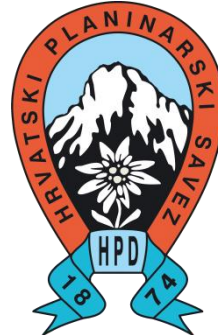


HRVATSKI PLANINARSKI SAVEZ

KOMISIJA ZA SPELEOLOGIJU



Korištenje sidrenog vijka u speleologiji

Instruktorski rad

Goran Jerković

Dubrovnik, siječanj 2024. godine

SADRŽAJ

1. Sažetak	1
2. Vrste sidrenih vijaka koje koriste speleološke udruge u Hrvatskoj	2
2.1. Postavljanje sidrenog vijka	5
2.2. Čvrstoća vijka	9
3. Testiranje sidrenih vijaka	12
3.1. Opis prijenosne kidalice	13
3.2. Testiranja na odrez i na vlačno opterećenje	16
3.2.1. Primjena kidalice na testiranju	16
3.2.2. Rezultati testiranja	18
3.3. Testiranje sidrenih vijaka pri različitom momentu pritezanja (T inst)	25
4. Testiranje sidrenih vijaka na utjecaj vode	28
5. Zahvala	31
6. Prilozi	32
6.1. Galerija slika	32
6.2. Atest kamena PGM Ragusa	51
7. Literatura	56

1. Sažetak

Speleološke udruge u Hrvatskoj često podliježu kupnji sidrenih vijaka koji su predviđeni za građevinske radove. Do toga dolazi zbog jednostavnosti nabave, ali prvenstveno je glavni razlog cijena. Postavlja se pitanje do koje granice ići i koje sidrene vijke je najbolje koristiti?

Budući da danas postoji mnogo proizvođača sidrenih vijaka (fikseva), prije korištenja je potrebno dobro proučiti njihov tehnički list, atest i primjenu.

Svrha ovog rada je približiti i prikazati speleološkim udrugama prednosti i nedostatke sidrenih vijaka namijenjenih građevinskim radovima. Da bi se došlo do određenih zaključaka bilo je potrebno analizirati slijedeće pod teme:

- Vrste sidrenih vijaka koje koriste speleološke udruge i stanje na tržištu
 - Opis i ponašanje sidrenih vijaka namijenjenih građevinskim radovima
 - Tehničke norme pojedinih sidrenih vijaka
 - Izrada prenosive kidalice za potrebe testiranja
 - Testiranje na kidalici sidrenih vijaka koje koriste speleološke udruge i analiza rezultata
 - Testiranje ispravnog načina postavljanja sidrenog vijka uz pomoć kilo ključa
 - Testiranje sidrenih vijaka na utjecaj vode
- **Ključne riječi:** speleologija, sidreni vijak, zakretni moment pritezanja, kidalica, test na vlak, test na odrez

2. Vrste sidrenih vijaka koje koriste speleološke udruge u Hrvatskoj

Opremanje speleoloških objekata predstavlja najveću ulogu u sigurnosti izvođenja speleoloških aktivnosti. Kvalitetna stijena osnovni je sigurnosni uvjet za izradu prirodnog ili umjetnog sidrišta. Nakon odabira adekvatne stijene i izbora mjesta za bušenje, pomoću ekspandirajućeg sidrenog vijaka se izvodi opremanje. U speleologiji standardni sidreni vijak ima promjer 8 mm, najčešće duljine 60, 78 i 100 mm te je izrađen od čelika ili nehrđajućeg čelika.

U okviru sidrenog kompleta (sidreni vijak, pločica, karabiner), koji je osnova gotovo svakog speleološkog sidrišta, jedini element s kojim speleološka društva eksperimentiraju je sidreni vijak. Pločice i karabineri su uglavnom od renomiranih proizvođača koji svojim certifikatima garantiraju veliku nosivost i izdržljivost na vlažne uvjete. Sidreni vijak je često jedini korišteni element iz sidrenog kompleta namijenjen građevinskim radovima. Glavni razlog tomu je njegova cijena i dostupnost. Još jedan razlog čestog korištenja građevinskih sidrenih vijaka je činjenica da su unutar sidrenog kompleta vijci najpotrošniji element. Prilikom opremanja, karabiner i pločica se mogu koristiti u više navrata za izradu drugih sidrišta dok je sidreni vijak u tom smislu jednokratni. Stoga speleološka društva često pribjegavaju korištenju sidrenih vijaka namijenjenih građevini budući da se cijena dosta razlikuje u odnosu na sidrene vijke namijenjene za primjenu u speleologiji. U tablici 1 su prikazane cijene pojedinih sidrenih vijaka kao i linkovi gdje se mogu kupiti. Usporedbu cijena proizvođača sa rezultatima testiranja može se vidjeti u grafikonima 1 i 2.

Tablica 1. Cijene sidrenih vijaka u veljači 2023. godine u Republici Hrvatskoj

VRSTA SIDRENOG VIJKA	Cijena po komadu Eur (s PDV - om)	LINKOVI NA SIDRENE VIJKE
HANG FIX inox M8L (ØM8x78) - A316L	3,45	https://www.raumerclimbing.com/en/products/classic/stainless-steel-hang-fix-bolts/hang-fix-inox-m8l-d-m8x78-a316l/
HILTI SEGMENTNO SIDRO HST3	0,92	https://www.hilti.hr/c/CLS_FASTENER_7135/CLS_WEDGE_ANCHORS_7135/r3987939
HILTI SIDRO OD NEHRĐAJUĆEG ČELIKA HST3-R	1,96	https://www.hilti.hr/c/CLS_FASTENER_7135/CLS_WEDGE_ANCHORS_7135/r3987939
MUNGO m2 8x 80 PLAVO POCINČANI SIDRENI VIJAK	0,60	https://webshop.schachermayer.com/cat/hr-HR/product/mungo-m2-8x-95-plavo-pocincano-sidreni-vijak-za-podrucja-pod-pritiskom/104462628
FISCHER SVORNJAK FBN II 8/ 10/ 71, POCINČAN	0,60	https://webshop.schachermayer.com/cat/hr-HR/product/fischer-svornjak-fbn-ii-8-10-71-pocincan-s-odobr-za-podrucja-pod-pritiskom/104462396
RAWPLUG M8X75 mm	0,66	https://pevex.hr/maticni-vijak-sidro-8x75-10-zn-ce Vijak za testiranje je kupljen u Pevex-a pod imenom Rawplug, ali na stranici nisu specificirali da se radi o njemu.
MKT ČELIČNI ANKER BZ+ 8-10-21/75	0,98	https://vijci.com/pricvrsta-tehnika/teska-sidrenja/celicna-sidra/mkt-bz/proizvod/74852/mkt-celicni-anker-bz-8-10-2175

Sidreni vijci marke Raumer i slični vijci koji se kupuju u specijaliziranim trgovinama su izrazito skupi. Razlog tome je kvaliteta izrade, atest, marka, materijal (inox 316L) i robusnija izrada (dvostruka ekspanzija). S obzirom na veliki broj speleoloških objekata za postavljanje se utroši velika količina opreme. Iz tog razloga gotovo sve speleološke udruge u mnogo situacija primjenjuju sidrene vijke namijenjene građevinskim radovima. Uglavnom koriste sidrene vijke **M8 x 80**, gdje M8 označava nazivni metrički promjer (koji je standard u svim zemljama EU), a 80 označava duljinu od 80 mm kao ukupnu duljinu sidrenog vijka. Efektivna duljina vijka je dio od vrha metalnog prstena do ravnine ulaznog otvora izbušene rupe u stijeni što je prikazano na slici 3 pod oznakom „Hef“. U tablici 2 su nabrojane sve speleološke udruge registrirane u Hrvatskoj pri Hrvatskom planinarskom savezu u veljači 2023. godine te vrste sidrenih vijaka koje koriste. Za analizu je korištena i speleološka udruga Estavela koja je pri Hrvatskom speleološkom savezu. Podatci su prikupljeni anketom koja je poslana svim navedenim speleološkim udrugama.

Tablica 2. Speleološke udruge u veljači 2023. godine u Republici Hrvatskoj

	Udruga	Vrste sidrenih vijaka	Vrste sidrenih vijaka	Vrste sidrenih vijaka	Vrste sidrenih vijaka
1	SO HPD "Ante Bedalov"	HILTI pocinčani HST3		Raumer Hang Fix M8	
2	SO PD "Željezničar "	HILTI pocinčani HST3		Raumer Hang Fix M8	Petzl pulse
3	SS DPIOPV "Osmica"	FISCHER FBN II fi8x70		Raumer Hang Fix M8	
4	SO HPD "Imber"	HILTI pocinčani HST3	Građevinski vijci razni	Raumer Hang Fix M8	
5	SO HPD "Imotski"	HILTI pocinčani HST3		Raumer Hang Fix M8	
6	SU "Kraševski zviru"	Građevinski vijci razni		Raumer Hang Fix M8	
7	SO "Liburnija"	Građevinski vijci razni			
8	SO HPD "Mosor"	HILTI pocinčani HST3		Raumer Hang Fix M8	
9	SO PD "Promina"		FISCHER FBN II fi8x70		
10	SO HPD "Sniježnica"	MUNGO M8x80		Raumer Hang Fix M8	Petzl pulse
11	SO HPK "Sveti Mihovil"		FISCHER FBN II fi8x70	Raumer Hang Fix M8	
12	SO PDS "Veletit"	HILTI pocinčani HST3	HILTI inox HST3-R:	HILTI pocinčani HST3	Petzl pulse
13	SO HPD "Željezničar"			Raumer Hang Fix M8	
14	SAK "Ekstrem"	Građ. INOX A4/70-15 M10x90	Turbo vijak wurth tx30 fi 7,5x92	Raumer Hang Fix M8	
15	SO PD "Profunda"	HILTI pocinčani HST3		Raumer Hang Fix M8	
16	SU "Međimurje"			Raumer Hang Fix M8	

17	SK "Ozren Lukić"	RAWPLUG fix fi8X75mm	FISCHER FBN II fi8x70	Raumer Hang Fix M8	
18	SO HPD "Biokovo"			Raumer Hang Fix M8	
19	SS PD "Sv. Jakov"	Građevinski vijci razni		Raumer Hang Fix M8	
20	DDISKF "Dinaridi"				
21	SO HPD "Kozjak"	HILTI pocinčani HST3			
22	SU "Estavela"	MKT BZ + 8/75 pocinčani		Raumer Hang Fix M8	

Svi sidreni vijci koje udruge koriste, a čiju namjenu proizvođač nije deklarirao za korištenje na prirodnoj stijeni su zapravo pričvrсни elementi koji su namijenjeni korištenju prilikom građevinskih radova. To je ujedno i jedino područje namjene gdje proizvođač garantira trajnost i čvrstoću. Sukladno namjeni takvi vijci imaju dopuštenje naziva ETA (European Technical Approval - Assessment). Tako je na primjer za proizvođača Würth ETA-02/0001, a za proizvođača Fischer ETA-07/0211.

*"It may be anchored in non-cracked concrete only. The anchor may only be used in structures subject to dry internal conditions."*¹

Citat poviše nalaže da se sidreni vijci koriste isključivo u **homogenom betonu bez pukotina, u suhim uvjetima**. Ovisno o proizvođačima, neki sidreni vijci se mogu koristiti i u ispucanom betonu, ali u tim uvjetima svi proizvođači naglašavaju gubitak nosivosti. Postoji mnogo vrsta betona koji se klasificiraju ovisno o snazi kao i o namjeni za što se koriste. Oznake za beton označavaju tlačnu čvrstoću na pritisak tako na primjer za oznaku C20 čvrstoća iznosi 20 MPa (megapaskal), za oznaku C30 iznosi 30 MPa, a za oznaku C40 iznosi 40 MPa.

Prvi nedostatak ove vrste sidrenog vijka je nemogućnost trajnog opremanja jame. Njihova trajnost je ograničena materijalom iz kojeg su izrađeni, a to je konstrukcijski čelik koji je podložan koroziji. Jedini vid zaštite koji ovaj vijak ima jest pocinčana površina. Postoje dvije vrste cinčanja kao površinske zaštite. Prva vrsta je **vruće cinčanje** koje se vrši uranjanjem nekog metala u kupku rastaljenog cinka pri temperaturi većoj od 400 °C. Tu je sloj cinka debljine do 0,1 mm, čvrst je, neprobojan i postojan na svim atmosferskim uvjetima. Primjer ove vrste cinčanja su mnogi rasvjetni stupovi, prometni znakovi i sl. Druga vrsta cinčanja se koristi na manjim strojnim elementima kao na većini sidrenih vijaka – **galvansko ili hladno cinčanje**. To je dosta lošija verzija, tako se npr. kod plave pasivizacije na vijcima stvara sloj debljine 9 do 12 mikrona, što je deset puta tanje od vrućeg cinčanja i ne pruža dovoljnu mehaničku otpornost. Sloj se lako oljušti pri transportu ili pritezanju matice i postaje podložan koroziji.

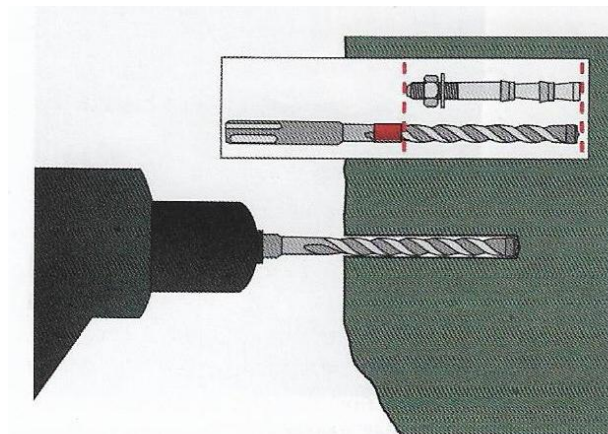
Drugi nedostatak je nepovjerljivost spram vrste stijene u kojoj se sidreni vijak koristi. Kod prirodnih struktura nije moguće garantirati homogenost ni sastav, pa se speleolozi koji opremaju obično oslanjaju na sluh i osjećaj pri ispitivanju stijene kladivom, prateći pritom pravila o bušenju i opremanju. Tlačna čvrstoća kamena vapnenca najmanje iznosi 40 MPa, a u prosjeku njegova čvrstoća

¹ European Technical Approval ETA-02/0001; 18/02/2016; str. 3.

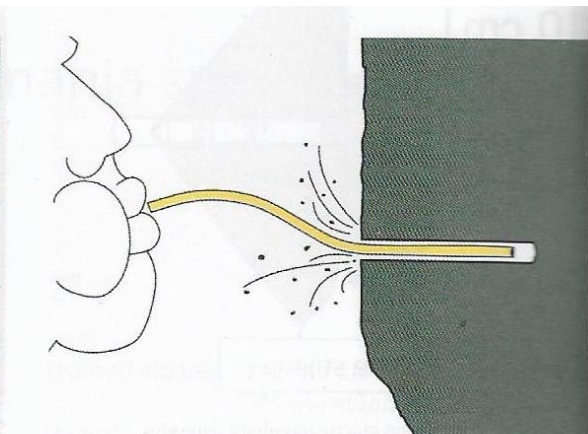
iznosi 70 MPa. Atest kamena PGM Ragusa na tlačnu čvrstoću iznosi 129,6 MPa što se može vidjeti u prilogu ovog rada.

2.1. Postavljanje sidrenog vijka

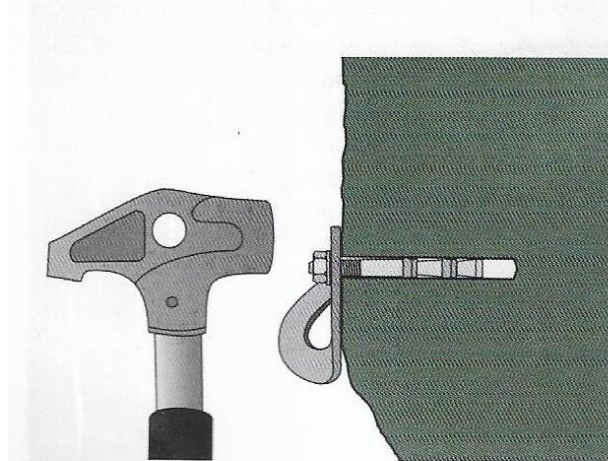
Ako se slijede već dobro definirana pravila u speleologiji, postavljanje sidrenog vijka je vrlo jednostavno. Prvo je potrebno pronaći mjesto koje će odgovarati kvalitetom stijene i položajem u odnosu na kretanje linije za napredovanje. Potom se dodatno ispita mjesto s kladivom i ako je potrebno poravna stijena da se pločica može što bolje priljubiti stijeni. Bušilica se zatim postavlja okomito na stijenu i započinje bušenje rupe, iste ili malo veće dubine od duljine sidrenog vijka. Slika 1 prikazuje proces postavljanja vijka.



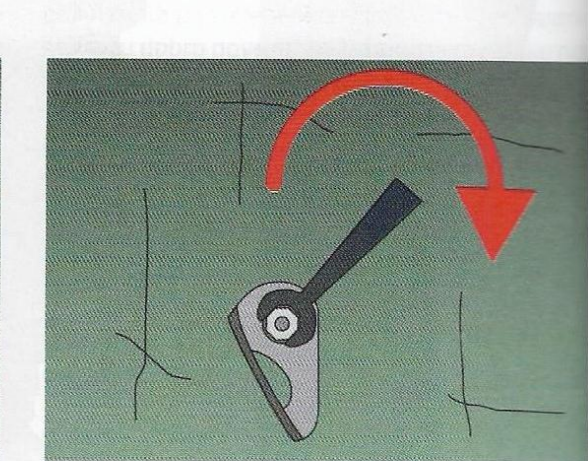
Slika 20.6 | Bušenje rupe za fiks



Slika 20.7 | Ispuhivanje prašine



Slika 20.8 | Zabijanje fiksa kladivom

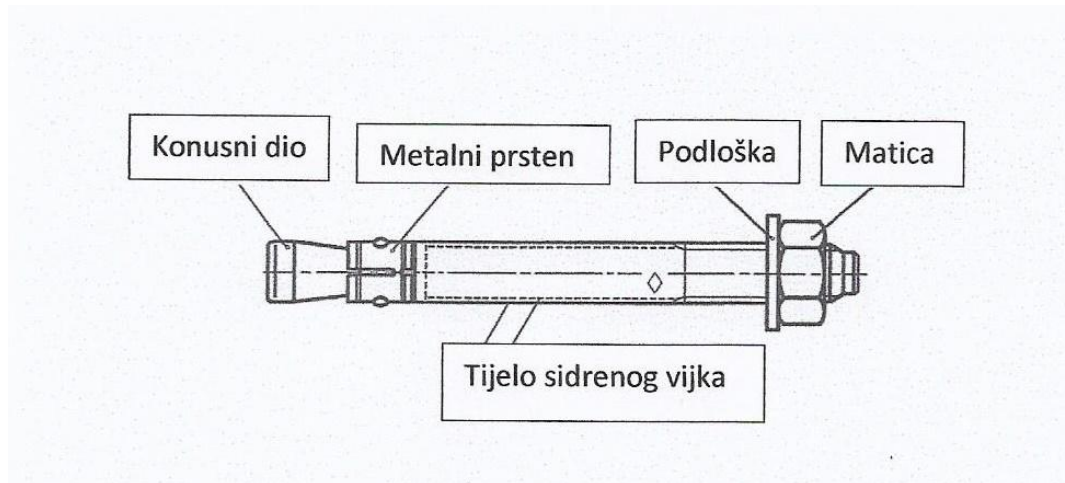


Slika 20.9 | Zatezanje vijka ključem

Slika 1. Postavljanje sidrenog vijka²

² Rnjak, G. (2019): Speleologija - II ; Zagreb, 2019., str. 298.

Nakon bušenja rupe, ona se ispuhuje od prašine, a potom se postavlja vijak s odgovarajućom pločicom. Na kraju se matica zateže s ključem 13 ako se radi o vijku M8. Zatezanjem matice sidreni vijak se izvlači, a metalni prstenovi na tijelu vijka se navlače prema konusu i učvršćuju ga u rupu. Dijelovi sidrenog vijka prikazani su na slici 2.



Slika 2. Dijelovi sidrenog vijka

Pravila postavljanja građevinskih sidrenih vijaka se ne razlikuju od pravila koji se nalaze u stručnoj literaturi o speleologiji. Sve radnje koje se primjenjuju za **inox** dvostruko ekspandirajuće vijke, odabir odgovarajuće stijene, propisana udaljenost od rubova, propisano montiranje pločica i ringova, jednako se primjenjuju i na standardne čelične vijke.

Nehrđajući čelik ili inox čelik (od francuskog "inoxidable") je legura čelika s minimalno 10,5 % kroma. Krom pomaže leguri da se odupre mrljama i u otpornosti na koroziju, no ne sprječava ju. Drugim riječima, radi se o "čeliku visoke otpornosti na koroziju". Nehrđajući čelik razlikuje se od ugljičnog čelika po količini prisutnog kroma. Nezaštićeni ugljični čelik brzo hrđa kada je izložen zraku i vlazi. Ta hrđa, tj. film željeznog oksida, ubrzava koroziju stvaranjem više željeznog oksida. Nehrđajući čelici sadrže dovoljno kroma za stvaranje pasivnog filma kromovog oksida, koji sprječava daljnju površinsku koroziju i širenje korozije u unutarnju strukturu metala.

Materijal AISI 304 (A2) je najkorištenija vrsta nehrđajućeg čelika. Dobro se oblikuje i zavaruje, a većinom se koristi u kontinentalnim dijelovima. Materijal 304 sadrži 18 % kroma i 8 % nikla.

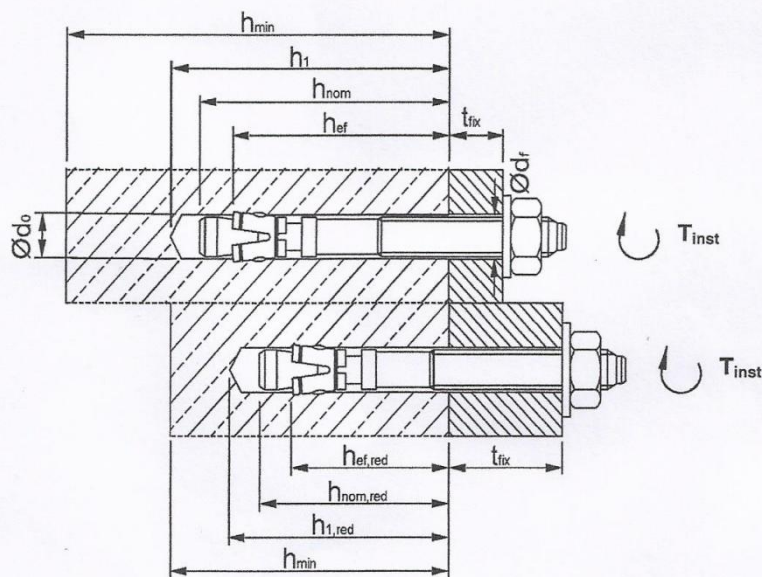
Materijal AISI 316 (A4) sadrži 16 % kroma, 10 % nikla i 2 % molibdena. Molibden se dodaje kako bi pomogao u otpornosti na koroziju klorida (poput morske vode i soli za odležavanje). U blizini morske obale atmosfera sadrži halogenide (osobito kloride) koji padaju na materijal i talože se na njemu. S vremenom dolazi do veće koncentracije klorida na materijalu nego u zraku. Ista stvar se događa i u kontaktu s morskom vodom, tako da je potrebna veća otpornost na koroziju.

Materijal AISI 316L (A4) razlikuje se od materijala 316 po sadržaju ugljika. Dok 316 ima najveći sadržaj ugljika od 0,08 %, 316L ima najveći sadržaj ugljika od samo 0,03 %. Manji postotak smanjuje

rizik od taloženja ugljika, što ga čini boljom opcijom za zavarivanje kako bi se osigurala maksimalna otpornost na koroziju. Za proizvodnju sidrenih vijaka tvrtka Raumer koristi materijal AISI 316L.

Slika 3 prikazuje proces postavljanja sidrenih vijaka prema standardu ETA.

Anchor size			M6	M8	M10	M12	M16	M20
Nominal drill hole diameter	$d_0 =$	[mm]	6	8	10	12	16	20
Cutting diameter of drill bit	$d_{cut} \leq$	[mm]	6.40	8.45	10.45	12.5	16.5	20.55
Installation torque (Würth Fixanchor W-FA/S electroplated)	$T_{inst} =$	[Nm]	8	15	30	50	100	200
Installation torque (Würth Fixanchor W-FA/F hot-dip galvanised)	$T_{inst} =$	[Nm]	-	15	30	40	90	120
Diameter of clearance hole in the fixture	$d_t \leq$	[mm]	7	9	12	14	18	22
Standard anchorage depth								
Depth of drill hole	$h_1 \geq$	[mm]	55	65	70	90	110	130
Embedment depth	$h_{nom} \geq$	[mm]	49	56	62	82	102	121
Effective anchorage depth	$h_{ef} \geq$	[mm]	40	44	48	65	82	100
Reduced anchorage depth								
Depth of drill hole	$h_{1,red} \geq$	[mm]	45	55	65	75	95	110
Embedment depth	$h_{nom,red} \geq$	[mm]	39	47	56	67	84	99
Effective anchorage depth	$h_{ef,red} \geq$	[mm]	30	35	42	50	64	78



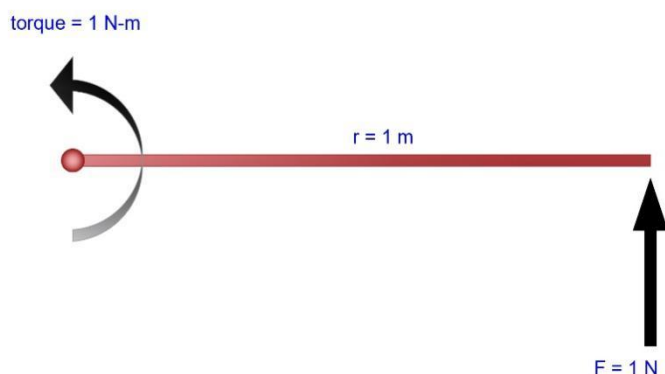
Slika 3. Pravila postavljanja sidrenog vijka prema standardu ETA³

Vrlo važna stavka pri postavljanju sidrenog vijka je zakretni moment pritezanja matice na propisanu jačinu u Nm. ETA pruža posebnu pozornost zakretnom momentu pritezanja (T_{inst}) te ga mjeri u njutnmetrima, označenim s oznakom (Nm).

³ European Technical Approval ETA-02/0001; 18/02/2016; str. 10.

“Application of the torque moment given in Annex 3 using a calibrated torque wrench.”⁴

Using calibrated torque wrench nalaže da se za svaku određenu vrstu vijka koristi propisani moment pritezanja. Tako za najčešće korišteni M8 pravilo nalaže, da je za većinu vijaka moment pritezanja od 15 Nm, što je prema testiranjima provedenim u ovom radu poprilično ispod granice koju može postići ručna sila prosječne osobe. Pokazalo se da ženska osoba ključem 13/17 koji se koristi u speleologiji može dosegnuti moment pritezanja od 25 Nm. Na slici 4 prikazan je jednostavan prikaz izraza za njutnmetar.



Ako djelujemo na krak (r) duljine od jednog metra silom (F) od 1 N (njutn) dobijemo u točki moment pritezanja od 1 Nm.

Slika 4. Izraz za njutnmetar: Autorica Anita Trojanović

Sukladno provedenim testiranjima, iskusniji speleolozi koji su već postavljali speleološke objekte prilikom zatezanja sidrenog vijka gotovo su uvijek zatezali optimalno na 15 Nm, dok je kod manje iskusnih moment pritezanja varirao od pretjeranog do preslabog, što se može pripisati neiskustvu, snazi, ali i faktoru sigurnosti. U tablici 3 je prikazano provedeno istraživanje na manje iskusnim postavljачima u Vrdovu, za vrijeme seminara o opremanju u speleološkim uvjetima.

Tablica 3. Rezultati testiranja momenta pritezanja „Vrdovo 2023“

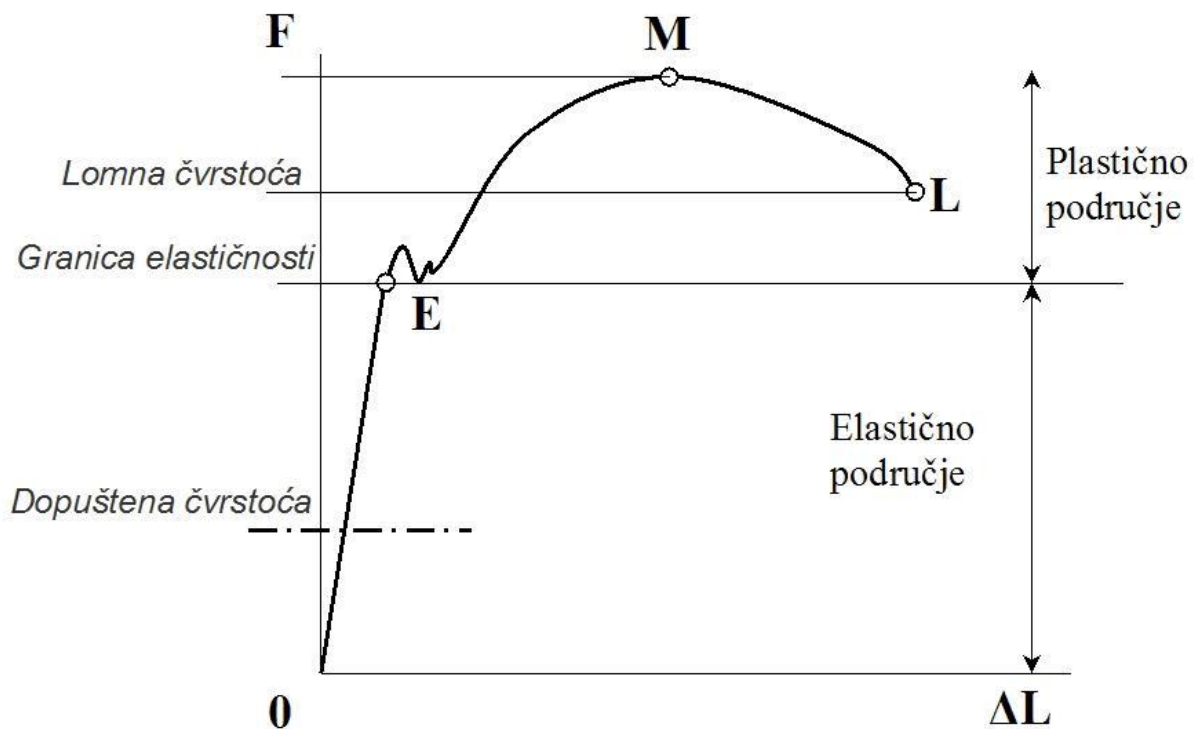
Sidreni vijak	Tehnički list	Žene	Muškarci
Građ. vijak	-	9 Nm, 10 Nm, 6 Nm, 8 Nm	22 Nm, 11 Nm
Hilti HST3	20	12 Nm, 23 Nm, 11 Nm, 12 Nm	12 Nm
Fischer	15	8 Nm	13 Nm
Rawplug	15		6 Nm, 8 Nm
Mungo	15	14 Nm, 15 Nm	15 Nm, 16 Nm
MKT	20	10 Nm, 12 Nm	30 Nm, 12 Nm, 11 Nm, 15 Nm 15 Nm, 15 Nm, 14 Nm

⁴ European Technical Approval ETA-02/0001; 18/02/2016; str. 6.

2.2. Čvrstoća vijka

Na slici 5 je prikazan jedan od osnovnih dijagrama koji se koriste u inženjerstvu materijala – dijagram naprezanja konstrukcijskog čelika. Dijagram približno odgovara karakteristikama materijala od kojeg je izrađen sidreni vijak namijenjen građevinskim radovima. U ovom primjeru se sila opterećenja koja se nalazi na ordinati dijagrama odnosi na vlačno naprezanje vijka. Vlačno naprezanje podrazumijeva opterećenje sidrenog vijka postavljenog u strop objekta, preko ringa.

Na apscisi se nalazi elongacija tj. produljenje vijka ovisno o sili opterećenja. Do opterećenja ispod granice elastičnosti vijak se nakon djelovanja sile vraća na svoju početnu dimenziju. U speleološkom pogledu se radi o produljenju u desetinkama, pa i stotinkama milimetra. Problem nastaje kada opterećenje pređe područje plastične deformacije. Tada vijak nakon prestanka djelovanja sile ostaje deformiran i svakim daljnjim naprezanjem elongacija raste do najveće vrijednosti u točki M, da bi na kraju uslijed naglog slabljenja materijala, tj. popuštanja vijka, došlo do pucanja na nižoj vrijednosti u točki L (lomna čvrstoća).



Slika 5. Dijagram naprezanja konstrukcijskog čelika⁵

Radi toga se definira dopuštena čvrstoća, koja podrazumijeva silu opterećenja ovisno o promjeru vijka. Ona je daleko ispod granice plastičnosti i ne smije se prelaziti. Dokumenti organizacije ETA definiraju granične dozvoljene vrijednosti opterećenja za svaki vijak.

⁵Kraut, B. (2009): StrojarSKI priručnik: Tehnička knjiga, Zagreb. 112-123 str.

Slika 6 prikazuje karakteristične vrijednosti za vlačna opterećenja vijaka raznih dimenzija. Relevantne stavke za ovaj rad su **Steel failure** i **Pull-out for standard anchorage depth**. **Steel failure** označava maksimalno dopušteno opterećenje sidrenog vijka u idealnim uvjetima koje se odnosi na čvrstoću čelika. U većini slučajeva vijak će pri opterećenju prije izletjeti iz rupe nego će doći do pucanja čeličnog tijela vijka, tako da je relevantan podatak koji se uzima u obzir **Pull-out for standard anchorage depth**. On podrazumijeva maksimalnu silu kojom se može uzdužno opteretiti sidreni vijak, tj. da je speleolog siguran od ispadanja vijka iz rupe. Radi sigurnosti, ETA uzimajući u obzir cijeli niz metoda i propisa, za svaki sidreni vijak propisuje faktor sigurnosti. Faktor sigurnosti koji se traži je uvijek veći kod vlačnog opterećenja, pa se zato u tablicama nosivosti pojedinih sidrenih vijaka uvijek može vidjeti veća nosivost za opterećenje na odrez. Prilikom testiranja, što se može vidjeti u tablici 5 bolji rezultati su se uvijek postizali na vlačna opterećenja, jer su to rezultati bez faktora sigurnosti. Ako sila, pod uvjetom da je vijak M8 pravilno postavljen iznosi 12 kN, to se još može umanjiti tako da se podijeli s faktorom sigurnosti 1.55. Ovim izračunom se dobiva maksimalno dozvoljena sila uzdužnog opterećenja od 8 kN što je ekvivalent približno 800 kg. Ovi podaci se odnose na ekvivalent opterećenja kada speleolog visi na sidrenom vijku iz stropa, tj. na ringu.

Anchor size			M6	M8	M10	M12	M16	M20
Steel failure								
Characteristic resistance	$N_{Rk,s}$	[kN]	8.7	15.3	26	35	65	107
Partial safety factor	$\gamma_{Ms}^{1)}$	[-]	1.5			1.6		
Pull-out for standard anchorage depth h_{ef}								
Characteristic resistance in non-cracked concrete C20/25	$N_{Rk,p}$	[kN]	9	12	16	3)	3)	3)
Pull-out for reduced anchorage depth $h_{ef,red}$								
Characteristic resistance in non-cracked concrete C20/25	$N_{Rk,p}$	[kN]	6 ⁴⁾	3) 4)	3)	3)	3)	3)
Increasing factors for $N_{Rk,p}$	ψ_c	C30/37	[-]			1.22		
		C40/50	[-]			1.41		
		C50/60	[-]			1.55		
Concrete cone failure for standard anchorage depth h_{ef}								
Effective anchorage depth	$h_{ef} \geq$	[mm]	40	44	48	65	82	100
Spacing	$s_{cr,N}$	[mm]	3 h_{ef}					
Edge distance	$c_{cr,N}$	[mm]	1.5 h_{ef}					
Concrete cone failure for reduced anchorage depth $h_{ef,red}$								
Effective anchorage depth	$h_{ef,red} \geq$	[mm]	30 ⁴⁾	35 ⁴⁾	42	50	64	78
Spacing	$s_{cr,N}$	[mm]	3 $h_{ef,red}$					
Edge distance	$c_{cr,N}$	[mm]	1.5 $h_{ef,red}$					
Splitting for standard anchorage depth h_{ef}								
Spacing	$s_{cr,sp}$	[mm]	160	220	240	330	410	500
Edge distance	$c_{cr,sp}$	[mm]	80	110	120	165	205	250
Splitting for reduced anchorage depth $h_{ef,red}$								
Spacing	$s_{cr,sp}$	[mm]	180	210	230	240	320	400
Edge distance	$c_{cr,sp}$	[mm]	90	105	115	120	160	200
Partial safety factor	$\gamma_{Mp} = \gamma_{Mc} = \gamma_{Msp}^{1)}$	[-]	1.5 ²⁾					

- 1) In absence of other national regulations
2) The partial safety factor $\gamma_2 = 1.0$ is included
3) Pull-out failure is not decisive
4) Use restricted to anchorages of indeterminate structural components

Slika 6. Vrijednosti za vlačna naprezanja prema standardu ETA⁶

⁶ European Technical Approval ETA-02/0001; 18/02/2016; str. 12.

Za potrebe ovog rada relevantna je i informacija kolikom se poprečnom silom može opteretiti sidreni vijak, točnije koliko je vijak otporan na odrezno djelovanje. U pravilu se za ovu vrstu opterećenja koriste L – pločice. Ti su podatci prikazani na slici 7.

Steel failure without lever arm predstavlja koliku odreznu silu podnosi vijak u slučaju opterećenja poprečne sile. Drugim riječima, to je primjer opterećenja vijka preko L pločice, ili kada uže preko karabinera opterećuje vijak pod kutom približnim kutu 90°. Za vijak M8, ta sila iznosi 11 kN. Podijeljeno faktorom sigurnosti 1.25 dobiva se konačna dozvoljena sila opterećenja od 8.8 kN, što je ekvivalent približno 880 kg. Budući da u realnosti ne postoji idealan slučaj, svako opterećenje vijka je zapravo kombinacija poprečnog i uzdužnog opterećenja.

Anchor size			M6	M8	M10	M12	M16	M20
Steel failure without lever arm								
Characteristic resistance	$V_{Rk,s}$	[kN]	5	11	17	25	44	69
Partial safety factor	$\gamma_{Ms}^{1)}$	[-]	1.25			1.33		
Steel failure with lever arm								
Characteristic resistance	$M_{Rk,s}^0$	[Nm]	9	23	45	78	186	363
Partial safety factor	$\gamma_{Ms}^{1)}$	[-]	1.25			1.33		
Concrete pryout failure for standard anchorage depth h_{ef}								
Factor in equation (5.6) of ETAG 001, Annex C, 5.2.3.3	k	[-]	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0
Concrete pryout failure for reduced anchorage depth $h_{ef,red}$								
Factor in equation (5.6) of ETAG 001, Annex C, 5.2.3.3	k	[-]	1.0 ³⁾	1.0 ³⁾	1.0	1.0	2.0	2.0
Partial safety factor	$\gamma_{Mcp}^{1)}$	[-]	1.5 ²⁾					
Concrete edge failure for standard anchorage depth h_{ef}								
Effective length of anchor in shear loading	l_t	[mm]	40	44	48	65	82	100
Concrete edge failure for standard anchorage depth $h_{ef,red}$								
Effective length of anchor in shear loading	l_t	[mm]	30 ³⁾	35 ³⁾	42	50	64	78
Diameter of anchor	d_{nom}	[mm]	6	8	10	12	16	20
Partial safety factor	$\gamma_{Mc}^{1)}$	[-]	1.5 ²⁾					

¹⁾ In absence of other national regulations

²⁾ The partial safety factor $\gamma_2 = 1.0$ is included

³⁾ Use restricted to anchorages of indeterminate structural components

Slika 7. Vrijednosti za naprezanje vijaka na odrez prema standardu ETA⁷

⁷ European Technical Approval ETA-02/0001; 18/02/2016; str. 13.

3. Testiranje sidrenih vijaka

Budući da većina speleoloških udruga koristi građevinske sidrene vijke i primjenjuje ih u speleologiji bilo je potrebno napraviti određeno testiranje da bi se građevinski vijci podvrgnuli uvjetima za koje trenutačno ne postoje atesti. Prvo je bilo potrebno napraviti analizu i odabrati vijke koje koriste udruge te ih potom usporediti sa stanjem na tržištu. Nakon sugestija iz udruga i analize, sužen je izbor na sedam vrsta vijaka koje su testirane na vlačno naprezanje i na odrez. Vijci već imaju svoje vrijednosti i kvalitete, ali samo u građevinskim uvjetima, tj. u napuklom i ne napuklom betonu. Tablica 4 prikazuje vijke koji su podvrgnuti testiranjima i njihove nosive vrijednosti u betonu C20/25. Kod većih čvrtoća betona moguća su i do 55% veća opterećenja na sidrene vijke. Vrijednost za vijak proizvođača Raumer prikazuju nosivosti u stijeni. Uspredbu ovih vrijednosti sa rezultatima testiranja možete vidjeti u grafikonu 1.

Tablica 4. Vrste sidrenih vijaka i njihove vrijednosti u kN od proizvođača za beton C20/25 prilikom testa na odrez

VRSTA SIDRENOG VIJKA	Promjer svrdla	Duljina vijka u mm	Zakretni moment pritezanja (Nm) Tinst	Neispucali beton (uključen faktor sigurnosti y=1/4)	Ispucali beton (uključen faktor sigurnosti y=1/4)	Neispucali beton	Ispucali beton
MUNGO m2 8x 80 PLAVO POCINČANI SIDRENI VIJAK	8	80	15	6,1	5,7	8,5	8,0
HILTI SEGMENTNO SIDRO HST3	8	75	20	7,9	7,9	11,0	11,0
MKT ČELIČNI ANKER BZ+ 8- 10-21/75	8	75	20	7,0	7,0	9,8	9,8
FISCHER SVORNJAK FBN II 8/ 10/ 71, POCINČAN	8	71	15	6,1	6,1	8,5	8,5
RAWPLUG M8X75 mm	8	75	15	8,4	8,3	11,7	11,6
RAUMER HANG FIX inox M8L (ØM8x78) - A316L	8	78	15	-	-	20,0	20,0
HILTI EKSPANZIJSKO SIDRO OD NEHRĐAJUĆEG ČELIKA HST3-R	8	75	20	9,0	9,0	12,6	12,6

3.1. Opis prijenosne kidalice

Osnovni problem rada bio je definirati na koji način testirati sidrene vijke u prirodnom okruženju budući da su kidalice i vlakače koje se nude na tržištu popriličnih dimenzija. Iz toga je razloga bilo potrebno izraditi prenosivu kidalicu manjih dimenzija. Uz pomoć radne skupine sastavljene od Kristijana Hmure, Dine Grozića, Tina Novosela, Vitomira Šimleše i Gorana Jerkovića pristupilo se osmišljavanju idejnih rješenja. Kroz razne analize i sugestije osmišljena je i izrađena prenosiva kidalica.



Fotografija 1. Prijenosna kidalica prilikom testiranja (Goran Jerković)

Za izradu kidalice za ispitivanje korišten je hidraulički cilindar s ugrađenim kukama koje dimenzijama svog hvatišta odgovaraju širini standardnog OK karabinera. U spregu s ručnom hidrauličkom pumpom koja generira maksimalni tlak od 500 bara, cilindar postiže vučnu silu od približno 50 kN. Izraz za izračun postignute sile je sljedeći:⁸

$$F = \left(\frac{(D^2 - d^2) * \pi}{4} \right) * 0,1 p_{man} - F_{smax} \quad [N]$$

Gdje je:

F - sila kidalice (N)

D - promjer klipa cilindra (mm) - formula je prilagođena korištenju milimetra kao mjerne jedinice.

d - promjer klipnjače (mm)

p_{man} - očitani tlak s manometra [bar]

F_{smax} - maksimalna sila povratne opruge cilindra [N]

Ovaj izraz je postavljen u excel formatu koji je priložen uz kidalicu, te služi za direktan izračun sile nastale pri kidanju, tj. izvlačenju ispitivanog vijka. Sila povratne opruge koja je uzeta u obzir je izračunata očitanjem tlaka s digitalnog manometra. Na maksimalnom hodu klipa, bez dodatnog opterećenja na kidalici, ona iznosi 1,27 kN. Ovaj iznos je u konačnom izrazu korekcijski oduzet od ukupne sile. Ostali gubitci poput hidrauličkih gubitaka u cijevima i priključcima, te gubitci trenja između pokretnih dijelova cilindra su zanemarivi te nisu uključeni u izraz. Teorija je provjerena vješanjem tereta poznate težine, te se konačni iznos pri opterećenju od 1000 kg poklapa unutar 1.5 % od proračunske vrijednosti. Kidalica je uspoređena sa dinamometrima proizvođača rockexotica i LineScale 3. Rezultati testiranja nisu varirali više od 1,27kN. Za ovu vrstu namjene radna skupina to smatra dovoljno preciznim.

Vrijednosti dobivene u barima iz manometra su uz pomoć formule pretvarane u silu u tonama. Radi jasnijeg prikaza dobivenih rezultata, tone su pretvorene u kilonjutne.

1 t (tona) = 9,81 kN (kilonjutn)

1 kN = 101,97 kg (kilogram)

Kidalica se sastoji od:

1. Standardnog poteznog cilindra snage 50 kN (uz maksimalni tlak od 500 bara)
2. Standardne ručne hidrauličke pumpe maksimalnog tlaka 500 bara
3. Digitalnog manometra do 600 bara, maksimalne razlučivosti 0,01 bara
4. Hidrauličkih priključaka
5. Čeličnog vruće cinčanog oslonca za vlačna ispitivanja

⁸ Izračun postignute sile je proračun proizvođača kidalice firme Gumis d.o.o.

Kod rukovanja pumpom se preporučuje:

1. Ne postizati tlakove veće od 400 bara
2. Zaštititi pumpu i priključke od udaraca
3. Koristiti sigurnosnu posudu za sakupljanje ulja iz pumpe, ako dođe do curenja, budući da se kidalica koristi u speleološkim objektima i u blizinama podzemnih voda
4. Obavezno nositi zaštitu za oči te pleksiglas staklo za zaštitu gornjeg dijela tijela, kada dođe do naglog pucanja vijka
5. Koristiti kruti transportni kovčeg zbog čuvanja manometra i priključaka

Kidalica je dizajnirana da se na jednostavan način može pristupiti testiranju sidrenih vijaka na vlačno opterećenje i opterećenje na odrez.

Testiranje na odrez (Smik)

Smicanje, smik, posmik ili odrez je opterećenje čvrstog tijela silama koje djeluju u ravnini nekog presjeka tijela, a nastoje izazvati paralelno klizanje jednoga dijela presjeka (tankog sloja) u odnosu na drugi.⁹

Ova vrsta opterećenja najčešće je opterećenje koje se stvara na sidrištu prilikom napredovanja po užetu u speleološkom objektu.

Testiranje na vlačno naprezanje

Vlačno naprezanje, rastezanje ili osno naprezanje je opiranje djelovanju vanjske sile okomito na graničnu plohu tijela i usmjereno od tijela prema van.¹⁰

U speleologiji se ova vrsta naprezanja stvara prilikom prelaska prečnica, međusidrišta u plafonima u vertikalama i prilikom tehničkog penjanja kada se prelazi na sljedeću dionicu penja.

⁹ Smicanje, Hrvatska enciklopedija: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/smicanje>

¹⁰ Vlačno naprezanje, Hrvatska enciklopedija: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/naprezanje>

3.2. Testiranja na odrez i na vlačno opterećenje

3.2.1. Primjena kidalice na testiranju

Da bi se dobili relevantni podatci za ovaj rad, bilo je potrebno podvrgnuti sidrene vijke testiranjima na odrez i na vlačno opterećenje. Za dobivanje pouzdanih rezultata svaki sidreni vijak se testirao pet puta na odrez i pet puta na vlačno opterećenje. Ispitivanja su rađena u kamenolomu PGM Ragusa. Na fotografiji 2 prikazana je kidalica prilikom testiranja.



Fotografija 2. Princip testiranja s kidalicom (Goran Jerković)

Nakon pronalaska zdrave i dovoljno ravne stijene kod testa na odrez bilo je potrebno zabašiti sidreni vijak promjera 10 mm na visinu od 120 do 160 cm radi adekvatnog povezivanja pumpe i cilindra. To je bila fiksna točka koja je držala konstrukciju pumpe i stoga ne bi bilo poželjno da pukne, a sastojala se od sidrenog vijka promjera 10 mm i pločice nosivosti 30 kN. Za povezivanje pločica s kidalicom, tj. cilindrom koji na svojim krajevima ima kuku, koristili su se čelični karabineri nosivosti 27 kN.

Na razdaljini od 80 do 85 cm u odnosu na fiksnu točku postavljalo se sidrene vijke koji su se testirali. To je optimalna razdaljina kada se postave pločice i karabineri, da se cilindar uglavi na pravo mjesto. Ako je razdaljina manja od 75 cm test se ne može odraditi. U slučaju da je razmak između točaka veći potrebno je ubaciti dodatni karabiner da se testiranje može odraditi.

Potrebno je također paziti da se cilindar dodatno osigura za fiksnu točku, zamkom ili gurtnom, jer se može dogoditi da cilindar uslijed trzaja, tijekom pucanja testirane točke izleti, tj. ispadne iz karabinera na fiksnoj točki.



Fotografija 3. Testiranje sidrenog vijka na vlačno opterećenje (Goran Jerković)

Kod testa na vlak, prikazanog na fotografiji 3, nije bilo potrebno paziti na sve prethodno navedene korake, jer je princip testiranja dosta jednostavniji. Cilindar se postavi u posebno dizajnirani kalup koji potom kod vlačnog naprezanja drži i osigurava ostatak konstrukcije. Potrebno je samo ublažiti pad cilindra i kalupa uz pomoć nekog mekog materijala poput starih spužvi ili u slučaju da je vlak postavljen na malo većoj visini, osiguravanjem gurtnama koje bi se pričvrstile na dodatnu točku.

3.2.2. Rezultati testiranja

U tablici 5 su prikazane vrijednosti testiranja, izražene u kilonjutnima (kN)¹¹. Tijekom testiranja bilježila se najveća postignuta vrijednost i vrijednost kod koje je sidreni vijak puknuo ili izletio iz stijene.

Oznaka x označava prekid testiranja iz sigurnosnih razloga.

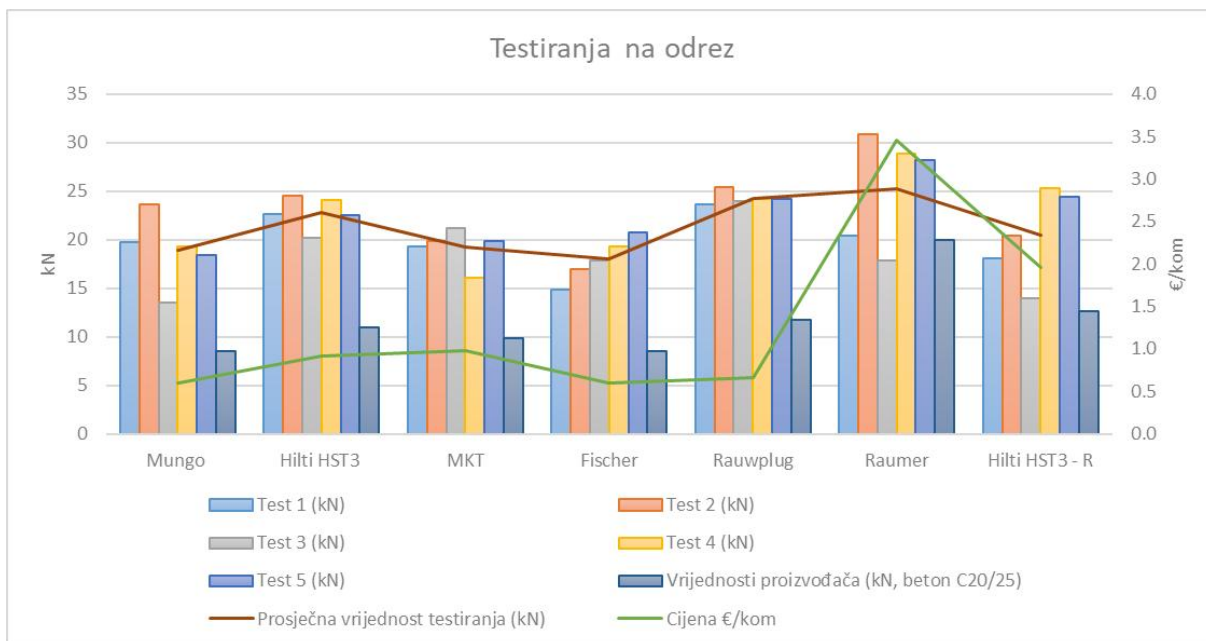
Sidreni vijci su postavljeni uz pomoć bušilice i kilo ključa s kojim se svaki vijak pritezao na propisani moment pritezanja (T inst) od proizvođača. Pri postavljanju sidrenih vijaka rupe nisu ispuhivane.

Tablica 5. Rezultati testiranja sidrenih vijaka u kN

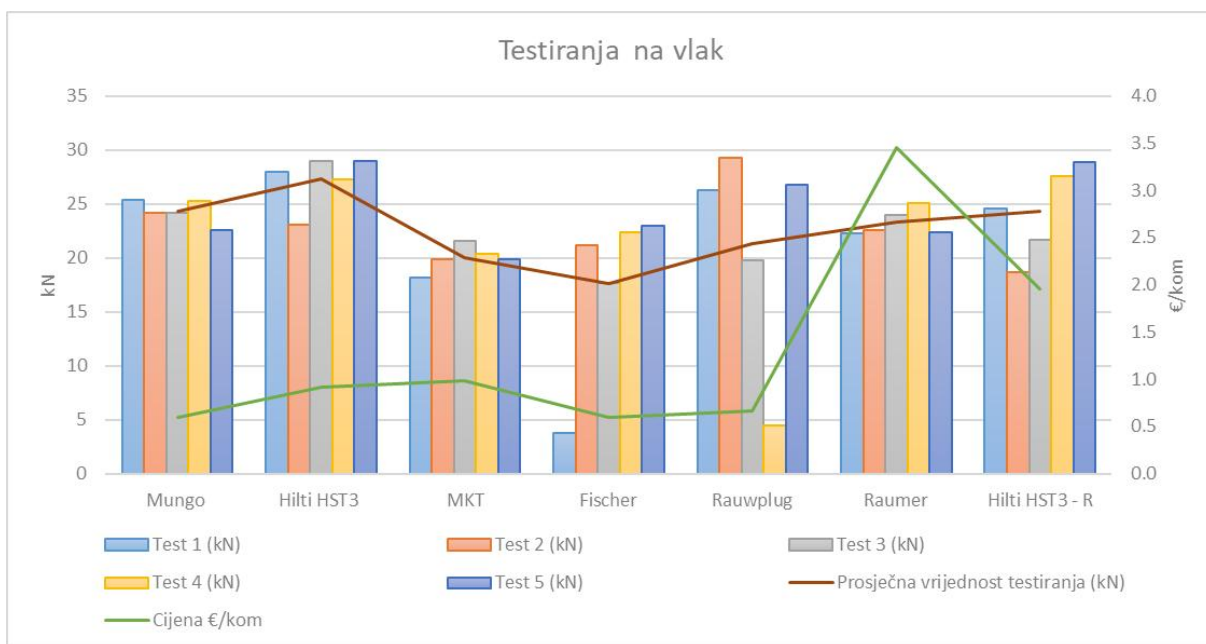
		OPIS	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
Mungo	Test na ODREZ	Najveća vrijednost	19,7	23,6	13,5	19,3	18,4
15 Nm		Lomna vrijednost	18,2	23,6	10,4	19,3	18,2
	Test na VLAK	Najveća vrijednost	25,4	24,2	24,2	25,3	22,6
		Lomna vrijednost	25,1	24,2	24,2	24,3	22,6
		OPIS	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
Hilti HST3	Test na ODREZ	Najveća vrijednost	22,6	24,5	20,2	24,1	22,5
20 Nm		Lomna vrijednost	22,6	23,9	20,1	24,1	22,1
	Test na VLAK	Najveća vrijednost	28,0	23,1	29,0	27,3	29,0
		Lomna vrijednost	28,0	23,1	X	27,0	X
		OPIS	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
MKT	Test na ODREZ	Najveća vrijednost	19,3	19,9	21,2	16,1	19,9
BZ+ 8-10-21/75		Lomna vrijednost	19,3	19,9	21,2	16,1	19,9
20 Nm	Test na VLAK	Najveća vrijednost	18,2	19,9	21,6	20,4	19,9
		Lomna vrijednost	18,2	19,0	21,0	20,4	19,6
		OPIS	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
Fisher	Test na ODREZ	Najveća vrijednost	14,9	17,0	17,9	19,3	20,7
FBN II 8/ 10/ 71		Lomna vrijednost	11,8	16,8	17,8	18,7	20,5
15 Nm	Test na VLAK	Najveća vrijednost	3,8	21,2	17,7	22,4	23,0

¹¹ 1 kN = 101,97 kg

		Lomna vrijednost	3,8	20,6	17,7	22,4	22,4
		OPIS	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
Rawplug	Test na ODREZ	Najveća vrijednost	23,6	25,4	24,0	24,2	24,2
M8X75 mm		Lomna vrijednost	3,8	24,8	24,0	23,7	24,2
15 Nm	Test na VLAK	Najveća vrijednost	26,3	29,3	19,8	4,5	26,8
		Lomna vrijednost	26,3	X	10,2	0,5	26,0
		OPIS	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
Raumer	Test na ODREZ	Najveća vrijednost	20,4	30,9	17,9	28,9	28,2
FIX inox M8L		Lomna vrijednost	19,9	X	16,8	X	28,1
15 Nm	Test na VLAK	Najveća vrijednost	22,3	22,6	24,0	25,1	22,4
		Lomna vrijednost	22,1	22,6	24,0	25,1	21,9
		OPIS	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
Hilti HSTR - 3	Test na ODREZ	Najveća vrijednost	18,1	20,4	14,0	25,3	24,4
Inox		Lomna vrijednost	17,7	20,4	14,0	25,3	24,4
20 Nm	Test na VLAK	Najveća vrijednost	24,6	18,7	21,7	27,6	28,9
		Lomna vrijednost	17,6	11,0	6,1	16,0	X



Grafikon 1. Najveća postignuta vrijednosti pri ispitivanju na odrez (SMIK)



Grafikon 2. Najveća postignuta vrijednost pri ispitivanju na vlačno opterećenje

MUNGO m2 8x 80 PLAVO POCINČANI SIDRENI VIJAK

Sidreni vijak Mungo imao je kvalitetnu konstantu pri ispitivanju te je zaključeno da se radi o dobroj zamijeni speleoloških sidrenih vijaka pri istraživanju speleoloških objekata. Osim jednog testiranja na odrez, gdje je postignuta vrijednost od 13,5 kN ostala testiranja su iznjedrila visoke vrijednosti. Iako vijak ima samo jedan prsten, veća sila opterećenja se postizala pri testiranju na vlačno opterećenje u odnosu na odrez. U svih pet testova na vlak matica je izletjela vani iz stijene što je prikazano na fotografiji 4. Nije dolazilo do izvlačenja ili pucanja vijka. U galeriji, na fotografijama 26 i 27 prikazano je standardno ponašanje vijka Mungo prilikom testiranja. Stoga se može zaključiti da su sve postignute vrijednosti ove vrste sidrenog vijka više nego zadovoljavajuće.

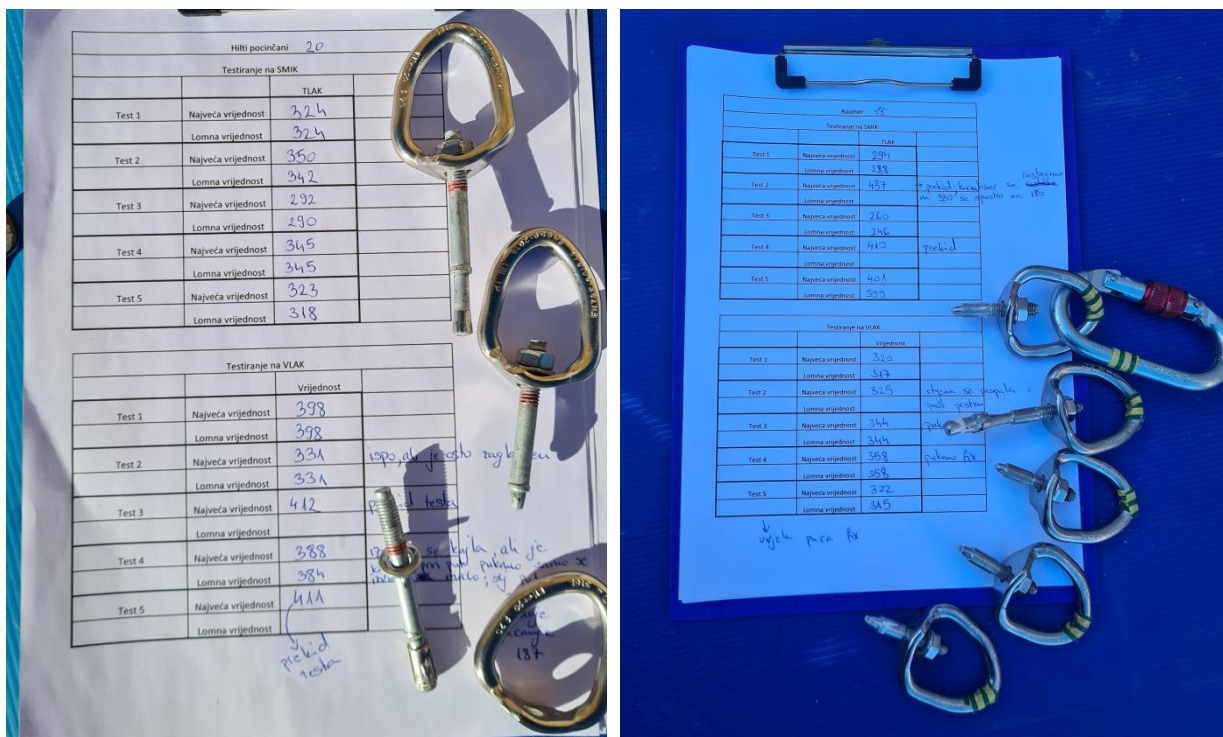


Fotografija 4. Testiranje sidrenog vijka Mungo 15 Nm (Goran Jerković)

HILTI SEGMENTNO SIDRO HST3

Među testiranim sidrenim vijcima Hilti HST3 je izdržao najveća opterećenja. Iako vijak ima samo jedan prsten, postizala se veća sila opterećenja pri testiranju na vlačno opterećenje nego na odrez. Kod testiranja na odrez dolazilo je do pucanja vijka kod navoja.

Postignuta su najveća opterećenja stoga je sigurno da se radi o dobroj opciji kao zamjeni speleološkog sidrenog vijka. Na fotografiji 5 je prikaz vijka Hilti nakon testiranja na vlak. Sidreni vijci s testa 1, 2 i 4 su popustili i izletjeli van iz stijene dok su testovi broj 3 i 5 prekinuti iz sigurnosnih razloga. Kod ove vrste vijka matica nije popustila. Rezultati testiranja s vijkom Hilti su prikazani u galeriji fotografija pod brojem 10, 11 i 12.



Fotografija 5. Sidreni vijak Hilti nakon testiranja na vlak (Jelena Beželj); Fotografija 6. Sidreni vijak Raumer nakon testiranja na vlak (Jelena Beželj)

MKT ČELIČNI ANKER BZ+ 8-10-21/75

Sidreni vijak MKT je imao malo lošije rezultate od vijka Hilti, no i on je demonstrirao jednu konstantu i dobre rezultate prilikom testiranja. Kod testiranja vijka nisu uočene nikakve primjedbe, a kod rezultata testiranja se primjećuje da je postignuta slična, gotovo identična sila opterećenja na vlak i na odrez. Kod testa na odrez dolazilo je do pucanja kod navoja vijka. Izgled stijene nakon testiranja s MKT vijkom prikazan je u galeriji fotografija pod brojevima 13 i 14.

Kod vlačnog opterećenja sidreni vijak se uvijek izvlačio iz stijene cijeli ili je pucao kraj prstena. Matica nije bila problem.

FISCHER SVORNJAK FBN II 8/ 10/ 71, POCINČAN

Fischer sidreni vijak je na testu imao konstantu te prema zaključcima ovog rada predstavlja dobru opciju za istraživanje speleoloških objekata. No ipak nije u vrhu testiranih vijaka po postignutim opterećenjima. Veća sila opterećenja se postizala pri testiranju na vlačno opterećenje u odnosu na odrez. Imao je jedan slabiji rezultat od 14,9 kN, ali sva ostala postignuta opterećenja su vrlo dobra.

Kod testa 1 na vlačno opterećenje se javio problem u postavljanju sidrenog vijka. Vijak je *provrtio*, tj. nije dobro uhvatio stijenu tako da se matica prilikom zatezanja vrtjela s vijkom u prazno. Iz tog razloga je postignut jako loš rezultat. Izgled ovog vijka nakon testiranja prikazan je u galeriji na fotografiji 17. Osim ovog slučaja na testovima na vlak, vijak bi se uvijek izvukao cijeli što je prikazano na fotografiji 16.

RAWPLUG M8X75 mm

Za Rawplug marku sidrenog vijka informacije su prikupljene od članova Speleološkog kluba Ozren Lukić koji ih redovito koriste. Prilikom obrade podataka došlo se do saznanja da se ova vrsta vijka može pronaći u trgovini Pe vex i da na dnu vijka ima malu oznaku RAW. Na službenim stranicama trgovine Pe vex nije točno specificirano da se radi o ovoj vrsti sidrenog vijka tako da nije sigurno da ih uvijek imaju u ponudi.

Kod većine testova rezultati ovog vijka su bili više nego zadovoljavajući. Jedino je problem u konstanti, jer su ponekad postignuti izvrsni rezultati koji su doveli do prekida testiranja radi sigurnosnih razloga, dok je na testu 4 na vlačno opterećenje sidreni vijak gotovo bez razložno, *sam od sebe* ispao. Stijena je nakon toga opet provjeravana i nisu uočeni nikakvi vidljivi, ni slušni nedostaci. Također, kod testa 5 na vlačno opterećenje vijak je već na 0,5 kN poprilično izašao van stijene, da bi na kraju ipak postigao zadovoljavajući rezultat opterećenja.

U razgovoru sa članova Speleološkog kluba Ozren Lukić došlo se do informacije da se i njima znalo događati u nekim situacijama da vijak jednostavno uopće ne uhvati stijenu.

Testiranje s ovim vijkom prikazano je u galeriji na fotografijama 18, 19 i 20.

RAUMER HANG FIX inox M8L (ØM8x78) - A316L

Sidreni vijak Raumer je u gotovo svim testovima dosegno vrijednosti od 20 kN koje deklarira i proizvođač. S obzirom na kvalitetu izrade i velike cijene, očekivanja su ipak bila malo veća. Prilikom testa na odrez vijak je za razliku od građevinskih vijaka uvijek pucao u predjelu konusa što je vidljivo u galeriji na fotografiji 21.

Kod testa na vlak za razliku od građevinskih vijaka dolazilo je isključivo do pucanja vijka što je prikazano na fotografijama 6 i 22. U svih pet testova na vlak nije došlo do izvlačenja cijeloga vijka van stijene već isključivo do pucanja u predjelu konusa. Prvenstveno je tome razlog sama izrada vijka s 2 prstena. Matica nije bila problem.

HILTI EKSPANZIJSKO SIDRO OD NEHRĐAJUĆEG ČELIKA HST3-R

Ova vrsta sidrenog vijka od inoxa je dosta varirala na testiranju, ali u konačnici je zaključeno da je ipak pouzdan vijak. Kod testa 2 i 3 na odrez došlo je do pucanja stijene što može opravdati slabiji rezultat prilikom trećeg testa. Kod testiranja na vlak po rezultatima je vidljiva velika razlika između najveće i lomne vrijednosti tako da se može zaključiti da se vijak uvijek izvlači prilikom testiranja prije nego dosegne lomnu vrijednost.

U galeriji na fotografijama 23, 24 i 25 su prikazani ostatci koji su ostali nakon testiranja u stijeni.

Zaključak testiranja

Svi testirani sidreni vijci su jednako tretirani i postavljeni u stijenu. Testirani su po pet puta na vlak i pet puta na odrez što predstavlja relevantne podatke za definiranje određenih zaključaka. Svi vijci su izdržali velika opterećenja, veća nego što se na početku testiranja očekivalo. Zaključeno je da su dobra opcija pri postavljanju manjih speleoloških objekata i objekata koji se jednokratno postavljaju. Jedino se za vijak Rawplug preporuča korištenje s oprezom jer je prilikom 2 testa na vlačno opterećenje neobjašnjivo brzo popustio.

1. Prilikom testiranja nije se dogodilo da popusti tkz. fiksna točka koja se sastoji od vijka 10 mm s pločicom i čeličnim karabinerom.
2. Provedeno je sveukupno 9 različitih testiranja i pri tome je postavljeno oko 120 sidrenih vijaka.
3. Samo su se 3 čelična karabinera nepovratno oštetila prilikom testiranja.
4. Prilikom testa na vlačno opterećenje uvijek je vijak puknuo ili se izvukao van stijene, ali se pri tome 91 % ringova marke petzl deformiralo i moralo staviti van upotrebe iako nije došlo do njihova pucanja.
5. Kod testa na odrez uvijek su vijak ili matica popustili ili se vijak odrezao. Petzl Inox pločica L se deformirala i trajno oštetila samo u 24 % slučajeva, ali nije došlo do njenog pucanja.



Fotografija 7. Otpadni materijal nakon testiranja (Goran Jerković)

Savjetuje se da speleološke udruge kod korištenja sidrenih vijaka namijenjenih građevinskim radovima ipak prilikom kupnje uzimaju vijke koji su ovim testiranjima iznjedrili dobre rezultate te da izbjegavaju kupovati "no name" primjere.

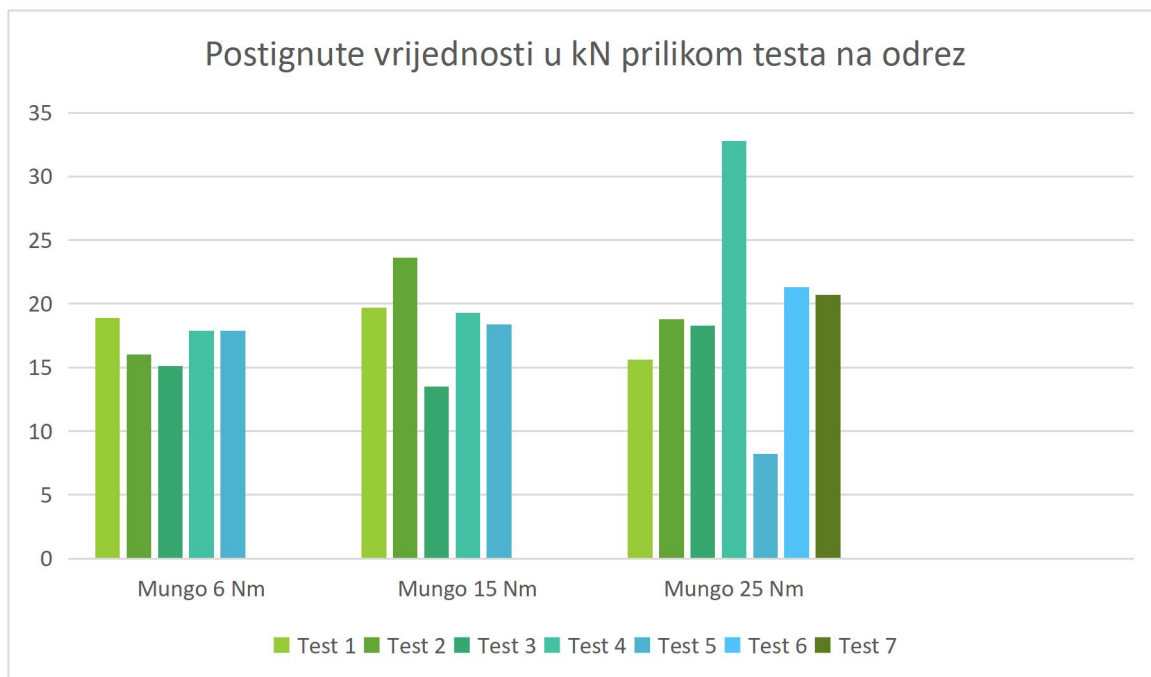
3.3. Testiranje sidrenih vijaka pri različitom momentu pritezanja (T inst)

Prilikom postavljanja sidrenih vijaka bitnu ulogu ima i moment pritezanja. Najčešće proizvođači propisuju da se za vijak M8 koristi 15 Nm kao zatezni moment pritezanja.

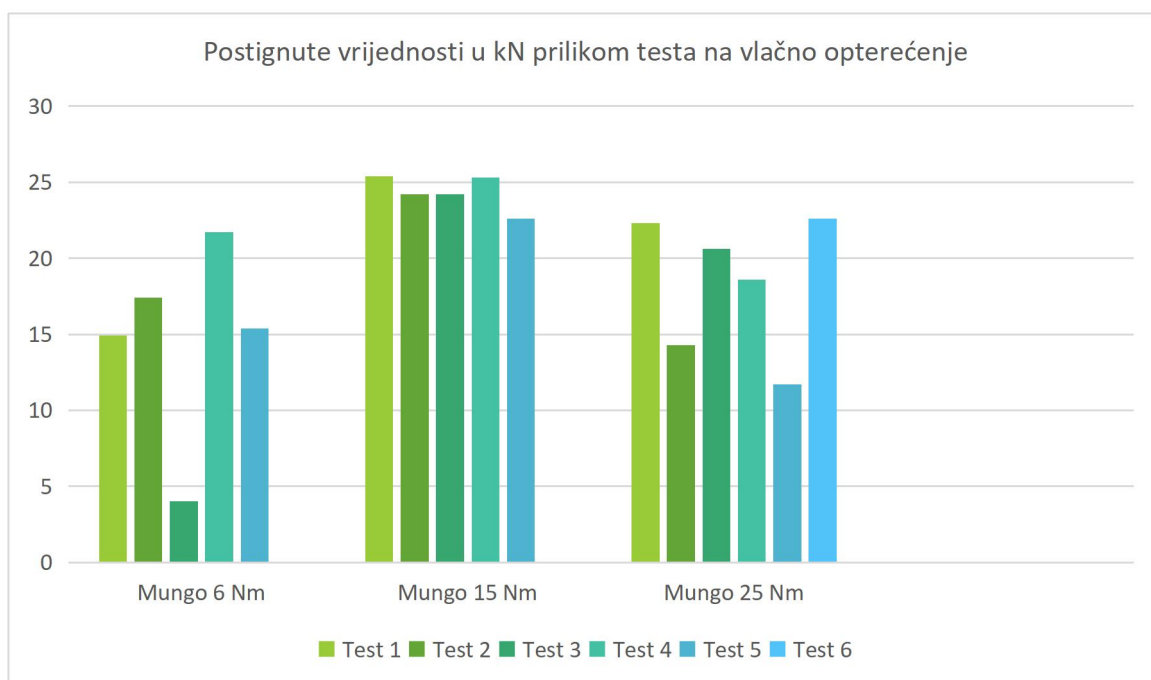
S obzirom na veliki broj prethodno testiranih vijaka, za ovu vrstu testiranje se izabrao Mungo m2 8x 80 plavo pocinčani sidreni vijak. Dobiveni rezultati bi se u velikoj mjeri mogli primijeniti i na ostale sidrene vijke, kada se uzme u obzir postotak odstupanja. Testiranje se radilo na principu zatezanja sidrenog vijka Mungo na 6 Nm, 15 Nm i 30 Nm. Prilikom zatezanja na 30 Nm kod prva dva vijka dogodilo se trganje i ispadanje iz rupe. Iz tog razloga testiranje se dalje nastavilo s momentom pritezanja od 25 Nm.

Tablica 6. Rezultati testiranja sidrenog vijka Mungo na različiti moment pritezanja

		Opis	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7
Mungo	Test na ODREZ	Najveća vrijednost	18,9	16,0	15,1	17,9	17,9		
6 Nm		Lomna vrijednost	18,7	15,8	15,1	17,4	17,4		
	Test na VLAK	Najveća vrijednost	14,9	17,4	4,0	21,7	15,4		
		Lomna vrijednost	13,2	5,2	4,0	5,1	12,7		
		Opis	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7
Mungo	Test na ODREZ	Najveća vrijednost	19,7	23,6	13,5	19,3	18,4		
15 Nm		Lomna vrijednost	18,2	23,6	10,4	19,3	18,4		
	Test na VLAK	Najveća vrijednost	25,4	24,2	24,2	25,3	22,6		
		Lomna vrijednost	25,1	24,2	24,2	24,3	22,6		
		Opis	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7
Mungo	Test na ODREZ	Najveća vrijednost	15,6	18,8	18,3	32,8	8,2	21,3	20,7
25 Nm		Lomna vrijednost	12,7	18,4	17,6	x	6,0	21,1	20,1
	Test na VLAK	Najveća vrijednost	22,3	14,3	20,6	18,6	11,7	22,6	
		Lomna vrijednost	5,1	9,0	20,6	16,2	3,7	21,0	



Grafikon 3. Najveća postignuta vrijednosti pri ispitivanju na odrez kod testiranja prilikom različitog momenta pritezanja



Grafikon 4. Najveća postignuta vrijednosti pri ispitivanju na vlačno opterećenje kod testiranja prilikom različitog momenta pritezanja

U tablici 6 su prikazane vrijednosti testiranja u kojoj se bilježila najveća postignuta vrijednost i vrijednost kod koje je sidreni vijak puknuo ili izletio van stijene. Vrijednosti su izražene u kilonjutnima (kN).

Oznaka x označava prekid testiranja iz sigurnosnih razloga.

Sidreni vijci su postavljeni uz pomoć bušilice i kilo ključa s kojim se svaki vijak pritezao na zakretni moment pritezanja (T inst) koji je naznačen u tablici s oznakom vrijednosti (Nm).

MUNGO 6 Nm

Kada usporedimo s testom Mungo 15 Nm, sidreni vijak Mungo je pri momentu pritezanja od 6 Nm dao slabije rezultate na testiranju na odrez. Tijekom testiranja uvijek je dolazilo do laganog krivljenja sidrenog vijka i ispadanja matice. Rezultati testiranja na vlačno opterećenje također odstupaju u odnosu na testiranje Mungo 15 Nm. Kod ovog testiranja matica je u pravilu prva popuštala. Testiranje je prikazano u galeriji na fotografijama 28 i 29.

MUNGO 15 Nm

Sidreni vijak Mungo imao je kvalitetnu konstantu pri ispitivanju. Osim jednog testiranja na odrez, gdje je postignuta vrijednost od 13,5 kN ostala testiranja su iznjedrila visoke vrijednosti. Iako vijak ima samo jedan prsten, veća sila opterećenja se postizala pri testiranju na vlačno opterećenje u odnosu na odrez. U svih pet testova na vlak matica je izletjela vani iz stijene što je prikazano na fotografiji 4. Nije dolazilo do izvlačenja ili pucanja vijka. U galeriji, na fotografijama 26 i 27 prikazano je standardno ponašanje vijka Mungo prilikom testiranja. Stoga se može zaključiti da su sve postignute vrijednosti ove vrste sidrenog vijka više nego zadovoljavajuće.

MUNGO 25 Nm

U slučaju da se kod postavljanja sidrenog vijka moment pritezanja radi s prevelikom snagom može doći do pucanja vijka prilikom samog postavljanja. Pri zateznom momentu od 25 Nm na testu 1 i 5 na opterećenju na odrez došlo je do popuštanja stijene te su iz tog razloga dodatno rađeni testovi 6 i 7.

Ako ne uzmemo u obzir test 1 i 5, vijak se pri ovom testu ponašao uredno, a dobiveni rezultati su slični testu Mungo 15 Nm na odrez.

Kod testa 2 i 5 na vlak je došlo do popuštanja stijene, pa se radio dodatni test 6. Kad izostavimo test 2 i 5, vijak je postizao nešto lošije rezultate od testa Mungo 15 Nm na vlak. U pravilu se vijak počeo prvo izvlačiti i polagano izlaziti iz stijene, prije lomne vrijednosti. Na fotografijama 30 i 31 prikazan je izgled vijaka nakon testiranja.

Zaključak testa na moment pritezanja

Iz testa na različiti moment pritezanja proizlazi da vijak Mungo pruža konstantnije i bolje rezultate prilikom optimalnog momenta zatezanja od 15 Nm. Vijak se ne bi trebao pritegnuti na malu vrijednost momenta pritezanja, jer se na vlačno naprezanje gubi 40 % nosivosti. U slučaju da se vijak priteže pod velikim pritiskom i pod velikom vrijednosti momenta pritezanja, tj. većom nego što propisuje proizvođač, prilikom postavljanja može doći do puknuća vijka. Osim ovog problema još je bitnija deformacija vijka koja u momentu postavljanja nije vidljiva (prejakim pritezanjem vijak ulazi u plastično područje – slika 5), ali utječe na otpornost vijka i može dovesti do neželjenih posljedica.

4. Testiranje sidrenih vijaka na utjecaj vode

Svi sidreni vijci namijenjeni građevinskim radovima imaju manu da se zbog svog sastava, što je već rečeno na stranici broj 5, mogu koristiti samo u suhim uvjetima. No speleološki uvjeti su rijetko suhi. Većinom se radi o vlažnim objektima koji često imaju konstantna i velika utjecanja vode. Stoga se u ovom radu prionulo i testiranju sidrenih vijaka na utjecaj vode.

Za mjesto testiranja je izabran jedan mali vodopad u Konavlima, prikazan na fotografijama 8 i 9. Vodopad je uvučen te zaklonjen od sunca. Utjecaj vode na tom mjestu je konstantan tijekom cijele godine, osim u periodu velike suše, tj. u mjesecu kolovozu.



Fotografija 8. Mjesto testiranja na vodu tijekom zime (Goran Jerković)



Fotografija 9. Mjesto testiranja na vodu tijekom proljeća (Goran Jerković)

Za svaku vrstu sidrenog vijka koja je testirana na odrez i vlačno opterećenje izabrao se jedan kamen. Na svaki kamen se postavljalo po 3 sidrena vijka s pločicama i karabinerima različitog sastava. Uparivao se aluminij i čelik da se pokuša što više utjecati na uništavanje sidrenih kompleta što je prikazano u tablici broj 7. Nakon postavljanja sidrenih kompleta, kamenja su odložena blizu vodopada, pritom pazeći da nisu u potpunosti potopljena. S obzirom na promjene vodopada uslijed vremenskih prilika to nije uvijek bilo uspješno, ali se svakako pazilo da svi testirani sidreni kompleti budu jednako izloženi utjecaju vode.

Tablica 7. Testiranje sidrenih vijaka na utjecaj vode

	Sidreni vijak	Pločica aluminij	Pločica inox	Karabiner aluminij	Karabiner čelik
1.	Hilti HST 3	1A, 1C	1B	1A, 1B	1C
2.	Hilti HST 3 - R Inox	2A, 2C	2B	2A, 2B	2C

3.	Mungo	3A, 3C	3B	3A, 3B	3C
4.	Rauwplug	4A, 4C	4B	4A,	4C, 4B
5.	MKT	5A, 5C	5B	5A	5B, 5C
6.	Fischer	6A, 6C	6B	6A	6C, 6B
7.	Raumer Inox	7A, 7C	7B	7A	7C, 7B

U tablici 7 broj predstavlja vrstu sidrenog vijka, a slova predstavljaju kombinaciju kod izrade sidrenog kompleta. Na primjeru vijka Hilti HST 3, kombinacije su slijedeće:

- A. Hilti HST 3, pločica aluminij i karabiner aluminij
- B. Hilti HST 3, pločica inox i karabiner aluminij
- C. Hilti HST 3, pločica aluminij i karabiner čelik

Zaključak testa na vodu

Sidreni vijci su postavljeni u raznim kombinacijama sa sidrenim kompletima kako bi se što više utjecalo na propadanje vijaka. Nastojalo se da svi sidreni vijci dobiju slične, gotovo iste uvjete testiranja.

Sidreni vijci su izloženi testiranju na vodu 1. ožujka 2023. godine. Nakon 9 mjeseci izloženosti vodi i njezinom utjecaju zaključeno je da nisu nastupile vidljive promjene na sidrenim vijcima, što je prikazano u galeriji na fotografijama od broja 40 do 53.

Promjene su vidljive samo na sidrenom vijku proizvođača Mungo što se primjećuje na fotografiji 37. To je jedini vijak u testiranju koji je plavo pocinčan i sa ZINi premazom kojim proizvođač naglašava njegovu veću otpornost na koroziju.

- *Veća otpornost na koroziju zahvaljujući ZINi premazu u odnosu na pocinčane sidrene vijke*
- *GreenTec® zaštita protiv korozije - 750h testirano prskanjem slanom vodom*

Sidreni vijak je osjetno promijenio izgled u tamniju nijansu boje. Pretpostavka je da su promjene nastupile zbog drugačijeg načina cinčanja.

Ovim testom sidrene vijke se koristilo suprotno uvjetima koje sugerira proizvođač (isključivo korištenje u suhim uvjetima). Iako nema vidljivih oštećenja, testiranje se u ovoj fazi može zaključiti kao uspješno, jer iz njega proizlazi da na sidrenim vijcima u periodu od 9 mjeseci, pod konstantnim utjecajem vode, nisu nastupile vidljive promjene. Ali ipak, s obzirom na kompleksnost uvjeta u speleološkim objektima i utjecaju velike vlažnosti zraka na materijale koji se koriste i ostavljaju u objektima ovaj test se ne može u potpunosti povezati i poistovjetiti s uvjetima koji se susreću u speleološkim objektima.

5. Zahvala

Zahvaljujem se svim speleološkim udrugama koje su sudjelovale u prikupljanju informacija o vrstama sidrenih vijaka koje koriste u njihovim matičnim društvima. Hvala svim onim speleolozima koji su davali korisne informacije i sugestije te na neki način usmjerili pisanje ovoga rada.

Hvala radnoj skupini sastavljenoj od Kristijana Hmure, Dine Grozića, Tina Novosela i Vitomira Šimleše koja je uvelike doprinijela izradi ovog projekta. Posebno bih tu izdvojio Vita koji je uvijek bio pristupačan i spreman podijeliti svoje stručno znanje, dati prijedloge, sugestije i u konačnici pobrati sve zasluge za dizajniranje i izradu prijenosne kidalice.

Velike zahvale i mom matičnom društvu HPD Sniježnica (SOS) i članovima Aniti, Miru, Sandri, Lukši, Katici, Jeleni, Andrei, Tamari, Marku i brojnim drugima koji su na bilo koji način pomogli u realizaciji ovog projekta.

Za kraj, velike zahvale Zajednici tehničke kulture grada Dubrovnika koja je financirala ovaj projekt.

6. Prilozi

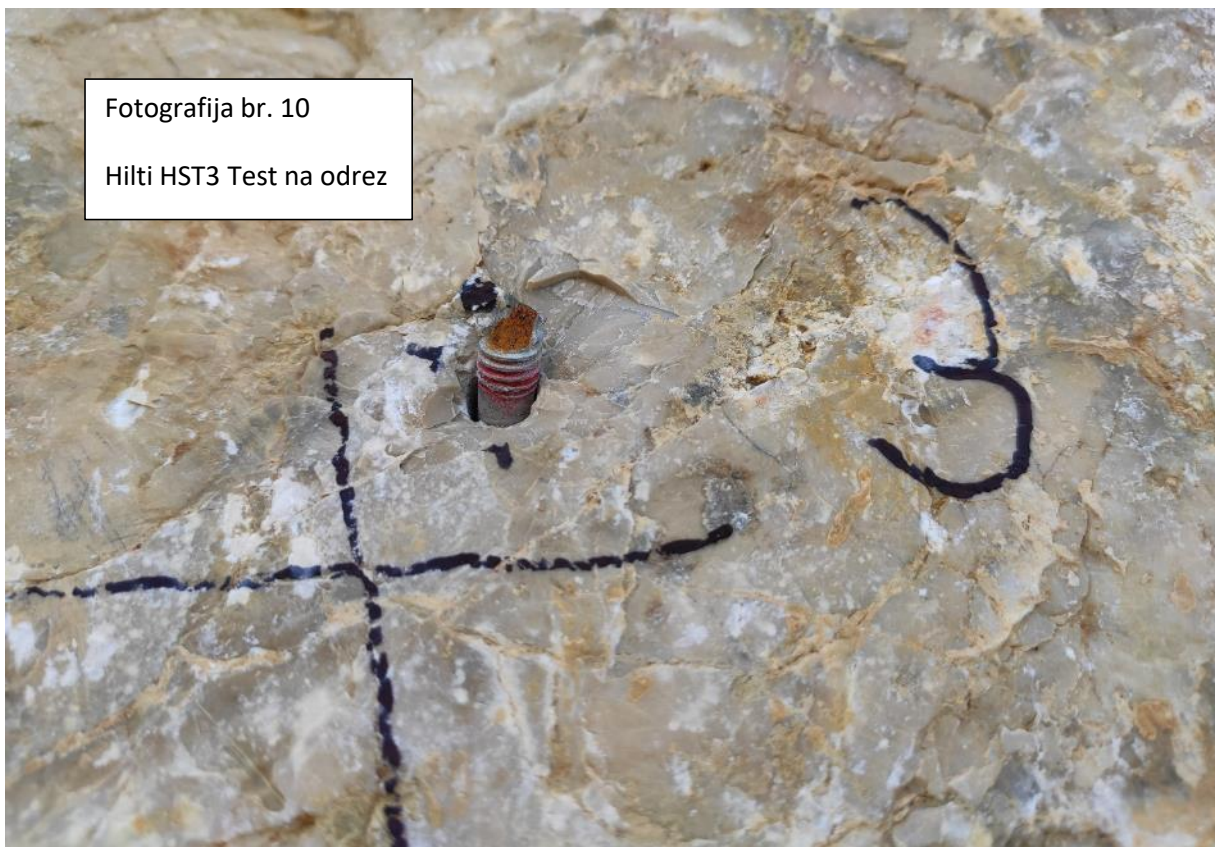
6.1. Galerija slika

Testiranje sidrenih vijaka na vlačno opterećenje i odrez

Testiranje sidrenih vijaka na utjecaj vode

Fotografija br. 10

Hilti HST3 Test na odrez



Fotografija br. 11

Hilti HST3 Test na vlak



Fotografija br. 12

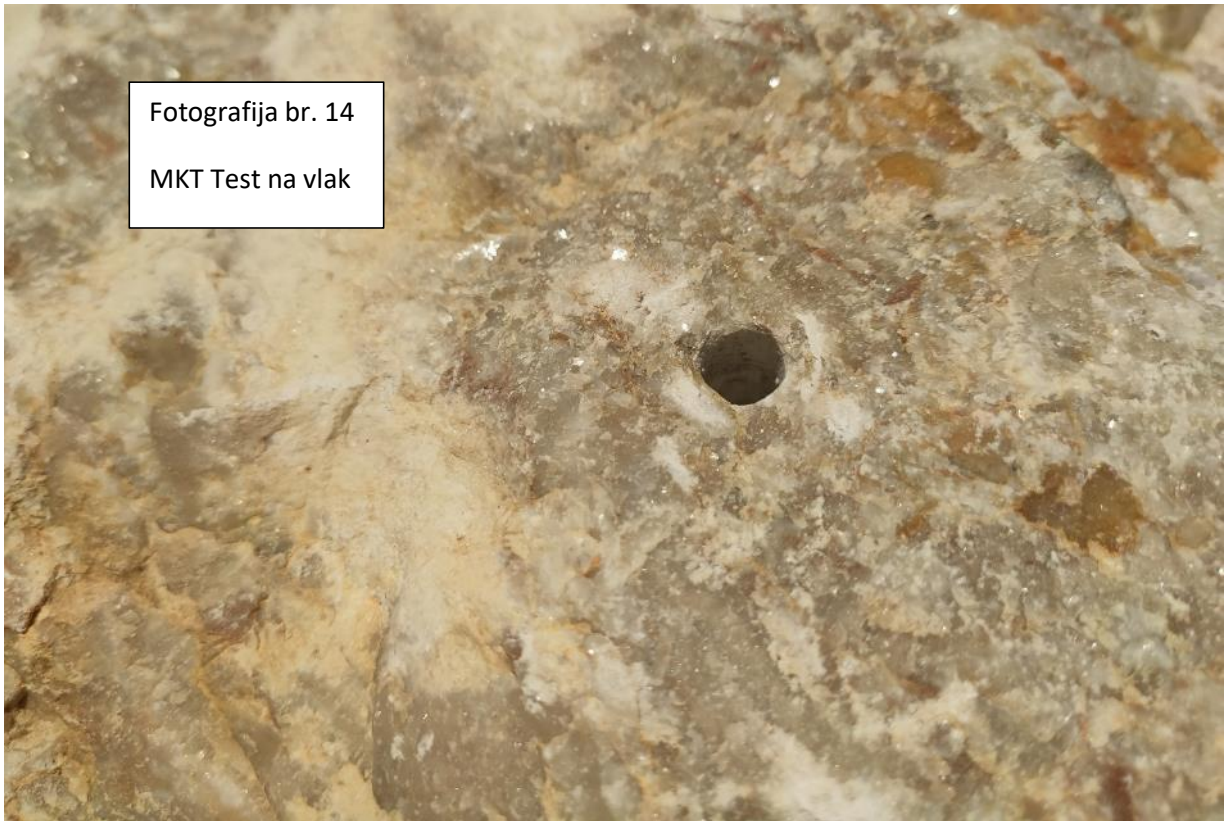
Hilti HST3 Test na vlak



Fotografija br. 13

MKT Test na odrez





Fotografija br. 14
MKT Test na vlak



Fotografija br. 15
Fischer Test na odrez





Fotografija br. 18
Rawplug Test na odrez



Fotografija br. 19
Rawplug Test na vlak



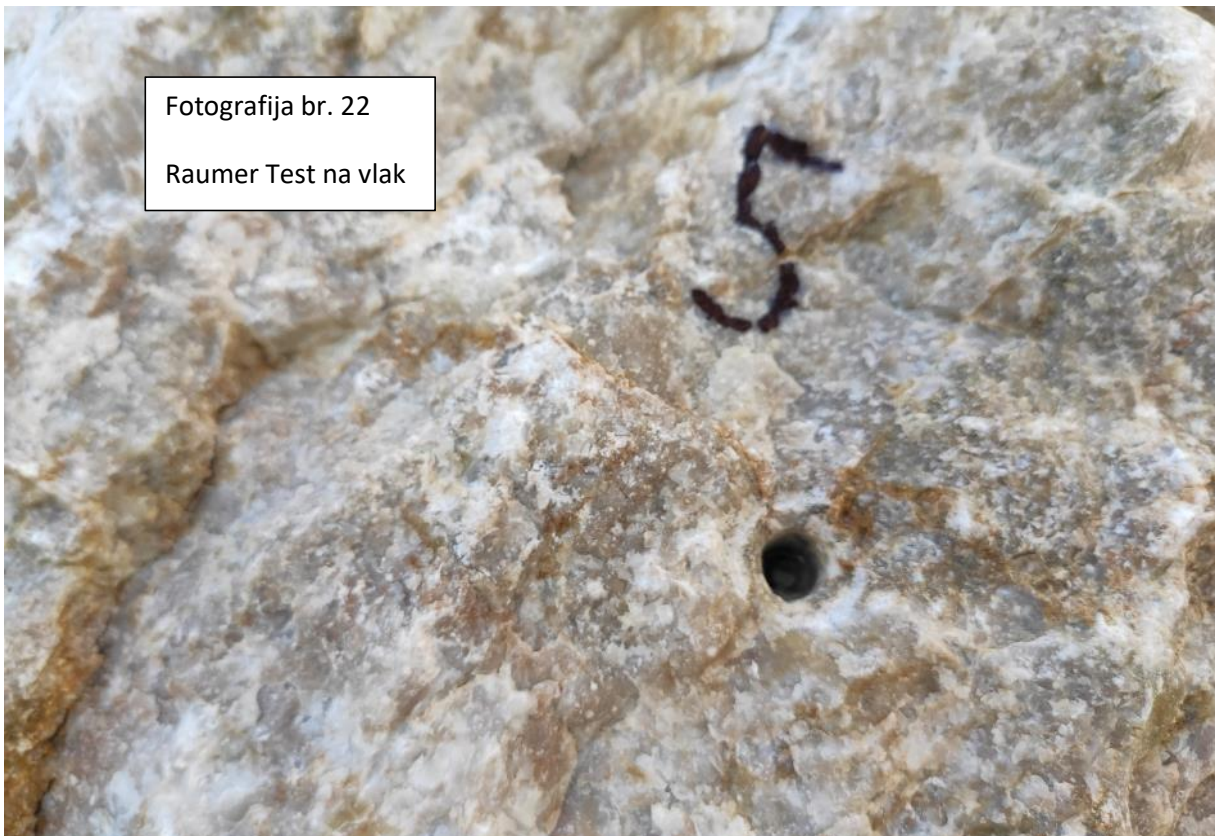
Fotografija br. 20
Rawplug Test na vlak



Fotografija br. 21
Raumer Test na odrez

Fotografija br. 22

Raumer Test na vlak



Fotografija br. 23

Hilti HST 3 – R Test na odrez





Fotografija br. 24
Hilti HST 3 – R Test na vlak



Fotografija br. 25
Hilti HST 3 – R Test na vlak

Fotografija br. 26
Mungo 15 Nm Test na odrez



Fotografija br. 27
Mungo 15 Nm Test na vlak



Fotografija br. 28

Mungo 6 Nm Test na odrez



Fotografija br. 29

Mungo 6 Nm Test na vlak



Fotografija br. 30

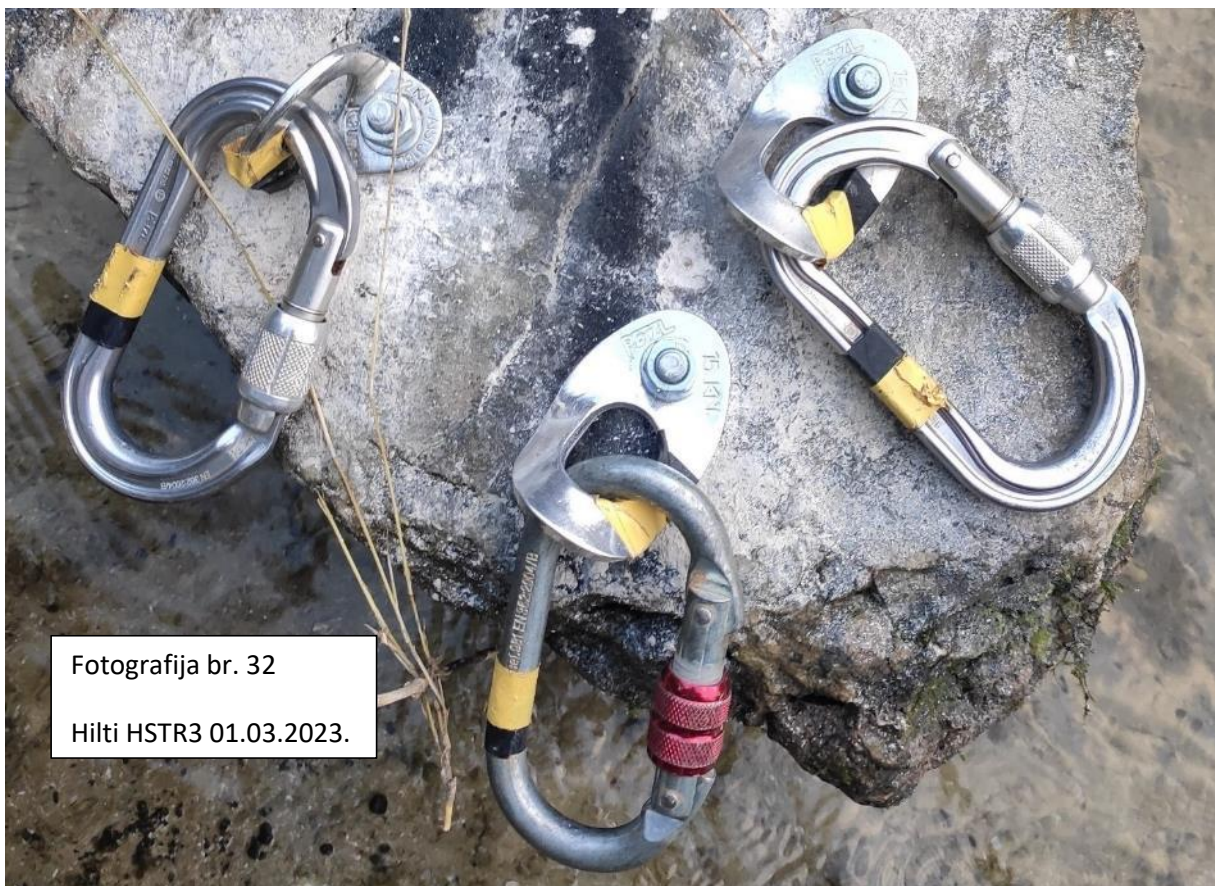
Mungo 25 Nm Test na odrez



Fotografija br. 31

Mungo 25 Nm Test na vlak





Fotografija br. 32
Hilti HSTR3 01.03.2023.



Fotografija br. 33
Hilti HSTR3 01.12.2023.



Fotografija br. 34

Hilti HSTR3 – R inox

01.03.2023.



Fotografija br. 35

Hilti HSTR3 – R inox

01.12.2023.



Fotografija br. 36
Mungo 01.03.2023.



Fotografija br. 37
Mungo 01.12.2023.



Fotografija br. 38
Rawplug 01.03.2023.



Fotografija br. 39
Rawplug 01.12.2023.



Fotografija br. 40
MKT 01.03.2023.



Fotografija br. 41
MKT 01.12.2023.



Fotografija br. 42

Fischer 01.03.2023.



Fotografija br. 43

Fischer 01.12.2023.



Fotografija br. 44
Raumer inox
01.03.2023.



Fotografija br. 45
Raumer inox
01.12.2023.

6.2. Atest kamena PGM Ragusa

INSTITUT GRAĐEVINARSTVA HRVATSKE, d.d. Zagreb
Zavod za prometnice
Cestograđevni laboratorij 01 27 05
p.p.283. Janka Rakuše 1, 10000 Zagreb
Tel. +385 1/61 25 125 (centrala),
Fax. +385 1/61 25 401, e-mail: natasa.pecek@igh.hr



Izveštaj broj: 2152-20-2280/09

OPĆI PODACI

Naziv kamenoloma: "DUBAC"
Lokacija: DUBAC
Općina: DUBROVNIK
Županija: DUBROVAČKO-NERETVANSKA
Republika: HRVATSKA
Naručitelj: PGM RAGUSA d.d. - DUBROVNIK
Obala Stjepana Radića br. 25
20 000 DUBROVNIK
Proizvođač: PGM RAGUSA d.d. - DUBROVNIK
Namjena: tehničko građevni kamen
Zatraženo ispitivanje: prema "NAREDBI" (Službeni list R.H. br.53/91, točka 1311)
Mjesto uzorkovanja: kamenolom "DUBAC"
Datum uzorkovanja: 2009-03-31
Uzorkovao: predstavnik IGH d.d. PJ DUBROVNIK
Ispitivanje započeto: 2009-04-27
Ispitivanje završeno: 2009-05-29
Naša oznaka uzorka: 06-0976
Vaša oznaka uzorka: DU-1, DU-2, DU-3
Napomena: Na ispitivanje su dostavljena tri uzorka kamena za koje su u izvještaju prikazane srednje vrijednosti rezultata laboratorijskih ispitivanja a na temelju njih dano je i mišljenje o upotrebljivosti.

Izveštaj broj: 2152-20-2280/09

FIZIČKO - MEHANIČKA SVOJSTVA KAMENA

TLAČNA ČVRSTOĆA (HRN B.B8.012)

a) U SUHOM STANJU

SREDNJE VRIJEDNOSTI

s_t max.	142,9	MPa
s_t min.	114,3	MPa
s_t sred.	129,6	MPa
s_t max.	113,8	MPa
s_t min.	89,5	MPa
s_t sred.	104,3	MPa
s_t max.		MPa
s_t min.		MPa
s_t sred.		MPa

b) U VODOMZASIĆENOM STANJU

c) NAKON SMRZAVANJA

OTPORNOST NA HABANJE PO BOEHMEU
(HRN B.B8.015)

A_s	12,0	gubitak cm ³ /50cm ²
-------	------	---

BRZINA PROSTIRANJA LONGITUDINALNIH VALOVA
(HRN B.B8.121)

		m/s
--	--	-----

UPIJANJE VODE (HRN B.B8.010) *

U	0,335	mas. %
---	-------	--------

PROSTORNA MASA (HRN B.B8.032) *

r_m	2,680	t/m ³
-------	-------	------------------

GUSTOĆA (HRN B.B8.032) *

r_g		t/m ³
-------	--	------------------

STUPANJ GUSTOĆE (HRN B.B8.032) *

r_m / r_g		
-------------	--	--

POROZNOST (HRN B.B8.032) *

$(1 - r_m / r_g) \times 100$		vol. %
------------------------------	--	--------

UDIO UKUPNOG SUMPORA IZRAŽEN KAO SO₃
(HRN B.B8.042)

	0,030	mas. %
--	-------	--------

UDIO UKUPNOG KLORIDA IZRAŽEN KAO Cl
(HRN B.B8.042)

	0,010	mas. %
--	-------	--------

POSTOJANOST NA MRAZU
(HRN B.B8.001)

broj ciklusa	25	
broj ciklusa		
broj ciklusa		

ISPITIVANJE POSTOJANOSTI METODOM
OTOPINE Na₂SO₄ (HRN B.B8.002) *

broj ciklusa	5	0,121	gubitak mas. %
broj ciklusa			mas. %

Nakon 5 ciklusa tretiranja nije došlo do promjene izgleda, a gubitak mase je neznan - kamen je postojan.

* metoda za koju je laboratorij akreditiran ovlasnicom DZNM - NSO br. 1066/04

INSTITUT GRAĐEVINARSTVA HRVATSKE, d.d. Zagreb
Zavod za prometnice
Cestograđevni laboratorij 01 27 05
p.p.283, Janka Rakuše 1, 10000 Zagreb
Tel. +385 1/61 25 125 (centrala),
Fax. +385 1/61 25 401, e-mail: natasa.pecek@igh.hr



Izveštaj broj: 2152-20-2280/09

ISPITIVANJE POSTOJANOSTI NA OTOPINU NATRIJEVA SULFATA (HRN B.B8.002) *

Oznaka i broj uzoraka	Gubitak mase nakon 5 ciklusa tretiranja (mas.%)	
	Pojedinačni uzorak	Srednja vrijednost
06-0976 (Na - I 1)	0,107	0,121
06-0976 (Na - I 2)	0,123	
06-0976 (Na - I 3)	0,126	
06-0976 (Na - I 4)	0,109	
06-0976 (Na - II 1)	0,128	
06-0976 (Na - II 2)	0,121	
06-0976 (Na - II 3)	0,085	
06-0976 (Na - II 4)	0,099	
06-0976 (Na - III 1)	0,129	
06-0976 (Na - III 2)	0,137	
06-0976 (Na - III 3)	0,156	
06-0976 (Na - III 4)	0,134	

* metoda za koju je laboratorij akreditiran ovlasnicom DZNM - NSO br. 1066/04

Izvještaj broj: 2152-20-2280/09

MINERALOŠKO PETROGRAFSKA ANALIZA (HRN B.B8.003) *

Uzorak I

Makroskopski, kamen je svijetlo-smeđe boje i homogene interne teksture. Na piljenoj površini kamena vidljive su bjelkaste točkaste forme širine presjeka do 1mm, nepravilne do izdužene forme također bjelkaste boje, širine presjeka do 2x6mm, te tamno-smeđe elipsaste do vretenaste forme (mikrofosili), veličine presjeka do 2x4mm. Žile i pukotine, širine presjeka do 2mm, zacijeljene su sivo-providnom i bjelkastom mineralnom ispunom. Kamen je plitko školjkastog do nepravilnog loma, prijelomna površina je blago do grubo hrapava a sa hladnom, razrijeđenom HCl (5%) reagira burno. Relativne je tvrdoće po Mohs-u oko 3, nema okusa niti mirisa.

U mikroskopskom preparatu motrimo osnovu od mikrita s kalcsparitom i vapnenačkim detritusom veličine zrna do 0,10mm. U osnovu je uloženo mnoštvo presjeka bioklasta i nešto manje presjeka staklastih foraminifera (veličine presjeka uglavnom preko 2mm). Bioklasti su većinom nepravilni presjeci nakupina koralinaceja, nešto manje solenoporaceja, veličine presjeka mjestimično preko 2mm, te pokoji presjek fragmenta skeleta bodljikaša. Pukotine, veličine presjeka do 0,50mm, zacijeljene su kalcitnim cementom. Udio bioklasta i foraminifera većih od 2mm je 20 do 30 vol.% ** dok je njihov ukupni udio u preparatu (i jedinki većih i manjih od 2mm) 40 do 50 vol.% **.

Kamen determiniramo kao koralinacejski biomikrit do biomikrudit.
Uzorci II i III makroskopski se ne razlikuju bitno od uzorka I.

** prema vizualnoj procjeni

Mikroskopski izbrusci bojani su otopinom Alizarina-crvenog S (metoda Evamy i Sherman, 1965).

* metoda za koju je laboratorij akreditiran ovlasnicom DZNM - NSO br. 1066/04

INSTITUT GRAĐEVINARSTVA HRVATSKE, d.d. Zagreb
Zavod za prometnice
Cestograđevni laboratorij 01 27 05
p.p.283, Janka Rakuše 1, 10000 Zagreb
Tel. +385 1/61 25 125 (centrala),
Fax. +385 1/61 25 401, e-mail: natasa.pecek@igh.hr



Izveštaj broj: 2152-20-2280/09

OCJENA PODOBNOSTI

(S OBZIROM NA PREDVIĐENU NAMJENU)

Na osnovi rezultata dobivenih laboratorijskim ispitivanjima fizičko mehaničkih svojstava, mineraloško petrografskog sastava te kemijske čistoće, stijenska masa iz kamenoloma "DUBAC" ocijenjena je kao sirovina povoljnih svojstava za proizvodnju:

- kamene sitneži za izradu asfaltnih mješavina tipa asfaltbetona na cestama lakog i vrlo lakog razreda prometnog opterećenja (HRN U.E4.014);
- kamene sitneži za izradu gornjih (BNS) i donjih (DBNS) nosivih slojeva od bitumeniziranog materijala na autocesti i cestama svih razreda prometnog opterećenja (OTU-Zgb/89 i HRN U.E9.028);
- drobljenog kamena za izradu donjih nosivih tamponskih slojeva mehanički ili kemijski stabiliziranih (HRN U.E9.024);
- drobljenog nesepariranog kamena za izgradnju i održavanje gospodarskih cesta;

7. Literatura

1. Decker, Karl-Heinz (1975): Elementi strojeva. Tehnička knjiga. Zagreb.
2. Kraut, B. (2009): Strojarski priručnik. Tehnička knjiga. Zagreb.
3. Rnjak, G. et al. (2019): Speleologija – II. izmijenjeno i dopunjeno izdanje. PDS Velebit, Hrvatski planinarski savez i Hrvatska gorska služba spašavanja. Zagreb.
4. ETA (2016) European Technical Approval ETA-02/0001 [05.11.2023.]
5. ETA (2020) European Technical Approval for fischer Bolt Anchor FBN II ETA-07/0211: https://www.dibt.de/pdf_storage/2010/ETA-07%210211%288.06.01-7%2109%29e.pdf [05.12.2023.]
6. Tehnički list za sidreni vijak Fischer https://webshop.schachermayer.com/cdn/medias/docus/66/schm_fischer_lasten_fbn_II.pdf [10.01.2024.]
7. ETA (2017) European Technical Approval for mungo Throughbolt m2 ETA-05/0070: https://www.dibt.de/pdf_storage/2010/ETA-05%210070%288.06.01-56%2110%29e.pdf [05.12.2023.]
8. Tehnički list sidrenog vijka Mungo: <https://www.mungo.swiss/media/wysiwyg/pdf/Mungo-Main-Catalogue-2021-English.pdf> [10.01.2024.]
9. Paleta prizvoda proizvođača MKT: https://mkt.de/fileadmin/mkt/pdf/englisch/Product_Range/MKT_ProductRange_2019_web.pdf [10.01.2024.]
10. ETA (2018) European Technical Approval for MKT ETA-99/0010: https://www.dibt.de/pdf_storage/2011/ETA-99%210010%288.06.01-367%2110%29e.pdf [06.12.2023.]
11. ETA (2021) European Technical Assessment for Rawplug ETA-17/0183: https://static-content.cromwell.co.uk/pdfs/s/Medusa_Attachments/RAW/RAW6651000A-RAW6651059P_SDS2.pdf [06.12.2023.]
12. Tehnički list za sidreni vijak Rawplug: https://rawlplug.co.uk/wp-content/uploads/2020/03/Rawlplug_catalogue_Specification_Design_Guide_2020_compressed.pdf [10.01.2024.]
13. ETA (2013) European Technical Approval for HILTI ETA-98/0001: https://www.dibt.de/pdf_storage/2011/ETA-98%210001%288.06.01-52%2110%29e.pdf [06.12.2023.]
14. Tehnički list za sidreni vijak HILTI: <https://www.hilti.in/content/dam/documents/pdf/india/ftm-anchors/ftm-chemical-anchor/HST3.pdf> [10.01.2024.]
15. Hrvatska enciklopedija: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/smicanje> [11.12.2023.]
16. Hrvatska enciklopedija: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/naprezanje> [11.12.2023.]

17. Službena web stranica Raumer: <https://www.raumerclimbing.com/en> [06.12.2023.]
18. Grubišić, J. (2017) Otpornost na trošenje korozivski postojanih čelika: <https://repositorij.fsb.unizg.hr/en/islandora/object/fsb%3A3677/datastream/PDF/view> [15.01.2024.]
19. Tipovi nehrđajućeg čelika: <https://www.goebelfasteners.com/types-of-stainless-steel-a2-vs-a4-or-304-vs-316/> [15.01.2024.]
20. Usporedba inoxa 316 i 316L: <https://bergsen.com/316-vs-316l-stainless-steel/> [15.01.2024.]