

Investitor:

Grad Hvar

Milana Kukurina 2, 21450 Hvar

OIB: 01250166084

Naziv projekta:

Istražni radovi na jugoistočnom dijelu gradskih zidina i istočne kule

Lokacija građevine:

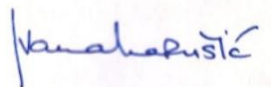
k.č.br. 166, k.o. 311693 Hvar, Gradske zidine**IZVJEŠTAJ O PROVEDENIM ISTRAŽNIM RADOVIMA
NA JUGOISTOČNOM DIJELU GRADSKIH ZIDINA I ISTOČNE KULE**

Izveštaj izradio:

Andrija Šokman, mag. ing. aedif.

HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA
Andrija Šokman
mag.ing.aedif.
Ovlašteni inženjer građevinarstva
G 5998

Suradnici:

Ivana Marušić, mag. ing. aedif.

Izvršitelj:

Examen Lab d.o.o.

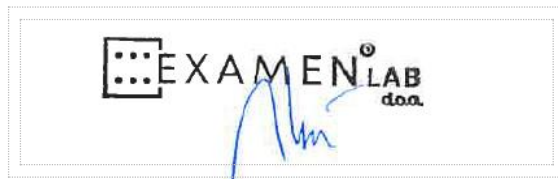
Ljudevita Gaja 26A, 10430 Samobor

OIB: 27443820950

Odgovorna osoba:

Mate Baričević, dipl. ing. građ.

_direktor



EXAMEN LAB
d.o.o.

Oznaka Izveštaja:

EL-231213-01

Mjesto i datum:

Samobor, prosinac 2023.

SADRŽAJ

1	Uvod.....	3
2	Istražni radovi.....	5
2.1	Vizualni pregled	6
2.2	Ispitivanje prolaskom zvučnog impulsa	10
2.2.1	Ispitna pozicija Z1	11
2.2.2	Ispitna pozicija Z2	15
2.3	Zidni izvrtci	19
2.3.1	Zidni izvrtak V1	19
2.3.2	Zidni izvrtak V2	21
2.3.3	Zidni izvrtak V3	23
2.3.4	Zidni izvrtak V4	26
2.3.5	Zidni izvrtak V5	28
2.4	Ispitivanje plosnatim pločama (Flat Jack)	31
2.5	Kemijska analiza morta	34
2.6	Geotehnički i inženjerskogeološki istražni radovi	34
3	Zaključak.....	35
4	Literatura.....	37
5	Prilozi.....	37

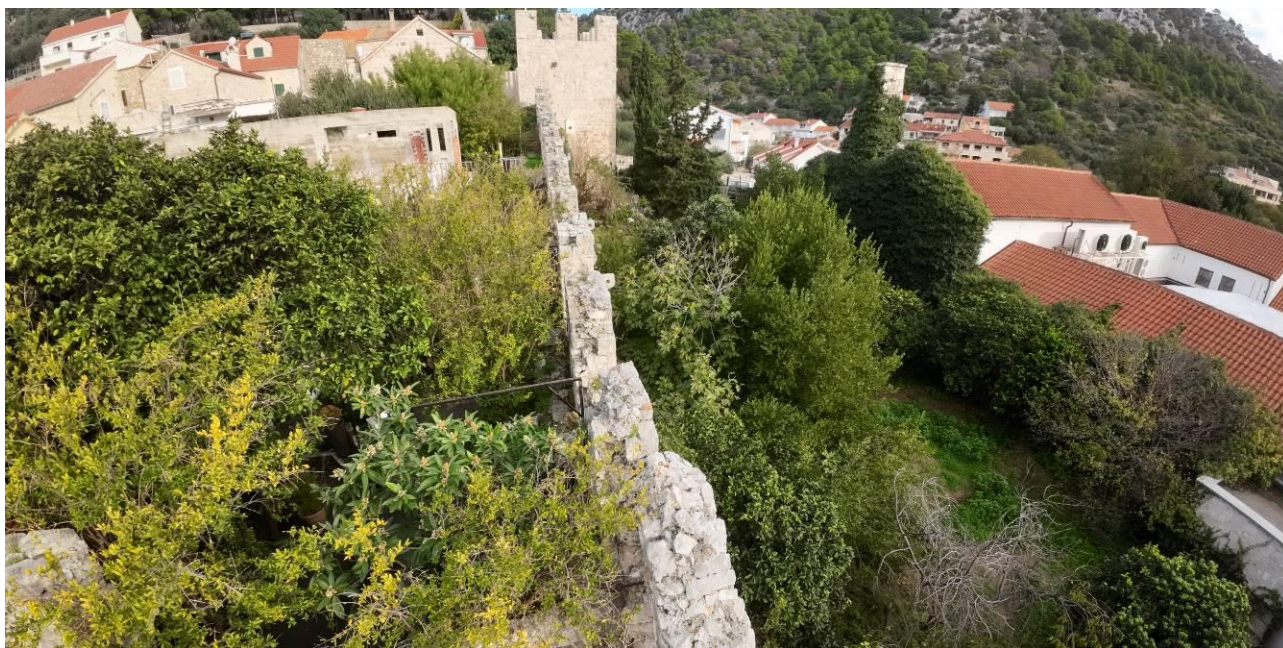
1 Uvod

Prema dostupnoj literaturi, gradske zidine počele su se graditi 1278. godine. Gradnja zidina tekla je vrlo sporo te su dovršene sredinom 15. stoljeća, gotovo 2 stoljeća nakon početka gradnje. U sklopu gradskih zidina izvedene su kule, a na vrhu brda izvedena je utvrda. Gradske zidine imaju četiri ulaza, glavna gradska vrata – Porta Maestra na jugozapadu, vrata sv. Marije na jugoistoku, Vrata od Gojave na zapadu i Gradno vrota na istoku.

Segment zidina koji je predmet ovoga izvještaja, je jugoistočni dio i istočna kula. Ukupna duljina predmetnih zidina je 42,60 metara. Na najvišem dijelu visina zidina je 8,80 metara, a širina zidina kreće se oko 1,50 metara. Zide je zidano od klesanih kamenih blokova različitih veličina sa pravilnim horizontalnim sljubnicama. Na vrhu zida je izvedeno je 16 kamenih kruna visine cca 135 cm i duljine 150 cm, debljina kamenih kruna iznosi cca 90 cm. Na sjevernom dijelu, predmetni segment zidina završava kulom tlocrtnih dimenzija 4,3 x 6,5 metara. Kula je u dogledno vrijeme sanirana.



Slika 1-1 Pogled na jugoistočni segment zidina i istočnu kulu



Slika 1-2 Pogled na gornji dio jugoistočnog segmenta zidina i istočnu kulu



Slika 1-3 Pogled na kulu s vanjske strane zidina



Slika 1-4 Pogled na kulu sa vanjske strane zidina

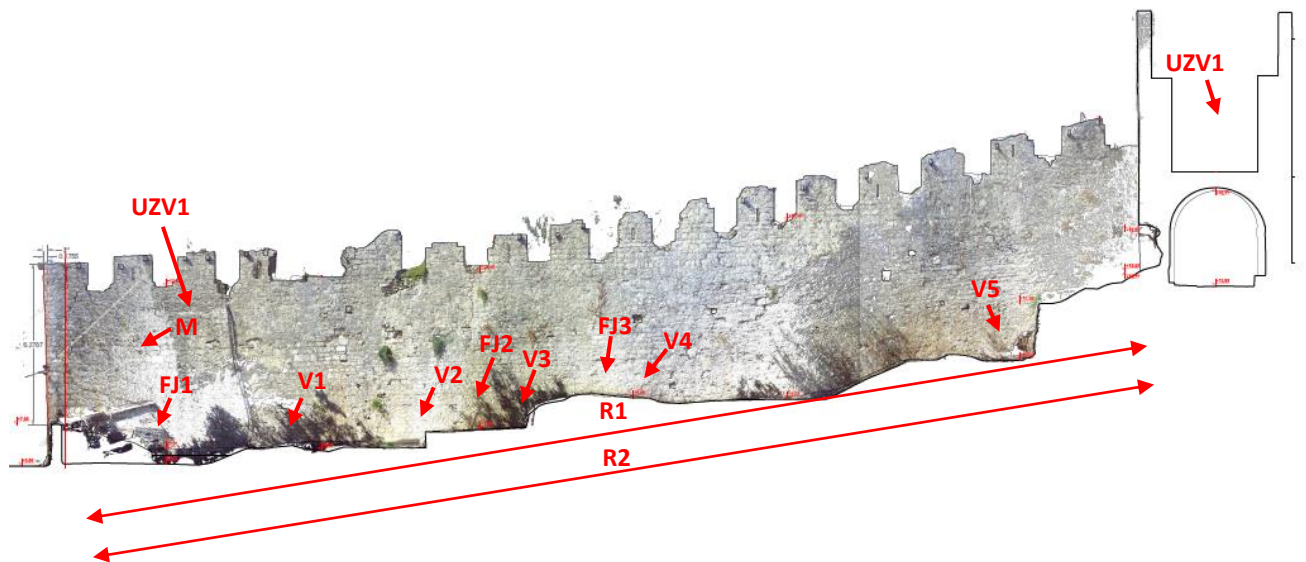
U nastavku elaborata je dana analiza provedenih ispitivanja i radova.

2 Istražni radovi

Količine ispitivanja definirane su ugovorom KLASA: 406-02/23-01/22, URBROJ: 2181-2/01-01/1-23-08, od dana 24.03.2023. Točne ispitne pozicije definirane su temeljem obilaska lokacija, a sukladno potrebi za dobivanjem što relevantnijih podataka o stanju i karakteristikama zida, te sukladno pristupačnosti pojedinim lokacijama zida i kule. Sukladno svemu navedenom, provedena su sljedeća ispitivanja i radovi:

1. Stručni pregled kamene strukture uz kartiranje nalaza na fotogrametrijskoj podlozi i arhitektonskoj snimci;
2. Ispitivanje zida plosnatim pločama – Flat Jack (FJ) – 3 ispitne pozicije;
3. Utvrđivanje strukture zidanog sklopa bušenjem izvrtaka promjera $\varnothing 100$ mm kroz čitavu debljinu zidanog sklopa uz endoskopsko snimanje zidnih bušotina – 5 ispitnih pozicija;
4. Kemijska analiza morta na karakterističnim pozicijama utvrđenim pregledom;
5. Ultrazvučno plošno ispitivanje zidova radi utvrđivanja unutrašnje strukture zida;
6. Geomehaničko snimanje tla georadarom uz istočni dio zida – ispitnih pozicija;

Na slici u nastavku pogled na vanjsku stranu zidina s ucrtanim ispitnim pozicijama.



Ispitne pozicije oznake **FJ** (Flat Jack) – ispitivanje plosnatim pločama;
 Ispitne pozicije oznake **UZV** – ispitivanje prolaskom zvučnog impulsa;
 Ispitne pozicije oznake **V** – bušenje zidnih izvrtaka;
 Ispitne pozicije oznake **M** – uzorkovanje i kemijska analiza morta iz sljubnica;
 Ispitne pozicije oznake **R** – snimanje tla geomehaničkim radarom

Slika 2-1 Pogled na gradske zidine sa shematski s ucrtanim ispitnim pozicijama

2.1 Vizualni pregled

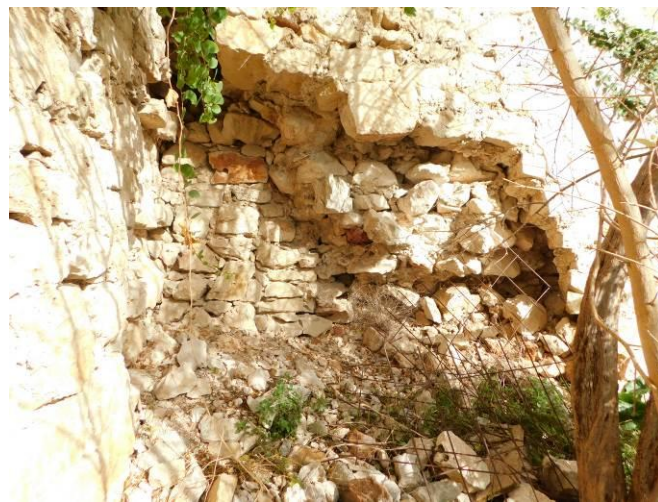
Na jugoistočnom dijelu zidina i istočnoj kuli proveden je stručni vizualni pregled kamene strukture s ciljem utvrđivanja nedostatak nastalih u gradnji i oštećenja nastala tijekom eksploatacije. Temeljem vizualnog pregleda odabrane su i lokacije za provedbu istražnih radova. Ispitivanja su provedena kako bi se dobili što relevantniji podaci o stanju zidina, odnosno kako bi se mogla odabrati optimalna sanacijska rješenja.

Vizualni pregled proveden je na istočnoj kuli i na jugoistočnom dijelu gradskih zidina. U nastavku je dan osvrt na provedeni pregled i fotodokumentaciju.

Općenito, vizualnim pregledom gradskih zidina utvrđena su oštećenja poput odlamanja i ispadanja kamenih blokova, neispunjenih vertikalnih i horizontalnih sljubnica, nastanka raslojavanja i pukotina po sljubnicama ziđa. Voda koju površinski slojevi kamena upiju, prilikom ciklusa smrzavanja i odmrzavanja širi i skuplja svoj volumen što uzrokuje razaranje strukture površinskih slojeva kamena. Uslijed dugog vremena eksploatacije (cca 800 godina) površinski slojevi kamenih elemenata su degradirani, vidljive su pukotine i ljuštenje kamenog materijala. Osim navedenih oštećenja zabilježena su tri dominantna oštećenja koja uslijed daljnjeg mogu ugroziti nosivost i stabilnost zid. Radi se o pojavi pukotine odnosno vertikalnog raslojavanja zida uz sam početak zida na južnom dijelu. Druga dva oštećenja vezana su uz odron kamenog materijala iz zida uz blizini kule te na samoj kuli gdje se pojavilo i vertikalno raslojavanje.

ISTOČNA KULA

Na fotografijama ispod vidljiv je odron kamenog materijala u podnožju kule. Na odronu nastaje koncentracija naprezanja u zidu kule te dolazi do pojave pukotine/vertikalnog raslojavanja ziđa. Pukotina je širine cca 5 cm.

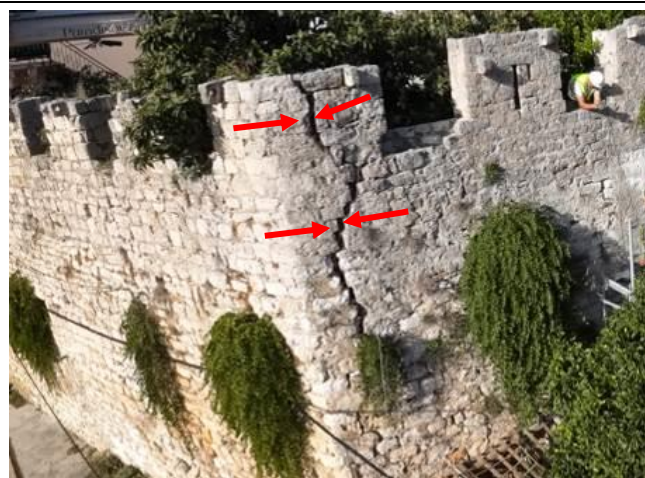


S unutrašnje strane kule vidljive su sanirane sljubnice, vjerojatno na mjestu nastalih pukotina (desna slika). Nedavno je provedena sanacija hodne površine nekom vrstom morta. Mort je čitavom površinom ispucao te voda procuruje kroz konstrukciju u prolaz ispod kule.



JUGOISTOČNI DIO ZIDINA

Najznačajnija oštećenja na zidinama zabilježena su na uglu zida (uz tržnicu) gdje se pojavila vertikalna pukotina (vertikalno raslojavanje zida, lijeva slika) te nekoliko metara od kule gdje dolazi do odrona kamenog materijala pri dnu zida. Raslojavanje na uglu zida rezultiralo je vertikalnim diskontinuitetom širine 10-ak cm. Raslojavanje narušava konstruktivnu cjelovitost zida te mu svojim daljnjim napretkom može ugroziti stabilnost. Pukotina prolazi i kroz krunu zida te joj također narušava stabilnost. Odron pri dnu zida uz kulu predstavlja opasnost u obliku pojave koncentriranih naprezanja koja mogu uzrokovati pojave novih raslojavanja i drugih oštećenja zida.



Vertikalna pukotina na zidu cca 4 metra od kule, proteže se od vrha do dna zida. Pukotina je nastala po sljubnicama.



Karakteristična oštećenja zida su i lokalna odlamanja i ispadanja prvog reda kamenih elemenata iz strukture zida. Do odlamanja dolazi uslijed smrzavanja i odmrzavanja vode u strukturi kamena koja se pritom ljušti i odlama.



Gotovo sve istake krune zida su oštećene. Tijekom eksploatacije, uslijed utjecaja atmosferilija i zadržavanja vode na horizontalnim površinama, dolazi do degradacije veznog morta i otpadanja kamenih blokova iz strukture istaka.



Također, na zidu su na više mjesta zabilježene neispunjene sljubnice. Mort je tijekom eksploatacije uslijed vremenskih čimbenika degradiran i ispada iz sljubnica, a na pojedinim mjestima su vidljivi i nedostaci iz doba gradnje odnosno mjesta na kojima mort nije ni ugrađen.



U nastavku su dane fotografije preostalih zabilježenih pukotina na zidinama prema shematski ucrtanim oštećenjima u prilogu ovoga elaborata.



2.2 Ispitivanje prolaskom zvučnog impulsa

Metoda ispitivanja brzine zvučnog impulsa primjenjuje se u zidanim konstrukcijama kao kvalitativna metoda. Brzina zvučnog pulsa ukazuje na osnovne informacije o kvaliteti i homogenosti zidanog elementa koji se ispituje. Na brzinu zvučnog impulsa utječe sastav zida, vrsta kamena, kao i prisutnost nehomogenosti, šupljine i oštećenja unutar promatranog volumena. U konkretnom slučaju korišten je princip ispitivanja tomografijom gdje se sa istog mjesta pobude bilježe odzivi na različitim lokacijama. Rezultati su dani za svako mjesto pobude zasebno, te zbirno (srednja vrijednost) sa sva 3 mjesta pobude.

Za elastične, izotropne i homogene medije, širenje zvučnog vala kroz čvrsto tijelo ovisi o gustoći i elastičnim svojstvima danog materijala, te je moguće opisati ovaj odnos pomoću teorija i jednačbi koje povezuju brzinu vala u odnosu na modul elastičnosti, gustoću i Poissonov koeficijent, koji su odavno utvrđeni.

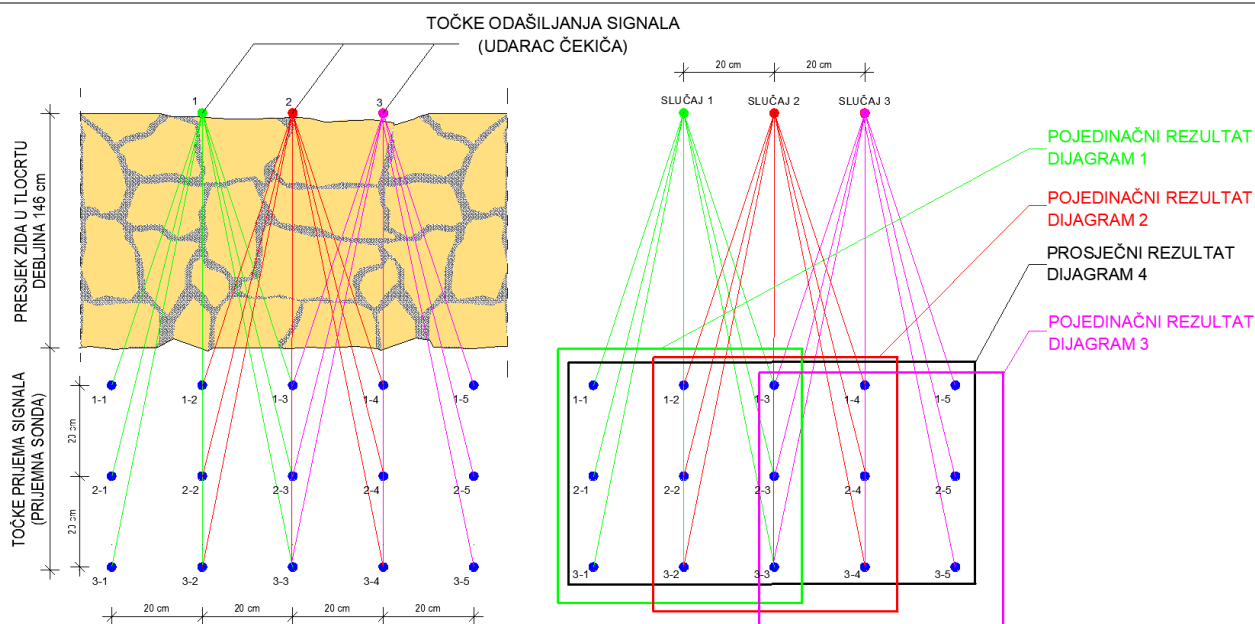
Kod ziđa pak, direktna primjena ovih jednačbi se ne preporučuje zbog anizotropnosti i heterogenu prirodu materijala. Neki radovi pokazuju da se određeni odnos može pronaći između brzine zvučnog impulsa i modula elastičnosti ziđa. Međutim, ovaj odnos varira prema danoj tipologiji zidanja i teksturi te treba naglasiti da je statistička baza podataka za grube procjene elastičnih svojstava iz vrijednosti brzine zvučnog impulsa još uvijek u vrlo eksperimentalnoj fazi.

Stoga se metoda brzine zvučnog impulsa može korisno primijeniti za kvalitativnu ocjenu zidanih konstrukcija i za kvantitativnu kontrolu učinkovitosti sanacije kao što je npr. injektiranje.

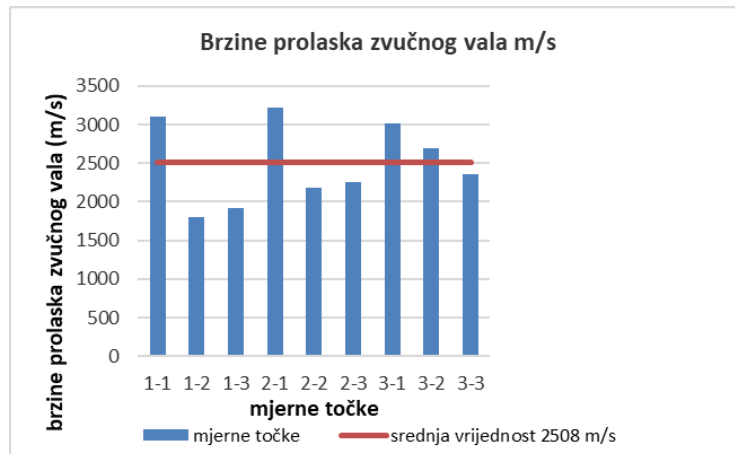
U tom bi slučaju, nakon injektiranja ziđa, bilo potrebno ponoviti mjerenja na istim ispitnim pozicijama i usporedbom rezultata donijeti zaključak o uspješnosti provedenih injektiranja odnosno konsolidacije ziđa.

2.2.1 Ispitna pozicija Z1
Tablica 2-1 Rezultati ispitivanja – pozicija Z1

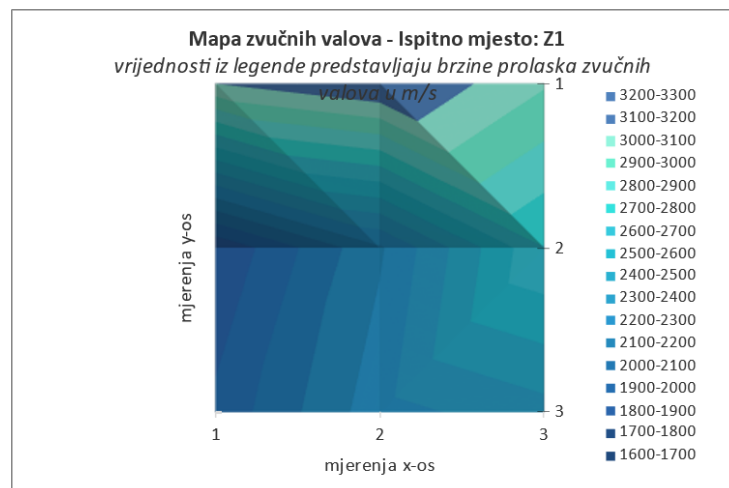
Ispitna metoda:	HRN EN ISO 15708-3:2019
Vrsta elementa:	Zid
Metoda transmisije vala:	Tomografija
Broj mjernih točaka (redak x stupac):	3x5
Broj točaka pobude (redak x stupac):	1 x 3
Razmak mjernih točaka:	20 cm

SHEMA ISPITIVANJA


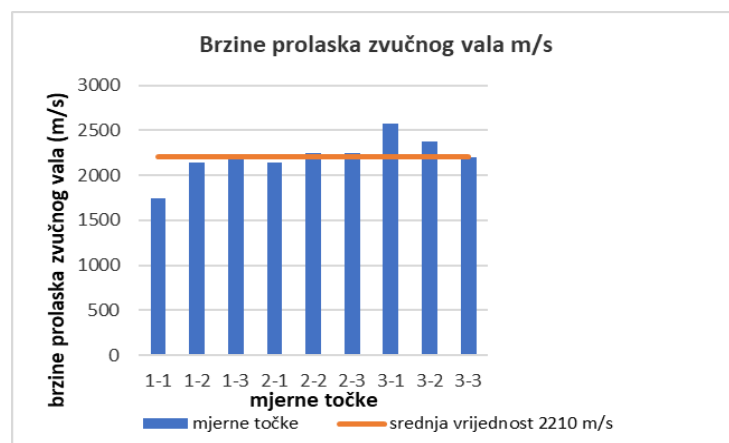
Oznaka ispitivanja		Mjesto ispitivanja				
laboratorijska	terenska					
231213-02	Z1	Istočna kula, istočni zid				
Mjerne točke, y-os		Mjerne točke, x-os				
		1	2	3	4	5
1		3103	1808	1924	-	-
2		3222	2185	2260	-	-
3		3012	2694	2363	-	-
1		-	1750	2144	2201	-
2		-	2148	2250	2243	-
3		-	2575	2374	2202	-
1		-	-	2286	2312	2028
2		-	-	2516	2326	2163
3		-	-	2678	2507	2312
Srednja vrijednost svih mjerenja						
1		3103	1779	2118	2257	2028
2		3222	2167	2342	2285	2163
3		3012	2635	2472	2355	2312
Srednja vrijednost brzina prolaska zvučnog vala na svim ispitnim pozicijama (m/s)						
2416						
Standardna devijacija brzine prolaska zvučnog vala						
411						



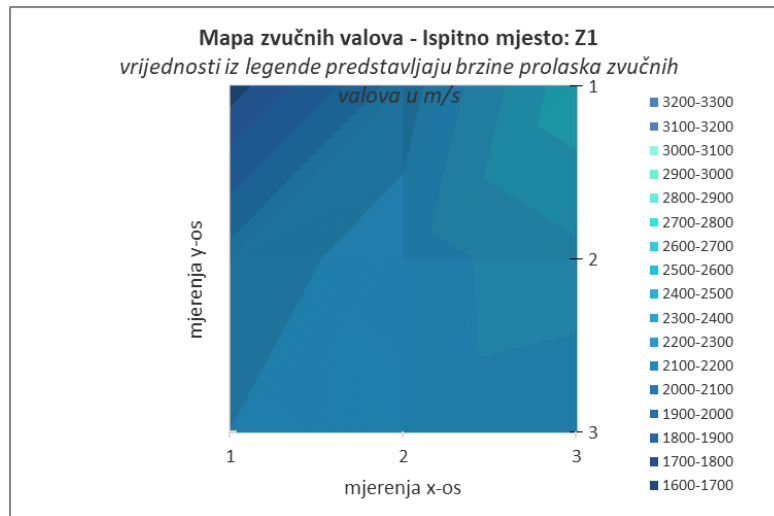
Slika 2-1 Brzine prolaska zvučnog vala – slučaj Z1 – graf 1



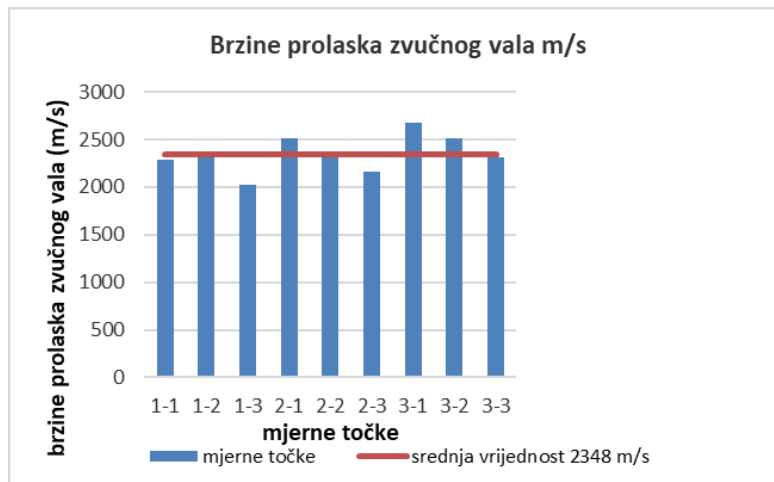
Slika 2-2 Mapa zvučnih valova – slučaj Z1 – graf 1



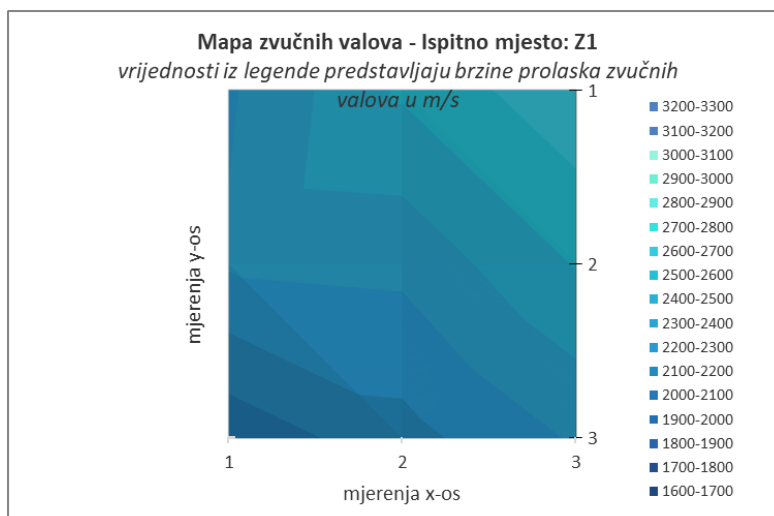
Slika 2-3 Brzine prolaska zvučnih valova – slučaj Z2 – graf 2



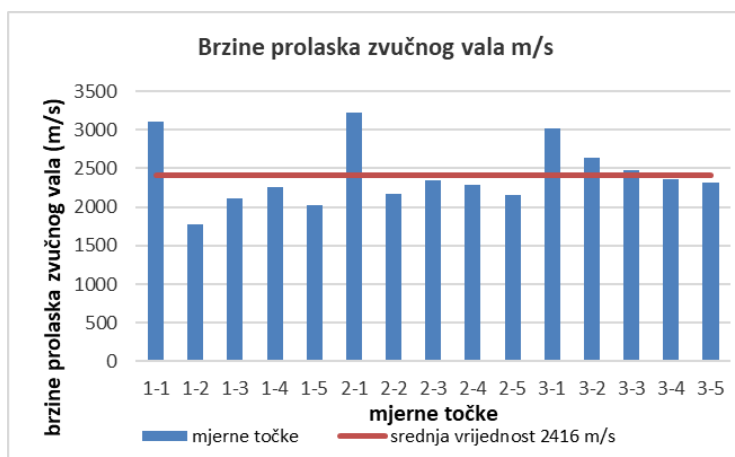
Slika 2-4 Mapa zvučnih valova – slučaj Z2 – graf 2



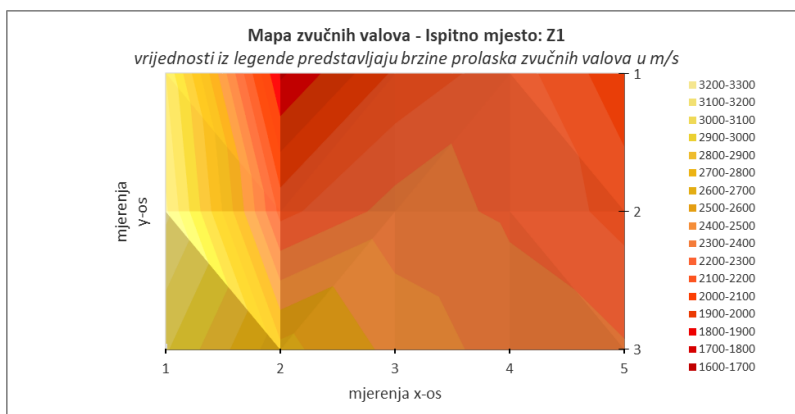
Slika 2-5 Brzine prolaska zvučnih valova – slučaj Z2 – graf 3



Slika 2-6 Mapa zvučnih valova – slučaj Z2 – graf 3



Slika 2-7 Brzine prolaska zvučnih valova – ukupna srednja vrijednost – graf 4



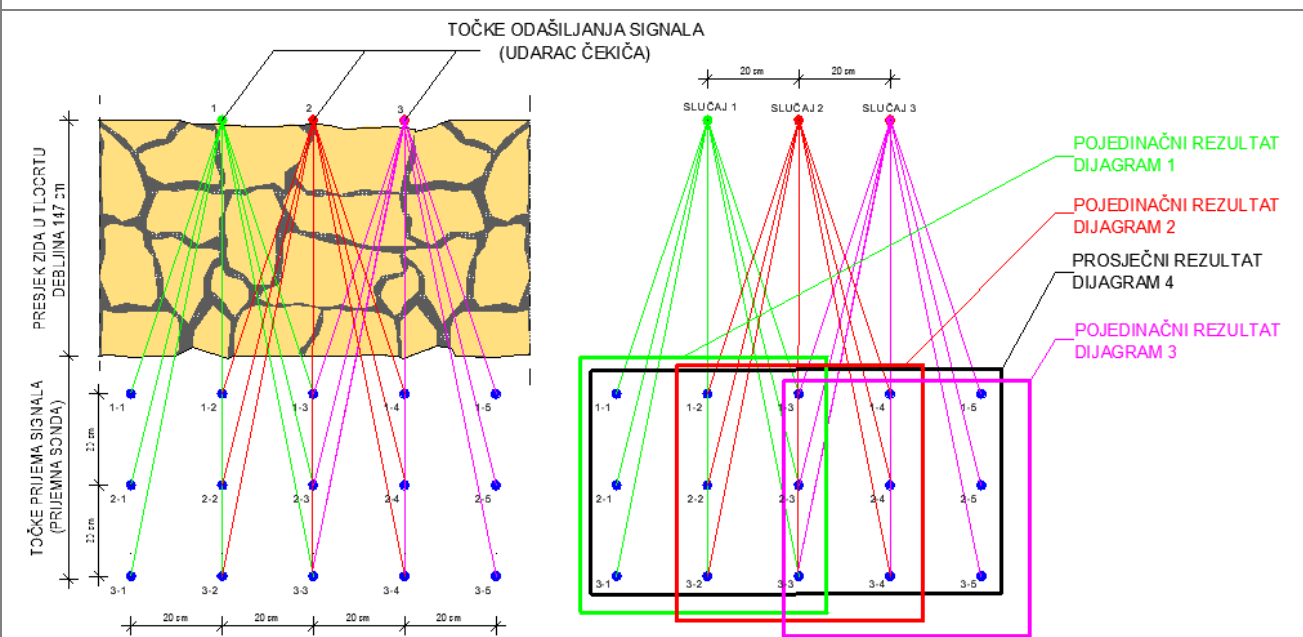
Slika 2-8 Mapa zvučnih valova – ukupna srednja vrijednost – graf 4



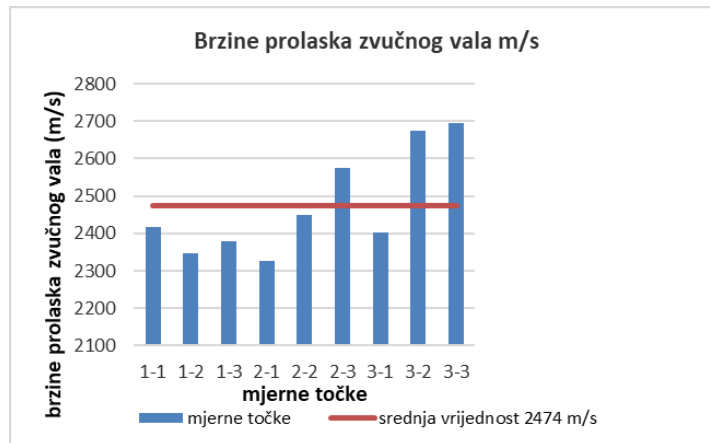
Slika 2-9 Fotografije ispitnog mjesta

2.2.2 Ispitna pozicija Z2
Tablica 2-2 Rezultati ispitivanja – pozicija Z2

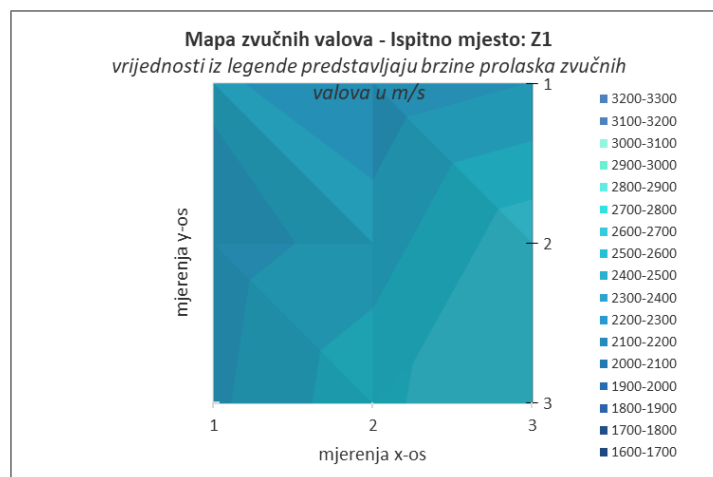
Ispitna metoda:	HRN EN ISO 15708-3:2019
Vrsta elementa:	Zid
Metoda transmisije vala:	Tomografija
Broj mjernih točaka (redak x stupac):	3x5
Broj točaka pobude (redak x stupac):	1 x 3
Razmak mjernih točaka:	20 cm

SHEMA ISPITIVANJA


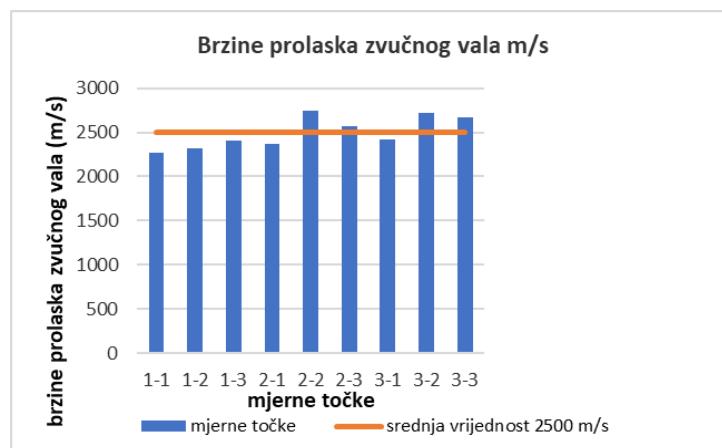
Oznaka ispitivanja		Mjesto ispitivanja				
laboratorijska	terenska					
231213-02	Z2	Jugoistočni zid, 1 meter ispod vrha, 5 m od početka зида				
Mjerne točke, y-os		Mjerne točke, x-os				
		1	2	3	4	5
1		2418	2348	2378	-	-
2		2326	2449	2575	-	-
3		2402	2675	2696	-	-
1		-	2265	2322	2401	-
2		-	2371	2749	2571	-
3		-	2421	2725	2674	-
1		-	-	2391	2470	2176
2		-	-	2823	762	2741
3		-	-	2918	2826	2725
Srednja vrijednost svih mjerenja						
1		2418	2307	2364	2436	2176
2		2326	2410	2716	2667	2741
3		2402	2548	2780	2750	2725
Srednja vrijednost brzina prolaska zvučnog vala na svim ispitnim pozicijama (m/s)						
2518						
Standardna devijacija brzine prolaska zvučnog vala						
197						



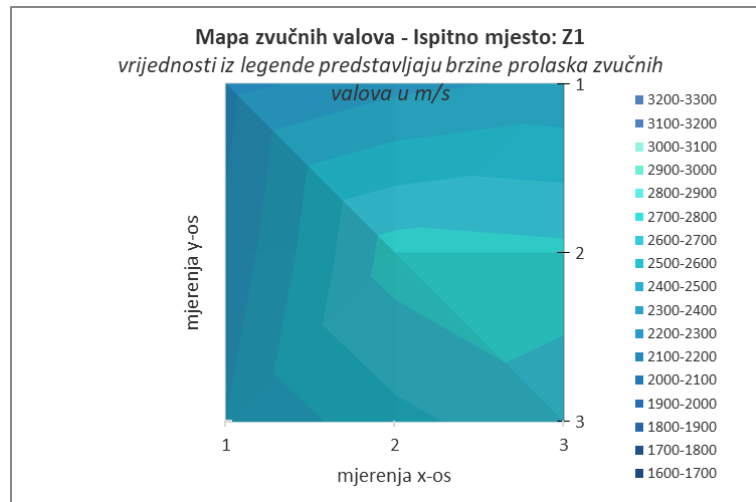
Slika 2-9 Brzine prolaska zvučnog vala – slučaj Z1 – graf 1



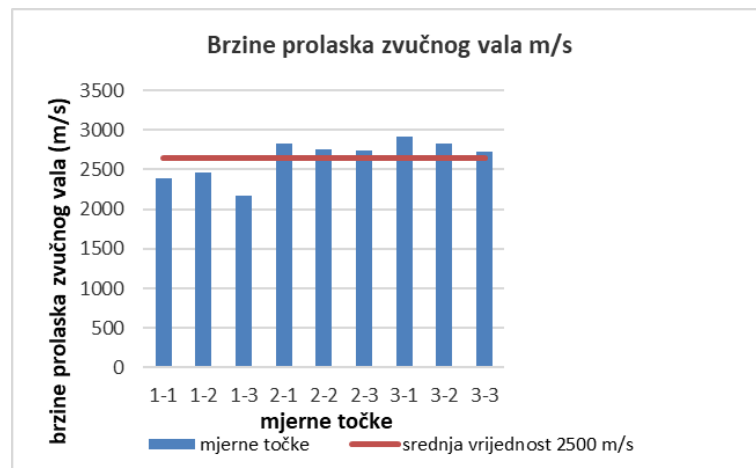
Slika 2-10 Mapa zvučnih valova – slučaj Z1 – graf 1



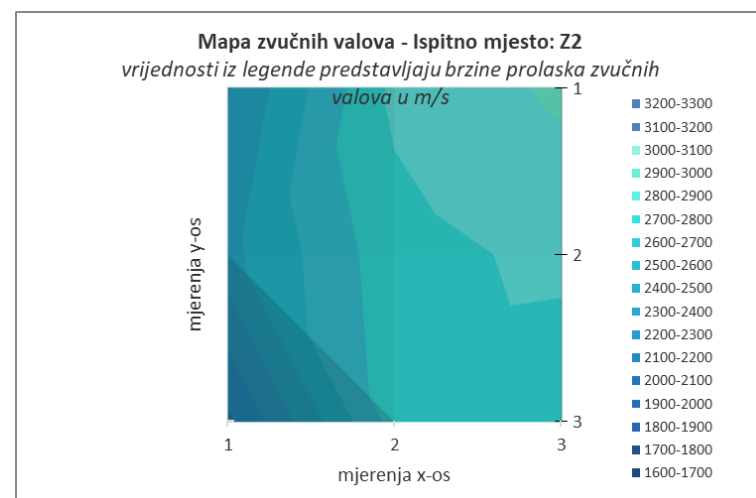
Slika 2-11 Brzine prolaska zvučnih valova – slučaj Z2 – graf 2



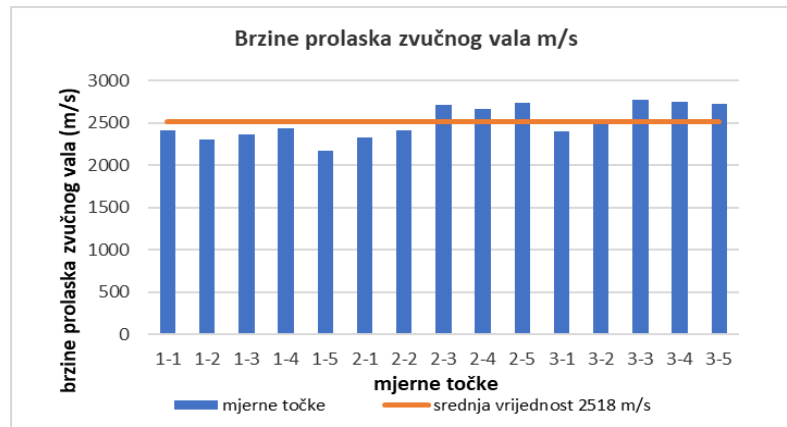
Slika 2-12 Mapa zvučnih valova – slučaj Z2 – graf 2



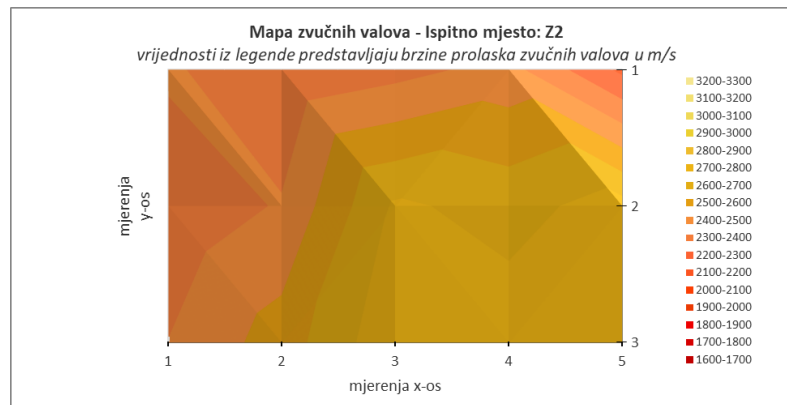
Slika 2-13 Brzine prolaska zvučnih valova – slučaj Z2 – graf 3



Slika 2-14 Mapa zvučnih valova – slučaj Z2 – graf 3



Slika 2-15 Brzine prolaska zvučnih valova – ukupna srednja vrijednost – graf 4



Slika 2-16 Mapa zvučnih valova – ukupna srednja vrijednost – graf 4



Slika 2-17 Fotografije ispitnog mjesta

2.3 Zidni izvrtci

Zidni izvrtci izvedeni su s ciljem klasifikacije зида prema Borriju i sur [1]. Navedena klasifikacija зида uzima u obzir stanje očuvanosti elemenata зида (faktor SM), geometrijska svojstva elemenata зида (faktor SD), oblik elemenata зида (faktor SS), poprečni spoj slojeva kod višeslojnog зида (faktor WC), svojstva horizontalnih (faktor HJ) i vertikalnih (faktor VJ) sljubnica зида te mehanička svojstva morta (faktor MM). Bušenje je provedeno bušilicom s dijamantnom krunom promjera $\varnothing 100$ mm te je dodatno provedeno endoskopiranje radi boljeg uvida u unutrašnjost зида i detekcije većih diskontinuiteta u zidu.

2.3.1 Zidni izvrtak V1

POZICIJA ZIDNE BUŠOTINE:	V1 (ispod četvrte krune gledano od juga juga prema sjeveru)
UKUPNA DEBLJINA ZIDA:	150 cm

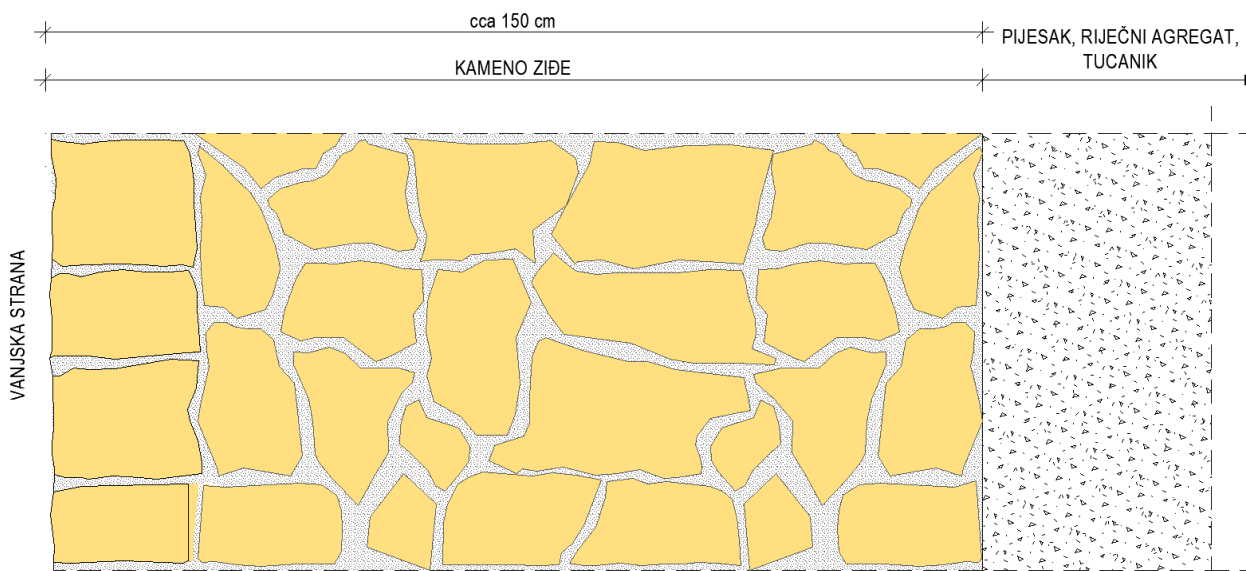
FOTOGRAFIJE





Komentar: Na ispitnom mjestu utvrđeno je kameno zidje vrlo nehomogene strukture. Na prvih 50 cm vidljivi su kvalitetniji veći blokovi kamena, dok je dalje prema unutrašnjosti ugrađen kamen sitnijih frakcija i zabilježeno je više šupljina. Vezivni materijal je 'mršavi beton' s riječnim agregatom, vrlo trošne strukture. Sa stražnje strane zida izveden je nasip od pijeska, riječnog agregata i tucanika.

SHEMATSKI PRIKAZ POPREČNOG PRESJEKA ZIDA



WC	MM	SS	VJ	SM	HJ	SD	-	Vertikalno	Van ravnine	U ravnini
NF	NF	F	NF	PF	PF	NF	Kategorija	B	C	C
							M _I	-	-	-
							MQI	2,8	1,75	2,1
							Mehaničke karakteristike (min-max)	f _m (MPa)	E (MPa)	τ ₀ (MPa)
								1,75 – 2,95	743,22 – 1093,09	0,030 – 0,046

2.3.2 Zidni izvrtak V2

POZICIJA ZIDNE BUŠOTINE:

M2 (između 5. i 6. krune, 1 metar od tla)

UKUPNA DEBLJINA ZIDA:

139 cm

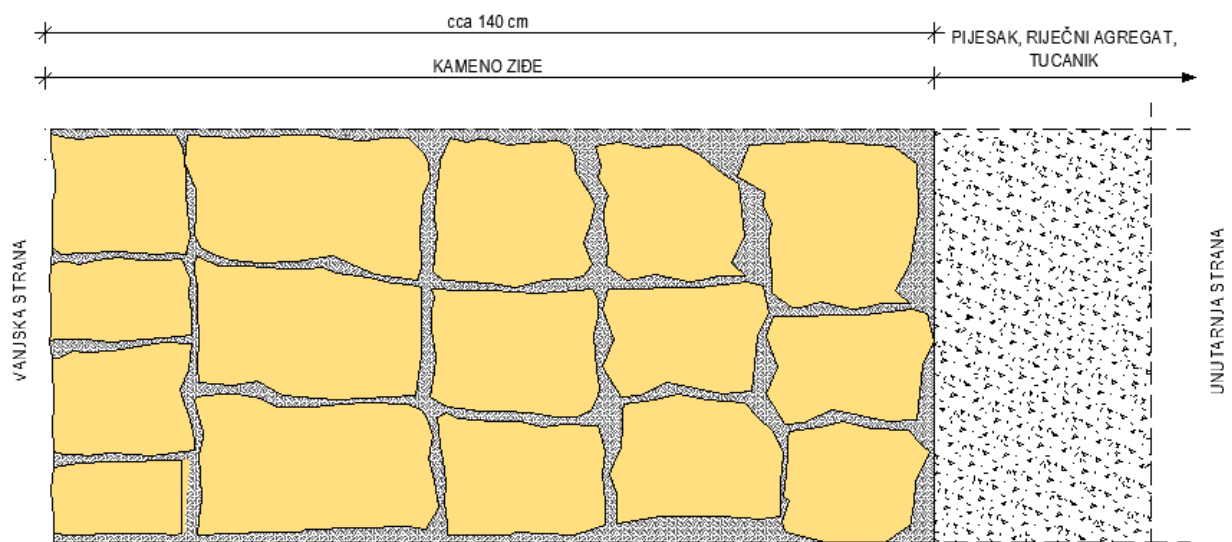
FOTOGRAFIJE





Komentar: Na ispitnom vidljiv je veći broj krupnijih kamenih blokova. Mort je vrlo trošne strukture s krupnim zrnima riječnog agregata. Endoskopskim snimanjem utvrđeno je da postoje neispunjene šupljine među kamenim blokovima, ali u puno manjoj mjeri nego na ispitnoj poziciji V1, što ukazuje na homogenije kameno zide sa krupnijim kamenim blokovima. Na kraju bušotine utvrđen je nasip od pješčanog/šljunčanog materijala i druge kamene sitneži.

SHEMATSKI PRIKAZ POPREČNOG PRESJEKA ZIDA



WC	MM	SS	VJ	SM	HJ	SD	-	Vertikalno	Van ravnine	U ravnini
NF	NF	F	NF	PF	PF	PF	Kategorija	B	C	C
							M_l	-	-	-
							MQI	3,15	2,1	2,45
							Mehaničke karakteristike (min-max)	f_m (MPa)	E (MPa)	τ_0 (MPa)
								1,89 – 3,16	789,83 – 1157,43	0,032 – 0,049

2.3.3 Zidni izvrtak V3

POZICIJA ZIDNE BUŠOTINE:

M3 (ispod 7. krune, 1 metar od tla)

UKUPNA DEBLJINA ZIDA:

151 cm

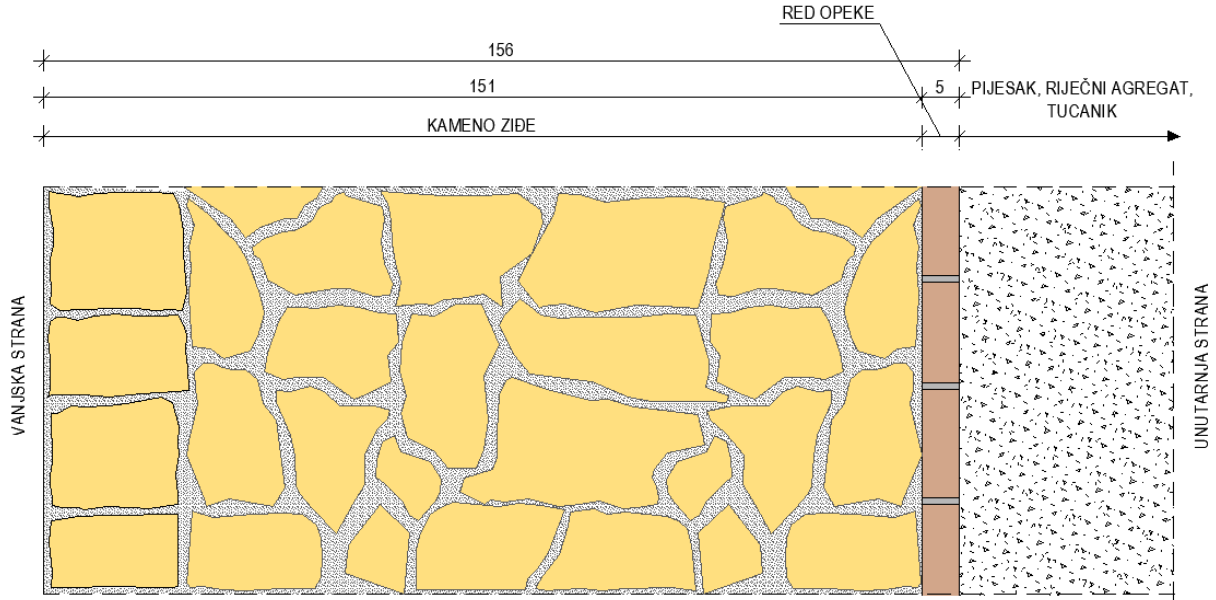
FOTOGRAFIJE





Komentar: Na ispitnom mjestu uglavnom su zabilježeni manji kameni blokovi veličina manjih od 40 cm. Između kamenih blokova vidljiv je veći broj neispunjenih šupljina, bez veznog morta. Mort je vrlo rahle i trošne strukture s velikim zrnima riječnog agregata. Na kraju bušotine zabilježena je opeka debljine 5 cm, a iza opeke ispunjena od pijeska, šljunka i kamene sitneži. Debljina zida na ispitnoj poziciji je 151 cm.

SHEMATSKI PRIKAZ POPREČNOG PRESJEKA ZIDA



WC	MM	SS	VJ	SM	HJ	SD	-	Vertikalno	Van ravnine	U ravnini	
NF	NF	F	NF	PF	PF	NF	Kategorija	B	C	C	
								M _i	-	-	-
								MQI	2,8	1,75	2,1
								Mehaničke karakteristike (min-max)	f _m (MPa)	E (MPa)	τ ₀ (MPa)
									1,75 – 2,95	743,22 – 1093,09	0,030 – 0,046

2.3.4 Zidni izvrtak V4

POZICIJA ZIDNE BUŠOTINE:

M4 (ispod 9. krune, 1 metar od tla)

UKUPNA DEBLJINA ZIDA:

165 cm

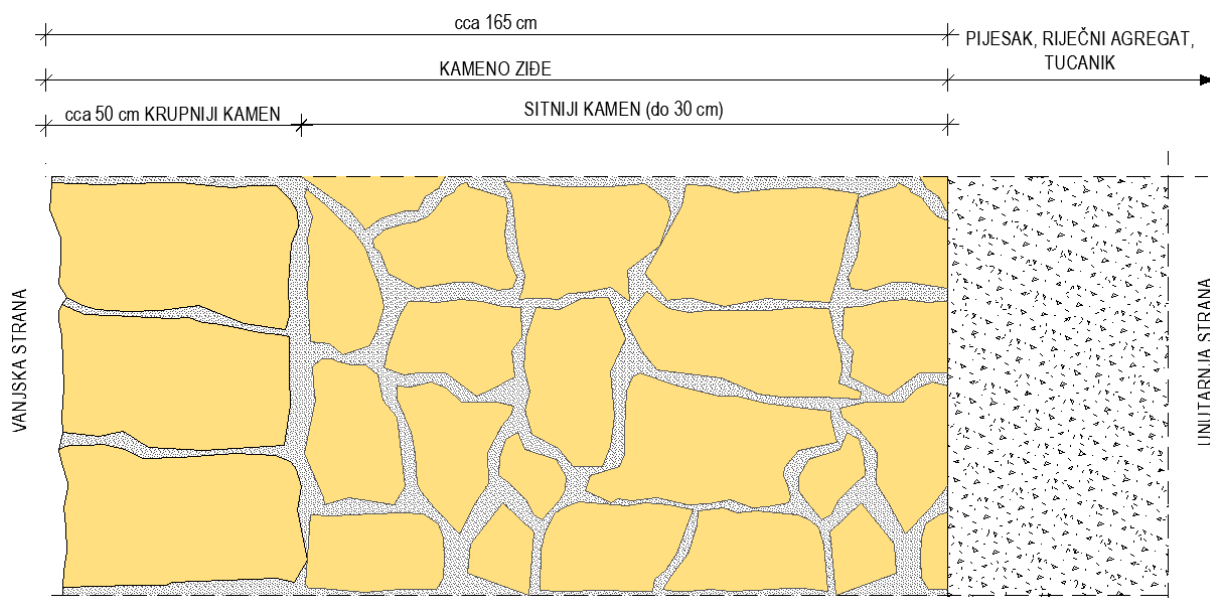
FOTOGRAFIJE





Komentar: Na ispitnom mjestu na prvih 50 cm bušotine zabilježeni su krupni kameni blokovi dok su u nastavku uglavnom zabilježeni manji kameni blokovi veličina manjih od 30 cm. Između kamenih blokova vidljiv je veći broj neispunjenih šupljina, bez veznog morta. Mort je vrlo rahle i trošne strukture s velikim zrnima riječnog agregata. Na kraju bušotine zabilježen nasip od pijeska i šljunka. Debljina zida na ispitnoj poziciji je oko 165 cm.

SHEMATSKI PRIKAZ POPREČNOG PRESJEKA ZIDA



WC	MM	SS	VJ	SM	HJ	SD	-	Vertikalno	Van ravnine	U ravnini
NF	NF	F	NF	PF	PF	NF	Kategorija	B	C	C
							M_I	-	-	-
							MQI	2,8	1,75	2,1
							Mehaničke karakteristike (min-max)	f_m (MPa)	E (MPa)	τ_0 (MPa)
								1,75 – 2,95	743,22 – 1093,09	0,030 – 0,046

2.3.5 Zidni izvrtak V5

POZICIJA ZIDNE BUŠOTINE:

M4 (ispod 15. krune, 1 metar od tla)

UKUPNA DEBLJINA ZIDA:

153 cm

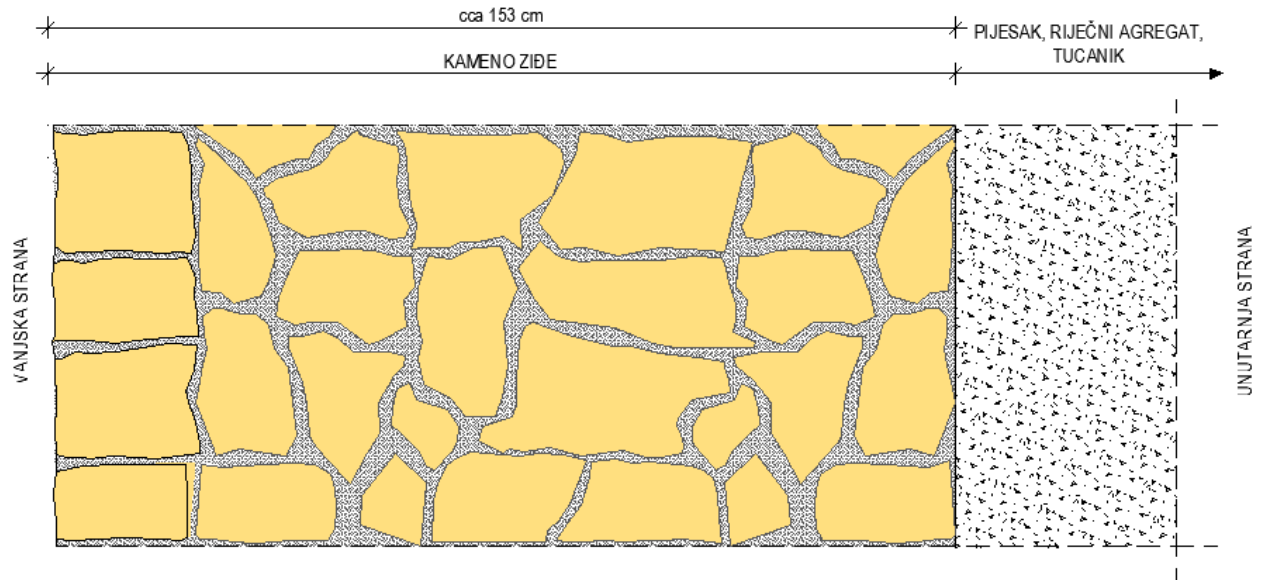
FOTOGRAFIJE





Komentar: Na ispitnom mjestu na prvih 50 cm bušotine zabilježeni su krupni kameni blokovi dok su u nastavku uglavnom zabilježeni manji kameni blokovi veličina manjih od 30 cm. Između kamenih blokova vidljiv je veći broj neispunjenih šupljina, bez veznog morta. Mort je vrlo rahle i trošne strukture s velikim zrnima riječnog agregata. Na kraju bušotine zabilježen nasip od pijeska i šljunka. Debljina zida na ispitnoj poziciji je oko 153 cm.

SHEMATSKI PRIKAZ POPREČNOG PRESJEKA ZIDA



WC	MM	SS	VJ	SM	HJ	SD	-	Vertikalno	Van ravnine	U ravnini
NF	NF	F	NF	PF	PF	NF	Kategorija	B	C	C
							M _I	-	-	-
							MQI	2,8	1,75	2,1
							Mehaničke karakteristike (min-max)	f _m (MPa)	E (MPa)	τ ₀ (MPa)
								1,75 – 2,95	743,22 – 1093,09	0,030 – 0,046

2.4 Ispitivanje plosnatim pločama (Flat Jack)

Ispitivanje tlačnim jastucima provodi se u skladu s normom ASTM C1197 s ciljem određivanja deformabilnih karakteristika zida.

Ispitni sklop se sastoji od dva paralelna i simetrična reza u fugama zida, na međusobnoj udaljenosti $(1,0-1,5) \times$ širine tlačnog jastuka, u koje se umetnu tlačni jastuci.

Reprezentativni uzorak zida (ovisno o dimenzijama zidanih elemenata) koji se ispituje predstavlja onaj dio zida zadržan između dva tlačna jastuka.

Dva tlačna jastuka, jednom kada se u njih unese pritisak pomoću hidraulične pumpe, stvaraju jednoliko tlačno (jednoosno) stanje naprezanja u uzorku. Potrebno je zatim, s nekoliko pretvornika pomaka postavljenih u paralelnom i okomitom smjeru u odnosu na površinu jastuka, izmjeriti nastale deformacije u odnosu na postignuto tlačno naprezanje u sustavu s ciljem određivanja grafa naprezanja u odnosu na deformaciju zida.

Nagib dijagrama odgovara – za vertikalne pretvarače - modulu elastičnosti ispitivanog zida ($E -$ Youngov modul).

Tablica 3 Prikaz rezultata ispitivanja deformacijskih svojstava zida

OZNAKA ISPITIVANJA			Pozicija ispitivanja	Tangentni modul elastičnosti E_t (MPa)
Laboratorij	Teren	Broj senzora		
231213-01	FJ1	4 (3 vertikalna + 1 horizontalni)	Između 2. i 3. krune zida, 1 metar od tla	1276
231213-02	FJ2		Između 6. i 7. krune zida, 1 metar od tla	1334
231213-03	FJ3		Između 8. i 9. krune zida, 1 metar od tla	1056



Slika 2-18 Prikaz izrade rezova u zidu za umetanje
tlačnih jastuka – pozicija FJ1



Slika 2-19 Umetanje tlačnih jastuka i postava uređaja za
mjerjenje pomaka



Slika 2-20 Prikaz ispitnog sklopa na poziciji FJ1 – unošenje pritiska u tlačnim jastucima



Slika 2-21 Prikaz ispitnog sklopa na poziciji FJ2 – unošenje pritiska u tlačnim jastucima



Slika 2-22 Prikaz ispitnog sklopa na poziciji FJ3 – unošenje pritiska u tlačnim jastucima

2.5 Kemijska analiza morta

Kemijску analizu morta za tvrtku Examen lab d.o.o. iz Samobora provela je tvrtka ZAG iz Slovenije. Uzorak morta uzet iz zidina ugrađen u epoksidnu smolu i izrađen u obliku tanke polirane pločice. Tako polirani tanki presjek ispitan je optičkim mikroskopom sa propuštanjem polarizirane svjetlosti kroz uzorak. Tako je određena vrsta agregata i veziva njihov oblik i veličine čestica/zrna. Istraživanja su provedena optičkim mikroskopom tipa ZEISS AX 10 opremljenim video kamerom AxioCam MRc5. Tanak dio presjeka uzorka morta ispitan je elektronskim mikroskopom tipa JEOL IT500 LV Scanning Electron Mikroskop (SEM), opremljen energetska disperzivnim rendgenskim spektrometrom (EDS). Rezultati ispitivanja dani su u zaključku, dok je detaljan izvještaj o ispitivanjima br. 1159/23-480-01 dan u prilogu ovoga izvještaja.

2.6 Geotehnički i inženjerskogeološki istražni radovi

Ove radove za tvrtku Examen lab d.o.o. iz Samobora provela je tvrtka Geotech d.o.o. iz Rijeke.

Geofizička ispitivanja obuhvaćaju ispitivanja plitke seizmičke refrakcije P-valova (Delta-T-V-metoda). Metoda seizmičke refrakcije se temelji se na mjerenju vremena širenja elastičnih seizmičkih valova, od izvora do geofona, kroz geološke strukture pod površinom. Valovi se reflektiraju i lome na granicama materijala, čija je različitost određena promjenama u njihovoj gustoći i deformacijskim svojstvima. Na istraživanom području su izvedena ispitivanja seizmičke refrakcije i to na dva (2) seizmička profila ukupne duljine 77,0 m.

Geotehnički i inženjerskogeološki radovi obuhvatili su geotehničku prospekciju i inženjerskogeološko kartiranje lokacije, geofizička ispitivanja te izradu geotehničkih presjeka terena, koji su prikazani u izvještajima u prilogu. U sklopu inženjerskogeološkog kartiranja lokacije provedena je i geološka prospekcija šireg predmetnog područja s osvrtom na morfologiju i aktivne geomorfološke procese. Provedenim istraživačkim radovima određene su zastupljene inženjerskogeološke jedinice na istraživanoj lokaciji te njihove inženjerskogeološke značajke. Tlo je determinirano i klasificirano prema USCS (Unified Soil Classification System) standardu. Za stijenske mase izmjerene su najvažnije vrste pukotinskih sustava te njihove značajke, na kojima se temelji GSI klasifikacija stijenske mase. Izmjeren je razmak među pojedinim pukotinama, zapunjenost diskontinuiteta i stanje diskontinuiteta. Paralelno s inženjerskogeološkim kartiranjem terena i geofizičkim ispitivanjima provedena je i geotehnička prospekcija, radi utvrđivanja geotehničkih jedinica istovrsnih fizikalno-mehaničkih karakteristika, a za potrebe utvrđivanja geotehničkog profila istraživane lokacije. Rezultati ispitivanja dani su u zaključku ovoga izvještaja, dok je geotehnički elaborat o provedenim ispitivanjima EL-23-286-01/R0 dan u prilogu ovoga izvještaja.

3 Zaključak

Količine ispitivanja definirane su ugovorom KLASA: 406-02/23-01/22, URBROJ: 2181-2/01-01/1-23-08, od dana 24.03.2023. Točne ispitne pozicije definirane su temeljem obilaska lokacija, a sukladno potrebi za dobivanjem što relevantnijih podataka o stanju i karakteristikama zida, te sukladno pristupačnosti pojedinim lokacijama zida i kule. Sukladno svemu navedenom, provedena su sljedeća ispitivanja i radovi:

1. Stručni pregled kamene strukture uz kartiranje nalaza na fotogrametrijskoj podlozi i arhitektonskoj snimci;
2. Ispitivanje zida plosnatim pločama – Flat Jack (FJ) – 3 ispitne pozicije;
3. Utvrđivanje strukture zidanog sklopa bušenjem izvrtaka promjera $\varnothing 100$ mm kroz čitavu debljinu zidanog sklopa uz endoskopsko snimanje zidnih bušotina – 5 ispitnih pozicija;
4. Kemijska analiza morta na karakterističnim pozicijama utvrđenim pregledom;
5. Ultrazvučno plošno ispitivanje zidova radi utvrđivanja unutrašnje strukture zida;
6. Geomehaničko snimanje tla georadarom uz istočni dio zida – ispitnih pozicija;

Vizualni pregled

Općenito vizualnim pregledom gradskih zidina utvrđena su oštećenja poput odlamanja i ispadanja kamenih blokova, neispunjenih vertikalnih i horizontalnih sljubnica, nastanka raslojavanja i pukotina po sljubnicama zida. Voda koju površinski slojevi kamena upiju, prilikom ciklusa smrzavanja i odmrzavanja širi i skuplja svoj volumen što uzrokuje razaranje strukture površinskih slojeva kamena. Uslijed dugog vremena eksploatacije (cca 800 godina) površinski slojevi kamenih elemenata su degradirani, vidljive su pukotine i ljuštenje kamenog materijala. Osim navedenih oštećenja zabilježena su tri dominantna oštećenja koja u slučaju daljnjeg napredovanja mogu ugroziti nosivost i stabilnost zida. Radi se o pojavi pukotina odnosno vertikalnog raslojavanja zida uz sam početak zida na južnom dijelu. Pukotina je širine i do 10 cm, a proteže se od samog vrha zida. Istaka krune zida na spomenutoj lokaciji također je raslojena pukotinom e nema inicijalne povezanosti s ostatkom zida. Druga dva oštećenja vezana su uz odron kamenog materijala iz zida uz blizini kule te na samoj kuli gdje se pojavilo i vertikalno raslojavanje u duljini cca 2 metra i širine 5 cm. Gotovo sve istake krune zida su oštećene. Uslijed degradacije veznog morta dolazi do destabilizacije otpadanja kamenih blokova sa krune. Na zidu, vizualnim pregledom nisu utvrđeni prekomjerni pomaci zida iz vertikalne ravnine.

Prolazak zvučnog impulsa

Mjerenje brzine prolaska zvučnog impulsa provedeno je na ukupno dvije ispitne pozicije, jedna na početku zida i jedna na istočnom idu kule. Rezultati mjerenja pokazuju srednje brzine prolaska zvučnog impulsa od 2416 m/s kod ispitne pozicije Z1 (početak zida) i 2518 m/s kod ispitne pozicije Z2 (istočni zid kule). Ispitivanje je provedeno na principu tomografije, gdje se s jednog mjesta pobude bilježi prijem na više različitih pozicija s druge strane zida. Time su dobiven preklapanja rezultata na pojedinim pozicijama, odnosno na istim točkama prijema zabilježeni su rezultati sa različitih pozicija pobude. Takvim preklapanjem rezultata dobivene su vrlo slične vrijednosti brzina prolaska ultrazvuka, što ukazuje da na ispitnim pozicijama u strukturi zida nije bilo većih nepravilnosti odnosno šupljina.

Standardne devijacije u ovom slučaju iznose 197 odnosno 410, dok koeficijent varijacije iznosi 8 % odnosno 17 % što ukazuje da su rezultati ispitivanja na mreži 5x3 međusobno vrlo slični i da nema značajnog rasipanja rezultata.

Bušenje zidnih izvrtaka

Bušenje zidnih izvrtaka provedeno je na ukupno 5 ispitnih pozicija te je na temelju vizualnog pregleda i endoskopiranja provedena klasifikacija zida prema postupku definiranog od Borri i sur.

Na temelju spomenute klasifikacije, zide gradskih zidina kategorizirano je kako slijedi u nastavku:

IZVRTAK V1, V3, V4, V5

	Vertikalno	Van ravnine	U ravnini
Kategorija	B	C	C
M_i			
MQI	2,8	1,75	2,1
Mehaničke karakteristike (min-max)	f_m (MPa)	E (MPa)	τ_0 (MPa)
	1,75 – 2,95	743,22 – 1093,09	0,030 – 0,046

IZVRTAK V2

	Vertikalno	Van ravnine	U ravnini
Kategorija	B	C	C
M_I			
MQI	3,15	2,1	2,45
Mehaničke karakteristike (min-max)	f_m (MPa)	E (MPa)	τ_0 (MPa)
	1,89 – 3,16	789,83 – 1157,43	0,032 – 0,049

Vizualnim pregledom i endoskopiranjem izbušenih valjaka utvrđeno je kako je zid izveden bez većih šupljina i diskontinuiteta unutar ziđa, većina ošupljenja odnosi se na nepotpuno ispunjene sljubnice između kamenih blokova.

Ispitivanje plosnatim pločama (Flat Jack)

Flat Jack ispitivanja (ispitivanje tlačnim jastucima) provedeno je na ukupno tri pozicije, FJ1, FJ2, FJ3. Pozicija FJ1 nalazi se između 2. i 3. krune zida, 1 metar od tla, pozicija FJ2 između 6. i 7. krune zida, 1 metar od tla, pozicija FJ3 između 8. i 9. krune zida, 1 metar od tla.

Vrijednosti tangentsnog modula elastičnosti su u rasponu od 1056 – 1334 MPa uz srednju vrijednost od 1222 MPa. Rezultati, dobiveni postupnim povećanjem opterećenja u sustavu i bilježenjem deformacija, pokazuju da su dobivene vrijednosti u skladu s očekivanjem za takvu vrstu ziđa i starost konstrukcije i poklapaju se sa procijenjenim modulima elastičnosti dobivenim kategorizacijom ziđa prema Borriju.

Kemijska analiza morta

Analizom morta pod mikroskopom je utvrđeno da je u ispitnom uzorku ravnomjerna raspodjela zrna agregata i vapnene matrice. Uzorka je sastavljen od 30% zrna agregata veličine 25 μm – 7000 μm . Struktura agregata je vrlo neravnomjerna, ali prevladava agregat oblog oblika uz primjese drobljenog agregata. Uzorak je umjereno porozan. Većina pora je nepravilnog oblika, dok su neke pravilne pore vjerojatno posljedica rastapanja veziva. Sastav agregata je 45% vapno, 25% aluminijev silikat, 15% kalcita, 10% oksida i hidroksida željeza, 10% čestice ugljena, 3% monokristalni kvarc, 2 % poli kristalni kvarc. Vezivno sredstvo je kalcitno vapno. Grudice vapna su ravnomjerno raspoređene i prosječne su veličine 600 μm . Vezivo je na nekim mjestima rekristalizirano. Pukotine, pore i šupljine su djelomično ili potpuno ispunjene sekundarnim kalcitom. U prilogu je dan detaljni izvještaj o analizi morta.

Rezultati ispitivanja sastava tla ispred zidina

Rezultati refrakcijskih mjerenja na lokaciji generalno odgovaraju dvoslojnom slučaju rasporeda brzina, te se tlo ispred zidina može raščlaniti na dvije refrakcijske sredine: površinsku rastresitu zonu i zbijenu podlogu.

Površinska rastresita zona bila bi karakterizirana brzinama P vala do 750m/s, dok su u zbijenijoj podlozi registrirane brzine između 750 i 1600 m/s. Primijenjena metoda obrade (refrakcijska tomografija) pretpostavlja kontinuiranu promjenu brzine po dubini, pa se granicu među naslagama procjenjuje približno na izoliju 750 m/s. Prema navedenoj podjeli debljina rastresitog pokrivača neposredno uz zid (na profilu P1) varira između 1 i 3 m, sa značajnijim porastom na samom kraju profila, dok je duž profila P2 nešto veća, između 2.5 i 4 m. Male modelirane brzine (manje od 500 m/s) odgovarale bi rastresitim naslagama površinskog tla na lokaciji, kao i nasutog materijala na završecima profila. U površinskom području dobivene su i izrazito male vrijednosti, manje od 250 m/s, što upućuje na značajniju dubinu rasprostiranja površinskog tla. Ispod naslaga pokrivača registrirana je zbijena podloga čija prevladavajuća brzina između 1000 i 1500 m/s upućuje da se radi o mekoj stijeni ili izrazito trošnoj stijenskoj masi. Duž izvedenih profila duljine 38,5 m nije registriran daljnji porast brzine s dubinom, pa se može zaključiti da unutar očekivanog dubinskog zahvata (najmanje 8m) ne treba očekivati značajnije poboljšanje geomehaničkih karakteristika sedimenata. Duž izvedenih profila nisu registrirane značajnije lateralne promjene brzine. U prilogu je dan detaljni izvještaj o analizi tla ispred zida.

Zaključno, može se reći da su gradske zidine u stanju koje je očekivano s obzirom na proteklo vrijeme eksploatacije od gotovo 800 godina. Od znatnijih oštećenja zabilježena je pukotina/raslojavanje na početku zida te odron kamenog ziđa pri dnu zida na južnoj strani kule. Preostala oštećenja, poput ispadanja kamenih blokova, oštećenja morta i sljubnica te pojave vertikalnih pukotina po sljubnicama, posljedica su vremenskih utjecaja, degradacije materijala, slijeganja tla i sl. Ispitivanja su također pokazala rezultate očekivane za takvu vrstu i starost ziđa. Prema svemu navedenom, gradske zidine je potrebno u dogledno vrijeme sanirati kako bi im se očuvala i povećala postojeća nosivost i stabilnost, a samim time produljila trajnost i sačuvala kulturno povijesna vrijednost.

4 Literatura

[1] Borri, A., Corradi, M., Castori, G., De Maria, A., 2015. „A method for the analysis and classification of historic masonry“, Bulletin of Earthquake Engineering, vol. 13, br. 9, 2647–2665

5 Prilozi

Prilog 1 – Razvijene podloge s ucrtanim ispitnim pozicijama

Prilog 2 – Izvještaj o analizi morta

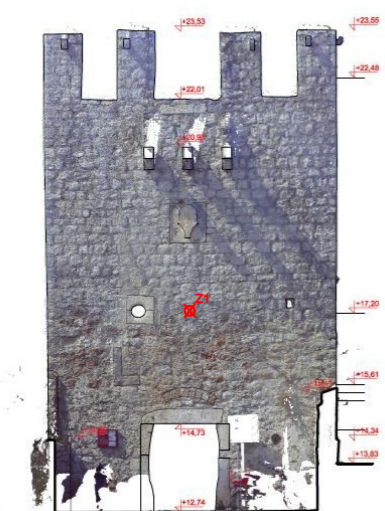
Prilog 3 – Geotehnički elaborat

SHEMATSKI PRIKAZ ZATEČENIH OŠTEĆENJA I POZICIJA ISPITIVANJA

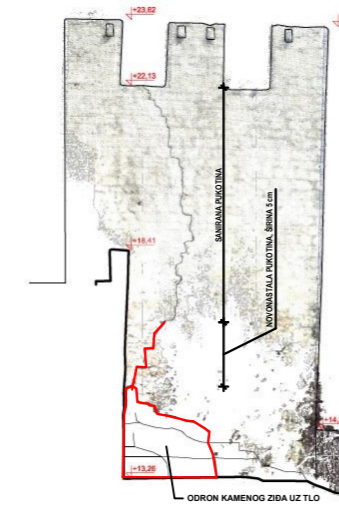
POGLED NA ZIDINE S ISTOKA



POGLED KULA ISTOK







POGLED KULA JUG



POGLED KULA SJEVER



-  ODLAMANJE I ISPADANJE KAMENIH BLOKOVA
-  PUKOTINE/SLOJAVANJE SLJUBNICA
-  NEISPUNJENE SLJUBNICE
-  ISPITNO MJESTO

EXAMEN LAB

Examen Lab d.o.o.
Ljudevita Gaja 26a,
10430 Samobor,
Hrvatska

www.examenlab.hr

gra evina: Gradske zidine	investitor: Grad Hvar, ulica Milana Kukurina 2, 21450 Hvar
voditelj pregleda: Andrija Šokman, mag. ing. aedif.	suradnik: Ivana Maruši, mag. ing. aedif.
projekt: Istražni radovi	razina: Izveštaj o provedenim istražnim radovima
sadržaj: SHEMATSKI PRIKAZ ISPITNIH POZICIJA I OŠTE ENJA NA GRADSKIM ZIDINAMA	
mapa: -	bp: EL-231213-01 datum: prosinac, 2023
nacr: prilog 1	mjerilo: 1:250 revizija: EXM_Revizija

DEPARTMENT FOR MATERIALS

Laboratory for cements, mortars, and ceramics

**REPORT
1159/23-480-1**about mineralogical-petrographic analysis of mortar
sample

Orderer: **Examen lab d.o.o.
Ulica Ljudevita Gaja 26/A**

Order/contract: **23-012-000088/01, 1. 12. 2023**

Responsible
Investigator: **doc. dr. Sabina Dolenc, univ. dipl. inž. geol.**

Head of
Laboratory/Section: **dr. Vilma Ducman, univ. dipl. inž. kem. inž.**

Director: **doc. dr. Aleš Žnidarič, univ. dipl. inž. grad.**

Date:

The report has been internally reviewed and approved by all listed persons, which is confirmed by the final electronic signature.
Document authenticity check : www.zag.si/pristnost

The results of the tests refer only to the tested specimens. This report may only be reproduced as a whole.
Complaints will be considered only if received within 15 days from the date of issue of the report.
Total number of pages: 10; total number of annexes : 0.

Table of content

1. Introduction	3
2. Methods	3
3. Results	3
3.1 Microscopic description (sample V – 599/23)	3

1. Introduction

On 6. 12. 2023 the orderer sent for analysis to ZAG a samples of mortar from Hvarske zidine labelled as M2 (V - 599/23).

In order to determine the composition of mortar (aggregate type, binder type), sample was investigated by optical microscopy and scanning electron microscopy with energy dispersive x-ray spectroscopy.

2. Methods

The sample was embeded in epoxy resin and polished thin section was prepared. The polished thin section was examined with an optical microscope in transmitted polarized light and thus the type of aggregate and binder as well as the shape and size of the grains were determined. The investigations were performed with a ZEISS AX 10 optical microscope with an AxioCam MRc5 video camera.

Thin section of mortar sample was examined by a JEOL IT500 LV Scanning Electron Microscope (SEM) equipped with an Energy Dispersive X-ray spectrometer (EDS) with aWfilament, operated at an accelerating voltage of 15 kV in low vacuum mode at a working distance of 10 mm.

3. Results

3.1 Microscopic description (sample V – 599/23)

Texture

Sample is homogeneous due to even distribution of aggregate grains and lime lumps across the sample. Aggregate grains, which represent 30% of the sample, range in size from 25 μm to 7000 μm , on average 120 μm , and are poorly sorted. Majority of the grains are sub-rounded, but well rounded, rounded, sub-angular and angular grains are also present. Grains with medium sphericity predominate, also present are grains with high or low sphericity. Sample has medium porosity. Most pores are irregularly shaped, while some are rounded and are attributed to the dissolution processes of the binder.

Composition

Aggregate grains

Aggregate grains are composed of limestone (45%), aluminosilicate grain (25%), monocristalline calcite (15%), iron oxides/hydroxides (10%) and charcoal fragments (10%), monocristalline quartz (3%) and polycristalline quartz grains (2%).

Grains of **limestone** are evenly distributed across the sample. Grains are poorly sorted, ranging in size from 130 μm to 7000 μm , on average 1000 μm . Grains are rounded, sub rounded, sub angular or angular (predominantly rounded), with high, medium, low or elongated (predominantly medium) sphericity. Based on Folk classification grains are classified as sparite, biosparite or biomicrosparite.

Monocrystalline calcite grains are evenly distributed across the sample. Grains are moderately sorted, ranging in size from 35 μm to 1600 μm , on average 120 μm . Some grains are rounded, but majority are sub angular to angular, with high, medium, low or elongated (predominantly medium) sphericity.

Monocrystalline quartz grains are evenly distributed across the sample. Grains are well sorted, ranging in size from 25 μm to 280 μm , on average 100 μm . Grains are sub angular to angular, with high or medium sphericity.

Policrystalline quartz grains are evenly distributed across the sample. Grains are very well sorted, ranging in size from 170 μm to 240 μm , on average 190 μm . Grains are sub angular to sub rounded, with medium sphericity.

Grains of **iron oxides/hydroxides** are evenly distributed across the sample. Grains are very well sorted, varying in size from 240 μm to 760 μm , on average 320 μm . Grains are sub angular to sub rounded, with medium sphericity.

One **alumosilicate grain** is present in the sample. Grain is 7 mm big, sub angular and with medium to high sphericity.

Fragments of **charcoal** are evenly distributed across the sample. Grains are well sorted, ranging in size from 35 μm to 2000 μm , on average 400 μm . Grains are sub angular to sub rounded, with semi elongated to elongated sphericity.

Binder

Binder is very pure calcitic lime. Lime lumps are evenly distributed across the sample and range in size from 90 μm up to 3500 μm , on average 600 μm . Binder is in some areas recrystallized. Cracks, pores and pores, made due to the dissolution of the binder, are fully or partially filled with secondary calcite.

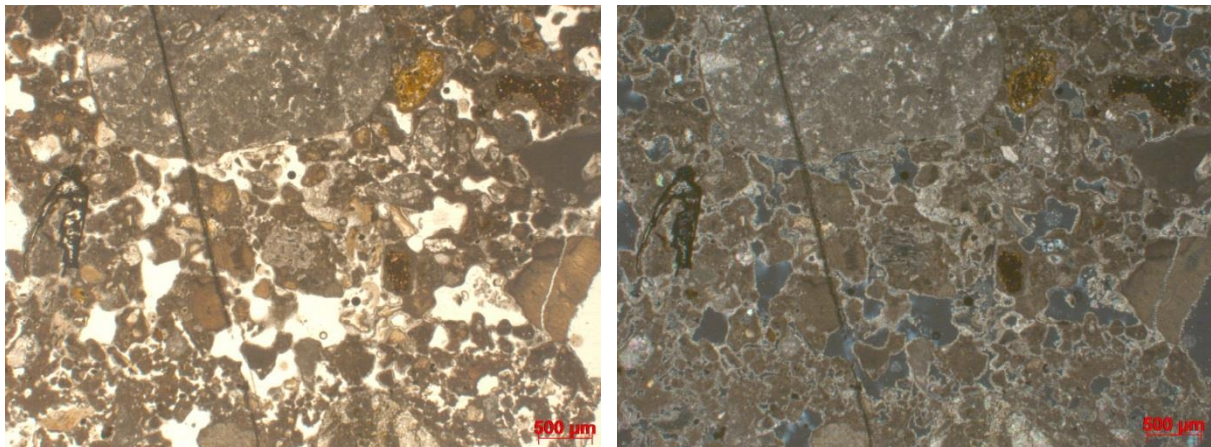


Figure 1: Microscopic image of sample V-599/23. Left: transmission light, plane polarized light; right: transmission light, cross-polarized light.

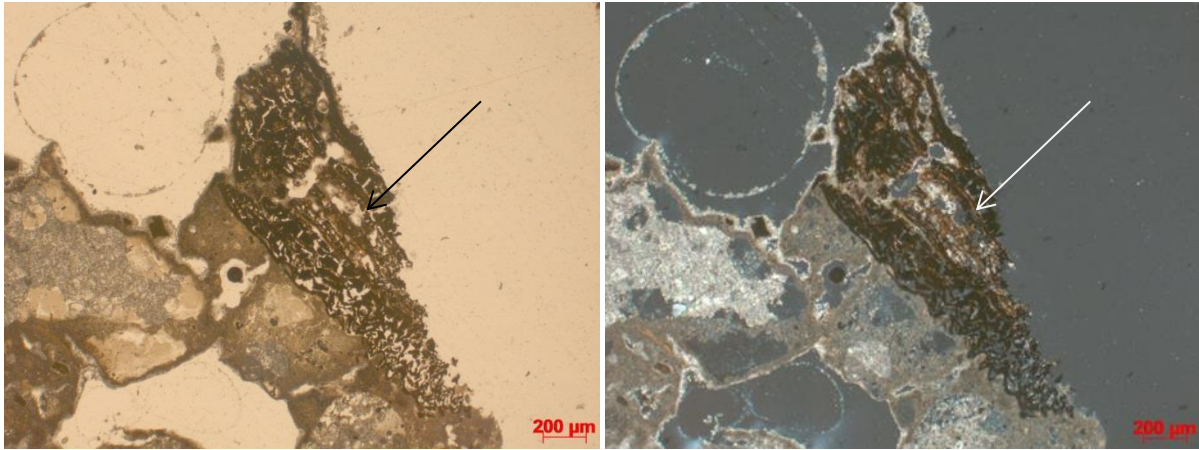


Figure 2: Microscopic image of sample V-599/23. With an arrow marked charcoal grain. Left: transmission light, plane polarized light, right: transmission light, cross-polarized light.

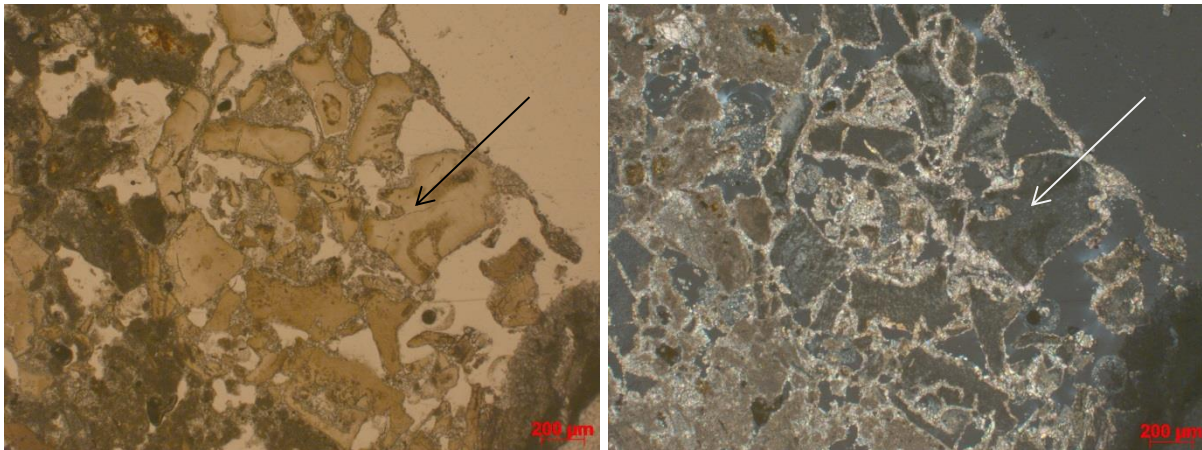


Figure 3: Microscopic image of sample V-599/23. With an arrow marked disintegrated lime lump. Left: transmission light, plane polarized light, right: transmission light, cross-polarized light.

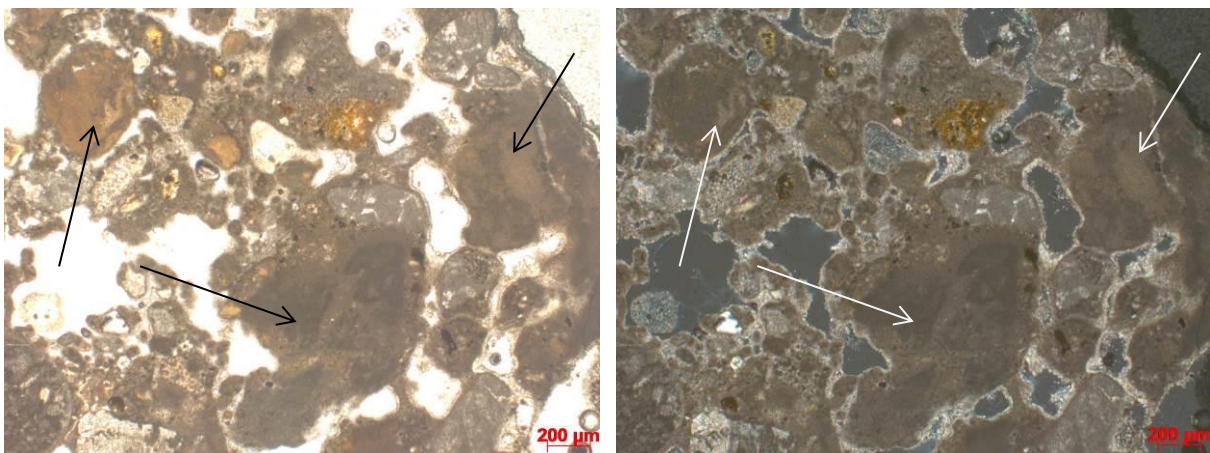


Figure 4: Microscopic image of sample V-599/23. With arrows marked lime lumps. Left: transmission light, plane polarized light, right: transmission light, cross-polarized light.

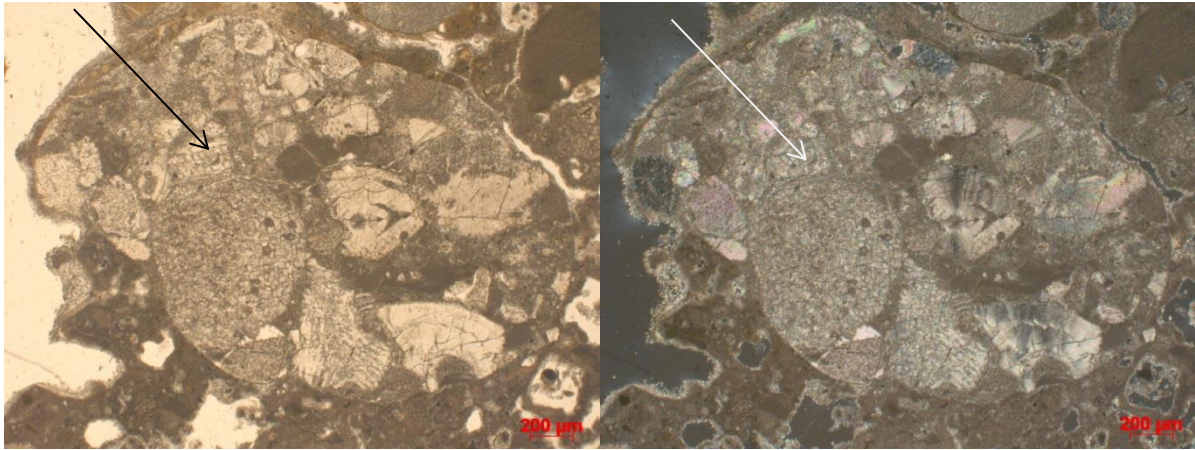


Figure 5: Microscopic image of sample V-599/23. With an arrow marked limestone grain. Left: transmission light, plane polarized light, right: transmission light, cross-polarized light.

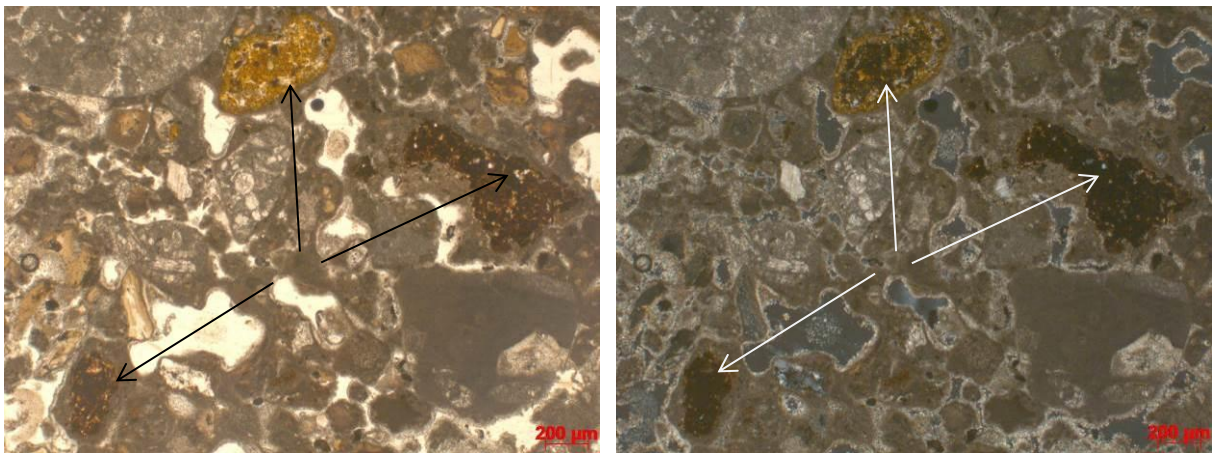


Figure 6: Microscopic image of sample V-599/23. With arrows marked grains of iron oxides and hydroxides. Left: transmission light, plane polarized light, right: transmission light, cross-polarized light.

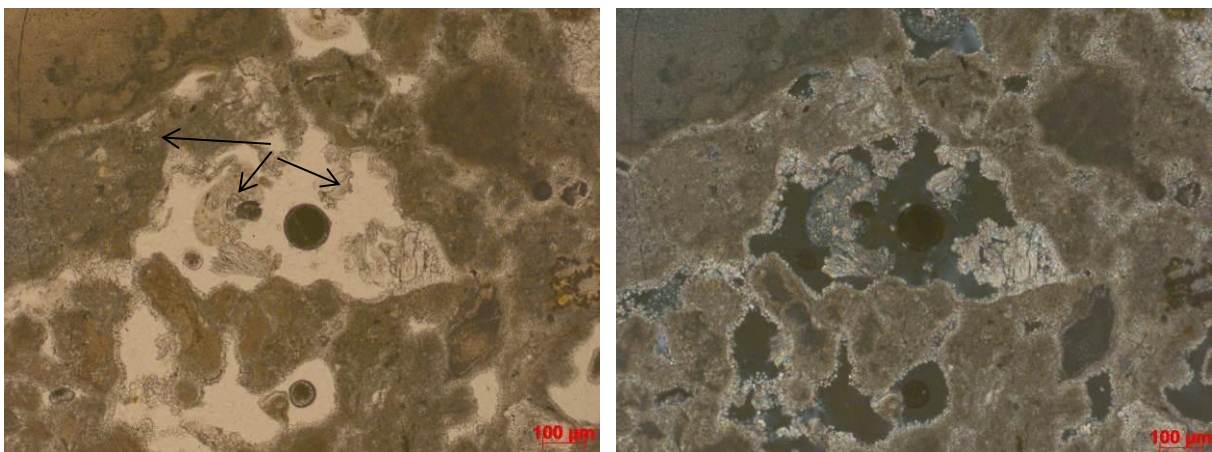


Figure 7: Microscopic image of sample V-599/23. With arrows marked secondary calcite. Left: transmission light, plane polarized light, right: transmission light, cross-polarized light.

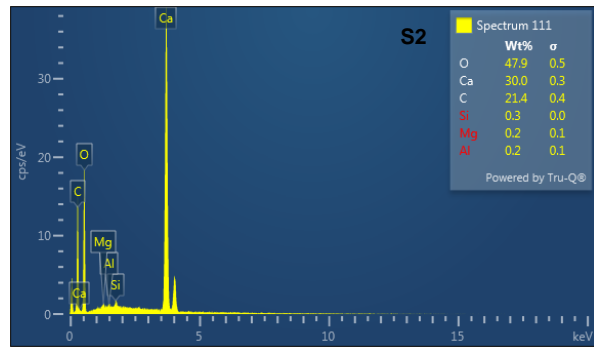
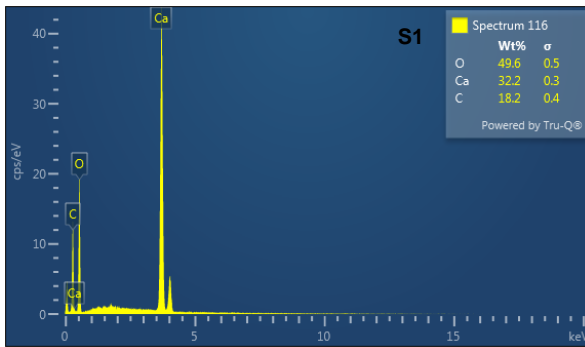
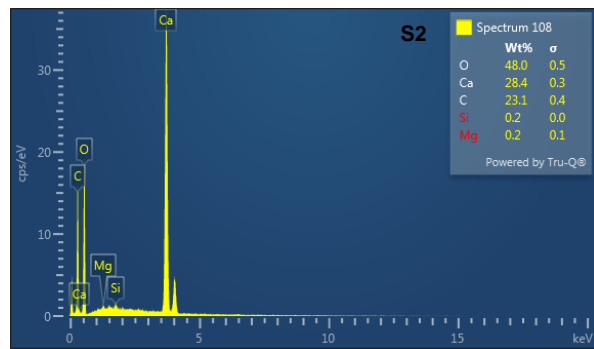
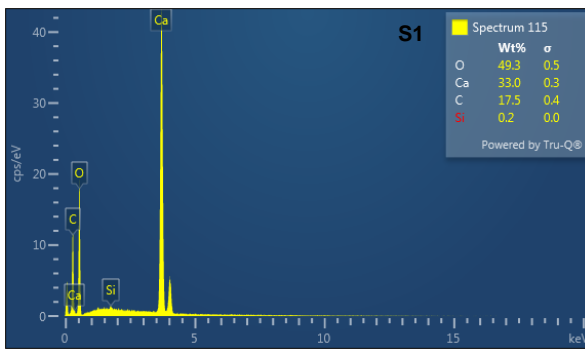
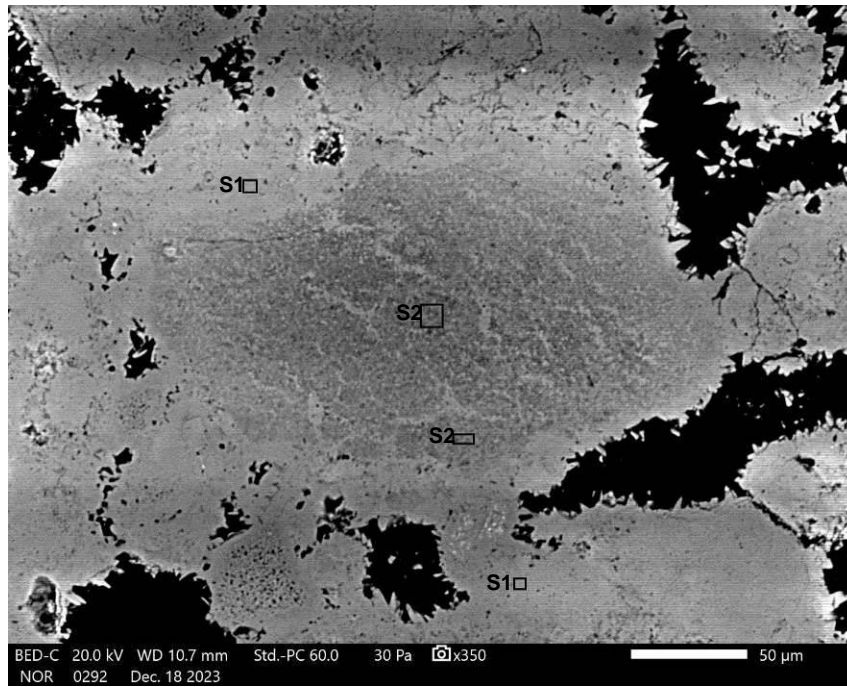


Figure 8: SEM/BSE microphotograph of sample V-599/23 and EDS spectra. S1 – binder – calcitic lime; S2 – lime lump.

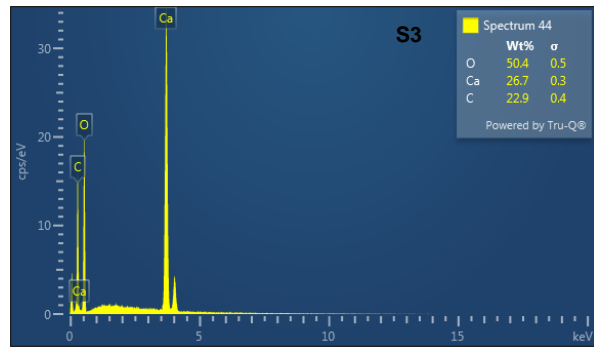
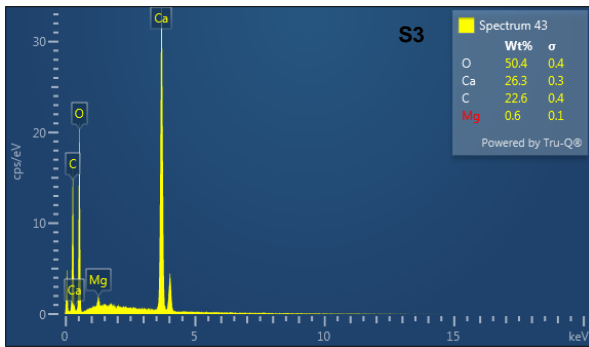
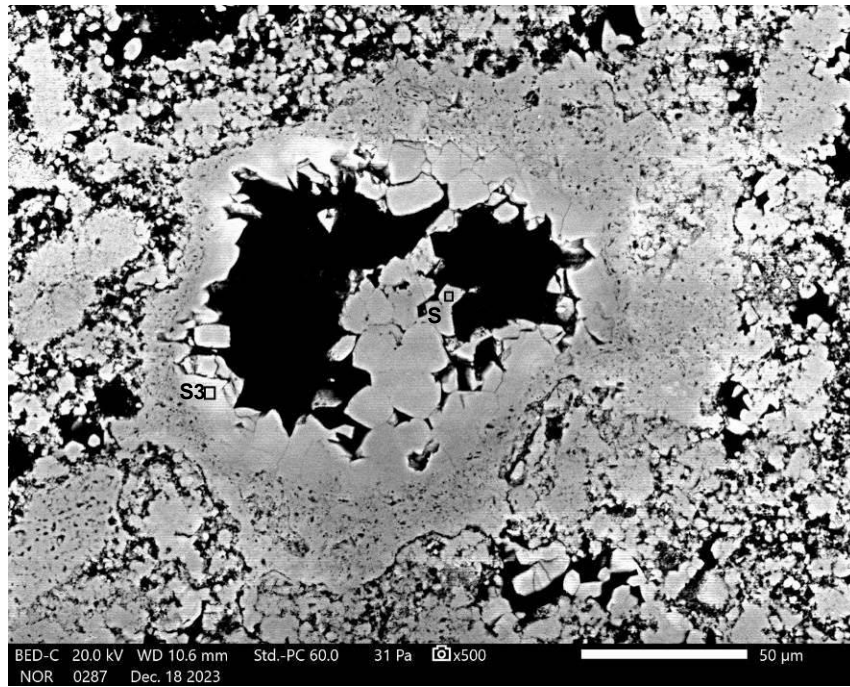


Figure 9: SEM/BSE microphotograph of sample V-599/23 and EDS spectra. S3 – secondary calcite in a pore.

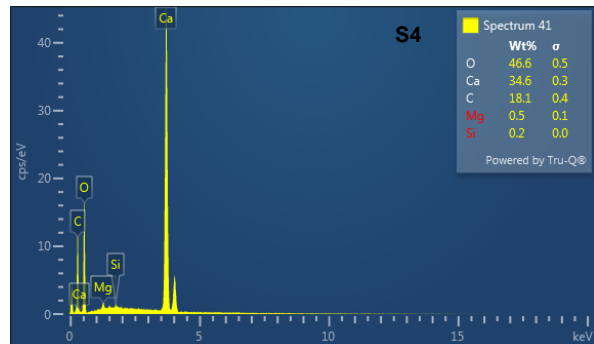
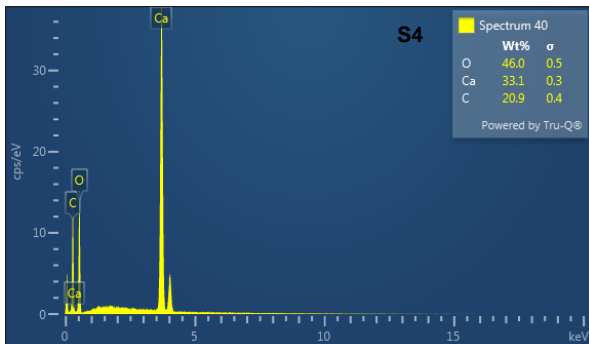
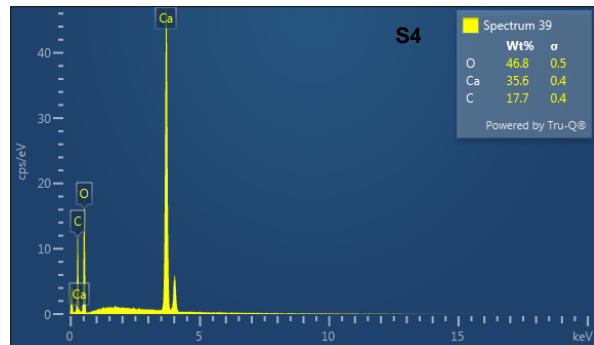
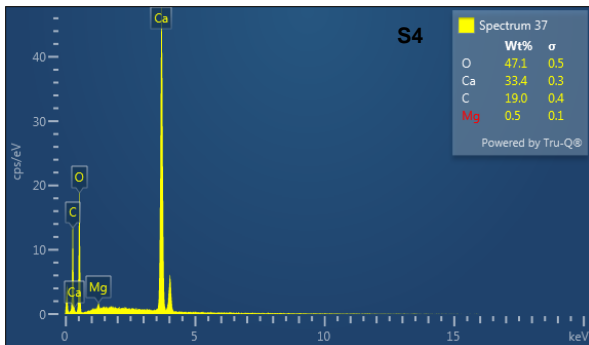
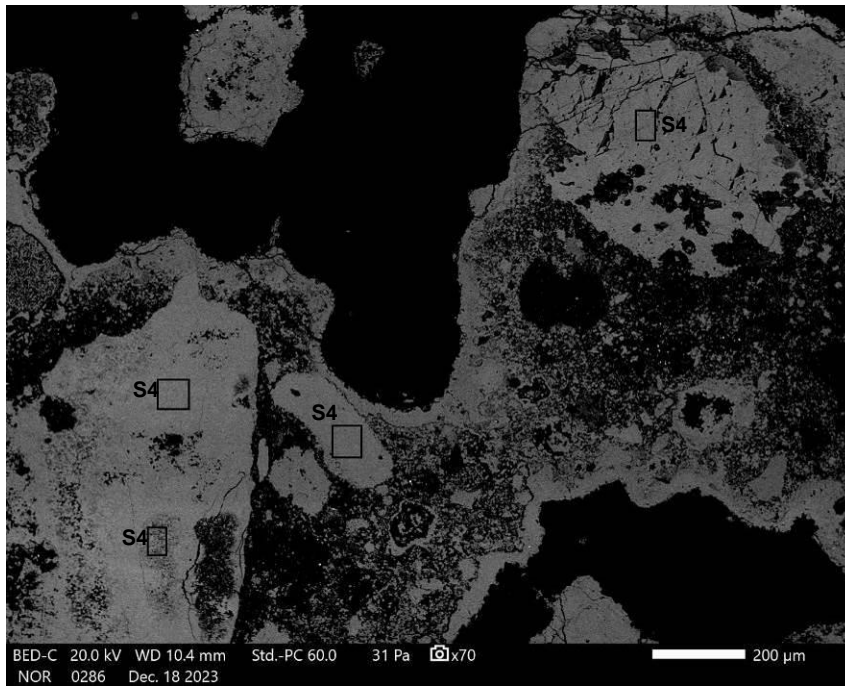


Figure 10: SEM/BSE microphotograph of sample V-599/23 and EDS spectra. S4 – aggregate grains of limestone.

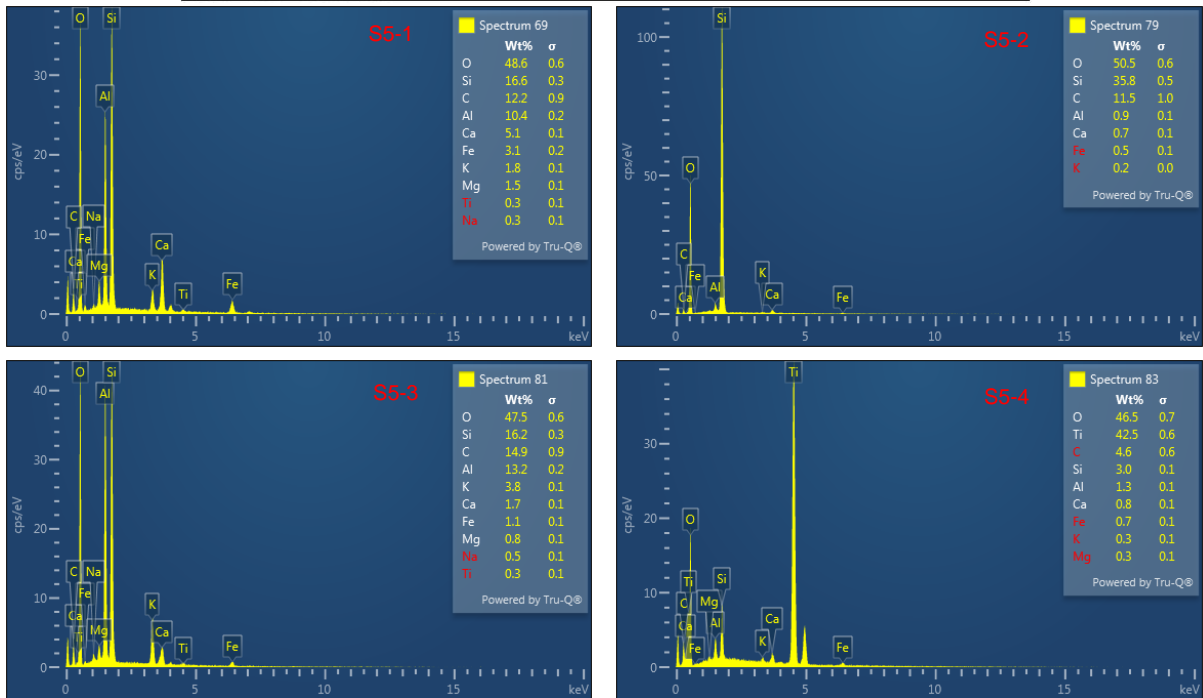
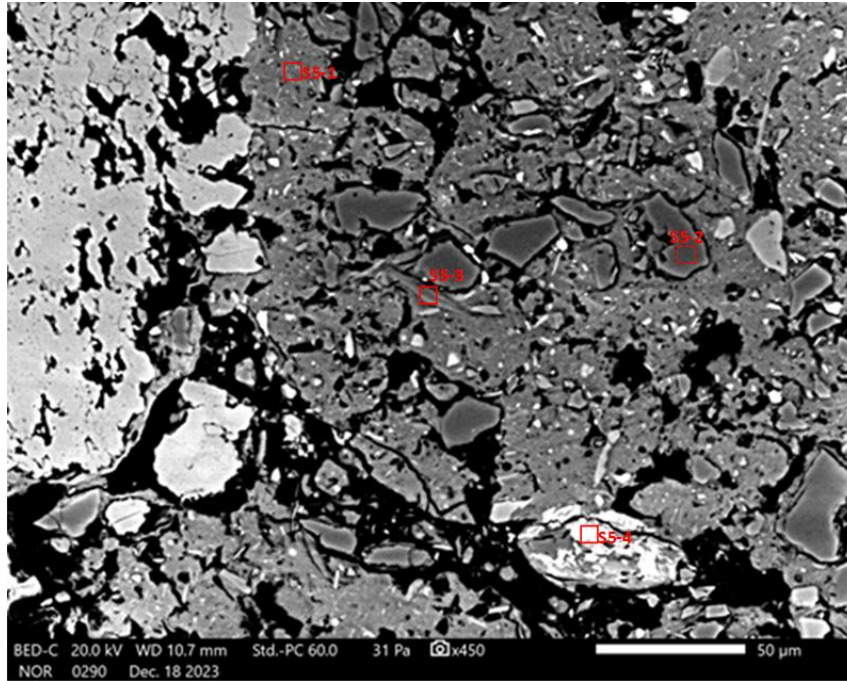


Figure 11: SEM scan of sample V-599/23 and EDS spectra. S5 – aluminosilicate grain; S5-1 – matrix; S5-2 – quartz; S5-3 – mica; S5-4 – Ti-bearing mineral.

Analyses performed by:

Petra Šajna

doc. dr. Sabina Dolenc

Report prepared by:

doc. dr. Sabina Dolenc



eGEOTECH d.o.o. za projektiranje, nadzor i
savjetovanje u građevinarstvu
RI Ciottina 21, HR 51000 Rijeka (sjedište)
ZG Nikole Pavića 5, HR 10000 Zagreb
E info@geotech.hr
W www.geotech.hr

Naručitelj

EXAMEN LAB d.o.o.
Ulica Ljudevita Gaja 26/A, HR 10430 Zagreb, OIB: 27443820950

Projektni ured

GEOTECH d.o.o.
Ciottina 21, HR 51000 Rijeka, OIB: 02329110570

Građevina

REKONSTRUKCIJA GRADSKIH ZIDINA GRADA HVARA

Lokacija

GRAD HVAR

Razina projekta

GLAVNI PROJEKT

Vrsta dokumenta

GEOTEHNIČKI ELABORAT

Broj elaborata / Revizija

EL 23-286-01 / R0

Projektant

dr.sc. MIRKO GROŠIĆ, dipl.ing.građ. (G 3923)

Direktor

IVANA BLAGDAN, univ.mag.ing.aedif.

Mjesto i datum

RIJEKA, 12/2023.

Broj elaborata / Revizija EL 23-286-01 / R0
Građevina Rekonstrukcija gradskih zidina grada Hvara
Lokacija Grad Hvar
Razina projekta Glavni projekt
Vrsta dokumenta Geotehnički elaborat



Projektni ured GEOTECH d.o.o.
Ciottina 21, HR 51000 Rijeka

Građevina REKONSTRUKCIJA GRADSKIH ZIDINA GRADA HVARA

Lokacija GRAD HVAR

Razina projekta GLAVNI PROJEKT

Vrsta dokumenta GEOTEHNIČKI ELABORAT

Broj elaborata EL 23-286-01

Revizija R0

Mjesto i datum RIJEKA, 12/2023.

1. OPĆI DIO

1.1. SADRŽAJ PROJEKTA EL 23-286-01

1. OPĆI DIO	2
1.1. SADRŽAJ PROJEKTA EL 23-286-01	3
1.2. POPIS OSOBA KOJE SU SUDJELOVALE U IZRADI ELABORATA.....	4
1.3. IZVADAK IZ SUDSKOG REGISTRA	5
1.4. RJEŠENJE O UPISU PROJEKTANTA U HRVATSKU KOMORU INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA.....	6
1.5. POPIS PROJEKTNE DOKUMENTACIJE I LITERATURE KORIŠTENE PRI IZRADI ELABORATA	7
1.6. POPIS PRIMJENJENIH ZAKONA, PROPISA I NORMI.....	8
2. TEHNIČKI DIO	10
2.1. UVOD	11
2.1.1. Uvodne napomene.....	11
2.1.2. Opis lokacije	11
2.2. PREGLED PROVEDENIH GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANJA I ISPITIVANJA	12
2.2.1. Geofizička ispitivanja.....	12
2.2.2. Geotehnički i inženjerskogeološki radovi.....	13
2.3. GEOLOŠKE I INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZNAČAJKE LOKACIJE	14
2.3.1. Geološke značajke šireg područja	14
2.3.2. Hidrogeološke značajke lokacije	15
2.3.3. Seizmičnost lokacije	16
2.3.4. Inženjerskogeološke značajke lokacije.....	18
2.4. GEOTEHNIČKE ZNAČAJKE LOKACIJE.....	22
2.4.1. Geotehnički parametri	23
2.5. ZAKLJUČAK I PREPORUKE ZA PROJEKTIRANJE I IZVOĐENJE	26
2.5.1. Inženjerskogeološke značajke lokacije.....	26
2.5.2. Geotehničke značajke lokacije	26
2.5.3. Parametri geotehničkih jedinica	27
2.5.4. Podaci o podzemnoj vodi	28
2.5.5. Seizmičnost lokacije	29
3. PRILOZI	30
3.1.1. Grafički prilozi.....	31
3.2. IZVJEŠTAJ O GEOFIZIČKIM ISPITIVANJIMA.....	32

1.2. POPIS OSOBA KOJE SU SUDJELOVALE U IZRADI ELABORATA

Projektant

dr.sc. Mirko Grošić, dipl.ing.građ., Geotech d.o.o. Rijeka

Suradnici

Ivana Blagdan, mag.ing.aedif., Geotech d.o.o. Rijeka

Valentina Kocijan, mag.ing.geol., Geotech d.o.o. Rijeka

Luka Đukan, mag.geol., Geotech d.o.o. Rijeka

Viktor Ivančić, mag.ing.aedif., Geotech d.o.o. Rijeka

Lovro Blažok, mag.ing.geol., Geotech d.o.o. Rijeka

Geološki i inženjerskogeološki istraživački radovi

Lovro Blažok, mag.ing.geol., Geotech d.o.o. Rijeka

Valentina Kocijan, mag.ing.geol., Geotech d.o.o. Rijeka

Viktor Ivančić, mag.ing.aedif., Geotech d.o.o. Rijeka

Geofizička ispitivanja

Damir Pešt, dipl.inž.fiz., Moho d.o.o., Zagreb

1.3. IZVADAK IZ SUDSKOG REGISTRA

REPUBLIKA HRVATSKA
TRGOVAČKI SUD U RIJEČI
Elektronički zapis
Datum: 23.10.2023

IZVADAK IZ SUDSKOG REGISTRA

SUBJEKT UPISA

MBS: 040244293
OIB: 02329110570
EUID: HRSR.040244293

TVRTKA:
1 GEOTECH društvo s ograničenom odgovornošću za projektiranje, nadzor i savjetovanje u građevinarstvu
1 GEOTECH d. o. o.

SJEDIŠTE/ADRESA:
7 Rijeka (Grad Rijeka)
Clotčina 21

ADRESA ELEKTRONIČKE POŠTE:
8 info@geotech.hr

PRAVNI OBLIK:
1 društvo s ograničenom odgovornošću

PREDMET POSLOVANJA:
1 * - projektiranje, građenje, uporaba i uklanjanje građevine
1 * - stručni nadzor građenja
1 * - pokušno bušenje i sondiranje terena za gradnju
1 * - savjetovanje i poslovi u arhitektonskoj djelatnosti
1 * - arhitektonsko projektiranje svih vrsta objekata
1 * - arhitektonsko projektiranje objekata energetske i ekološke arhitekture
1 * - urbanističko i prostorno planiranje i projektiranje
1 * - projektiranje interijera - unutarnjeg uređenja
1 * - inženjering i konzalting poslovi građevinske i arhitektonske djelatnosti
1 * - kupnja i prodaja robe
1 * - trgovačko posredovanje na domaćem i inozemnom tržištu
1 * - zastupanje inozemnih tvrtki
1 * - industrijski dizajn namještaja i opreme
1 * - pružanje usluga grafičke pripreme i grafičkog dizajna
1 * - računalne i srodne djelatnosti
1 * - promidžba (reklama i propaganda)
1 * - istraživačke i eksperimentalni razvoj u tehničkim i tehnološkim znanostima
1 * - savjetovanje u vezi s poslovanjem i upravljanjem
9 * - djelatnost tehničkog ispitivanja i analize
9 * - geotehnička istraživanja, projektiranja i nadzor

Izrađeno: 2023-10-23 10:41:21 D004
Podaci od: 2023-10-23 Stranica: 1 od 4

REPUBLIKA HRVATSKA
TRGOVAČKI SUD U RIJEČI
Elektronički zapis
Datum: 23.10.2023

IZVADAK IZ SUDSKOG REGISTRA

SUBJEKT UPISA

PREDMET POSLOVANJA:
9 * - geološke i istražne djelatnosti

OSNIIVAČI/ČLANOVI DRUŠTVA:
1 MIRKO GROŠIĆ, OIB: 18202628570
Opatija, Stubište Baredi 4
6 - jedini član d.o.o.

OSOBE OVLAŠTENE ZA ZASTUPANJE:
7 MIRKO GROŠIĆ, OIB: 18202628570
Opatija, Stubište Baredi 4
10 - prokurist
10 - zastupa sukladno čl. 47 i 48 Zakona o trgovačkim društvima, na temelju odluke od 9. listopada 2023.
10 Ivana Blagdan, OIB: 56403428812
Rijeka, Ante Kovačića 5
10 - član uprave
10 - zastupa samostalno i pojedinačno, temeljem odluke od 9. listopada 2023.

TEMELJNI KAPITAL:
10 2.650,00 euro

PRAVNI ODNOSI:
Osnivački akt:
1 Izjava o osnivanju sastavljena je 10. prosinca 2007. godine.
2 Odlukom članova društva od 20. siječnja 2011. godine zaključen je Društveni ugovor koji je u potpunom tekstu dostavljen u zbirku isprava.
3 Odlukom članova društva od 11. prosinca 2012. godine izmijenjen je Društveni ugovor i to čl.2. (Članovi društva), čl.4. (sjednište društva) i čl.7. (temeljni kapital i poslovi udjeli). Pročišćeni tekst Ugovora dostavljen je u zbirku isprava.
10 Odlukom člana društva od 9. listopada 2023. izmijenjena su odredbe Društvenog ugovora u cijelosti, te je sastavljena Izjava o osnivanju, koja je u potpunom tekstu dostavljena u zbirku isprava.

Promjene temeljnog kapitala:
10 Odlukom skupštine društva od 9. listopada 2023. usklađen je temeljni kapital s odredbama ZIZTD (NN 114/22), smanjenjem sa 2.654,46 eur za 4,46 eur na 2.650,00 eur.

FINANCIJSKA IZVJEŠTAČA:
Predano God. Za razdoblje Vrata izvještaja
eu 15.06.23 2022 01.01.22 - 31.12.22 GFI-POD izvještaj

Izrađeno: 2023-10-23 10:41:21 D004
Podaci od: 2023-10-23 Stranica: 2 od 4

REPUBLIKA HRVATSKA
TRGOVAČKI SUD U RIJEČI
Elektronički zapis
Datum: 23.10.2023

IZVADAK IZ SUDSKOG REGISTRA

SUBJEKT UPISA

Upise u glavnu knjigu proveli su:

RBV Tt	Datum	Naziv suda
0001 Tt-07/2609-3	07.01.2008	Trgovački sud u Rijeci
0002 Tt-11/398-5	21.02.2011	Trgovački sud u Rijeci
0003 Tt-12/2864-2	09.05.2012	Trgovački sud u Rijeci
0004 Tt-12/3602-2	13.06.2012	Trgovački sud u Rijeci
0005 Tt-13/105-2	09.01.2013	Trgovački sud u Rijeci
0006 Tt-13/7871-2	07.11.2013	Trgovački sud u Rijeci
0007 Tt-19/1866-2	28.03.2019	Trgovački sud u Rijeci
0008 Tt-20/5180-2	26.08.2020	Trgovački sud u Rijeci
0009 Tt-21/4595-2	30.07.2021	Trgovački sud u Rijeci
0010 Tt-23/6570-2	19.10.2023	Trgovački sud u Rijeci
eu /	30.06.2009	elektronički upis
eu /	24.06.2010	elektronički upis
eu /	20.06.2011	elektronički upis
eu /	26.06.2012	elektronički upis
eu /	26.06.2013	elektronički upis
eu /	27.06.2014	elektronički upis
eu /	29.06.2015	elektronički upis
eu /	29.06.2016	elektronički upis
eu /	29.06.2017	elektronički upis
eu /	29.06.2018	elektronički upis
eu /	27.06.2019	elektronički upis
eu /	17.06.2020	elektronički upis
eu /	15.04.2021	elektronički upis
eu /	24.03.2022	elektronički upis
eu /	15.06.2023	elektronički upis

Sukladno Uredbi o tarifi sudskih pristojbi (NN br. 37/2023)
Tar. br. 28. ne plaća se pristojba za izdavanje aktivnog i/ili povijesnog izvataka iz sudskog registra.

Izrađeno: 2023-10-23 10:41:21 D004
Podaci od: 2023-10-23 Stranica: 3 od 4

REPUBLIKA HRVATSKA
TRGOVAČKI SUD U RIJEČI
Elektronički zapis
Datum: 23.10.2023

IZVADAK IZ SUDSKOG REGISTRA

SUBJEKT UPISA

Ova isprava je u digitalnom obliku elektronički potpisana certifikatom:
Cb=udreg, L=ZAGREB, O=MINISTARSTVO PRAVOSUĐIA I UPRAVE HR72910430276, C=HR

Broj zapisa: 002pK-sHXry-L4pHr-CyW11-kBk5w
Kontrolni broj: FxbOd-Q1eW7-GwA15-2cBgh

Štampanje ovog QR koda može provjeriti točnost podataka. Isto možete učiniti i na web stranici http://sudreg.pravosuđe.hr/registar/kontrola_izvornika/ unosom gore navedenog broja zapisa i kontrolnog broja dokumenta. U oba slučaja sustav će prikazati izvornik ovog dokumenta. Ukoliko je ovaj dokument identičan prikazanom izvorniku u digitalnom obliku, Ministarstvo pravosuđa i uprave potvrđuje točnost isprave i stanje podataka u trenutku izrade izvata. Provjera točnosti podataka može se izvršiti u roku tri mjeseca od izdavanja isprave.

Izrađeno: 2023-10-23 10:41:21 D004
Podaci od: 2023-10-23 Stranica: 4 od 4

1.4. RJEŠENJE O UPISU PROJEKTANTA U HRVATSKU KOMORU INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA



REPUBLIKA HRVATSKA
HRVATSKA KOMORA
INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA
10000 Zagreb, Ulica grada Vukovara 271

KLASA: 360-01/23-03/27
URBROJ: 251-500-03-23-2
Zagreb, 13. siječnja 2023.

Hrvatska komora inženjera građevinarstva na temelju članka 159. Zakona o općem upravnom postupku ("Narodne novine", br. 47/2009), po zahtjevu koji je podnio dr.sc. Mirko Grošić, dipl.ing.građ., Opatija, Stubište Baredi 4, izdaje

POTVRDU

1. Uvidom u službenu evidenciju koju vodi Hrvatska komora inženjera građevinarstva razvidno je da je dr.sc. Mirko Grošić, dipl.ing.građ., upisan u Imenik ovlaštenih inženjera građevinarstva, s danom upisa **15.05.2007.** godine, pod rednim brojem **3923** te je stekao pravo na uporabu strukovnog naziva "**ovlašteni inženjer građevinarstva**", zaposlen u: **GEOTECH d.o.o., Rijeka.**
2. Uvidom u službenu evidenciju Hrvatske komore inženjera građevinarstva utvrđeno je da imenovani nije stegovno kažnjavan, da mu nije izrečena mjera zabrane obavljanja poslova i da protiv njega trenutno nije pokrenut stegovni postupak.
3. Ova potvrda se može koristiti samo u svrhu dokazivanja da je imenovani član Hrvatske komore inženjera građevinarstva u aktivnom statusu i da nije stegovno kažnjavan.



1.5. POPIS PROJEKTNE DOKUMENTACIJE I LITERATURE KORIŠTENE PRI IZRADI ELABORATA

Prilikom izrade ove projektne dokumentacije korištene su sljedeće podloge:

- Grafičke podloge dobivene od strane Naručitelja

Prilikom izrade ove projektne dokumentacije korištena je sljedeća literatura:

- Hoek, E. and Brown, E.T., 1997., Practical estimates of rock mass strength. *Intl. J. Rock Mech. & Mining Sci. & Geomechanics Abstracts*. 34 (8), 1165-1186.
- Hoek, E., Carranza-Torres, C., Corkum, B., 2002. Hoek-Brown Failure criterion-2002 edition. *Proceedings of the North American Rock Mechanics Symposium*, Toronto.
- Marinos, P. and Hoek, E., 2000., GSI - A geologically friendly tool for rock mass strength estimation. *Proc. GeoEng2000 Conference*, Melbourne. 1422-1442.
- Ivković, A., i dr. (1983), Tumač za hidrogeološku kartu SFR Jugoslavije, 1:500000, izdanje Saveznog geološkog zavoda Beograd
- Komatina, M., i dr., (1980), Hidrogeološka karta SFR Jugoslavije, 1:500000, list Sarajevo, Geoinženjering Sarajevo - OOUR Institut za geotehniku i hidrogeologiju, Geološki zavod Zagreb - OOUR za inženjersku geologiju i hidrogeologiju, Geološki zavod Ljubljana - TOZD geologija, geomehanika in geofizika, izdanje Saveznog geološkog zavoda Beograd
- Borović, I., i dr., (1968), Osnovna geološka karta SFR Jugoslavije, 1:100000, Tumač za list Vis K 33-33, Institut za Geološka Istraživanja Zagreb.
- Borović, I., i dr., (1968), Osnovna geološka karta SFR Jugoslavije, 1:100000, Karta za list Vis L 33-33, Institut za Geološka Istraživanja Zagreb.

Prilikom izrade ove projektne dokumentacije korišteni su sljedeći internet izvori:

- Državni hidrometeorološki zavod, www.meteo.hr
- Geoportal Državne geodetske uprave (2014), Državna geodetska uprava, <http://geoportal.dgu.hr>
- Google Maps, www.google.hr/maps
- Karte potresnih područja Republike Hrvatske, <http://seizkarta.gfz.hr/karta.php>

1.6. POPIS PRIMJENJENIH ZAKONA, PROPISA I NORMI

Zakoni:

- Zakon o prostornom uređenju (NN 153/13, 65/17, 114/18, 39/19, 98/19, 67/23)
- Zakon o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19)
- Zakon o zaštiti okoliša (NN 80/13, 78/15, 12/18, 118/18)
- Zakon o zaštiti prirode (NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19)
- Zakon o zaštiti zraka (NN 127/19, 57/22)
- Zakon o zaštiti od buke (NN 30/09, 55/13, 153/13, 41/16, 114/18, 14/21)
- Zakon o zaštiti od požara (NN 92/10, 114/22)
- Zakon o vodama (NN 66/19, 4/21, 47/23)
- Zakon o komori arhitekata i komori inženjera u graditeljstvu i prostornom uređenju (NN 78/15, 114/18, 110/19)
- Zakon o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje (NN 78/15, 118/18, 110/19)
- Zakon o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 154/14, 94/18, 96/18)
- Zakon o državnoj izmjeri i katastru nekretnina (NN 112/18)
- Zakon o građevnim proizvodima (NN 76/13, 30/14, 130/17, 39/19, 118/20)
- Zakon o tehničkim zahtjevima za proizvode i ocjenjivanju sukladnosti (NN 126/21)

Pravilnici:

- Pravilnik o ocjenjivanju sukladnosti, ispravama o sukladnosti i označavanju građevnih proizvoda (NN 103/08, 147/09, 87/10, 129/11, 118/19)
- Pravilnik o tehničkim dopuštjenjima za građevne proizvode (NN 103/08)
- Pravilnik o nadzoru građevnih proizvoda (NN 113/08)
- Pravilnik o gospodarenju građevnim otpadom (NN 38/08)
- Pravilnik o kontroli projekta (NN 32/14)
- Pravilnik o najviše dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04)
- Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina (NN 64/14, 41/15, 105/15, 61/16, 20/17)

Propisi i norme:

- Tehnički propis o građevnim proizvodima (NN 35/18)
- Tehnički propis kojim se utvrđuju tehničke specifikacije za građevne proizvode u usklađenom području (NN 4/15, 24/15, 93/15, 133/15, 36/16, 58/16, 104/16, 28/17, 88/17, 29/18, 43/19)
- Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN 17/17)
- HRN EN 1990 Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija
- HRN EN 1990/NA Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija - Nacionalni dodatak
- HRN EN 1991 Eurokod 1 Djelovanja na konstrukcije (svi dijelovi)
- HRN EN 1991/NA Eurokod 1 Djelovanja na konstrukcije (svi dijelovi) - Nacionalni dodatak
- HRN EN 1992-1-1 Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija - Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade
- HRN EN 1992-1-1 /NA Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija - Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade - Nacionalni dodatak

- HRN EN 1993-1-1 Eurokod 3: Projektiranje čeličnih konstrukcija - Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade
- HRN EN 1993-1-1/NA Eurokod 3: Projektiranje čeličnih konstrukcija - Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade - Nacionalni dodatak
- HRN EN 1997-1 Eurokod 7: Geotehničko projektiranje -- 1. dio: Opća pravila
- HRN EN 1997-1/NA Eurokod 7: Geotehničko projektiranje -- 1. dio: Opća pravila - Nacionalni dodatak
- HRN EN 1998-1 Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija - 1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade
- HRN EN 1998-1/NA Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija - 1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade - Nacionalni dodatak
- HRN EN 1998-5 Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija - 5. dio: Temelji, potporne konstrukcije i geotehnička pitanja
- HRN EN 1998-5/NA Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija - 5. dio: Temelji, potporne konstrukcije i geotehnička pitanja - Nacionalni dodatak

Norme za pojedine vrste materijala, radova i postupaka:

- HRN EN 934-1 Dodaci betonu, mortu i mortu za injektiranje - 1. dio: Opći zahtjevi
- HRN EN 934-2 Dodaci betonu, mortu i smjesi za injektiranje - 2. dio: Dodaci betonu - Definicije, zahtjevi, sukladnost, označivanje i obilježavanje
- HRN EN 197-1 Cement - 1. dio: Sastav, specifikacije i kriteriji sukladnosti cemenata opće namjene
- HRN EN 197-2 Cement - 2. dio: Vrednovanje sukladnosti
- HRN EN 206 Beton - Specifikacija, svojstva, proizvodnja i sukladnost
- HRN EN 13670 Izvedba betonskih konstrukcija
- HRN EN 12620 Agregati za beton
- HRN EN 10080 Čelik za armiranje betona - Zavarljivi čelik za armiranje - Općenito
- HRN EN 1537 Izvedba posebnih geotehničkih radova - Sidra u tlu i stijeni
- HRN EN ISO 22477-5 Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Ispitivanje geotehničkih konstrukcija - 5. dio: Ispitivanje injektiranih sidara

Ostali važeći standardi i preporuke za pojedine vrste radova specificirane u pojedinim prilogima projekta.

Rijeka, 12/2023.

Projektant:

dr.sc. MIRKO GROŠIĆ, dipl.ing.građ.

Broj elaborata / Revizija EL 23-286-01 / R0
Građevina Rekonstrukcija gradskih zidina grada Hvara
Lokacija Grad Hvar
Razina projekta Glavni projekt
Vrsta dokumenta Geotehnički elaborat

Projektni ured GEOTECH d.o.o.
Ciottina 21, HR 51000 Rijeka

Građevina REKONSTRUKCIJA GRADSKIH ZIDINA GRADA HVARA

Lokacija GRAD HVAR

Razina projekta GLAVNI PROJEKT

Vrsta dokumenta GEOTEHNIČKI ELABORAT

Broj elaborata EL 23-286-01

Revizija R0

Mjesto i datum RIJEKA, 12/2023.

2. TEHNIČKI DIO

2.1. UVOD

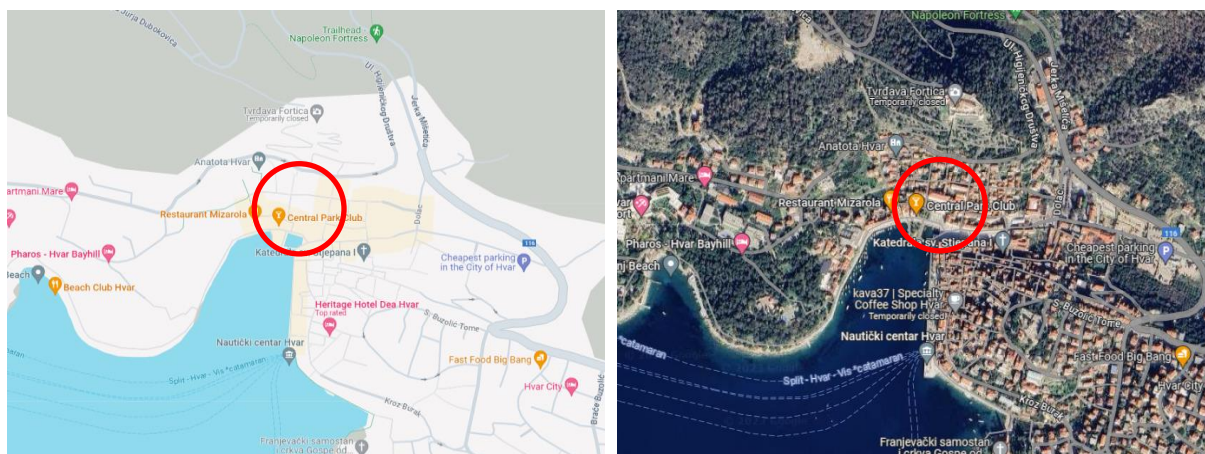
2.1.1. Uvodne napomene

Temeljem prihvaćanja ponude broj 807-2023 od 18.12.2023. od strane Naručitelja: EXAMEN LAB d.o.o., Ulica Ljudevita Gaja 26/A, HR 10430 Samobor, pristupilo se geotehničkim i inženjerskogeološkim istraživačkim radovima za potrebe rekonstrukcije gradskih zidina grada Hvara.

2.1.2. Opis lokacije

Predmetna lokacija je smještena u Splitsko-dalmatinskoj županiji na otoku Hvaru, u starog gradskoj jezgri grada Hvara. Lokacija je u cijelosti izgrađena te je predstavljena stambenim i turističkim objektima. Šira okolica je pretežito izgrađena stambenim, turističkim i ugostiteljskim objektima, dok je neizgrađeni dio pošumljen.

Nadmorske visine predmetne lokacije kreću se od cca 6,00 m do cca 10,00 m.



Slika 1. Prikaz šireg područja grada Hvara s označenom predmetnom lokacijom

2.2. PREGLED PROVEDENIH GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANJA I ISPITIVANJA

Za potrebu izrade ovog geotehničkog elaborata provedeni su inženjerskogeološki i geotehnički istraživački radovi koji su se sastojali od:

- Geološke i geotehničke prospekcije šireg područja
- Geofizičkih ispitivanja
- Inženjerskogeološkog kartiranja terena
- Obrade podataka ranijih istraživanja

Program geotehničkih istražnih radova izrađen je od strane tvrtke Geotech d.o.o., Ciottina 21, HR 51000 Rijeka, a isti je prilagođen prema uvjetima na terenu.

Na osnovi provedenih istraživanja kao i reinterpretacije ranijih istraživanja u širem području izrađen je ovaj geotehnički elaborat koji će poslužiti kao geotehnička podloga za glavni građevinski projekt.

Geotehnički istraživački radovi su izvedeni u skladu s važećim normama i propisima, a isti su navedeni i opisani u nastavku.

2.2.1. Geofizička ispitivanja

Geofizička ispitivanja obuhvaćaju ispitivanja plitke seizmičke refrakcije P-valova (Delta-T-V-metoda).

Metoda seizmičke refrakcije se temelji se na mjerenju vremena širenja elastičnih seizmičkih valova, od izvora do geofona, kroz geološke strukture pod površinom. Valovi se reflektiraju i lome na granicama materijala, čija je različitost određena promjenama u njihovoj gustoći i deformacijskim svojstvima.

Na istraživanom području su izvedena ispitivanja seizmičke refrakcije i to na dva (2) seizmička profila ukupne duljine 77,0 m.

Tablica 1. Podaci o izvedenim geofizičkim ispitivanjima

Oznaka profila	Duljina (m)
SR-1	38,5
SR-2	38,5

Geofizička ispitivanja provedena su u prosincu 2023. godine od strane tvrtke Moho d.o.o., Zagreb, voditelj ispitivanja Damir Pešt, dipl.inž.fiz.

Položaji geofizičkih profila su prikazani u grafičkom prilogu 3.1.1. *Situacija s pozicijama istraživačkih radova*. Izvještaj o rezultatima geofizičkih ispitivanja prikazan je u prilogu 3.2. *Izvještaj o geofizičkim ispitivanjima*.

2.2.2. Geotehnički i inženjerskogeološki radovi

Geotehnički i inženjerskogeološki radovi provedeni su u prosincu 2023. godine, a obuhvatili su geotehničku prospekciju i inženjerskogeološko kartiranje lokacije, geofizička ispitivanja te izradu geotehničkih presjeka terena koji su prikazani u prilogu 3.1.2.

U sklopu inženjerskogeološkog kartiranja lokacije provedena je i geološka prospekcija šireg predmetnog područja s osvrtom na morfologiju i aktivne geomorfološke procese.

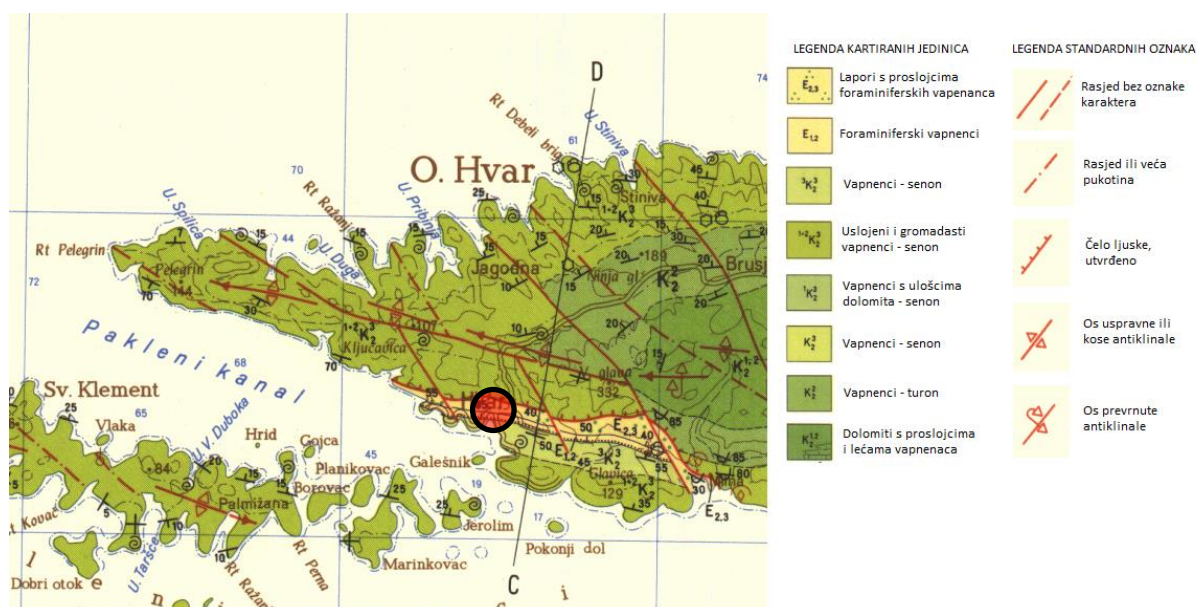
Provedenim istraživačkim radovima određene su zastupljene inženjerskogeološke jedinice na istraživanoj lokaciji te njihove inženjerskogeološke značajke. Tlo je determinirano i klasificirano prema USCS (Unified Soil Classification System) standardu. Za stijenske mase izmjerene su najvažnije vrste pukotinskih sustava te njihove značajke, na kojima se temelji GSI klasifikacija stijenske mase. Izmjeren je razmak među pojedinim pukotinama, zapunjenost diskontinuiteta i stanje diskontinuiteta.

Paralelno s inženjerskogeološkim kartiranjem terena i geofizičkim ispitivanjima provedena je i geotehnička prospekcija, radi utvrđivanja geotehničkih jedinica istovrsnih fizikalno-mehaničkih karakteristika, a za potrebe utvrđivanja geotehničkog profila istraživane lokacije.

2.3. GEOLOŠKE I INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZNAČAJKE LOKACIJE

2.3.1. Geološke značajke šireg područja

Prema Osnovnoj geološkoj karti (OGK), lista Vis (Borović i dr., 1968) predmetno područje u geotektonskom pogledu pripada tektonskoj jedinici otoka Hvara. Otok Hvar strukturno predstavlja izduženu krednu antiklinalu Brusje-Sučuraj, djelomično onduliranu s pružanjem istok-zapad, i blagim tonjenjem osi prema istoku. Antiklinala je nagnuta prema jugu pa je južno krilo strmije, a jednim dijelom prebačeno, i duž reversnog rasjeda natisnuto na lapore eocenske sinklinale, odnosno na foraminiferske vapnence. Paralelno s glavnom otočnom antiklinalom, između Starog Grada i Vrboske pruža se manja, sekundarna antiklinala koja je uz uzdužni reversni rasjed relativno izdignuta u odnosu na naslage sjevernog krila antiklinale Brusje-Sučuraj. Cijeli je otok ispresijecan skoro paralelnim poprečnim rasjedima smjera sjeverozapad-jugoistok. Ovi sekundarni, transversalni lomovi presijecaju longitudinalne i reversne rasjede i stvaraju sliku stepeničastog pomicanja.



Slika 2. Isječak iz Osnovne geološke karte (OGK), list Vis (Borović i dr., 1968) s označenom predmetnom lokacijom

Prema postojećim podacima (Borović i dr., 1968), šire predmetno područje izgrađuju eocenske naslage lapora s proslojcima foraminiferskih vapnenaca. Lapori se kontinuirano talože na foraminiferskim vapnencima te njihova sedimentacija započinje s par metara gomoljastih laporovitih vapnenaca s glaukonitom. Sedimentacija lapornog kompleksa je ritmična na što ukazuju do 2 m debeli proslojci biokalcirudita i biokalkarenita od foraminiferskih ulomaka s izraženom graduiranom sedimentacijom. Kalciruditi označavaju početak novog ritma dok biokalkareniti označavaju ponovni prijelaz u lapore.

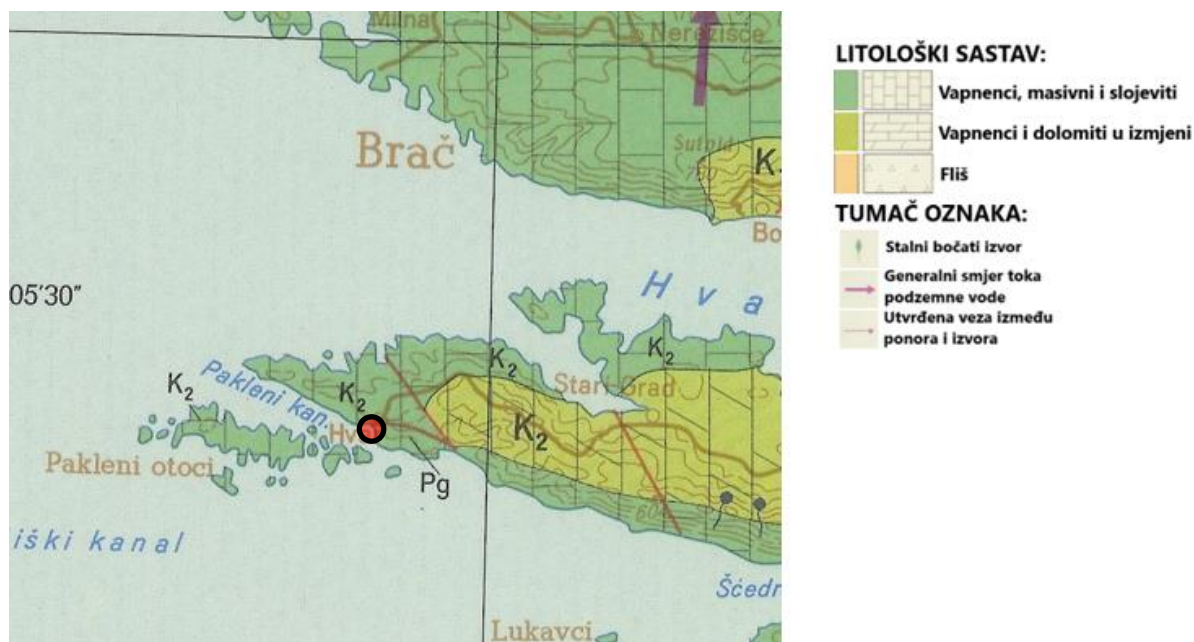
Provedenim istraživanjima i ispitivanjima utvrđene su naslage lapora prekrivene naslagama nabačaja.

2.3.2. Hidrogeološke značajke lokacije

Šire predmetno područje pripada priobalnom slivu Jadranskog mora te je karbonatnog, krškog karaktera. Na hidrodinamiku podzemne vode istraživanog područja najjači utjecaj imaju sekundarna (pukotinska i disolucijska) poroznost te gustoća, raspored i međusobna povezanost pukotina.

U hidrogeološkom pogledu predmetne naslage pripadaju području jugozapadne Hrvatske (hrvatski krš). Na hidrodinamiku podzemne vode šireg područja najjači utjecaj imaju pukotinska i disolucijska poroznost, gustoća, raspored i međusobna povezanost pukotina.

Prema dostupnim podacima (Komatina, 1980), u hidrogeološkom smislu šire promatrano područje karakteriziraju vodonosnici kavernožno-pukotinske poroznosti izgrađeni od vapnenaca, masivnih i slojevitih, mjestimično s dolomitima. Prema osobinama vodonosnika, ovi hidrogeološki članovi su okršene sredine srednje vodopropusnosti.



Slika 3. Isječak iz Hidrogeološke karte, list Sarajevo (Komatina, M., i dr., 1980) s prikazanim područjem predmetnog obuhvata

Provedenim istraživanjima i ispitivanjima utvrđene su naslage lapora prekrivene naslagama nabačaja. Naslage nabačaja imaju primarnu, međuzrnsku poroznost i slabu vodopropusnost zbog svog pretežito glinovitog sastava. Naslage dezintegriranih lapora imaju miješanu primarnu i sekundarnu poroznost te slabu vodopropusnost, dok kompaktnije naslage lapora imaju sekundarnu poroznost te slabu vodopropusnost. Hidrogeološki, eocenski lapori šireg područja se sastoje od izmjene glinovitih sedimenata, lapora, pješčenjaka, breča i laporovitih vapnenaca uz prevladavanje vodonepropusne glinovite komponente. Kao cjelina predstavljaju vodonepropusni medij, ali uz mogućnost formiranja manjih vodonosnika unutar razlomljenih pješčenjaka ili karbonatnih uložaka s pojavama malih izvora. Površinska erozija uslijed djelovanja atmosferilija je veoma izražena kod klastičnih flišolikih naslaga.

Hidrogeološke značajke zastupljenih jedinica su prikazane u tablici u nastavku:

Tablica 2. Poroznost i vodopropusnost zastupljenih litoloških jedinica

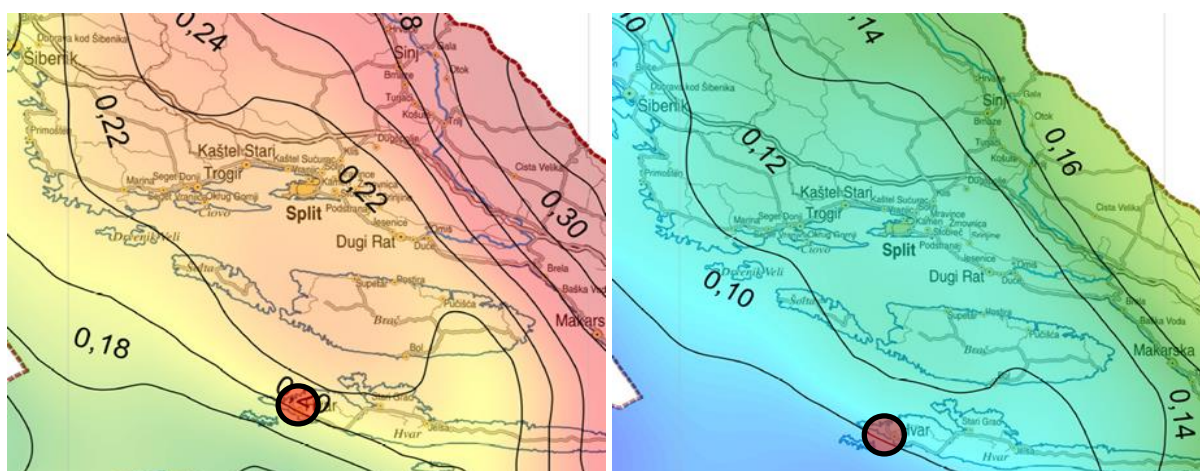
Geneza / litostratigrfske jedinice/ stratigrfski simbol			USCS / ISMR 1981	Tip poroznosti	Vodopropusnost
POKRIVAČ	NABAČAJ	AF	CL	PRIMARNA (međuzrnska)	NEPROPUSNO ($k < 10^{-9} \text{m/s}$)
			CW/CL-CH	PRIMARNA (međuzrnska)/ SEKUNDARNA (pukotinsko - disolucijska)	
PODLOGA	KLASTITI	E _{2,3}	HW	SEKUNDARNA (pukotinsko - disolucijska)	NEPROPUSNO ($k < 10^{-9} \text{m/s}$)
			MW		

Terenskom prospekcijom nije registriran nijedan stalan ili povremeni površinski vodotok. Padaline i površinske vode se direktno infiltriraju u podzemlje ili se mogu kratkotrajno zadržati na manje propusnim dijelovima pokrivača. Strukturni položaj, intenzitet tektonskih deformacija i stupanj okršenosti uvjetuju veliku vodopropusnost karbonatnih naslaga. Kretanje vode odvija se kroz defekte stijenske mase tj. sisteme pukotina, koje imaju hidrogeološku funkciju usmjeravanja tečenja podzemne vode prema obalnoj liniji.

Pojave podzemne vode su nepredvidljive te bi za određivanje podzemnih tokova za pojedinu lokaciju bilo potrebno izvršiti detaljna hidrogeološka ispitivanja. Detaljni hidrogeološki radovi nisu bili predmet ovog ispitivanja.

2.3.3. Seizmičnost lokacije

Predmetna lokacija se nalazi u Splitsko-dalmatinskoj županiji na otoku Hvaru. Vrijednost poredbenih vršnih ubrzanja temeljnog tla a_{gR} (za temeljno tlo tipa A), s vjerojatnosti prekoračenja 10 % u 10 godina, za poredbeno povratno razdoblje $T_{DLR} = 95$ godina te s vjerojatnosti prekoračenja 10 % u 50 godina, za poredbeno povratno razdoblje $T_{NCR} = 475$ godina prikazane su na sljedećim slikama.



Slika 4. Karta poredbenih vršnih ubrzanja temeljnog tla a_{gR} (temeljno tlo tipa A), s vjerojatnosti prekoračenja 10 % u 50 godina, za poredbeno povratno razdoblje $T_{NCR} = 475$ god (lijevo), te za

vjerojatnosti prekoračenja 10 % u 10 godina, za poredbeno povratno razdoblje $T_{DLR} = 95$ god (desno)

Za potrebe definiranja elastičnih i projektnih spektara pri proračunu konstrukcije na potres, koristi se vrijednost a_g projektnog ubrzanja u tlu razreda A (the design ground acceleration on type A ground, eng.).

Ta vrijednost je dana izrazom:

$$a_g = a_{gR} * \gamma_i$$

gdje je:

- γ_i - faktor važnosti građevine čije su vrijednosti dane u HRN EN 1998-1 i kreću se od 1,40, za građevine čije bi funkcioniranje neposredno nakon potresa bilo od vitalne važnosti (bolnice, vatrogasne postaje, energetska postrojenja itd.) do vrijednosti od 0,80 za građevine maloga utjecaja na javnu sigurnost
- a_{gR} - poredbeno maksimalno ubrzanje u tlu razreda A

Utjecaj vrste temeljnog tla na vrijednosti seizmičkog opterećenja u HRN EN 1998-1 se uzima u obzir preko razreda tla – prikazano u sljedećoj tablici:

Tablica 3. Tipovi temeljnog tla

Tip temeljnog tla	Opis stratigrafskog profila	$V_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (udara/30cm)	c_u (kPa)
A	Stijena ili druga geološka formacija poput stijene, uključujući najviše 5 metara slabijeg materijala na površini	>800	-	-
B	Nanosi vrlo gustog pijeska, šljunka ili vrlo krute gline, debljine najmanje nekoliko desetaka metara, s postupnim povećanjem mehaničkih svojstava s dubinom	360-800	>50	>250
C	Duboki nanosi gustog ili srednje gustog pijeska, šljunka ili krute gline debljine od nekoliko desetaka metara do više stotina metara	180-360	15-50	70-250
D	Nanosi rahlog do srednje zbijenog nekoherentnog tla (s nešto mekih koherentnih slojeva ili bez njih), ili pretežno meko do dobro koherentno tlo	<180	<15	<70
E	Profil tla koji se sastoji od površinskog aluvijalnog sloja s vrijednostima v_s za tipove C ili D i debljinom između 5 i 20 m ispod kojeg je krući materijal $v_s > 800$ m/s			
S ₁	Nanosi koji se sastoje od, ili sadrže, sloj debljine najmanje 10 m mekih glina /praha s velikim indeksom plastičnosti ($PI > 40$) i velikim sadržajem vode	<100 (približno)	-	10-20
S ₂	Nanosi tla podložnih likvefakciji, osjetljivih glina ili svaki drugi profil tla koji nije obuhvaćen tipovima A do E ili S1			

Prema HRN EN 1998-1 elastični spektar odziva $S_e(T)$ definiran je za horizontalnu komponentu potresnog djelovanja. Vrijednosti perioda T_B , T_C , T_D i faktora tla S koje opisuju oblik elastičnog spektra odziva ovise o tipu temeljnog tla.

Za pet tipova temeljnih tala A, B, C, D i E preporučene vrijednosti parametara S , T_B , T_C , T_D dane su u tablici za elastični spektar odziva tipa 1. Spektar tipa 2 se preporučuje ako potresi koji najviše pridonose potresnoj opasnosti definiranoj za lokaciju u cilju vjerojatnosnog ocjenjivanja opasnosti imaju magnitudu površinskog vala M_s ne veću od 5,5.

U Hrvatskoj se primjenjuje elastični spektar tipa 1 za odgovarajuća temeljna tla prema HRN EN 1998-1.

Tablica 4. Vrijednosti parametara koje opisuju preporučeni elastični spektar odziva tipa 1

Tip temeljnog tla	S	$T_B(S)$	$T_C(S)$	$T_D(S)$
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

gdje je:

- S – faktor tla
- T_B – donja granica perioda s granom konstantnog spektralnog ubrzanja
- T_C – gornja granica perioda s granom konstantnog spektralnog ubrzanja
- T_D – vrijednost koja definira početak konstantnog raspona odziva u spektru pomaka

Tlo na predmetnoj lokaciji spada u tlo razreda A - stijena ili druga geološka formacija slična stijeni, uzimajući u obzir najviše 5 metara slabijeg materijala na površini.

Usvaja se vrijednost poredbenog maksimalnog ubrzanja u tlu razreda A za $T_{DLR} = 95$ god od $a_{gR} = 0,092$ g i $T_{NCR} = 475$ god od $a_{gR} = 0,189$ g.

2.3.4. Inženjerskogeološke značajke lokacije

Inženjerskogeološke značajke zastupljenih litostratigrafskih jedinica predmetnog područja su određene na osnovu provedenih geotehničkih istražnih radova i inženjerskogeološkog kartiranja terena te korelacijom dobivenih podataka s postojećim podacima dosadašnjih istraživanja.

Utvrđeno je da predmetnu lokaciju izgrađuju dvije (2) litostratigrafske jedinice, prikazane u tablici u nastavku:

Tablica 5. Litostratigrafske jedinice

Geneza / stratigrafski simbol			Inženjerskogeološki tip
POKRIVAČ	NABAČAJ	AF	INŽENJERSKO TLO: naslage gline niske plastičnosti
			POTPUNO TROŠNA STIJENA – INŽENJERSKO TLO: dezintegrirana (D) stijenska masa lapora – glina niske do visoke plastičnosti
PODLOGA	KLASTITI	E _{2,3}	VISOKO TROŠNA STIJENA: dezintegrirana do blokovito-poremećena (D-B/D) stijenska masa lapora SREDNJE TROŠNA STIJENA: blokovito-poremećena (B/D) stijenska masa lapora

Nabačaj (AF)

Sastav i značajke nabačaja su temeljene na dobivenim podacima provedenih istraživačkih radova na predmetnoj lokaciji. Naslage nabačaja nalaze se kao kontinuirani pokrivač iznad podloge lapora. Nabačaj je nasipavan na predmetnu lokaciju u svrhu poravnanja postojećeg objekta.

Površinskim pregledom i geofizičkim ispitivanjima nije bilo moguće jednoznačno utvrditi sastav i debljinu nabačaja. Prospekcijom je utvrđeno da se pretežito sastoji od glinovitih naslaga.

U geomehaničkom smislu, naslage nabačaja kao cjelina predstavljaju naslage gline niske plastičnosti (CL). Procijenjena debljina naslaga nabačaja iznosi oko cca 0,50 m.

Lapori (E_{2,3})

Sastav i značajke stijenske podloge su temeljene na dobivenim podacima provedenih istraživačkih radova te korelacijom dobivenih podataka s podacima dosadašnjih istraživanja šireg područja.

Prema postojećim podacima (Borović i dr., 1968), šire predmetno područje izgrađuju eocenske naslage fliša, lapori si proslojcima foraminiferskih vapnenaca. Lapori se kontinuirano talože na foraminiferskim vapnencima te njihova sedimentacija započinje s par metara gomoljastih laporovitih vapnenaca s glaukonitom. Sedimentacija lapornog kompleksa je ritmična na što ukazuju do 2 m debeli proslojci biokalcirudita i biokalkarenita od foraminiferskih ulomaka s izraženom graduiranom sedimentacijom. Kalciruditi označavaju početak novog ritma dok biokalkareniti označavaju ponovni prijelaz u lapore.

Matičnu stijenu lapora odlikuje velika litološka heterogenost zbog česte vertikalne i lateralne izmjene raznovrsnih litoloških članova te je stijenska masa različitog stupnja trošnosti pri čemu su lapori i glinjaci podložniji trošenju od rezistentnijih pješčenjaka i karbonata. Pojedini litološki članovi lapora pripadaju grupi slabo do dobro okamenjenih sedimentnih stijena. Prema dostupnim podacima, na području otoka Krka prevladavaju naslage lapora s proslojcima pješčenjaka, konglomerata, breča i vapnenaca..

Lapori su podložni kemijskom i mehaničkom trošenju te pod utjecajem podzemnih ili površinskih voda relativno brzo dobivaju karakteristike inženjerskog tla - gline i praha. Prilikom iskopa u naslagama lapora potencira se trošenje otvorenih površina stijenske mase, a postoji i mogućnost promjene lokalnog režima toka podzemne vode.

Geofizičkim ispitivanjima dobivamo ograničeni uvid u stanje stijenske podloge, stoga nije bilo moguće detaljno opisati inženjerskogeološke značajke eocenskih lapora prisutnih na predmetnoj lokaciji. Obzirom na trošnost (Dearman, 1976) lapori su razdvojeni u tri zasebne inženjerskogeološke cjeline svojstvenih geomehaničkih značajki:

- Potpuno trošni lapori (CW)
- Visoko trošni lapori (HW)
- Srednje trošni lapori (MW)

Potpuno trošni lapori su predstavljeni dezintegriranom (D) stijenskom masom lapora, raspadnute u sedimente gline niske do visoke plastičnosti. Horizont potpuno trošnih lapora u geomehaničkom smislu predstavlja prijelaz između ekstremno i vrlo slabih stijena (razred R0 / R1, Hoek & Brown, 1997) u sedimente gline niske do visoke plastičnosti (CL-CH). Debljina potpuno trošnog horizonta lapora utvrđena istraživačkim radovima iznosi od cca 0,50 m (seizmički profil SR-1) do cca 3,50 m (seizmički profil SR-2).

Visoko trošni lapori su predstavljeni stijenskom masom lapora, dezintegrirane do blokovito-poremećene (D-B/D) strukture stijenske mase, mjestimice raspadnute u sedimente gline. Debljina visoko trošnih lapora utvrđena istraživačkim radovima iznosi od cca 1,50 m (seizmički profil SR-2) do cca 4,00 m (seizmički profil SR-1).

Srednje trošni lapori su predstavljeni stijenskom masom lapora, blokovito-poremećene (B/D) strukture stijenske mase. Stijenska masa srednje do slabo trošnih lapora pripada skupini slabih stijena sedimentnog porijekla (razred R2, Brown, 1981). Dubina pojavljivanja srednje trošnih lapora utvrđena istraživačkim radovima iznosi od cca 3,50 m (seizmički profil SR-1) do cca 6,30 m (seizmički profil SR-2).

Vrijednost materijalne konstante (m_i) lapora varira od 5 do 9 (Marinos & Hoek, 2000).

Za heterogene stijenske mase koje se sastoje od čestih izmjena tektonski razlomljenih sekcija čvrstih i slabih stijena standardna GSI klasifikacija nije primjenjiva s obzirom da se ona odnosi isključivo na homogene stijenske mase. U cilju prilagođavanja GSI sustava heterogenim stijenama izrađena je tablica priložena u nastavku (Tablica 7). Procijenjena GSI vrijednost za visoko trošnu stijensku masu varira od 10-20, a za srednje trošnu stijensku masu varira od 25-35.

Tablica 6. GSI sustav za lapore - visoko trošni lapori (crvena oznaka) i srednje trošni lapori (Zelena oznaka) (Marinos & Hoek, 2000.)

SASTAV I STRUKTURA		POVRŠINSKI UVJETI DISKONTINUITETA				
		VRLO DOBRO	DOBRO	POVOLJNO	LOŠE	VRLO LOŠE
	<p>A. debelo uslojeni, uglavnom blokasti pješčenjak</p> <p>U plitkim tunelima ili padinama ove plohe slojevitosti mogu uzrokovati strukturno kontroliranu nestabilnost.</p>	70	60			
			50	40		
<p>C, D, E i G - mogu biti više ili manje ispresjecani nego što je prikazano ali to ne mjerja čvrstoću. Tektonske deformacije, rasjedi ili oslabljenja kontinuirano pomiču te kategorije u F i H.</p>						
				30		
				20		
						10

2.4. GEOTEHNIČKE ZNAČAJKE LOKACIJE

Geotehničkim pregledom lokacije i izvedenih istraživačkih radova, ustanovljeno je da je geotehnički profil na lokaciji sastavljen od tri (3) geotehničkih jedinica prikazanih u tablici u nastavku.

Tablica 7. Geotehničke jedinice

Geotehnička jedinica	Litostratigrafska oznaka	Opis
GJ-1	AF/E _{2,3}	Nabačaj/Potpuno trošni lapori: naslage gline niske do visoke plastičnosti (CL-CH)
GJ-2	E _{2,3}	Visoko trošni lapori: dezintegrirana do blokovito-poremećena (D-B/D) stijenska masa lapora
GJ-3		Srednje trošni lapori: blokovito-poremećena (B/D) stijenska masa lapora

Geotehnička jedinica 1 – Nabačaj/Potpuno trošni lapori

Geotehničku jedinicu 1 čine objedinjene naslage nabačaja i potpuno trošnih lapora. Naslage nabačaja i potpuno trošnih lapora su objedinjen u istovjetnu geotehničku jedinicu zbog sličnog granulometrijskog sastava i geomehaničkog ponašanja.

Sastav i značajke nabačaja su temeljene na dobivenim podacima provedenih istraživačkih radova na predmetnoj lokaciji. Naslage nabačaja nalaze se kao kontinuirani pokrivač iznad podloge lapora. Nabačaj je nasipavan na predmetnu lokaciju u svrhu poravnanja postojećeg objekta. Površinskim pregledom i geofizičkim ispitivanjima nije bilo moguće jednoznačno utvrditi sastav i debljinu nabačaja. Prospekcijom je utvrđeno da se pretežito sastoji od glinovitih naslaga

Potpuno trošni lapori su predstavljeni dezintegriranom (D) stijenskom masom lapora, raspadnute u sedimente gline niske do visoke plastičnosti. Horizont potpuno trošnih lapora u geomehaničkom smislu predstavlja prijelaz između ekstremno i vrlo slabih stijena (razred R0 / R1, Hoek & Brown, 1997) u sedimente gline niske do visoke plastičnosti (CL-CH).

U geomehaničkom smislu, naslage geotehničke jedinice 1 predstavljaju gline niske do visoke plastičnosti (CL - CH).

Debljina geotehničke jedinice 1 utvrđena istraživačkim radovima iznosi od cca 1,00 m (seizmički profil SR-1) do cca 4,00 m (seizmički profil SR-2).

Geotehnička jedinica 2 – Visoko trošni lapori

Geotehničku jedinicu 2 čine naslage visoko trošnih lapora.

Visoko trošni lapori su predstavljeni stijenskom masom lapora, dezintegrirane do blokovito-poremećene (D-B/D) strukture stijenske mase, mjestimice raspadnute u sedimente gline. Debljina visoko trošnih lapora utvrđena istraživačkim radovima iznosi od cca 1,50 m (seizmički profil SR-2) do cca 4,00 m (seizmički profil SR-1).

Geotehnička jedinica 3 – Srednje trošni lapori

Geotehničku jedinicu 3 čine naslage srednje trošnih lapora.

Srednje trošni lapori su predstavljeni stijenskom masom lapora, blokovito-poremećene (B/D) strukture stijenske mase. Stijenska masa srednje do slabo trošnih lapora pripada skupini slabih stijena sedimentnog porijekla (razred R2, Brown, 1981). Dubina pojavljivanja srednje trošnih lapora utvrđena istraživačkim radovima iznosi od cca 3,50 m (seizmički profil SR-1) do cca 6,30 m (seizmički profil SR-2).

2.4.1. Geotehnički parametri

Geotehničkim pregledom lokacije, izvedenim istraživačkim radovima i analizom materijala usvojene su vrijednosti parametara dviju determiniranih geotehničkih jedinica.

Usvajaju se sljedeće vrijednosti parametara geotehničke jedinice 1 - Nabačaj/Potpuno trošni lapori:

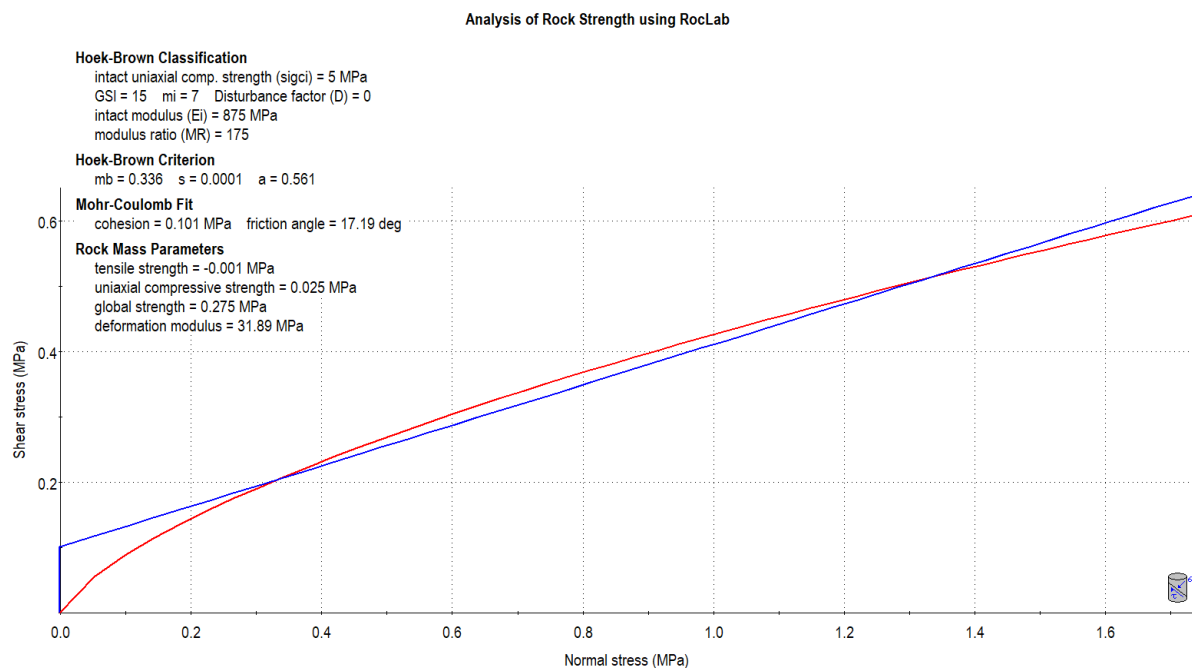
- | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| - Kut unutarnjeg trenja | $\phi = 22,5-25,0^\circ$ |
| - Kohezija | $c = 10,0-12,5 \text{ kN/m}^2$ |
| - Zapreminska težina | $\gamma = 19,5-20,5 \text{ kN/m}^3$ |
| - Uronjena zapreminska težina | $\gamma' = 9,5-10,5 \text{ kN/m}^3$ |

Geotehnička jedinica 2 – Visoko trošni lapori

Usvajaju se sljedeće karakteristike geotehničke jedinice 2 - Visoko trošni lapori:

- Vrijednost materijalne konstante (m_i) za geotehničku jedinicu 2 je određena na interval od 5 do 9. Usvojena je vrijednost materijalne konstante (m_i) od 7.
- GSI vrijednost geotehničke jedinice 2 varira od 10-20. Usvojena je vrijednost GSI od 15.
- Jednoosna tlačna čvrstoća (σ_{ci}) geotehničke jedinice 2 je terenskom procjenom utvrđena na interval od 0,25 MPa do 5,00 MPa. Usvojena je vrijednost jednoosne tlačne čvrstoće od 5,0 MPa.
- Faktor stupnja poremećenosti stijenske mase (D) varira od 0,0-0,7.
- Zapreminska težina $\gamma = 22,0 \text{ kN/m}^3$.
- Modul deformabilnosti $E_{rm} = 30,0 \text{ MPa}$.

Zakon čvrstoće kvazihomogene stijenske mase - Visoko trošni lapori

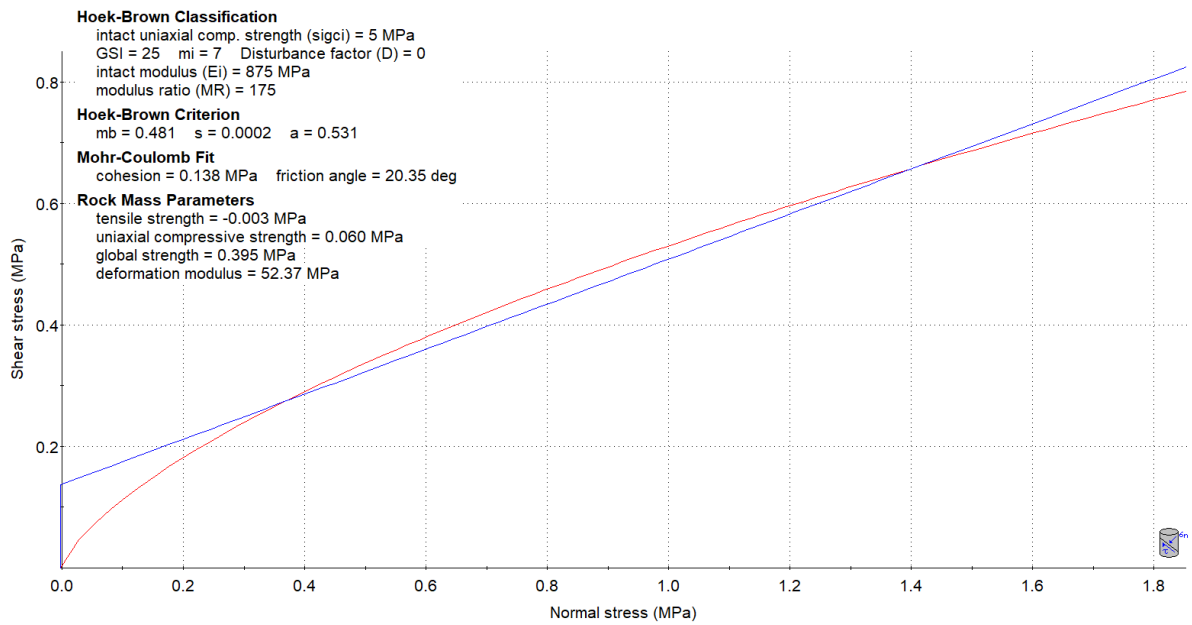


Usvajaju se sljedeće karakteristike geotehničke jedinice 3 - Srednje trošni lapori:

- Vrijednost materijalne konstante (m_i) za geotehničku jedinicu 3 je određena na interval od 5 do 9. Usvojena je vrijednost materijalne konstante (m_i) od 7.
- GSI vrijednost geotehničke jedinice 3 varira od 25-35. Usvojena je vrijednost GSI od 25.
- Jednoosna tlačna čvrstoća (σ_{ci}) geotehničke jedinice 3 je terenskom procjenom utvrđena na interval od 0,25 MPa do 5,00 MPa. Usvojena je vrijednost jednoosne tlačne čvrstoće od 5,0 MPa.
- Faktor stupnja poremećenosti stijenske mase (D) varira od 0,0-0,7.
- Zapreminska težina $\gamma = 23,0 \text{ kN/m}^3$.
- Modul deformabilnosti $E_{rm} = 50,0 \text{ MPa}$.

Zakon čvrstoće kvazihomogene stijenske mase - Srednje trošni lapori

Analysis of Rock Strength using RocLab



2.5. ZAKLJUČAK I PREPORUKE ZA PROJEKTIRANJE I IZVOĐENJE

Daju se zaključci i smjernice za projektiranje i izvedbu radova na lokaciji gdje je predviđena rekonstrukcija gradskih zidina grada Hvara.

2.5.1. Inženjerskogeološke značajke lokacije

Utvrđeno je da predmetnu lokaciju izgrađuju dvije (2) litostratigrafske jedinice, prikazane u tablici u nastavku:

Tablica 8. Litostratigrafske jedinice

Geneza / stratigrafski simbol			Inženjerskogeološki tip
POKRIVAČ	NABAČAJ	AF	INŽENJERSKO TLO: naslage gline niske plastičnosti
			POTPUNO TROŠNA STIJENA – INŽENJERSKO TLO: dezintegrirana (D) stijenska masa lapora – glina niske do visoke plastičnosti
PODLOGA	KLASTITI	E _{2,3}	VISOKO TROŠNA STIJENA: dezintegrirana do blokovito-poremećena (D-B/D) stijenska masa lapora
			SREDNJE TROŠNA STIJENA: blokovito-poremećena (B/D) stijenska masa lapora

Debljina i rasprostiranje geotehničke jedinice definirano je i opisano u poglavlju 2.3. *Geološke i inženjerskogeološke značajke lokacije.*

2.5.2. Geotehničke značajke lokacije

Geotehničkim pregledom lokacije i izvedenih istraživačkih radova, ustanovljeno je da je geotehnički profil na lokaciji sastavljen od tri (3) geotehničkih jedinica prikazanih u tablici u nastavku.

Tablica 9. Geotehničke jedinice

Geotehnička jedinica	Litostratigrafska oznaka	Opis
GJ-1	AF/E _{2,3}	Nabačaj/Potpuno trošni lapori: naslage gline niske do visoke plastičnosti (CL-CH)
GJ-2	E _{2,3}	Visoko trošni lapori: dezintegrirana do blokovito-poremećena (D-B/D) stijenska masa lapora
GJ-3		Srednje trošni lapori: blokovito-poremećena (B/D) stijenska masa lapora

Debljina i rasprostiranje geotehničke jedinice definirano je i opisano u poglavlju 2.4. *Geotehničke značajke lokacije.*

2.5.3. Parametri geotehničkih jedinica

Usvajaju se sljedeće vrijednosti parametara geotehničke jedinice 1 - Nabačaj/Potpuno trošni lapori:

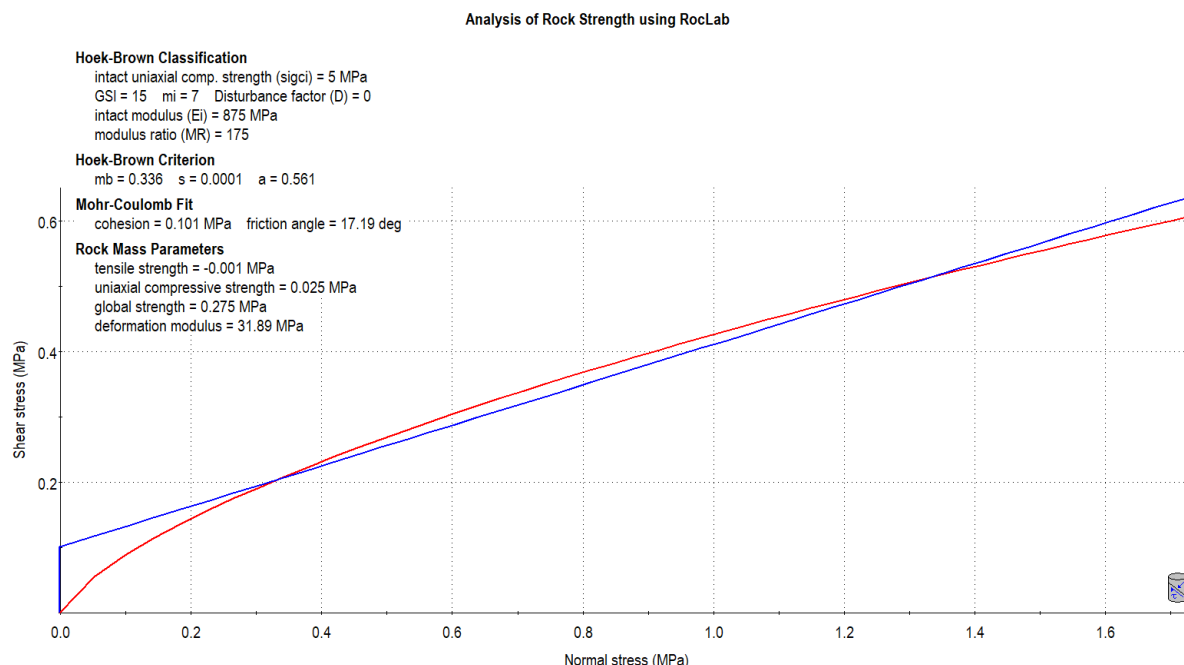
- Kut unutarnjeg trenja $\phi = 22,5-25,0^\circ$
- Kohezija $c = 10,0-12,5 \text{ kN/m}^2$
- Zapreminska težina $\gamma = 19,5-20,5 \text{ kN/m}^3$
- Uronjena zapreminska težina $\gamma' = 9,5-10,5 \text{ kN/m}^3$

Geotehnička jedinica 2 – Visoko trošni lapori

Usvajaju se sljedeće karakteristike geotehničke jedinice 2 - Visoko trošni lapori:

- Vrijednost materijalne konstante (m_i) za geotehničku jedinicu 2 je određena na interval od 5 do 9. Usvojena je vrijednost materijalne konstante (m_i) od 7.
- GSI vrijednost geotehničke jedinice 2 varira od 10-20. Usvojena je vrijednost GSI od 15.
- Jednoosna tlačna čvrstoća (σ_{ci}) geotehničke jedinice 2 je terenskom procjenom utvrđena na interval od 0,25 MPa do 5,00 MPa. Usvojena je vrijednost jednoosne tlačne čvrstoće od 5,0 MPa.
- Faktor stupnja poremećenosti stijenske mase (D) varira od 0,0-0,7.
- Zapreminska težina $\gamma = 22,0 \text{ kN/m}^3$.
- Modul deformabilnosti $E_{rm} = 30,0 \text{ MPa}$.

Zakon čvrstoće kvazihomogene stijenske mase - Visoko trošni lapori

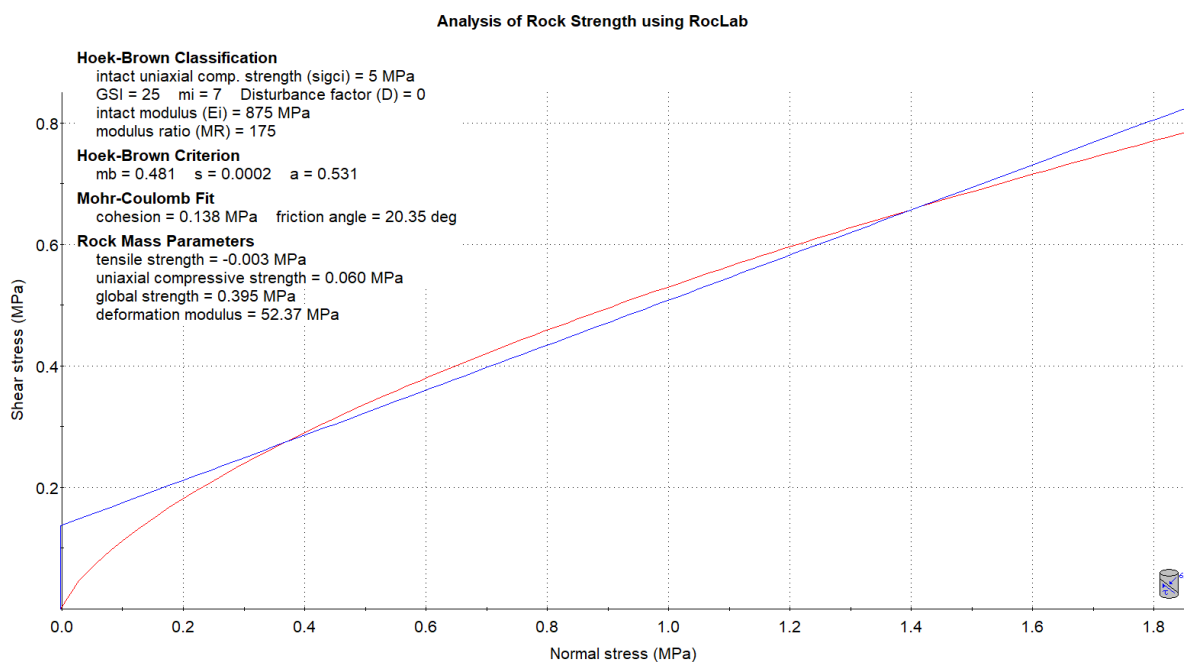


Usvajaju se sljedeće karakteristike geotehničke jedinice 3 - Srednje trošni lapori:

- Vrijednost materijalne konstante (m_i) za geotehničku jedinicu 3 je određena na interval od 5 do 9. Usvojena je vrijednost materijalne konstante (m_i) od 7.
- GSI vrijednost geotehničke jedinice 3 varira od 25-35. Usvojena je vrijednost GSI od 25.

- Jednoosna tlačna čvrstoća (σ_{ci}) geotehničke jedinice 3 je terenskom procjenom utvrđena na interval od 0,25 MPa do 5,00 MPa. Usvojena je vrijednost jednoosne tlačne čvrstoće od 5,0 MPa.
- Faktor stupnja poremećenosti stijenske mase (D) varira od 0,0-0,7.
- Zapreminska težina $\gamma = 23,0 \text{ kN/m}^3$.
- Modul deformabilnosti $E_{rm} = 50,0 \text{ MPa}$.

Zakon čvrstoće kvazihomogene stijenske mase - Srednje trošni lapori



2.5.4. Podaci o podzemnoj vodi

Hidrogeološke značajke zastupljenih jedinica su prikazane u tablici u nastavku:

Tablica 10. Poroznost i vodopropusnost zastupljenih litoloških jedinica

Geneza / litostratografske jedinice/ stratigrafski simbol		USCS / ISMR 1981		Tip poroznosti	Vodopropusnost
POKRIVAČ	NABAČAJ	AF	CL	PRIMARNA (međuzrnska)	NEPROPUSNO ($k < 10^{-9} \text{ m/s}$)
			CW/CL-CH	PRIMARNA (međuzrnska)/ SEKUNDARNA (pukotinsko - disolucijska)	
PODLOGA	KLASTITI	$E_{2,3}$	HW	SEKUNDARNA (pukotinsko - disolucijska)	NEPROPUSNO ($k < 10^{-9} \text{ m/s}$)
			MW		

Terenskom prospekcijom nije registriran nijedan stalan ili povremeni površinski vodotok. Padaline i površinske vode se direktno infiltriraju u podzemlje ili se mogu kratkotrajno zadržati na manje propusnim dijelovima pokrivača. Strukturni položaj, intenzitet tektonskih deformacija i stupanj okršnosti uvjetuju veliku vodopropusnost karbonatnih naslaga. Kretanje vode odvija se kroz defekte

stijenske mase tj. sisteme pukotina, koje imaju hidrogeološku funkciju usmjeravanja tečenja podzemne vode prema obalnoj liniji.

Pojave podzemne vode su nepredvidljive te bi za određivanje podzemnih tokova za pojedinu lokaciju bilo potrebno izvršiti detaljna hidrogeološka ispitivanja. Detaljni hidrogeološki radovi nisu bili predmet ovog ispitivanja.

2.5.5. Seizmičnost lokacije

Utjecaj vrste temeljnog tla na vrijednosti seizmičkog opterećenja u HRN EN 1998-1 se uzima u obzir preko razreda tla. Tlo na predmetnoj lokaciji spada u tlo razreda A - stijena ili druga geološka formacija slična stijeni, uzimajući u obzir najviše 5 metara slabijeg materijala na površini.

Usvaja se vrijednost poredbenog maksimalnog ubrzanja u tlu razreda A za $T_{DLR} = 95$ god od $a_{gR} = 0,092$ g i $T_{NCR} = 475$ god od $a_{gR} = 0,189$ g.

U HRN EN 1998-1 elastični spektar odziva $S_e(T)$ definiran je za horizontalnu komponentu potresnog djelovanja. Vrijednosti perioda T_B , T_C , T_D i faktora tla S koje opisuju oblik elastičnog spektra odziva ovise o tipu temeljnog tla.

Usvajaju se sljedeće vrijednosti parametara koje opisuju preporučeni spektar odziva tipa 1 za tlo razreda A:

- Donja granica perioda s granom konstantnog spektralnog ubrzanja: $T_B = 0,15$ s
- Gornja granica perioda s granom konstantnog spektralnog ubrzanja: $T_C = 0,40$ s
- Vrijednost koja definira početak konstantnog raspona odziva u spektru pomaka: $T_D = 2,00$ s
- Faktor tla: $S = 1,00$

Broj elaborata / Revizija	EL 23-286-01 / R0
Građevina	Rekonstrukcija gradskih zidina grada Hvara
Lokacija	Grad Hvar
Razina projekta	Glavni projekt
Vrsta dokumenta	Geotehnički elaborat

Projektni ured	GEOTECH d.o.o. Ciottina 21, HR 51000 Rijeka
Građevina	REKONSTRUKCIJA GRADSKIH ZIDINA GRADA HVARA
Lokacija	GRAD HVAR
Razina projekta	GLAVNI PROJEKT
Vrsta dokumenta	GEOTEHNIČKI ELABORAT
Broj elaborata	EL 23-286-01
Revizija	R0
Mjesto i datum	RIJEKA, 12/2023.

3. PRILOZI

3.1.1. Grafički prilozi

Popis grafičkih priloga

Oznaka nacrt	Naziv	Mjerilo
3.1.1.	Situacija s pozicijama istraživačkih radova	1:200
3.1.2.	Geotehnički presjeci	1:200

3.1.1. SITUACIJA S POZICIJAMA ISTRAŽIVAČKIH RADOVA

TUMAČ OZNAKA

	GEOTEHNIČKI PRESJECI
	GEOFIZIČKI PROFILI - SEIZMIČKA REFRAKCIJA MOHO d.o.o., prosinac 2023.



GEOTECH d.o.o.
Ciotlina 21, HR-51000 Rijeka
www.geotech.hr - info@geotech.hr



NARUČITELJ:
EXAMEN LAB d.o.o.
Ulica Ljudevita Gaja 26/A, HR 10430 Zagreb, OIB: 27443820950

GRAĐEVINA:
REKONSTRUKCIJA GRADSKIH ZIDINA GRADA HVARA

RAZINA PROJEKTA:
GLAVNI PROJEKT

VRSTA DOKUMENTA:
GEOTEHNIČKI ELABORAT

BROJ I NASLOV NACRTA:
**3.1.1. SITUACIJA S POZICIJAMA
ISTRAŽIVAČKIH RADOVA**

PROJEKTANT:
dr.sc. MIRKO GROŠIĆ, mag.ing.aedif.

HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA
dr.sc. Mirko Grošić
dipl.ing.grad.
Ovlašteni inženjer građevinarstva
G 3923

NACRT IZRADIO:
VIKTOR IVANČIĆ, mag.ing.aedif.

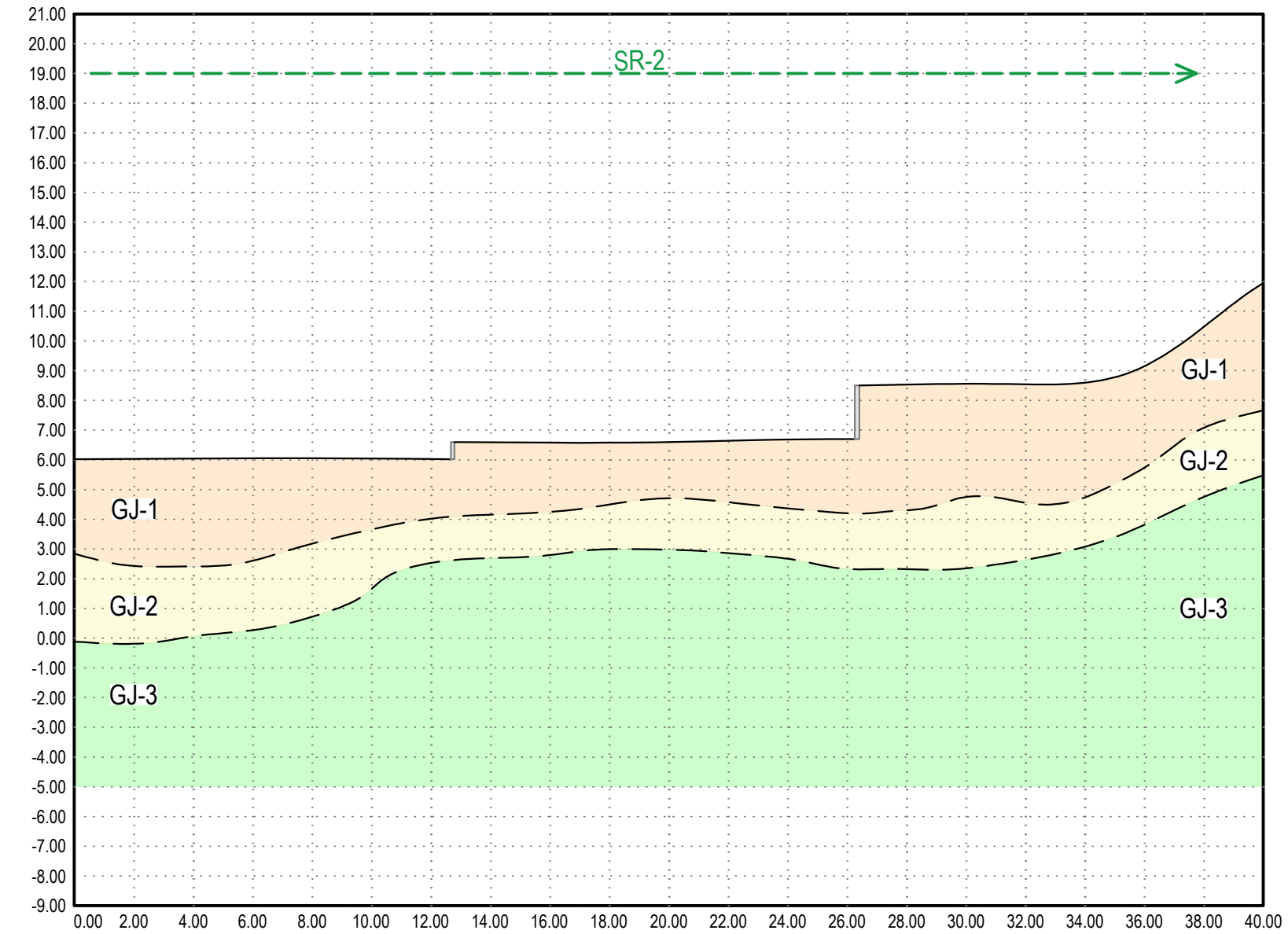
MJESTO I DATUM:
RIJEKA, PROSINAC 2023.

BROJ ELABORATA:
EL 23-286-01 / R0

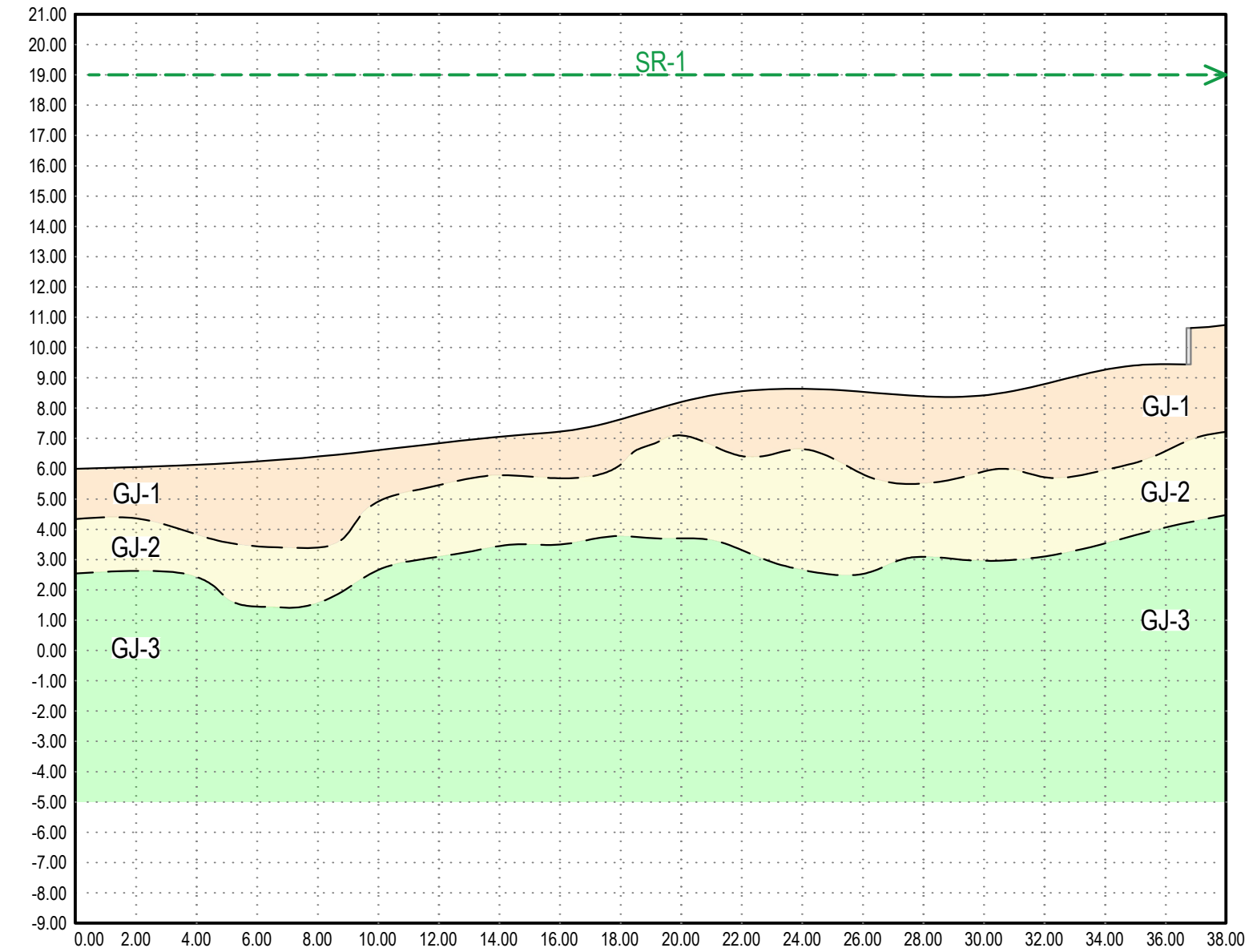
MJERILO:
1:200

3.1.2. GEOTEHNIČKI PRESJECI

GEOTEHNIČKI PRESJEK 2-2'



GEOTEHNIČKI PRESJEK 1-1'

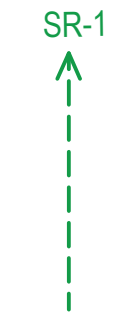


TUMAČ GEOTEHNIČKIH OZNAKA

GJ-1	NABAČAJ / POTPUNO TROŠNI LAPORI ($A_f / E_{2,3}$): NASLAGE GLINE NISKE DO VISOKE PLASTIČNOSTI (CL-CH)
GJ-2	VISOKO TROŠNI LAPORI ($E_{2,3}$): DEZINTEGRIRANA DO BLOKOVITO-POREMEĆENA (D-B/D) STIJENSKA MASA LAPORA
GJ-3	SREDNJE TROŠNI LAPORI ($E_{2,3}$): BLOKOVITO-POREMEĆENA (D-B/D) STIJENSKA MASA LAPORA
	GEOTEHNIČKE GRANICE

TUMAČ OZNAKA PROVEDENIH ISTRAŽIVAČKIH RADOVA

GEOFIZIČKI PROFILI - SEIZMIČKA REFRAKCIJA



GEOTECH d.o.o.
 Clottina 21, HR-51000 Rijeka
 www.geotech.hr - info@geotech.hr



NARUČITELJ:
 EXAMEN LAB d.o.o.
 Ulica Ljudevita Gaja 26/A, HR 10430 Zagreb, OIB: 27443820950

GRADEVINA:
 REKONSTRUKCIJA GRADSKIH ZIDINA GRADA HVARA

RAZINA PROJEKTA:
 GLAVNI PROJEKT

VRSTA DOKUMENTA:
 GEOTEHNIČKI ELABORAT

BROJ I NASLOV NACRTA:

3.1.2. GEOTEHNIČKI PRESJECI

PROJEKTANT:
 dr.sc. MIRKO GROŠIĆ, dipl.ing.grad.



NACRT IZRADIO:
 VIKTOR IVANČIĆ, mag.ing.aedif.
 BROJ ELABORATA:
 EL 23-286-01 / R0

MJESTO I DATUM:
 RIJEKA, PROSINAC 2023.
 MJERILO:
 1:200

Izradio	MOHO d.o.o. Kamenarka 28C, Hr-10000 Zagreb
Predmet	IZVJEŠTAJ O PROVEDENIM GEOFIZIČKIM ISPITIVANJIMA
Oznaka izvještaja	BE-1033
Mjesto i datum	ZAGREB, prosinac 2023.

3.2. IZVJEŠTAJ O GEOFIZIČKIM ISPITIVANJIMA

Rekonstrukcija zidina grada Hvara



Geofizička istraživanja

Projekt Rekonstrukcija zidina grada Hvara

Naručitelj radova GEOTECH d.o.o.
Rijeka
Ciottina 21

Izvršitelj radova MOHO d.o.o.
Zagreb
Kamenarka 28 C

Naruđbenica 2023-124

Terenski radovi i
izrada izvještaja

Niko Groznica, mag.geol.
Damir Pešt, dipl.inž.fiz.

direktor:



Anđelko Salković, dipl.inž.el.

MOHO d.o.o.
Zagreb

SADRŽAJ

1. Uvod
2. Primijenjena metode istraživanja
3. Terenska mjerenja i obrada podataka
4. Tumačenje rezultata

PRILOZI

1. Situacija geofizičkih radova, M 1:200
2. Profili seizmičke refrakcije P1 i P2, M 1:200

1. Uvod

Predmet ovog izvještaja su geofizička istraživanja izvedena za potrebe rekonstrukcije jugoistočnog dijela zidina u gradu Hvaru. Šira lokacija prikazana je na Sl.1.

Prema projektom zadatku geofizička istraživanja zastupljena su metodom plitke seizmičke refrakcije. U zoni izan zidina izvedena su dva međusobno paralelna profila refrakcijske seizmike pojedinačne duljine 38,5 m (Prilog 1.).



Sl.1. Područje istražnih radova u gradu Hvaru (Bing maps)

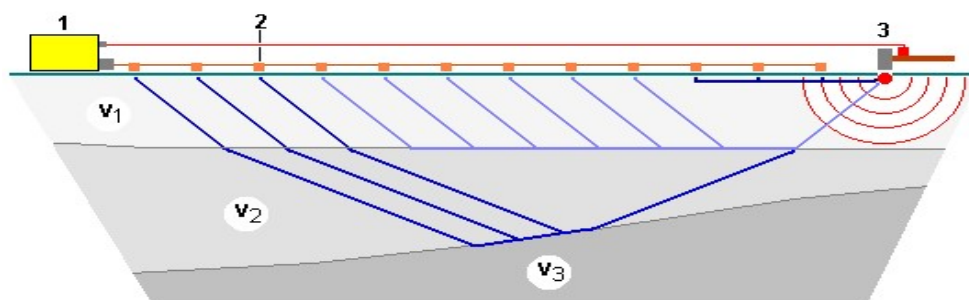
Zadaća geofizičkih istraživanja bila je metodom seizmičke refrakcije razlučiti naslage, debljinu pokrivača i stanje stijenske podloge u zoni kraj oštećenih zidina.

Terenski radovi i obrada mjerenja izvedeni su u prosincu 2023. godine.

2. Primijenjena metode istraživanja

Seizmička refrakcija je geofizička metoda koja se koristi za istraživanje plitkog podzemlja primjenom potresnih valova izazvanih na površini ili na maloj dubini. Seizmički valovi generirani na površini, šire se duž površine, ali i radijalno u podzemlje različitim brzinama ovisno o materijalu kroz koji prolaze (v_1 , v_2 , v_3 na Slici 2.). Brzina seizmičkih valova generalno raste s dubinom. Nailaskom u podzemlju na materijal veće brzine seizmičke valne fronte se lome, prostiru se duž granice dvaju materijala, te se vraćaju prema površini prije valova koji se prostiru gornjim slojem.

Brzine i dubine prostiranja različitih materijala određuju se iz vremena rasprostiranja seizmičkog signala između izvora i geofona (prijemnika) raspoređenih na površini. Obradom prikupljenih podataka dobiva se slika podzemlja (2D presjek) na kojoj su izdvojene sredine različitih brzina seizmičkog vala. Budući da brzina ovisi o elastičnosti i gustoći materijala kroz koji se valovi šire, metoda seizmičke refrakcije pruža uvid u zbijenost i čvrstoću materijala u podzemlju. Na temelju brzina seizmičkih valova moguće je procijeniti inženjerskogeološke i geotehničke karakteristike pojedinih sedimenata, te odrediti strukturno-tektonske odnose na području istraživanja.



Sl.2. Refrakcijska seizmika, 1 - mjerni uređaj (seizmograf), 2 - geofoni, 3 - izvor seizmičkog vala

Parametri koji definiraju profil refrakcijske seizmike su: razmak među geofonima, broj geofona po polaganju (čime je određena duljina polaganja) i broj TP-a (mjesto predaje seizmičkog impulsa) po polaganju. Duljina pojedinog polaganja određuje ciljanu dubinu istraživanja, orijentaciono treba računati da je dubina istraživanja nešto veća od $\frac{1}{4}$ duljine polaganja, ali ona znatno ovisi o rasporedu brzina u podzemlju. Nagli porast brzine s dubinom obično smanjuje dubinu istraživanja, kao i izostanak porasta brzine s dubinom. Manji razmak među geofonima omogućuje detaljnije razlučivanje podzemlja i veći broj TP-a po polaganju omogućava dobivanje detaljnije slike podzemlja, ali prvenstveno u površinskom području profila.

Tumačenje refrakcijskih tomografskih profila temeljimo na analizi pružanja izolinija brzine, njihovoj zbijenosti i povijanju. U idealnom slučaju jednoliko stratificiranog podzemlja izolinije bi se pružale horizontalno, pri čemu bi brzina rasla s dubinom.

Podzemlje s nepravilnom razdiobom brzina karakterizirano je složenim modelima kod kojih oblik izolinija navodi na poziciju i veličinu strukturnih anomalija. Pojedine izolinije koriste se za odvajanje slojeva i zona različitih karakteristika. Gušći raspored izolinija odgovara većem gradijentu brzina koji se javlja na mjestima naglih promjena u sastavu materijala (tzv. seizmička granica). Ta mjesta ujedno odgovaraju litološkoj promjeni naslaga ili promjeni kategorije stijenske mase unutar istog litološkog člana. Nasuprot tome, lateralna nagla promjena geotehničkih osobina očituje se naglim povijanjem izolinija brzine i njihovim ocrtavanjem nepravilnih oblika. Kada na interpretiranim refrakcijskim profilima nema pojave izrazitog progušćenja izolinija kriterij za odabir seizmičke granice je usporedba s rezultatima istražnog bušenja ili prema očekivanim rasponima brzina u prisutnim materijalima.

3. Terenska mjerenja i obrada podataka

Seizmička refrakcijska mjerenja izvedena su duž 2 profila pojedinačne duljine 38,5 m. Za mjerenje su korišteni seizmograf Geode (Geometrics) i geofoni s prirodnom frekvencijom 10Hz. Primijenjen je jednolik razmak geofona od 3,5 m, a seizmički impuls iniciran je udaranjem teškim čekićem po metalnoj ploči svaka 2 geofonska razmaka.

Gusti raspored točaka predaje seizmičkog impulsa omogućio je obradu rezultata refrakcijskih mjerenja metodom seizmičke tomografije. Refrakcijski podaci obrađeni su programom Rayfract 4.02 (Intelligent Resources). Algoritam programa baziran je na direktnom računanju početnog modela i naknadnom iterativnom usklađenju s mjerenim rezultatima. Kao rezultat obrade dobije se model podzemlja s kontinuiranom raspodjelom brzine uzdužnog (P) vala.

Rezultati obrade refrakcijskih mjerenja prikazani su na Prilogu 2. u mjerilu 1:200. Modelirane razdiobe brzina uzdužnog vala (P) u tlu prikazane su duž vertikalnih presjeka pomoću izolinija i priložene skale boja. Raspon modeliranih iznosa brzina P vala je od 100 do 2100 m/s, dok je korak između izolinija 250 m/s. U površini profila označena su mjesta predaje seizmičkog impulsa (crveno) i pozicije geofona (sivo). Dubinski zahvat dobivenih modela premašuje 6 m dubine i zahvatio je čvrstu podlogu duž oba profila.

4. Tumačenje rezultata

Rezultati refrakcijskih mjerenja na lokaciji generalno odgovaraju dvoslojnom slučaju rasporeda brzina, te podzemlje možemo raščlaniti na dvije refrakcijske sredine: površinsku rastresitu zonu i zbijeniju podlogu. Površinska rastresita zona bila bi karakterizirana brzinama P vala do 750m/s, dok su u zbijenijoj podlozi registrirane brzine između 750 i 1600 m/s. Primijenjena metoda obrade (refrakcijska tomografija) pretpostavlja kontinuiranu promjenu brzine po dubini, pa granicu među naslagama procjenjujemo približno na izoliniju 750 m/s.

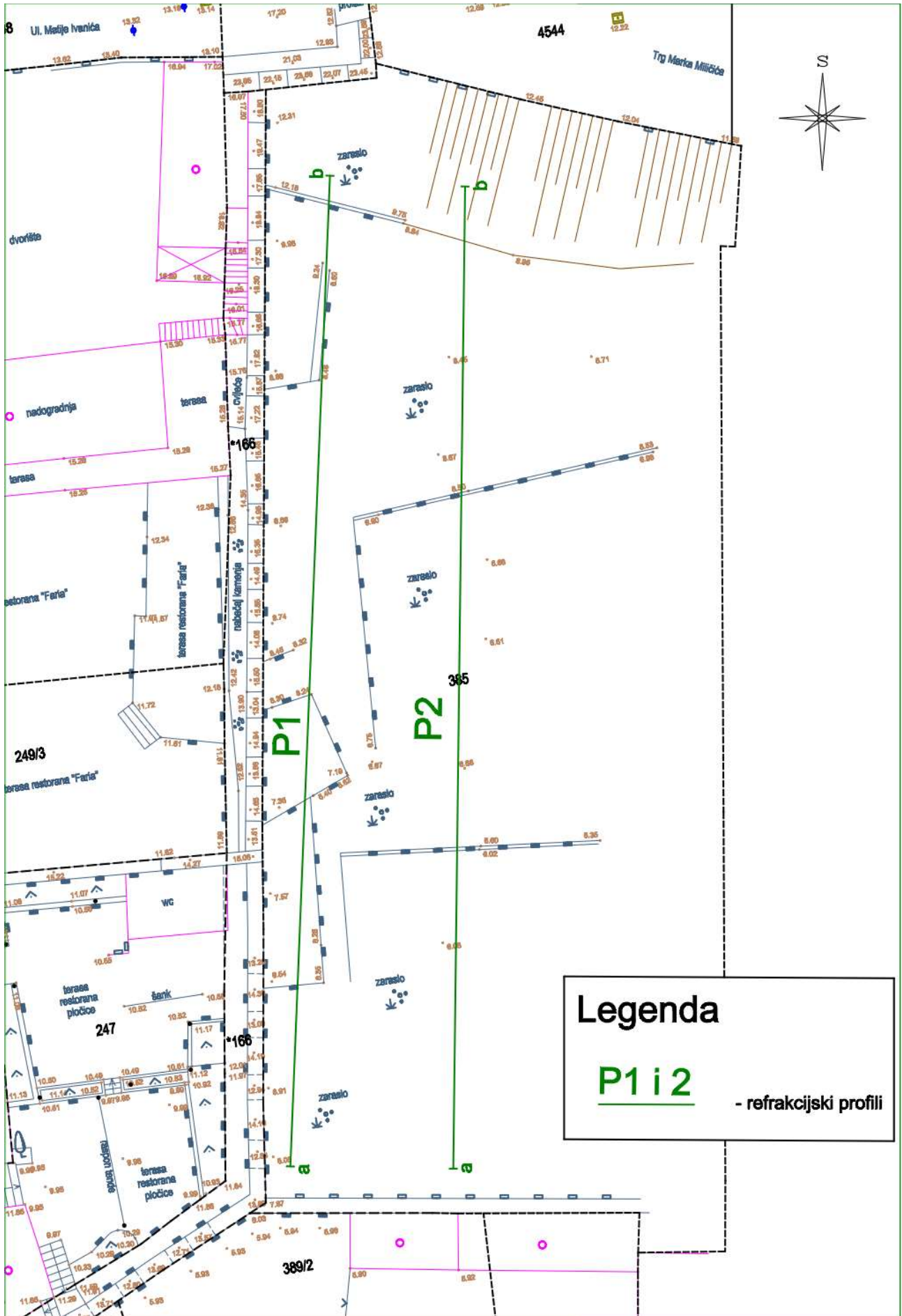
Prema navedenoj podjeli debljina rastresitog pokrivača neposredno uz zid (na profilu P1) varira između 1 i 3m, sa značajnijim porastom na samom kraju profila, dok je duž profila P2 nešto veća, između 2.5 i 4m. Male modelirane brzine (manje od 500 m/s) odgovarale bi rastresitim naslagama površinskog tla na lokaciji, kao i nasutog materijala na završecima profila. U površinskom području dobivene su i izrazito male vrijednosti, manje od 250 m/s, što upućuje na značajniju dubinu rasprostiranja površinskog tla.

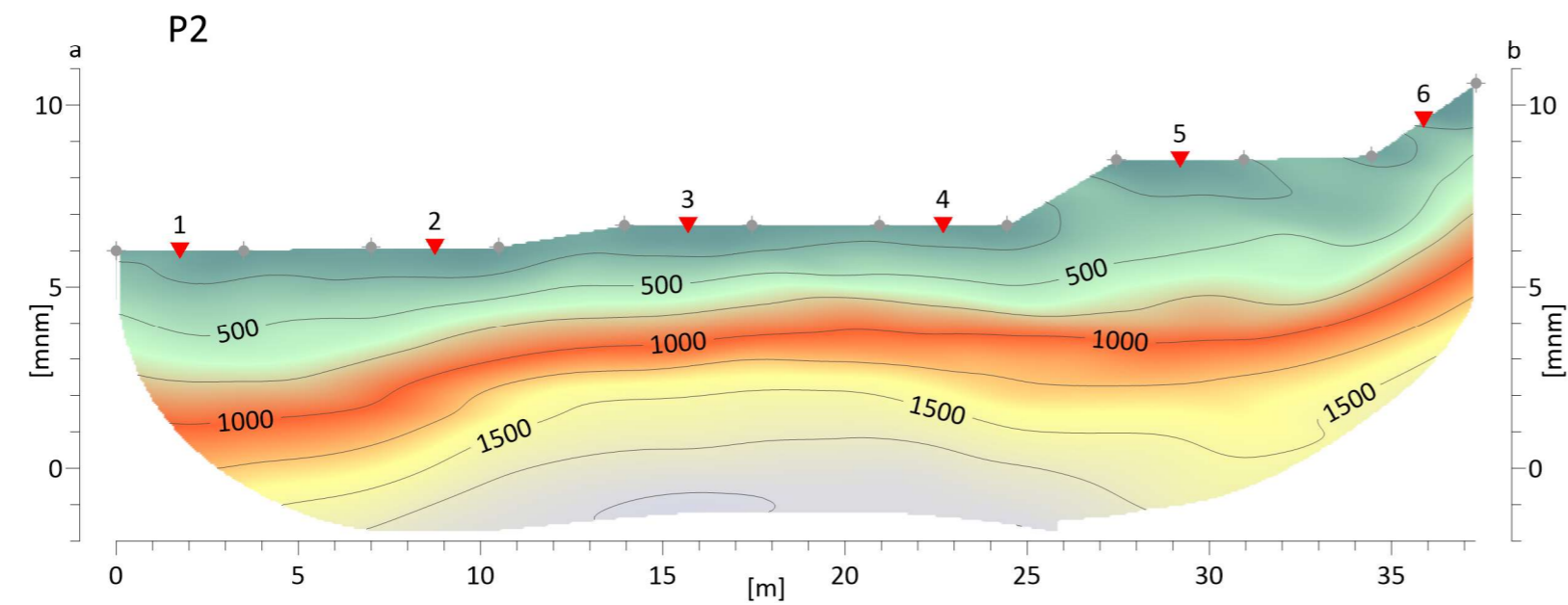
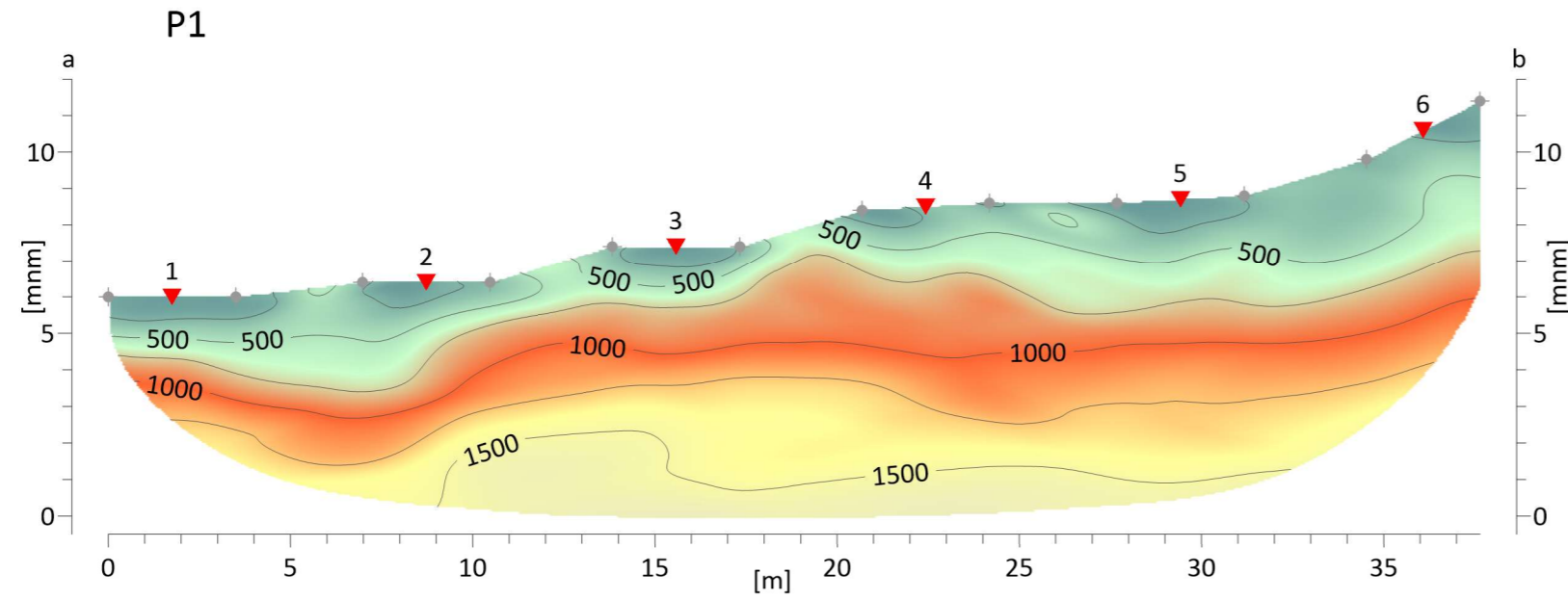
Ispod naslaga pokrivača registrirana je zbijena podloga čija prevladavajuća brzina između 1000 i 1500 m/s upućuje da se radi o mekoj stijeni ili izrazito trošnoj stijenskoj masi. Duž izvedenih profila duljine 38,5 m nije registriran daljnji porast brzine s dubinom, pa zaključujemo da unutar očekivanog dubinskog zahvata (najmanje 8m) ne treba očekivati značajnije poboljšanje geomehaničkih karakteristika sedimenata. Duž izvedenih profila nisu registrirane značajnije lateralne promjene brzine.



Sl.3. Izvođenje mjerenja na lokaciji

PRILOZI

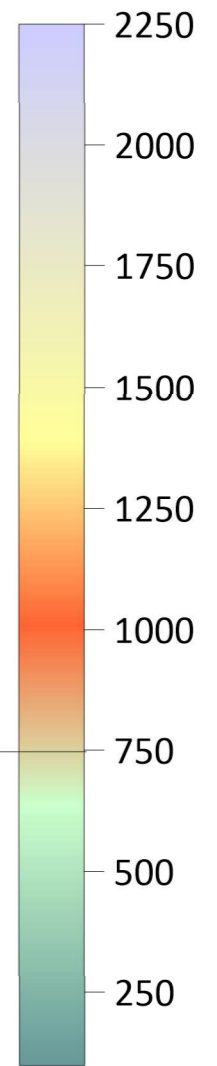




LEGENDA:

- ▼ - seizmički impuls
- ★ - geofoni

Vp [m/s]



meka
ili
izrazito
rastročena
stijena

pokrivač