; **$\gamma = 23 - 26$ kN/m³**

Računska otpornost temeljnog tla: $q_a = 0.1 \cdot \gamma \cdot v_s \cdot \frac{1}{n}$; $n = 4.6 - 0.0008 \cdot v_s$; **$q_a = 1600$ kPa**

Koeficijent reakcije tla : $k_s = 4 \cdot \gamma \cdot v_s$; **$k_s = 200\,000$ kN/m³**

- Posmični modul (G_0) dobiven na osnovi brzine posmičnih valova: $G_0 = \rho V_s^2 = 1\,350\,000$ kN/m²

Alfa koeficijent; $\alpha = \left(\frac{v_p}{v_s}\right)^2 = 2,5$ do $4,0$

- Poissonov koeficijent tla: $\vartheta = \frac{\alpha-2}{2(\alpha-1)} = 0.34$

- Edometarski modul tla :

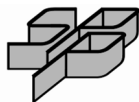
$$E_{oed} = \frac{\alpha \cdot E_0}{2 \cdot (3\alpha - 4)} ; E_0 = \frac{(3\alpha - 4) \cdot G_0}{(\alpha - 1)}$$

$$E_{oed} = 3\,800 \text{ MN/m}^2$$

- Modul elastičnosti tla:

$$E = \frac{E_{oed} \cdot (1 + \vartheta) \cdot (1 - 2\vartheta)}{(1 - \vartheta)}$$

$$E = 2\,500 \text{ MN/m}^2$$

**KARAKTERISTIKE STIJENE ZA HOEK&BROWN-ov KRITERIJ ČVRSTOĆE**

Kriterija sloma stijenske mase definiran je generaliziranim Hoek-Brown-ovim kriterijem čvrstoće:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_c \cdot \left(m_b \cdot \frac{\sigma'_3}{\sigma_c} + s \right)^a$$

gdje su:

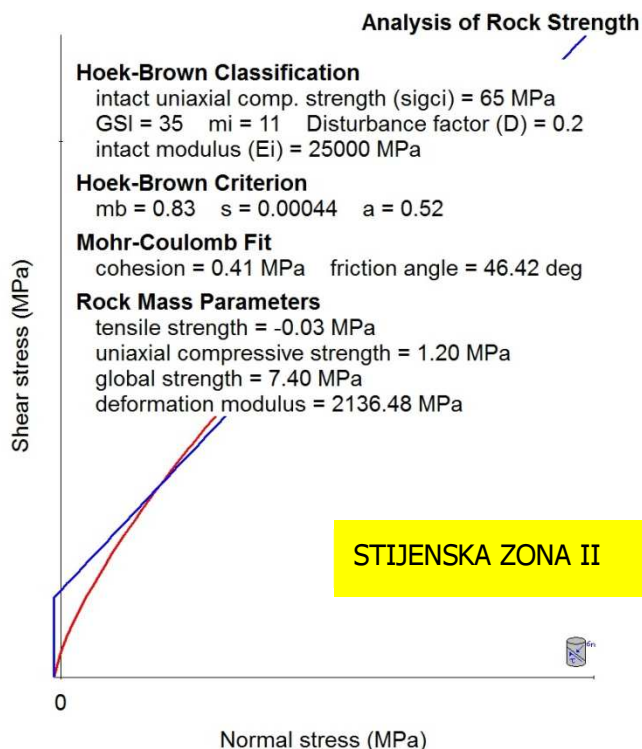
- σ_c – jednoosna tlačna čvrstoća homogenog uzorka stijene
- σ'_1 i σ'_3 – veće i manje efektivno glavno naprezanje
- m_b , a , s – iskustveni parametri stijenske mase definirani izrazima:

$$m_b = m_i \cdot e^{\left(\frac{GSI-100}{28-14 \cdot D}\right)}; s = e^{\left(\frac{GSI-100}{9-3 \cdot D}\right)}; a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \cdot \left(e^{\frac{-GSI}{15}} - e^{\frac{-20}{3}} \right)$$

gdje je:

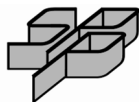
- D – faktor poremećenosti stijenske mase
- m_i – parametar ovisan o vrsti stijene
- GSI – geološki indeks čvrstoće

Čvrstoća kompaktne stijenske mase prema kriteriju Hoek&Brown za **STIJENSKU ZONU II**.



Slika 15. Čvrstoća za stijensku masu II, prema kriteriju Hoek&Brown.

Dobiven je deformacijski moduli stijenske mase **E_d prema Hoek&Brown-u = 2100 MPa.**

**GRANIČNA NOSIVOST STIJENSKE MASE (PREMA P.MIŠČEVIĆU)**

Prema P.Miščeviću (Uvod u inženjersku mehaniku stijena, 2004) proveden je proračun dodatnih parametara stijenske mase:

Grafična nosivost stijenske mase određuje se pomoću izraza:

$$q_{ult} = \left[m_b \cdot \sigma_c \cdot \left(s \cdot \sigma_c^{1/a} \right)^a + s \cdot \sigma_c^{1/a} \right]^a + \left(s \cdot \sigma_c^{1/a} \right)^a$$

Za prethodno odabrane "Hoek&Brown" prosječne vrijednosti stijenske mase q_{ult} iznosi:

- parcijalni faktor za tlačnu čvrstoću: $\gamma_{qu} = 1,4$ (EC7, DA3)

$m_b = 0,83$; $s = 0,00044$; $a = 0,52$; $\sigma_c / \gamma_{qu} = 65 / 1,4 = 46,42$ MPa; **$q_{ult} = 6900$ kPa**

13. PROJEKTNE VRIJEDNOSTI MAKSIMALNOG POTRESA (EUROCODE 8)

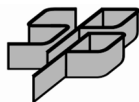
Prema dokumentu broj [3] iz popisa u tablici 1, Seizmičko mikrozoniranje, seizmološka i seizmotektonska studija šire okolice lokacije županijskog centra za gospodarenje otpadom u Općini Lećevica, određeno je vršno ubrzanje za istražni prostor: **$a_{gR} = 0,22g$** (povratni period 475 godina).

14. SUSTAVI RASJEDA IZ SEIZMIČKIH ISTRAŽIVANJA

Iz dokumenta, Seizmičko mikrozoniranje, seizmološka i seizmotektonska studija šire okolice lokacije Županijskog centra za gospodarenje otpadom u Općini Lećevica [3], HGI 08/2016., u granicama lokacije Centra i neposredne okolice otkrivena su tri sustava rasjeda.

"Najvažniji su reversni rasjedi koji pripadaju zoni koja graniči najistaknutijem dijelu lokalne reversne strukture Zmajevac - Lovreč. Zona je širine 120 - 250 m i prelazi preko odlagališta otpada. U zdrobljenoj zoni razabiru se četiri paralelna rasjeda.

Izdvojeni rasjedi ukazuju na relativno veću razlomljenost stijena na lokaciji odlagališta otpada. Najvažniji je položaj lokacije u zoni reversnih rasjeda graničnih lokalnoj strukturi Zmajevac – Lovreč. Rasjedi sustava SZ – JI ocrtavaju se prekidima i pomacima slojeva. Trase reversnih rasjeda iz granične zone lokalne strukture Zmajevac – Lovreč i rasjedi sustava SSI – JJZ do S – J uočavaju se prekidima slojeva i posebno tamnim crtama koje označavaju strme obronke i usječene doline u reljefu. Osobito se uočavaju prekidi rasjedi sustava SSI – JJZ do S – J ostalim rasjedima."



15. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U elaboratu su za potrebe geotehničke kategorizacije temeljne stijene izvršena primarno neinvazivna geofizička istraživanja, te u manjem obimu i dinamičko sondiranje glinovitog pokrivača na prostoru vrtača i doca. Istražni prostor vrlo je teško prohodan, što je definiralo prostorni raspored geofizičkih profila. Situacija s položajem istražnih radova prilaže se u prilogu 1, listovi 1 i 2. Također, pokrivenost geofizičkim istražnim radovima nije potpuna, vidi prilog 3, te se geotehnička istraživanja u ovoj fazi mogu smatrati preliminarnim i potrebno ih je dopuniti nakon čišćenja lokacije i pripreme terena.

U analize za potrebe izrade geotehničkog elaborat korišteni su i podaci iz prethodno provedenih istraživanja navedenih u tablici 1 elaborata.

Osnovom prikupljenih prethodnih istraživanja i geofizičkih istraživanja iz ovog elaborata mogu se dati generalna svojstva temeljne stijene:

- lokaciju gradi vapnenačka stijena, trošnosti u širokim granicama, a primarno pod utjecajem rasjednih sustava utvrđenih na istražnom prostoru izgradnje Centra. Stijenska masa izvan rasjednih zona, a s obzirom na trošnost, grupirana je u dvije geotehničke zone (poglavlja 11 i 12), STIJENSKA ZONA I i STIJENSKA ZONA II. Stijenska masa klasificirana je sukladno RMR sustavu, te su joj određeni geotehnički parametri prikazani u navedenim poglavljima.
- na prostoru vrtača i doca utvrđen je glinoviti pokrivač maksimalne debljine 2,5 m, poglavlje 10. Prosječna dubina iznosi 1,0 m. Ovaj sloj se u pravilu prilikom pripreme terena uklanja.
- za utvrđena svojstva stijenske mase, s geotehničkog aspekta, može se smatrati da je prostor povoljnih karakteristika, odnosno utvrđena nosivost stijenske podloge je velika, a slijeganja temeljne stijene mala.
- posebnost lokacije su zone utvrđenih rasjeda. Ove zone potvrđene su geoelektričnim profilima. Također se pokazalo da su u odličnoj podudarnosti sa pravcima rasjeda izvještenim u Elaboratu Ecoina d.o.o. 2004. *[7]. Detaljnija razmatranja kvalitete stijene u zonama pod utjecajem rasjeda dana su u poglavlju 7.1, te slici 8 i prilogu 3. Za prostor pod utjecajem rasjeda ne može se dati ocjena kvalitete temeljne stijene. Izmjerene električne otpornosti vrlo su velikih iznosa, te se zbog moguće višeznačnosti mjerenja u ovim zonama ne može točno determinirati kvaliteta stijene.
- sukladno speleološki utvrđenim spiljama (HGI Zagreb, [6]), a koje se također nalaze na pravcima potvrđenih rasjednih zona, ne može se odbaciti mogućnost postojanja kavernoznih oblika i u zonama prikazanim na slici 8, prilog 3.

Istražno područje je vrlo raspucano kao posljedica tektonskih aktivnosti, a potom svakako i značajno okršeno. Kao važan rezultat provedenih istraživanja su i determinirane zone kojima je potrebno posvetiti posebnu pažnju, te ih dodatno istražiti.

POTREBA ZA DALJNJIM ISTRAŽIVANJIMA

Nakon planiranja i pripreme terena za gradnju, a u svrhu kategoriziranja stijenske mase u izdvojenim zonama u ovom elaboratu, bit će potrebno izvršiti sondažna bušenja određenog tlocrtnog rasporeda (planski prema planiranim objektima). Svrha dodatnih bušenja je detekcija realno mogućih značajnijih kavernoznih formi. Osim istražnih bušotina provesti i dodatna GPR radarska snimanja.