

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Majkić, B., 2016. Vpliv tehnologije vgradnje na nosilnost sprijemnih sider za primarne konstrukcijske elemente. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Šelih, J., somentor Sinur, F.): 123 str.

Datum arhiviranja: 07-07-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

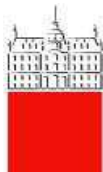
Majkić, B., 2016. Vpliv tehnologije vgradnje na nosilnost sprijemnih sider za primarne konstrukcijske elemente. M.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Šelih, J., co-supervisor Sinur, F.): 123 pp.

Archiving Date: 07-07-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

Jamova 2, p.p. 3422
1115 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si



**PODIPLOMSKI ŠTUDIJ
GRADBENIŠTVA**

Kandidat:

BORISLAV MAJKIČ, univ. dipl. inž. grad.

**VPLIV TEHNOLOGIJE VGRADNJE NA NOSILNOST
SPRIJEMNIH SIDER ZA PRIMARNE
KONSTRUKCIJSKE ELEMENTE**

Magistrsko delo štev.: 255

**INFLUENCE OF INSTALLATION CONDITIONS ON
LOAD CAPACITY OF BONDED ANCHORS FOR
PRIMARY CONSTRUCTION ELEMENTS**

Master of Science Thesis No.: 255

Mentor:

prof. dr. Jana Šelih

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Marijan Žura

Somentor:

doc. dr. Franc Sinur

Člana komisije:

prof. dr. Roko Žarnić

izr. prof. dr. Uroš Klanšek

Ljubljana, 30. maj 2016

Stran za popravke

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Preskuse s sprijemnimi sidri, katerih rezultati in postopek je opisan v raziskovalnem delu, sem izvajal v Inovacijskem centru podjetja Hilti AG v Schaanu (Lihtenštajn).

Podpisani Borislav Majkić izjavljam, da sem avtor magistrskega dela z naslovom »Vpliv tehnologije vgradnje na nosilnost sprijemnih sider za primarne konstrukcijske elemente«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 25.05.2016

(podpis)

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	624.07:627.6(043.2)
Avtor:	Borislav Majkić
Mentorica:	prof. dr. Jana Šelih
Somentor:	doc. dr. Franc Sinur
Naslov:	Vpliv tehnologije vgradnje na nosilnost sprijemnih sider za primarne konstrukcijske elemente
Tip dokumenta:	magistrsko delo
Obseg in oprema:	123 str., 15 pregl., 84 sl.
Ključne besede:	sprijemna sidra, analiza trga sprijemnih sider, tehnologija vgradnje, sprijemna trdnost

Izveček

V magistrskem delu je najprej predstavljena analiza trga sprijemnih sider na slovenskih gradbiščih. Rezultati spletne ankete, ki smo jo uporabili kot raziskovalno metodo, podajajo podroben vpogled v uporabo in pojavnost sprijemnih sider. Najpogostejši proizvodi in dimenzije sider med uporabniki so bili nato izbrani za preskušanje nosilnosti sprijemnih sider s standardnimi postopki. Postopek izvajanja izvlečnih preskusov, s katerimi se je podrobno ugotavljal vpliv tehnologije vgradnje na sprijemno trdnost sider, in smo ga zato uporabili v eksperimentalnem delu raziskave, je podrobno opisan. Dejstvo je namreč, da izvajalci različnih gradbenih del tudi na slovenskih gradbiščih nemalokrat uporabljajo pri vgradnji sprijemnih sider za pripravo vrtine tehniko vrtanja z diamantno krono. Ta tehnika, za razliko od vrtanja z vrtalnim kladivom in svedrom, večinoma ni preskušena in kot taka ni navedena v ETA soglasjih mnogih sprijemnih sider. Dobljeni eksperimentalni rezultati kažejo, da uporabljena tehnika vrtanja bistveno vpliva na rezultate preskušanja.

Rezultati so izjemnega pomena za vse, ki sodelujejo na podočju naknadno vgrajenih sider (t.j. projektanti, nadzorniki, naročniki, izvajalci in podizvajalci, naročniki), saj je obstoječih podatkov na tem področju le malo. Rezultati raziskave kažejo, da moramo biti pozorni, kadar vgrajujemo sidra v vrtine, pripravljene s pomočjo tehnike diamantnega vrtanja, če tega postopka nimajo navedenega v svojem tehničnem soglasju. Vsi trije preskušeni proizvodi izkazujejo bistveno zmanjšanje sprijemne trdnosti, kadar so vrtine pripravljene s tehnologijo diamantnega vrtanja v primerjavi z vrednostmi, doseženimi v primeru vrtine, ki je pripravljena s pomočjo vrtalnega kladiva. Pričakujemo lahko, da bodo na podlagi dobljenih rezultatov vse deležniki ozavestili pomen izbire tehnike priprave vrtine v primeru, da sidra nimajo odobrene tovrstne priprave vgradnje. Izvedeno raziskovalno delo kaže, da je

pri nekaterih proizvodih možno zmanjšanje sprijemne trdnosti do 70% , kadar je namesto vrtalnega kladiva uporabi vrtanje z diamantno krono.

BIBLIOGRAFIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 624.07:627.6(043.2)
Author: Borislav Majkić
Supervisor: Prof. Jana Šelih, Ph.D.
Cosupervisor: Assist. Prof. Franc Sinur, Ph.D.
Title: Influence of installation conditions on load capacity of bonded anchors for primary construction elements
Document type: M. Sc. Thesis
Notes: 123 p., 15 tab., 84 fig.
Key words: bonded anchors, market analysis of bonded anchors, installation conditions, bonded strength

Abstract

The thesis Influence of installation conditions on load capacity of bonded anchors for primary construction elements presents market analysis of bonded anchors at slovenian construction sites. By using the on-line survey as the research tool, show detailed view on use and appearance of bonded anchors was obtained.. The most common products and dimensions of anchors among users were than, with standard procedures, tested on a load resistance. The testing procedure for tension tests that enables the analysis of the influence of installation conditions on bond strength of anchors, and was therefore used in the experimental part of the research, is described in detail in this chapter as well. It has been frequently observed that the contractors of various construction works often use diamond core bits to drill holes necessary for the installation of bonded anchors. This drilling technique is often not tested and as such, it is not mentioned in the ETA approvals as appropriate for many types of bonded anchors. The obtained experimental results show that the drilling technique significantly influences the results of the tests.

These results are of extreme importance to everybody who is involved in work with bonded anchors (i.e. design and consulting engineers, supervisors, clients, contractors and subcontractors, owners) since this data was so far lacking. The research results show that we have to be cautious when bonded anchors are used in diamond drilled holes, while they have no Technical Approval for this installation procedure. All of three tested products show significant bonded strength decrease when the anchors are installed in diamond drilled holes, compared to the values measured on anchors installed in hammer drilled holes. It can be expected that, based on the obtained results, all project stakeholders will have a higher level of awareness regarding the influence of the selection of drilling technique, if the anchors are not approved for this kind of installation. The conducted experimental work shows that

the reduction of bond strength can achieve up to 70% for some products, if diamond drilling technique is employed instead of the hammer drilling.

ZAHVALA

Na prvem mestu bi se rad zahvalil svoji ženi za vso spodbudo in razumevanje tekom pisanja magistrskega dela.

Nato bi se rad zahvalil tudi somentorju doc.dr. Francu Sinurju in mentorici prof.dr. Jani Šelih, ki sta mi s svojimi izkušnjami nudila strokovne napotke pri pisanju naloge. Hkrati gre posebna zahvala pokojnemu prof.dr. Darku Begu, ki me je opogumil za pisanje naloge in za napotke pri raziskavah na področju sidranja.

Empiričnega dela magistrskega dela ne bi mogel izpeljati, v kolikor mi preskušanj in opreme v Inovacijskem centru podjetja Hilti AG ne bi zagotovil dr. Jakob Kunz. Njegove izkušnje na področju sidranja so mi razjasnile pojme pri številnih vprašanjih s tega področja. Preskušanj prav tako ne bi izpeljal v kolikor mi pri rokovanju z napredno opremo v omenjenem centru ne bi pomagali tam zaposleni: Lino, Remo in Rafael.

Še enkrat vsem skupaj, najlepša hvala!

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Predstavitev problema	1
1.2	Namen in cilji magistrskega dela	2
1.3	Metodologija raziskovalnega dela	3
2	OSNOVNO O (SPRIJEMNIH) SIDRIH	5
2.1	Zgodovina sidranja	5
2.2	Narava in smer obtežbe	6
2.3	Vnos obtežbe v osnovni material	7
2.4	Tehnologije vrtanja	8
2.5	Tipi sider	9
2.6	Sprijemna sidra	9
2.6.1	Sistem s kemičnimi ampulami	10
2.6.2	Sistem s kemičnimi masami	11
2.7	Porušni mehanizmi sprijemnih sider v betonu	12
3	Pregled literature	13
4	POSTOPEK PRESKUŠANJA SPRIJEMNIH SIDER	18
4.1	Načini izvajanja preskusov	20
4.1.1	Splošno o izvajanju preskusov	20
4.1.2	Preskusi povezani z mehansko odpornostjo in stabilnostjo sprijemnih sider	21
4.1.3	Preskusi ustreznosti sprijemnih sider	23
4.1.4	Preskusi za določanje dopustnih pogojev pri uporabi sidra	30
4.2	Ovrednotenje primernosti sider za predvideno uporabo	34
4.2.1	Vpliv trdnosti betona in jekla na porušno nosilnost	34
4.2.2	Ovrednotenje rezultatov preskusov ustreznosti	34
4.2.3	Dopustni pogoji pri uporabi sider	38
4.3	Sidra na splošno: izvleček iz ETAG 001 - del 1	43
4.3.1	Kriteriji veljavni za vse preskuse: izvleček iz ETAG 001 – del 1; 6.1.1.1	44
4.3.2	Kriteriji za specifične preskuse: izvleček iz ETAG 001 – del 1; 6.1.1.2:	47
4.3.3	Karakteristična nosilnost enega sidra: izvleček iz ETAG 001 – del 1; 6.1.2.2.1 (a)	48
4.3.4	Redukcija karakteristične natezne nosilnosti: izvleček iz ETAG 001 – del 1;	
	6.1.2.2.1 (b)	51
4.4	Podrobnosti preizkušanja sider	52
4.4.1	Betonski elementi	52
4.4.2	Vgradnja sider	53
4.4.3	Oprema za izvedbo preskusov	54

4.4.4	Postopek izvajanja preskusov	56
5	TRG SPRIJEMNIH SIDER V SLOVENIJI	60
5.1	Izvedba ankete	61
5.2	Rezultati ankete	62
5.3	Povzetek ankete	72
6	VPLIV TEHNOLOGIJE VGRADNJE NA NOSILNOST SPRIJEMNIH SIDER	74
6.1	Potek izvedbe izvlečnih preskusov	75
6.1.1	Preskusni laboratorij: Inovacijski center Hilti	75
6.1.2	Število in tipi preskusov	76
6.1.3	Betonski vzorci	78
6.1.4	Priprava izvrtin za sprijemna sidra	78
6.1.5	Izničenje vpliva vlage v izvrtinah na rezultate preskusov	85
6.1.6	Vgradnja sprijemnih sider	85
6.1.7	Izvedba nateznih izvlečnih preskusov	87
6.1.8	Rezultatov nateznih preskusov sprijemnih sider M16	91
6.1.9	Analiza rezultatov preskusov sprijemnih sider M16	103
6.1.10	Rezultati izvlečnih preskusov v vogalu	106
6.1.11	Rezultati kontrolnih nateznih preskusov sprijemnih sider M12	109
6.1.12	Analiza rezultatov preskusov sprijemnih sider M12	114
7	ZAKLJUČKI	117
7.1	Predstavitev zaključkov	117
7.2	Priporočila za nadaljnje raziskovalno delo	118
	POVZETEK	120
	SUMMARY	121
	VIRI	122
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Opcije ovrednotenja sider po ETAG 001 – del 1, preglednica 5.3 (2013)	19
Preglednica 2: Preskusi ustreznosti sprijemnih sider, namenjenih za uporabo samo v nerazpokanem delu betona (ETAG 001 – del 5, preglednica 5.2; 2013)	25
Preglednica 3: Neomejeni preskusi za določitev dopustnih pogojev pri uporabi sprijemnih sider, namenjenih tako za natezno kot za tlačno cono betona (ETAG 001 – del 5, preglednica 5.5, 2013)	33
Preglednica 4: Omejeni preskusi za določitev dopustnih pogojev pri uporabi sprijemnih sider namenjenih tako za natezno kot za tlačno cono betona z upoštevanjem α_{setup} (ETAG 001 – del 5, preglednica 5.6, 2013)	33
Preglednica 5: Vrednosti $req.\alpha$ pri preskusih zanesljivosti vgradnje sprijemnih sider (ETAG 001 – del 5, preglednica 6.1, 2013)	42
Preglednica 6: Preskusi ustreznosti sider za uporabo samo v tlačni coni betona (ETAG 001 – del 1, preglednica 5.2, 2013)	46
Preglednica 7: Vrednosti $req.\alpha$ pri preskusih varne vgradnje (ETAG 001 – del 1, pregl. 6.1, 2013)	47
Preglednica 8: Preskusi za določanje dopustnih pogojev za uporabo sider (ETAG 001 – del 1, pregl. 5.4, 2013)	49
Preglednica 9: Premer izvrtine v pritrjevanju (priloga A k ETAG 001, preglednica 4.1, 2013)	55
Preglednica 10: Deleži odgovorov pri navedeni globini sidranja glede na pogostost vrtnanja z navedeno globino	66
Preglednica 11: Dejavniki, ki pri uporabnikih vplivajo na odločitev o nakupu določenega proizvoda	72
Preglednica 12: Število in tipi izvedenih preskusov glede na dimenzijo in vrsto sprijemnega sidra	76
Preglednica 13: Rezultati nateznih izvlečnih preskusov sprijemnih sider dimenzije M16	103
Preglednica 14: Rezultati izvlečnih preskusov sprijemnih sider dimenzije M16 v polju in v vogalu	108
Preglednica 15: Rezultati izvlečnih preskusov sprijemnih sider dimenzije M12	115

KAZALO SLIK

Slika 1: Mehanizmi pri prenosu obtežbe v osnovni material (Hilti AFTM, 2014)	7
Slika 2: Sveder in kombinirano vrtalno kladivo (www.hilti.si, 2016)	8
Slika 3: Diamantna krona in stroj za diamantno vrtanje (www.hilti.si, 2016)	9
Slika 4: Klasifikacija sprijemnih sider (Eligehausen, Mallée in Silva, 2006)	10
Slika 5: Kemična ampula in sidrna palica (www.hilti.si, 2016)	10
Slika 6: Porušni mehanizmi sprijemnih sider pri natezni obtežbi (Cook in sod., 1998)	12
Slika 7: Odziv obtežba / pomik sprijemnih sider M12, $h_{ef} = 110\text{mm}$, $f_c \approx 25\text{ N/mm}^2$, ki niso občutljiva na čistost izvrtine, v očiščenih in neočiščenih izvrtinah (Meszaros in Eligehausen, 1996/1)	14
Slika 8: Odziv obtežba / pomik sprijemnih sider M12, $h_{ef} = 110\text{mm}$, $f_c \approx 25\text{ N/mm}^2$, ki so občutljiva na čistost izvrtine, v očiščenih in neočiščenih izvrtinah (Meszaros in Eligehausen, 1996/1)	15
Slika 9: Vpliv intenzivnosti čiščenja izvrtine na sprijemno trdnost sider M12 v suhem betonu	15
Slika 10: Pomik v odvisnosti od obtežbe pri sprijemnih sidrih M12, $h_{ef} = 110\text{mm}$, $f_c \approx 25\text{ N/mm}^2$, ki so občutljiva na vlažnost betona, v suhem in mokrem betonu (Meszaros in Eligehausen, 1996/2)	16
Slika 11: Vpliv intenzivnosti čiščenja izvrtine na sprijemno trdnost sider M12 v vlažnem betonu	16
Slika 12: Pomik v odvisnosti od napetosti pri sprijemnih sidrih v izvrtinah izvrtanih s svedri in s kronami	17
Slika 13: Primer nateznega preskusnega orodja za izvedbo neomejenega preskusa (ETAG 001 – del 5)	20
Slika 14: Primer nateznega preskusnega orodja za izvedbo omejenega preskusa (ETAG 001 – del 5)	21
Slika 15: (a) Obtežba pri izgubi sprijemnosti ob občutni izgubi togosti; (b) Določitev obtežbe pri izgubi sprijemnosti (ETAG 001 – del 5; 6.1.1.1, sliki 6.1a in 6.1b, 2013)	35
Slika 16: (a) Določitev obtežbe pri izgubi sprijemnosti; (b) Določitev obtežbe pri izgubi sprijemnosti (ETAG 001 – del 5; 6.1.1.1, sliki 6.1c in 6.1d, 2013)	36
Slika 17: Zahteve pri krivulji obtežba/pomik (ETAG 001 – del 1; 6.1.1.1(a), slika 6.1, 2013)	45
Slika 18: Vpliv prednapetja na krivulje obtežba/pomik (ETAG 001 – del 1; 6.1.1.1(b), slika 6.2, 2013)	45
Slika 19: Kriterij rezultatov preskusov pri nihanju širine razpoke (ETAG 001 – del 1; 6.1.1.2, slika 6.3, 2013)	48
Slika 20: Rezalni premer svedrov za vrtalna kladiva (priloga A k ETAG 001, slika 3.1, 2013)	54
Slika 21: Primer preskusa s pritezničnim momentom (priloga A k ETAG 001, slika 4.4, 2013)	56
Slika 22: Primer preskusne naprave na vogalu betonskega elementa (priloga A k ETAG 001, slika 5.1, 2013)	57
Slika 23: Spletna anketa "Sprijemna sidra" na spletni strani ponudnika 1KA (www.1ka.si, 2015)	61
Slika 24: Primer spletne ankete o sprijemnih sidrih	62
Slika 25: Število podjetij, ki so izpolnjevala spletno anketo po regijah	63

Slika 26: Število zaposlenih v podjetju, ki je sodelovalo v anketi	63
Slika 27: Delež anketiranih podjetij glede na njihovo dejavnost	64
Slika 28: Pogostost dela s sidri	64
Slika 29: Delež sidranj z uporabo sprijemnih sider	65
Slika 30: Delež sprijemnih sider z navojnimi palicami (razlika so armaturne palice)	66
Slika 31: Premer vgrajenih sidrnih palic	67
Slika 32: Delež sider vgrajenih z diamantno tehniko vrtnanja	68
Slika 33: Delež vgrajenih sprijemnih mas, ki imajo ETA soglasje	68
Slika 34: Delež sprijemnih sider glede na proizvajalca	69
Slika 35: Najpogosteje uporabljene sprijemne mase	69
Slika 36: Letna količina vgrajenih sprijemnih sider	70
Slika 37: Tehnika čiščenja izvrtin pri vgradnji sprijemnih sider	71
Slika 38: Čas vezanja, ki ga upoštevajo izvajalci preden vgradijo sidrni element	71
Slika 39: Novozgrajeni Inovacijski center družbe Hilti v Schaanu (lasten vir, 2015)	75
Slika 40: Betonske plošče namenjene preskušanju sider (lasten vir, 2015)	78
Slika 41: Vrtalno kladivo Hilti TE76-ATC s svedrom fi18 (lasten vir, 2015)	79
Slika 42: Vrtanje izvrtin z uporabo vrtalnega kladiva Hilti TE76-ATC (lasten vir, 2015)	80
Slika 43: Ročna tlačilka in okrogli krtači d=14 mm in d=18 mm z ročajem (lasten vir, 2015)	80
Slika 44: Sistem za diamantno vrtnanje Hilti DD 120 (lasten vir, 2015)	81
Slika 45: Diamantna krona Hilti DD-BI 18/320 PL (lasten vir, 2015)	82
Slika 46: Odstranjena betonska jedra po diamantnem vrtnanju izvrtin (lasten vir, 2015)	83
Slika 47: Izpiranje in izpihovanje diamantno izvrtanih izvrtin (lasten vir, 2015)	84
Slika 48: Odsesavanje stoječe vode iz izvrtin (lasten vir, 2015)	84
Slika 49: Izvrtine izvrtane s svedrom zalite z vodo (lasten vir, 2015)	85
Slika 50: Odpadek mase pred začetkom doziranja nenačetih embalaž (lasten vir, 2015)	86
Slika 51: Sidrne palice M16 vgrajene v svežo sprijemno maso (lasten vir, 2015)	87
Slika 52: Prikaz namestitve opreme za izvedbo nateznega preskusa po korakih (lasten vir, 2015)	88
Slika 53: V celoti izvlečeno sprijemno sidro (lasten vir, 2015)	90
Slika 54: Izvajanje izvlečnih preskusov z ustrezno opremo v betonu C50/60 (lasten vir, 2015)	90
Slika 55: Ref. izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso A (vrtalno kladivo)	91
Slika 56: Ref. izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso B (vrtalno kladivo)	92
Slika 57: Ref. izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso C (vrtalno kladivo)	92
Slika 58: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso A v vlažnih izvrtinah (vrtalno kladivo)	93
Slika 59: Tipalo s stojalom in izvlečno cevjo (lasten vir, 2015)	94
Slika 60: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso B v vlažnih izvrtinah (vrtalno kladivo)	95
Slika 61: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso C v vlažnih izvrtinah (vrtalno kladivo)	95
Slika 62: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso A v diamantnih izvrtinah (diamantna krona)	96

Slika 63: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso B v diamantnih izvrtinah (diamantna krona)	97
Slika 64: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso C v diamantnih izvrtinah (diamantna krona)	97
Slika 65: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso A v betonu C50/60 (vrtalno kladivo)	98
Slika 66: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso B v betonu C50/60 (vrtalno kladivo)	99
Slika 67: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso C v betonu C50/60 (vrtalno kladivo)	99
Slika 68: Porušni vzorci vseh treh proizvodov v betonu C50/60, vrtalno kladivo (lasten vir, 2015)	100
Slika 69: Porušni vzorci vseh treh proizvodov v betonu C50/60, diamantna krona (lasten vir, 2015)	101
Slika 70: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso A v diamantnih izvrtinah pri betonu C50/60	101
Slika 71: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso B v diamantnih izvrtinah pri betonu C50/60	102
Slika 72: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso C v diamantnih izvrtinah pri betonu C50/60	102
Slika 73: Vpliv tehnike vrtnanja na zmanjšanje karakteristične sprijemne trdnosti v betonu C20/25	105
Slika 74: Vpliv tehnike vrtnanja na karakteristično sprijemno trdnost v betonu C50/60	106
Slika 75: Vgradnja in izvedba izvlečnih preskusov na vogalu v betonu C20/25 (lasten vir, 2015)	108
Slika 76: Razcep betona pri izvedbi izvlečnih preskusov v vogalu betona C20/25 (lasten vir, 2015)	109
Slika 77: Izvlečni preskusi s sidri M12 v betonu C20/25 (lasten vir, 2015)	110
Slika 78: Izvlečni preskusi M12 s sprijemno maso A v vlažnih izvrtinah (vrtalno kladivo)	111
Slika 79: Izvlečni preskusi M12 s sprijemno maso B v vlažnih izvrtinah (vrtalno kladivo)	111
Slika 80: Izvlečni preskusi M12 s sprijemno maso C v vlažnih izvrtinah (vrtalno kladivo)	112
Slika 81: Izvlečni preskusi M12 s sprijemno maso A v diamantnih izvrtinah	113
Slika 82: Izvlečni preskusi M12 s sprijemno maso B v diamantnih izvrtinah	113
Slika 83: Izvlečni preskusi M12 s sprijemno maso C v diamantnih izvrtinah	114
Slika 84: Porušni vzorci M12 sider vgrajenih z diamantno tehnologijo vrtnanja (lasten vir, 2015)	115

INDEX OF TABLES

Table 1: Assessment options covered by ETAG 001 – part 1, table 5.3 (2013)	19
Table 2: Suitability tests for bonded anchors to be used in non-cracked concrete only (ETAG 001 – part 5, table 5.2; 2013)	25
Table 3: Admissible service condition tests for bonded anchors to be used in cracked and non-cracked concrete based on unconfined test (ETAG 001 – part 5, table 5.5, 2013)	33
Table 4: Admissible service condition tests for bonded anchors to be used in cracked and non-cracked concrete based on confined test and calculated with α_{setup} (ETAG 001 – part 5, table 5.6, 2013)	33
Table 5: Values of $req.\alpha$ in the installation safety tests for bonded anchors (ETAG 001 – part 5, table 6.1, 2013)	42
Table 6: Suitability tests for anchors to be used in non-cracked concrete only (ETAG 001 – part 1, table 5.2, 2013)	46
Table 7: Values of $req.\alpha$ in the installation safety tests (ETAG 001 – part 1, table 6.1, 2013)	47
Table 8: Tests for admissible service conditions (ETAG 001 – part 1, table 5.4, 2013)	49
Table 9: Tests for admissible service conditions (Annex A of ETAG 001, table 4.1, 2013)	55
Table 10: Share of answers at given anchor depth based on frequency of drilling with given depth	66
Table 11: The most relevant factors for users when deciding to purchase particular product	72
Table 12: Number and types of executed tests with respect to dimension and type of the bonded anchor	76
Table 13: Results of tension pull-out tests of bonded anchors dimension M16	103
Table 14: Results of tension tests with bonded anchors dimension M16 in field and in corner	108
Table 15: Results of tension tests with bonded anchors dimension M12	115

INDEX OF FIGURES

Figure 1: Load-transfer mechanisms (Hilti AFTM, 2014)	7
Figure 2: Drill bit and combihammer (www.hilti.si, 2016)	8
Figure 3: Diamond core bit and diamond drilling tool (www.hilti.si, 2016)	9
Figure 4: Classification of bonded anchors (Eligehausen, Mallée and Silva, 2006)	10
Figure 5: Fiol capsule adhesive anchor and anchor rod (www.hilti.si, 2016)	10
Figure 6: Failure modes of bonded anchors under tension load (Cook and others, 1998)	12
Figure 7: Load / displacement curves of bonded anchors M12, $h_{ef} = 110\text{mm}$, $f_c \approx 25 \text{ N/mm}^2$ that are not sensitive to hole cleaning in cleaned and uncleaned holes (Meszaros and Eligehausen, 1996/1)	14
Figure 8: Load / displacement curves of bonded anchors M12, $h_{ef} = 110\text{mm}$, $f_c \approx 25 \text{ N/mm}^2$ that are sensitive to hole cleaning in cleaned and uncleaned holes (Meszaros and Eligehausen, 1996/1)	15
Figure 9: Influence of intensity of hole cleaning on the bond strength of injection anchors M12 in dry concrete (Meszaros and Eligehausen, 1996/1)	15
Figure 10: Load / displacement curves of bonded anchors M12, $h_{ef} = 110\text{mm}$, $f_c \approx 25 \text{ N/mm}^2$ that are sensitive to moisture in concrete in dry and wet concrete (Meszaros and Eligehausen, 1996/2)	16
Figure 11: Influence of intensity of hole cleaning on the bond strength of injection anchors M12 in wet concrete (Meszaros and Eligehausen, 1996/1)	16
Figure 12: Stress-displacement curves of injection type bonded anchors in hammer and diamond drilled holes (Spieth and Eligehausen, 2002)	17
Figure 13: Example of a tension test rig for unconfined tests (ETAG 001 – part 5)	20
Figure 14: Example of a tension test rig for confined tests (ETAG 001 – part 5)	21
Figure 15: (a) Load at loss of adhesion by a significant change of stiffness; (b) Evaluation of load at loss of adhesion (ETAG 001 – part 5; 6.1.1.1, figures 6.1a and 6.1b, 2013)	35
Figure 16: (a) Evaluation of load at loss of adhesion; (b) Evaluation of load at loss of adhesion (ETAG 001 – part 5; 6.1.1.1, figures 6.1c and 6.1d, 2013)	36
Figure 17: Requirements for the load/displacement curve (ETAG 001 – part 1; 6.1.1.1(a), fig. 6.1, 2013)	45
Figure 18: Influence of prestressing on load/displacement curves (ETAG 001 – part 1; 6.1.1.1(b), figure 6.2, 2013)	45
Figure 19: Criteria for results of tests with crack movements (ETAG 001 – part 1; 6.1.1.2, figure 6.3, 2013)	48
Figure 20: Cutting diameter of hard metal hammer-drill bits (Annex A of ETAG 001, figure 3.1, 2013)	54
Figure 21: Example for torque test (Annex A of ETAG 001, figure 4.4, 2013)	56
Figure 22: Example of the test rig for tension test on anchors at corner (Annex A of ETAG 001, figure 5.1, 2013)	57

Figure 23: Online survey "Bonded anchors" at web page of provider 1KA (www.1ka.si, 2015)	61
Figure 24: Example of web survey about bonded anchors	62
Figure 25: Number of companies that completed the online survey according to the region	63
Figure 26: Number of employee per company that participate survey	63
Figure 27: Share of surveyed companies based on their industry	64
Figure 28: Frequency of work with anchors	64
Figure 29: Share of bonded anchors	65
Figure 30: Share of bonded anchors with threaded rods (the difference is rebar)	66
Figure 31: Diameter of installed anchor rods	67
Figure 32: Share of anchors installed with diamond drilling technique	68
Figure 33: Share of installed mortars with ETA approval	68
Figure 34: Share of bonded anchors with respect to producer	69
Figure 35: The most commonly used bonded mortars	69
Figure 36: Annual amount of installed bonded anchors	70
Figure 37: Cleaning technique during bonded anchors installation	71
Figure 38: Real curing time employed by the contractors before they set anchor rod	71
Figure 39: New Innovation Center of Hilti Company in Schaan (own source, 2015)	75
Figure 40: Concrete members for anchor testing (own source, 2015)	78
Figure 41: Rotary hammer Hilti TE76-ATC with drill bit fi18 (own source, 2015)	79
Figure 42: Drilling holes with rotary hammer Hilti TE76-ATC (own source, 2015)	80
Figure 43: Hand air pump and round brushes d=14 mm and d=18 mm with handle (own source, 2015)	80
Figure 44: Diamond drilling system Hilti DD 120 (own source, 2015)	81
Figure 45: Diamond core bit Hilti DD-BI 18/320 PL (own source, 2015)	82
Figure 46: Concrete cores after diamond drilling (own source, 2015)	83
Figure 47: Flushing and blowing diamond drilled boreholes (own source, 2015)	84
Figure 48: Suctioning water from boreholes (own source, 2015)	84
Figure 49: Watered drill bit boreholes (own source, 2015)	85
Figure 50: Mortar waste before use of new foils (own source, 2015)	86
Figure 51: Anchor rods M16 installed in fresh bonded mortar (own source, 2015)	87
Figure 52: Installation of testing equipment for tension test by steps (own source, 2015)	88
Figure 53: Complete pull-out of bonded anchor (own source, 2015)	90
Figure 54: Performing pull-out tests with appropriate equipment on concrete C50/60 (own source, 2015)	90
Figure 55: Ref. pull-out tests M16 with bonded anchor A (rotary hammer)	91
Figure 56: Ref. pull-out tests M16 with bonded anchor B (rotary hammer)	92
Figure 57: Ref. pull-out tests M16 with bonded anchor C (rotary hammer)	92

Figure 58: Pull-out tests M16 with bonded anchor A in moist boreholes (rotary hammer)	93
Figure 59: Sensor with tripod and pull-out hose (own source, 2015)	94
Figure 60: Pull-out tests M16 with bonded anchor B in moist boreholes (rotary hammer)	95
Figure 61: Pull-out tests M16 with bonded anchor C in moist boreholes (rotary hammer)	95
Figure 62: Pull-out tests M16 with bonded anchor A in diamond drilled holes (diamond core bit)	96
Figure 63: Pull-out tests M16 with bonded anchor B in diamond drilled holes (diamond core bit)	97
Figure 64: Pull-out tests M16 with bonded anchor C in diamond drilled holes (diamond core bit)	97
Figure 65: Pull-out tests M16 with bonded anchor A in concrete C50/60 (rotary hammer)	98
Figure 66: Pull-out tests M16 with bonded anchor B in concrete C50/60 (rotary hammer)	99
Figure 67: Pull-out tests M16 with bonded anchor C in concrete C50/60 (rotary hammer)	99
Figure 68: Test samples of all three products in concrete C50/60, rotary hammer (own source, 2015)	100
Figure 69: Test samples of all three products in concrete C50/60, diamond core bit (own source, 2015)	101
Figure 70: Pull-out tests M16 with bonded anchor A in diamond drilled holes in concrete C50/60	101
Figure 71: Pull-out tests M16 with bonded anchor B in diamond drilled holes in concrete C50/60	102
Figure 72: Pull-out tests M16 with bonded anchor C in diamond drilled holes in concrete C50/60	102
Figure 73: Influence of drilling technique upon the decrease of characteristic bond strength in concrete C20/25	105
Figure 74: Decrease of characteristic bond strength at diamond drilling technique in concrete C50/60	106
Figure 75: Installation and realization of corner tension tests in concrete C20/25 (own source, 2015)	108
Figure 76: Splitting failure at tension tests in the corner of concrete member C20/25 (own source, 2015)	109
Figure 77: Pull-out tests with M12 anchors in concrete C20/25 (own source, 2015)	110
Figure 78: Pull-out tests M12 with bonded anchor A in moist boreholes (rotary hammer)	111
Figure 79: Pull-out tests M12 with bonded anchor B in moist boreholes (rotary hammer)	111
Figure 80: Pull-out tests M12 with bonded anchor C in moist boreholes (rotary hammer)	112
Figure 81: Pull-out tests M12 with bonded anchor A in diamond drilled holes	113
Figure 82: Pull-out tests M12 with bonded anchor B in diamond drilled holes	113
Figure 83: Pull-out tests M12 with bonded anchor C in diamond drilled holes	114
Figure 84: Testing samples of M12 anchors installed with diamond drilling technology (own source, 2015)	115

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: SPLETNI VPRAŠALNIK

A1

SEZNAM UPORABLJENIH SIMBOLOV

A_s	[mm ²]	preseki obremenjenega dela sidra
c_{min}	[mm]	minimalen odmik od roba betona
c_{cr}	[mm]	kritični odmik od roba betona
d	[mm]	premer sidra
d_0	[mm]	premer izvrtine
d_f	[mm]	debelina pritrjevanca
$d_{cut,m}$	[mm]	povprečni premer svedra
f_c	[N/mm ²]	tlačna trdnost betona
f_{cm}	[N/mm ²]	povprečna tlačna trdnost betona
$f_{c,test}$	[N/mm ²]	tlačna trdnost betona v času preskusa
f_{uk}	[N/mm ²]	karakteristična trdnost jekla
$f_{u,test}$	[N/mm ²]	karakteristična trdnost jekla v času preskusa
$F_{5\%}$	[kN]	karakteristična nosilnost sidra pri 5% fraktili
F_{Rk}	[kN]	karakteristična nosilnost sidra
F_{Ru}	[kN]	porušna obtežba
F_{Ru}^t	[kN]	porušna obtežba pri preskusu
$F_{Ru,m}^t$	[kN]	povprečna porušna obtežba pri preskusu
h	[mm]	debelina betonskega elementa
h_{ef}	[mm]	efektivna globina sidranja
N_I	[kN]	obtežba pri kateri pride do nepredvidenega zdrsa sidra
N_{max}	[kN]	maksimalna natezna obtežba
N_p	[kN]	konstantna natezna obtežba pri preskusih nihanja širine razpok
N_{Rk}	[kN]	karakteristična nosilnost sidra
$N_{Rk,0}$	[kN]	karakteristična natezna nosilnost sprijemnega sidra pri poružitvi betonskega stožca ali pri izvleku
$N_{Rk,p}$	[kN]	karakteristična nosilnost sidra pri poružitvi zaradi izvleka
N_{sust}	[kN]	stalna natezna obtežba
$N_{Ru,mt}^t$	[kN]	povprečna vrednost maksimalne obtežbe pri 5% fraktili v preskusni seriji
$N_{Ru,mt}^r$	[kN]	povprečna vrednost referenčne maksimalne obtežbe pri 5% fraktili
N_u	[kN]	maksimalna obtežba med preskusom
N_u^i	[kN]	maksimalna obtežba sidra pri nateznem preskusu v i-ti seriji
$N_{u,adh}$	[kN]	obtežba pri izgubi sprijemnosti
s_0	[mm]	začetni pomik pri stalni obtežbi v trenutku $t = 0$
s_{min}	[mm]	minimalen razmak med sidri
s_{cr}	[mm]	kritični razmak med sidri

T	[°C]	temperatura
T_{inst}	[Nm]	pritezni moment podan v navodilih proizvajalca
ν	[]	koeficient variacije
a	[]	koeficient
a_1	[]	koeficient
a_2	[]	razmerje med obtežbami pri dolgoročni temperaturi
a_3	[]	razmerje med obtežbami pri kratkoročni temperaturi
a_4	[]	razmerje med obtežbami pri kontroli obstojnosti veziva
a_{setup}	[]	modifikacijski faktor
\square_2	[]	delni varnostni faktor
$d_{0,3}$	[mm]	pomik pri $0,3N_u$
d_{N0}	[mm]	pomik pod vplivom kratkotrajne obtežbe
$d_{N\infty}$	[mm]	pomik pod vplivom kratkotrajne obtežbe
d_{m2}	[mm]	maksimalen pomik pod vplivom stalne obtežbe po končanju preskusa
t_{Rk}	[N/mm ²]	karakteristična prijemna trdnost
$t_{Rk,ucr}$	[N/mm ²]	karakteristična prijemna trdnost za tlačno cono betona C20/25
t_{Ru}	[N/mm ²]	srijemna trdnost pri normalni temperaturi okolja
t_{Ru}^i	[N/mm ²]	srijemna trdnost sidra s premerom d pri nateznem preskusu v i -ti seriji
$t_{u,m}^{t,i}$	[N/mm ²]	povprečna porušna srijemna trdnost pridobljena v i -ti plošči
$t_{u,m}^{r,i}$	[N/mm ²]	povprečna porušna srijemna trdnost pripadajočega ref. preskusa v i -ti plošči
$t_{u,5\%}^{t,i}$	[N/mm ²]	porušna srijemna trdnost pri 5% fraktili pridobljena v i -ti plošči
$t_{u,5\%}^{r,i}$	[N/mm ²]	porušna srijemna trdnost pri 5% fraktili pri ref. preskusu v i -ti plošči
\square_3	[]	delni varnostni faktor
\square_4	[]	delni varnostni faktor
\mathcal{G}_{Mc}	[]	delni varnostni faktor
\mathcal{G}_f	[]	delni varnostni faktor za sidra
σ	[]	standardni odklon

1 UVOD

1.1 Predstavitev problema

Uporaba sider v gradbeništvu je že nekaj časa del vsakdana za številne izvajalce na mnogih gradbiščih po svetu. Nemalokrat se ti izvajalci soočajo z bolj ali manj zahtevnimi primeri sidranja različnih elementov v različnih osnovnih materialih. Sidranje jeklenih stebrov in nosilcev v betonske elemente (temelje, plošče, stene...) zahteva predhodno statično analizo, v kateri projektanti določijo nosilnost takšnega sistema oziroma skupine sider. Sposobnost skupine sider, da prevzamejo računsko obtežbo pri tovrstnih aplikacijah, je ključna za prenos obtežbe iz konstrukcijskega elementa v osnovni material, ki je pogosto temelj ali temeljna plošča. V tem pogledu lahko obravnavamo sidra kot "šibek" oziroma ključen člen v verigi pri prenosu obtežbe pri konstrukcijskih spojih.

Spremljanje prakse kaže, da delež naknadnega sidranja oziroma naknadne vgradnje sider v primerjavi s predhodno vbetoniranimi sidrnimi elementi v zadnjih letih vztrajno narašča. Razlogi za slednje dejstvo so številni. Zlasti velja izpostaviti pojav novih smernic in predpisov za projektiranje naknadno vgrajenih sider, hitrost in enostavnost izvedbe, prilagodljivost, zanesljivost izvedbe z uporabo preizkušenih sistemov, razvoj sider za različne aplikacije v različnih okoliščinah in razvoj programske opreme za hitro in zanesljivo projektiranje sider skladno z različnimi predpisi.

Ponudba proizvajalcev sider je vedno bolj pestra tudi na slovenskem tržišču. Mnogi med njimi predstavljajo svoje izdelke kot primerne za različne aplikacije, pri čemer se pred končnim uporabnikom ali kupcem izpostavijo le določene karakteristike ponujenih artiklov. Kot odgovorni projektanti, nadzorniki in odgovorni vodje gradbenih del pa moramo zagotoviti zanesljivo, dokazano varno in kontrolirano vgradnjo takšnih sider, ki imajo za predvidene aplikacije pridobljena pripadajoča soglasja. V Republiki Sloveniji se od proizvajalcev sidrnih elementov zahteva, da produktu priložijo evropsko tehnično soglasje oziroma evropsko tehnično oceno (ETA – *European Technical Approval* oz. *European Technical Assessment*), v katerem morajo biti navedene številne lastnosti ponujenih sidrnih elementov. Eden izmed pomembnih dejavnikov, ki vplivajo na obnašanje in nosilnost sidra, je vsekakor način vgradnje. ETA soglasja oziroma ocene večine sider podajajo nosilnost ob predpostavki, da se izvrtina v osnovnem materialu (betonu) pripravi z uporabo vrtalnega kladiva in svedra. Zaradi različnih razlogov pa se danes številna sidra vgrajujejo tudi s tehnologijo diamantnega vrtanja (uporaba diamantnih kron). Ob tem velja opozoriti, da imajo le redka sidra v svojih tehničnih soglasjih oziroma ocenah takšen način vgradnje naveden kot primeren. V tovrstnih soglasjih je poleg nosilnosti sider, vgrajenih s pomočjo svedra, podana tudi nosilnost istega sidra v izvrtinah izvrtanih z diamantno krono. Poudariti je potrebno, da je nosilnost sider sicer zaradi precej bolj gladke izvrtine pri

tehnologiji diamantnega vrtanja nekoliko nižja od vrednosti, izmerjene na sidru ki je vgrajen z uporabo vrtalnega kladiva in svedra.

V današnjem svetu, kjer je ritem življenja mnogo hitrejši kot nekdanj in kjer so spremembe in novosti postale del vsakdana, je razumljivo, da mnogi med nami nismo seznanjeni s posledicami določenih dejanj, ki smo jim priča iz dneva v dan. Na tem mestu želim izpostaviti predvsem na neinformiranost odgovornih projektantov in nadzornikov o vplivu tehnologije vrtanja sidrskih izvrtin na obnašanje vgrajenih sider, ki se pojavlja zaradi velike količine informacij, s katerimi se inženirji v praksi srečujejo. Med svojim delom sem bil že nekajkrat priča poskusu uporabe sider, ki niso bila preverjena (tj. niso imela ETA soglasja) za vgradnjo v kronsko izvrtane izvrtine. Razlogi za uporabo diamantnega vrtanja so njegove mnoge prednosti: sposobnost vrtanja skozi armirani beton, namestitev sider na točno predpisanem mestu ne glede na prisotnost armature (montaža jeklenih konstrukcij) in možnost vrtanja zelo globokih izvrtin. Zato je uporaba te tehnologije v številnih primerih edina možna za izvedbo sidranja.

V magistrski nalogi je podana analiza sprijemnih sider na slovenskih gradbiščih in izsledki raziskave o deležu sider, ki so vgrajeni z uporabo diamantnega vrtanja. V nadaljevanju so predstavljeni rezultati raziskave o vplivu izvrtin, pripravljenih s tehnologijo diamantnega vrtanja, na nosilnost sprijemnih sider, katerih vgradnja s tovrstno metodo ni predpisana.

1.2 Namen in cilji magistrskega dela

Namen magistrskega dela je kot prvo raziskati uporabo sprijemnih in mehanskih sider na slovenskih gradbiščih.

Danes je uporaba sider (tako mehanskih kot tudi sprijemnih) nedvomno del vsakodnevnih dejavnosti na gradbišču. Zato lahko rečemo, da bi moralo biti projektiranje tovrstnih elementov in posledična pravilna izvedba povsem samoumevna. Glede na lastne izkušnje pa lahko zatrdim, da temu nikakor ni res. Številni projektanti še vedno niso seznanjeni z veljavnimi predpisi in smernicami za projektiranje naknadno vgrajenih sidrskih elementov. Nekateri med njimi ne poznajo osnovnih značilnosti in načina delovanja predpisanih sider. Na drugi strani je poznavanje nadzornikov o raznolikosti in pravilni uporabi predpisanih sider še bolj skopo. Posledično se na gradbiščih pogosto srečujemo z uporabo neprimernih sider, ki so vgrajena za predvidene aplikacije na neprimeren način. Mnogo izvajalcev je tudi še vedno prepričanih, da je uporaba mehanskih sider bolj zanesljiva, ekonomsko upravičena in enostavna v primerjavi s kemičnimi oziroma sprijemnimi sidri.

Zato želim določiti dejanski delež vgrajenih sprijemnih in mehanskih sider v sedanji slovenski praksi s pomočjo spletnega anketiranja izvajalcev.

Sprijemna sidra lahko vgrajujemo v izvrtine, ki so izvrtane z uporabo svedra ali pa z uporabo diamantne krone oz. diamantno tehnologijo. Ker je v razpoložljivi literaturi le malo podatkov o vplivu tehnologije vrtanja na nosilnost vgrajenega sidra, smo si kot cilj raziskovalnega dela zastavili tudi izvedbo eksperimentalne študije, s katero želimo ugotoviti, ali je nosilnost vgrajenega sprijemnega sidra odvisna od uporabljene tehnologije vrtanja oz. načina priprave izvrtine. Pri izvedbi omenjenih preskusov smo se odločili za analizo treh proizvodov, ki se na slovenskih gradbiščih pojavljajo precej pogosto in ki sicer imajo ETA soglasje, vendar ne za uporabo v diamantnih izvrtinah. Izbira proizvodov je temeljila na rezultatih že omenjene spletne ankete.

Konkretni podatki, pridobljeni na osnovi standardnih preskusov, so nedvomno koristni za vse udeležene pri izvedbi sidranja gradbenih elementov; tako za investitorja, projektanta, nadzornika kot tudi za izvajalca.

1.3 Metodologija raziskovalnega dela

Magistrsko delo temelji na metodah znanstvenega raziskovanja. Izhodišče pri izdelavi magistrske naloge je preučevanje obstoječe tuje strokovne literature, ki predstavlja osnovo za teoretični in uvodni del opisa in predstavitev sider, ki se uporabljajo v gradbeništvu. V uvodnem delu so predstavljene osnove uporabe sider v gradbeništvu:

- zgodovina sidranja,
- vnos obtežbe v osnovni material,
- porušni mehanizmi,
- lastnosti sider glede na osnovni material,
- narava in smer obtežbe,
- tehnologija vrtanja,
- tipi sider,
- primerjava med mehanskimi in kemičnimi sidri,
- klasifikacija sprijemnih sider,
- objavljene raziskave o obnašanju sprijemnih sider.

Povzetek standardnega preizkušanja sprijemnih sider in ovrednotenja rezultatov je podan v 3. poglavju. Predstavljen je postopek, namenjen preskušanju in ovrednotenju tistih sprijemnih sider, ki so namenjena vgradnji v tlačno cono betona. V prilogi je nadalje opisan postopek za določitev natezne

nosilnosti sider. V tem delu je torej zbrana vsebina več dokumentov oziroma delov smernice ETAG 001 (2013), ki so vezane na standarden postopek pridobivanja ETA soglasja sprijemnih sider.

Razširjenost uporabe posameznih vrst sider smo določali v drugem delu magistrske naloge. Pri tem smo uporabili kot metodologijo raziskovanja spletno anketiranje izbrane skupine uporabnikov na osnovi vnaprej pripravljenih vprašalnikov.

Le-ti so bili namenjeni največjim izvajalcem oziroma uporabnikom sider v gradbeništvo, ki so s svojimi odgovori podali realno sliko dejanskega stanja pri vgradnji sider na slovenskem trgu. Na osnovi rezultatov spletne ankete želimo pridobiti informacije o deležu uporabe posameznih vrst sider, načinu vgradnje, proizvodih in dimenzijah sider. Predvsem pa želimo na osnovi dobljenih odgovorov pridobiti kvantitativno oceno deleža izvrtin, ki so pripravljene z uporabo kronske tehnologije vrtanja v Sloveniji.

Zadnji in najzahtevnejši del magistrskega dela obravnava preskušanje nosilnosti treh najpogostejših vrst sprijemnih sider na našem trgu, ki so bili vgrajeni z uporabo tehnologije diamantnega vrtanja, vendar v svojih ETA soglasjih takšnega načina vgradnje nimajo navedenega. V sodelovanju s podjetjem Hilti so se opisani standardizirani preskusi izvajali (skladno s smernico ETAG 001, 2013) v Inovacijskem centru na sedežu podjetja v Schaanu (Lihtenštajnu). Prekušanje jebilo izvedeno z namenom, da se ugotovi, ali obstaja razlika v nosilnosti med sidri, ki so vgrajena klasično (s svedrom) in tistimi, ki so vgrajena z diamantno tehnologijo.

2 OSNOVNO O (SPRIJEMNIH) SIDRIH

2.1 Zgodovina sidranja

Potreba po fizičnem povezovanju različnih delov objekta je stara toliko kot objekti sami. Skozi zgodovino so ljudje to delo opravljali na različne načine v odvisnosti od osnovnega materiala na objektu, konstrukcijske zasnove in posebnih zahtev konstrukcije.

Kot omenjajo Eligehausen, Mallee in Silva (2006), se je povezovanje različnih lesenih elementov pri lesenih konstrukcijah prvotno izvajalo z uporabo trdnih naravnih vlaken in se kasneje razvilo v številne različne tipe povezovanja lesenih elementov (vijačenje, dolbenje stičišč z različnimi utori, z mozniki, z lepljenjem, z vstavljanjem kovinskih plošč, s skobami...).

Povezovanje elementov jeklenih konstrukcij kot sorazmerno mlada disciplina je zajemalo različne vezne kose, kovice, vijake in varjenje pri čemer sta danes v uporabi predvsem vijačenje in varjenje.

Uporabo malte, ki se uporablja pri različnih zidanih objektih, lahko smatramo kot najstarejše vezno sredstvo. Pravzaprav lahko različne lesene zagozde, železne moznike in trne v kamnitih elementih obravnavamo kot predhodnike današnjih sider v zidakih. Danes so sicer tovrstni elementi v precejšnji meri zamenjani z uporabo napredno oblikovanih plastičnih in/ali kovinskih elementov. Le ti pa se vgrajujejo v naknadno izvrtane izvrtine in izkoriščajo princip trenja, zarezovanja, kemične sprijemnosti ali pa kombinacijo naštetega. Danes imamo na voljo sidrne sisteme, ki so namenjeni za praktično vsak tip zidaka.

Betonski in armirano betonski objekti v osnovi izkoriščajo podobne ali celo enake sidrne tehnike kot pri ostalih gradbenih materialih. Pri betonskih konstrukcijah se je pojavila uporaba predvgrajenih puš z notranjimi navoji, predvgrajenih sidrnih profilov in čepov privarjenih na jeklene plošče. Vse te elemente so pred betoniranjem namestili v opaže in jih vbetonirali. Te tako imenovane "predvgradne" tehnike je kasneje nadomestila uporaba sistemov, ki so se vgrajevali potem, ko je beton strdil. Razvoj različnih tehnik vrtanja od dletenja, vrtanja s svedri do danes vse bolj uporabnih diamantnih kron je omogočil številne načine naknadnega vgrajevanja sider v beton.

Za manjše obtežbe se uporabljajo predvsem sidra s plastično zasnovo. Za prevzem večjih obtežb v betonu so se razvili številni tipi kovinskih sider, ki delujejo po podobnem principu vendar z različno zasnovo in posledično načinom vgradnje.

Sprijemna sidra, kjer se različne sidrne palice vstavijo v izvrtine, ki jih zapolnimo s kemično maso, postajajo vse bolj razširjena. Zadnjo stopnjo razvoja na tem mestu predstavljajo spodrezna sprijemna sidra, ki so nekakšen hibridni sistem več tehnik.

Vzporedno z razvojem naknadno vgrajenih sider se je razvijala tudi tehnologija direktnega pritrjevanja žičnikov in svornikov. Slednja temelji na uporabi naboja (metki s smodnikom ali pa plin) katerega eksplozija sprosti energijo v kratkem času in izstreli sidrni element. Porast uporabe slednje tehnologije je zaznati predvsem v zadnjih štirih desetletjih. Ti sistemi služijo za enostavno pritrjevanje cevovodov, spušenih stropov in pločevine na jekleno konstrukcijo.

2.2 Narava in smer obtežbe

Obtežbo skladno z Eligehausen, Mallée in Silva (2006) lahko razvrstimo glede na frekvenco s katero se pojavlja in glede na trajanje. Dinamična obtežba velja v primerih, ko imamo opravka s potresom, udarcem, eksplozijo ali pri strojih, ki povzročajo dinamično (ang. inertial) obtežbo. Osnovna razlika med statično in dinamično obtežbo je v pospešku, ki se pojavi in ga je potrebno upoštevati. V kolikor je obtežba trajna ali pa se pojavi le občasno in ni dinamična, potem lahko tovrstno obtežbo smatramo kot statično. Če pa je število obtežnih ciklov veliko in ne govorimo o dinamični obtežbi, potem govorimo o utrujanju. V kolikor pa so prisotni dinamični učinki, potem je to dinamična obtežba, ne glede na število ciklov.

Statične obtežbe so vsota stalnih in kvazi-statičnih (počasi se spreminjajo) obtežb. Te so lahko lastne ali spremenljive. Lastne so posledica teže konstrukcijskega elementa, ki ga pritrjujemo, in vsa ostala konstantna obtežba, ki jo mora ta element prevzeti. Podane vrednosti relevantnih obtežb so podane v nacionalnih in mednarodnih standardih.

Deformacije v pritrjenem elementu so lahko posledica spremembe temperature, krčenja in lezenja betona. Sprememba temperature je lahko posledica vremenskih vplivov kot pri fasadah na objektu ali pa je ta posledica funkcije elementa (n.pr. dimniki, silosi, hladilnice). Ti raztezki imajo lahko pomemben vpliv na napetosti v sidru, katerih velikost je odvisna od geometrije in mehanskih značilnosti vključenih materialov. Te napetosti so lahko merodajne tudi kot izvor utrujanja materiala v sidru v kolikor je število temperaturnih ciklov veliko. Pri dimenzioniranju fasadnih sistemov se recimo upošteva od 10^4 do 2×10^4 ciklov.

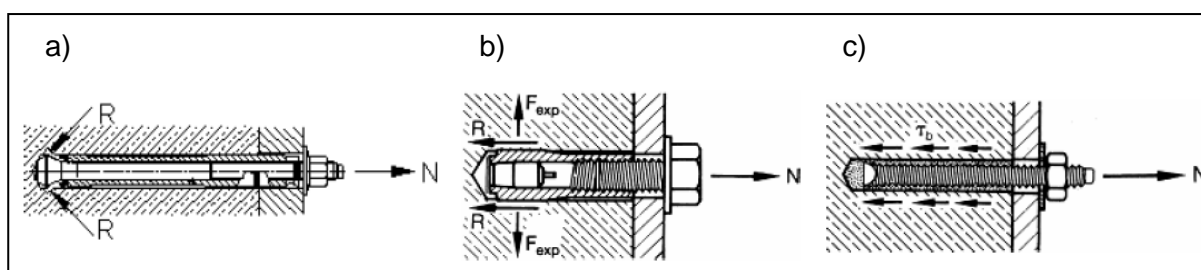
Utrujanje je v večini primerov posledica prometne obtežbe, žerjava pri žerjavni progi, dvigala in strojev. Obtežba se določi skladno z navodili v omenjenih standardih. Ti nam povedo tudi, ali naj

spremenljivo obtežbo obravnavamo kot statično ali dinamično. Tako je na primer podano, da se veter kljub spremenljivemu obnašanju obravnava kot statična obtežba.

Obtežba se lahko pojavi v obliki natega, striga ali kombinacije obeh. Pri strigu razlikujemo strig z ročico oziroma upogibom sidra ali pa brez upogiba (čisti strig).

2.3 Vnos obtežbe v osnovni material

Sidra zagotavljajo prenos natezne sile v osnovni material na različne načine. Mehanizme, ki zagotavljajo tovrsten prenos obtežbe avtorji Eligehausen, Mallée in Silva (2006) delijo na tri večje skupine: mehansko vpetje (ang. mechanical interlock), trenje in sprijetje oziroma lepljenje.



Slika 1: Mehanizmi pri prenosu obtežbe v osnovni material (Hilti AFTM, 2014)

Figure 1: Load-transfer mechanisms (Hilti AFTM, 2014)

Mehansko vpetje (slika 1.a) predstavlja prenos obtežbe preko vpetja oziroma zaklinjenja med sidrom in osnovnim materialom. Tovrstni mehanizem zasledimo pri čepih (moznikih), predvgradnih sidrskih profilih, vijačnih in spodreznih sidrih.

Trenje je mehanizem, ki zagotavlja prenos obtežbe na račun ekspanzije oziroma razširitve (dela) sidra (slika 1.b). Trenje med določenim delom sidra in obodom izvrtine nastopi kot posledica vgradnje sidra. Sila trenja je v ravnotežju z zunanjo natezno silo.

Sprijemna sidra zagotavljajo prenos natezne obtežbe v osnovni material s pomočjo sprijetja (slika 1.c), kot kombinacija lepljenja in mikro-zarezanja. Večina komercialno dostopnih sider prenaša obtežbo z enim od zgoraj navedenih mehanizmov.

2.4 Tehnologije vrtanja

Razvoj v tehnologiji vrtanja je nedvomno prispeval k širši uporabi naknadno vgrajenih sider. Svedri (za vrtalna kladiva) se najpogosteje uporabljajo pri vrtanju izvrtin. Diamantne krone se sicer uporabljajo bolj redko, čeprav se z zmanjšanjem teže opreme, lovilci odpadne vode in možnostjo suhega vrtanja tovrstna tehnologija pogosto pojavi kot primernejša na mestih, kjer je obstoječa armatura gosta in pogrešljiva.

Elektro-pnevmatska vrtalna kladiva ustvarjajo udarce na sveder med samo rotacijo le tega okrog svoje daljše osi. Ti svedri delujejo pri relativno majhnih hitrostih vendar z veliko energijo udarca. Hitrost s katero sveder vrta običajno ni povezana z vnešenim pritiskom. Izvrtine premera 40mm se v večini primerov lahko hitro in ekonomično izvrtajo z uporabo svedrov s karbidno konico. Vrtanje s svedri skozi armaturo manjšega premera je sicer izvedljivo vendar slednje občutno vpliva na življenjsko svedra. Novejši modeli svedrov so celo votli in omogočajo odsesavanje prahu v fazi vrtanja s čimer je uporabniku zagotovljeno čistejše delovno okolje, hitrejše vrtanje in daljša življenjska doba svedra. Hkrati pa ima zajetje prahu ugoden vpliv na zdravje operaterja.



Slika 2: Sveder in kombinirano vrtalno kladivo (www.hilti.si, 2016)

Figure 2: Drill bit and combihammer (www.hilti.si, 2016)

Diamantne krone se uporabljajo za različne aplikacije. Diamantno krono sestavljajo: vpetje, plašč (cilinder ali valj) in rezalni rob, ki je obložen na različne načine z diamantnimi lističi. Pri uporabi kron se beton ne odstranjuje z dolbenjem temveč predvsem z abrazijo. Oprema, ki se uporablja pri diamantnem vrtanju se običajno pritrdi v element, ki ga vrtamo. Hkrati je običajno prisotna tudi voda, ki omogoča hlajenje rezalnega roba ter zagotavlja odplakovanje oziroma spiranje odpadnega materiala, ki nastaja ob vrtanju. V zadnjih letih so se pojavila orodja, ki omogočajo prostoročno vrtanje (brez stojala) in celo vrtanje brez prisotnosti vode, kar je uporabno predvsem pri manjših premerih vrtanja (n.pr za sidra). Nasprotno od sider lahko rečemo, da se diamantne krone lahko uporabljajo ne glede na premer in gostoto armature v betonu. Posledično se morajo izvajalci pred

uporabo tovrstne tehnologije vrtanja posvetovati z nadzornikom, da ne bi poškodovali ali prevrtali nosilne armature.



Slika 3: Diamantna krona in stroj za diamantno vrtanje (www.hilti.si, 2016)

Figure 3: Diamond core bit and diamond drilling tool (www.hilti.si, 2016)

Pred uporabo diamantnih kron za potrebe vrtanja sidrskih izvrtin se je potrebno posvetovati s proizvajalcem sider, kajti dejanski premer izvrtine ob uporabi krone se lahko razlikuje oziroma odstopa od dovoljenega premera, ki je naveden v soglasju. Hkrati pa ima lahko drugačna hrapavost površine izvrtine lahko občuten vpliv na obnašanje denimo sprijemnih sider.

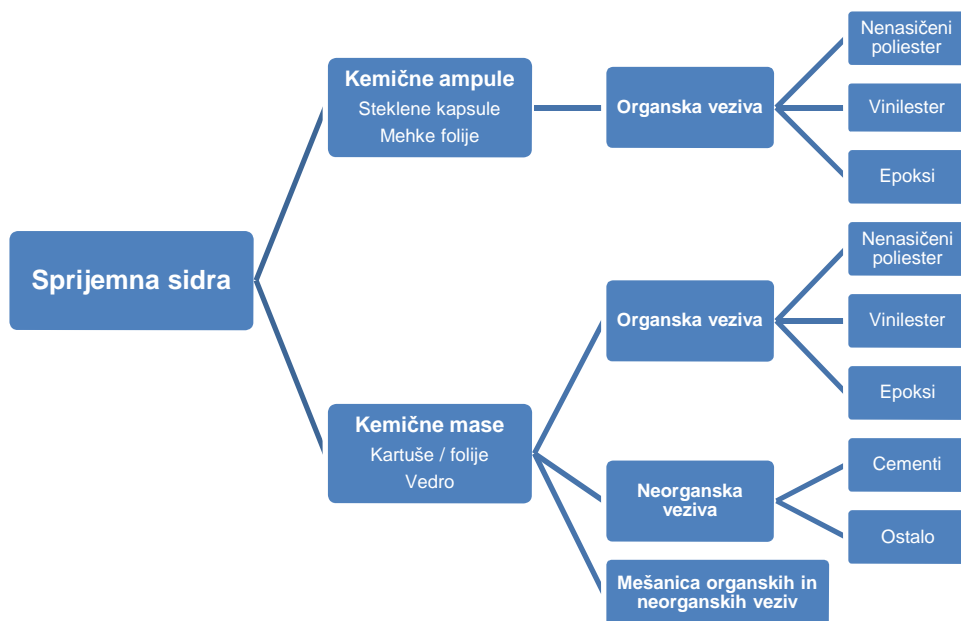
2.5 Tipi sider

V strokovni literaturi lahko zasledimo številne različne delitve sider glede na njihov način delovanja. Eligehausen, Mallée in Silva (2006) v svojem delu sidra delijo v naslednje večje skupine:

- mehanska ekspanzijska sidra,
- spodrezna sidra,
- sprijemna sidra,
- vijaka sidra,
- stropna obešala (ang. ceiling hangers),
- plastična sidra.

2.6 Sprijemna sidra

V sklopu sprijemnih sider lahko zasledimo številne različne proizvode, ki se razlikujejo tako po kemični sestavi, pakiranju in načinu uporabe. V osnovi pa sprijemna sidra ločimo na kemične ampule in kemične mase. Sprijemne mase vsebujejo polimerne smole, cementne zmesi ali kombinacijo obeh.



Slika 4: Klasifikacija sprijemnih sider (Eligehausen, Mallée in Silva, 2006)

Figure 4: Classification of bonded anchors (Eligehausen, Mallée and Silva, 2006)

2.6.1 Sistem s kemičnimi ampulami

Kemične ampule predstavljajo sistem v katerem se uporabljajo: sistemska navojna sidrna palica s posebej oblikovano (ušpičeno) konico, podložka, šestroba matica in kemična ampula z ustreznim polnilom. Zahtevana globina sidranja je označena na sidrni palici. Ampule vsebujejo polimerne smole, trdilce in kvarčni agregat v določenem razmerju (Eligehausen, Mallée in Silva, 2006).



Slika 5: Kemična ampula in sidrna palica (www.hilti.si, 2016)

Figure 5: Fiol capsule adhesive anchor and anchor rod (www.hilti.si, 2016)

Ampulo vstavimo v predhodno očiščeno izvrtino ter nato v njo uvrtno sistemsko sidrno navojno palico vse do oznake za globino sidranja na palici. Sidrne palice se vgradijo z uporabo vrtnega kladiva s funkcijo vrtnja z vibracijami. Določeni sistemi omogočajo uporabo več ampul v isti izvrtini z namenom povečanja globine sidranja.

2.6.2 Sistem s kemičnimi masami

Kemične mase, ki se dozirajo v sidrne izvrtine, so na voljo v mehki foliji / trdi kartuši ali pa v vedru. Smola in trdilec sta pri folijah / kartušah pakirana v medsebojno ločenih komorah. Kemična sestava je podobna kot pri kemičnih ampulah. Poleg teh sestavin pa so pri kemičnih masah na voljo tudi hibridni sistemi, ki vsebujejo smolo in cement kot vezivo. Doziranje oziroma vnos kemične mase v izvrtine se izvede z uporabo ročnega ali pnevmatskega dozirnika.

Nekateri sistemi imajo smolo in trdilec predhodno že pomešano v kartuši, še preden se zmes dozira v izvrtino. Kot navajajo (Eligehausen, Mallée in Silva, 2006) imajo tovrstni proizvodi slabo lastnost, ker je vso vsebino kartuše po tem, ko se enkrat uporabi, v celoti uporabiti. Ostali sistemi pa omogočajo mešanje obeh komponent v pravem razmerju šele, ko zmes pride v mešalec, ki ga privijemo na folijo / kartušo. Slednji princip omogoča tudi naknadno uporabo kemične mase tudi potem, ko smo jo enkrat že uporabili in posledično daljše obdobje uporabe. Določeno količino mase, ki se ob prvi uporabi folije iztisne, je potrebno zavreči zato, da zagotovimo pravo razmerje mešanic (ne aktivirata se obe komori popolnoma istočasno). V kolikor se kemična masa v mešalcu posuši, se mešalec enostavno zamenja z novim. Od pol do 2/3 izvrtine se običajno zapolni s kemično maso. Ko se v tako zapolnjeno izvrtino nato vstavi sidrna palica, iz izvrtine prileze manjša količina mase kar pomeni, da se je prazen prostor med palico in osnovnim materialom zapolnil. Pri večjih globinah sidranja (naknadna vgradnja armaturnih palic) je potrebno uporabiti posebno opremo s prilagojenimi nastavki za pravilno vgradnjo mase. Ključno je, da se kemična masa v izvrtino iztiska od dna izvrtine proti vrhu s čimer se izognemo ujetemu zraku v sidrni izvrtini. Epoksi kemične mase zahtevajo občutno daljši čas vgradnje v primerjavi z ostalimi prijemnimi sidri.

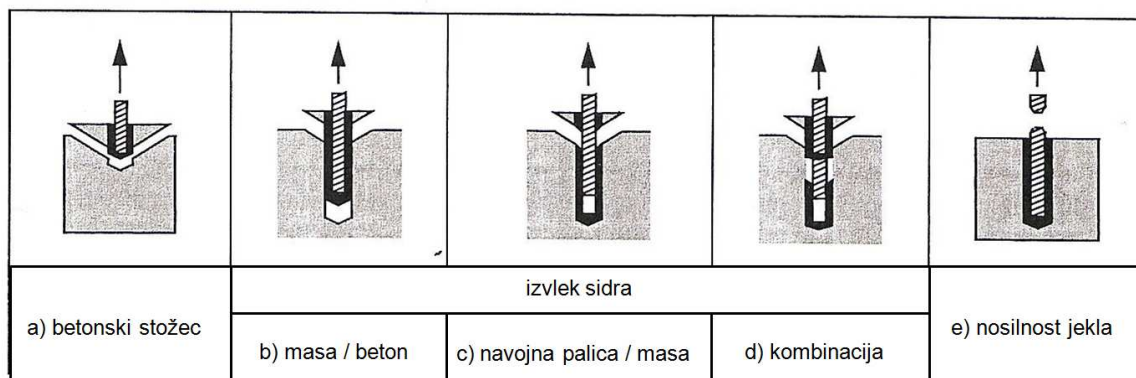
Kemične zmesi, ki jih lahko zasledimo pakirane v večjih količinah (vedro, hobok...) se običajno mešajo v večjih posodah v proizvodnji. V kolikor se pri mešanju tovrstnih proizvodov ne zagotovi razmerje mešanic v dovoljenih tolerancah, lahko sicer nastopi strjevanje oziroma vezanje zmesi vendar je v tem primeru končna sprijemna trdnost proizvoda vprašljiva. Posledično je pri pakiranjih v večjih količinah prisoten tudi element zagotavljanja pravega razmerja, ki lahko precej vpliva na nosilnost sider. V to skupino proizvodov lahko uvrstimo tudi različne zmesi, ki jih izvajalci sami mešajo v različnih posodah (vedrih). Te zmesi nato enostavno vlijejo v izvrtine. Zaradi prej omenjene negotovosti glede pravega razmerja mešanja so tovrstni proizvodi v veliko primerih neprimerni.

Cementne mase se dobavljajo v večjih posodah (hoboki, vedra...), kjer jih na gradbiščih mešajo z določeno količino vode. Nato cementna masa vlije v očiščeno in navlaženo izvrtino. Premer tovrstnih izvrtin je precej večji kot pri kemičnih masah v folijah / kartušah. Tudi za to skupino mas veljajo podobne pomanjkljivosti kot pri kemičnih masah v hobokih.

Prenos natezne sile v osnovni material pri uporabi kemičnih mas se, kot so to navedli Eligehausen, Mallée in Silva (2006), zagotavlja preko sprijemnosti oziroma lepljenja ter efekta mikro-zaklinjenja (ang. micro-keying). Sprijemna trdnost je v veliki meri odvisna od odstranjenega prahu v izvrtini. Posledično se pri uporabi kemičnih mas zahteva primerno čiščenje izvrtin z uporabo različnih sistemov izpihovanja (kompresor, tlačilke) in ščetkanja z okroglimi žičnimi krtačami.

2.7 Porušni mehanizmi sprijemnih sider v betonu

Na splošno se pri natezno obremenjenem sprijemnem sidru lahko pojavijo vsi porušni mehanizmi, ki so prikazani na sliki 6. Pri čemer Cook, Kunz, Fuchs in Konz (1998) ugotavljajo, da se pri majhnih globinah sidranja ($h_{ef} \approx 3d$ do $5d$) pojavlja porušitev po betonskem stožcu vse od dna sidrne palice (slika 6a). Naklon plašča stožca glede na površino betona je približno 35° . Pri večjih globinah prihaja do kombinacije izvleka in porušitve po betonskem stožcu. Tedaj se oblikuje betonski stožec, ki se začne pri globini, ki je enaka $2d$ do $3d$, glede na površino betona. Preostali (globji) del sidra pa se poruši zaradi izvleka oziroma prekoračitve sprijemne trdnosti kemične mase. Le ta se pokaže kot porušitev na spoju masa/beton (slika 6b) ali pa na stiku sidrna palica/masa (slika 6c). Pogosto pa pride do porušitve med maso in betonom v zgornjem delu sidra, medtem ko se pri spodnjem delu poruši stik med palico in maso (slika 6d). Pri še večjih globinah sidranja pa lahko sprijemna trdnost po celotni dolžini palice prekorači natezno trdnost jekla v palici, kar posledično pripelje do porušitve po jeklu (slika 6e). Minimalna globina sidranja, brez vpliva roba betona in razmaka med sidri, ki povzroči tovrstno porušitev je odvisna predvsem od trdnosti jekla, mehanskih lastnosti betona in lastnosti kemične mase.



Slika 6: Porušni mehanizmi sprijemnih sider pri natezni obtežbi (Cook in sod., 1998)

Figure 6: Failure modes of bonded anchors under tension load (Cook and others, 1998)

3 Pregled literature

O raziskavah obnašanja sprijemnih sider pod različnimi pogoji poročajo številni avtorji. V nadaljevanju so podani izsledki le tistih, ki so bolj ali manj vezani na tematiko magistrskega dela. Cook in sod. (1998) so tako med drugim dokazali, da lahko predpostavimo konstantno sprijemno napetosti po celotni dolžini sidrne palice, če velja $4.5 \leq h_{ef}/d \leq 25$. Sprijemna napetost po dolžini sidrne palice je sicer odvisna od velikosti obtežbe, togosti mase in globine sidranja. Na drugi strani pa je sprijemna trdnost v največji meri odvisna od uporabljene kemične mase, kar so dokazali Cook in sod. (1994). Ugotovili so tudi, da se za večino komercialno dostopnih proizvodov na trgu sprijemna trdnost ne spreminja bistveno glede na premer sidrne palice. Kljub temu pa obstajajo tudi določeni proizvodi, kjer je sprijemna trdnost občutljiva na premer sidrne palice

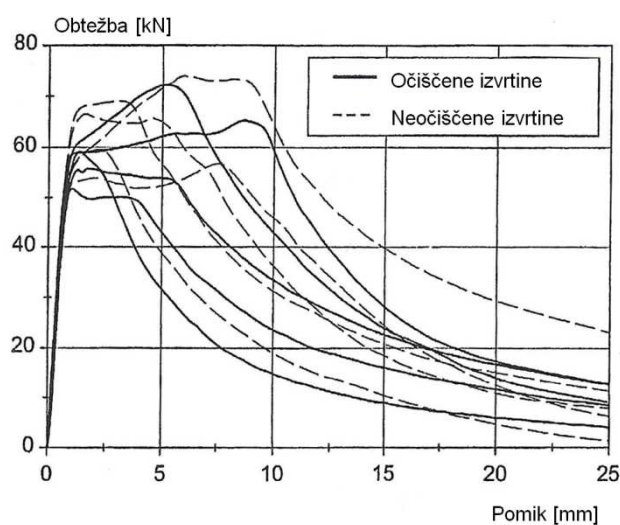
Z višjo trdnostjo betona se sprijemna trdnost lahko izboljša le, če se porušitev pojavi na stiku med maso in površino izvrtine. Vendar pa Eligehausen, Mallée in Silva (2006) ugotavljajo, da je za večino proizvodov ta pojav zanemarljiv, ker so stene izvrtine pri betonih višje trdnosti bolj gladke, hkrati pa se pri takšnih betonih pogosteje pojavi porušitev na stiku palica / masa. Posledično velja pravilo, da sprijemne trdnosti dosežene pri betonih tlačne trdnosti $f_c \approx 20 \text{ N/mm}^2$, veljajo za vse ostale betone do razreda C50/60 skladno z Evrokodom 2: EN 1992-1-1 (2003).

Luke in sod. (1985) so sprva ugotavljali, da naj bi se pri izvleku sidra najprej pojavila porušitev zaradi prekoračene sprijemne trdnosti mase, ki naj bi ji takoj zatem sledila še porušitev betonskega stožca. Slednja trditev je bila ovržena kmalu zatem, ko so Collins in sod. (1989) ter Cook in sod. (1993) potrdili, da se porušitev zaradi prekoračene sprijemne trdnosti mase in porušitev po betonskem stožcu pojavita istočasno.

Nekateri avtorji, npr. McVay in sod. (1996) so podrobno preučevali prenos obtežbe natezno obremenjenih sprijemnih sider iz palic v osnovni material. Ugotovili so, da se tedaj aktivirajo strižne napetosti po obodu palice med maso in betonom. Te strižne napetosti se sprva pojavijo tik pod površjem in se z naraščanjem natezne sile enakomerno prenašajo vzdolž sidrne palice proti spodnjem koncu. Pri določeni obtežbi so strižne sile po celem sidru skoraj enakomerne. Pri nadaljnjem naraščanju izvlečne sile pa se strižne napetosti prerazporedijo tako, da se povečajo v masi (in betonu) ob spodnjem koncu sidrne palice. Posledično se zaradi prekoračitve elastične trdnosti betona le ta tam razširi in povzroči prirast radialnih napetosti v masi, ki povečajo strižno trdnost mase. Pri povečevanju obtežbe se ob polnem izkoristku strižne trdnosti betona, t.j. ob aktivaciji betonskega stožca, radialne napetosti tudi v masi hipoma znižajo, kar privede do porušitve celotnega sprijemnega sidra.

Neustrezna vgradnja sprijemnih sider lahko bistveno vpliva na njihovo sprijemno trdnost in posledično na nosilnost. Tako se denimo pri kemičnih ampulah, ki se vgrajujejo z udarnim vrtnjem, natezna nosilnost sidra korenito zmanjša, v kolikor se takšna sidra vgradijo brez vrtnja, torej le z udarci, ker se masa takrat neustrezno premeša. Nižjo nosilnost sidra lahko zasledimo tudi pri masah v hobokih, ko se komponenti ne premešata v pravem razmerju ali v kolikor se izvrtina ne zapolni v celoti z maso.

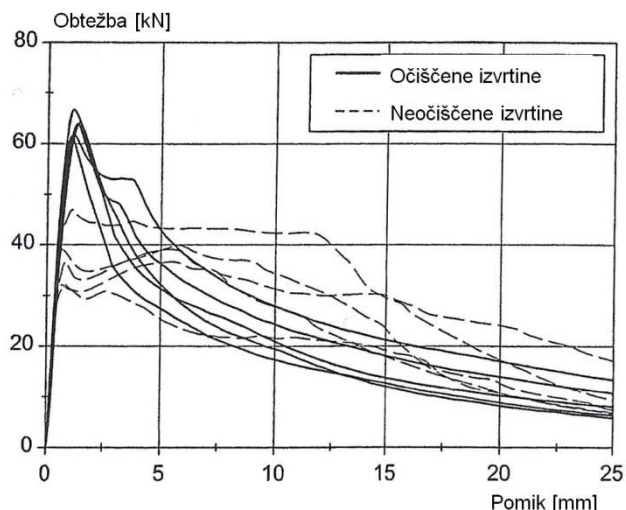
Vpliv čiščenja izvrtine oziroma odstranitve prahu iz izvrtin sta Meszaros in Eligehausen (1996) nazorno prikazala na sliki 7, ki prikazuje nosilnost sider v odvisnosti od pomika za sidra vgrajena v suhih izvrtinah. Pri očiščenih izvrtinah je bila uporabljena ročna tlačilka in kovinske ščetke.



Slika 7: Odziv obtežba / pomik sprijemnih sider M12, $h_{ef} = 110\text{mm}$, $f_c \approx 25\text{ N/mm}^2$, ki niso občutljiva na čistost izvrtine, v očiščenih in neočiščenih izvrtinah (Meszaros in Eligehausen, 1996/1)

Figure 7: Load / displacement curves of bonded anchors M12, $h_{ef} = 110\text{mm}$, $f_c \approx 25\text{ N/mm}^2$ that are not sensitive to hole cleaning in cleaned and uncleaned holes (Meszaros and Eligehausen, 1996/1)

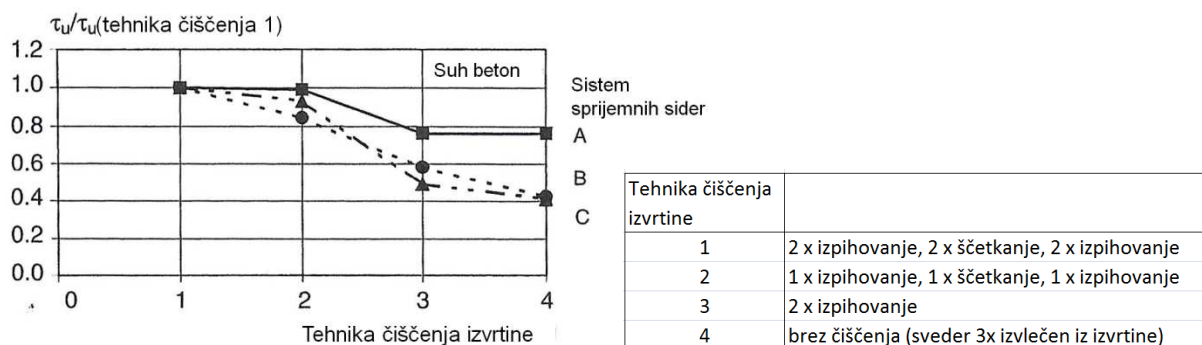
Ista avtorja ugotavljata, da so kemične ampule, kjer se palice vgrajujejo z vrtnjem in udarci, med vsemi sprijemnimi sidri najmanj občutljive na prisotnost prahu v izvrtinah. Redukcija natezne nosilnosti pri teh sidrih je običajno manjša od 20%. Pri kemičnih masah, kjer se komponenti premešata v mešalcu, pa se zmanjšanje natezne nosilnosti sidra giblje od 20 do celo 50% glede na ustrezno očiščene izvrtine.



Slika 8: Odziv obtežba / pomik sprijemnih sider M12, $h_{ef} = 110\text{mm}$, $f_c \approx 25\text{ N/mm}^2$, ki so občutljiva na čistost izvrtine, v očiščeneh in neočiščeneh izvrtinah (Meszaros in Eligehausen, 1996/1)

Figure 8: Load / displacement curves of bonded anchors M12, $h_{ef} = 110\text{mm}$, $f_c \approx 25\text{ N/mm}^2$ that are sensitive to hole cleaning in cleaned and uncleaned holes (Meszaros and Eligehausen, 1996/1)

Uporaba ustreznih pripomočkov (toga kovinska krtača) za mehansko čiščenje izvrtin je zelo pomembna pri delu s sprijemnimi sidri. Uporaba zgolj kompresorja in pištrole za izpihovanje izvrtin ni zadostna za odstranitev prahu po obodu izvrtine. Vpliv intenzivnosti čiščenja izvrtin na sprijemno trdnost sta podrobno raziskala Meszaros in Eligehausen (1996) na primeru treh različnih sistemov sprijemnih sider. Rezultati so predstavljeni na sliki 9.

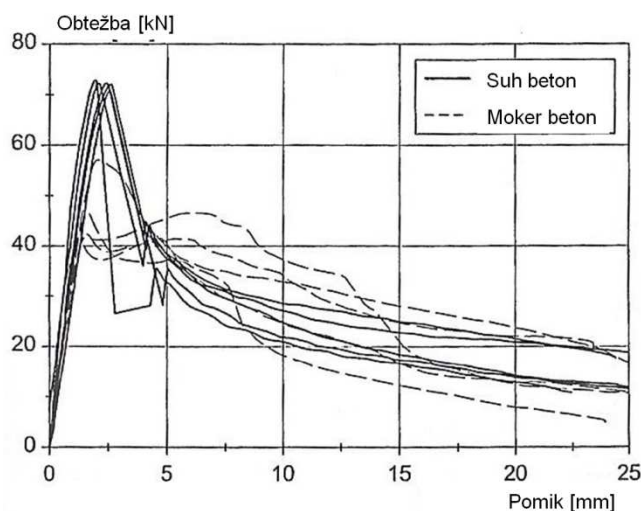


Slika 9: Vpliv intenzivnosti čiščenja izvrtine na sprijemno trdnost sider M12 v suhem betonu
(Meszaros in Eligehausen, 1996/1)

Figure 9: Influence of intensity of hole cleaning on the bond strength of injection anchors M12 in dry concrete
(Meszaros and Eligehausen, 1996/1)

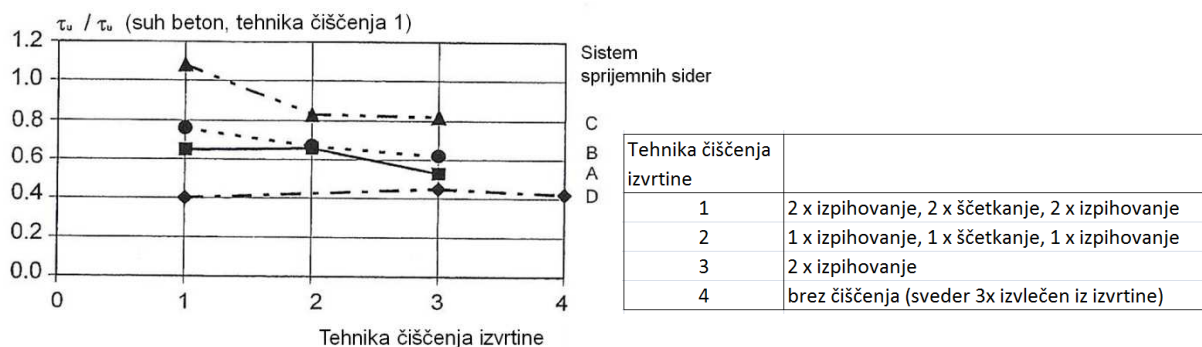
Nižja sprijemna trdnost pa je lahko poleg navedenih dejavnikov tudi posledica mokrega (z vodo nasičenega betona) betona. Učinkovito čiščenje izvrtine v mokrem betonu je težavno, ker se prah sprime po obodu izvrtine. Poleg tega pa ima lahko film vode po obodu izvrtine pri določenih masah

tudi negativen vpliv na proces vezanja kemične mase v času strjevanja. Podobno kot pri vplivu čistosti izvrtine sta Meszaros in Eligehausen (1996) opravila tudi preiskave o vplivu vlažnega betona na nosilnost sprijemnih sider. Ugotovila sta, da je nosilnost tedaj v veliki meri odvisna od kemične mase. Občutljivost nenasičenih poliestrskih mas in vinilestrov, ki vsebujejo stiren, na vlažen beton, je razmeroma majhna in kažejo na manj kot 20% padec natezne nosilnosti. Na drugi strani pa so vinilestri, ki ne vsebujejo stirena, in epoksi mase bolj občutljive na prisotnost vlage v betonu (slika 10). V kolikor je poleg prisotnosti vlage tudi izvrtina slabo očiščena, se nosilnost posledično še poslabša, kar je jasno razvidno na sliki 11.



Slika 10: Pomik v odvisnosti od obtežbe pri sprijemnih sidrih M12, $h_{ef} = 110\text{mm}$, $f_c \approx 25\text{ N/mm}^2$, ki so občutljiva na vlažnost betona, v suhem in mokrem betonu (Meszaros in Eligehausen, 1996/2)

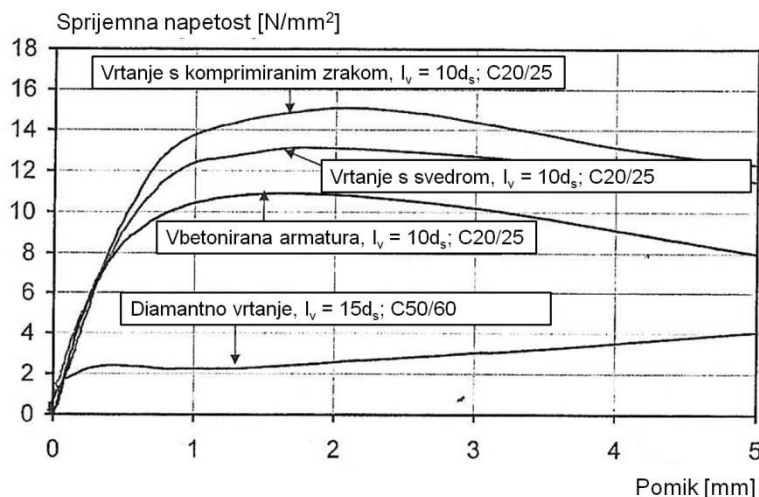
Figure 10: Load / displacement curves of bonded anchors M12, $h_{ef} = 110\text{mm}$, $f_c \approx 25\text{ N/mm}^2$ that are sensitive to moisture in concrete in dry and wet concrete (Meszaros and Eligehausen, 1996/2)



Slika 11: Vpliv intenzivnosti čiščenja izvrtine na sprijemno trdnost sider M12 v vlažnem betonu (Meszaros in Eligehausen, 1996/1)

Figure 11: Influence of intensity of hole cleaning on the bond strength of injection anchors M12 in wet concrete (Meszaros and Eligehausen, 1996/1)

V praksi se v zadnjih letih vse pogosteje pri vrtanju izvrtin za sidra uporabljajo tudi orodja za vrtanje izvrtin z diamantnimi kronami. Na tem mestu govorimo tako o mokri kot suhi tehnologiji vrtanja. Z diamantnim vrtanjem in vodnim hlajenjem so izvrtine zelo gladke, čiste in praktično popolnoma cilindrične. Vendar pa ostane obod izvrtine po odsesanju tekočine iz izvrtine prekrit z goščo, ki je posledica vrtanja in ki ostane vlažna še nekaj časa. Sprijemna trdnost mase v takšnih okoliščinah je odvisna predvsem od tipa mase. Eligehausen, Mallée in Silva (2006) navajajo, da v kolikor v takšnih okoliščinah preteče dovolj časa, da se izvrtina posuši, dobro lepljive mase dosegajo praktično enako sprijemno trdnost kot pri izvrtinah s svedri. Zaradi precej bolj gladkega oboda izvrtine sta, pri manj lepljivih masah Spieth in Eligehausen (2002) med preskusi na Univerzi v Stuttgartu zabeležila občutno nižje sprijemne trdnosti (slika 12). Vpliv diamantne tehnologije vrtanja na nosilnost sprijemnih sider je v vsakem primeru odvisen od proizvoda. Zato se mora občutljivost vsakega proizvoda na tehnologijo vrtanja določiti s preskušanjem.



Slika 12: Pomik v odvisnosti od napetosti pri sprijemnih sidrih v izvrtinah izvrtanih s svedri in s kronami
(Spieth in Eligehausen, 2002)

Figure 12: Stress-displacement curves of injection type bonded anchors in hammer and diamond drilled holes
(Spieth and Eligehausen, 2002)

Novejše raziskave se osredotočajo tudi na analizo vpliva armature na nosilnost sprijemnih sider. Appa Rao in Arora (2013) na podlagi izsledkov svojih raziskav ugotavljata, da lahko vzdolžna armatura (v smeri sidra) poveča nosilnost sprijemnega sidra za 250% v primerjavi z nearmiranimi betoni, v katerih se običajno izvajajo izvlečni preskusi s sidri. Hkrati pa je porušitev pri armiranih vzorcih duktilna, za razliko od nearmiranih.

4 POSTOPEK PRESKUŠANJA SPRIJEMNIH SIDER

V tem poglavju predstavljamo podroben opis postopka preskušanja in ovrednotenja sprijemnih sider skladno z evropsko tehnično smernico ETAG 001 (2013) na podlagi katere lahko proizvajalci pridobijo evropska tehnična soglasja (ETA) za preskušane proizvode. V nadaljevanju predstavljamo standarden postopek preskušanja in ovrednotenja, ki so mu podvržena vsa sprijemna sidra. Vrednosti, pridobljene za posamezne lastnosti sidra s pomočjo ustreznih preskušanj postanejo sestavni del vsebine ETA soglasja preskušanelega proizvoda.

Vsebina tega poglavja predstavlja izhodišče za izvedbo empiričnega dela magistrske naloge, hkrati pa v njem predstavljamo opise postopkov izvajanja nateznih izvlečnih preskusov ter metode ovrednotenja rezultatov, s katerimi želimo določiti karakteristično sprijemno trdnost sprijemnih sider.

Opis preskušanja sprijemnih sider v nadaljevanju je sestavljen iz kronološkega zaporedja postopkov, ki so opisani v različnih delih in prilogah smernice ETAG 001, kot so:

- ETAG 001 – del 1: Splošno o sidrih,
- ETAG 001 – del 5: Sprijemna sidra,
- ETAG 001 – priloga A: Podrobnosti o preskusih,
- ETAG 001 – priloga C: Računske metode za dimenzioniranje sider.

Prevodi navedenih dokumentov iz angleškega v slovenski jezik so delo avtorja magistrskega dela.

Zaradi obsežnosti vsebine vseh navedenih dokumentov se v nadaljevanju omejimo na del celotnega postopka preskušanja sider. Zato sledi opis preskušanja, ki ga lahko uporabljamo ob naslednjih omejitvah:

- preskusi veljajo za sprijemna sidra v nerazpokanem betonu (najpogosteje v praksi) oziroma v tlačni coni betona,
- preskusi se izvajajo v betonih različne tlačne trdnosti (C20/25 in C50/60), s čimer je zajet vpliv trdnosti betona na nosilnost sider,
- opisani so postopki, ki veljajo le za določitev natezne nosilnosti sprijemnih sider (strižna nosilnost sprijemnih sider ni odvisna sprijemne trdnosti mase),
- vsebina smernice, ki obravnava vpliv temperature in obstojnosti, ni predstavljena, ker bi upoštevanje slednjih dejavnikov bistveno podaljšalo časovni obseg preskušanja kot tudi povečalo finančna sredstva za izvedbo preiskav, hkrati pa izsledki na tem mestu samo zaradi tehnologije vrtnanja po vsej verjetnosti ne bi bili izrazito drugačni.

Glede na navedene omejitve in skladno s smernico ETAG 001 – del 1, 5.1.3 (2013), postopek ovrednotenja sider v nadaljevanju ustreza opciji 7 iz preglednice 1.

Kot prikazuje preglednica 1, zajema opcija 7 ocenjevanje sider le v tlačni coni betona, ki ima tlačno trdnost razreda od C20/25 do C50/60. Karakteristična nosilnost sidra je odvisna od smeri delovanja obtežbe, na nosilnost sidra pa vpliva razmak med posameznimi sidri (s_{min} , s_{cr}) kakor tudi odmik sider od roba betona (c_{min} , c_{cr}).

Preglednica 1: Opcije ovrednotenja sider po ETAG 001 – del 1, preglednica 5.3 (2013)

Table 1: Assessment options covered by ETAG 001 – part 1, table 5.3 (2013)

Opcija	Razpokan in nerazpokan	Ne-razpokan	Samo C20/25	C20/25 do C50/60	F_{Rk} ena vrednost	F_{Rk} odvisna od smeri	c_{cr}	s_{cr}	c_{min}	s_{min}	Računska metoda po prilogi C
1	X			X		X	X	X	X	X	A
2	X		X			X	X	X	X	X	
3	X			X	X		X	X	X	X	B
4	X		X		X		X	X	X	X	
5	X			X	X		X	X			C
6	X		X		X		X	X			
7		X		X		X	X	X	X	X	A
8		X	X			X	X	X	X	X	
9		X		X	X		X	X	X	X	B
10		X	X		X		X	X	X	X	
11		X		X	X		X	X			C
12		X	X		X		X	X			

Podatki, pridobljeni z opcijo 7, se lahko uporabijo za računsko metodo A po ETAG 001 – priloga C.

Smernica, v kateri so zapisane zahteve, pogoji in podatki o preskusih, ki se nanašajo na sprijemna sidra, se imenuje ETAG 001 – del 5: Sprijemna sidra. Zato se v nadaljevanju, pri opisu postopka določanja karakteristične nosilnosti sprijemnih sider, sklicujemo na navedeno smernico ter na ostale dele smernice ETAG 001, ki jih je potrebno upoštevati. Navedeni del 5 je primeren tudi za analize sprijemnih sider, kjer je bila uporabljena kronska (diamantna) tehnika vrtnanja.

Podrobnosti o samem izvajanju preskusov so predstavljene v prilogi A k smernici ETAG 001, zato je vsebina tega dokumenta prav tako predstavljena v okviru tega dela magistrske naloge.

4.1 Načini izvajanja preskusov

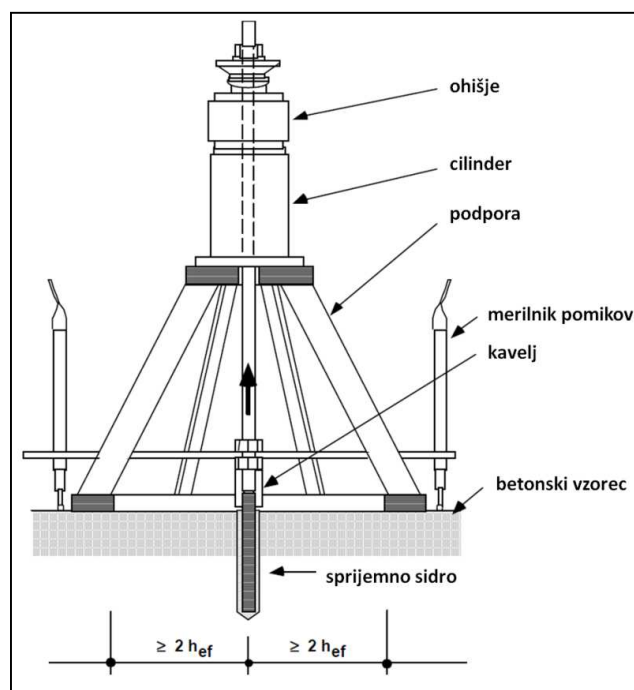
Izvajanje preskusov sprijemnih sider mora biti skladno s smernico ETAG 001 – del 5 (2013). Podrobnejša vsebina omenjenega dela smernice, ki govori o sprijemnih sidrih, je opisana v nadaljevanju.

4.1.1 Splošno o izvajanju preskusov

Preskuse, s katerimi se določajo karakteristične nosilnosti sprijemnih sider glede na način izvedbe preskusa, ločimo v dve skupini:

- a) neomejeni preskusi (slika 13),
- b) omejeni preskusi (slika 14).

Neomejeni preskusi omogočajo pri izvleku sidra neovirano formiranje betonskega stožca. Ti preskusi se izvajajo skladno s priložo A (ETAG 001). Pri omejenih preskusih pa je porušitev po betonskem stožcu onemogočena s tem, ko se reakcija, med izvlekom sidra, vnese zelo blizu sidra v beton.

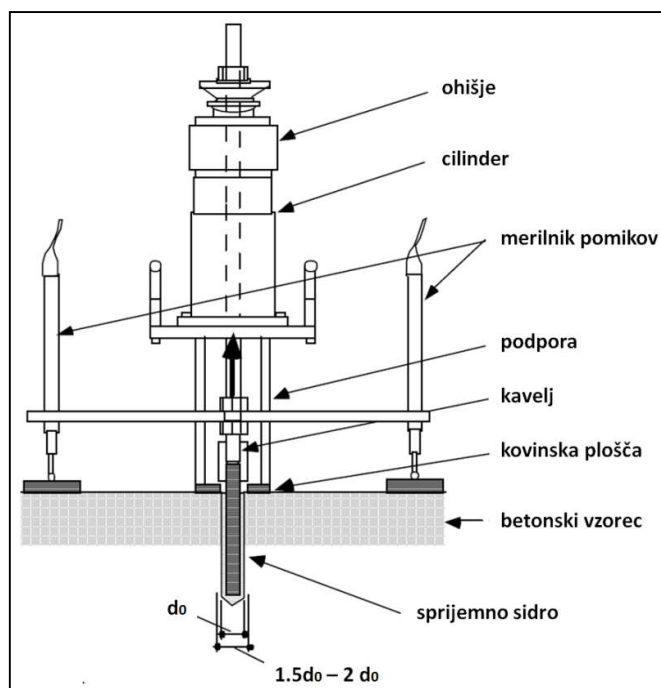


Slika 13: Primer nateznega preskusnega orodja za izvedbo neomejenega preskusa (ETAG 001 – del 5)

Figure 13: Example of a tension test rig for unconfined tests (ETAG 001 – part 5)

Kovinska plošča pri omejenih preskusih mora biti zadosti toga. Hkrati pa je pomembno, da je površina, kjer plošča nalega na beton, zadosti velika, da prepreči previsoke pritiske v betonu. Zato je

priporočilo smernice ETAG 001 – del 5; 5.0, da naj bo pritisk pod ploščico nižji od 70% tlačne trdnosti betona.



Slika 14: Primer nateznega preskusnega orodja za izvedbo omejenega preskusa (ETAG 001 – del 5)

Figure 14: Example of a tension test rig for confined tests (ETAG 001 – part 5)

4.1.2 Preskusi povezani z mehansko odpornostjo in stabilnostjo sprijemnih sider

Pri vnosu natezne obtežbe med izvajanjem preskusov s sprijemnimi sidri se po ETAG 001 – del 5; 5.1, lahko aktivira eden od naslednjih štirih porušnih mehanizmov:

- kombinacija izvleka in porušitve po betonskem stožcu,
- porušitev po betonskem stožcu,
- prekoračitev nosilnosti jekla,
- razcep betona (ang. splitting).

Značilnost porušitve zaradi kombinacije izvleka in aktivacije betonskega stožca je izvlek zasidranega dela sidrne palice (z ali brez obdanega veziva) iz betona. Vpliv številnih dejavnikov na posamično sidro ali skupino sider pripelje do dejstva, da se takšna porušitev aktivira na poljubnem mestu vzdolž vgrajene sidrne palice.

Pri porušitvi po betonskem stožcu pa je značilno, da se porušitev aktivira na najgloblji točki zasidranega dela sidrnega elementa. Ta porušni mehanizem se lahko pri posamičnem sidru ali skupini

sider pojavi neodvisno od bližine roba betona. Porušitev po betonskem stožcu ponazarja najvišjo možno nosilnost sprijemnega sidra in jo kot tako lahko napovemo skladno z dosedanjimi izkušnjami (podobno kot pri torzijsko kontroliranih ekspanzijskih sidrih ali spodreznih sidrih).

Prekoračitev nosilnosti jekla ali razcep betona lahko končno nosilnost sprijemnega sidra omejita glede na nosilnost, ki bi jo sicer lahko dosegli ob upoštevanju le kombinacije izvleka s poružitvijo betonskega stožca in poružitve po betonskem stožcu.

Med izvedbo preskusov je potrebno preveriti številne dejavnike, ki lahko vplivajo na lastnosti sprijemnega sidra (preskusi ustreznosti: čistost izvrtine, mešalna tehnika; preskusi dopustnih pogojev pri uporabi: vpliv temperature, preskusi obstojnosti). V splošnem navedeni dejavniki vplivajo le na nosilnost pri kombinaciji izvleka in poružitve po betonskem stožcu in ne na nosilnost pri ostalih porušnih mehanizmih, kot so porušitev po betonskem stožcu, nosilnost jekla ali razcep betona. Kot primer navedimo porušitev po betonskem stožcu pri 20°C ali pri 80°C, ker je natezna nosilnost v obeh primerih enaka.

S spreminjanjem vplivnih dejavnikov pa se porušni mehanizem lahko spremeni. Na primer: preskusi s poružitvijo betonskega stožca pri 20°C in kombinacije izvleka z betonskim stožcem pri 80°C kažejo slabše nosilnosti pri 80°C (ETAG 001 – del 5; 5.1). Vplivni dejavniki torej igrajo pomembno vlogo pri določanju nosilnosti sprijemnih sider.

Torej je osnovni namen izvajanja preskusov ugotoviti nosilnost pri poružitvi zaradi kombinacije izvleka in betonskega stožca, ki je podana kot τ_{Rk} v ETA. Karakteristična sprijemna nosilnost nam omogoča dimenzioniranje sprijemnih sider zaradi kombinacije izvleka in poružitve po betonskem stožcu na različnih globinah sidranja. Nosilnost pri poružitvi zaradi betonskega stožca ali prekoračitve nosilnosti jekla pa se lahko določi skladno z obstoječimi izkušnjami.

Pri neomejenih preskusih z minimalno predpisano globino sidranja se lahko med izvajanjem preskusov za določanje dopustnih pogojev pri uporabi sidra aktivira porušitev po betonskem stožcu. V kolikor so ti rezultati uporabljeni za določitev karakteristične sprijemne nosilnosti, je ta pristop konzervativen. Bolj natančne rezultate bi dosegli, če bi minimalno globino sidranja določili tako, da nastopi porušitev veziva (kombinacija izvleka in betonskega stožca).

Sprijemna sidra z visoko sprijemno nosilnostjo lahko privedejo le do poružitve po betonskem stožcu ali prekoračitve nosilnosti jekla med izvajanjem neomejenih preskusov. V tem primeru je priporočljivo, da se vsi preskusi izvedejo kot omejeni preskusi in da se τ_{Rk} določi z upoštevanjem modifikacijskega faktorja a_{setup} (Izraz 10 na str.39).

Pri ocenjevanju sprijemnih sider je poleg izvedbe celotnega preskusnega programa potrebno zagotoviti tudi minimalno število različnih betonskih šarž med izvajanjem preskusov. Minimalno število šarž za različne trdnosti betona so podane v nadaljevanju:

- preskušanje v betonu C20/25: vsaj 3 različne šarže, v kolikor beton dobavijo različni dobavitelji (sicer 4 različne šarže),
- preskušanje v betonu C50/60: vsaj 2 različni šarži (ne glede na izvor betona).

Referenčni natezni preskusi se izvajajo, ker jih potrebujemo pri ovrednotenju rezultatov preskusov ustreznosti in zato, da bi z njimi zajeli vpliv določenih parametrov na natezno nosilnost sprijemnih sider. Narediti jih moramo za vsako šaržo. Referenčne preskuse izvajamo:

- v suhem betonu,
- pri normalni temperaturi ($T = +21^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$),
- z upoštevanjem navodil proizvajalca glede načina vgradnje sider,
- kot omejene preskuse po približno enakem času vezanja glede na ostale preskuse.

Referenčni preskusi se izvajajo v tlačni coni betona (nerazpokan beton), v kolikor se rezultati primerjajo z rezultati preskusov v tlačni coni betona. Izvesti je potrebno vsaj 5 referenčnih preskusov v vsaki seriji. V kolikor je koeficient variacije porušne obtežbe večji od 15%, je potrebno število preskusov povečati.

V kolikor je v soglasju navedena več kot ena tehnika vrtnja, potem se morajo vsi preskusi izvesti z vsemi predvidenimi tehnikami vrtnja.

4.1.3 Preskusi ustreznosti sprijemnih sider

Namen preskusov ustreznosti (ang. *tests for suitability*) je ugotoviti, ali je sidro varno in učinkovito v času uporabe in med vgradnjo vključno z upoštevanjem neželenih okoliščin, ki se lahko pojavijo.

Primarno temeljijo preskusi ustreznosti na preizkušanju sledečih lastnosti sider (ETAG 001 – del 1):

- 1) Varnost vgradnje – vpliv nepravilnosti med vgradnjo kot so premer izvrtine, čiščenje izvrtine, voda v izvrtini, intenziteta sidranja in vpliv zadetja armature med vrtnjem. Med izvedbo preskusov za kontrolo zanesljivosti vgradnje, se vgradnja sidra izvede skladno z navodili proizvajalca sidra.
- 2) Odziv v betonu nizke trdnosti (C20/25).
- 3) Odziv v betonu visoke trdnosti (C50/60).
- 4) Odziv pri nihanju širine razpoke (samo pri ovrednotenju za uporabo v natezni coni betona).

- 5) Odziv pri ponavljajoči obtežbi.
- 6) Odziv pri stalni obtežbi.
- 7) Vpliv priteznega momenta na natezno silo.

Preskusi ustreznosti vseh tipov sider namenjenih vgradnji le v tlačno cono betona so zbrani v preglednici 6.

Preskusi ustreznosti prijemnih sider se izvedejo skladno s smernico ETAG 001 – Del 5; 5.1.2.

Tipi preskusov, pogoji in število preskusov kot tudi pogoji pri analizi rezultatov preskusov so zajeti v preglednici 2, ki velja za prijemna sidra namenjena vgradnji le v tlačno cono betona.

Pri vseh preskusih ustreznosti mora biti izvrtina izvrtana s svedrom premera $d_{cut,m}$. V splošnem se pritezni moment v sidro ne vnese. Le pri preskusih s priteznim momentom se sidra privijejo do porušitve.

Globina sidranja med izvedbo preskusov ustreznosti se določi glede na zahtevo proizvajalca oziroma organa, ki pridobiva soglasje. V kolikor želi proizvajalec pridobiti soglasje za več različnih globin sidranja, potem se preskusi varne vgradnje, skladno z vrstico 1 v preglednici 6, izvedejo z največjo zahtevano globino sidranja, ostali preskusi ustreznosti pa s srednjo globino sidranja.

Podrobnejši opisi posebnih preskusov, ki so sestavni del vseh preskusov ustreznosti skladno s preglednico 2, so podani v poglavjih v nadaljevanju.

Opombe k preglednici 2:

- (1) Velikost sidra: s = najmanjše; i = vmesno; m = srednje; l = največje

m = M12 ali manjše, če je večje od M12.

- (2) Glej Izraz 7 (str.37):

Srijemna trdnost za vsak preskus se določi skladno z Izrazom 9 (str.39).

Primerjava karakterističnih vrednosti v Izrazu 7 ni potrebna, v kolikor so izpolnjeni pogoji v delu 1, 6.1.1.1(d) – glej Izvleček iz ETAG 001 – Del 1; 6.1.1.1 v nadaljevanju; ali v kolikor je koeficient variacije porušne srijemne trdnosti < 15% v obeh preskusnih serijah.

- (3) Ti preskusi za določanje ustreznosti se izvajajo kot preskusi z omejitvami.
- (4) Preskusi ustreznosti v tlačni coni trdega betona se izvedejo le za opcije 8, 10 in 12. Za opcije 7, 9 in 11 ti preskusi niso zahtevani, ker se obnašanje sidra betonu visoke trdnosti preveri pri preskusih za dopustne pogoje pri uporabi sidra.

Preglednica 2: Preskusi ustreznosti sprijemnih sider, namenjenih za uporabo samo v nerazpokanem delu betona (ETAG 001 – del 5, preglednica 5.2; 2013)

Table 2: Suitability tests for bonded anchors to be used in non-cracked concrete only (ETAG 001 – part 5, table 5.2; 2013)

	Namen preskusa	Beton	Širina razpoke Δw [mm]	Minimalno št. preskušanj dimenzije sidra					Kriterij		Opomba	Postopek preskušanja	Opomba k ref. preskusu R (5)
				s	i	m	i	l	odziv obt./pomik	req. α (2)			
1	Zanesljivost vgradnje: (a) suh beton	C20/25	0	5 / R	5 / R	5 / R	6.1.1.1 (a) do (c)		$\geq 0,8$ (8)	(3)	5.1.2.1 (a)	C20/25	
	(b) moker beton	C20/25	0	5 / R	5 / R	5 / R			$\geq 0,75$ (8)	(3)	5.1.2.1 (b)	C20/25	
	(c) zalita izvrtina	C20/25	0	5 / R	5 / R	5 / R			$\geq 0,75$ (8)	(3)	5.1.2.1 (c)	C20/25	
	(d) tehnika mešanja	C20/25	0	/ / /	5 / R	/ / /			$\geq 0,8$ (8)	(3)	5.1.2.1 (d)	C20/25	
4	Vpliv trdega betona	C50/60	0	5 / /	5 / /	5 / /			$\geq 1,0$	(3) (4)	5.1.2.2	/	
5	Vpliv ponavljajoče obtežbe	C20/25	0	/ / /	5 / R	/ / /	6.1.1.1 in Del 1 6.1.1.2		$\geq 1,0$	(3)	5.1.2.4	C20/25	
6	Vpliv stalne obtežbe	C20/25	0	/ / /	5 / R	/ / /	6.1.1.1 (a) do (c), (e)		$\geq 0,9$	(3)	5.1.2.5	C20/25	
7	Maksimalni pritezni moment	C50/60	0	5 / /	5 / /	5 / /	Del 1, 6.1.1.2 (d)			/	5.1.2.6	/	
8	Vpliv zmrzali/odtajanja	C50/60	0	/ / /	5 / R	/ / /	6.1.1.1 (a) do (c), (f)		$\geq 0,9$	(3)	5.1.2.7	C50/60	
9	Vpliv smeri vgradnje	C20/25	0	/ / /	/ / /	5 / R	6.1.1.1 (a) do (c)		$\geq 0,9$	(3) (9)	5.1.2.8	C20/25	

(5) R¹: Referenčni preskusi se morajo izvesti s sidri z enakim premeri, kot tudi v isti plošči ali istem betonu, kot je bil uporabljen pri preskusih ustreznosti.

(8) Za $\alpha_2 = 1,2$. Za ostale delne varnostne faktorje velja preglednica 5.

(9) Preskusi pri vplivu smeri vgradnje naj bodo izvedeni z največjim obravnavanim premerom.

4.1.3.1 Preskusi zanesljivosti vgradnje

Preskusi, s katerimi se ovrednoti zanesljivost vgradnje (ang. "installation safety tests") sidra, se izvajajo kot omejeni preskusi v tlačni coni betona C20/25. Pogoji, ki bodo navedeni v nadaljevanju, veljajo za sidra, kjer se izvrtina izvrti z uporabo električnega vrtnega kladiva. V splošnem ti pogoji veljajo tudi za druge tehnike vrtnja. Vendar pa se lahko v tem primeru na zahtevo priglasitvenega organa izvedejo nekoliko prilagojeni preskusi zanesljive vgradnje.

(a) Vpliv tehnike čiščenja izvrtine v suhi podlagi

Preskusi se izvajajo v suhem betonu.

¹ Referenčni natezni preskusi (opisani v poglavju 3.1.2)

Izvrtnina se izvrti v betonski element do globine, ki jo navaja proizvajalec. Izvrtnina se očisti z ročno tlačilko in ščetko, ki jo navaja proizvajalec, tako da se izvedeta dve operaciji izpihovanja in eno ščetkanja skladno z navodili proizvajalca. Tovrsten postopek je primeren le v kolikor je v navodilih proizvajalca zahtevano, da se čiščenje izvrtine izvede s štirimi operacijami izpihovanja in dvema ščetkanja. V kolikor je v navodilih zahtevano manj od tega, potem je potrebno zgornjo zahtevo (2x izpihovanje + 1x ščetkanje) primerno reducirati in število ponovitev izpihovanja in ščetkanja znižati na naslednjo nižje število ponovitev. Torej, če proizvajalec priporoča 2x izpihovanje in 1x ščetkanje, potem se preskusi zanesljivosti vgradnje izvedejo brez operacije ščetkanja.

V kolikor pa navodil o čiščenju izvrtine sploh ni, potem se preskusi izvedejo brez čiščenja izvrtine!

Sidro se vgradi v izvrtino skladno z navodili proizvajalca.

(b) Vpliv tehnike čiščenja izvrtine v mokri podlagi

Izvrtnina se očisti in sidro vgradi skladno s postopkom, ki je opisan pod točko (a). Vendar pa je nujno zagotoviti, da je beton v območju sidranja zasičen z vodo v času vrtnanja in čiščenja izvrtine ter vgradnje sidra.

Zasičenost betona z vodo v območju sidranja se lahko zagotovi s postopkom, ki je opisan v nadaljevanju:

1. Izvrtnina se izvrtina premera $0,5 \times d_0$ (d_0 = premer izvrtine preskušane sidra) do predvidene globine sidranja;
2. Izvrtnina se napolni z vodo in pusti v njej vsaj 8 dni, dokler se voda ne vpije v beton do polmera od $1,5d$ do $2d$ od osi vrtnanja;
3. Voda se izsesa iz izvrtine;
4. Končno se izvrtina izvrti do priporočenega premera d_0 .

Izvrtnina očistimo skladno z opisom pod točko (a) in sidro vgradi skladno z navodili proizvajalca.

(c) Vpliv tehnike čiščenja izvrtine v izvrtini, zaliti z vodo

Preskusi se izvajajo v betonu, ki je zasičen z vodo na območju vgradnje sidra. Slednje se zagotovi s postopkom, ki je opisan pod točko (b). Po tem, ko se izvrtina očisti skladno s postopkom, ki je opisan pod točko (a), se le ta napolni z vodo. Ne da bi odstranili vodo iz izvrtine, se v njo vgradi sprijemna masa in skladno z navodili proizvajalca vgradi sidrna palica.

Tovrstnih preskusov se ne izvaja pri prijemnih sidrih, kjer je v navodilih proizvajalca navedeno, da je potrebno morebitno vodo v izvrtini popolnoma odstraniti. V navodilih mora biti jasno navedeno, da

zgolj z vstavitvijo ampule ali veziva v izvrtino voda iz izvrtine ne bo odstranjena. Zato mora biti v tovrstnih primerih podan postopek čiščenja.

(d) Vpliv tehnike mešanja

Ti preskusi se izvedejo le pri sprijemnih sidrih, kjer je tehnika mešanja komponent v vezivu odvisna od izvajalca sidranja. To so tehnike, ki vključujejo:

- mešanje komponent, dokler se barva ne spremeni zaradi vpliva ene od komponent,
- mešanje s priporočeno opremo v določenem časovnem okviru,
- izvajanje več ponavljajočih tehnik mešanja v točno določenem številu.

Tovrstni preskusi se ne izvajajo pri sprijemnih vezivih, ki so v obliki ampul ali folij, in kjer so vse komponente v pravem razmerju že v samem pakiranju.

4.1.3.2 Vpliv betona nizke (C20/25) ali visoke (C50/60) trdnosti

Preskusi se izvedejo skladno z opisom v prilogi A k smernici ETAG 001. Ti preskusi se izvajajo kot omejeni.

4.1.3.3 Vpliv ponavljajoče obtežbe

Preskusi se izvajajo v tlačni coni betona oz. nerazpokanem betonu trdnosti C20/25 kot omejeni preskusi skladno z opisom v prilogi A (5.6) k smernici ETAG 001. Maksimalna obtežba N_{max} , ki jo vnesemo v sidro se določi skladno z enačbo (1):

$$N_{max} = \frac{1,1 \cdot N_{Rk,p}}{\gamma_{Mc}} \cdot \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{1}{\alpha_3} \cdot \frac{1}{\alpha_4} \quad (1)$$

kjer so:

$N_{Rk,p}$ = karakteristična nosilnost pri porušitvi zaradi izvleka podana v ETA v tlačni coni betona C20/25,

γ_{Mc} = delni varnostni faktor podan v ETA

α_2 = razmerje med obtežbami, pridobljenimi s preskusi z dolgoročno temperaturo $\leq 1,0$,

α_3 = razmerje med obtežbami, pridobljenimi s preskusi s kratkoročno temperaturo $\leq 1,0$,

α_4 = razmerje med obtežbami, pridobljenimi s preskusi kontrole obstojnosti veziva $\leq 1,0$.

4.1.3.4 Vpliv stalne obtežbe

Preskusi se izvajajo v tlačni coni betona oz. nerazpokanem betonu trdnosti C20/25 tako pri normalni temperaturi kot tudi pri maksimalni dolgotrajni temperaturi. Sidra se vgradijo pri normalni temperaturi in se jih obremeni do N_{sust} skladno z enačbo (2):

$$N_{sust} = \frac{1,1 \cdot N_{Rk,p}}{\gamma_{Mc}} \cdot \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{1}{\alpha_3} \cdot \frac{1}{\alpha_4} \quad (2)$$

kjer so:

N_{sust} = stalna natezna obtežba pri preskusih s stalno obtežbo pri normalni temperaturi (ETAG 001 – del 5; 5.1.2.5),

$N_{Rk,p}$ = karakteristična nosilnost pri porušitvi zaradi izvleka podana v ETA v tlačni coni betona C20/25,

γ_{Mc} = delni varnostni faktor podan v ETA

α_2 = razmerje med obtežbami, pridobljenimi s preskusi z dolgoročno temperaturo $\leq 1,0$,

α_3 = razmerje med obtežbami, pridobljenimi s preskusi s kratkoročno temperaturo $\leq 1,0$,

α_4 = razmerje med obtežbami, pridobljenimi s preskusi kontrole obstojnosti veziva $\leq 1,0$.

Med preskusom se vzdržuje sila N_{sust} ter normalna temperatura ($T = 21^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$) in pri tem beleži pomike, dokler se ti ne ustavijo, vendar vsaj 3 mesece (pri posebnih preskusih lahko priglasitveni organ soglaša z izvedbo teh preskusov v krajšem časovnem obsegu)! Temperatura v prostoru sme nihati več kot $\pm 3\text{K}$, vendar je potrebno na koncu preskusa doseči zahtevano povprečno temperaturo prostora. Pogostost beleženja pomikov je izbrana tako, da so razločno podane značilnosti sider v izbranih pogojih. Ker so pomiki največji v začetni fazi, so beleženja v tem času bolj pogosta kot sicer. Sprejemljiva pogostost meritev je lahko kot sledi:

- prvo uro: vsakih 10 minut,
- naslednjih 6 ur: vsako uro,
- naslednjih 10 dni: vsak dan,
- potem: vsakih 5-10 dni.

Za določitev nosilnosti sidra po izvedbi opisanega preskusa se sidro razbremeni in izvede omejeni natezni preskus sidra do porušitve.

4.1.3.5 Preskusi s priteznim momentom

Preskusi se izvajajo skladno z opisom v prilogi A (5.10) k smernici ETAG 001.

Poleg navedenega je potrebno zagotoviti, da 95% natezne sile, ki je posledica priteznega momenta $T = 1,3 T_{inst}$, ni višja od karakteristične nosilnosti pri porušitvi zaradi izvleka:

$$N_{Rk,p} = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot \tau_{Rk,ucr}$$

kjer sta:

h_{ef} = minimalna globina sidranja za izbrani premer sidra,

$\tau_{Rk,ucr}$ = karakteristična prijemna nosilnost za tlačno cono betona C20/25, ki je podana v ETA.

4.1.3.6 Vpliv zmrzovanja in tajanja

Preskusi se izvajajo v tlačni coni betona C50/60, ki je zmrzljivo odporen skladno s standardom EN 206. Ker se za betonske vzorce uporabljajo kocke s stranico dolžine od 200 do 300mm ali od 15d do 25d, naj bi bila porušitev zaradi razcepa betona preprečena.

Zgornjo stranico kocke se prekrije z vodo do globine 12mm, medtem ko se preostale stranice zatesnijo tako, da se prepreči izhlapevanje vode. Sidro se obremeni do sile N_{sust} skladno z enačbo (3):

$$N_{sust} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mc} \cdot \gamma_f} \quad (3)$$

kjer so:

N_{sust} = stalna natezna obtežba pri preskusih zmrzovanja/taljenja (ETAG 001 – Del 5; 5.1.2.7)

$N_{Rk,p}$ = karakteristična nosilnost pri porušitvi zaradi izvleka podana v ETA v tlačni coni betona C50/60,

γ_{Mc} = delni varnostni faktor podan v ETA,

γ_f = delni varnostni faktor za sidra = 1,4.

Nato se izvede 50 ciklov zmrzovanja in tajanja, kot je opisano v nadaljevanju:

- v roku ene ure je potrebno dvigniti temperaturo v komori do $+20 \pm 2^\circ\text{C}$, ki se jo nato vzdržuje še 7 ur,
- v naslednjih dveh urah je potrebno temperaturo v komori znižati na $-20 \pm 2^\circ\text{C}$, ki se jo nato vzdržuje še 14 ur (skupaj 16 ur).

Med izvajanjem temperaturnih ciklov se beleži pomike preizkušanca. Po izvedbi 50 ciklov se izvede omejen preskus nosilnosti sidra pri normalni temperaturi okolice.

4.1.3.7 Vpliv smeri vgradnje

V kolikor je zahteva v nadaljevanju izpolnjena, potem dodatnih preskusov za upoštevanje vpliva smeri vgradnje na nosilnost sider ni potrebno izvajati.

Pri vgradnji sidra skladno z navodili proizvajalca mora biti prostor med sidrno palico in steno izvrtine popolnoma zapolnjen z vezivom. Pri tem mora navedeni prostor ostati zapolnjen z vezivom tudi po čiščenju površine, kjer je bilo sidro vgrajeno.

4.1.4 Preskusi za določanje dopustnih pogojev pri uporabi sidra

Preskusni pogoji za vse tipe sider so podani v delu 1, 5.1.3 ter v prilogi B k smernici ETAG 001. Zbrani so v Preglednici 8.

Na dopustne pogoje pri uporabi sider za vgradnjo v beton vplivajo različni dejavniki, kot so:

- tip sidra (ekspanzijska, spodrezna, sprijemna itn.),
- zasnova in vrsta materiala v sidru (globina sidranja, premer izvrtine, presek jeklenih delov, trdnost jekla itn.),
- smer delovanja obtežba na sidro (nateg, kombinacija nateg in strig, strig),
- razmere v betonu (tlačna, natezna cona betona),
- trdnost betona,
- postavitev sider v betonskem elementu (razmak med sidri, odmik sidra od roba betona itn.).

Porušni mehanizmi so pomembni pri določanju dopustnih pogojev pri uporabi sidra (ang. "admissible service conditions"), ker se posledično uporabljajo različni delni varnostni faktorji glede na porušni mehanizem (skladno s prilogo C k ETAG 001).

Obseg programa preizkušanja je odvisen od zahtev prosilca za soglasje, ker se le ta odloči o področjih uporabe, za katera naj bi bilo sidro primerno in za katera je potem potrebno izvesti preskuse.

Običajno se prosilec za soglasje odloči za eno od možnih opcij, ki so podane v preglednici 1, upoštevajoč naslednje pogoje uporabe:

- sidro je namenjeno uporabi v tlačni in natezni coni betona (opcije 1 do 6), ali
- sidro je namenjeno le uporabi v tlačni coni betona (opcije 7 do 12),
- karakteristična nosilnost je odvisna od trdnosti betona (opcije 1,3,5 za natezno cono betona in opcije 7,9 in 11 za tlačno cono betona). Preskusi se izvedejo v betonih trdnosti C20/25 in C50/60, ali
- vpliv trdnosti betona na karakteristično nosilnost se zanemari. V tem primeru se vsi preskusi izvedejo le v betonu trdnosti C20/25. Zato je veljavna le ena karakteristična nosilnost za vse trdnosti betona \geq C20/25 (opcije 2,4,6 za natezno cono betona in opcije 8,10, 12 za tlačno cono betona),

- karakteristična nosilnost je odvisna od smeri delovanja obtežbe (opciji 1 in 2 za natezno cono betona in opciji 7 in 8 za tlačno cono betona),
- samo ena karakteristična nosilnost je podana za vse smeri delovanja obtežbe (opcije 3 do 6 za beton v nategu in opcije 9 do 12 za beton v tlaku),
- vrednosti za razmak med sidri s_{cr} in s_{min} kot tudi za odmik od roba betona c_{cr} in c_{min} se določijo (opcije 1 do 4 za beton v nategu in opcije 7 do 10 za tlačno cono betona). Za potrebe dimenzioniranja ta postopek omogoča interpolacijo karakteristične nosilnosti v odvisnosti od razmaka in odmika od roba skladno z metodami dimenzioniranja,
- vrednosti za razmak med sidri s_{cr} in za odmik od roba betona c_{cr} sta že določeni s strani prosilca za soglasje. Ti vrednosti ni možno reducirati (opciji 5 in 6 za natezno cono betona in opciji 11 in 12 za tlačno cono betona).

Podrobnosti o pogojih za preskuse in o številu preskusov za različne opcije so podane v prilogi B smernice ETAG 001.

Postopki preizkušanja so opisani v prilogi A smernice ETAG 001.

Število preskusov se lahko ustrezno zmanjša v kolikor odziv sidra sovпада z dosedanjimi izkušnjami.

V kolikor proizvajalec razpolaga z že obstoječimi informacijami in tovrstna poročila o preskusih vsebujejo vse potrebne podatke, lahko priglasni organ (soglasodajalec) zmanjša število preskusov, ki so podani v prilogi B. Slednji podatki so v oceni upoštevani le pod pogojem, da rezultati ustrezajo rezultatom ali izkušnjam soglasodajalca.

Od metode dimenzioniranja, podane v prilogi C, je odvisno, katere preskuse je potrebno izvesti za določanje dopustnih pogojev pri uporabi sidra. Zato je tudi metoda dimenzioniranja sider pomembna pri obsegu preskusov. Razmerja med različnimi opcijami ocenjevanja in metodami dimenzioniranja so podana v preglednici 1.

Poleg navedenega pa se pri preskusih za določanje dopustnih pogojev pri uporabi sprijemnih sider, skladno z ETAG 001 – Del 5; 5.1.3, izvajajo še preskusi, s katerimi se zajame vpliv temperature, obstojnosti in trajnosti na karakteristično nosilnost sider.

Obstoječe izkušnje pri vrednotenju sprijemnih sider veljajo za tista sprijemna sidra, katerih globina sidranja je v naslednjem območju (ETAG 001 – Del 5, 2013):

- minimalna globina sidranja: $d \leq 10\text{mm}$ $h_{ef} = 60\text{mm}$,
 $d \leq 12\text{mm}$ $h_{ef} = 70\text{mm}$,
 $d \leq 16\text{mm}$ $h_{ef} = 80\text{mm}$,
 $d \leq 20\text{mm}$ $h_{ef} = 90\text{mm}$,
 $d \geq 24\text{mm}$ $h_{ef} = 4d$.

Manjše globine sidranja so možne pod pogojem, da se izvede vsaj 20 preskusov s sistemom 4 kvadratno razporejenih sider (skladno s prilogo A k ETAG 001). Kljub temu pa minimalna globina v ETA soglasjih ne sme biti nižja od 40mm in 4d.

Preskusi se izvajajo z globino sidranja, ki jo zahteva vlagatelj soglasja. V kolikor proizvajalec vlaga zahtevo z več različnimi globinami sidranja, potem se preskusi za določanje dopustnih pogojev pri uporabi sidra izvedejo kot neomejeni preskusi z minimalno predlagano globino sidranja.

Preglednici 3 in 4 prikazujeta zahtevano število preskusov za določitev dopustnih pogojev pri uporabi sider, za katere uporabljamo računski model s karakteristično sprijemno nosilnostjo t_{Rk} skladno s Tehničnim poročilom 029 (EOTA, Design of Bonded Anchors, TR 029, 2010).

Preglednica 3 je namenjena sprijemnim sidrom za uporabo v natezni in tlačni coni betona in temelji na neomejenih preskusih. Preskusov z vmesno dimenzijo sider pri A1 ni potrebno izvesti, v kolikor se dokaže, da je sprijemna nosilnost pri A1 omejenih preskusih, stalna.

Preglednica 4 je namenjena sprijemnim sidrom za uporabo v natezni in tlačni coni betona ter temelji na omejenih preskusih z upoštevanjem faktorja a_{setup} .

Preskusov v serijah A3 in A4 se ne izvaja pri vrednotenju sider za vgradnjo le v tlačno cono betona.

Opombe k preglednicama 3 in 4:

- (1) Velikost sidra: s = najmanjše; i = vmesno; m = srednje; l = največje

Primer za sidrne navojne palice:

- vlagatelj zahteva soglasje za 3 dimenzije; preizkušanje vseh dimenzij,
- vlagatelj zahteva soglasje za 5 dimenzij; preizkušanje treh dimenzij (glej preglednico),
- vlagatelj zahteva soglasje za 8 dimenzij; preizkušanje štirih dimenzij,
- vlagatelj zahteva soglasje za 11 dimenzij; preizkušanje petih dimenzij.

Preskušane velikosti morajo biti enakomerno razporejene med vsemi predlaganimi.

Preglednica 3: Neomejeni preskusi za določitev dopustnih pogojev pri uporabi sprijemnih sider, namenjenih tako za natezno kot za tlačno cono betona (ETAG 001 – del 5, preglednica 5.5, 2013)

Table 3: Admissible service condition tests for bonded anchors to be used in cracked and non-cracked concrete based on unconfined test (ETAG 001 – part 5, table 5.5, 2013)

	Namen preskusa	Trdnost betona	Širina razpoke Δw (mm)	Minimalno število preskusov glede na velikost sidra				
				s	i	m	i	l
A1 (1)	Nateg v tlačni coni betona nizke trdnosti	C20/25	0	5	-	5	-	5
A2 (1)	Nateg v tlačni coni betona visoke trdnosti	C50/60	0	5	-	5	-	5
A3 (1)	Nateg v natezni coni betona nizke trdnosti	C20/25	0,3	5	-	5	-	5
A4 (1)	Nateg v natezni coni betona visoke trdnosti	C50/60	0,3	5	-	5	-	5
A14 (1)	Natezni preskus v vogalu	C20/25	0	5	-	5	-	5
A20 (1)	Minimalni razmaki in odmiki od roba	C20/25	0	5	-	5	-	5

Preglednica 4: Omejeni preskusi za določitev dopustnih pogojev pri uporabi sprijemnih sider namenjenih tako za natezno kot za tlačno cono betona z upoštevanjem a_{setup} (ETAG 001 – del 5, preglednica 5.6, 2013)

Table 4: Admissible service condition tests for bonded anchors to be used in cracked and non-cracked concrete based on confined test and calculated with a_{setup} (ETAG 001 – part 5, table 5.6, 2013)

	Namen preskusa	Trdnost betona	Širina razpoke Δw (mm)	Minimalno število preskusov glede na velikost sidra				
				s	i	m	i	l
A1 omejeno (1)	Nateg v tlačni coni betona nizke trdnosti	C20/25	0	5	5	5	5	5
A2 omejeno (1)	Nateg v tlačni coni betona visoke trdnosti	C50/60	0	5	-	5	-	5
A3 omejeno (1)	Nateg v natezni coni betona nizke trdnosti	C20/25	0,3	5	-	5	-	5
A4 omejeno (1)	Nateg v natezni coni betona visoke trdnosti	C50/60	0,3	5	-	5	-	5
A14 (1)	Natezni preskus v vogalu	C20/25	0	5	-	5	-	5
A20 (1)	Minimalni razmaki in odmiki od roba	C20/25	0	5	-	5	-	5

Za vse preskuse, s katerimi se določajo dopustni pogoji za uporabo sider pri natezni obtežbi, je potrebno izvesti referenčne preskuse za srednjo velikost sider v isti šarži skladno z opisom v poglavju 3.1.2 v tej nalogi. Preskusi za sidra namenjena natezni coni betona se izvajajo v razpoki širine 0,3 mm.

4.2 Ovrednotenje primernosti sider za predvideno uporabo

4.2.1 Vpliv trdnosti betona in jekla na porušno nosilnost

V določenih primerih je potrebno rezultate preskusov pretvoriti tako, da je možna primerjava pri različnih trdnostih betona (izvajanje preskusov v betonih različne trdnosti). Pri tem je potrebno upoštevati tip porušitve. Pretvorba maksimalnih obtežb glede na f_{ck} ali f_{uk} se izvede skladno z ETAG 001 – del 1; 6.0(b). V primeru porušitve po:

- betonskem stožcu:

$$F_{Ru}(f_c) = F_{Ru}^t \cdot (f_c/f_{c,test})^{0,5} \quad (4)$$

$F_{Ru}(f_c)$ = porušna obtežba pri tlačni trdnosti betona f_c

- jeklu:

$$F_{Ru}(f_{uk}) = F_{Ru}^t \cdot (f_{uk}/f_{u,test}) \quad (5)$$

$F_{Ru}(f_{uk})$ = porušna obtežba pri natezni trdnosti jekla f_{uk}

Ne glede na zgoraj navedeno pa velja, da se pri porušitvi sprijemnih sider zaradi izvleka (vključujoč porušitev posamičnega sidra s tipičnim plitkim betonskim stožcem), lahko predpostavi linearna odvisnost med porušnimi obtežbami pri betonih nizke in visoke trdnosti.

4.2.2 Ovrednotenje rezultatov preskusov ustreznosti

4.2.2.1 Kriteriji veljavni za vse preskuse

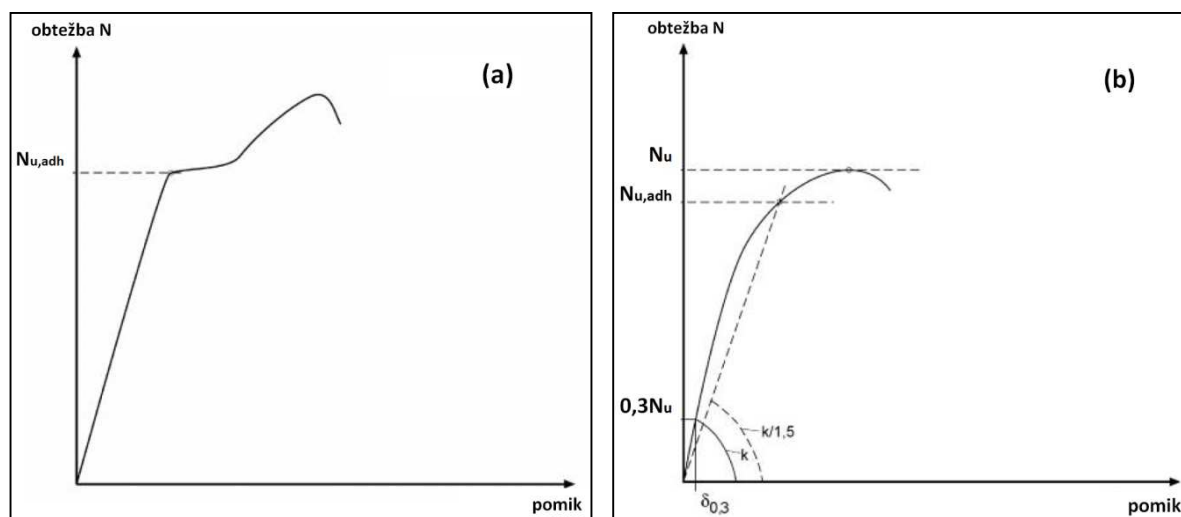
Skladno z ETAG 001 – del 5; 6.1.1.1 (2013), morajo biti pri vseh preskusih (vrstice 1 do 6 in 8 do 9 v preglednici 2) izpolnjene naslednje zahteve:

- (a) Namesto zahteve pri krivulji obtežba/pomik v delu 1, 6.1.1.1(a) katerega izvleček je opisan v nadaljevanju in ki se nanaša na omejitev pri nekontroliranem zdrsu, je potrebno opraviti ovrednotenje skladno z opisom v naslednjem odstavku.

Pri sprijemnih sidrih se nekontroliran zdrs pojavi, ko se vezivo s poglobljenim delom iztrga iz izvrtine (pri tem je oblika diagrama obtežba/pomik v veliki meri odvisna od nepravilnosti v izvrtini). Pripadajoča obtežba ob začetku nekontroliranega zdrsa se imenuje obtežba pri izgubi sprijemnosti $N_{u,adh}$.

$N_{u,adh}$ se mora ovrednotiti pri vsakem preskusu iz krivulje odvisnosti med obtežbo in pomikom. V splošnem se obtežba pri izgubi sprijemnosti prepozna po očitni spremembi togosti (slika 15a). V kolikor pa ta sprememba ni tako očitna, n.pr. togost enakomerno upada, se obtežbo pri izgubi sprijemnosti določi kot sledi:

- 1) Izračuna se tangento na krivuljo obtežba/pomik pri obtežbi $0,3N_u$ (N_u = maksimalna obtežba med preskusom). V splošnem se lahko za togostno tangento vzame sekanto med točkama 0/0 in $0,3N_u/d_{0,3}$ ($d_{0,3}$ = pomik pri $0,3N_u$).
- 2) Togostno tangento se deli s faktorjem 1,5.
- 3) Nariše se premica skozi točko 0/0 z naklonom, ki je določen v točki 2.
- 4) Presečišče tako narisane premice in krivulje obtežba/pomik nam poda vrednost $N_{u,adh}$, kjer sprijemnost popusti (slika 15b).

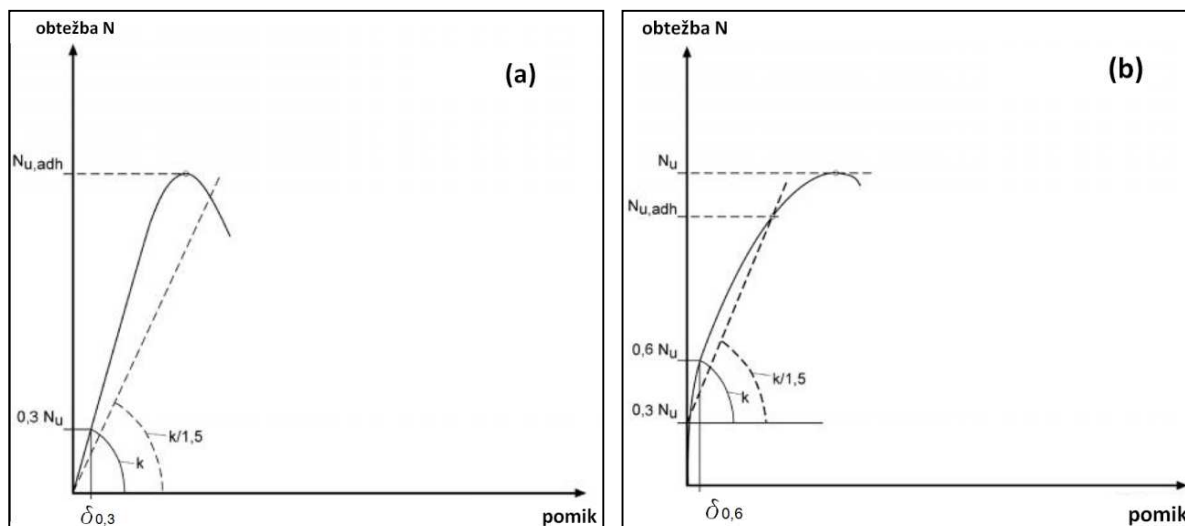


Slika 15: (a) Obtežba pri izgubi sprijemnosti ob občutni izgubi togosti; (b) Določitev obtežbe pri izgubi sprijemnosti (ETAG 001 – del 5; 6.1.1.1, sliki 6.1a in 6.1b, 2013)

Figure 15: (a) Load at loss of adhesion by a significant change of stiffness; (b) Evaluation of load at loss of adhesion (ETAG 001 – part 5; 6.1.1.1, figures 6.1a and 6.1b, 2013)

V kolikor je teme (maksimalna obtežba) krivulje na levi strani omenjenega presečišča, in je teme višje od obtežbe na presečišču, potem je vrednost $N_{u,adh}$ enaka maksimalni obtežbi (slika 16a).

V kolikor pa je krivulja na začetku zelo toga ($d_{0,3} \leq 0,05\text{mm}$), se premica za izračun lahko premakne v točko $0,3N_u/d_{0,3}$ (slika 16b).



Slika 16: (a) Določitev obtežbe pri izgubi sprijemnosti; (b) Določitev obtežbe pri izgubi sprijemnosti (ETAG 001 – del 5; 6.1.1.1, sliki 6.1c in 6.1d, 2013)

Figure 16: (a) Evaluation of load at loss of adhesion; (b) Evaluation of load at loss of adhesion (ETAG 001 – part 5; 6.1.1.1, figures 6.1c and 6.1d, 2013)

Za vse preskuse ustreznosti se faktor α_1 izračuna skladno z enačbo (6):

$$\alpha_1 = \frac{N_{u,adh}}{N_{Rk,p}} \cdot \frac{\gamma_{Mc}}{\gamma_4} \quad (6)$$

kjer so:

$N_{u,adh}$ = obtežba pri izgubi sprijemnosti (zdris preizkušanca),

$N_{Rk,p}$ = karakteristična nosilnost pri poružitvi zaradi izvleka, ki je podana v ETA glede na trdnost in stanje betona (razpokan, nerazpokan),

γ_4 = 1,3 ,

γ_{Mc} = delni varnostni faktor podan v ETA.

Merodajna je minimalna vrednost α_1 med vsemi preskusi ustreznosti. V kolikor je vrednost α_1 manjša od 1,0; potem se karakteristična vrednost $N_{Rk,p}$ zniža skladno z ETAG 001 – del 5; 6.1.2.2.1(b) - Redukcija karakteristične natezne nosilnosti.

Določitev obtežbe pri izgubi sprijemnosti ni zahtevana, ko pride do poružitve med vezivom in poglobljenim delom po celotni globini (definicija nekontroliranega zdrsa). V tem primeru se privzame vrednost $\alpha_1 = 1,0$.

(b) Zahteve glede raztrosa krivulj obtežba/pomik veljajo skladno z delom 1; 6.1.1.1(b).

(c) V vsaki preskusni seriji mora biti koeficient variacije porušne obtežbe nižji od $v = 30\%$.

(d) Namesto Izrazov 18 in 19 (Del 1; 6.1.1.1(d)) se pri sprijemnih sidrih vrednosti α določi skladno z enačbo (7).

$$\alpha = \min\left(\frac{\tau_{u,m}^{t,i}}{\tau_{r,i}^{t,i}}; \frac{\tau_{u,5\%}^{t,i}}{\tau_{r,i}^{t,i}}\right) \quad (7)$$

kjer so:

$\tau_{u,m}^{t,i}; (\tau_{u,5\%}^{t,i})$ = povprečna porušna sprijemna trdnost (oz. pri 5% fraktili) pri preskusih ustreznosti pridobljena v i-ti plošči,

$\tau_{u,m}^{r,i}; (\tau_{u,5\%}^{r,i})$ = povprečna porušna sprijemna trdnost (oz. pri 5% fraktili) pripadajočega referenčnega preskusa izvedenega v isti i-ti plošči ali isti šarži.

Sprijemna trdnost pri posamičnem preskusu se določi z enačbo (9).

Primerjava karakterističnih vrednosti v enačbi (7) ni zahtevana, v kolikor so izpolnjene zahteve navedene v delu 1; 6.1.1.1(d), ali v kolikor je koeficient variacije porušne sprijemne trdnosti nižji od 15% v obeh serijah.

4.2.2.2 Dodatni kriteriji, veljavni za specifične preskuse

V nadaljevanju so podani dodatni kriteriji, ki jih je skladno z ETAG 001 – Del 5; 6.1.1.2, potrebno zagotoviti pri izvajanju specifičnih preskusov kot so:

(e) Preskusi s stalno obtežbo

Pomiki, ki se zabeležijo med izvedbo tovrstnih preskusov, se ekstrapolirajo skladno z enačbo (8) za obdobje 50 let (preskusi pri normalni temperaturi). Za določitev gibanja krivulje pomikov pri stalni obtežbi skladno z enačbo (8) je potrebno vsaj 20 dnevno beleženje pomikov (minimalno 20 meritev). Ekstrapolirana vrednost pomikov mora biti nižja od maksimalnega pomika $s_{u,adh}$ pri pripadajočih referenčnih preskusih pri normalni temperaturi. Pomik $s_{u,adh}$ je pomik pri $N_{u,adh}$ (izguba sprijemnosti):

$$s(t) = s_0 + a \cdot t^b \quad (8)$$

kjer so:

s_0 = začetni pomik pri stalni obtežbi v trenutku $t = 0$ (merjeno takoj po nanosu stalne obtežbe)

a, b = konstanti (uravnalna faktorja), ovrednoteni z regresijsko analizo pomikov, ki se beležijo med stalno obtežbo

(f) Preskusi zmrzovanja/tajanja

Prirastki pomikov se morajo nižati z večanjem številom ciklov zmrzovanja/tajanja do vrednosti skoraj enaki nič.

4.2.3 Dopustni pogoji pri uporabi sider

4.2.3.1 Kriteriji veljavni za vse natezne preskuse

Kriteriji v nadaljevanju so določeni v skladu z ETAG 001 – Del 5; 6.1.2.1.

(a) Namesto zahteve pri krivulji obtežba/pomik v delu 1, 6.1.1.1(a), ki se nanaša na omejitev pri nekontroliranem zdrsu, je potrebno faktor a_I določiti skladno z enačbo (6). Merodajna je minimalna vrednost faktorja a_I med vsem preskusi.

V kolikor je vrednost faktorja a_I nižja od 1,0 potem je potrebno karakteristično nosilnost $N_{Rk,p}$ zmanjšati skladno z opisom v poglavju Redukcija karakteristične natezne nosilnosti.

(b) Raztros rezultatov pri spremljanju odvisnosti med pomikom in obtežbo mora biti omejen. Togost krivulje v omenjenem diagramu (pomik/obtežba) med razpokanim in nerazpokanim betonom se ne sme preveč razlikovati, s čimer se prepreči občutno izgubo maksimalne nosilnosti v skupini sider. Povzame se lahko naslednje priporočilo, s katerim se zadosti opisani zahtevi: koeficient variacije pomikov pri obtežbi $F = 0,5 F_{Ru,m}^t$ ne sme biti večji od 25% v vsaki seriji.

(c) Koeficient variacije maksimalne obtežbe pri vsaki seriji mora biti nižji od $v = 20\%$.

4.2.3.2 Ovrednotenje dopustnih pogojev pri uporabi sidra

4.2.3.2.1 Karakteristična nosilnost posameznega sidra

Določitev karakteristične nosilnosti posamičnega sidra je v smernici ETAG 001 – del 5; 6.1.2.2., podana v poglavju Ovrednotenje dopustnih pogojev pri uporabi (ang. "Assessment of admissible service conditions").

(a) Splošno

Za določitev karakteristične nosilnosti posamičnega sidra je potrebno upoštevati smernico ETAG 001 – del 1; 6.1.2.2.1 (a), katere izvleček je naveden v nadaljevanju poglavja.

Poleg navedenega dela smernice ETAG 001 je za ovrednotenje karakteristične natezne nosilnosti sprijemnih sider N_{Rk} pri poružitvi betonskega stožca in pri izvleku ($N_{Rk,c} = N_{Rk,p}$), upoštevati še enačbe (9) do (12). Pri poružitvi zaradi izvleka (vključno z izvlekom posamičnega sidra s plitvim betonskim stožcem na obremenjenem koncu) je v ETA soglasju lahko namesto karakteristične nosilnosti N_{Rk} navedena karakteristična sprijemna trdnost τ_{Rk} (posledično se uporabljata enačbi (10) in (14) ter enačba (11)).

Iz rezultatov nateznih preskusov za dopustne pogoje pri uporabi se sprijemna trdnost vsakega sprijemnega sidra določi skladno z enačbo (9):

$$\tau_{Ru}^i = \frac{N_u^i(C20/25)}{\pi \cdot d \cdot h_{ef}} \quad (9)$$

kjer so:

- τ_{Ru}^i = sprijemna trdnost sidra s premerom d pri nateznem preskusu v i -ti seriji,
 $N_u^i(C20/25)$ = maksimalna obtežba sidra s premerom d pri nateznem preskusu v i -ti seriji pretvorjena na trdnost betona C20/25 skladno z delom 1; 6.0(b),
 d = premer vgrajenega dela sidra,
 h_{ef} = globina sidranja.

Upoštevajoč način izvajanja preskusov ter cono betona se sprijemna trdnost določi kot:

$$\tau_{Ru,\alpha}^i = \alpha_{setup} \frac{N_u^i(C20/25)}{\pi \cdot d \cdot h_{ef}} \quad (10)$$

kjer je:

- α_{setup} = 1,0 ; če so preskusi izvedeni kot neomejeni preskusi (ETAG 001 – del 5; 5.0),
= 0,75 ; preskusi v nerazpokanem betonu so izvedeni kot omejeni preskusi,
= 0,70 ; preskusi v razpokanem betonu so izvedeni kot omejeni preskusi.

Ob upoštevanju vpliva različnih dejavnikov betona na porušno obtežbo, sprijemno trdnost τ_{Ru}^i v enačbi (9) pretvorimo z enačbo (11), kjer upoštevamo rezultate referenčnih preskusov:

$$\tau_{Ru} = \tau_{Ru}^i \cdot \frac{\min \tau_{Ru,m,\phi m}^r}{\tau_{Ru,m,\phi m}^i} \quad (11)$$

kjer so:

- τ_{Ru} = sprijemna trdnost pri normalni temperaturi okolja,
 τ_{Ru}^i = sprijemna trdnost glede na enačbo (9),
 $\min \tau_{Ru,m,\phi m}^r$ = minimalna povprečna sprijemna nosilnost vseh referenčnih serij (preskusi ustreznosti in za dopustne pogoje pri uporabi sidra, s premerom sidra "medium"),

$\tau_{Ru,m,\phi m}^{r,i}$ = povprečna sprijemna nosilnost referenčnega testa s premerom sidra "medium", ki je bil izveden v isti i-ti seriji, kot je bil tisti za natezni preskus pri dopustnih pogojih pri uporabi sidra.

Pretvorbo v minimalno sprijemno nosilnost skladno z enačbo (11) lahko spustimo, če je koeficient variacije maksimalne/porušne sprijemne nosilnosti, pri vseh rezultatih referenčne preskusne serije s premerom "medium", manjši od 15%. Zato je potrebno karakteristično sprijemno nosilnost pri preskusih za dopustne pogoje pri uporabi sidra, določiti s koeficientom variacije 15 %.

Ob upoštevanju vrednosti τ_{Ru} lahko karakteristično sprijemno nosilnost τ_{Rk} določimo skladno z delom 1; 6.1.2.2.1. V splošnem velja, da je vrednost τ_{Rk} konstantna za vse premere sider. V kolikor pa preskusi pokažejo, da sprijemna trdnost niha v predvidljivem vzorcu (ne poljubno) glede na premer sidra, potem vrednost τ_{Rk} lahko določimo kot zvezno funkcijo v odvisnosti od premera sidra.

Karakteristična natezna nosilnost sprijemnega sidra pri porušitvi betonskega stožca ali pri izvleku se izračuna z enačbo (12) in upoštevanjem karakteristične sprijemne trdnosti τ_{Rk} :

$$N_{Rk,0} = \tau_{Rk} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef} \quad (12)$$

(b) Redukcija karakteristične natezne nosilnosti

V kolikor določene zahteve niso izpolnjene, je potrebno karakteristično natezno nosilnost sprijemnega sidra reducirati skladno z zahtevami v nadaljevanju:

(1) Razmerje obtežba/pomik pri nateznem preskusu

Če je vrednost \mathbf{a}_1 , določena skladno z enačbo (6) (za preskus ustreznosti), nižja od 1,0, potem se karakteristična nosilnost $N_{Rk,p} = N_{Rk,c}$ zmanjša skladno z enačbo (13):

$$N_{Rk} = N_{Rk,0} \cdot \min \left(\min \frac{\alpha}{req\alpha}; \min \frac{\alpha_1}{req\alpha} \right) \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \quad (13)$$

kjer so:

N_{Rk} = karakteristična nosilnost (podana v ETA),

$N_{Rk,0}$ = karakteristična nosilnost glede na enačbo (12),

$\min \frac{\alpha}{req\alpha}$ = minimalno razmerje vseh preskusov ustreznosti $\leq 1,0$,

$\min \frac{\alpha_1}{req\alpha}$ = minimalno razmerje vseh preskusov ustreznosti in dopustnih pogojev $\leq 1,0$,

\mathbf{a} = vrednost glede na enačbo (7) (pogoj pri preskusih ustreznosti),

$req.\mathbf{a}$ = zahtevana vrednost \mathbf{a} glede na preglednico 2,

\mathbf{a}_1 = vrednost glede na enačbo (6),

- a_2 = vrednost pridobljena na osnovi preskusov pri max dolgotrajnih temperaturah oz. "maximum long term temperature" $\leq 1,0$,
- a_3 = vrednost pridobljena na osnovi preskusov pri max kratkotrajnih temperaturah oz. "maximum short term temperature" $\leq 1,0$,
- a_4 = vrednost pridobljena na osnovi preskusov za kontrolo obstojnosti veziva oz. "checking durability of adhesive" $\leq 1,0$.

Podobno določimo karakteristično sprijemno nosilnost:

$$\tau_{Rk} = \tau_{Rk}^0 \cdot \min \left(\min \frac{\alpha}{req\alpha}; \min \frac{\alpha_1}{req\alpha} \right) \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \quad (14)$$

kjer sta:

- τ_{Rk} = karakteristična sprijemna nosilnost (podamo v ETA),
- τ_{Rk}^0 = karakteristična sprijemna nosilnost določena skladno z delom 5; 6.1.2.2.1(a) tretja alineja.

Vrednost karakteristične sprijemne nosilnosti se zaokroži kot sledi:

τ_{Rk} [N/mm ²]	korak $\Delta\tau_{Rk}$ [N/mm ²]	npr.
≤ 10	0,5	4 / 4.5 / 5 / 5.5 ...
$> 10, \leq 20$	1,0	12 / 13 / 14 / 15 ...
> 20	2,0	26 / 28 / 30 / 32 ...

- (2) Preskusi nihanja širine razpok, ponavljajoče in stalne obtežbe ter preskusi zmrzovanja / tajanja

V kolikor pri preskusih nihanja širine razpok, ponavljajoči in stalni obtežbi ter pri preskusih zmrzovanja / taljenja, zahteve po razmerju obtežba / pomik niso izpolnjene, (skladno z ETAG 001 – del 5, 6.1.1.1 in del 1, 6.1.1.1) potem je potrebno karakteristično nosilnost reducirati in preskuse ponavljati, dokler zahteve niso izpolnjene. Merodajna bo minimalna karakteristična nosilnost, ki jo dosežemo pri zgoraj navedenih preskusih.

V primeru, da je karakteristična nosilnost sidra določene dimenzije pridobljena iz rezultatov preskusov nihanja širine razpok v enačbi (15), nižja od vrednosti, ki jo določimo skladno z delom 5; 6.1.2.2.1, potem je ta vrednost N_{Rk} merodajna.

$$Np = \frac{0,75 \cdot N_{Rk,p}}{\gamma_{Mc}} \cdot \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{1}{\alpha_3} \cdot \frac{1}{\alpha_4} \quad (15)$$

kjer so:

- Np = konstantna natezna obtežba pri preskusih nihanja širine razpok (ETAG 001- priloga A; 5.5),

$N_{Rk,p}$ = karakteristična nosilnost pri porušitvi zaradi izvleka podana v ETA v natezni coni betona C20/25,

g_{Mc} = delni varnostni faktor podan v ETA,

a_2 = razmerje med obtežbami, pridobljenimi s preskusi z dolgoročno temperaturo $\leq 1,0$,

a_3 = razmerje med obtežbami, pridobljenimi s preskusi s kratkoročno temperaturo $\leq 1,0$,

a_4 = razmerje med obtežbami, pridobljenimi s preskusi kontrole obstojnosti veziva $\leq 1,0$.

(3) Porušna obtežba pri preskusih ustreznosti

V kolikor je med preskusi ustreznosti (enačba 7) vrednost a pri porušni obtežbi, v vsaj eni seriji, nižja od $req.a$, podane v preglednici 2, potem se karakteristična natezna nosilnost $N_{Rk,p} = N_{Rk,c}$ zniža skladno z enačbo (13).

4.2.3.2.2 Delni varnostni faktor g_2 in g_3

Delni varnostni faktor g_2 se določi na podlagi rezultatov preskusov ustreznosti glede na vrstico 1 v preglednici 2 in skladno s preglednico 5.

Preglednica 5: Vrednosti $req.a$ pri preskusih zanesljivosti vgradnje sprijemnih sider (ETAG 001 – del 5, preglednica 6.1, 2013)

Table 5: Values of $req.a$ in the installation safety tests for bonded anchors (ETAG 001 – part 5, table 6.1, 2013)

Varnostni faktor g_2	req.a glede na preskus skladno s preglednico 2	
	vrstici 1(a) in 1(d)	vrstici 1(b) in 1(c)
1,0	$\geq 0,95$	$\geq 0,90$
1,2	$\geq 0,8$	$\geq 0,75$
1,4	$\geq 0,7$	$\geq 0,65$

Za določitev koeficienta variacije porušnih obtežb pri preskusih ustreznosti, $20\% \leq v \leq 30\%$, mora biti dodatni varnostni faktor g_3 podan v ETA.

$$g_3 = 1 + (v[\%] - 20) \cdot 0,03 \quad (16)$$

Za določitev koeficienta variacije porušnih obtežb pri nateznih preskusih za določitev dopustnih pogojev pri uporabi, $15\% \leq v \leq 20\%$, mora biti dodatni varnostni faktor g_3 podan v ETA.

$$g_3 = 1 + (v[\%] - 15) \cdot 0,03 \quad (17)$$

Merodajna vrednost za g_3 je maksimalna vrednost, ki jo dobimo iz enačb (16) in (17).

4.2.3.2.3 Ocenjevanje pomikov

Pomiki pri kratkotrajni in dolgotrajni natezni obtežbi morajo biti (skladno z ETAG 001- Del 1; 6.1.2.2.8) podani v ETA soglasju za pripadajočo obtežbo F, ki ustreza enačbi (18):

$$F = \frac{F_{Rk}}{\gamma_F \cdot \gamma_M} \quad (18)$$

kjer so:

F_{Rk} = karakteristična nosilnost sidra,

γ_F = 1,4 ,

γ_M = materialni delni varnostni faktor odvisen od pripadajočega porušnega mehanizma skladno s prilogo C k ETAG 001.

Za sprijemna sidra, namenjena vgradnji v tlačno cono betona velja, da se pomiki pod vplivom kratkotrajne (d_{N0}) in dolgotrajne obtežbe ($d_{N\infty}$), pridobijo na osnovi rezultatov pod vplivom stalne obtežbe (ETAG 001 – del 5; 6.1.2.2.8).

Pomiki pri kratkotrajni natezni obtežbi (d_{N0}) se določijo na osnovi preskusov pri posamičnem sidru brez vpliva odmika od roba betona in razmaka med sidri skladno s preglednico 8 (vrstice od 1 do 8). Pridobljene vrednosti naj bi ustrezale 95% fraktili in 90% stopnji zanesljivosti.

Pomiki pri kratkotrajni natezni obtežbi so odvisni od trdnosti in cone betona. Vendar pa zadošča navedba ene vrednosti, ki predstavlja pomik v najbolj neugodnih razmerah in je veljaven za vse trdnostne razrede betona tako v natezni kot tudi tlačni coni betona.

Pomiki pri dolgotrajni natezni obtežbi ($d_{N\infty}$) v tlačni coni betona se lahko določijo skladno z enačbo (19) na osnovi rezultatov stalne obtežbe:

$$\delta_{N\infty} = \frac{\delta_{m2}}{2,0} \quad (19)$$

kjer je:

δ_{m2} = maksimalen pomik pod vplivom stalne obtežbe po končanju preskusa (priloga A k ETAG 001).

4.3 Sidra na splošno: izvleček iz ETAG 001 - del 1

Kot že omenjeno, se 5. del smernice ETAG 001, ki govori o sprijemnih sidrih, sklicuje tudi na določena poglavja, navedena v 1. delu omenjene smernice. Zato je za popolno analizo sprijemnih sider nujna obravnava določenih poglavij 1. dela smernice ETAG 001, ki so predstavljeni v nadaljevanju.

4.3.1 Kriteriji veljavni za vse preskuse: izvleček iz ETAG 001 – del 1; 6.1.1.1

Pri vseh preskusih (vrstice 1,3,4 ali 5 v preglednici 6) morajo biti izpolnjene naslednje zahteve:

- (a) Krivulje pri diagramih obtežba/pomik morajo kazati na stalno naraščanje (slika 17). Redukcija obtežbe (horizontalna krivulja), ki bi bila posledica nepredvidenega zdrsa sidra ni sprejemljiva vse do obtežbe N_I :

$$N_I = 0,8 N_{Ru} \text{ (preskusi v tlačni coni betona)} \quad (20)$$

kjer je:

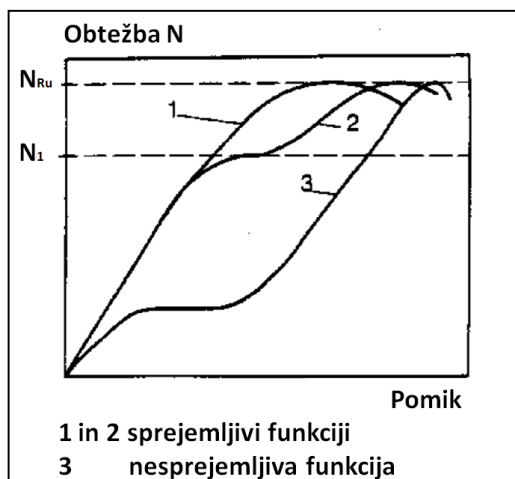
N_{Ru} = maksimalna obtežba pri posameznem preskusu.

Kadar pri preskusu zahteva v enačbi (20) ni izpolnjena, je potrebno karakteristično nosilnost, ki bo podana v ETA, primerno znižati (izvleček iz dela 1; 6.1.2.2.1(b) v nadaljevanju).

Slednja redukcija se lahko zanemari, v kolikor se znotraj ene serije preskusov, največ pri enem preskusu, zasledi raven plato pri diagramu obtežba/pomik pri obtežbi manjši od N_I . Hkrati pa morajo biti izpolnjeni tudi vsi naslednji pogoji:

- odklon v diagramu ni znaten,
- odklon lahko upravičimo kot nekarakteristično obnašanje sidra pri izvedbi preskusa,
- sidro v vseh 10 dodatnih preskusih zadosti zahtevam.

Za sprijemna sidra namesto opisane točke (a) velja del 5; 6.1.1.1(a), ki je omenjen v že opisanem poglavju Ocenjevanje in presoja preskusov ustreznosti.

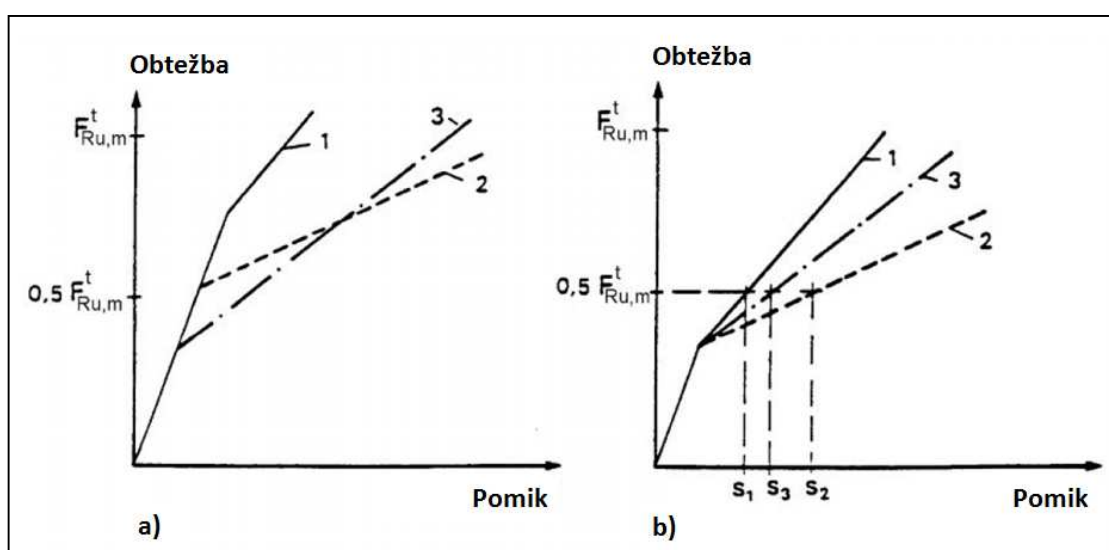


Slika 17: Zahteve pri krivulji obtežba/pomik (ETAG 001 – del 1; 6.1.1.1(a), slika 6.1, 2013)

Figure 17: Requirements for the load/displacement curve (ETAG 001 – part 1; 6.1.1.1(a), fig. 6.1, 2013)

(b) Raztros krivulj obtežba/pomik mora biti omejen, s čimer se prepreči velik padec v nosilnosti skupine sider. V kolikor ni izvedena nobena podrobna analiza, s katero bi se dokazala skladnost s to zahtevo, potem se predpostavi, da je zahtevi zadoščeno, če je koeficient variacije pri pomiku sidra ob obtežbi $0,5 F_{Rr,m}^t$ ($F_{Rr,m}^t$ = povprečna porušna obtežba v izbrani seriji) manjši od 40%. Pri tovrstni oceni se lahko vpliv različnih prednapetih sil na pomik pri $F = 0,5 F_{Rr,m}^t$ zanemari. To se lahko stori tako, da se krivulje obtežba/pomik vzporedno premakne na mesto najnižje preostale prednapete sile (slika 18).

Omejitve zaradi raztrosa krivulj obtežba/pomik ni potrebno upoštevati, v kolikor so vsi pomiki v tej seriji nižji od 0,4 mm.



Slika 18: Vpliv prednapetja na krivulje obtežba/pomik (ETAG 001 – del 1; 6.1.1.1(b), slika 6.2, 2013)

Figure 18: Influence of prestressing on load/displacement curves (ETAG 001 – part 1; 6.1.1.1(b), figure 6.2, 2013)

(c) V vsaki preskusni seriji mora biti koeficient variacije povprečne maksimalne obtežbe manjši od $v = 20\%$.

(d) Faktor a mora biti glede na enačbi (21) in (22), večji od vrednosti navedenih v preglednici 6.

$$a = \text{nižja vrednost med } \frac{N_{Ru,m}^t}{N_{Ru,m}^r} \quad (21)$$

$$\frac{N_{Rk}^t}{N_{Rk}^r} \quad (22)$$

kjer so:

$N_{Ru,m}^t ; N_{Rk}^t$ = povprečna vrednost maksimalne obtežbe pri 5% fraktili v preskusni seriji

$N_{Ru,m}^r ; N_{Rk}^r$ = povprečna vrednost referenčne maksimalne obtežbe pri 5% fraktili v betonu trdnosti, ki je bila uporabljena pri ocenjevanih preskusnih serijah za beton v tlačni coni (sidra preizkušena v tlačni coni betona).

Pri sprijemnih sidrih se faktor a določi skladno z enačbo (7) (ETAG 001 - del 5; 6.1.1.1(d)).

Preglednica 6: Preskusi ustreznosti sider za uporabo samo v tlačni coni betona (ETAG 001 – del 1, preglednica 5.2, 2013)

Table 6: Suitability tests for anchors to be used in non-cracked concrete only (ETAG 001 – part 1, table 5.2, 2013)

	Namen preskusa	Beton	Kriterij		Postopek preskusa opisan v prilogi A
			Krivulja obtežba/pomik	Maksimalna obtežba req. α (3)	
1	Varnost vgradnje	(1)	Del 1; 6.1.1.1	$\geq 0,8$ (4)	5.2.1
3	Delovanje v betonu nizke trdnosti	C20/25	Del 1; 6.1.1.1	$\geq 0,8$	5.2.1
4	Delovanje v betonu visoke trdnosti	C50/60	Del 1; 6.1.1.1	1,0	5.2.1
5	Delovanje pri ponavljajoči obtežbi	C20/25	Del 1; 6.1.1.1 in Del 1; 6.1.1.2 (b)	1,0 (5)	5.5
7	Preskus priteznega momenta	C50/60	-	Del 1; 6.1.1.2(d)	5.10

(1) Odvisno od tipa sidra (ETAG 001 - del 2 do 6)

(3) a glej enačbi (21) in (22)

(4) Velja za $\alpha_2 = 1,2$. Za ostale delne varnostne faktorje velja ETAG 001 - del 1; 6.1.2.2.2 oziroma, kjer je zapisano, da se delni varnostni faktor α_2 (glej prilogo C k ETAG 001) določi na osnovi rezultatov preskusov zanesljivosti vgradnje (poglavje Preskusi zanesljivosti vgradnje) skladno z vrstico 1 v preglednici 6. Vrednosti req. a , ki so veljavne za različne varnostne faktorje, so podane v preglednici 7. Preskusi, ki podajo višjo vrednost α_2 , so merodajni.

Preglednica 7: Vrednosti req.a pri preskusih varne vgradnje (ETAG 001 – del 1, pregl. 6.1, 2013)

Table 7: Values of req.a in the installation safety tests (ETAG 001 – part 1, table 6.1, 2013)

Varnostni faktor g_2	req.a glede na preskus skladno s preglednico 6, vrstica 1
1,0	$\geq 0,95$
1,2	$\geq 0,8$
1,4	$\geq 0,7$

(5) Porušne obtežbe morajo biti v enakem raztrosnem območju kot rezultati referenčnih nateznih preskusov.

Enačba (22) temelji na preskusnih serijah s primerljivim številom rezultatov preskusov v obeh serijah. V kolikor je število preskusov v obeh serijah precej različno, lahko enačbo (22) zanemarimo, ko je koeficient variacije pri preskusnih serijah manjši ali enak koeficientu variacij pri referenčnih preskusnih serijah.

V kolikor sidra sodijo v okviru trenutnih izkušenj (priloga B k ETAG 001), potem je maksimalna obtežba enaka vrednosti, ki jo dosežemo pri porušitvi po betonskem stožcu.

Izrazi za izračun $N_{Ru,m}^r$ in N_{Rk}^r so podani v prilogi B k ETAG 001.

V kolikor sidra ne sodijo v okviru trenutnih izkušenj, potem $N_{Ru,m}^r$ in N_{Rk}^r pridobimo iz preskusov pri normalnih pogojih glede na del 1; 5.1.3, na posameznem sidru brez vpliva roba in razmaka pri natezni obtežbi.

V kolikor pogoji za zahtevano vrednost a (preglednica 6) niso izpolnjeni v eni preskusni seriji, je potrebno karakteristično nosilnost znižati (izvleček iz dela 1; 6.1.2.2.1(b) v nadaljevanju).

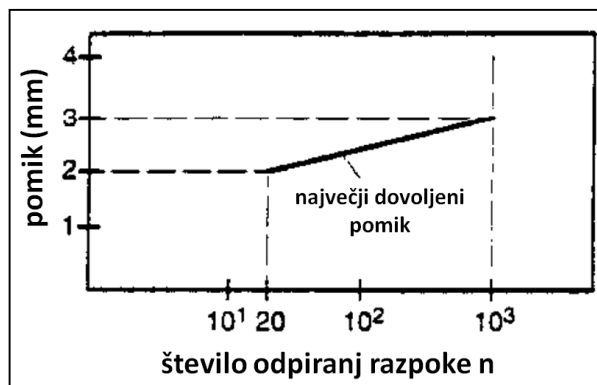
4.3.2 Kriteriji za specifične preskuse: izvleček iz ETAG 001 – del 1; 6.1.1.2:

Kriteriji podani v nadaljevanju morajo biti izpolnjeni:

a) Preskusi pri nihanju širine razpoke

Pri vsakem preskusu mora biti prirast pomika sidra, ki je podan v pol-logaritemskem merilu (slika 19) negativen ali skoraj konstanten: kriterij dovoljenih pomikov po 20 ($\Delta 20$) in 1000 ($\Delta 1000$) ciklih odpiranja razpoke je določen kot funkcija števila preskusov, ki je podana v nadaljevanju:

5 do 9 preskusov:	$d_{20} \leq 2 \text{ mm}$ in $d_{1000} \leq 3 \text{ mm}$
10 do 20 preskusov:	$d_{20} \leq 2 \text{ mm}$; pri enem preskusu je dovoljeno do 3 mm $d_{1000} \leq 3 \text{ mm}$; pri enem preskusu je dovoljeno do 4 mm
> 20 preskusov:	$d_{20} \leq 2 \text{ mm}$; 5% preskusov je dovoljeno do 3 mm $d_{1000} \leq 3 \text{ mm}$; 5% preskusov je dovoljeno do 4 mm



Slika 19: Kriterij rezultatov preskusov pri nihanju širine razpoke (ETAG 001 – del 1; 6.1.1.2, slika 6.3, 2013)

Figure 19: Criteria for results of tests with crack movements (ETAG 001 – part 1; 6.1.1.2, figure 6.3, 2013)

b) Preskusi s ponavljajočo obtežbo

Naraščanje pomikov med cikličnim delovanjem obtežbe se mora stabilizirati v smislu, da je pri nekaj dodatnih ciklih malo verjetno, da bi prišlo do porušitve.

c) Preskusi s trajno obtežbo

Naraščanje pomika sidra naj bi se s časom zmanjšalo do te mere, da ni verjetnosti, da bi prišlo do porušitve.

d) Preskus priteznega momenta

Pri 95% preskusov mora biti natezna sila v sidru ob vnosu priteznega momenta

$T = 1,3T_{inst}$ nižja od meje elastičnosti pri vijaku oziroma sidrni palici. Po končanem preskusu mora biti omogočeno odvitje in odstranitev pritrjevanca.

4.3.3 Karakteristična nosilnost enega sidra: izvelec iz ETAG 001 – del 1; 6.1.2.2.1 (a)

Karakteristična nosilnost ustreza 5% fraktili porušnih obtežb po betonu (vključno s poružitvijo zaradi izvleka) ali poružitve zaradi prekoračene nosilnosti jekla. Le ta se skladno z ETAG 001 – del 1; 6.0(a), določi z enačbo (23):

$$F_{5\%} = \bar{F}(1 - k_s \cdot v) \quad (23)$$

$$n = 5 \text{ preskusov:} \quad k_s = 3,40$$

$$n = 10 \text{ preskusov:} \quad k_s = 2,57$$

Postopek pretvorbe rezultatov med pri različnih trdnostih jekla in betona je opisan v poglavju Vpliv trdnosti betona in jekla na porušno nosilnost.

Karakteristična nosilnost enega sidra brez vpliva odmika od roba betona in razmaka med sidri pri natezni obtežbi se določi na podlagi preskusov v preglednici 8 (vrstice 1 do 4).

Preglednica 8: Preskusi za določanje dopustnih pogojev za uporabo sider (ETAG 001 – del 1, pregl. 5.4, 2013)

Table 8: Tests for admissible service conditions (ETAG 001 – part 1, table 5.4, 2013)

	Namen preskusa	Trdnost betona	Širina razpoke Δw (mm)	Smer obtežbe	Odmiki	Debelina betona h	Opomba	Postopek preskusa opisan v prilogi A	Opomba
1	Karakteristična natezna nosilnost brez vpliva odmika od roba in razmaka	C20/25	0	N	$s > s_{cr,N}$ $c > c_{cr,N}$	$\geq h_{min}$	preskus z enim sidrom	5.2.1.	/
2		C50/60	0	N					4
3		C20/25	0,3	N					/
4		C50/60	0,3	N					4
5	Karakteristična strižna nosilnost brez vpliva odmika od roba in razmaka	C20/25	0	V	$s > s_{cr,N}$ $c > c_{cr,N}$	$\geq h_{min}$	preskus z enim sidrom	5.2.1.	7
6		C50/60	0	V					4
7		C20/25	0,3	V					/
8		C50/60	0,3	V					4
14	Odmik od roba pri karakteristični natezni nosilnosti	C20/25	0	N	$s > s_{cr,sp}$ $c_1 = c_2 = c_{cr,sp}$	$= h_{min}$	preskus z enim sidrom na vogalu	5.2.1.	/
20	Minimalni odmik od roba in med sidri	C20/25	0	-	$s = s_{min}$ $c = c_{min}$	$= h_{min}$	skupina dveh sider na robu	5.9.	1

Opombe:

- 1: pritezni moment se povečuje v korakih po 0,2 T_{inst} (T_{inst} = pritezni moment podan v navodilih proizvajalca),
- 4: preskusi se lahko opustijo, v kolikor pri preskusu v betonu C20/25 pride do porušitve jekla,
- 7: preskus je potrebno izvesti le, v kolikor ima sidro občutno manjši prerez na mestu, kjer prevzame strižno obtežbo ali v kolikor je sestavljeno iz več delov.

Karakteristična nosilnost F_{Rk} pri porušitvi po betonu (izvlek, razcep) v betonu trdnosti C20/25 se zaokroži navzdol glede na nosilnosti v nadaljevanju:

$$F_{Rk} [\text{kN}] = 3/4/5/6/7,5/9/12/16/20/25/30/35/40/50/60/75/95/115/140/170/200/250/300$$

Karakteristično nosilnost sidra v betonu trdnosti $> C20/25$ se določi tako, da se zgornje vrednosti pomnoži s faktorjem Ψ_c . V primeru porušitve po betonskem stožcu velja:

$$\Psi_c = (f_{ck}/20)^{0,5} \quad (24)$$

V ostalih primerih velja:

$$\Psi_c = \frac{N_{Rk}(C)}{N_{Rk}(C20/25)} \quad (25)$$

kjer je:

$N_{Rk}(C)$ = karakteristična nosilnost pri trdnosti betona > C20/25,

$N_{Rk}(C20/25)$ = karakteristična nosilnost pri trdnosti betona C20/25.

Pri sidranju v nerazpokan beton se lahko karakteristično nosilnost, ki velja za razpokan beton, pomnoži s faktorjem Ψ_{ucr} . Pri poružitvi po betonskem stožcu velja $\Psi_{ucr} = 1,4$ (skladno s prilogo C). V ostalih primerih velja:

$$\Psi_{ucr} = \frac{N_{Rk}(\text{nerazpokan beton})}{N_{Rk}(\text{razpokan beton})} \quad (26)$$

kjer sta:

$N_{Rk}(\text{nerazpokan beton})$ = karakteristična nosilnost v nerazpokanem betonu,

$N_{Rk}(\text{razpokan beton})$ = karakteristična nosilnost v razpokanem betonu.

Pri ovrednotenju razlikujemo med naslednjimi primeri:

1. Prilogo B (ETAG 001) uporabimo za določitev pripadajoče karakteristične nosilnosti v eni ali več obtežnih smereh pri enem sidru, kadar se to sidro obnaša skladno z dosedanjimi izkušnjami.

Priloga B navaja (poglavje o Obsegu dosedanjih izkušenj; 2. odstavek), da so izrazi, ki se nanašajo na sprijemna sidra, navedeni v ETAG 001 - del 5.

2. Ko obnašanje enega sidra ni skladno z dosedanjimi izkušnjami se mora karakteristična nosilnost izračunati iz rezultatov pripadajočih preskusov glede na 5.1.3 (ETAG 001 - del 1) kot je navedeno v nadaljevanju:

- Porušitev betonskega stožca:

V kolikor se porušitev betonskega stožca pojavi pri betonu nizke in visoke trdnosti, potem se lahko vsi rezultati ocenijo hkrati pri čemer se karakteristična nosilnost za različne trdnosti betona določi z uporabo enačbe (4).

- Porušitev jekla:

V kolikor se prekorači nosilnost jekla pri betonu nizke in visoke trdnosti, potem se mora izmerjena porušna obtežba pretvoriti v f_{uk} skladno z enačbo (5). Vsi rezultati morajo biti ovrednoteni hkrati.

- Preostali porušni mehanizmi:

V vseh preostalih primerih se karakteristična nosilnost za različne trdnosti betona določi z linearno interpolacijo med N_{Rk} pri betonu nizke trdnosti in pri betonu visoke trdnosti.

4.3.4 Redukcija karakteristične natezne nosilnosti: izvleček iz ETAG 001 – del 1; 6.1.2.2.1 (b)

Karakteristično natezno nosilnost je potrebno reducirati, v kolikor niso izpolnjene zahteve, ki so podane v nadaljevanju:

(1) Razmerje obtežba/pomik pri nateznem preskusu

V kolikor zahteve pri razmerju obtežba/pomik (ETAG 001, del 1; 6.1.1.1(a)) pri izvajanju nateznih preskusov skladno z ETAG 001, del 1; 5.1.2 in/ali 5.1.3 (v nadaljevanju), niso izpolnjene potem je potrebno karakteristično nosilnost podano v ETA reducirati, kot je opisano v nadaljevanju:

$$N_{Rk} = N_{Rk,0} \cdot \frac{\alpha_1}{req.\alpha_1} \quad (27)$$

kjer so:

- N_{Rk} = karakteristična nosilnost podana v ETA,
- $N_{Rk,0}$ = karakteristična nosilnost glede na del 1; 6.1.2.2.1 (a),
- α_1 = najnižje razmerje med N_1/N_u med vsemi preskusi,
- N_1 = obtežba, pri kateri pride do nepredvidenega zdrsa sidra (slika 5),
- N_{Ru}^t = porušna obtežba pri konkretnem preskusu,
- $req.\alpha_1$ = 0,8 pri preskusi v tlačni coni betona.

(2) Preskusi nihanja širine razpok, ponavljajočih in stalnih obtežb

V kolikor zahteve po pomikih pri izvedbi preskusov nihanja razpok, ponavljajočih in stalnih obtežbah, niso izpolnjene (izvleček del 1; 6.1.1.2) potem se karakteristična nosilnost reducira in preskusi ponovijo, dokler zahteve niso izpolnjene.

(3) Porušna obtežba pri preskusu ustreznosti

Kadar zahteve o porušni t.j. maksimalni obtežbi pri prezkusih ustreznosti skladno s preglednico 6 (vrstice 3 do 6) niso izpolnjene v eni ali več preskusnih serijah, potem je potrebno karakteristično nosilnost reducirati kot sledi:

$$N_{Rk} = N_{Rk,0} \cdot \frac{\alpha}{req.\alpha} \quad (28)$$

kjer so:

$N_{Rk}, N_{Rk,0}$	=	glej izvleček ETAG 001, del 1; 6.1.2.2.1 (b) (1),
a	=	med vsemi preskusi najnižja vrednost v enačbi (25) in (26),
$req. a$	=	zahtevana vrednost a skladno s preglednico 6.

V kolikor zahteve za pomike in porušno obtežbo niso izpolnjene, potem je merodajen primer, ki poda najnižjo vrednost N_{Rk} .

4.4 Podrobnosti preizkušanja sider

V naslednjem poglavju so opisane podrobnosti preskušanja sprijemnih sider skladno z že omenjeno prilogo A k smernici ETAG 001.

4.4.1 Betonski elementi

Beton, ki ga vgrajujemo v betonske elemente, mora biti izdelan skladno s standardom SIST EN 206 (2013).

Zahtevana je srednja trdnost agregata z maksimalnim premerom zrn 16 mm ali 20 mm. Gostota agregata mora biti med 2,0 in 3,0 t/m³.

Betoni morajo biti izdelani z uporabo Portland cementa tipa CEM I, CEM II/A-LL ali CEM II/B-LL.

Vodocementno razmerje (v/c) ne sme preseči 0,75, pri čemer mora biti vsebnost cementa vsaj 240 kg/m³. Prepovedana je uporaba dodatkov, ki spreminjajo lastnosti betona (silika, saje, apnenčev prah...).

Kot omenjeno, se preskusi izvajajo v betonih dveh razredov tlačne trdnosti: nizke trdnosti (razred C 20/25) in visoke tlačne trdnosti (razred C 50/60). V času izvajanja preskusov mora biti dosežena naslednja povprečna tlačna trdnost obeh trdnostnih razredov betona:

C 20/25:	f_{cm}	= 20-30 MPa (merjeno na valju premera 150 mm, višine 300 mm),
		= 25-35 MPa (merjeno na kocki s stranico 150 mm),
C 50/60:	f_{cm}	= 50-60 MPa (merjeno na valju premera 150 mm, višine 300 mm),
		= 60-70 MPa (merjeno na kocki s stranico 150 mm).

Praviloma se naj bi kontrole trdnosti betona izvajale istega dne kot preskusi sider. V kolikor preskus traja več dni, se kontrole trdnosti izvedejo na začetku in na koncu preskusa. Trdnost betona se izmeri na treh vzorcih, pri čemer se za merodajno jemlje povprečna vrednost.

Kontrola tlačne trdnosti se lahko izvede tudi z odvzemom treh vzorcev z izvedbo diamantnega vrtnja betonskih elementov. Premer izvrtine mora biti 150mm z enako globino. Ti vzorci morajo biti odvzeti izven poškodovanega območja zaradi izvedbe preskusov na sidrih. Pretvorba trdnosti betona iz valjastih jeder v ekvivalentno trdnost betonske kocke se lahko izvede z uporabo naslednjega izraza:

$$f_{c,cube\ 200} = 0,95 f_{c,cube\ 150} = f_{c,core\ 150} \quad (29)$$

Preskusi v tlačni coni betona se v splošnem izvajajo v nearmiranem betonu. Le pri preskusih, kjer se določa minimalni odmik od roba in med sidri, se v betonski element sme vgraditi robna armatura. Ta armatura mora biti podana v ETA kot minimalna zahtevana. Omenjena armatura mora biti ravna ter prekrita z vsaj 15 mm krovnega sloja betona.

V kolikor pa se iz različnih razlogov v betonskem elementu, kljub temu nahaja armatura, mora biti slednja izven območja, ki vpliva na obnašanje sidra. To pomeni, da se mora nahajati izven območja betonskega stožca s predvidenim kotom stožca 120°.

Debelina betonskega elementa mora ustrezati minimalni debelini, ki je navedena v ETA soglasju. Za sprejemna sidra veljajo, skladno z delom 5 k ETAG 001, naslednje omejitve:

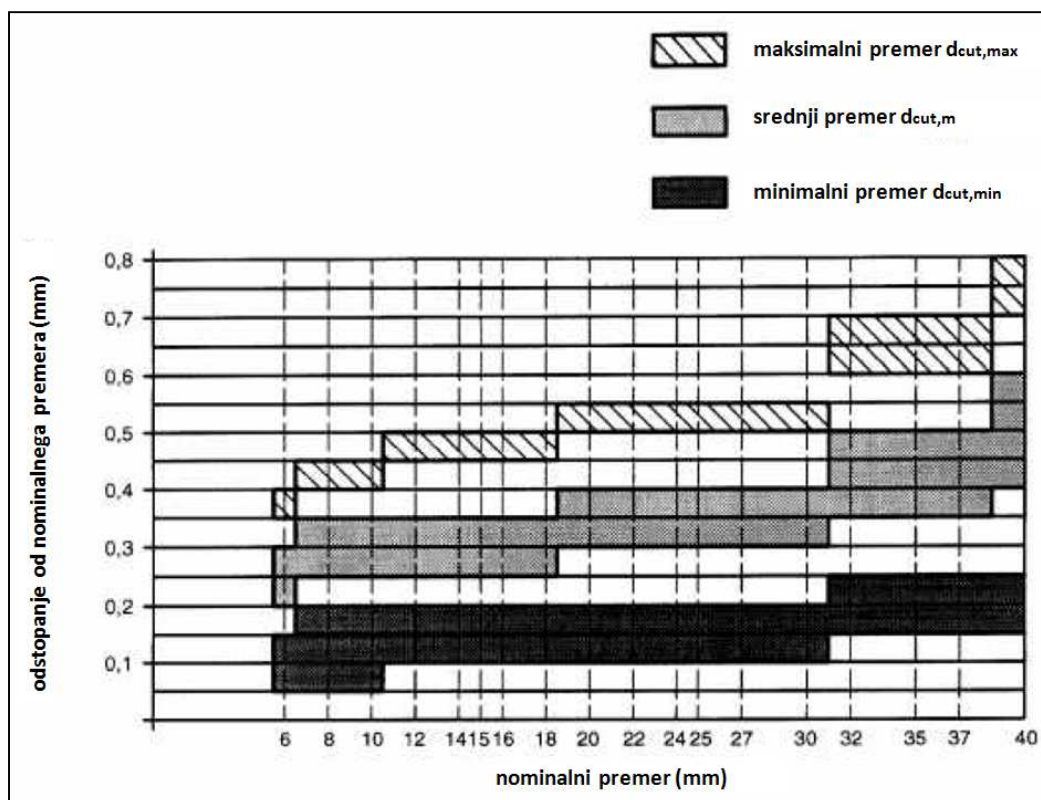
- minimalna debelina betonskega elementa je $h \geq 100$ mm, in
- $h = h_{ef} + \Delta h \geq 100$ mm, kjer velja:
- v vseh primerih: $\Delta h \geq 2d_o$
 ≥ 30 mm
- v kolikor je beton viden z obeh strani (kontrola preboja izvrtine):
 $\Delta h \geq d_o$
 ≥ 15 mm

Betonski elementi in betonski preskušanci (kocke ali valji) se morajo hraniti v pokritem prostoru vsaj prvih sedem dni. Potem se lahko hranijo tudi zunaj, vendar zaščiteni pred zmrzaljo in direktnim soncem. Preskusi sider se morajo izvajati v betonskih elementih, starih vsaj 21 dni.

4.4.2 Vgradnja sider

Pri sprijemnih sidrih se pred izvedbo preskusa ne vnese priteznega momenta. Izvrtine, v katere se vgrajujejo sidra, morajo biti pravokotne na površino betonskega elementa.

Vrtalna orodja, s katerimi se pripravijo (izvrtajo) izvrtine, morajo biti skladna z navodili proizvajalca. Poleg tega je pomembno, da se uporabljajo svedri, katerih premer glede na nominalni premer svedra ustreza tolerancam, kot jih določa slika 20.



Slika 20: Rezalni premer svedrov za vrtalna kladiva (priloga A k ETAG 001, slika 3.1, 2013)

Figure 20: Cutting diameter of hard metal hammer-drill bits (Annex A of ETAG 001, figure 3.1, 2013)

Pri izvedbi vseh preskusov za določanje dopustnih pogojev pri uporabi sider morajo biti izvrtine izvrtane s svedrom srednjega premera $d_{cut,m}$. Premer svedra se mora preveriti na vsakih deset izvrtin.

Pri pripravi izvrtin z uporabo diamantnih kron ne obstajajo nikakršni predpisi oziroma standardi. V tovrstnih primerih mora proizvajalec sider podati dimenzije kron in pripadajoče tolerance.

4.4.3 Oprema za izvedbo preskusov

Preskusi na sidrih se morajo izvajati z opremo, katere kalibracija je dokumentirana in skladna z mednarodnimi standardi. Oprema mora biti zasnovana tako, da preprečuje sunkovit porast vnosa

obtežbe, predvsem na začetku preskusa. Zabeležena napaka pri vnosu obtežbe ne sme preseči 2% vrednosti (priloga A k ETAG 001, 4; 2013).

Pomiki se morajo beležiti neprekinjeno (npr. z električnimi merilnimi lističi) z napako, ki ne sme biti višja od 0,02 mm.

Ohišje orodja mora biti zasnovano tako, da omogoča neovirano porušitev betonskega elementa. Zaradi slednje zahteve mora biti svetla razdalja med podporami orodja in preskušanim sidrom vsaj $2 h_{ef}$ (natezni preskusi) ali $2 c_1$ (strižni preskusi).

Med izvedbo vseh preskusov se mora obtežba v sidro prenesti preko pritrjevanca, kar naj bi ustrezalo razmeram v praksi.

Pri preskusih z enim sidrom brez vpliva odmika od roba betona morajo biti razmaki med sidrom in prostim robom zadostni, da omogočajo aktiviranje neoviranega betonskega stožca z notranjim kotom 120° .

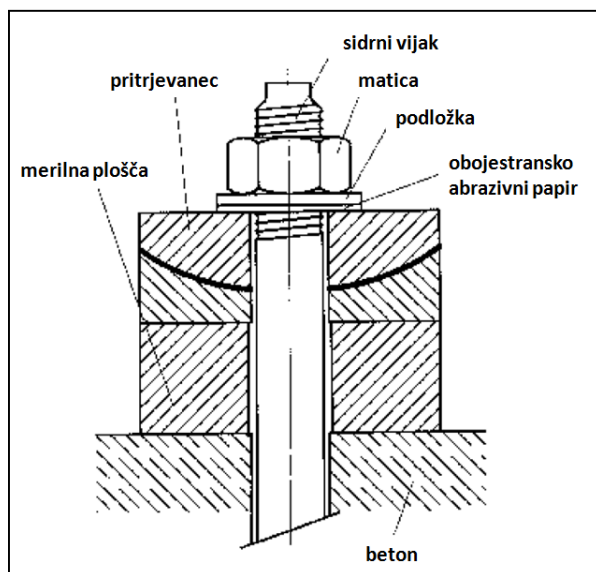
Med izvedbo nateznih preskusov je potrebno zagotoviti, da se obtežba v sidro vnese koncentrično. Slednje lahko zagotovimo z uporabo členkaste povezave med preskusno napravo in sidrom. Premer izvrtine v pritrjevanju mora ustrezati vrednostim, podanim v preglednici 9. Primer zasnove natezne preskusne naprave je prikazan na slikah 13 in 14.

Preglednica 9: Premer izvrtine v pritrjevanju (priloga A k ETAG 001, preglednica 4.1, 2013)

Table 9: Tests for admissible service conditions (Annex A of ETAG 001, table 4.1, 2013)

Zunanji premer sidra d ali d_{nom} (mm)	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Premer izvrtine v pritrjevanju d_f (mm)	7	9	12	14	16	18	20	22	24	26	30	33

Med izvedbo priteznega preskusa se beleži razmerje med vnešenim momentom in natezno silo v sidru. Posledično je zahtevano umerjeno orodje z napako $\leq 3\%$. Sidro se vgradi v tlačno cono betona trdnosti C50/60. Shematski prikaz priteznega preskusa je prikazan na sliki 21.



Slika 21: Primer preskusa s priteznim momentom (priloga A k ETAG 001, slika 4.4, 2013)

Figure 21: Example for torque test (Annex A of ETAG 001, figure 4.4, 2013)

4.4.4 Postopek izvajanja preskusov

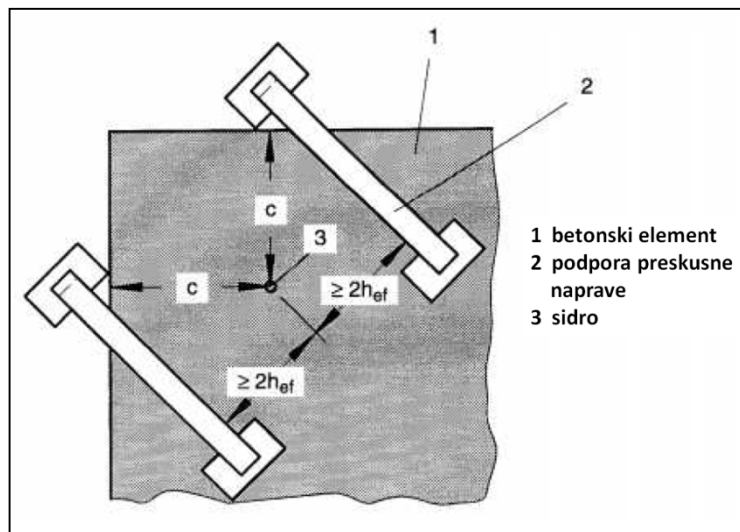
Sidra se načeloma vgradijo skladno z navodili proizvajalca, razen ko so pri izvedbi preskusov določene posebne zahteve.

Obtežba mora postopoma naraščati tako, da doseže maksimalno vrednost v intervalu 1 do 3 minut od začetka nanosa obtežbe. Obtežbo in pomike spremljamo neprekinjeno ali pa v vsaj 100 intervalih.

4.4.4.1 Natezni preskus posameznega sidra

Po vgradnji se sidro poveže s preskusno napravo in obremeni do porušitve. Pomik sidra v odvisnosti od betonske površine se meri na oddaljenosti $\geq 1.5 h_{ef}$ od osi sidra.

Ko se izvaja natezni preskus sidra na vogalu betonskega elementa, potem se ohišje preskusne naprave postavi tako, da omogoča neovirano porušitev betona na vogalu (slika 22). Običajno se v tem primeru nekatere podpore nahajajo izven območja betonskega elementa.



Slika 22: Primer preskusne naprave na vogalu betonskega elementa (priloga A k ETAG 001, slika 5.1, 2013)

Figure 22: Example of the test rig for tension test on anchors at corner (Annex A of ETAG 001, figure 5.1, 2013)

4.4.4.2 Natezni preskus s skupino štirih sider

Preskusi se izvajajo v tlačni coni betona. Sidra v skupini štirih kvadratno razporejenih sider morajo biti povezana s togim pritrjevanjem. Natezna obtežba se vnese v težišče pritrjevanca. Povezava med pritrjevanjem in napravo mora biti členkastega tipa, s čimer so omogočeni neenakomerni pomiki med sidri v skupini.

Povprečen pomik vseh sider, merjen na oddaljenosti vsaj $1.5 h_{ef}$ od najbolj oddaljenega sidra, mora biti zabeležen.

4.4.4.3 Natezni preskus s parom sider

V določenih primerih je potrebno izvesti natezni preskus s parom dveh sider v bližini roba betonskega elementa. Preskus se izvede v tlačni coni betona. Sidri se vgradita vzporedno z robom elementa na razmaku $s = s_{min}$ in z odmikom od roba betona $c = c_{min}$. Postopek preskusa je enak kot pri skupini štirih sider.

4.4.4.4 Preskus s ponavljajočo obtežbo

Preskus se izvaja v tlačni coni betona. Sidro se podvrže 10^5 obtežnim ciklom z maksimalno frekvenco 6 Hz. Med vsakim ciklom se obtežba spreminja po sinusni krivulji med max N in min N skladno z naslednjima enačbama v prilogi A k smernici ETAG 001, 5.6 (2013):

$$\max N = \min (0,6 \cdot N_{Rk}; 0,8 \cdot A_S \cdot f_{yk}) \quad (30)$$

$$\min N = \max (0,25 \cdot N_{Rk}; \max N - A_S \cdot \Delta\sigma_s) \quad (31)$$

kjer so:

N_{Rk} = karakteristična natezna porušna obtežba sidra v tlačni coni betona trdnosti, ki ustreza trdnosti preskušane elementa. N_{Rk} se določi na osnovi rezultatov natezних preskusov posameznega sidra brez vpliva roba in razmaka med sidri,

A_S = presek obremenjenega dela sidra,

$\Delta\sigma_s$ = 120 N/mm².

Po končanih ciklih se sidro razbremeni, zabeleži pomik in izvede natezni preskus sidra do porušitve.

4.4.4.5 Preskus s stalno obtežbo

Preskus se izvaja v tlačni coni betona. Sidro se obremeni s konstantno obtežbo, ki je enaka obtežbi po enačbi (30) (nihanje obtežbe $\pm 5\%$). Preskus v splošnem traja 6 mesecev razen, če se ugotovi, da so se pomiki stabilizirali že prej. Minimalno trajanje preskusa je 3 mesece.

Po končanem preskusu s stalno obtežbo se sidro razbremeni, zabeleži pomik in izvede natezni preskus sidra do porušitve.

4.4.4.6 Preskus za določitev minimalnega odmika od roba betona in razmaka med sidri

Preskusi se izvajajo s parom dveh sider z razmakom $s = s_{min}$ in z odkikom od roba betona $c = c_{min}$. Odmik omenjenega para sider od skupine ostalih sider mora biti vsaj $a \geq 3 h_{ef}$. Premer izvrtine v pritrjevanju d_f mora biti skladen s preglednico 9. Dimenzije pritrjevanca morajo biti: širina = 3 d_f ; dolžina = $s_{min} + 3 d_f$ in debelina = d_f .

Sidra se postopoma privijajo v korakih po 0,2 T_{inst} . Po vsakem koraku se betonska površina preveri zaradi morebitnega pojava razpok v betonu. Preskus se konča, ko višjega priteznega momenta, ne moremo več vnesti.

Število vrtljajev na korak pri obeh sidrih se beleži. Pritezni moment ob pojavu prve razpoke in maksimalni pritezni moment, ki ga lahko vnesemo v oba sidra, se mora zabeležiti.

4.4.4.7 Preskus s priteznim momentom

Premer izvrtine v pritrjevanju d_f mora biti skladen s preglednico 9. Pritezni moment se vnaša z umerjenim (kalibriranim) ključem, dokler ga ni možno več povečati oziroma do vsaj $1.3 T_{inst}$.

5 TRG SPRIJEMNIH SIDER V SLOVENIJI

Sprijemna sidra se na slovenskih gradbiščih pojavljajo že vrsto let. Vsekakor pa je zanimanje za uporabo tovrstnih proizvodov začelo precej naraščati v 90-ih letih prejšnjega stoletja vse do danes, ko je sidranje različnih pritrdilnih elementov z uporabo številnih sprijemnih sider, postalo del vsakodnevnega opravila na številnih gradbiščih.

Na povečano uporabo in rabo sprijemnih sider v Sloveniji so v bistveni meri vplivali naslednji dejavniki:

- boljše tehnične karakteristike novih proizvodov (sprijemna trdnost, manjši odmiki od roba betona in razmaki med sidri, manjše globine sidranja...),
- boljše poznavanje proizvodov (področja uporabe in omejitve) na strani uporabnikov,
- zavedanje pomembnosti priprave izvrtin (čiščenje) na nosilnost sider (upoštevanje priloženih navodil proizvajalcev),
- prisotnost strokovnjakov na gradbiščih (tehnična podpora proizvajalcev sider) ,
- pojav smernic za izračun nosilnosti sprijemnih sider (ETAG 001; TR 029),
- razvoj programske opreme za izračun nosilnosti sistema sider,
- optimizacija stroškov ob določitvi minimalne računske globine sidranja,
- boljše poznavanje proizvodov v strokovni javnosti (projektanti, nadzorniki, vodje del) ,
- boljši nadzor nad proizvodnjo pri proizvodih z ustreznimi soglasji (ETA),
- bolj zanesljiva vgradnja (zagotavljanje mešanic v pravem razmerju),
- enostavnejša vgradnja (pojav baterijskih dozornikov, ergonomska in robustna zasnova),
- izkušnje na osnovi slabe prakse iz preteklosti,
- povečan portfelj proizvodov za specifične aplikacije,
- boljša dostopnost proizvodov za vse uporabnike,
- razvoj številnih pripomočkov za boljšo in enostavnejšo izvedbo (mrežice za votlake, nastavki za kompresorje, kovinske ščetke, šobe za globoko sidranje...).

Kljub dejstvu, da se je večina izvajalcev del na gradbiščih že srečala z uporabo sprijemnih sider, pa je slednja dejavnost še vedno dokaj specifična in je predmet podrobnejših analiz predvsem pri proizvajalcih sprijemnih sider. Posledično na policah naših knjižnic ni možno zaslediti strokovnih člankov ali del, ki bi podali širšo sliko o uporabi sprijemnih sider na gradbiščih v Sloveniji.

Pridobivanje in analiza podatkov različnih proizvajalcev in dobaviteljev sprijemnih sider, ki se pojavljajo v Sloveniji, je predmet zaupnih informacij in jih kot take ni možno uporabiti v vsebini magistrske naloge.

Da bi pridobili podrobnejšo sliko aktualnega dogajanja na slovenskem trgu sprijemnih sider, smo se odločili za izvedbo ankete med uporabniki teh gradbenih proizvodov.

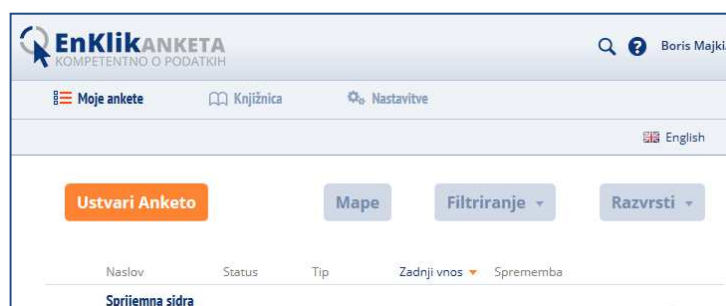
5.1 Izvedba ankete

Zelo pomemben element pri kakovostni in merodajni izvedbi ankete je izbira ustreznih anketirancev. Omenjena raziskovalna metoda se je zato izvajala pri potencialnih uporabnikih sprijemnih sider. Slednji so bili izbrani glede na dejavnost, s katero se ukvarjajo in njihov potencial. Le-ta je določen predvsem na podlagi števila zaposlenih in letnega prometa.

Na podlagi izkušenj se največji uporabniki sprijemnih sider ukvarjajo s kovinskimi konstrukcijami ter s splošnim gradbeništvom. Seveda se z uporabo sprijemnih sider srečujejo tudi večji izvajalci strojnih inštalacij, medtem ko izvajalce električnih inštalacij le redko zasledimo pri tovrstnih aplikacijah.

Vzorec anketirancev sestoji iz 50 pravnih oseb, ki predvidoma, glede na velikost in dejavnost, predstavljajo večje uporabnike in kupce sprijemnih sider v Sloveniji.

Anonimni anketni vprašalnik je bil izdelan na slovenski spletni strani ponudnika 1KA (<https://www.1ka.si/>), ki omogoča brezplačno izdelavo in oblikovanje vprašanj. Omenjena aplikacija se je izkazala kot popolnoma primerna za izvedbo tovrstne raziskave. Poleg oblikovanja vprašalnika nudi tudi brezplačno pridobivanje in statistično obdelavko prejetih odgovorov.



Slika 23: Spletna anketa "Sprijemna sidra" na spletni strani ponudnika 1KA (www.1ka.si, 2015)

Figure 23: Online survey "Bonded anchors" at web page of provider 1KA (www.1ka.si, 2015)

Anketni vprašalnik je obsegal uvodno predstavitev področja, na katerega se vprašalnik nanaša, ter 20 vprašanj s podanimi odgovori. Spletna povezava za izpolnjevanje anketnega vprašalnika je bila torej poslana na 50 elektronskih naslovov. Poudariti je potrebno, da so bili elektronski naslovi pridobljeni po predhodnem telefonskem pogovoru z vsakim od anketiranih podjetij, ki nam je nato zaupalo svoje kontaktne podatke. S tem smo zagotovili, da so bili prejemniki spletne ankete osebe, ki imajo v posameznem podjetju, dejansko opravka z izvedbo sidranja.

Anketiranci so imeli na voljo 10 dni za izpolnitev vprašalnika po tem, ko so v svoj elektronski poštni predalnik prejeli obvestilo in spletno povezavo do anonimnega spletnega vprašalnika. En teden po prejemu obvestila so prejeli še eno obvestilo o bližajočem se roku za izpolnitev vprašalnika. Od 50 poslanih vabil za izpolnitev spletne ankete, je na vsa vprašanja popolno odgovorilo 39 predstavnikov podjetij, trije pa so na vprašanja odgovorili nepopolno oziroma ankete niso dokončali.

5.2 Rezultati ankete

Vsebina anketnega vprašalnika s konkretnimi vprašanji in v naprej podanimi možnimi odgovori je podrobneje predstavljena v prilogi 1 k magistrski nalogi.

EnKlikANKETA
KOMPETENTNO O PODATKIH

0% 100%

Anketa o uporabi sprijemnih (kemičnih) sider

*⁹⁾ Katero dimenzijo navojnih palic najpogosteje uporabljate pri kemičnem sidranju? Označite največ dve najpogostejši dimenziji.
Možnih je več odgovorov

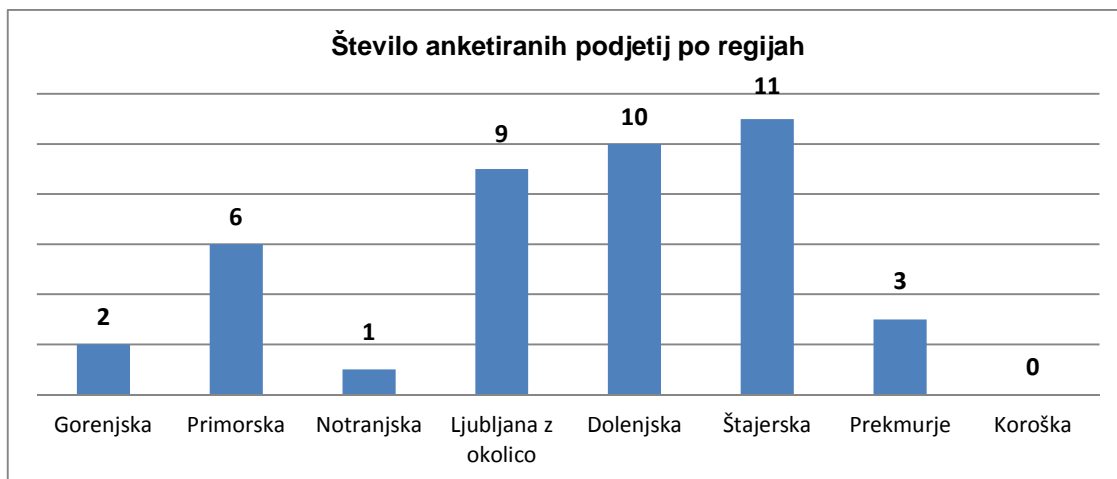
M8
 M10
 M12
 M16
 M20
 M24
 M27 in več

[Prejšnja stran](#) [Naslednja stran](#)

11KA - spletne ankete
Anketa brez piškotkov, brez IP sledenja.
Politika zasebnosti

Slika 24: Primer spletne ankete o sprijemnih sidrih
Figure 24: Example of web survey about bonded anchors

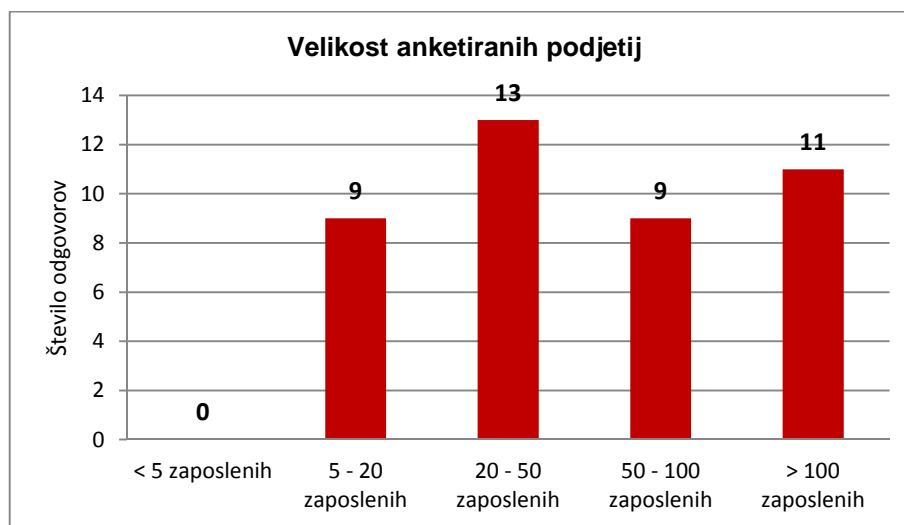
Podjetja oziroma njihovi zastopniki, ki so bili povabljeni k izpolnjevanju spletnega vprašalnika in ki so nato spletni anketni vprašalnik tudi izpolnjevali, so, geografsko gledano, zastopali vse slovenske regije razen Koroške. Graf (slika 25) prikazuje število anketirancev po regijah, pri čemer prednjačijo podjetja iz vzhodne polovice države.



Slika 25: Število podjetij, ki so izpolnjevala spletno anketo po regijah

Figure 25: Number of companies that completed the online survey according to the region

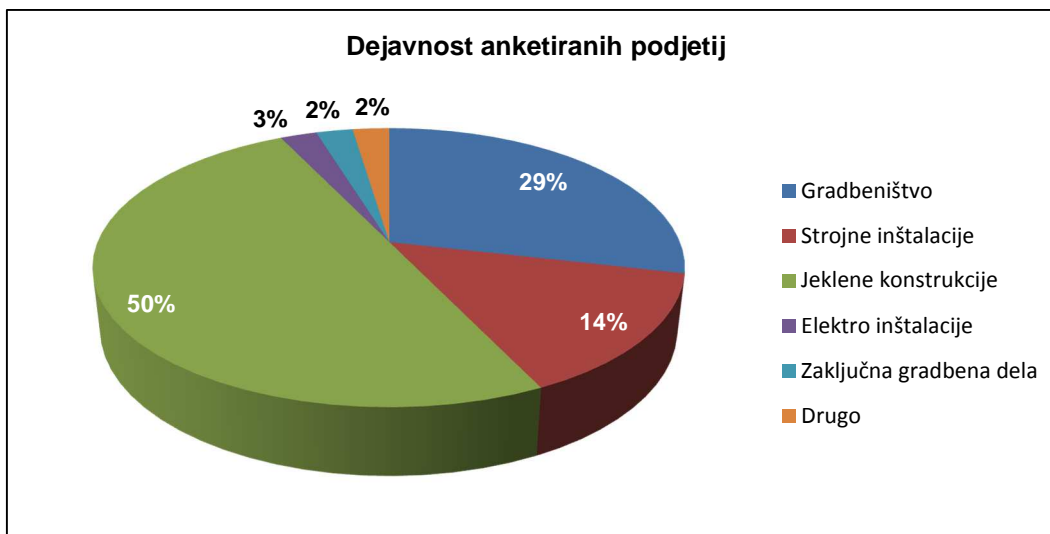
Podjetja z večjim številom zaposlenih so nedvomno bolj merodajna pri analizi trga sprijemnih sider, zato ne preseneča dejstvo, da so bila k izpolnjevanju ankete povabljeni takšna podjetja. Iz slike 26 lahko razberemo, da so spletno anketo izpolnjevali predstavniki relativno velikih podjetij glede na število zaposlenih.



Slika 26: Število zaposlenih v podjetju, ki je sodelovalo v anketi

Figure 26: Number of employee per company that participate survey

Z uporabo sprijemnih sider in sidranja na splošno se v največji meri srečujejo pri montaži jeklenih konstrukcij in pri podjetjih, ki se ukvarjajo z gradbeništvom na splošno. Grafični prikaz dejavnosti anketiranih podjetij nazorno prikazuje, da se večina anketiranih podjetij primarno ukvarja predvsem z navedenima dejavnostima.

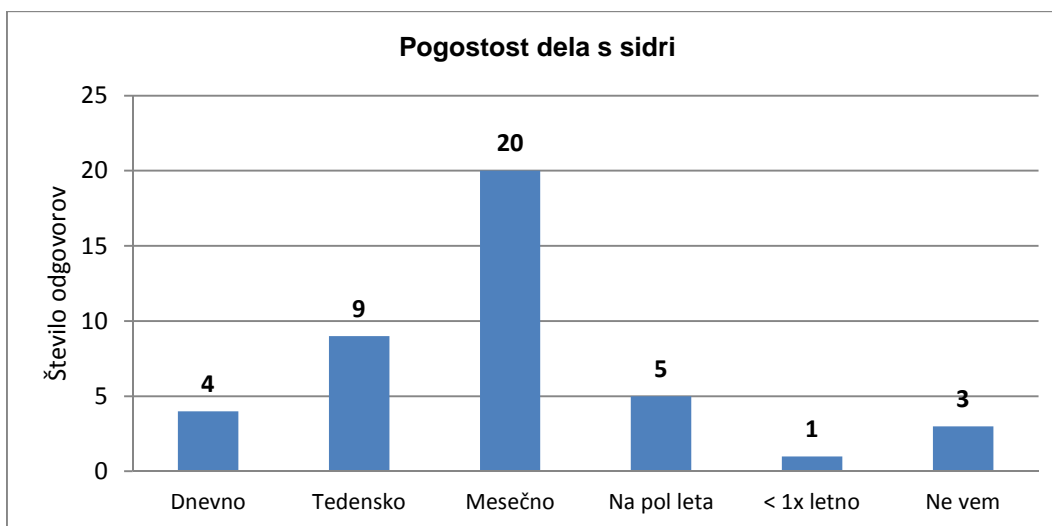


Slika 27: Delež anketiranih podjetij glede na njihovo dejavnost

Figure 27: Share of surveyed companies based on their industry

Vsa podjetja, ki so sodelovala pri anketi, so odgovorila, da so se že srečala z vgradnjo kovinskih sider v betonsko podlago. Hkrati rezultati ankete kažejo, da se večina s tovrstno aplikacijo srečuje mesečno (polovica) oziroma tedensko, kar prikazuje slika 28. Posledično lahko trdimo, da vzorec anketirancev predstavlja izkušene uporabnike sider.

Vsi, ki so izpolnjevali anketo, so odgovorili, da med izvajanjem delovnih opravil vgrajujejo tudi sidra v betonsko podlago.

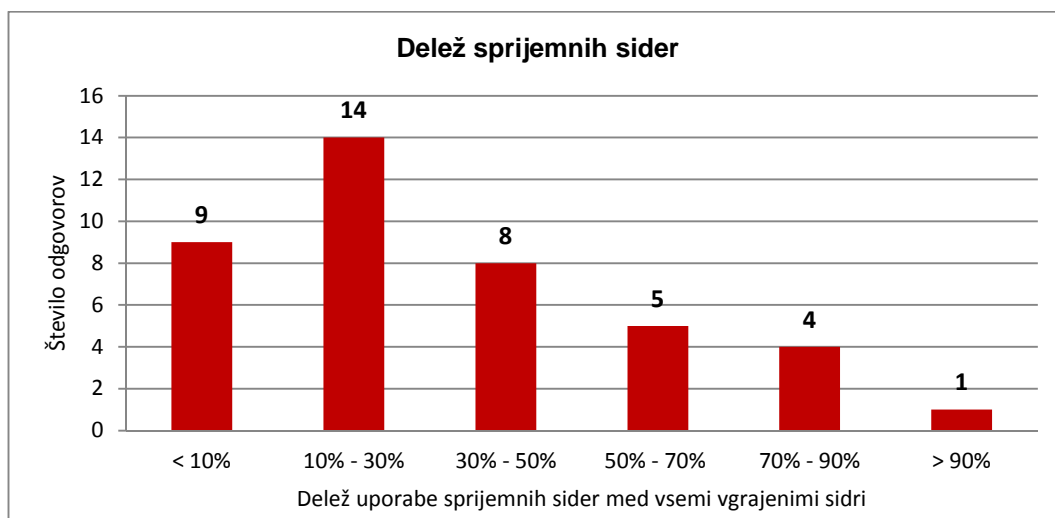


Slika 28: Pogostost dela s sidri

Figure 28: Frequency of work with anchors

Dobra petina (22%) anketiranih ocenjuje, da s sprijemnimi sidri sidrajo več kot 50% aplikacij. Enak delež anketiranih pa ocenjuje, da sprijemna sidra pri njihovem delu predstavljajo manj kot 10% vseh aplikacij, ko govorimo o sidranju. Na osnovi rezultatov, prikazanih na sliki 29 in povprečnega

uravnoteženega odgovora lahko sklepamo, da izvajalci približno tretjino (34%) sidranj izvedejo z uporabo sprijemnih sider. Razliko predstavlja uporaba mehanskih sider.



Slika 29: Delež sidranj z uporabo sprijemnih sider

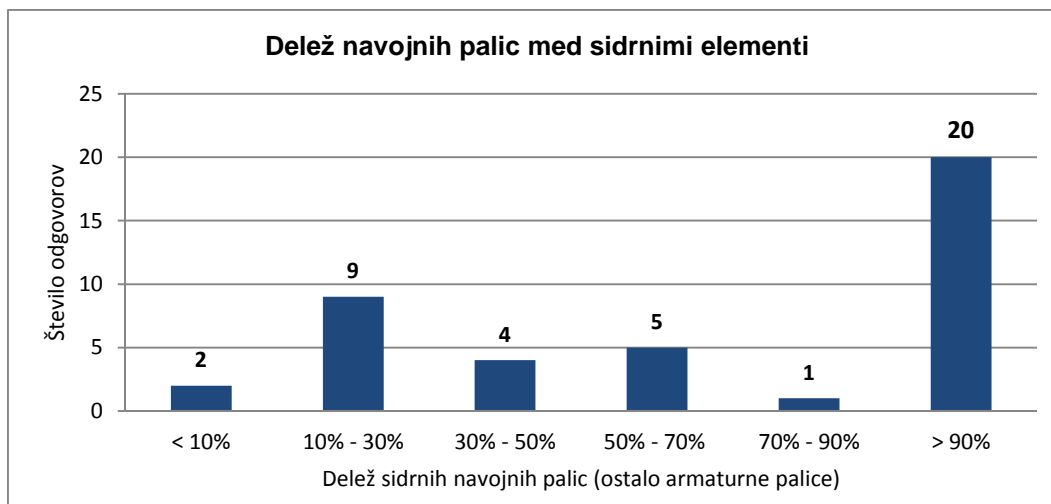
Figure 29: Share of bonded anchors

Uravnotežene odgovore smo določili z uporabo različnih uteži pri posameznem odgovoru. Tako smo denimo pri določitvi uravnoteženega odgovora pri deležu sprijemnih sider za prvi odgovor uporabili vrednost uteži 1, pri drugem odgovoru vrednost uteži 2, pri tretjem vrednost 3 in tako do zadnjega šestega odgovora, kjer je bila vrednost uteži enaka 6. Nato smo sešteli produkte relativnih deležev posamičnih odgovorov (v procentih) s pripadajočimi utežmi in dobili vrednost povprečnega uravnoteženega odgovora, ki je v tem primeru znašal 2,61.

$$\text{Uravnotežena vrednost} = 22\% \cdot 1 + 34\% \cdot 2 + 20\% \cdot 3 + 12\% \cdot 4 + 10\% \cdot 5 + 2\% \cdot 6 = 2,61$$

To pomeni, da je povprečna vrednost med drugim in tretjim odgovorom (vrednost 2 bi pomenila 20% delež uporabe sprijemnih sider, vrednost 3 pa 40% delež) oziroma s pomočjo linearne interpolacije lahko določimo, da je ta vrednost enaka 34%. Na podoben način, z uporabo različnih uteži pri posamičnih odgovorih, smo določili tudi preostale povprečne uravnotežene odgovore v nadaljevanju.

Kot je znano, se sprijemna sidra uporabljajo tudi pri naknadni vgradnji armaturnih palic, zato je dobro vedeti, kolikšen delež sidranja s sprijemnimi sidri se izvede z uporabo navojnih sidrskih palic. Vpogled na zastavljeno vprašanje nudi analiza odgovorov, ki so prikazani na sliki 30. Po pričakovanju, glede na delež anketirancev, ki se ukvarjajo z jeklenimi konstrukcijami, je razumljivo, da se pri večini sprijemnih sider vgrajujejo navojne palice. Delež teh je, na podlagi odgovorov, enak 67%. Razliko, torej tretjino, sidranj s sprijemnimi sidri se izvede z uporabo armaturnih palic. Le te večinoma uporabljajo podjetja, ki se ukvarjajo s splošnim gradbeništvom.



Slika 30: Delež sprijemnih sider z navojnimi palicami (razlika so armaturne palice)

Figure 30: Share of bonded anchors with threaded rods (the difference is rebar)

Eden od ključnih dejavnikov, ki vpliva na računsko natezno nosilnost sider, je efektivna globina sidranja. Večja ko je globina sidranja, večja je nosilnost sidra. Slednje velja za sidra, ki so vgrajena daleč od roba betona in brez vpliva sosednjih sider (razmak med sidri) in v primerih, ko natezna trdnost sidrne palice (jekla) še ni prekoračena. Ko enkrat dosežemo globino sidranja, ki zadošča za prenos maksimalne natezne sile, ki jo sidrna palica glede na premer in trdnost jekla še lahko prevzame, potem natezna nosilnost sidra z večanjem globine ne narašča več. Sprijemne mase z višjo sprijemno trdnostjo so sposobne prevzeti maksimalno izvlečno silo pri manjših globinah sidranja kot mase z nižjo sprijemno trdnostjo. Med uporabniki sprijemnih sider je najpogostejša globina sidranja med 10 in 30 cm. Anketiranci so pri tej globini sidranja odgovorili, da je to za njih občasna oziroma pogosta globina sidranja. Večje globine sidranja (med 30 in 50 cm) za anketirance predstavljajo redke aplikacije (rdeče obarvani deleži), medtem ko je sidranje z globino večjo od 75 cm zelo redko oziroma se večina (78%) anketiranih z njim ne srečuje.

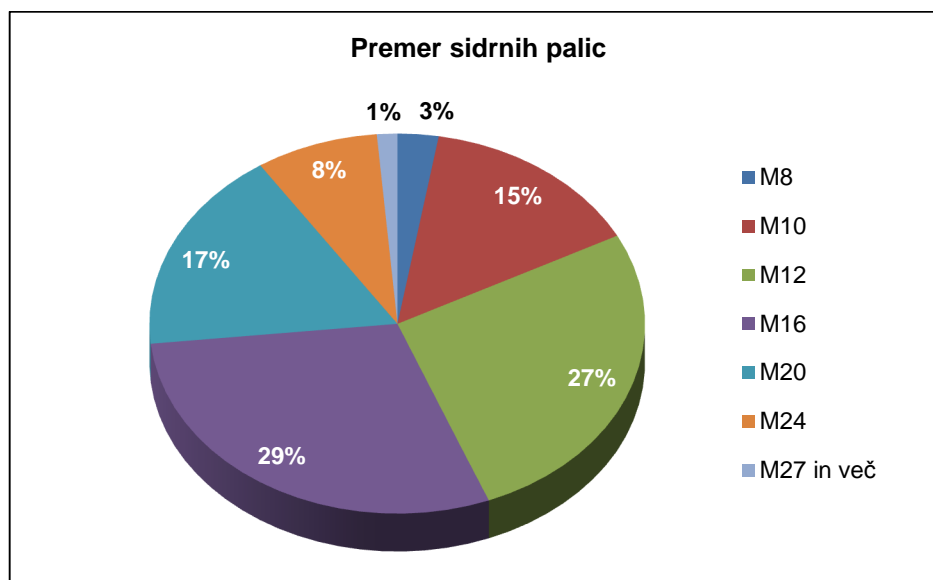
Preglednica 10: Deleži odgovorov pri navedeni globini sidranja glede na pogostost vrtnja z navedeno globino

Table 10: Share of answers at given anchor depth based on frequency of drilling with given depth

Globina vrtnja	Pogostost vrtnja z navedeno globino				Uravnotežen odgovor
	Nikoli	Redko	Občasno	Pogosto	
< 10 cm	35%	25%	18%	23%	Redko / Občasno
10 - 30 cm	0%	8%	38%	55%	Občasno / Pogosto
30 - 50 cm	5%	55%	23%	18%	Redko / Občasno
50 - 75 cm	55%	35%	10%	0%	Nikoli / Redko
> 75 cm	78%	18%	5%	0%	Nikoli / Redko

Presenetljivo je, da dobljeni odgovori kažejo, da se izvajalci srečujejo z globinami sidranja, ki so manjše od 10 cm. Najpogostejši uravnotežen odgovor pri tej globini sidranja je bil redko do občasno sidranje do te globine. Pri tako majhnih globinah sidranja je sprijemna trdnost mase ključnega pomena za optimalen izkoristek nosilnosti sidrnih palic (razen pri manjših premerih palic, kjer je lahko kritična že nosilnost jekla).

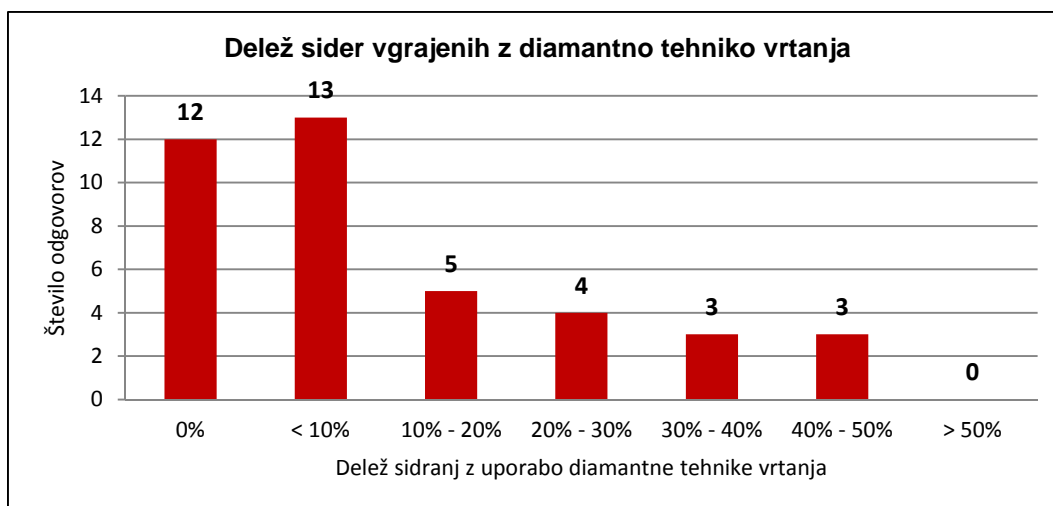
Najpogostejši dimenziji sidrnih palic, ki jih izvajalci uporabljajo pri vgradnji sprijemnih sider, sta M16 in M12. Ti dve dimenziji na naših gradbišči predstavljata več kot pol sidrnih palic. Večje dimenzije, kot so M24 in več, se uporabljajo dokaj redko oziroma v manj kot 10% primerih. Večje dimenzije se uporabljajo predvsem pri sidranju večjih primarnih konstrukcijskih elementov, kjer je število tovrstnih sidrišč neprimerno manjše v primerjavi s sidranjem sekundarnih konstrukcijskih elementov, kjer je pogosta uporaba dimenzij M16 in manj.



Slika 31: Premer vgrajenih sidrnih palic

Figure 31: Diameter of installed anchor rods

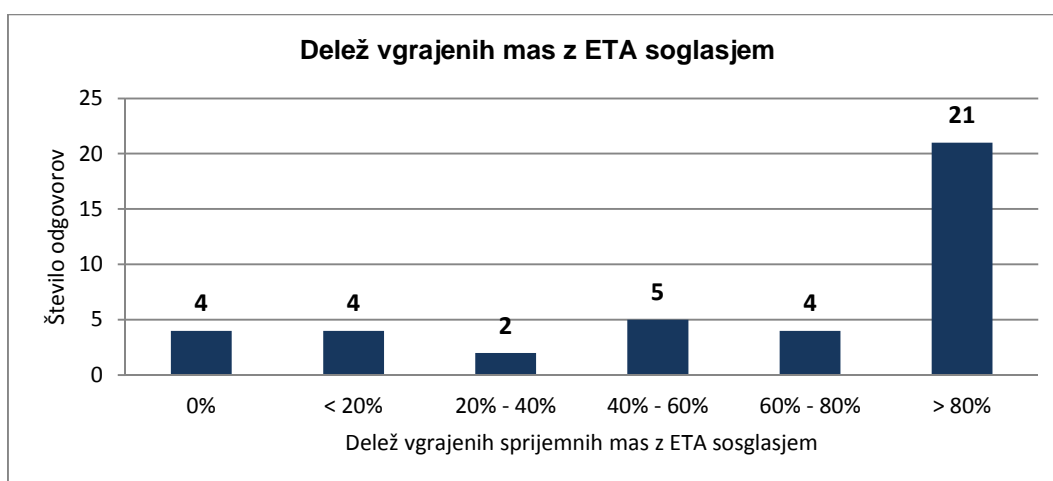
Večini izvajalcev je samoumevno, da se pri vrtanju izvrtin poslužujejo vrtnih kladiv in svedrov. V nekaterih primerih, kot je bilo to predstavljeno v prejšnjih poglavjih, pa morajo izvajalci uporabiti posebna orodja, s pomočjo katerih se izvrtine vrtajo z diamantnimi kronami. Delež tovrstnih izvrtin je dokaj težko določiti in je močno odvisen tudi od dejavnosti, s katero se izvajalec ukvarja. Zato so sledeči podatki pomemben kazalec pogostosti uporabe ene in druge tehnike vrtanja izvrtin z namenom vgradnje sprijemnih sider. Povprečen uravnotežen odgovor anketirancev je bil, da diamantno tehniko vrtanja uporabljajo v približno 10% primerih.



Slika 32: Delež sider vgrajenih z diamantno tehniko vrtanja

Figure 32: Share of anchors installed with diamond drilling technique

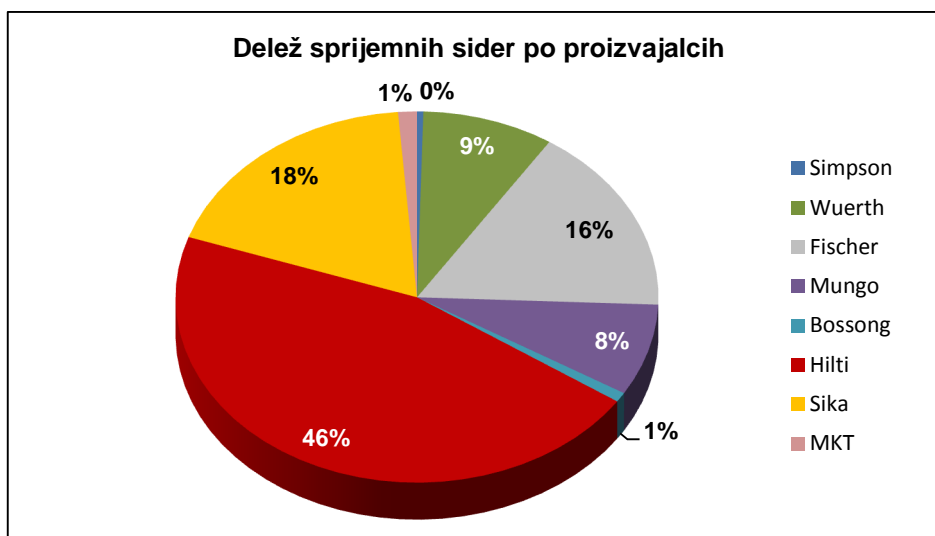
Slika 33 prikazuje delež vgrajenih sprijemnih mas z evropskim tehničnim soglasjem (ETA). Desetina vprašanih uporablja izključno mase, ki nimajo ETA soglasja, ker se slednje od njih ne zahteva. V povprečju pa se izvajalci, na podlagi odgovorov, v 62% primerov odločijo za vgradnjo sprijemne mase, ki ima ETA soglasje.



Slika 33: Delež vgrajenih sprijemnih mas, ki imajo ETA soglasje

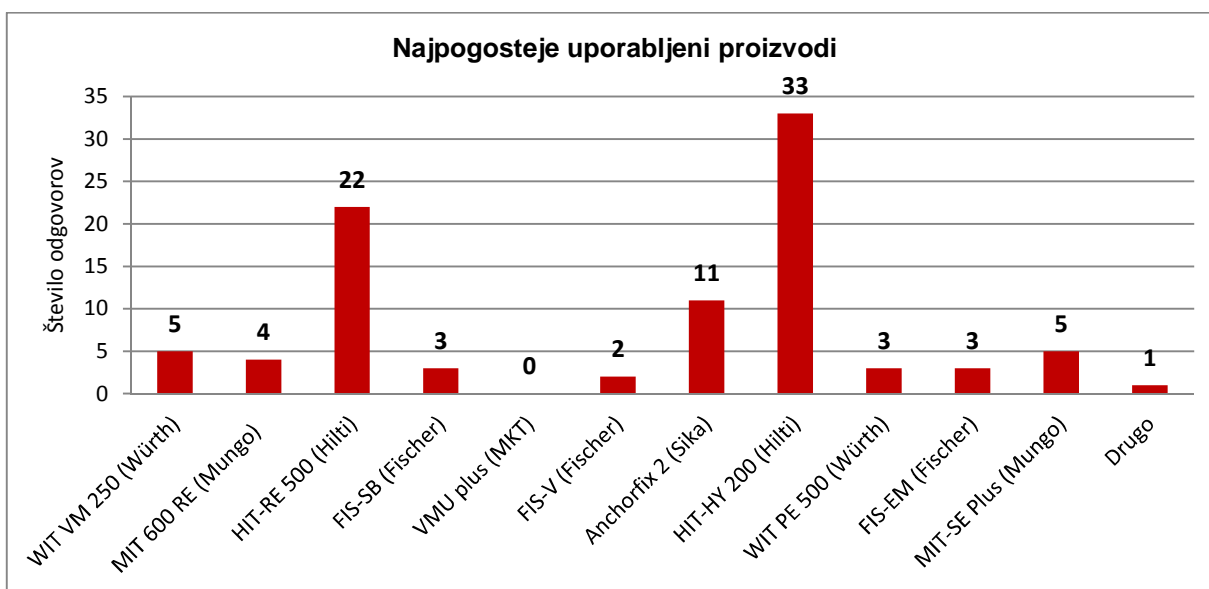
Figure 33: Share of installed mortars with ETA approval

V Sloveniji lahko na gradbiščih zasledimo sprijemna sidra številnih proizvajalcev. Delež posameznih proizvajalcev, ki jih anketirani uporabljajo pri svojem delu, je prikazan na sliki 34. Najpogosteje zastopani proizvajalec sprijemnih sider za profesionalno uporabo je podjetje Hilti, ki mu sledita Sika in Fischer. Anketiranci, ki so odgovarjali na slednje vprašanje, so morali pri vsakemu proizvajalcu ustrezno označiti pogostost uporabe njihovih sprijemnih mas (nikoli, redko, občasno, pogosto). Slika 34 prikazuje uravnotežene povprečne odgovore.



Slika 34: Delež sprijemnih sider glede na proizvajalca
Figure 34: Share of bonded anchors with respect to producer

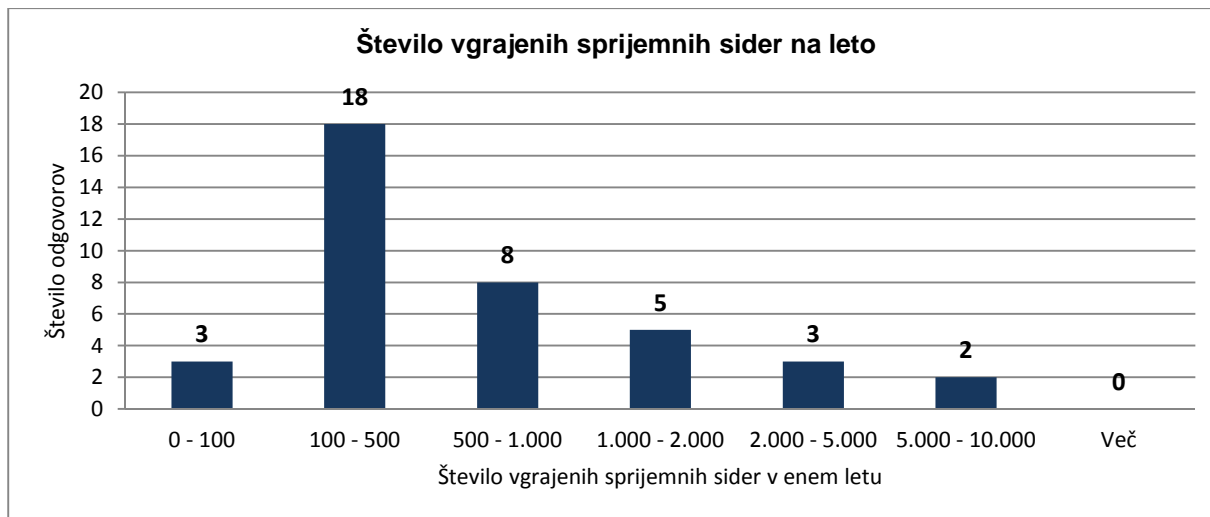
Vsak proizvajalec sprijemnih sider proizvaja številne različne tipe sprijemnih sider oziroma nudi več proizvodov za različne namene. Konkretno kateri proizvod izvajalci najpogosteje uporabljajo, je prikazano na sliki 35. Anketiranci so imeli ponujene nazive proizvodov različnih proizvajalcev, izbrali pa so lahko 3 najpogostejše, s katerimi se srečujejo. Med odgovori je najpogosteje izbrana sprijemna masa HIT-HY 200 (Hilti), ki ji sedijo HIT-RE 500 (Hilti) in Anchorfix 2 (Sika).



Slika 35: Najpogosteje uporabljene sprijemne mase
Figure 35: The most commonly used bonded mortars

Zaradi zaupnosti podatkov znotraj različnih podjetij, ki distribuirajo sprijemna sidra na slovenskem tržišču, je praktično nemogoče podati oceno o količini vgrajenih sprijemnih sider. Analiza odgovorov,

ki je prikazana na sliki 36, podaja oceno vgrajenih sprijemnih sider pri anketiranih podjetjih na letnem nivoju.

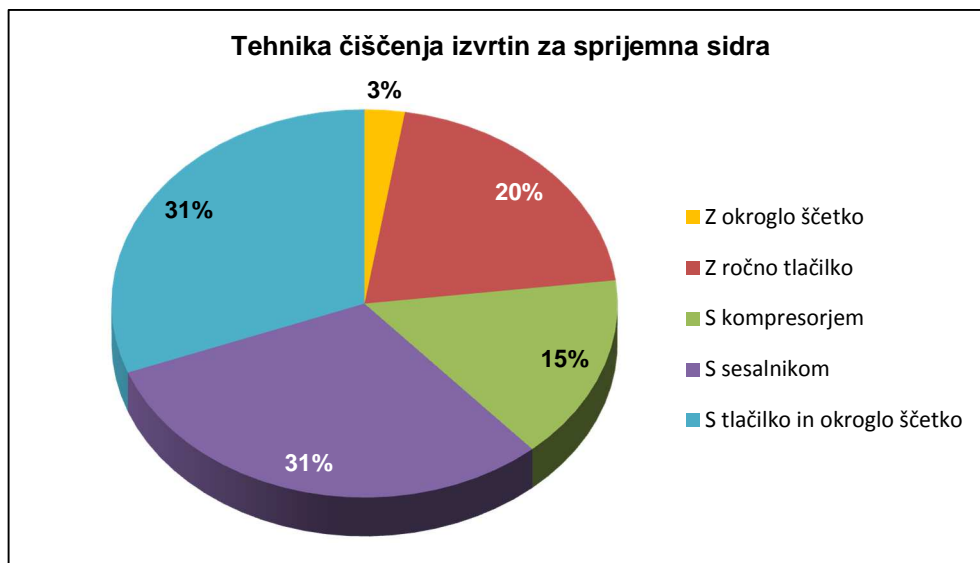


Slika 36: Letna količina vgrajenih sprijemnih sider
Figure 36: Annual amount of installed bonded anchors

Skoraj polovica anketiranih ocenjuje, da letno vgradi med 100 in 500 sprijemnih sider, kar ustreza enaki količini sidrnih palic. Enako je število tistih, ki vgradijo več kot 500 sider letno. V povprečju vgradijo anketirana podjetja približno 660 sprijemnih sider letno. Drugače povedano, 39 podjetij, ki je podalo odgovore na zastavljeno vprašanje, letno skupaj vgradi približno 25.000 sprijemnih sider.

Kljub dejstvu, da mora imeti vsak proizvajalec sprijemnih sider k produktu priložena navodila za pravilno vgradnjo, je na podlagi odgovorov opaziti, da še vedno številni uporabniki ne uporabljajo vseh pripomočkov, s katerimi pravilno in skladno z navodili očistijo izvrtine. Številni namreč uporabijo le ščetko ali pa le tlačilko za izpihovanje (ali kompresor) namesto obeh pripomočkov v predpisanih zaporednih korakih. Le 31% vprašanih uporablja oba koraka (izpihovanje in ščetkanje) pri čiščenju izvrtin. Enak je delež tistih, ki izvrtine čistijo samo z uporabo sesalnika, čeprav ni v nobenem od ETA soglasij navedeno, da je tovrsten način čiščenja ustrezen. Tudi rezultati te ankete kažejo na slabo prakso izvajalcev, ki redko upoštevajo navodila proizvajalcev, četudi je pravilno čiščenje izvrtin pri sprijemnih sidrih ključnega pomena za zagotavljanje ustrezne nosilnosti.

Med odgovori, prikazanimi na sliki 37, sta bila na voljo še: avtomatsko čiščenje (z uporabo votlega svedra) in pa brez čiščenja izvrtin; ki pa nista prejela nobenega glasu anketirancev.



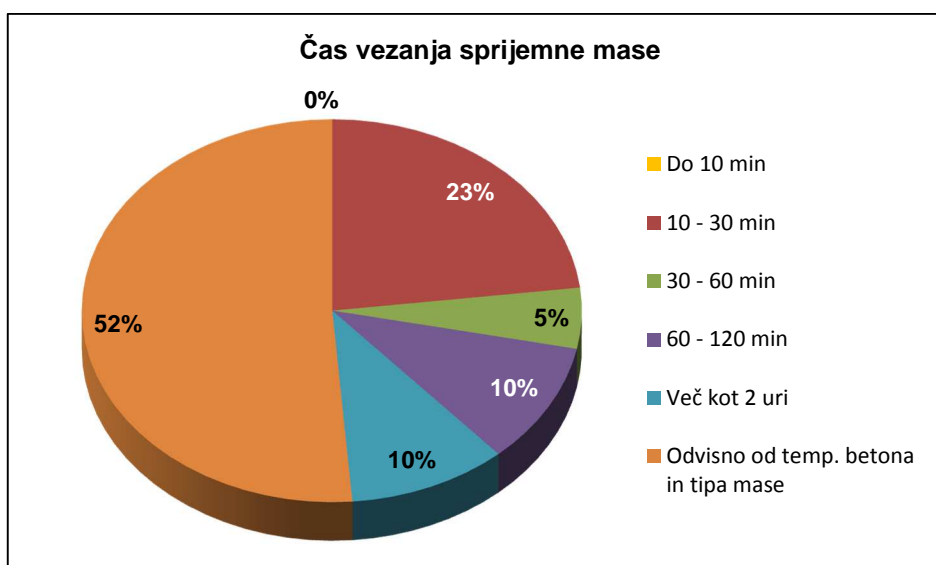
Slika 37: Tehnika čiščenja izvrtin pri vgradnji sprijemnih sider

Figure 37: Cleaning technique during bonded anchors installation

Na vprašanje, ali pri vgradnji sidra upoštevajo navodila proizvajalca o odmiku sidra od roba betona in minimalni debelini betona, so bili odgovori sledeči:

- da, vedno (17 odgovorov)
- da, kadar je to možno (preostalih 22 odgovorov).

Za odgovor, da običajno teh podatkov nimajo ali pa ne, ker to nima vpliva na nosilnost sidra, se ni odločil nihče od vprašanih. Slednje kaže na dejstvo, da se izvajalci večinoma zavedajo pomembnosti minimalnih odmikov od roba betona in razmaka med sidri, za obnašanje sider.



Slika 38: Čas vezanja, ki ga upoštevajo izvajalci preden vgradijo sidrni element

Figure 38: Real curing time employed by the contractors before they set anchor rod

Le polovica vprašanih se očitno zaveda, da je čas vezanja sprijemnih mas odvisen od temperature osnovnega materiala in tipa mase, ker so slednja dejavnika izbrali za merilo časa, po katerem se odločijo, koliko časa pustijo maso, da veže preden vgradijo sidrni element. Četrtnina anketirancev pusti maso vezati od 10 do 30 minut ne glede na ostale dejavnike.

Pri zadnjem vprašanju v izvedeni spletni anketi so morali anketiranci po vrstnem redu razvrstiti, od najpomembnejšega do najmanj pomembnega, dejavnike, ki po njihovem mnenju vplivajo na odločitev glede nakupa sprijemnega sidra. Ključna lastnost sprijemnega sidra za njegove uporabnike je nosilnost sidra, ki mora zadostiti željam uporabnikov. Sledi cena proizvoda in pa dejstvo, da so določeni proizvodi že določeni v projektih oziroma je njihov naziv nastavljen kot merilo za alternativni proizvod. Raba sprijemnih sider je še vedno dokaj specifična in namenjena predvsem določenemu tipu izvajalcev, zato ne preseneča, da je tehnična podpora dobavitelja prav tako zelo zaželen dejavnik pri nakupu. Nekoliko preseneča, da so uporabniki rok dobave postavili šele na 5.mesto. Eden od razlogov je lahko lastno skladiščenje proizvodov, ki jih najpogosteje potrebujejo tako, da so le-ti večinoma pri roki, ko jih potrebujejo. Evropsko tehnično soglasje danes praktično ni več nikakršna posebnost, zaradi katere bi se izvajalci odločili za nakup, blagovna znamka proizvoda pa prav tako ni dejavnik, ki bi proizvajalcu zagotovil tržni delež oziroma prodajo.

V povprečju so se anketiranci odločili za naslednji vrstni red (najpomembnejši dejavnik je na prvem mestu):

Preglednica 11: Dejavniki, ki pri uporabnikih vplivajo na odločitev o nakupu določenega proizvoda

Table 11: The most relevant factors for users when deciding to purchase particular product

Vrstni red	Dejavnik
1	Nosilnost sidra
2	Cena proizvoda
3	Proizvod specificiran v projektu
4	Tehnična podpora dobavitelja
5	Rok dobave
6	Enostavna in zanesljiva vgradnja
7	Proizvod z ETA soglasjem
8	Blagovna znamka

5.3 Povzetek ankete

Izvedba ankete in analizo dobljenih rezultatov omogoča celovit in bolj oprijemljiv pristop pri analizi trga sprijemnih sider v Sloveniji. Na osnovi rezultatov, ki predstavljajo poglede in izkušnje različnih

uporabnikov sprijemnih sider, je možno predvideti določene parametre in vzorce, ki jih lahko posplošimo na celoten slovenski trg sprijemnih sider.

Rezultate izvedene anonimne spletne ankete bi lahko združili v naslednjem opisu. Anketiranec, ki je odgovarjal spletni vprašalnik, je v povprečju predstavnik podjetja s približno 50 zaposlenimi, ki se najverjetneje ukvarja z montažo jeklenih konstrukcij. S sidranjem se med svojim delom sreča vsaj enkrat mesečno, pri čemer je vsako tretje sidro, ki ga v podjetju vgradijo, sprijemno sidro. V veliki večini primerov (približno dve tretjini) uporablja sprijemna sidra v kombinaciji z navojnimi sidrnimi palicami M16 (tudi M12), ki jih običajno sidrajo v globini med 10 in 30 cm. Izvrtine v glavnem vrtajo z uporabo vrtnega kladiva in svedra, vsako deseto izvrtino pa pripravijo z diamantno tehniko vrtnja. Najpogosteje je proizvajalec uporabljenih sider podjetje Hilti, pri čemer je velika verjetnost, da se uporablja proizvod z nazivom HIT-HY 200, ki ima ETA soglasje; to sicer velja za 2/3 sider, ki jih vgradijo. Takšen izvajalec v povprečju vgradi 660 sider letno, kjer izvrtine očisti le s sesalnikom ali pa z uporabo ščetke in tlačilke, kot je to zahtevano v navodilih proizvajalcev sider. Potem, ko bo v izvrtino vbrizgal maso in vstavil sidrni element, bo pustil maso vezati v odvisnosti od temperature osnovnega materiala in tipa mase. Pri končni odločitvi o izbiri proizvoda za izvedbo sprijemnega sidranja se bo povprečen uporabnik osredotočil predvsem na nosilnost in ceno proizvoda.

6 VPLIV TEHNOLOGIJE VGRADNJE NA NOSILNOST SPRIJEMNIH SIDER

Primarni namen magistrskega dela je določiti vpliv tehnologije vgradnje sprijemnih sider na njihovo natezno nosilnost. V tem poglavju je podrobno opisan postopek izvajanja nateznih preskusov kot rezultati preskusov.

Glede na dejstvo, da magistrska naloga ni namenjena primerjavi mehanskih značilnosti med posameznimi proizvodi, bodo rezultati v nadaljevanju predstavljeni brez konkretnih nazivov preskušanih proizvodov. Skratka, z analizo rezultatov preskusov bomo jasno določili le vpliv tehnologije vgradnje na sprijemna sidra, ki se najpogosteje pojavljajo na našem trgu. S tem je preprečeno favoriziranje katerega od preskušanih proizvodov in zagotovljena neodvisnost preiskave kot tudi magistrskega dela.

Preskusi vpliva tehnologije vrtanja na sprijemno nosilnost se bodo izvajali na skupno treh proizvodih različnih proizvajalcev sider. Omenjeni proizvodi bodo za lažje razumevanje in sledljivost v naši nalogi označeni z naslednjimi imeni:

- Proizvod A bo predstavljal dvokomponentno kemično maso s karakteristično sprijemno trdnostjo $10,0 \text{ N/mm}^2$,
- Proizvod B bo predstavljal dvokomponentno kemično maso s karakteristično sprijemno trdnostjo $15,0 \text{ N/mm}^2$,
- Proizvod C pa bo predstavljal dvokomponentno kemično maso s karakteristično sprijemno trdnostjo $13,0 \text{ N/mm}^2$.

Vse navedene sprijemne trdnosti veljajo za sidrne palice M16 v nerazpokanem betonu C20/25, v suhih in vlažnih izvrtinah ob uporabi vrtalnega kladiča s svedrom in za temp. območje -40 °C do $+80 \text{ °C}$.

Za navedene proizvode (pakirane v folijo ali trde tube) velja, da v času priprave tega magistrskega dela, na voljo ni podatkov (v evropskem tehničnem soglasju, ETA) o sprijemni trdnosti teh proizvodov pri diamantni tehnologiji vrtanja. Omeniti pa velja, da ima proizvod C, pakiran v ampule, že podatke o sprijemni trdnosti v diamantnih izvrtinah (ETA) in je v takšnem pakiranju primeren tudi za tovrstno tehniko vrtanja.

Preskusi, s katerimi se bo ugotavljal vpliv tehnologije vrtanja na natezno nosilnost sider, se bodo torej izvajali na proizvodih, za katere do sedaj še nimamo podatkov o karakteristični sprijemni trdnosti v izvrtinah, pripravljenih z diamantno tehnologijo vrtanja. Rezultati preiskave, ki bo izvedena skladno s

standardiziranim postopkom določanja sprijemne trdnosti po ETAG 001, bodo tako prvič podali informacijo o vplivu tehnike vrtanja na proizvode, ki se pojavljajo na slovenskem trgu in posledično na naših gradbiščih. Slednji podatki bodo v veliki meri omogočili vsem odgovornim pri delu s tovrstnimi aplikacijami (izvajalec, investitor, nadzor, projektant – ne nujno v tem vrstnem redu) ustrezno interpretacijo in reakcijo v primeru spremembe tehnike vrtanja pri vgradnji sprijemnih sider. Zelo pomembno je dejstvo, da se bodo preskusi odvijali na proizvodih različnih proizvajalcev, ki so pri nas najprepoznavnejši, s čimer bodo rezultati podali širšo sliko vpliva tehnologije vgradnje, ne glede na proizvajalca.

6.1 Potek izvedbe izvlečnih preskusov

Za določitev vpliva tehnologije vrtanja na sprijemno trdnost sprijemnih sider, je bilo potrebno zagotoviti tako prostor kot primerno opremo, s katero se bodo lahko tovrstni preskusi izvedli.

6.1.1 Preskusni laboratorij: Inovacijski center Hilti



Slika 39: Novozgrajeni Inovacijski center družbe Hilti v Schaanu (lasten vir, 2015)

Figure 39: New Innovation Center of Hilti Company in Schaan (own source, 2015)

Idealne okoliščine za izvedbo predvidenih preiskav so mi omogočili na sedežu družbe Hilti AG v Schaanu (Liechtenstein). V osrednjem delu novozgrajenega Inovacijskega centra se med drugim nahaja laboratorij za izvedbo neodvisnih preiskav, ki je akreditiran skladno s standardom SIST EN ISO 17025 (2005).

V omenjenem laboratoriju je bil tako zagotovljen dostop do tehnološko dovršene in napredne opreme za preskušanje sider. Oprema in podroben opis poteka preskušanja sprijemnih sider so opisani in prikazani v nadaljevanju.

6.1.2 Število in tipi preskusov

Preskusi so se izvajali skladno z navodili in postopkom, opisanim v naslednjih tehničnih dokumentih:

- evropska tehnična smernica ETAG 001 – del 5: Sprijemna sidra (2013),
- evropska tehnična smernica ETAG 001 – del 1: Splošno (2013),
- priloga A k ETAG 001: Podrobnosti o preskusih (2013).

Število preskusov je bilo izvedeno skladno s smernico ETAG 001 – del 5 in preglednico 5.6 (priloga A) v tem dokumentu. Podrobnejši prikaz števila preskusov glede na različne proizvode in glede na tip preskusa je prikazan v preglednici 12.

Preglednica 12: Število in tipi izvedenih preskusov glede na dimenzijo in vrsto sprijemnega sidra

Table 12: Number and types of executed tests with respect to dimension and type of the bonded anchor

Tehnika vrtanja	Tip	Namen preskusa	Beton	Število preskusov glede na dimenzijo sidra					
				Proizvod A		Proizvod B		Proizvod C	
				M12	M16	M12	M16	M12	M16
Vrtalno kladiivo	A1 conf	Nateg v tlačni coni betona nizke trdnosti	C20/25	3	5	3	5	3	5
	A2 conf	Nateg v tlačni coni betona visoke trdnosti	C50/60	/	5	/	5	/	5
	A14	Natezni preskus v vogalu	C20/25	/	2	/	/	/	2
Diamantna krona	A1 conf	Nateg v tlačni coni betona nizke trdnosti	C20/25	3	5	3	5	3	5
	A2 conf	Nateg v tlačni coni betona visoke trdnosti	C50/60	/	5	/	5	/	5
	A14	Natezni preskus v vogalu	C20/25	/	/	/	2	/	2
Vrt. kladiivo	Ref	Nateg v tlačni coni suhega betona	C20/25	/	5	/	5	/	5

K preglednici 12 je potrebno dodati še nekaj komentarjev. Zaradi časovne smotrnosti pri izvajanju preiskav so se preskusi izvajali le z eno dimenzijo sidra. Premer oziroma dimenzija sidra, ki je bil

podrobneje preskušan, je M16. Slednja odločitev temelji na podlagi analize rezultatov spletne ankete, ki je bila predstavljena v poglavju 4. Rezultati te ankete namreč kažejo, da je najpogostejša dimenzija sprijemnih sider na gradbiščih ravno M16. Takoj za M16 je najpogosteje zaslediti tudi M12. Preskusi s sidri M12 so bili izvedeni kot sekundarni in so kot taki predstavljali le kontrolne meritve. Več o tem v nadaljevanju.

Glede na dejstvo, da je primarni namen preskusov določiti karakteristično sprijemno trdnost sider τ_{Rk} pri različnih tehnikah vrtanja, se bodo izvajali le preskusi za določanje dopustnih pogojev (ni potrebe po izvajanju preskusov ustreznosti).

Kot je bilo že omenjeno in obrazloženo, bo morebitna spremenjena sprijemna trdnost τ_{Rk} vplivala le na en porušni mehanizem pri natezni obremenitvi – to je "kombinacija izvleka in betonskega stožca". Pri vseh ostalih treh porušnih mehanizmih (jeklo, betonski stožec, razcep) karakteristična sprijemna trdnost τ_{Rk} nima vpliva na njihovo nosilnost oziroma izkoriščenost. Nosilnost pri slednjih porušnih mehanizmih znamo namreč določiti na osnovi izkušenj. To jasno pomeni, da bo tehnika vrtanja vplivala le na (sicer zelo pogosto merodajno) karakteristično nosilnost pri "kombinaciji izvleka in betonskega stožca".

Pri sprijemnih sidrih z visoko sprijemno trdnostjo se dogaja, da pri neomejenih preskusih prihaja le do porušitev po jeklu ali betonskem stožcu. Poleg tega je dejstvo, da rezultati pri poružitvi s "kombinacijo izvleka in betonskega stožca" podajo precej bolj natančno vrednost sprijemne trdnosti kot pri poružitvi le po betonskem stožcu, kjer je le-ta bolj konzervativna. Zato sem se odločil, da bom preskuse izvedel kot omejene z minimalno globino sidranja pri čemer moram karakteristično sprijemno trdnost τ_{Rk} določiti z upoštevanjem modifikacijskega faktorja a_{setup} (Izraz 10 v prilogi A).

Podatke o sprijemni trdnosti se lahko pridobijo z izvedbo nateznih preskusov A1 conf in A2 conf. Pri prvem tipu preskusov (A1 conf) se preskusi izvajajo v betonu C20/25, pri drugem pa v betonu višje trdnosti C50/60, s čimer je zajet morebitni vpliv trdnosti betona na sprijemno trdnost sidra.

Kljub dejstvu, da bi zadoščala samo ta dva tipa preskusov, so bili izvedeni še natezni preskusi v vogalu betonskih vzorcev, s čimer se je ugotavljal morebiten neugoden vpliv diamantne tehnike vrtanja na kritičen odmik od roba betona zaradi razcepa betona $c_{cr,sp}$. Ti preskusi so se zaradi omejenega števila betonskih vzorcev in vogalov posledično izvedli v manjših količinah in le pri dveh proizvodih (pri vsakem proizvodu sta se preizkušala 2 vzorca tako pri diamantni tehniki vrtanja kot pri uporabi svedra – skupaj 8 sider M16 na vogalu).

Vsi preskusi so se izvajali s sidrnimi palicami kvalitete 8.8. Na ta način je pri minimalni globini sidranja preprečena porušitev po jeklu.

Skupno število izvlečnih preskusov, ki so se izvajali v betonih različne trdnosti, je bilo torej enako 101. To je nekako tudi zgornja meja preskusov, ki jih ena oseba lahko izvede v enem tednu preizkušanja. V nadaljevanju sledi podrobnejši opis o vgradnji, opremi in izvajanju preskusov.

6.1.3 Betonski vzorci

Pri izvedbi preskusov smo uporabljali betone dveh trdnosti:

- C20/25,
- C50/60.

Preskusi so se izvajali v betonskih ploščah dimenzij 233 x 128 x 20 cm. Starost vseh plošč je bila vsaj 28 dni. Za izvedbo vseh predvidenih preskusov smo uporabili 2 plošči C20/25 in eno C50/60.



Slika 40: Betonske plošče namenjene preskušanju sider (lasten vir, 2015)

Figure 40: Concrete members for anchor testing (own source, 2015)

6.1.4 Priprava izvrtin za sprijemna sidra

Kot smo že omenili, so se preskusi izvajali s sidrnimi palicami kakovosti 8.8 in metričnim navojem M16 (ter M12). Globina sidranja je bila minimalna dovoljena glede na ETA soglasja kar pomeni:

- $h_{ef,min} = 80$ mm (velja za M16 sidra pri proizvodni B in C),
- $h_{ef,min} = 70$ mm (velja za M12 sidra pri proizvodni B in C).

Pri proizvodni A je zahtevana nekoliko večja minimalna globina sidranja (128 mm in 96 mm), a so se preskusi tudi s to maso izvajali v enaki globini, kot je navedeno v zgornji vrstici. S tem so bile

zagotovljene enake okoliščine pri vseh treh proizvodih. Poleg tega je potrebno tudi omeniti, da smernica, ETAG 001 – del 5, dopušča manjšo globino sidranja od minimalne pri določanju sprijemne trdnosti sidra.

6.1.4.1 Postopek priprave izvrtine z udarnim vrtalnikom

Pri vgradnji sidrnih palic M16 je pri vseh obravnavanih proizvodih zahtevana uporaba svedra fi18. Zato sem vse izvrtine za palice M16 izvrtal z uporabo štirireznega Hilti svedra TE-YX 18x150 z učinkovitim premerom rezalne konice 18,3 mm.

Za vgradnjo sidrnih palic M12 je pri vseh obravnavanih proizvodih zahtevana uporaba svedra fi14. Izvrtine za palice M12 so bile izvrtane z uporabo štirireznega Hilti svedra TE-YX 14x150 z učinkovitim premerom rezalne konice 14,4 mm.



Slika 41: Vrtalno kladivo Hilti TE76-ATC s svedrom fi18 (lasten vir, 2015)

Figure 41: Rotary hammer Hilti TE76-ATC with drill bit fi18 (own source, 2015)

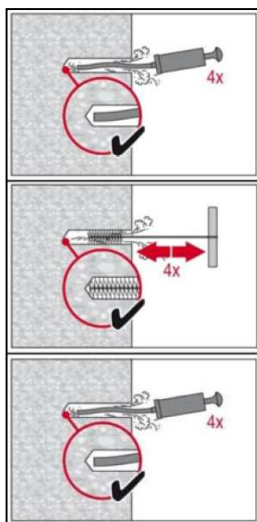
Izvrtine so bile izvrtane z uporabo udarnega vrtalnika Hilti TE76-ATC. Da bi dosegel učinkovito globino sidranja 80 mm (oziroma 70 mm pri palicah M12), sem na sveder namestil trak na oddaljenosti 90 mm (oziroma 80 mm) od začetka konice svedra, ki je služil za merilo pri ugotavljanju globine izvrtine. Po navodilih proizvajalca mora biti globina izvrtine nekaj milimetrov globlja od učinkovite globine sidranja predvsem na račun stožčaste oblike dna izvrtine (oblika rezalne konice svedra).

Izvrtine so bile izvrtane v rastru 20 x 20 cm.



Slika 42: Vrtanje izvrtin z uporabo vrtnega kladiva Hilti TE76-ATC (lasten vir, 2015)

Figure 42: Drilling holes with rotary hammer Hilti TE76-ATC (own source, 2015)



Čiščenje izvrtin je bilo skladno z navodili proizvajalcev ob uporabi ročne tlačilke in okrogle kovinske krtače premera 18 mm (oziroma 14 mm) po vrtanju s svedom $d_{nom}=18$ mm (oziroma $d_{nom}=14$ mm). To pomeni, da se je vsaka izvrtina po procesu vrtanja primerno očistila vseh nečistoč v naslednjih korakih:

- 4x izpihovanje izvrtine z uporabo ročne tlačilke,
- 4x krtačenje izvrtine z uporabo okrogle krtače vsaj enakega premera kot je premer izvrtine,
- 4x izpihovanje izvrtine z uporabo ročne tlačilke.

Po opravljenih zgoraj opisanih korakih lahko rečemo, da je izvrtina pripravljena za doziranje sprijemne mase.



Slika 43: Ročna tlačilka in okrogli krtači $d=14$ mm in $d=18$ mm z ročajem (lasten vir, 2015)

Figure 43: Hand air pump and round brushes $d=14$ mm and $d=18$ mm with handle (own source, 2015)

6.1.4.2 Postopek priprave izvrtine z diamantno tehniko vrтанja

Po tem, ko smo pripravili vse izvrtine z uporabo udarnega vrtnika (49 izvrtin fi18 in 18 izvrtin fi14), smo začeli z vrтанjem izvrtin z uporabo stroja za diamantno tehniko vrтанja. Stroj, ki smo ga na tem mestu uporabljali, ima oznako DD 120, proizvajalca Hilti. Pri opremi, ki je potrebna za vrтанje izvrtin z uporabo diamantnih kron, govorimo o sistemu. Za popolno izvedbo izvrtin je namreč poleg stroja za vrтанje potrebno zagotoviti tudi ostalo pripadajočo opremo. Tako je sistem sestavljen iz naslednjih sestavnih elementov oziroma opreme:

- stroj za vrтанje (DD 120),
- stojalo (DD-ST 120),
- vakuumska črpalka (DD VP-U 230V),
- vakuumska osnovna plošča (DD-LR-VBP),
- lovilec vode (DD-WC-S),
- držalo lovilca vode (DD-LR-A-WCH),
- vodni sesalnik (VC 60-U),
- cev za vodo,
- diamantna krona.



Slika 44: Sistem za diamantno vrтанje Hilti DD 120 (lasten vir, 2015)

Figure 44: Diamond drilling system Hilti DD 120 (own source, 2015)

Vakuumska črpalka skupaj z vakuumsko osnovno ploščo, na katero je pritrjeno stojalo z vrtnim strojem, zagotavljata togo vpetje celotnega sistema na betonsko ploščo oziroma podlago (podtlak). Slednje je zelo pomembno za nemoteno vrтанje in centriranje diamantne krone.

Voda, s pomočjo katere preprečujemo pregrevanje diamantne konice, doteka v območje vrtnja skozi osrednji del (plašč) krone. Za lažje, čistejše in bolj kontrolirano delo se že uporabljena voda odvaja v držalu lovilca vode, ki je povezan z vodnim sesalnikom. Slednji odvečno vodo posepa oziroma odstrani.

Stojalo služi kot držalo stroja in kot vodilo, po katerem se vrtalni stroj (vključno s krono) med obratovanjem spušča. Vrtanje izvrtin smo izvajali z 2. hitrostjo (1380 obratov/minuto), kar ustreza premeru izvrtin, ki smo jih potrebovali.

Za vgradnjo sidrnih palic M16 smo uporabili krono DD-BI 18/320 PL (za palice M12 pa krono DD-BI 14/320 PL). Kot merilo za globino vrtnja nam je služila oznaka na stojalu, ki je bila 90 mm (oziroma 80 mm pri palicah M12) nižje od začetne pozicije stroja na stojalu (pred vrtnjem). Raster med izvrtinami je bil 20x20 cm.



Slika 45: Diamantna krona Hilti DD-BI 18/320 PL (lasten vir, 2015)

Figure 45: Diamond core bit Hilti DD-BI 18/320 PL (own source, 2015)

Diamantno vrtanje se je izvajalo v istih betonskih vzorcih (ploščah) kot udarno vrtanje s svedrom v odvisnosti od trdnosti betona (C20/25 ali C50/60) in dimenzije sidrnih palic (M16 ali M12).

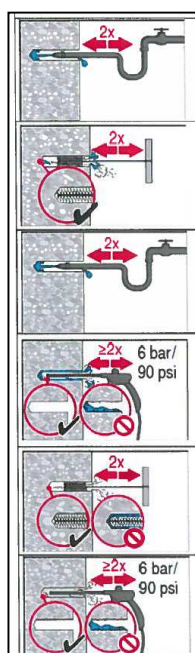
Po končanem koraku diamantnega vrtnja izvrtin je sledilo primerno čiščenje izvrtin. Najprej je bilo potrebno odstraniti betonska jedra, ki so ostala v izvrtinah. Jedra so se odstranila s pomočjo lomilca jeder in sesalnika s posebnim nastavkom, s katerim se jedra enostavno izvleče iz izvrtin.



Slika 46: Odstranjena betonska jedra po diamantnem vrtnanju izvrtin (lasten vir, 2015)

Figure 46: Concrete cores after diamond drilling (own source, 2015)

Dejstvo je, da v ETA soglasjih ni prikazanega postopka čiščenja izvrtin po diamantnem vrtnanju pri masah, ki so bile preskušane. Zato so se izvrtine fi18 očistile po korakih, ki so opisani pri epoksi masi Hilti HIT-RE 500, ki je kot rečeno primerna za uporabo v diamantnih izvrtinah. V nadaljevanju so opisani koraki čiščenja izvrtin po diamantnem vrtnanju s kronami fi18:



1. Izpiranje izvrtine (2x) z vodnimi nastavki vse do dna izvrtine, dokler iz izvrtine ne prične teči bistra voda.
2. Krtačenje izvrtine (2x) z uporabo kovinske krtače premera enakega ali večjega od premera izvrtine.
3. Izpiranje izvrtine (2x) z vodnimi nastavki vse do dna izvrtine, dokler iz izvrtine ne prične teči bistra voda.
4. Izpihovanje izvrtine (2x) s stisnjenim zrakom po celi globini vse do dna izvrtine, dokler izpihani zrak ni čist prašnih delcev.
5. Krtačenje izvrtine (2x) z uporabo kovinske krtače premera enakega ali večjega od premera izvrtine.
6. Izpihovanje izvrtine (2x) s stisnjenim zrakom po celi globini vse do dna izvrtine, dokler izpihani zrak ni čist prašnih delcev.

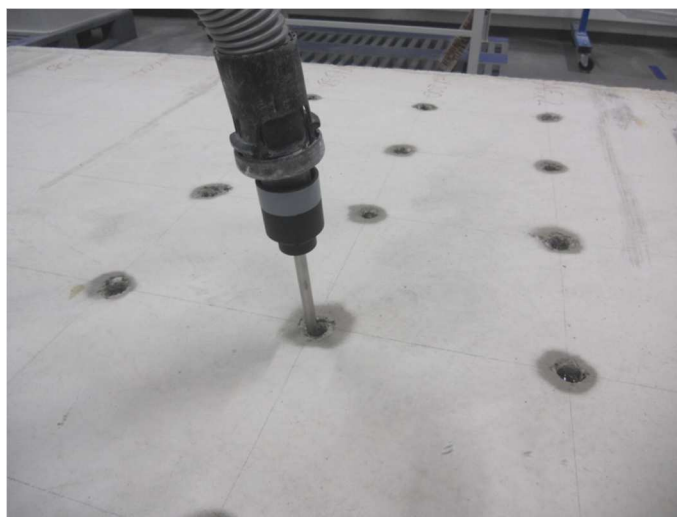
Omeniti velja, da se je odvečno vodo po 3. koraku pri čiščenju izvrtin, posesalo z uporabo vodnega sesalca VC 60-U in posebnega nastavka za sesanje vode iz izvrtin. Slednje je bilo potrebno zaradi siceršnje nevarnosti, da bi se stoječo vodo ob uporabi stisnjenega zraka poškrpilo po celotnem delovnem območju. Po tem se je čiščenje izvrtin nadaljevalo s 4. korakom, vse do zadnjega 6. koraka.



Slika 47: Izpiranje in izpihovanje diamantno izvrtanih izvrtin (lasten vir, 2015)

Figure 47: Flushing and blowing diamond drilled boreholes (own source, 2015)

Diamantno izvrtane izvrtine za sidrne palice M12 niso bile očiščene po zgoraj navedenem postopku. Pri teh izvrtinah se je po končanem postopku vrtanja in odstranitvi jeder, odvečno stoječo vodo enostavno le posesalo z uporabo že omenjenega vodnega sesalca Hilti VC 60-U in posebnega nastavka za ozke izvrtine.



Slika 48: Odsesavanje stoječe vode iz izvrtin (lasten vir, 2015)

Figure 48: Suctioning water from boreholes (own source, 2015)

Kot smo že omenili, je preskušanje sider M12 služilo le za pridobivanje vzporednih sekundarnih meritev, zato se je na tem mestu ugotavljalo vpliv čiščenja izvrtine pri diamantnih izvrtinah. Kot je kasneje navedeno pri rezultatih preskusov, ima lahko način čiščenja izvrtin po diamantnem vrtanju presenetljive posledice!

6.1.5 Izničenje vpliva vlage v izvrtinah na rezultate preskusov

Da bi izničili vpliv vodne vlage na rezultate preiskave, smo se odločili, da bomo izvrtine pripravljene z udarnim vrtnikom po končanem postopku čiščenja tudi zalili z vodo. To pomeni, da smo vse izvrtine izvrtane s svedrom (razen referenčnih izvrtin) naknadno zalili s čisto vodo.

Na sliki 49 so prikazane izvrtine $\phi 18$, izvrtane z udarnim vrtnikom, ki sem jih, po čiščenju do vrha zalil z vodo. Vodo smo v izvrtinah pustili približno 2 uri, nato pa smo jo podobno kot pri diamantnih izvrtinah odsesali z vodnim sesalnikom. Diamantnih izvrtin v tistem trenutku še ni bilo. Vidne so tudi referenčne izvrtine, ki pa jih nismo zalili z vodo, zaradi primerjave rezultatov in ugotavljanja morebitnega vpliva vlage v izvrtinah na sprijemno trdnost mas.

S tem, ko smo tudi izvrtine izvrtane s tehniko udarnega vrtnja, zalili z vodo, lahko rečemo, da prisotnost vodne vlage v izvrtinah ni vplivala na rezultate nateznih preskusov sprijemnih sider pri obeh tehnikah vrtnja.



Slika 49: Izvrtine izvrtane s svedrom zalite z vodo (lasten vir, 2015)

Figure 49: Watered drill bit boreholes (own source, 2015)

6.1.6 Vgradnja sprijemnih sider

S prej opisanimi postopki priprave izvrtin pri obeh tehnikah vrtnja so bile izvrtine nared za vgradnjo sprijemnih sider vseh treh proizvajalcev. Vsak od proizvajalcev sprijemnih sider ima lastno obliko in zasnovano embalažo, v kateri se nahaja dvokomponentna sprijemna masa. Zaradi različnih oblik posameznih embalaž je bilo potrebno za doziranje vsake mase uporabiti tudi ustrezen dozirnik.

Preskušane mase so bile pakirane v embalažah naslednjih velikosti: 300 ml, 390 ml in 330 ml.

Pred začetkom doziranja posamezne mase v očiščeno izvrtino je pri novih embalažah potrebno prva dva stiska mase, ki prileze iz mešalca, zavreči. Slednje storimo zato, da zagotovimo ustrezno razmerje mešanice obeh komponent.



Slika 50: Odpadek mase pred začetkom doziranja nenačetih embalaž (lasten vir, 2015)

Figure 50: Mortar waste before use of new foils (own source, 2015)

Dolžine sidrnih palic, ki smo jih uporabili pri izvedbi preskusov, so bile prilagojene efektivni globini sidranja in dolžini, ki je morala gledati iz betona. Vse sidrne palice so namreč zaradi izvedbe nateznega preskusa in nastavkov pri testerju morale gledati 80mm iz betonske površine. Zato smo uporabili sidrne palice naslednjih dimenzij:

- HIT-V M16x160 (8.8) in
- HIT-V M12x150 (8.8).

V grobem velja pravilo, da je potrebno približno 2/3 prostornine izvrtine zapolniti s sprijemno maso, medtem ko bo preostanek prostornine zapolnila sidrna palica, ki jo bomo vgradili. Odvečno maso, ki mora praviloma prilesti na površino osnovnega materiala (betona), pustimo, da se posuši. Nato to odvečno maso, ko postane trda in krhka, enostavno odklešemo.

Pri vgradnji sidrnih palic v izvrtine, napolnjene s sprijemno maso, je potrebno biti pozoren, da so le-te vgrajene pravokotno na betonsko podlago. Slednje je pomembno predvsem zaradi preprečitve vnosa ekscentrične obtežbe v osnovni material, kar bi lahko vodilo do odklona pri rezultatih nateznih preskusov. Vertikalnost sider zagotovimo s kontrolo vertikalnosti sidrne palice v dveh smereh (pogled na sidro spredaj in s strani), ki sta si pravokotni.



Slika 51: Sidrne palice M16 vgrajene v svežo sprijemno maso (lasten vir, 2015)

Figure 51: Anchor rods M16 installed in fresh bonded mortar (own source, 2015)

Vse tri sprijemne mase, ki smo jih preskušali, uvrščamo v skupino hitro vezočih sprijemnih mas. To pomeni, da je čas vezanja sprijemne mase in čas, po katerem lahko tovrstna sidra po vgradnji obremenimo, relativno kratek v primerjavi z epoksi masami. V laboratoriju je bila temperatura približno 20°C. Enako lahko predpostavimo tudi za temperaturo v preskušanih betonih glede na dejstvo, da so bili le ti skladiščeni že več dni v enakih okoliščinah. Ne glede na zgoraj navedena dejstva pa smo izvlečne preskuse izvajali en dan po vgradnji sprijemnih sider.

6.1.7 Izvedba nateznih izvlečnih preskusov

Natezni preskusi nosilnosti sprijemnih sider so se izvajali v ločenem prostoru, ki je bil opremljen z vso opremo, ki smo jo potrebovali za strokovno izvedbo in spremljanje rezultatov preskusov. Preskusi so se izvajali s pomočjo naslednje opreme s pripadajočimi pripomočki:

- žerjavno dvigalo nosilnosti 2,5t,
- kovinska plošča dimenzij 140×200×15mm z izvrtino na sredini premera 20mm,
- sidrna (okrogla) ploščica z zunanjim navojem M58,
- matica in podložka za sidrno palico,
- kovinsko stojalo za cilinder višine 28cm in premera 21cm,
- izvlečna cev z adapterjem z notranjim navojem M58,
- hidravlični cilinder mase 75kg (F-230-11),
- visoka zaključna matica nad cilindrom,
- elektronski merilnik pomikov,
- trinožno stojalo s tipalom (ozka paličica) za pomike,
- računalnik s programsko opremo za beleženje vnešene sile in pripadajočega pomika.



Slika 52: Prikaz namestitve opreme za izvedbo nateznega preskusa po korakih (lasten vir, 2015)

Figure 52: Installation of testing equipment for tension test by steps (own source, 2015)

Nameščanje in priprava zgoraj navedene opreme je za vsako posamično sidro potekala po točno določenem zaporedju. Za izvedbo omejenega izvlečnega preskusa posameznega sprijemnega sidra je bilo potrebno izvesti naslednje korake (slika 52):

1. odstranitev zasušene sprijemne mase na betonski površini ter odstranitev vseh drobcev na betonski površini v neposredni bližini sidrne palice,
2. namestitev kovinske ploščice čez sidrno palico za zagotavljanje omejenega izvlečenega preskusa oziroma preprečitev porušitve po betonskem stožcu,
3. namestitev okrogle sidrne ploščice z zunanjim navojem M58,
4. namestitev podloške in privitje matice,
5. namestitev kovinskega stojala za cilinder na kovinsko ploščico,
6. privitje izvlečne palice z adapterjem z notranjim navojem M58 na okroglo sidrno ploščico,
7. namestitev cilindra čez izvlečno palico s pomočjo žerjavnega dvigala,
8. privitje visoke zaključne matice na izvlečno matico nad batom cilindra,
9. namestitev trinožnega stojala z elektronskim merilnikom pomikov,
10. vstavitev tipala skozi merilnik pomikov in skozi izvlečno palico (z votlo sredico) vse do sidrne palice.

Po končani namestitvi vseh sestavnih delov in pripomočkov, ki tvorijo popolno preizkuševalno opremo, smo lahko pričeli s postopkom vnosa izvlečne sile. Le-to smo vnašali s pomočjo komandne plošče, preko katere smo poslali signal za odpiranje ventila v hidravličnem cilindru. Posledično se je bat v cilindru začel pomikati v vertikalni smeri in vnašati natezno silo v preskušano sidro.

Tako cilinder kot merilnik pomikov sta bila povezana z računalnikom, ki je sproti beležil velikost vnešene natezne sile kot tudi pripadajoči vertikalni pomik vrha sidrne palice. Izvlek sidrne palice je po aktivaciji cilindra preko komandne plošče potekal avtomatsko. To pomeni, da je bil prirast sile ali pomika v približno enakih intervalih. Interval oziroma hitrost vnosa obtežbe je skladno z navodili pri izvajanju tovrstnih preskusov potrebno nastaviti tako, da maksimalno oziroma porušno obtežbo dosežemo po približno eni minuti.

Rezultat sprotnega beleženja pomikov in vnešene sile je bil istočasni prikaz diagrama pomikov sidra v vertikalni smeri v odvisnosti od vnešene sile. Ti rezultati so se shranjevali v računalniški obliki v različnih formatih (.xls in .pdf).

Po vnosu maksimalne izvlečne sile smo prenehali z beleženjem oziroma shranjevanjem podatkov in ročno pospešili izvlek sidra, vse dokler le-ta ni bil v celoti izvlečen iz betonske podlage.



Slika 53: V celoti izvlečeno sprijemno sidro (lasten vir, 2015)

Figure 53: Complete pull-out of bonded anchor (own source, 2015)

Nato je sledila demontaža celotne opreme v nasprotnem vrstnem redu od tistega, ki je opisan pri montaži celotne opreme. V povprečju je za izvedbo enega izvlečnega preskusa, vključujoč montažo in demontažo opreme, potrebnih vsaj 10 minut.



Slika 54: Izvajanje izvlečnih preskusov z ustrezno opremo v betonu C50/60 (lasten vir, 2015)

Figure 54: Performing pull-out tests with appropriate equipment on concrete C50/60 (own source, 2015)

V predhodnih poglavjih je bilo predstavljeno število vzorcev, ki smo jih preskušali tako v betonu nizke trdnosti C20/25, betonu visoke trdnosti C50/60 kot tudi glede na dimenzijo sidra (M16 ali M12) in tehnologijo vrtanja. Z zgoraj opisanim postopkom preizkušanja smo izvedli preskuse na vseh 110 vzorcih. Rezultati nateznih preskusov so predstavljeni in analizirani v naslednjem poglavju.

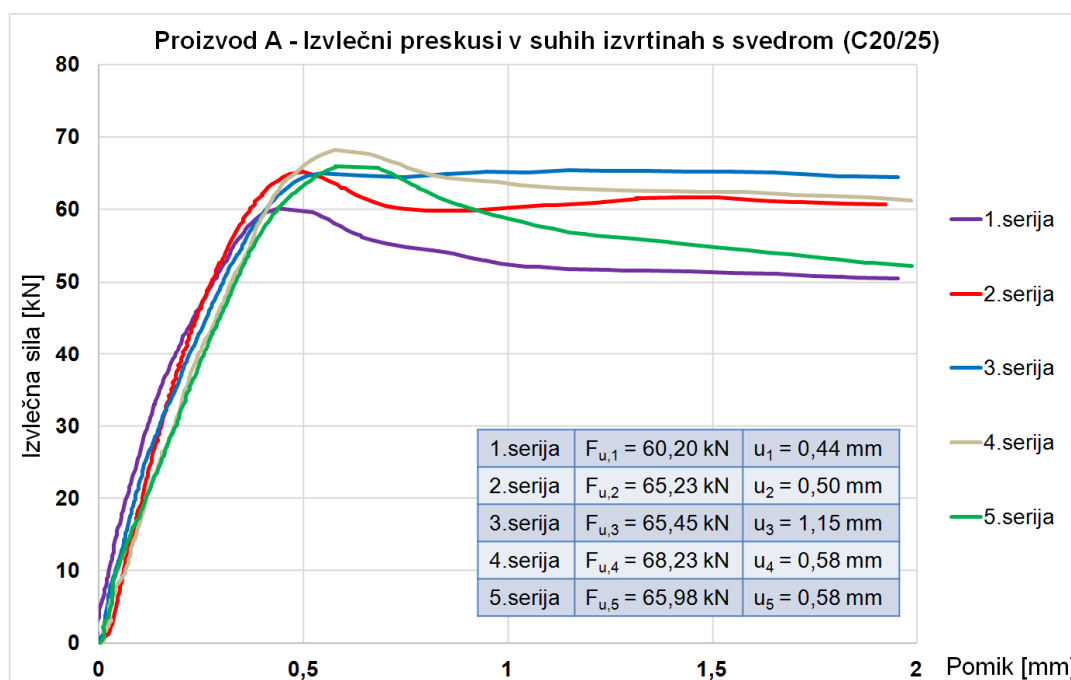
6.1.8 Rezultatov nateznih preskusov sprijemnih sider M16

Kot smo že navedli na začetku tega poglavja, rezultati preskusov ne bodo opremljeni s pripadajočimi nazivi sprijemnih sider, temveč bodo proizvodi označeni z oznakami A, B in C. Osredotočili se bomo torej na vpliv tehnologije vgradnje sprijemnih sider A, B in C na njihovo karakteristično sprijemno trdnost sider τ_{RK} .

Najprej predstavljamo rezultate nateznih preskusov referenčnih sprijemnih sider A, B in C v suhih izvrtinah (brez dodatnega zalivanja z vodo) pripravljenih z vrtnim kladivom v betonu C20/25.

6.1.8.1 Rezultati referenčnih preskusov sprijemnih sider M16 pripravljenih z vrtnim kladivom v suhem betonu C20/25

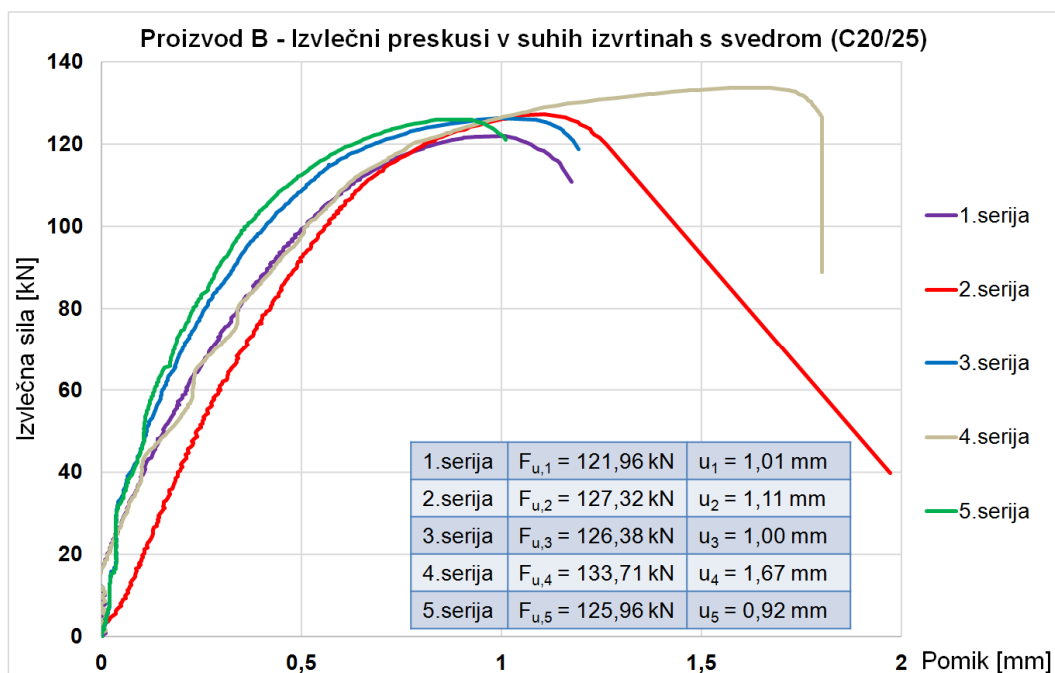
Kot je prikazano v preglednici 1, se je za vsak proizvod (A, B in C) izvedlo po 5 referenčnih omejenih nateznih preskusov s sidri M16. Le-ti so bili izvedeni v izvrtinah, ki predhodno niso bile zalite z vodo.



Slika 55: Ref. izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso A (vrtno kladivo)

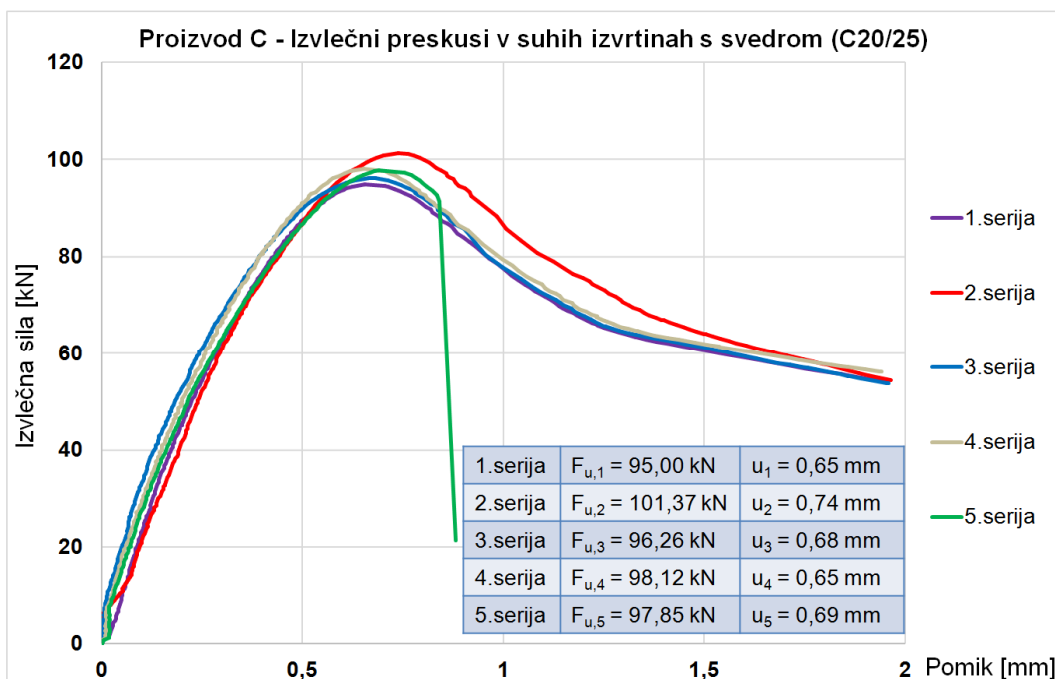
Figure 55: Ref. pull-out tests M16 with bonded anchor A (rotary hammer)

V sliki 55 so združeni diagrami "sila – pomik" vseh petih referenčnih izvlečnih preskusov s sprijemno maso A. Pod krivuljami so v ločeni preglednici za posamično preskusno serijo prikazani še podatki o maksimalni zabeleženi izvlečni sili (F_{u}) in pripadajočem pomiku (u).



Slika 56: Ref. izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso B (vrtalno kladivo)

Figure 56: Ref. pull-out tests M16 with bonded anchor B (rotary hammer)



Slika 57: Ref. izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso C (vrtalno kladivo)

Figure 57: Ref. pull-out tests M16 with bonded anchor C (rotary hammer)

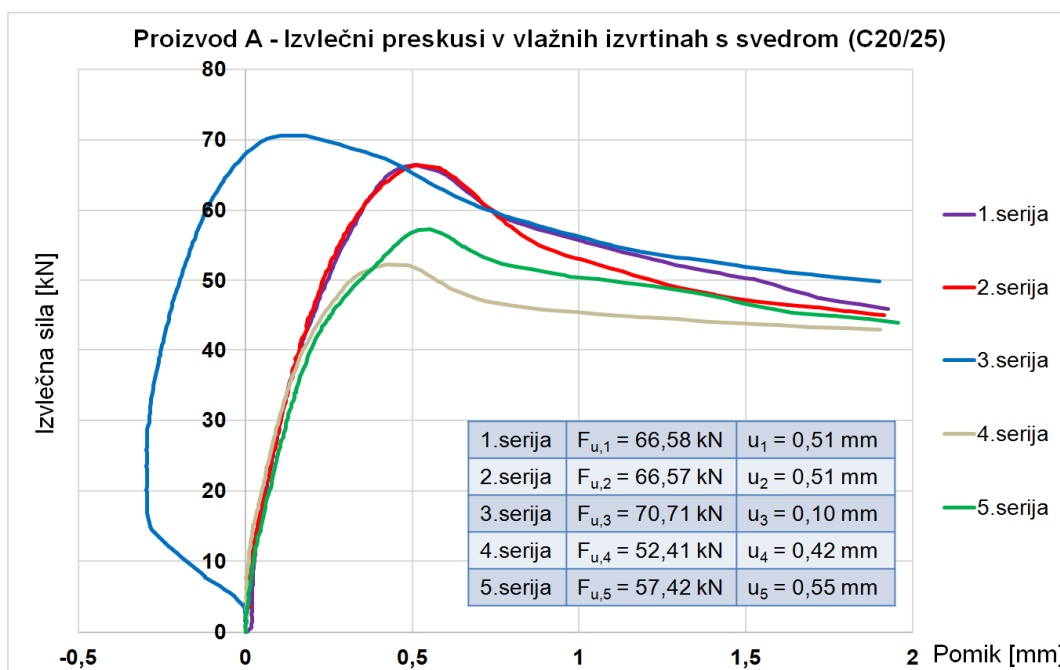
Na diagramih referenčnih preskusov s sprijemno maso B lahko opazimo izrazit padec natezne sile in nenavadne pomike po dosegu maksimalne izvlečne sile. Takšen zapis se je med preskusi pojavljal vedno, ko je po dosegu maksimalne izvlečne sile, prišlo do hipne izgube nosilnosti sidra (popolna izguba sprijemne trdnosti). V tistem trenutku se je med izvajanjem preskusa zaslišal močan pok ob

izvleku sidrne palice. Posledično je tipalo v merilniku pomikov zaradi hipnega pomika sidra, pospešilo in odskočilo ter poskakovalo v vertikalni smeri. Zapis pomikov po hipni izgubi nosilnosti je bil temu primeren (krivulja se je raztezala v horizontalni smeri na širokem območju pri približno enaki sili) oziroma neprimeren za prikaz obnašanja sidra na prikazanem diagramu. Zato smo se določili, da je območje prikaza zapisov zaradi preglednosti omejeno na dogajanje do hipne izgube nosilnosti.

Na podlagi rezultatov referenčnih preskusov opazimo relativno majhen raztros maksimalnih nateznih sil pri istem proizvodu oziroma precej konstanten odziv vzorcev pri istem proizvodu. Slednje je nazorno predstavljeno v preglednici 13 v nadaljevanju, iz katere lahko razberemo, da je koeficient variacije (v) maksimalnih nateznih sil pri vseh proizvodih relativno majhen in se giblje v razponu od 2,5% do 4,5%. Vsem proizvodom je tudi značilno, da je pripadajoči pomik pri porušni obtežbi enak približno 1,0 mm (med 0,5 in 1,3 mm).

6.1.8.2 Rezultati nateznih preskusov sprijemnih sider M16, pripravljenih z vrtnim kladivom v vlažnem betonu C20/25

V nadaljevanju so zbrani rezultati nateznih preskusov sprijemnih sider M16 v izvrtinah pripravljenih z vrtnim kladivom. Te izvrtine so bile, za razliko od referenčnih, naknadno (pred doziranjem sprijemne mase) zalite z vodo po postopku, ki je bil že opisan v razdelku 5.1.5. Tudi ti preskusi so se izvajali v istem betonskem vzorcu nizke trdnosti C20/25 kot predhodni referenčni preskusi.



Slika 58: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso A v vlažnih izvrtinah (vrtno kladivo)

Figure 58: Pull-out tests M16 with bonded anchor A in moist boreholes (rotary hammer)

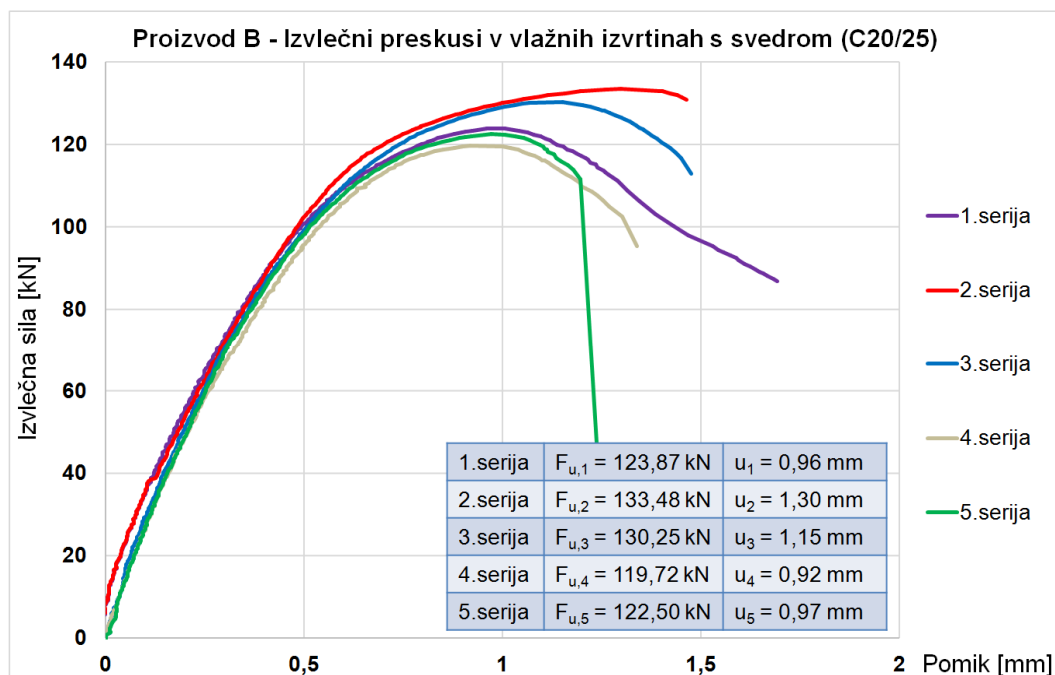
Pri tretjem vzorcu proizvoda A je zaslediti nekoliko nenavadno obnašanje v začetni fazi preskusa glede na zabeležen pomik sidra. Nenavadno je, da je zabeležen negativen pomik (v nasprotni smeri delovanja natezne sile) vzorca. Slednje je posledica nepopolnega naleganja tipala za pomike v trinožnem stojalu. Tipalo očitno pred izvedbo izvleka ni bilo povsem poravnano (vertikalno) in se je posledično, še preden je popolnoma nalegalo na zgornji rob sidrne palice, zagozdilo v izvlečni cevi. Med vnosom natezne sile v vzorec se je tipalo poravnalo in malenkostno (približno 0,3 mm) zdrsnilo v nasprotni smeri delovanja obtežbe. V nadaljevanju je zabeležen pozitiven prirast pomikov. Posledično je tudi pomik, ki je zabeležen v času maksimalne izvlečne sile, neustrezen oziroma za približno 0,3 mm premajhen kot sicer.



Slika 59: Tipalo s stojalom in izvlečno cevjo (lasten vir, 2015)

Figure 59: Sensor with tripod and pull-out hose (own source, 2015)

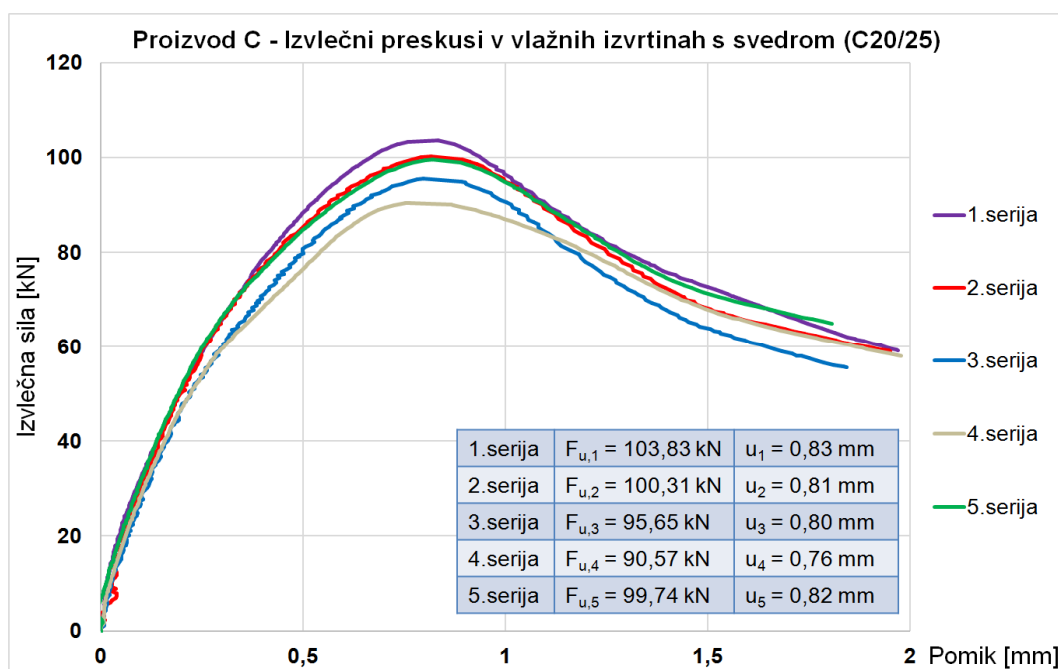
Za razliko od referenčnih preskusov je koeficient variacije (v) maksimalnih izvlečnih sil v vlažnih izvrtinah pri proizvodu A precej večji (sedaj 12,0%, prej 4,5%), kar kaže na večjo občutljivost tega proizvoda na prisotnost vlage kot pri ostalih dveh proizvodih (B in C). Slednje dejstvo je prikazano v preglednici 13, kjer se opazi občutno nižja karakteristična izvlečna sila pri proizvodu A v vlažnih izvrtinah ($F_{5\%} = 37,1$ kN) v primerjavi s suhimi ($F_{5\%} = 55,0$ kN).



Slika 60: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso B v vlažnih izvrtinah (vrtalno kladivo)

Figure 60: Pull-out tests M16 with bonded anchor B in moist boreholes (rotary hammer)

Primerjava povprečnih porušnih nateznih sil ($F_{u,m}$), ki privedejo do porušitve posameznega vzorca, med referenčnimi vzorci v suhem betonu in tistimi v vlažnih izvrtinah pokaže, da vlažnost betona nima bistvenega vpliva na sprijemno trdnost sprijemnih sider pri proizvodih B in C (razvidno v preglednici 13).



Slika 61: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso C v vlažnih izvrtinah (vrtalno kladivo)

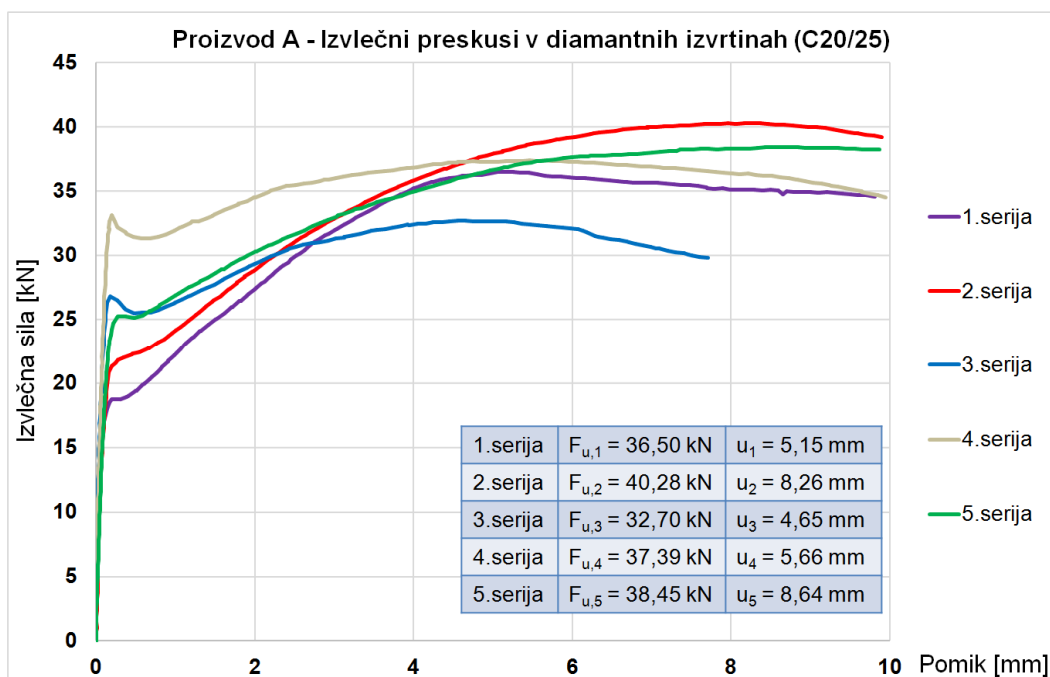
Figure 61: Pull-out tests M16 with bonded anchor C in moist boreholes (rotary hammer)

Izrazita razlika v obliki diagramov pri proizvodu C je posledica dejstva, da je območje zapisa pomikov v vlažnih izvrtinah precej manjše kot območje zapisa pomikov v suhih izvrtinah. Programska oprema, ki beleži pomike in silo preskušanca, namreč samodejno prilagodi območje zapisa v odvisnosti od območja zabeleženih podatkov. Opazimo lahko, da je pri zadnjem zapisu proizvoda C v suhi izvrtini prišlo do poskakovanja merilne palice za pomike, kar je privedlo do izrisa diagrama na precej širšem območju.

6.1.8.3 Rezultati nateznih preskusov sprijemnih sider M16 pripravljenih z diamantnimi kronami v betonu C20/25

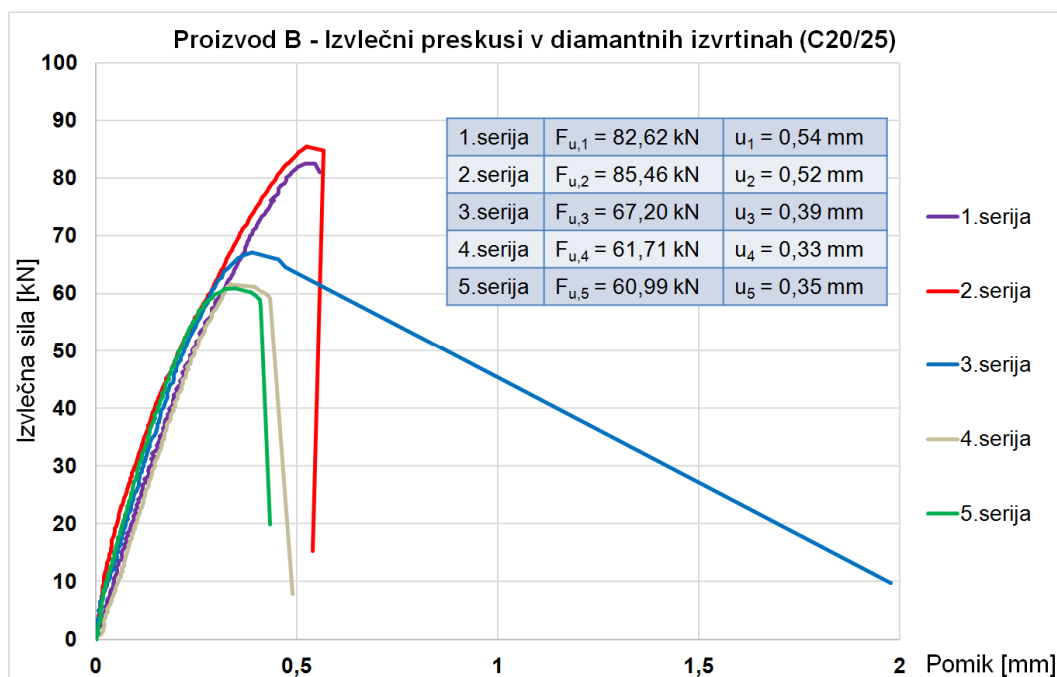
Na slikah 62 - 64 so prikazani diagrami izvlečnih sil s pripadajočimi pomiki za vse tri proizvode (A, B in C) v izvrtinah, ki so bile pripravljene z diamantno tehniko vrtanja. Primerjava porušnih oziroma maksimalnih izvlečnih sil, ki so bile dosežene pri slednjih preskusih z že predstavljenimi rezultati, bo podala odgovor o vplivu tehnike vrtanja na karakteristično sprijemno trdnost sprijemne mase.

Pregled rezultatov pokaže, da so bile maksimalne izvlečne sile dosežene v diamantnih izvrtinah bistveno nižje kot pri uporabi vrtalnega kladiva. Na prvi pogled kaže, da so bile na tem mestu izvlečne sile pri masah A in B skoraj prepolovljene v primerjavi z vrednostmi pri izvrtinah s svedrom. Tudi pri proizvodu C je zaznati občuten padec nosilnosti, ki pa vendarle ni tolikšen kot pri masah A in B. Podrobnejša analiza in primerjava rezultatov je zajeta v poglavju "Analiza rezultatov preskusov".



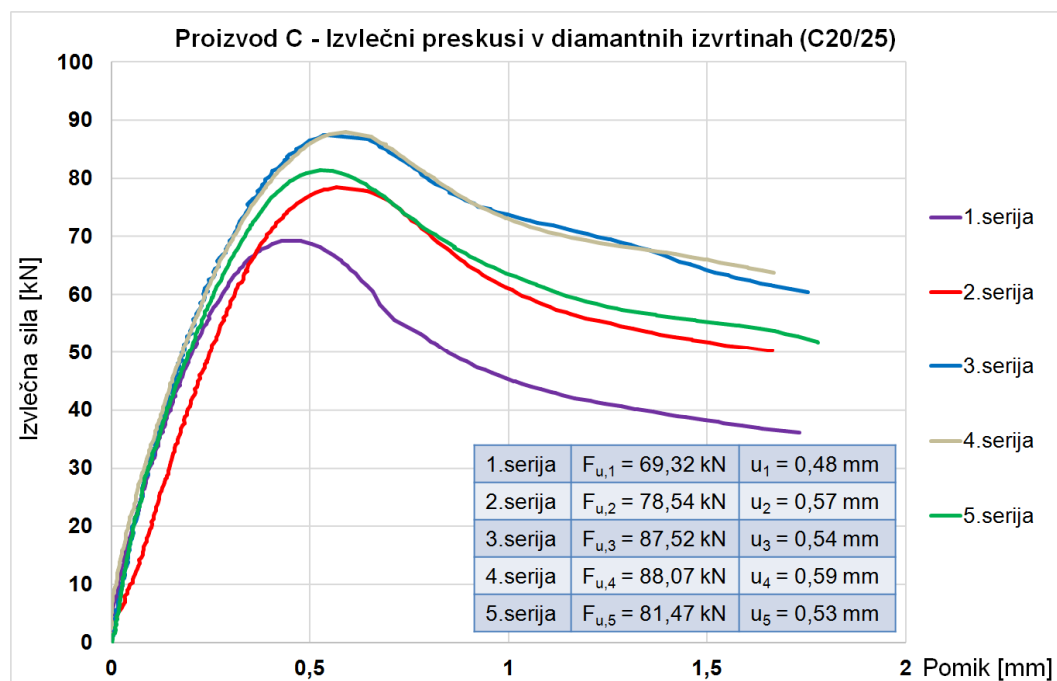
Slika 62: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso A v diamantnih izvrtinah (diamantna krona)

Figure 62: Pull-out tests M16 with bonded anchor A in diamond drilled holes (diamond core bit)



Slika 63: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso B v diamantnih izvrtinah (diamantna krona)

Figure 63: Pull-out tests M16 with bonded anchor B in diamond drilled holes (diamond core bit)



Slika 64: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso C v diamantnih izvrtinah (diamantna krona)

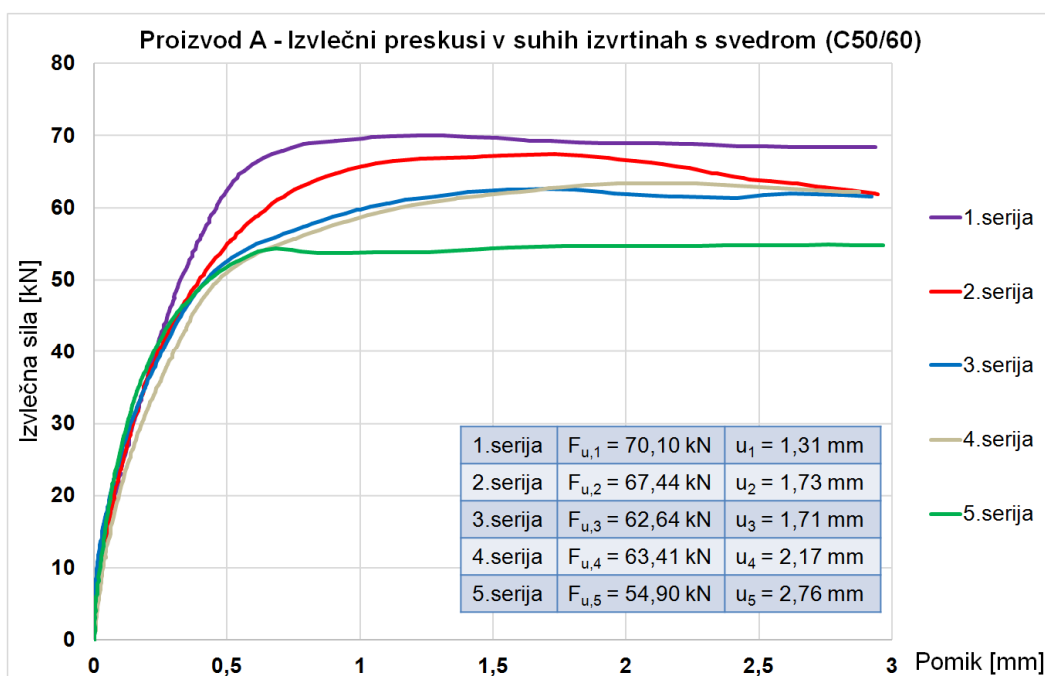
Figure 64: Pull-out tests M16 with bonded anchor C in diamond drilled holes (diamond core bit)

6.1.8.4 Rezultati nateznih preskusov sprijemnih sider M16 pripravljenih z vrtnim kladivom v betonu C50/60

Skladno s preglednico 5.6, v smernici ETAG 001 – del 5, je potrebno izvesti preskuse tudi v betonu višje trdnosti C50/60. V betonu višje trdnosti so bili izvedeni le preskusi v suhih izvrtinah z uporabo vrtnega kladiva in na drugi strani z uporabo diamantne tehnike vrtanja. Preskusov v vlažnih izvrtinah z uporabo udarnega vrtnika se ni izvedlo, ker je bilo že predhodno ugotovljeno, da ni bistvenih razlik v maksimalnih izvlečnih silah med referenčnimi in vlažnimi izvrtinami (razen v raztrosu vrednosti pri proizvodu A).

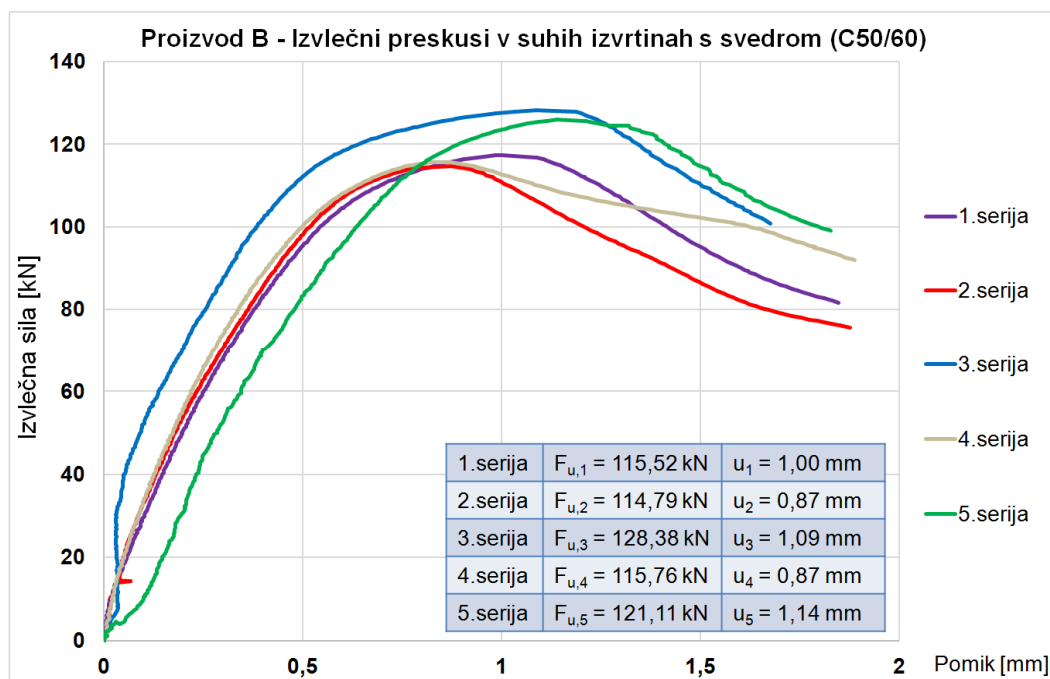
Karakteristična sprijemna trdnost τ_{RK} , je skladno s Tehničnim poročilom TR029 – 5.2.2.3 (2013), odvisna tudi od trdnostnega razreda betona. Nas pa zanima, ali ima tehnika vrtanja tudi pri višji trdnosti betona podoben vpliv kot pri betonu nižje trdnosti C20/25.

Za razliko od preskusov v betonu nižje trdnosti lahko opazimo, da pri betonu višje trdnosti nikjer ni prišlo do hipnega popuščanja nosilnosti in posledičnega poskakovanja merilne palice. Prvi pogled na dosežene porušne sile dajejo vtis, da v betonih višje trdnosti ni zaznati višje sprijemne trdnosti preskušanih mas glede na vrednosti dosežene v betonu C20/25 (prej nasprotno).



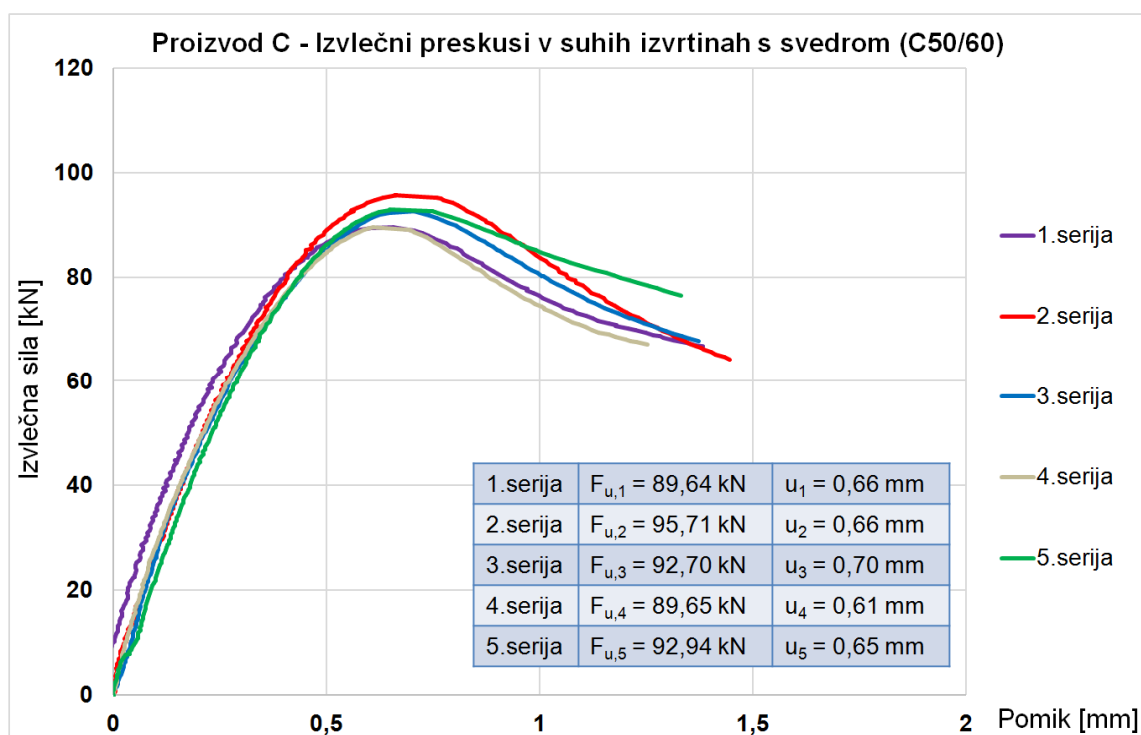
Slika 65: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso A v betonu C50/60 (vrtalno kladivo)

Figure 65: Pull-out tests M16 with bonded anchor A in concrete C50/60 (rotary hammer)



Slika 66: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso B v betonu C50/60 (vrtalno kladivo)

Figure 66: Pull-out tests M16 with bonded anchor B in concrete C50/60 (rotary hammer)



Slika 67: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso C v betonu C50/60 (vrtalno kladivo)

Figure 67: Pull-out tests M16 with bonded anchor C in concrete C50/60 (rotary hammer)

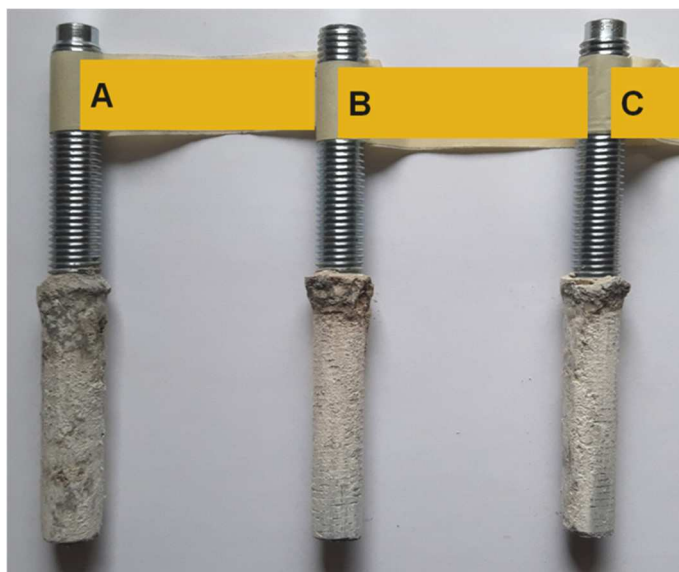
6.1.8.5 Rezultati nateznih preskusov sprijemnih sider M16 pripravljenih z diamantnimi kronami v betonu C50/60

Sledijo rezultati nateznih preskusov sprijemnih sider dimenzije M16 v izvrtinah, pripravljenih z diamantno tehniko vrtanja v betonu visoke trdnosti C50/60.

V betonu nižje trdnosti smo opazili, da je prišlo med izvedbo preskusov, do občutno nižjih porušnih vrednosti izvlečnih sil, ko so se le-ti izvajali v izvrtinah pripravljenih z diamantnimi kronami.

Podobno kot pri betonu C20/25 je tudi pri betonu višje trdnosti prišlo do precejšnjega upada porušne izvlečne sile pri diamantnih izvrtinah v primerjavi z vrednostmi pri uporabi vrtalnega kladiva. Pojavlja pa se še ena podobnost in sicer pri proizvodu C. Pri tej masi namreč ne prihaja do tako izrazitega upada sprijemne trdnosti kot pri proizvodih A in B.

Sliki 68 in 69 prikazujeta porušne vzorce vseh treh proizvodov v klasičnih izvrtinah (s svedrom) in izvrtinah izvrtanih z diamantno tehnologijo vrtanja. Takoj lahko opazimo razliko med vzorci glede na tehnologijo vrtanja. Pri vseh vzorcih na slikah je prišlo do porušitve zaradi izvleka sidra. Kot smo že omenili v uvodnem delu magistrske naloge (poglavje 2.7), pa razlikujemo več porušnih mehanizmov zaradi izvleka sprijemnega sidra (slika 6). Tako so na sliki 68 jasno razvidni porušni mehanizmi, ki nastopijo kot posledica prekoračitve sprijemne trdnosti kemične mase. Pri vseh treh proizvodih je nastopila porušitev na stiku sidrne palice in mase (skladno s sliko 6c).



Slika 68: Porušni vzorci vseh treh proizvodov v betonu C50/60, vrtalno kladivo (lasten vir, 2015)

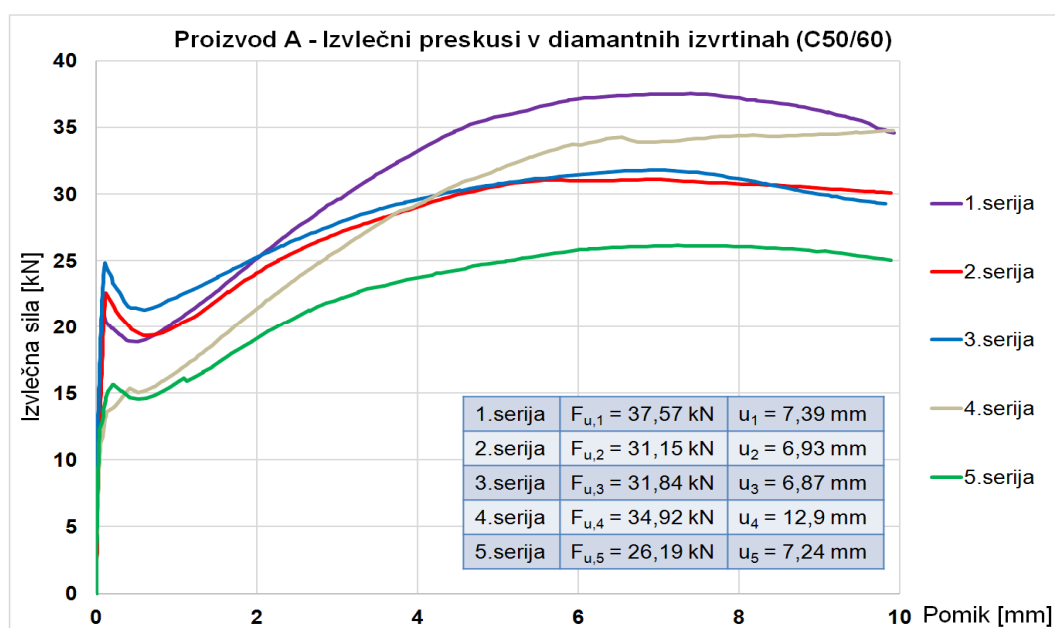
Figure 68: Test samples of all three products in concrete C50/60, rotary hammer (own source, 2105)



Slika 69: Porušni vzorci vseh treh proizvodov v betonu C50/60, diamantna krona (lasten vir, 2015)

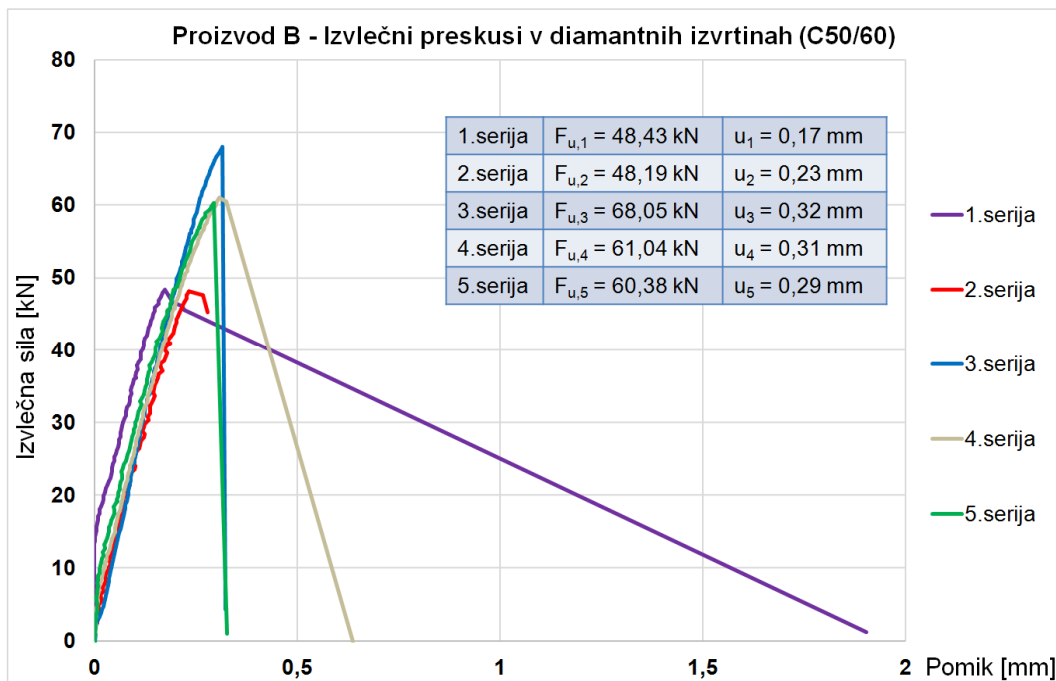
Figure 69: Test samples of all three products in concrete C50/60, diamond core bit (own source, 2015)

Vzorci na sliki 69 so nastali v diamantnih izvrtinah in se med seboj nekoliko razlikujejo po obliki. Opazimo lahko, da vzorec pri proizvodu C nekoliko izstopa od vzorcev A in B. Pri proizvodih A in B je prišlo do očitne porušitve na stiku masa / beton (slika 6b), kar je najverjetneje posledica slabše sprijemne trdnosti pri gladki izvrtini glede na izvrtine s svedom. Proizvod C pa predstavlja kombinacijo porušitev zaradi izvleka (slika 6d), zaradi česar je padec nosilnosti znatno nižji kot pri proizvodih A in B. Posledično lahko sklepamo, da je sestava kemične mase pri proizvodu C bolj primerna za uporabo v diamantnih izvrtinah, ko uporabljamo klasične sidrne palice.



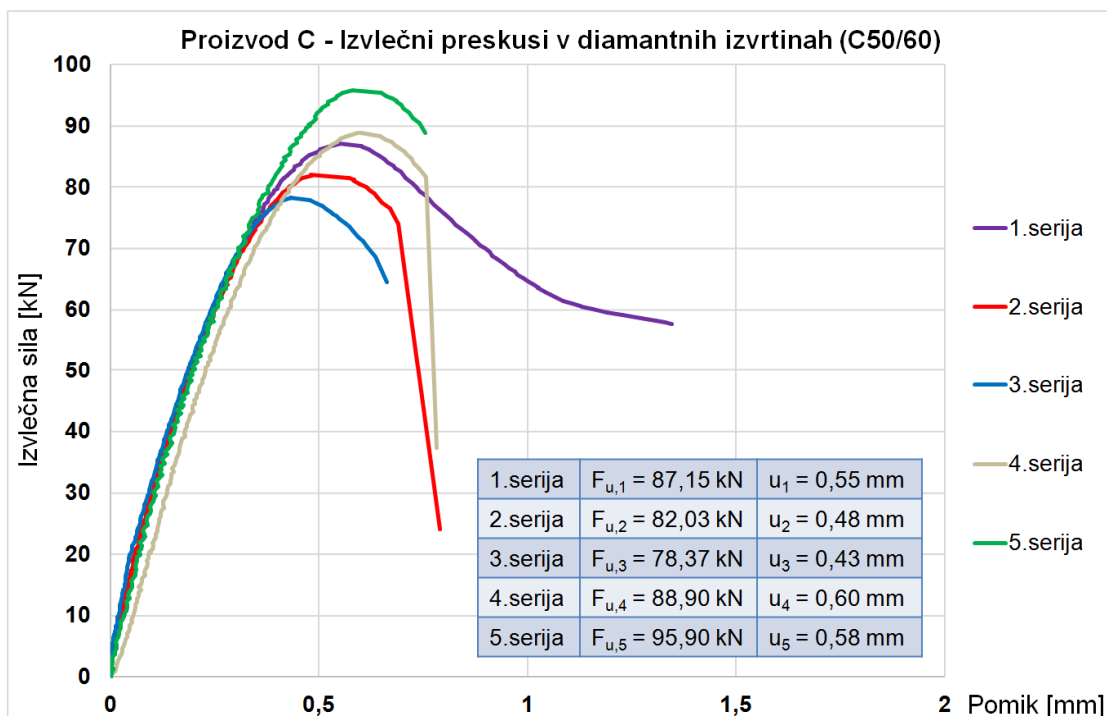
Slika 70: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso A v diamantnih izvrtinah pri betonu C50/60

Figure 70: Pull-out tests M16 with bonded anchor A in diamond drilled holes in concrete C50/60



Slika 71: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso B v diamantnih izvrtinah pri betonu C50/60

Figure 71: Pull-out tests M16 with bonded anchor B in diamond drilled holes in concrete C50/60



Slika 72: Izvlečni preskusi M16 s sprijemno maso C v diamantnih izvrtinah pri betonu C50/60

Figure 72: Pull-out tests M16 with bonded anchor C in diamond drilled holes in concrete C50/60

6.1.9 Analiza rezultatov preskusov sprijemnih sider M16

Za lažji pregled rezultatov izvlečnih preskusov sprijemnih sider M16 v betonu C20/25 in C50/60 so v preglednici 13 podane povprečne porušne izvlečne sile $F_{u,m}$ vsake serije glede na tip betona, maso in tehnologijo vrtanja.

Upoštevajoč smernico ETAG 001 – del 1; 6.0 (a), je karakteristična izvlečna sila F_{Rk} enaka 5% fraktili porušnih obtežb:

$$F_{Rk} = F_{5\%} = F_{u,m} \cdot (1 - k_s \cdot v), \quad (23)$$

pri čemer velja: $n = 5$ preskusov: $k_s = 3,40$
 $n = 10$ preskusov: $k_s = 2,57$

v..... koeficient variacije, ki ga določimo z naslednjim izrazom: $v = \frac{100 \cdot \sigma}{F_{u,m}}$

σ standardni odklon za katerega velja: $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (F_i - F_{u,m})^2}{N-1}}$

V zadnjem stolpcu pri vsakem proizvodu v preglednici 13 so podane karakteristične izvlečne sile F_{Rk} oziroma $F_{5\%}$.

Preglednica 13: Rezultati nateznih izvlečnih preskusov sprijemnih sider dimenzije M16

Table 13: Results of tension pull-out tests of bonded anchors dimension M16

Sidra M16	št.pr.	Beton	Proizvod A					Proizvod B					Proizvod C				
			F_u [kN]	$F_{u,m}$ [kN]	s [kN]	v [%]	$F_{5\%}$ [kN]	F_u [kN]	$F_{u,m}$ [kN]	s [kN]	v [%]	$F_{5\%}$ [kN]	F_u [kN]	$F_{u,m}$ [kN]	s [kN]	v [%]	$F_{5\%}$ [kN]
Ref. preskusi z uporabo vrtnega kladiva (suhe izvrtine)	1	C20/25	60,20	65,02	2,94	4,53	55,01	121,96	127,07	4,24	3,34	112,64	95,00	97,72	2,40	2,46	89,56
	2		65,23					127,32					101,37				
	3		65,45					126,38					96,26				
	4		68,23					133,71					98,12				
	5		65,98					125,96					97,85				
Preskusi z uporabo vrtnega kladiva (vlažne izvrtine)	1	C20/25	66,58	62,74	7,55	12,03	37,07	123,87	125,96	5,71	4,53	106,56	103,83	98,02	5,08	5,18	80,76
	2		66,57					133,48					100,31				
	3		70,71					130,25					95,65				
	4		52,41					119,72					90,57				
	5		57,42					122,50					99,74				
Preskusi z uporabo diamantne krone	1	C20/25	36,50	37,06	2,82	7,60	27,49	82,62	71,60	11,65	16,28	31,97	69,32	80,98	7,67	9,47	54,91
	2		40,28					85,46					78,54				
	3		32,70					67,20					87,52				
	4		37,39					61,71					88,07				
	5		38,45					60,99					81,47				
Preskusi z uporabo vrtnega kladiva (suhe izvrtine)	1	C50/60	70,10	63,70	5,78	9,07	44,05	117,52	120,51	6,28	5,21	99,18	89,64	92,13	2,56	2,78	83,44
	2		67,44					114,79					95,71				
	3		62,64					128,38					92,70				
	4		63,41					115,76					89,65				
	5		54,90					126,11					92,94				
Preskusi z uporabo diamantne krone	1	C50/60	37,57	32,33	4,29	13,26	17,76	48,43	57,22	8,67	15,15	27,74	87,15	86,47	6,72	7,77	63,62
	2		31,15					48,19					82,03				
	3		31,84					68,05					78,37				
	4		34,92					61,04					88,90				
	5		26,19					60,38					95,90				

Opaziti je, da se povprečne vrednosti porušnih izvlečnih sil $F_{u,m}$ pri referenčnih preskusih v suhih izvrtinah in pri preskusih z uporabo vrtalnega kladiva v vlažnih izvrtinah (beton C20/25), skorajda ne razlikujejo oziroma so si zelo podobne. Hkrati pa je karakteristična izvlečna sila $F_{5\%}$ v vlažnih izvrtinah vendarle nižja zaradi večjega odklona oziroma razpršenosti meritev v vlažnih izvrtinah. Slednje dejstvo je, kot smo že omenili, najbolj očitno pri proizvodu A. Omenimo lahko, da so se pri vseh vzorcih (M16) pri klasični tehnologiji vrtanja (sveder), ne glede na vlažnost izvrtine, aktivirali podobni porušni mehanizmi, t.j. porušitev po stiku sidrna palica / kemična masa.

Nekoliko preseneča podatek, da so bile zabeležene nižje natezne nosilnosti pri betonih višje trdnosti. Glede na enak postopek vgradnje sprijemnih sider in enako globino sidranja tako pri betonih C20/25 kot pri C50/60 bi pričakovali, da bodo nosilnosti zelo podobne ali celo boljše. Kot smo že zapisali v poglavju 2.8 pa so Eligehausen, Mallée in Silva (2006) ugotovili, da za večino proizvodov velja, da zaradi bolj gladkih sten izvrtine pri betonih višje trdnosti in pogostejšega pojava porušitve na stiku palica / masa pri takšnih betonih, ne moremo pričakovati višje sprijemne trdnosti. K nižjim vrednostim v betonu C50/60 sta torej lahko v največji meri pripomogla bolj gladka izvrtina in sorazmerno majhen vzorec meritev (5 preskusov).

Precej nižja, v primerjavi z izvrtinami z vrtalnim kladivom, pa je karakteristična izvlečna sila sprijemnih sider $F_{5\%}$, ki so bila vgrajena z diamantno tehniko vrtanja. Diagrami na slikah 73 in 74 nazorno prikazujejo razmerje med karakteristično sprijemno trdnostjo τ_{Rk} sprijemnih sider v suhih izvrtinah z uporabo vrtalnega kladiva in tistih, ki so vgrajeni s pomočjo diamantne tehnike vrtanja.

Karakteristično sprijemno trdnostjo τ_{Rk} sprijemnih sider se določi s pomočjo enačbe iz smernice ETAG 001 – Del 5; 6.1.2.2.1(a), kjer je navedena porušna sprijemna trdnost:

$$\tau_{Ru,\alpha}^i = \alpha_{setup} \frac{N_u^i(C20/25)}{\pi \cdot d \cdot h_{ef}} \quad (10)$$

kjer velja:

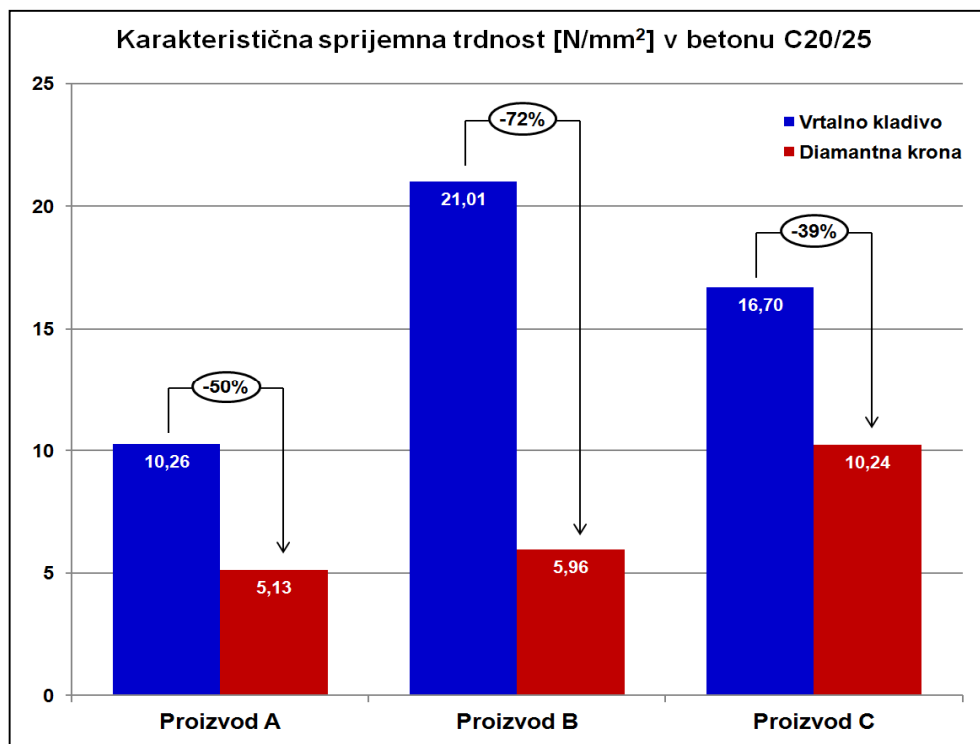
α_{setup} = 1,0; če so preskusi izvedeni kot neomejeni preskusi (ETAG 001 – del 5; 5.0),
= 0,75; preskusi v nerazpokanem betonu so izvedeni kot omejeni preskusi,
= 0,70; preskusi v razpokanem betonu so izvedeni kot omejeni preskusi,

τ_{Ru}^i = sprijemna trdnost sidra s premerom d pri nateznem preskusu v i -ti seriji,

$N_u^i(C20/25)$ = maksimalna obtežba sidra s premerom d pri nateznem preskusu v i -ti seriji pretvorjena na trdnost betona C20/25 skladno z delom 1; 6.0(b),

d = premer vgrajenega dela sidra,

h_{ef} = globina sidranja.



Slika 73: Vpliv tehnike vrtanja na zmanjšanje karakteristične sprijemne trdnosti v betonu C20/25

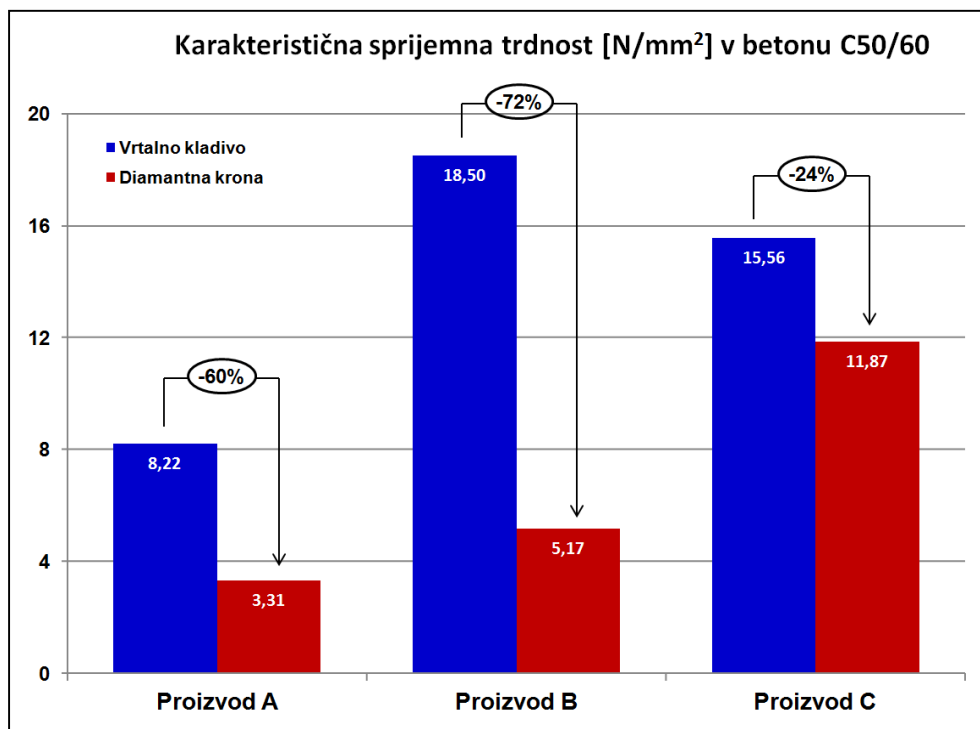
Figure 73: Influence of drilling technique upon the decrease of characteristic bond strength in concrete C20/25

V kolikor se namesto porušne (maksimalne) izvlečne sile N_u uporabi karakteristična izvlečna sila F_{Rk} , potem se tako določi karakteristično sprijemno trdnost τ_{Rk} .

$$\tau_{Rk,\alpha} = \alpha_{setup} \frac{F_{Rk}(C20/25)}{\pi \cdot d \cdot h_{ef}} \quad (32)$$

Dejstvo, da se pri določanju karakterističnih vrednosti upošteva standardni odklon zabeleženih meritev, pripelje do drastičnega pada karakteristične sprijemne trdnosti, ko se preskušena sprijemna sidra vgrajujejo z diamantno tehniko vrtanja. Precejšen raztros oziroma variacija porušnih izvlečnih sil v diamantnih izvrtinah namreč pomeni še dodaten padec sprijemne trdnosti v primerjavi s povprečnimi vrednostmi.

Na podlagi ovrednotenih rezultatov meritev in določenih karakterističnih sprijemnih trdnosti τ_{Rk} je bilo dokazano, da ima tehnika vrtanja precejšen vpliv na obnašanje oziroma sprijemno trdnost preskušanih sider. Nekatere izmed preskušanih mas so na tehniko vrtanja bolj občutljive kot druge, vsem pa je skupno, da ima tehnika vrtanja precejšen vpliv na njihovo karakteristično sprijemno trdnost. Proizvod C je očitno med preskušanimi proizvodi še najmanj občutljiv na izbiro tehnike vrtanja, čeprav se tudi pri njem redukcija sprijemne trdnosti v betonu C20/25 giblje blizu 40%. Dokaj presenetljiv pa je padec sprijemne trdnosti pri proizvodu B, kjer le ta znaša kar 72%!



Slika 74: Vpliv tehnike vrtanja na karakteristično sprijemno trdnost v betonu C50/60

Figure 74: Decrease of characteristic bond strength at diamond drilling technique in concrete C50/60

Tudi pri preskusih v betonu višje trdnosti je opaziti velik padec karakteristične sprijemne trdnosti preskušanih mas. Manjši padec τ_{RK} v betonu višje trdnosti kot pri C20/25, pri proizvodu C, je predvsem posledica manjše razpršenosti (variacije v) zabeleženih porušnih meritev. V splošnem pa rezultati v betonu višje trdnosti kažejo podobno obnašanje in padce nosilnosti sprijemnih sider kot pri C20/25.

Očitno je torej, da večina izvajalcev na naših gradbiščih uporablja sprijemna sidra, ki se jim karakteristična sprijemna trdnost pri uporabi diamantne tehnike vrtanja izvrtin precej zniža (proizvod A in B). Spet drugi proizvodi pa so na opisano tehniko vgradnje občutljivi v nekoliko manjši meri (proizvod C). Kemična sestava mase ima pri slednjem vsekakor ključen pomen. Nekatere mase se očitno bolje prilepijo na precej bolj gladko betonsko površino kot druge. Zato je še enkrat nujno upoštevati navodila proizvajalcev sprijemnih sider in sidra vgrajevati skladno z njihovimi navodili in s tehniko vrtanja, ki je bila za izbrani proizvod odobrena (vsebinska ETA soglasja).

6.1.10 Rezultati izvlečnih preskusov v vogalu

Vogali betonskih vzorcev (plošč) so se izkoristili za izvedbo izvlečnih preskusov sprijemnih sider na teh mestih. S slednjimi preskusi se namreč skladno z ETAG 001 – del 1; 6.1.2.2.4, določi oziroma potrdi kritični odmik od roba betona pri porušitvi zaradi razcepa betona $c_{cr,sp}$. Glede na dejstvo, da so

za izbrane proizvode te vrednosti že podane pri vrtanju z uporabo vrtalnega kladiva, je bilo ob tej priložnosti smiselno preveriti morebitni neugodni vpliv podanih kritičnih odmikov od roba betona na sprijemno trdnost pri uporabi diamantne tehnike vrtanja. Pričakovati je namreč, da so kritični odmiki od roba pri diamantnih izvrtinah manjši, ker je sprijemna trdnost nižja v takšnih izvrtinah bližja od izvrtin s svedrom. Slednje smo dokazali v prejšnjem poglavju.

Morebitna razcepna porušitev betona v vogalu (namesto izvleka) bi pomenila, da diamantna tehnologija vrtanja zahteva večje kritične odmike od roba $c_{cr,sp}$ glede na odmike pri uporabi klasičnih vrtalnih kladiv. To bi namreč pomenilo, da je sidro vgrajeno preblizu roba in da je kritični odmik za razcep betona $c_{cr,sp}$ manjši od upoštevanega.

V kolikor diamantna tehnika vrtanja nima neugodnega vpliva na sprijemno trdnost sider vgrajenih na kritičnih odmikih od roba betona, potem morajo biti porušne izvlečne sile teh sider podobne tistim, ki so bili preskušani brez vpliva roba betona (z uporabo diamantnih kron).

Preskusi v vogalu betonskih elementov so se torej izvajali s sidri M16, efektivno globino sidranja 80 mm in z odmikom od roba betona, ki je bil pri vseh proizvodih kar enak globini sidranja, t.j. $c_{cr,sp} = h_{ef} = 80$ mm (velja kadar je debelina betonskega elementa vsaj enkrat večja od globine sidranja (ETA soglasje)). Tudi ti preskusi so se izvajali kot omejeni v betonu trdnostnega razreda C20/25.

Preskusi so se zaradi omejenega števila betonskih vzorcev in vogalov posledično izvedli v manjših količinah in le pri proizvodu B in C (pri vsakem proizvodu sta se preizkušala 2 vzorca tako pri diamantni tehniki vrtanja kot pri uporabi svedra – skupaj 8 preskusov).

Preglednica 14 prikazuje rezultate izvlečnih preskusov v polju in in v vogalu pri proizvodu B in C. Prikazana je primerjava povprečnih vrednosti porušnih izvlečnih sil $F_{u,m}$. Nekaj nižje povprečne izvlečne sile v vogalu pri diamantni tehniki vrtanja gre pripisati dejstvu, da sta se preizkušala le dva vzorca (manjši vzorec), medtem ko se je pri preskusih v poljih preskušalo 5 vzorcev.



Slika 75: Vgradnja in izvedba izvlečnih preskusov na vogalu v betonu C20/25 (lasten vir, 2015)

Figure 75: Installation and realization of corner tension tests in concrete C20/25 (own source, 2015)

Dejstvo je, da pri diamantni tehniki vrtnja, tako pri proizvodu B in C, ni prišlo do razcepne porušitve betona pri preskusi v vogalu, temveč do izvleka sprijemnih sider. To pomeni, da diamantna tehnika vrtnja ne zahteva večjih kritičnih odmikov od roba $c_{cr,sp}$ glede na zahteve oziroma odmike pri uporabi klasičnih vrtnih kladiv.

Preglednica 14: Rezultati izvlečnih preskusov sprijemnih sider dimenzije M16 v polju in v vogalu

Table 14: Results of tension tests with bonded anchors dimension M16 in field and in corner

Sidra M16		Št.pr.	Beton	Proizvod B		Proizvod C	
				F_u [kN]	$F_{u,m}$ [kN]	F_u [kN]	$F_{u,m}$ [kN]
Preskusi v polju	Vrtalno kladivo (suhe izvrtine)	1	C20/25	121,96	127,07	95,00	97,72
		2		127,32		101,37	
		3		126,38		96,26	
		4		133,71		98,12	
		5		125,96		97,85	
	Diamantna krona	1	C20/25	82,62	71,60	69,32	80,98
		2		85,46		78,54	
		3		67,20		87,52	
		4		61,71		88,07	
		5		60,99		81,47	
Preskusi v vogalu	Vrtalno kladivo (suhe izvrtine)	1	C20/25	104,67	102,84	94,52	95,52
		2		101,01		96,52	
	Diamantna krona	1	C20/25	64,86	64,46	67,30	68,33
		2		64,06		69,35	

Kot zanimivost velja omeniti, da je pri proizvodni B prišlo, pri preskusih v vogalu, do razcepa betona pri uporabi vrtnega kladiva (slika 76). Posledično sta bili doseženi občutno nižji povprečni porušni izvlečni sili (19%) v primerjavi s preskusi v polju. Ker sta bila izvedena le 2 preskusa, sodimo, da bi za potrditev opaženega obnašanja potrebovali večje število preskusov.



Slika 76: Razcep betona pri izvedbi izvlečnih preskusov v vogalu betona C20/25 (lasten vir, 2015)

Figure 76: Splitting failure at tension tests in the corner of concrete member C20/25 (own source, 2015)

V kolikor bi do podobnih porušnih mehanizmov (razcep betona) prišlo tudi pri preskusih z uporabo diamantne tehnike vrtnja v vogalu, bi bilo potrebno na novo določiti kritične odmike od roba betona. Ker pa do tovrstnih porušitev ni prišlo, lahko trdimo, da lahko pri diamantni tehniki vrtnja upoštevamo kritične odmike od roba betona zaradi razcepa betona, ki so navedeni v ETA soglasjih za vrtnje z vrtnimi kladivi. Slednje je nenazadnje povsem razumljivo ob dejstvu, da so porušne izvlečne sile (in posledično prijemne trdnosti) pri diamantni tehniki vrtnja občutno nižje in bi potem takem do razcepa betona v vogalu morale priti le pri večji globini sidranja in enakem odkliku od roba, ko bi v beton lahko vnesli občutno višjo oziroma vsaj enako izvlečno silo kot pri udarni tehniki vrtnja.

6.1.11 Rezultati kontrolnih nateznih preskusov prijemnih sider M12

Kontrolni izvlečni preskusi s sidri dimenzije M12 so se izvedli z namenom, da bi dodatno potrdili zaključke analize rezultatov primarnih meritev s sidri dimenzije M16. Pričakovati je namreč, da sprememba dimenzije preskušanih sider ne bi smela bistveno vplivati na ugotovitve o znižanju karakteristične prijemne trdnosti sider t_{Rk} , pri vgradnji z diamantno tehnologijo vrtnja.

Kontrolni preskusi s sidri M12 so se izvedli le v betonu C20/25 in sicer po trije preskusi z vsakim proizvodom in z obema tehnikama vrtanja (vrtalno kladivo v vlažnih izvrtinah in z diamantnim vrtanjem). Skupaj se je torej izvedlo izvlečne preskuse na 18-ih sprijemnih sidrih dimenzije M12.

V poglavju 5.1.4.2 je navedeno, da se diamantne izvrtine za sidrne palice M12 niso očistile po postopku, ki je opisan za vgradnjo epoksi mase HIT-RE 500 v diamantne izvrtine in ki je bil uporabljen pri vgradnji sider M16. Po vrtanju izvrtin premera 14 mm, z uporabo diamantne krone za sidra M12, se je iz teh izvrtin voda, ki je ostala v njih po postopku vrtanja, le izsesala. Po odstranjevanju te vode se je postopek čiščenja teh izvrtin namreč končal.

Slednja odločitev, da se izvrtine za sidra M12, ne čistijo po enakem postopku, kot je bil izpeljan pri sidrih M16, temelji na lastnem prepričanju, da so izvrtine po postopku diamantnega vrtanja zadosti čiste nečistoč oziroma prašnih delcev, ki bi lahko vplivali na sprijemno trdnost. Na videz so bile tovrstne izvrtine dokaj gladke, voda v njih pa razmeroma bistra.

O vplivu postopka čiščenja izvrtin na sprijemno trdnost sider vgrajenih z diamantno tehniko vrtanja se lahko prepričamo na podlagi rezultatov meritev izvlečnih preskusov, ki so podani v nadaljevanju.



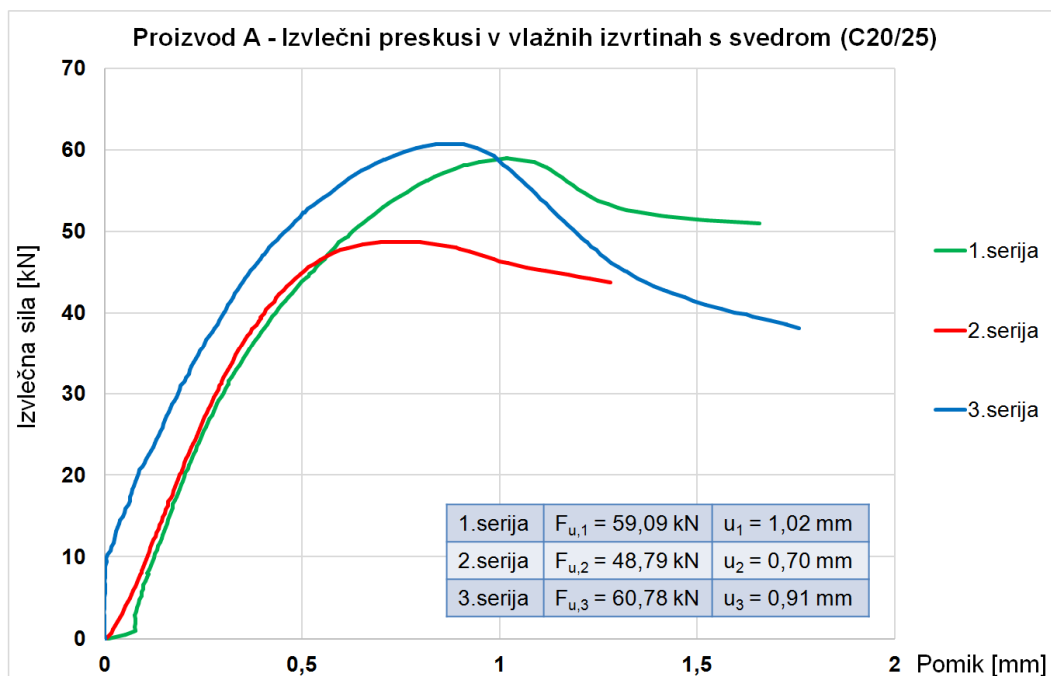
Slika 77: Izvlečni preskusi s sidri M12 v betonu C20/25 (lasten vir, 2015)

Figure 77: Pull-out tests with M12 anchors in concrete C20/25 (own source, 2015)

6.1.11.1 Rezultati nateznih preskusov sprijemnih sider M12 pripravljenih z vrtalnim kladivom v vlažnem betonu C20/25

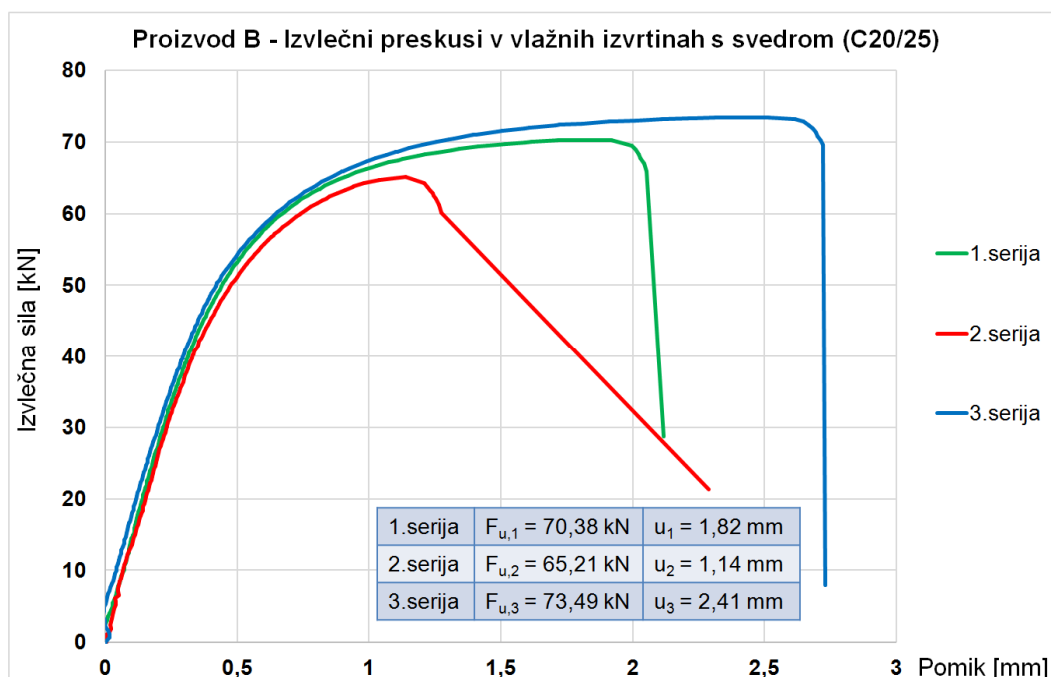
Podobno kot so bili predstavljeni rezultati izvlečnih preskusov sprijemnih sider M16, predstavljamo v nadaljevanju diagrame izvlečnih preskusov sprijemnih sider M12 z efektivno globino sidranja 70 mm.

Najprej so zbrani rezultati nateznih preskusov sprijemnih sider M12 v izvrtinah pripravljenih z vrtalnim kladivom. Te izvrtine so bile naknadno (pred doziranjem sprijemne mase) zalite z vodo po postopku, ki je bil že opisan (5.1.5).



Slika 78: Izvlečni preskusi M12 s sprijemno maso A v vlažnih izvrtinah (vrtalno kladivo)

Figure 78: Pull-out tests M12 with bonded anchor A in moist boreholes (rotary hammer)

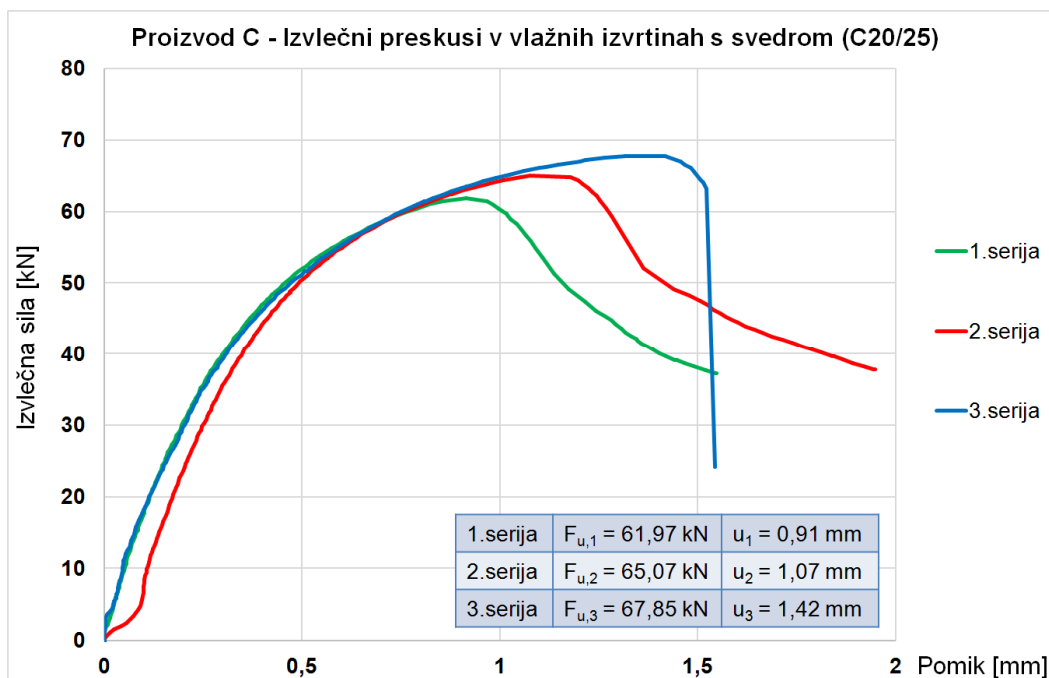


Slika 79: Izvlečni preskusi M12 s sprijemno maso B v vlažnih izvrtinah (vrtalno kladivo)

Figure 79: Pull-out tests M12 with bonded anchor B in moist boreholes (rotary hammer)

Opaziti je, da je oblika diagramov enakih proizvodov tako pri dimenziji M12 kot pri M16 zelo podobna. Pri proizvodu B se zopet pojavi hipen izvek sidra, ki povzroči odskakovanje merilne palice.

Prav tako je razvidno, da je pri proizvodih B in C razlika v doseženih porušnih izvlečnih silah, ko primerjamo M16 in M12, precej očitna, medtem ko ta razlika pri proizvodu A niti ni tako velika. Slednje dejstvo je značilno za proizvode z nižjo sprijemno trdnostjo pri majhnih globinah sidranja.

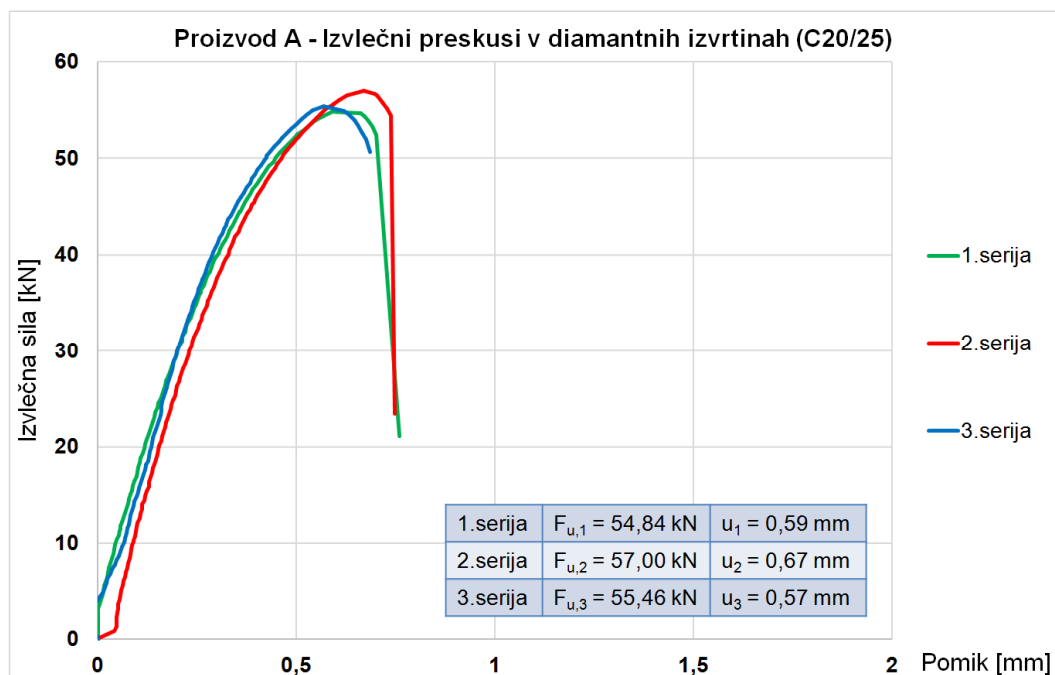


Slika 80: Izvlečni preskusi M12 s sprijemno maso C v vlažnih izvrtinah (vrtalno kladivo)

Figure 80: Pull-out tests M12 with bonded anchor C in moist boreholes (rotary hammer)

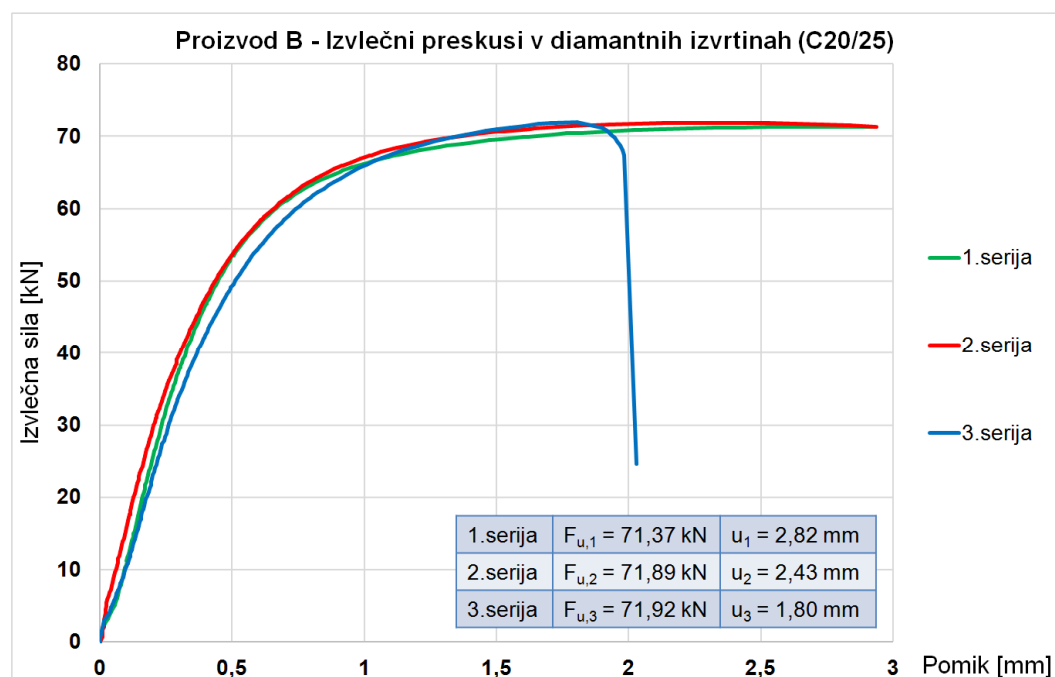
6.1.11.2 Rezultati nateznih preskusov sprijemnih sider M12 pripravljenih z diamantnimi kronami v betonu C20/25

Diagrami, prikazani na slikah 81-83, prikazujejo rezultate izvlečnih preskusov, ki so bili izvedeni s sidri M12 v izvrtinah, ki so bile izvrtane z diamantno krono in kjer so bile izvrtine očiščene le tako, da se je voda, ki je ostala v njih, samo izsesala z uporabo že omenjenega vodnega sesalnika in nastavka.



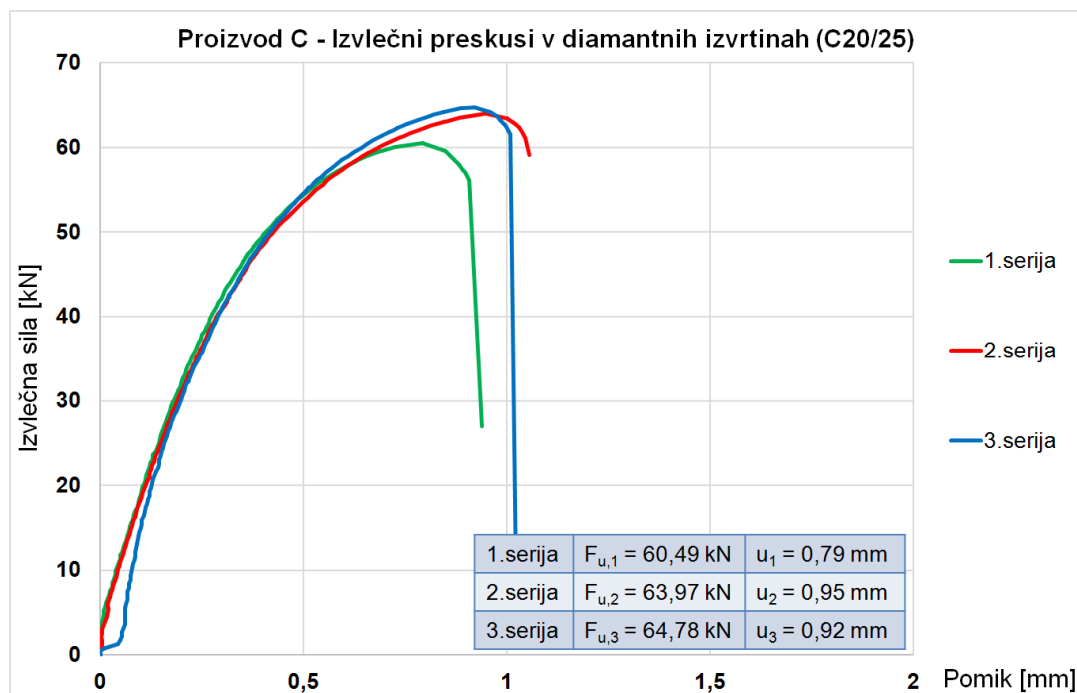
Slika 81: Izvlečni preskusi M12 s sprijemno maso A v diamantnih izvrtinah

Figure 81: Pull-out tests M12 with bonded anchor A in diamond drilled holes



Slika 82: Izvlečni preskusi M12 s sprijemno maso B v diamantnih izvrtinah

Figure 82: Pull-out tests M12 with bonded anchor B in diamond drilled holes



Slika 83: Izvlečni preskusi M12 s sprijemno maso C v diamantnih izvrtinah

Figure 83: Pull-out tests M12 with bonded anchor C in diamond drilled holes

Glede na izkušnje s sidri M16 je bilo pričakovati, da bo tudi pri sprijemnih sidrih dimenzije M12 prišlo do občutnega znižanja karakteristične sprijemne trdnosti zaradi diamantne tehnike vrtanja.

Pogled na diagrame, ki prikazujejo potek izvlečnih sil pri sidrih M12, prikazuje presenetljive odzive teh sprijemnih sider. Za razliko od rezultatov pri sidrih M16 je opaziti, da diamantna tehnika vrtanja pri sidrih M12 praktično ni povzročila padca porušnih izvlečnih sil obravnavanih sider v primerjavi z rezultati pri vrtanju z uporabo vrtalnega kladiva! Domnevni razlogi za takšno obnašanje sider M12 so opisani v razdelku 5.1.12.

6.1.12 Analiza rezultatov preskusov sprijemnih sider M12

Podroben pregled rezultatov izvlečnih preskusov sprijemnih sider M12 v preglednici 15 potrjuje ugotovitev, da so povprečne vrednosti porušnih izvlečnih sil sprijemnih sider $F_{u,m}$ v diamantnih izvrtinah zelo podobne tistim v izvrtinah pripravljenih z udarnim vrtalnikom.

Nekoliko preseneča tudi relativno majhen standardni odklon zabeleženih porušnih izvlečnih sil v izvrtinah, pripravljenih z diamantno tehniko. Slednje dejstvo vodi posledično k relativno višji "karakteristični" izvlečni sili $F_{5\%}^*$ sprijemnih sider M12 pri vrtanju izvrtin z diamantno krono.

Poudariti velja, da vrednosti $F_{5\%}^*$ niso povsem pravilne, ker so bile določene z enačbo 10, kjer je upoštevan k_s faktor, ki načeloma velja za 5 meritev.

Preglednica 15: Rezultati izvlečnih preskusov sprijemnih sider dimenzije M12

Table 15: Results of tension tests with bonded anchors dimension M12

Sidra M12	Št.pr.	Beton	Proizvod A					Proizvod B					Proizvod C				
			F_u [kN]	$F_{u,m}$ [kN]	s [kN]	v [%]	$F_{5\%}^*$ [kN]	F_u [kN]	$F_{u,m}$ [kN]	s [kN]	v [%]	$F_{5\%}^*$ [kN]	F_u [kN]	$F_{u,m}$ [kN]	s [kN]	v [%]	$F_{5\%}^*$ [kN]
Preskusi z uporabo vrtalnega kladiva (vlažne izvrtine)	1	C20/25	59,09	56,22	6,49	11,54	34,15	70,38	69,69	4,18	6,00	55,47	61,97	64,96	2,94	4,53	54,96
	2		48,79					65,21					67,85				
	3		60,78					73,49					67,85				
Preskusi z uporabo diamantne krone	1	C20/25	54,84	55,77	1,11	1,99	51,99	71,37	71,73	0,31	0,43	70,68	60,49	63,08	2,28	3,61	55,33
	2		57,00					71,89					63,97				
	3		55,46					71,92					64,78				

Ne glede na slednjo ugotovitev lahko zaključimo, da zabeleženi rezultati izvlečnih preskusov sprijemnih sider M12, ne kažejo tako drastičnega padca sprijemne trdnosti preskušanih sprijemnih mas, kot je bilo to ugotovljeno pri sidrih M16. Ravno nasprotno, rezultati meritev so pokazali, da praktično ni možno govoriti o padcu sprijemne trdnosti zaradi diamantne tehnike vrtanja.

Domnevamo lahko, da je razlog za ohranjanje sprijemne trdnosti vseh obravnavanih proizvodov pri sidrih M12, po vsej verjetnosti v načinu čiščenja diamantno izvrtanih izvrtin. Kot kaže, je za obravnavane mase v diamantnih izvrtinah bolj ugodno, da se plašč izvrtine ne očisti oziroma izpere na način, kot je to predvideno pri epoksi masi Hilti HIT-RE 500.



Slika 84: Porušni vzorci M12 sider vgrajenih z diamantno tehnologijo vrtanja (lasten vir, 2015)

Figure 84: Testing samples of M12 anchors installed with diamond drilling technology (own source, 2015)

Očitno imajo drobci betona oziroma usedline, ki se naberejo po obodu izvrtin pri diamantnem vrtanju pomemben in presenetljivo ugoden vpliv na sprijemno trdnost obravnavanih mas. Slednje usedline očitno ohranjajo nekoliko bolj hrapavo površino po obodu izvrtine, kar je, za sprijetje obravnavanih mas z betonsko podlago oziroma obodom izvrtine, ključnega pomena. Na sliki 84 je razvidno, da se porušni vzorci M12 sider razlikujejo od M16 (slika 69, vzorca A in B) sider vgrajenih z diamantno tehnologijo vrtanja. Pri M12 sidrih namreč ni prišlo do porušitve na stiku kemična masa / beton temveč do porušitve po stiku sidrna palica / kemična masa, ki se je pri M16 in M12 sidrih pojavila pri izvrtinah pripravljenih z vrtalnim kladivom.

Za potrditev te domneve bi bilo potrebno izvesti dodatne preiskave. V vsakem primeru pa je pri obravnavanih proizvodih očitno bolj primerno, da se izvrtin, pripravljenih z diamantno tehniko vrtanja, ne izpira, krtači in izpihuje: oziroma da zadošča le ustrezna odstranitev (odsesanje) stoječe vode, ki je v izvrtini ostala kot posledica vodnega hlajenja diamantne krone.

7 ZAKLJUČKI

7.1 Predstavitev zaključkov

Analiza trga sprijemnih sider med uporabniki tovrstnih proizvodov na slovenskih gradbiščih kaže nezanemarljiv delež sprijemnih sider med podjetji z različnimi dejavnostmi. Z anonimno spletno anketo med uporabniki sider ocenjujemo, da se približno tretjina vseh sidranj, ko govorimo o sidranju konstrukcijskih elementov, izvede z uporabo sprijemnih sider. Največji uporabniki sider v Sloveniji so podjetja, ki se primarno ukvarjajo z jeklenimi konstrukcijami (približno polovica), sledijo pa jim gradbinci (dobra četrtina) ter izvajalci strojnih inštalacij. Kot vemo, se lahko sprijemna sidra uporabljajo tako za sidranje navojnih kakor tudi armaturnih palic. Podatki kažejo, da je približno vsako tretje sprijemno sidro namenjeno naknadni vgradnji armaturnih palic, kar pomeni, glede na dejavnost, da večinoma vgrajujejo sidra gradbena izvajalska podjetja.

Najpogostejša globina sidranja je med 10 in 30 cm. Večje globine sidranja (med 30 in 50 cm) za anketirance predstavljajo redke aplikacije. Najpogostejši dimenziji sidrnih palic, ki jih izvajalci uporabljajo pri vgradnji sprijemnih sider, sta M16 in M12. Ti dve dimenziji na naših gradbišči predstavljata več kot pol sidrnih palic. Magistrska naloga se osredotoča na vpliv tehnologije vrtanja pri obnašanju sprijemnih sider. Posledično je zelo pomemben podatek, da se kar 10% vseh sprijemnih sider vgradi z uporabo strojev za diamantno vrtanje izvrtin. Če upoštevamo podatek, da sprijemna sidra predstavljajo tretjino trga sider, potem lahko zaključimo, da se približno 3% vseh izvrtin za vgradnjo sider izvede z uporabo diamantne tehnologije vrtanja.

V Sloveniji predstavljajo mase z ETA soglasjem približno 2/3 vseh kemičnih mas. Največkrat zasledeni proizvodi med sprijemnimi sidri pri nas so proizvodi proizvajalca Hilti, ki mu sledita Sika in Fischer. Kot posledica slednje ugotovitve so se kasneje v laboratoriju preskušala najpogostejša sprijemna sidra ravno teh navedenih proizvajalcev. Oceno o količini sprijemnih sider nakazuje podatek, da vsako anketirano gradbeno podjetje v povprečju vgradi približno 660 sprijemnih sider letno. Odločilni dejavniki, ki vplivajo na odločitev kupcev sprijemnih sider pri odločanju o nakupu konkretnega proizvoda, so: nosilnost sidra, cena in dejstvo, da je proizvod specificiran v projektu.

Vsi navedeni zaključki so ključnega pomena za razumevanje trga sprijemnih sider v Sloveniji. Na podlagi izsledkov raziskave ima slovenska strokovna javnost (projektanti, nadzorniki, izvajalci) lahko boljše predstavo o navadah uporabnikov sprijemnih sider. Morebiti še bolj koristni pa so lahko

rezultati izvlečnih preskusov sprijemnih sider glede na tehnologijo vrtanja, ki smo jih izvedli za potrebe te magistrske naloge.

Na osnovi izvedenih preskušanj lahko osnovno hipotezo magistrskega dela (t.j. da ima tehnologija vrtanja izvrtine za vgradnjo sprijemnih sider pomemben vpliv na nosilnost vgrajenih sider) potrdimo. S standardnim postopkom preskušanja natezne nosilnosti sprijemnih sider smo dokazali, da se sprijemna trdnost sider pri proizvodih, ki nimajo odobrene vgradnje z diamantno tehnologijo vrtanja, različno zmanjša. Zmanjšanje sprijemne trdnosti v takšnih okoliščinah je za vsak proizvod različno, kar je skladno z ugotovitvijo Spietha in Eligehausena (2002). Posledično je potrebno vsak proizvod, ki ga bomo vgradili s tehnologijo, ki ni odobrena v soglasju, predhodno s standardnimi postopki preskušati in določiti vpliv na nosilnost.

Redukcije sprijemnih trdnosti enih najpogosteje uporabljenih sprijemnih sider na slovenskih gradbiščih, pri vgradnji z diamantno tehnologijo vrtanja, so v določenih okoliščinah tako velike, da jih nikakor ne gre podcenjevati. Z rezultati navedenih preiskav bi morala biti seznanjena vsa strokovna javnost. Kot smo že navedli, dosegajo preskušena sprijemna sidra v diamantnih izvrtinah le še od 61% pa celo do samo 28% svoje sprijemne trdnosti (sidra M16 v betonu C20/25), ki jo sicer dosegajo v izvrtinah z vrtnimi kladivi. Zato je vsekakor priporočljivo, da se vpliva tehnologije vrtanja na obnašanje sprijemnih sider v prvi vrsti zavedajo izvajalci, nadzorniki, projektanti in nenazadnje tudi investitorji. Za zagotavljanje stabilnosti in nosilnosti konstrukcijskih elementov, ki jih sidramo z uporabo sprijemnih sider, je torej priporočljivo, da upoštevamo vsebino ETA soglasij v delu, ki govori o tehnologiji vgradnje.

7.2 Priporočila za nadaljnje raziskovalno delo

Na obnašanje in s tem tudi nosilnost sprijemnih sider lahko, kot smo se prepričali, vpliva več dejavnikov. Vpliv tehnike in postopek čiščenja izvrtine pri diamantnih izvrtinah ima očitno precej večji vpliv na sprijemno trdnost sider. Nekoliko presenetljivo obnašanje vzporednih preskušanj, ki smo jih opravili s sidri M12, odpira nekaj zanimivih vprašanj povezanih z obnašanjem sprijemnih sider.

Ugoden učinek obloge na obodu izvrtine, ki ostane kot posledica diamantnega vrtanja, bi bilo potrebno podkrepiti z izvedbo dodatnih preskusov na večjem številu vzorcev. Vpliv premera sidra na obnašanje bi moral biti sestavni del raziskave. Zaradi boljšega pregleda nad postopkom priprave izvrtine in doziranjem kemične mase naj se časovni intervali posameznih korakov podrobno beležijo. Znano je namreč, da je pri sprijemnih sidrih čas vezanja mase pomemben dejavnik pri doseganju predvidene

sprijemne trdnosti. Hkrati pa je čas pomemben tudi, ko govorimo o sušenju oboda izvrtine, še posebej, ko je ta obdan z omenjenimi ostanki diamantnega vrtnja.

Neugoden vpliv variacije maksimalnih izvlečnih sil na karakteristično nosilnost sprijemnih sider v vlažnih in diamantnih izvrtinah bi lahko omilili z večjim številom vzorcev. Slednje bi bilo dobrodošlo tudi pri ugotavljanju vpliva trdnostnega razreda na sprijemno trdnost.

V kolikor bi se izkazalo, da ima že omenjena neodstranjena obloga z oboda diamantne izvrtine ugoden učinek na sprijemno trdnost sider, bi preiskave lahko razširili na večje število kemičnih mas. Zanimivo bi bilo primerjati rezultate tovrstnih preiskav na različnih tipih kemičnih mas (poliestri, vinilestri in epoksiji).

Na osnovi dodatnih izsledkov, ki bi jih prinesli tovrstni preskusi, bi lahko omenjeno strokovno javnost opremili z dodatnimi znanji in nasveti. Le ti bi bili vsekakor dobrodošli na gradbiščih, kjer se v podobnih okoliščinah, predvsem zaradi pomanjkanja izkušenj in informacij, izvedejo ukrepi ali postopki, ki imajo lahko zelo pomemben učinek na zagotavljanje nosilnosti konstrukcijskih sklopov.

Dokler nam tovrstni podatki niso na voljo, pa poskrbimo, da bomo na gradbiščih dosledno upoštevali odobrena navodila proizvajalcev sprijemnih sider.

POVZETEK

Uporaba sprijemnih sider s katerimi zagotavljamo prenos obtežbe iz konstrukcijskih elementov v osnovni material je v gradbeništvu pogosta. Pri zahtevnejših aplikacijah je potrebno izdelati statično analizo s katero določimo nosilnost sistema sider. Delež sprijemnih sider se glede na trend in obseg aplikacij povečuje.

Magistrska naloga sprva predstavlja analizo trga sprijemnih sider, ki se uporabljajo na slovenskih gradbiščih. Z uporabo anonimne spletne ankete, kot ene izmed raziskovalnih metod, nam naloga ponuja podroben pregled nad tipom in pogostostjo uporabe sprijemnih sider. Najpogostejše proizvode in dimenzije sider smo nato skladno s standardnimi izvlečnimi preskusi podrobno preskušali. Postopki izvajanja izvlečnih preskusov s katerimi smo določili vpliv tehnologije vgradnje na sprijemno trdnost sider, so podrobno predstavljeni; izkušnje proizvajalcev sider namreč kažejo na dejstvo, da, tudi v Sloveniji, izvajalci uporabljajo diamantne krone za vrtnje izvrtin za vgradnjo sider kot alternativo vrtnju s svedri. V večini primerov sprijemna sidra niso preskušana za vgradnjo z diamantno tehniko vrtnja in kot taka, glede na vsebino ETA soglasij, nimajo odobritve za vgradnjo v diamantne izvrtine.

Izbrani in preskušani so bili trije proizvodi. Rezultati preskusov, ki so zajeti v magistrski nalogi, kažejo, da je sprijemna trdnost sider v diamantnih izvrtinah bistveno nižja kot pa v izvrtinah s svedri. Rezultati predstavljeni v nalogi kažejo, da je sprijemna trdnost lahko nižja tudi do 70%, ko se uporabi diamantna tehnologija vrtnja. Na osnovi predstavljenih rezultatov, lahko pričakujemo večjo pozornost pri določanju razlik v nosilnosti, ko se sprijemna sidra vgrajujejo s pomočjo diamantne tehnologije glede na vgradnjo z uporabo vrtnih svedrov.

Glede na pomanjkanje obstoječih podatkov, so predstavljeni rezultati pomembni za vse udeležence pri gradnji; n.pr. odgovorne projektante, nadzornike, naročnike, izvajalce in končne uporabnike. Rezultati namreč kažejo, da morajo biti izvajalci izjemno pozorni, kadar se sprijemna sidra, ki niso preskušana za vgradnjo v diamantne izvrtine, na tak način dejansko tudi vgradijo.

SUMMARY

The use of bonded anchors that enable the transfer of forces from the structural element to the basic material is a frequently used method in construction. In case of demanding structures, structural analysis needs to be carried out when anchors are used. Overview of existing practice shows that the share of post-installed anchors is increasing.

The thesis presents first the market analysis of bonded anchors that are installed on Slovenian construction sites. By using the on-line survey as the research tool, the thesis provides a detailed view on the type and frequency of use of bonded anchors. The most common products and dimensions of anchors used in the practice were then selected for testing according to the standard load resistance procedure. Tension testing procedures that were used for the determination of the influence of installation technology upon bonded strength of the anchors are presented in detail; as the experience of the anchor producers shows that the contractors use, also in Slovenia, diamond core bits to drill holes for bonded anchors as an alternative to hammer drilled holes. Most of the time, bonded anchors are not tested to be installed with diamond drilling technique and as such, they are not specified as suitable for diamond drilled holes in the ETA approvals.

Three products were selected and tested. The results of the testing performed within the scope of this thesis show that the bonded strength in diamond drilled holes is significantly lower than the bonded strength in hammer drilled holes. The results presented in the thesis show that bonded strength can be reduced up to 70% when different drilling techniques are employed. Based on the results obtained, higher level of awareness regarding the difference between the load resistance of anchors installed by diamond drilling technique, and those that are installed by hammer drills, can be expected.

Due to lack of existing data, the obtained results of the testing are important for all project stakeholders, i.e. consulting engineers, supervisors, clients, contractors and final users. The results show that the contractors should be extremely cautious when bonded anchors that were not tested for being installed into the diamond drilled holes, are used in this way in practice.

VIRI

Appa Rao, G., Arora, J. 2013. Strength and modes of failure of adhesive anchors in confined concrete under direct tensile loading. Toledo, VIII International Conference on Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures: 11 str.

Collins, D. M., Cook, R. A., Klingner, R. E., Polyzoi, D. 1989. Load-deflection behaviour of cast-in-place and retrofit concrete anchors subjected to static, fatigue, and impact tensile loads. Res. Rep. No. 1126-1. Austin, Tex., Center for Transportation Research, The Univ. of Texas.

Cook, R. A., Doerr, G. T., Klingner, R. E. 1993. Bond stress model for design of adhesive anchors. ACI Struct. J., 90(5): 514-524.

Cook, R. A., Kunz, J., Fuchs, W., Konz, R.C. 1998. Behaviour and Design of Single Adhesive Anchors under Tensile Loads in Uncracked Concrete. ACI Structural Journal 95, 1: 9-26.

Eligehausen, R., Mallée, R., Silva, J.F. 2006. Anchorage in concrete construction. Essen, Wiley: 391 str.

Luke, P. C. C., Chon, C., Jirsa, J. O. 1985. Use of epoxies for grouting reinforcing bar dowels concrete. PMFSEL Rep. No. 85-2. Austin, Tex., Phil M. Ferguson Structural Engineering Laboratory, Dept. of Civ. Engrg., Bureau of Engrg. Res., The Univ. of Texas.

McVay, M., Cook, R. A., Krishnamurthy, K. 1996. Pullout simulation of postinstalled chemically bonded anchors. Journal of Structural Engineering, 122(9): 1016-1024.

Meszaros, J., Eligehausen, R. 1996/1. Ausziehversuche mit Verbunddübeln, die in gereinigte und nicht gereinigte Bohrlöcher gesetzt wurden (Pull-out tests with bonded anchors installed in cleaned and uncleaned holes), Report No. 1/81-96/14. Stuttgart, Institut für Werkstoffe im Bauwesen. Universität Stuttgart: 81-96.

Meszaros, J., Eligehausen, R. 1996/2. Ausziehversuche mit Verbunddübeln, die in feuchten Beton gesetzt wurden (Pull-out tests with bonded anchors installed in humid concrete), Report No. 1/86-96/23. Stuttgart, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart: 86-93.

Spieth, H. A., Eligehausen, R. 2002. Starter bars with post-installed rebars. Beton- und Stahlbetonbau 97, 9: 445-459.

ETAG 001 Guideline for European technical approval of metal anchors for use in concrete, Part five: Bonded anchors, 3rd Amended April 2013. Brussels, EOTA: 33 str.

ETAG 001 Guideline for European technical approval of metal anchors for use in concrete, Part one: Anchors in general, 2nd Amended April 2013. Brussels, EOTA: 52 str.

ETAG 001 Guideline for European technical approval of metal anchors for use in concrete, Annex C: Design methods for anchorages, 3rd Amended August 2010. Brussels, EOTA: 34 str.

ETAG 001 Guideline for European technical approval of metal anchors for use in concrete, Annex A: Details of tests, 3rd Amended August 2013. Brussels, EOTA: 19 str.

ETAG 001 Guideline for European technical approval of metal anchors for use in concrete, Annex B: Tests for admissible service conditions, Detailed information, 2nd Amended November 2006. Brussels, EOTA: 22 str.

Technical report: Design of Bonded Anchors TR 029, Amd. September 2010. Brussels, EOTA: 36 str.

fib Bulletin 58. 2011. Design of anchorages in concrete, Guide to good practice. Lausanne, International Federation for Structural Concrete (fib): 280 str.

Mallée, R., Fuchs, W., Eligehausen, R. 2013. Design of Fastenings for Use in Concrete: The CEN/TS 1992-4 Provisions. Berlin, Wiley: 170 str.

SIST EN 1992-1-1. 2005. Evrokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcij – 1-1. del: Splošna pravila in pravila za stavbe.

Anchor Fastening Technology Manual (AFTM). 2014. Schaan, Hilti Corporation: 990 str.

Hilti. 2016: <https://www.hilti.si/> (pridobljeno 7. 1. 2016)

lka. 2015: <https://www.lka.si/> (pridobljeno 3. 6. 2015)

PRILOGA A: SPLETNI VPRAŠALNIK

ANNEX A: ONLINE SURVEY

Priloga A k tej magistrski nalogi je namenjena predstavitvi vsebine spletnega vprašalnika, ki je služil za izvedbo ankete med uporabniki sprijemnih sider v Sloveniji.

Naslov spletnega vprašalnika: Anketa o uporabi sprijemnih (kemičnih) sider v gradbeništvu

Anketa je popolnoma anonimna. Rezultati le te bodo objavljeni v magistrski nalogi, ki jo pripravljam na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani.

*Sidra v gradbeništvu v osnovi delimo v dve skupini: **sprijemna (kemična)** in **mehanska**. Sprijemno sidro načeloma sestavljata kemična masa (dvokomponentne (mehke) folije, ampule, kapsule, trde kartuše) in sidrna palica (navojna palica, armaturna palica).*

V nadaljevanju je podanih nekaj vprašanj vezanih na uporabo sprijemnih sider v gradbeništvu. Vaši odgovori na pripravljena vprašanja bodo ključnega pomena pri pripravi raziskovalnega dela, zato vas prosim, da na vprašanja odgovarjate korektno in skladno z vašimi izkušnjami na analiziranem področju. Za hitrejši potek ankete so najpogostejši odgovori že podani tako, da tistega, ki vam najbolj odgovarja, enostavno obkrožite. V kolikor vaš odgovor ni skladen z nobenim podanim, lahko le tega dopišete pod "drugo".

1. V kateri regiji je sedež vašega podjetja?

- | | |
|------------------------|--------------|
| a) Gorenjska | e) Dolenjska |
| b) Primorska | f) Štajerska |
| c) Notranjska | g) Prekmurje |
| d) Ljubljana z okolico | h) Koroška |

2. Koliko zaposlenih ima vaše podjetje?

- | | | |
|----------------------|------------------------|---------------------|
| a) < 5 zaposlenih | c) 20 – 50 zaposlenih | e) > 100 zaposlenih |
| b) 5 – 20 zaposlenih | d) 50 – 100 zaposlenih | |

3. Katera je primarna dejavnost vašega podjetja?

- | | | |
|------------------------|-------------------------|----------------------------|
| a) Gradbeništvo | c) Jeklene konstrukcije | e) Zaključna gradbena dela |
| b) Strojne inštalacije | d) Elektro inštalacije | f) Drugo |

4. Ali med opravljanjem vaših delovnih opravil uporabljate oziroma vgrajujete kovinska sidra (mehanska ali kemična) v betonsko podlago? Obkrožite vaš odgovor.

- | | |
|-------|-------|
| a) da | b) ne |
|-------|-------|

5. Kako pogosto vgrajujete sidra pri vašem delu? Obkrožite vaš odgovor.
- | | |
|-------------|----------------------|
| a) dnevno | č) na pol leta |
| b) tedensko | d) letno |
| c) mesečno | e) manj kot 1x letno |
| | f) ne vem |
6. Kolikšen delež vseh sider, ki jih vgradite, predstavljajo sprijemna (kemična) sidra (razliko predstavljajo mehanska sidra)? Obkrožite vaš odgovor.
- | | |
|-------------------|-------------------|
| a) manj kot 10% | č) med 50% in 70% |
| b) med 10% in 30% | d) med 70% in 90% |
| c) med 30% in 50% | e) več kot 90% |
7. Sidrne palice, ki jih vgrajujemo v kemične mase so najpogosteje navojne palice ali pa armaturne palice. Kolikšen delež kemičnega sidranja opravite z vgradnjo navojnih palic (razliko predstavlja vgradnja armaturnih palic)? Obkrožite vaš odgovor.
- | | |
|-------------------|-------------------|
| a) manj kot 10% | č) med 50% in 70% |
| b) med 10% in 30% | d) med 70% in 90% |
| c) med 30% in 50% | e) več kot 90% |
8. Kolikšno globino izvrtine običajno vrtate? Poleg vsake navedene globine označite ustrezen odgovor glede na pogostost (Nikoli, Redko, Občasno, Pogosto):
- | | | |
|--------------------|--------------------|------------------|
| a) do 10 cm | c) med 30 in 50 cm | e) več kot 75 cm |
| b) med 10 in 30 cm | d) med 50 in 75 cm | |
9. Katero dimenzijo navojnih palic najpogosteje uporabljate pri kemičnem sidranju? Označite največ dve najpogostejši dimenziji.
- | | |
|-----------|------------------|
| _____ M8 | _____ M20 |
| _____ M10 | _____ M24 |
| _____ M12 | _____ M27 in več |
| _____ M16 | |
10. Izvrtine za vgradnjo sprijemnih sider običajno vrtamo z uporabo **svedra** ali **kronske tehnologije** (diamantna tehnika). Kolikšen delež izvrtin izvrtate s diamantno tehnologijo (razliko predstavljajo izvrtine s svedri)? Obkrožite vaš odgovor.

- a) nikdar ne vrtamo s kronami č) med 20% in 30%
b) manj kot 10% d) med 30% in 40%
c) med 10% in 20% e) med 40% in 50%
f) drugo: _____ (vpišite delež v %)

11. Ali pri vrtanju izvrtin uporabljate tudi votle svedre z odsesavanjem prahu (povezani s sesalnikom)? Obkrožite vaš odgovor.

- a) ne b) da

V kolikor ste odgovorili z "da" vas prosim, da napišete kako pogosto uporabljate votle svedre pri kemičnem sidranju glede na delež vseh izvrtin: _____%.

12. Kolikšen delež kemičnih mas, ki jih vgradite, ima evropsko tehnično soglasje (ETA)? Izberite ustrezen odgovor v zavihku.

- a) 0% č) med 40% in 60%
b) manj kot 20% d) med 60% in 80%
c) med 20% in 40% e) več kot 80%

13. Kemične mase katerega proizvajalca najpogosteje uporabljate pri delu s sprijemnimi (kemičnimi) sidri? Vpišite števila od 1 do 5 poleg vsakega navedenega proizvajalca glede na pogostost (1 = zelo pogosto, 2 = pogosto, 3 = občasno, 4 = redko, 5 = nikoli); isto število lahko vpišete večkrat.

_____ Hilti	_____ Sika	_____ Bossong
_____ Fischer	_____ Simpson	_____ MKT
_____ Mungo	_____ Würth	_____ (drugo)

14. Katero kemično maso najpogosteje uporabljate pri delu s sprijemnimi (kemičnimi) sidri? Označite največ 3 najpogosteje uporabljene proizvode.

_____ HIT-HY 200 (Hilti)	_____ Anchorfix 2 (Sika)	_____ FIS-EM (Fischer)
_____ HIT-RE 500 (Hilti)	_____ FIS-SB (Fischer)	_____ VMU plus (MKT)
_____ WIT VM 250 (Würth)	_____ MIT-SE Plus (Mungo)	_____ FIS-V (Fischer)
_____ MIT 600 RE (Mungo)	_____ WIT PE 500 (Würth)	_____ (drugo)

15. Koliko sprijemnih (kemičnih) sider (število sidrnih palic) je vaše podjetje vgradilo v zadnjem letu (12 mesecev)? Izberite ustrezen odgovor v zavihku.

- a) med 0 in 100 sider
- b) med 100 in 500 sider
- c) med 500 in 1.000 sider
- č) med 1.000 in 2.000 sider
- d) med 2.000 in 5.000 sider
- e) med 5.000 in 10.000 sider
- f) več: _____ (vpišite približno količino)

16. Kako običajno očistite izvrtino preden vgradite kemično maso? Obkrožite vaš odgovor.

- a) z uporabo okroglih ščetk
- b) z uporabo ročne tlačilke
- c) z uporabo kompresorja
- č) z uporabo sesalnika
- d) z uporabo tlačilke in okrogle ščetke
- e) avtomatsko z uporabo votlega svedra
- f) izvrtin ne čistimo

17. Ali pri vgradnji sidra upoštevate navodila proizvajalca o odmiku sidra od roba betona in minimalni debelini betona? Obkrožite vaš odgovor.

- a) da, vedno
- b) da, kadar je to možno
- c) običajno teh podatkov nimamo
- č) ne, ker nima vpliva na nosilnost sidra

18. Koliko časa običajno pustite kemično maso, da veže (čas vezanja) po vstavitvi navojne oz. armaturne palice? Obkrožite vaš odgovor.

- a) do 10 min
- b) med 10 in 30 min
- c) med 30 in 60 min
- č) med 60 in 120 min
- d) več kot 2 uri
- e) odvisno od temperature betona in tipa mase

19. Kateri izmed navedenih dejavnikov najbolj vpliva na vašo izbiro pri nakupu kemične mase? Razvrstite odgovore po pomembnosti (najpomembnejši dejavnik naj bo na vrhu) tako, da odgovor povlečete na ustrezno mesto.

- | | |
|--|--|
| _____ cena proizvoda | _____ blagovna znamka |
| _____ tehnična podpora dobavitelja | _____ rok dobave |
| _____ nosilnost sidra | _____ proizvod z ETA soglasjem |
| _____ proizvod specificiran v projektu | _____ enostavna in zanesljiva vgradnja |