

Andrej KOŠIR

dipl.inž.geotech. in rud., Primorje d.d., družba za gradbeništvo, inženiring in ostale poslovne storitve

## TRAJNA GEOTEHNIČNA SIDRA *FREYSSINET*

**POVZETEK:** Naša družba, Primorje d.d., v okviru opravljanja svoje dejavnosti na področju geotehničnih del, s pridobitvijo *Certifikata o skladnosti* za trajna prednapeta geotehnična sidra *Freyssinet*, tip 2-7 T15S, inženirjem, inženirskim birojem, izvajalskim podjetjem in vsem, ki se ukvarjajo s problematiko na tem področju, predstavlja in nudi vgradnjo geotehničnih sider *Freyssinet*, kot tudi rešitve za posebne izvedbe in najrazličnejša prilagajanja pri izdelavi in vgradnji geotehničnih sider.

Razvoj in izdelava geotehničnih sider *Freyssinet* temelji na dolgoletnih izkušnjah pri uporabi prednapetih sistemov. Razvoj in tehnološke rešitve sledijo najnovejšim razvojnim dosežkom na področju tehnologije sidranja. Konstruktivni detajli in tehnične rešitve so zasnovane ob upoštevanju najnovejših evropskih standardov. Poleg zanesljivega prenosa visokih obremenitev je z učinkovito protikorozijsko zaščito trajnih geotehničnih sider *Freyssinet* zagotovljena dolgoročna trajnost in funkcionalnost sidranega objekta. Zaradi pomembnosti nepoškodovanosti zaščitnega ovoja sidra, sistem *Freyssinet* omogoča kontrolo izolacijske učinkovitosti zaščitnega ovoja in s tem pridobivanje informacij o obstojnosti zaščitnih ukrepov proti koroziji kadarkoli med življenjsko dobo prednapetega sidra. Sistem *Freyssinet* prav tako omogoča poznejšo kontrolo sile v sidru, brez uporabe merilne celice, potem ko je sidro že zaklinjeno in preostala dolžina jeklenih pramenov odrezana, kar v primeru glave z vgrajeno merilno celico in ob morebitni okvari le-te ni mogoče.

## PERMANENT GEOTECHNICAL ANCHORS *FREYSSINET*

**SUMMARY:** After having obtained the *Certificate of Conformity* for permanent pre-stressed geotechnical anchors *Freyssinet*, type 2-7 T15S, Primorje d.d. offers, within its scope, in the field of geotechnical works, the in-building of *Freyssinet* geotechnical anchors to engineers, engineering companies, contractors and all the subjects dealing with the problems in this field; furthermore, Primorje offers solutions for particular variants and various adjustments in production and in-building of geotechnical anchors.

The development and production of *Freyssinet* geotechnical anchors is based on long years of experience in using pre-stressed systems. The development and the technological solutions follow the latest development achievements in the field of anchorage technology. Construction details and technical solutions have been drawn in consideration of the latest European Standards. Besides reliably conveying high loads, efficient anti-corrosion protection of permanent *Freyssinet* geotechnical anchors grants long-term durability and functionality of the anchored structures. Given the importance of preserving the anchorage protection undamaged, the *Freyssinet* system allows for control of isolation efficiency of the protection cover and thereby for obtaining information on durability of protection measures for the said cover against corrosion during all its useful period. *Freyssinet* system also allows for later control of the force inside the anchor, without using the measurement cell, after the anchor has been blocked and the remaining length of steel cables has been cut, such later control is not possible with the variant of the head with the in-built measurement cell, in case such cell is damaged.

## UVOD

Družba Primorje d.d. je marca 2004 podpisala pogodbo o ustanovitvi mešane družbe s podjetjem Freyssinet pod skupnim imenom FREYSSINET ADRIA SI d.o.o., s sedežem v Ajdovščini. Freyssinet je vodilna svetovna družba pri sistemih prednapenjanja mostov, viaduktov ter geotehničnih sider. Deluje v 50 državah in ima približno 1400 zaposlenih. Med mnogimi tehnikami, ki so se razvile na podlagi ideje prednapenjanja, so bila med prvimi v uporabi prav geotehnična sidra.

Podjetje Freyssinet SA je že leta 1939 izdelalo in vgradilo prva prednapeta geotehnična sidra za stabiliziranje pregradnega zidu v Beni Bahdelu (Alžirija). Nato so po razvoju sistema zaklinjenja *Freyssinet*, leta 1944, s prednapetimi sidri ojačali jez Poses. Vse do danes so razvijali, in zahvaljujoč ogromnemu tehničnemu napredku, močno razširili uporabo geotehničnih sider na mnoga področja. Inženirskim birojem in podjetjem predstavljajo in nudijo rešitve za najrazličnejša prilagajanja in posebne izvedbe pri izdelavi in vgradnji geotehničnih sider.

## RAZVOJ IN UPORABNOST PREDNAPETIH GEOTEHNIČNIH SIDER

Razvoj in izdelava geotehničnih sider *Freyssinet* temelji na dolgoletnih izkušnjah pri uporabi prednapetih sistemov *Freyssinet* in ob upoštevanju Priporočila SIA V 191 (v nadaljevanju: *Priporočilo*), pri izdelavi katerega so tudi sami sodelovali, Eurocode 7 in sidrnih smernic ekspertne skupine Anker (EGA) pri švicarskem Zveznem uradu za gradnjo cest, za prvo preizkušanje sidrnih sistemov. Prav tako razvijajo, upoštevajo in sledijo najnovejšim razvojnim dosežkom na področju tehnologije sidranja.

Kot najpomembnejša geotehnična sidra se danes smatrajo prednapeta geotehnična sidra, kot nosilni gradbeni element, ki preko pramenov iz visokovrednega jekla prenašajo sile s konstrukcije v temeljna tla. Takšno sidro predstavlja geostatični element, ki je sestavni del sklopa - objekt, sidro, tla. V zadnjem desetletju so si v inženirski praksi izborila svoje mesto predvsem v primerih, ko je uporaba ostalih geotehničnih ukrepov in rešitev bistveno neugodnejša oziroma dražja. Tako so prednapeta sidra prevzela vlogo ključnih konstrukcijskih elementov za zagotavljanje stabilnosti pobočij, vzpostavljanje stabilnosti odkopov, kot tudi za sidranje krajnih opornikov premostitvenih objektov.

Prednapeta sidra so sidra, pri katerih po vnosu napenjalne sile, nastopijo le majhne, znotraj določenih meja ležeče spremembe sile prednapenjanja kot posledica zunanjih vplivov. Če se hoče doseči želene efekte prednapenjanja, je nujno potrebno, da je sidro sestavljeno iz *sidrne glave*, ki drži kabel napet in prenaša vzpostavljeno silo s pramenov na zasidrani gradbeni objekt, *prostega dela sidra*, ki služi za prenos sile, ter *veznega dela sidra*, preko katerega se natezna sila vnaša v temeljna tla.

## PRIDOBITEV CERTIFIKATA O SKLADNOSTI

Trajna prednapeta geotehnična sidra morajo biti dolgoročno varni gradbeni konstrukcijski elementi, katerih življenjska doba mora biti vsaj enaka življenjski dobi sidranega objekta. Regulativa [(4), (5)] predvideva izvedbo predhodnih preskusov, s katerimi se ugotovi, ali predvideni materiali in konstruktivni detajli sider izpolnjujejo predpisane zahteve. Zato je potrebno za vsak tip trajnih prednapetih geotehničnih sider, ki se vgrajujejo v okviru Nacionalnega programa izgradnje AC v Republiki Sloveniji, izpeljati postopek vrednotenja skladnosti sider s predpisanimi zahtevami.

Tako je naše podjetje Primorje d.d. aprila 2003 na ZAG Ljubljana podalo zahtevke za certificiranje trajnih prednapetih geotehničnih sider *Freyssinet*, tip 2-7 T15S, proizvajalca Freyssinet SA, Švica. V sklopu certifikacijskega postopka, ki je potekal skladno z zahtevami in predvidenimi postopki certifikacijske sheme TPGS1/01, so bile izpeljane vse potrebne aktivnosti za vrednotenje skladnosti sider, ki so osnova za pridobitev *Certifikata o skladnosti*. Januarja leta 2001 smo opravili predstaviten pregled proizvodnega obrata geotehničnih sider v Moudonu (Švica) in obrata PPC Freyssinet v Chalonu (Francija). Proizvajalec je takrat predstavil tudi delovanje sistema notranje kontrole proizvodnje, od koder dobavljamo sidra, prikazane pa so bile tudi vse ključne faze proizvodnje sider. S strani proizvajalca so bili storjeni vsi potrebni ukrepi za zagotovitev kakovosti proizvodov in storitev s certificiranim sistemom kakovosti po normah *ISO 9001* in *SQS 9001*, ki

zagotavlja dosledno sledljivost materialov - od nabave, izdelave, pa vse do vgradnje na deloviščih, s tem pa tudi večjo možnost kontrole kakovosti.

Na podlagi dokumentacije proizvajalca smo pripravili "Tehnološki elaborat trajnih geotehničnih sider Freyssinet tip 2-7 T15S". Pridobili smo soglasje za uporabo napenjalnega sistema in potrjeni so bili vsi sestavni materiali sider *Freyssinet*. V času med drugo polovico decembra 2003 in začetkom aprila 2004 smo zagotovili dve poskusni polji na dveh različnih lokacijah, na AC odseku Razdrto – Vipava (Rebrnice) in MMP Gruškovje, kjer smo izvedli praktični prikaz v elaboratu sidra predvidenih postopkov vgradnje kot tudi preiskavo sider ter celovite in enostavne preizkuse napenjanja, pri čemer so vsa vgrajena sidra izpolnjevala zahteve celovite protikorozijske zaščite. S tem smo dokazali, da smo osvojili tehnologijo za vgrajevanje in napenjanje sider.

Na podlagi vseh teh aktivnosti in izpolnjenih predpisanih zahtev za trajna prednapeta geotehnična sidra smo s strani neodvisnega certifikacijskega organa (ZAG) dne 16. aprila 2004, pridobili *Certifikat o skladnosti* za trajna prednapeta geotehnična sidra *Freyssinet*, tip 2-7 T15S, z zahtevami TSC 07.202 Geotehnična sidra, Ministrstvo za promet in zveze RS, 1998.



**Slika 1.** Varovanje brežine s sidranimi slopi na območju MMP Gruškovje

### **OZNAČITEV SIDER *FREYSSINET***

Sidra *Freyssinet* so označena kot sledi:

- a.) prva številka označuje število jeklenih pramenov v kablju sidra;
- b.) črka T označuje, da je kabel sidra sestavljen iz jeklenih pramenov;
- c.) druga številka določa tip jeklenih pramenov.

T15S označuje jekleni pramen s premerom 15,7 mm in prerezom 150 mm<sup>2</sup>.

Primer: Oznaka sidra "6T15S" označuje sidro s šestimi (6) jeklenimi prameni s premerom posameznega jeklenega pramena 15,7 mm.

## MEHANSKE KARAKTERISTIKE SIDER

**Preglednica 1.** Jekleni prameni tip T15S,  $f_{tk} = 1770 \text{ N/mm}^2$

Tip sidra	$\phi$ A (mm)	$\phi$ B (mm)	$A_p$ (mm <sup>2</sup> )	$P_{tk}$ (kN)	$P_p \text{ max(kN)}$ $0,75 P_{tk}$	$P_o \text{ max(kN)}$ $0,60 P_{tk}$	$P_o \text{ min(kN)}$ $0,30 P_{tk}$	$P_{pv \text{ max(kN)}}$ $0,85 P_{tk}$
2T15S	75	105	300	531	398	319	159	451
3T15S	75	105	450	797	597	478	239	677
4T15S	75	105	600	1062	797	637	319	903
5T15S	75	105	750	1328	996	797	398	1129
6T15S	75	105	900	1593	1195	956	478	1354
7T15S	75	105	1050	1859	1394	1115	558	1580

$\phi$  A = teoretični zunanji premer PE zaščitne cevi,  $\phi$  B = teoretični max. zunanji premer sidra (vključno z zunanjimi centriranimi elementi).

Za preizkusna sidra se kabel sidra v principu ojača tako da je maksimalna preizkusna sila določena z

$$P_{pv \text{ max.}} = 0.95 \times P_y = A_p \times 0.85 f_{tk} \quad (1)$$

### Karakteristike jeklenih pramenov tip T15S so naslednje:

Jekleni pleteni prameni so osnovni nosilni element sidra in prenašajo sidrno silo z glave sidra na vezni del sidra. Sidra tip 2-7 T15S, nazivne nosilnosti 398 – 1394 kN, vsebujejo od dva (2) do sedem (7) pramenov. Posamezen pramen je sestavljen iz žic visokovrednega jekla. V prostem delu sidra so prameni zaliti z zaščitno mastjo in vstavljeni v PE ovojno zaščitno cev, v veznem delu sidra pa so prameni neoplaščeni, goli in čisti.

Tip jeklenih pramenov:	<b>T15S</b>
Premer $\phi$ [ mm ]:	15,7
Prerez $A_p$ [ mm <sup>2</sup> ]:	150
Natezna trdnost $f_{tk}$ [ N/mm <sup>2</sup> ]:	1770
Meja lezenja $f_y$ [ N/mm <sup>2</sup> ]:	1590
Raztezanje pri najvišji obremenitvi:	$\geq 3.5\%$
Zožanje:	$\geq 30\%$
Modul elastičnosti $E_p$ [ kN/mm <sup>2</sup> ]:	195
Žilavost pri preizkusu upogibanja (centralna žica):	$n \geq 4$
Natezni preizkus:	$k_1 \geq 0.72$
Relaksacija pri 1000 urah ( temp. 20 °C, 0.7 $f_{tk}$ ):	$\leq 2.5\%$

### **GLAVE TRAJNIH SIDER FREYSSINET**

Glave trajnih sider vsebujejo PE sidrni tulec, ki je povezan z jeklenim opažnim tulcem, na katerega je pritrjena spiralna armatura. Izdelane so tako, da je pri priključku PE gladke zaščitne cevi in sidrnem tulcu zagotovljena trajna kontinuiteta in vodotesnost zaščitnega ovoja jeklenih pramenov.

## Označitev glav sider

Glave sider so označene kot sledi:

- a.) prva črka označuje tip glave sidra;
- b.) prva številka označuje število jeklenih pramenov, ki jih vsebuje glava sidra;
- c.) druga številka določa tip jeklenih pramenov; npr. T15S.

Primer: Oznaka glave sidra "C4/15" označuje glavo sidra s štirimi (4) jeklenimi prameni tipa T15S.

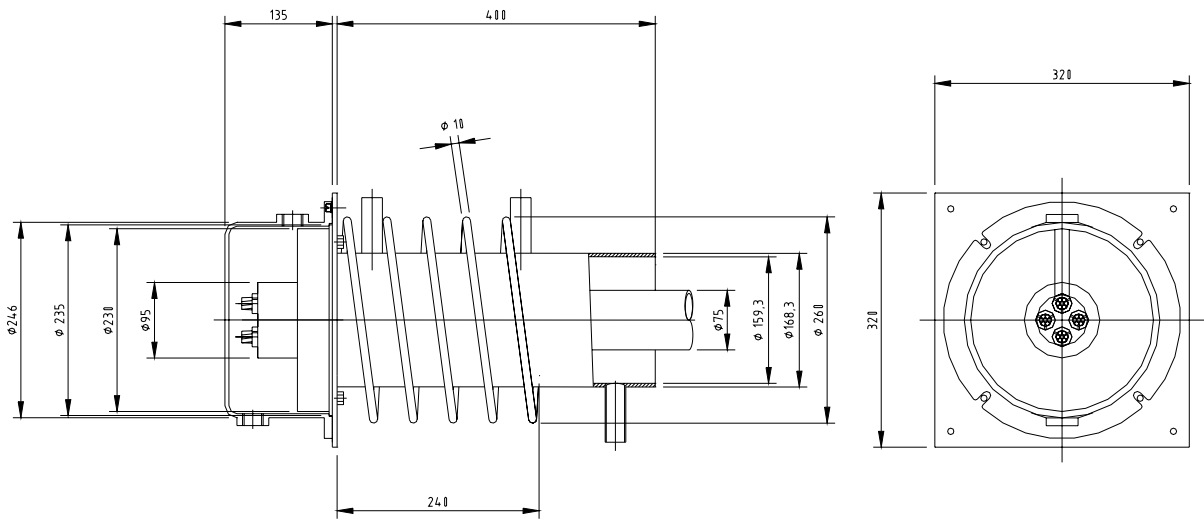


**Slika 2.** Konstrukcijska izvedba glave sidra *Freyssinet*

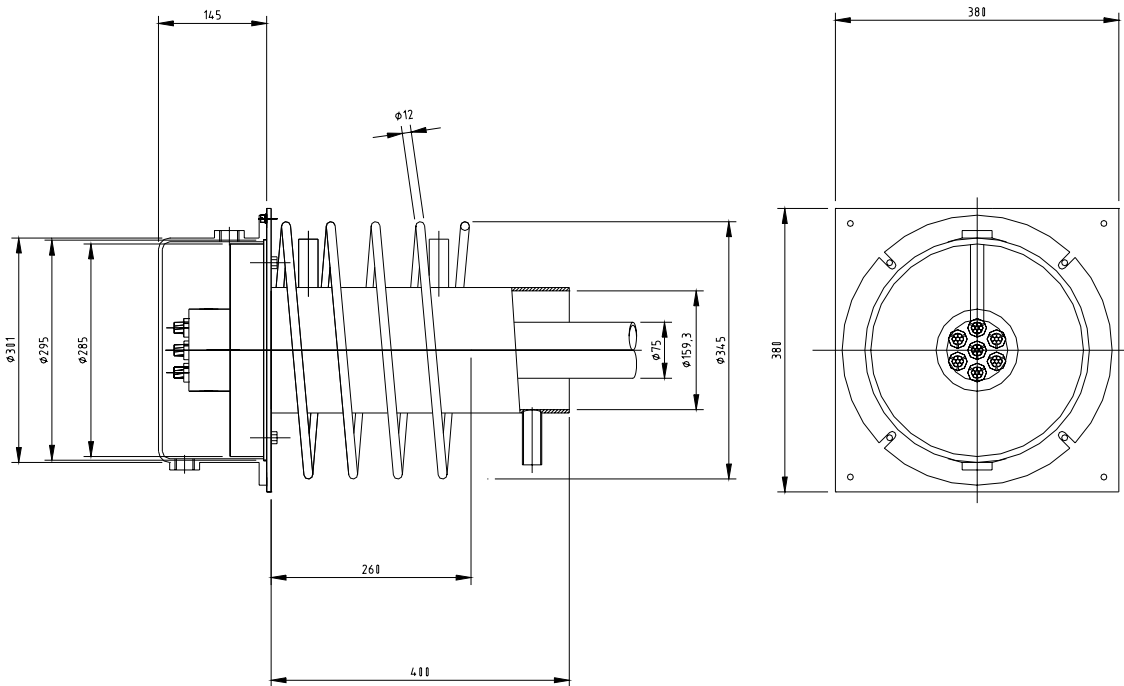
## Tipi glav sider

### *Glava sidra tip "STANDARD"*

Jekleni pleteni prameni, so preko jeklenega opažnega tulca, vodeni do sidrne kotve, ki nalega na jekleno sidrno ploščo. Sidrna kotva, v kombinaciji z jeklenimi zagozdami, prenaša vzpostavljeno napenjalno silo z jeklenih pramenov preko opažnega tulca na sidrano konstrukcijo. Zagozde prenašajo silo s pramenov na sidrno kotev s pomočjo koničnega stisnjenja. Da se omogoči tako delovanje, mora biti trdota zagozde zadostna. Koničnost in zunanje stanje površine sta pomembna faktorja, ki zagotavljata radialni pritisk, potreben za sidranje sklopa zagozda – pramen.



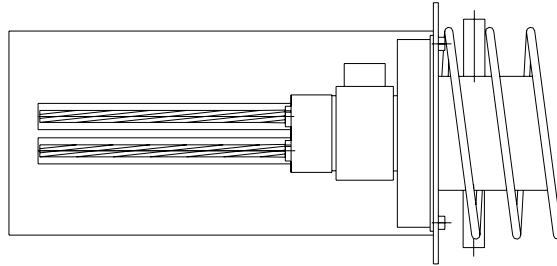
Slika 3. Glava sidra tip C2-4/15 "STANDARD"



Slika 4. Glava sidra tip C5-7/15 "STANDARD"

### Glava kontrolnega sidra, tip "PATC"

Glava kontrolnega sidra tip "PATC" omogoča merjenje obstoječe sile v sidru kot tudi napenjanje sidra do preizkusne sile v poljubnem času. Opremljena je z napravo za merjenje sile – dinamometrom, tako da je v vsakem trenutku mogoče izmeriti prisotno silo v sidru. Sidro lahko pozneje, po zaklinjenju, dodatno napnemo. V primeru okvare dinamometra se sidro popusti in dinamometer zamenja.



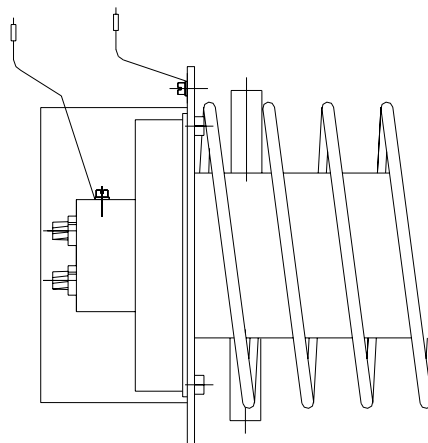
**Slika 5.** Glava kontrolnega sidra tip "PATC"

### Kontrolna glava sidra, tip "F"

V primerih, ko izvedba glave sidra za spremljanje sil v sidrih z merilnimi celicami ni izvedljiva ali ko zamenjava okvarjenih merilnih celic ni mogoča, podjetje Freyssinet nudi kontrolno glavo sidra tip "F". Glava sidra ima izveden sistem, ki omogoča poznejšo kontrolo sile v sidru brez uporabe merilne celice, potem ko je sidro že zaklinjeno in preostala dolžina jeklenih pramenov odrezana. Napenjalni element se montira na glavo sidra le za čas izvajanja kontrole sile v sidru, pri postopku trajne protikorozijske zaščite glave sidra pa se napenjalni element demontira oz. odstrani.

### Glava sidra za merjenje izolacijske upornosti sidra tekom življenjske dobe objekta

V primerih, ko so predvidene kontrolne meritve izolacijske upornosti  $R_i$  v poljubnih časovnih intervalih tekom življenjske dobe sidra oziroma so glave sider obbetonirane preko zaščitnega pokrova, sistem Freyssinet, skladno z zahtevami SIST EN 1537, omogoča izvedbo teh meritev, ne samo med vgradnjo, ampak kadarkoli v življenjski dobi sidra. To pomeni, da se pri trajnih sidrih skozi PE zaščitni pokrov vodotesno spelje električni priključek na glavo sidra, preko katerega je možno opravljati kasnejše meritve električne upornosti med glavo sidra in temeljnimi tlemi oz. sidrano konstrukcijo.



**Slika 6.** Glava sidra za merjenje izolacijske upornosti

## VGRADNJA IN PREIZKUSI NOSILNOSTI SIDER

Metodo vrtanja vrtin za geotehnična sidra prilagajamo temeljnim tlem na terenu in potrebnemu premeru vrtine. Družba Primorje d.d. razpolaga z vrtalno garnituro Atlas Copco S52 CBD. Za ščitenje ostenja vrtine med vrtanjem uporabljamo obložne cevi premera 146 mm, premeri notranjih kladiv pa so od

105 mm do 140 mm. V primerih, ko material to dopušča (kompaktne hribine brez prisotnosti vode), vrtamo samo z notranjim kladivom, kar poveča hitrost vrtanja. Za injektiranje sider s cementno injekcijsko maso, ki je eden najpomembnejših segmentov za kakovostno vgradnjo sidra, uporabljamo najnovejši tip visokotlačne injekcijske postaje Atlas Copco Craelius. Cementno maso predhodno pripravimo v mešalni enoti in nato transportiramo z visokotlačno batno črpalko preko tlačnega voda do injekcijskih cevi na geotehničnem sidru. Za injektiranje veznega dela sidra (vmesnega prostora med sidrom in ostenjem vrtine), ki prenaša sidrno silo iz sidra v temeljna tla, so sidra *Freyssinet* na zunanji strani zaščitne cevi opremljena z eno ali več (opcija) injekcijskimi cevmi. Za poinjektiranje sider nudi sistem *Freyssinet* dva tipa injekcijskih cevi - z injekcijskimi manšetami in s sistemom povratnega izpiranja.

Po preteku določenega časa od injektiranja sidra napenjalno preskušamo in napnemo na predvideno delovno silo  $P_0$ . Čas, ki preteče od injektiranja do napenjanja, je odvisen od geomehanskih in geoloških značilnosti hribine v veznem delu sidra, vendar ne sme biti krajši od 7 dni. Sidra napenjamo s posebno hidravlično napenjalko *Freyssinet*, s katero vlečemo vse pramene hkrati, prameni pa so preko zagozd vpeti v sidrno kotvo. Sidra napenjamo do predvidene sile, ki je odvisna od izbranega napenjalnega preizkusa. Za natančno kontrolo sile napenjanja se uporablja digitalna merilna naprava za merjenje tlaka v napenjalnem sistemu in merilna celica z električnim pretvornikom sile. Pri napenjalnem preizkusu se z digitalnim električnim merilcem merijo deformacije kabla sidra. Digitalni merilec ima, v skladu s predpisi, natančnost meritev za posamezno stopnjo napenjanja  $\pm 0,01$  mm. Skladno s *Priporočilom* vsa prednapeta sidra objekta preverimo s preizkusom napenjanja. Preiskave sider se opravijo predhodno ali pa na začetku sidrnih del, na posebnih, v ta namen vgrajenih sidrih, ki v načelu niso predvidena za kasnejšo uporabo. Delež preiskav sider je 2 % vgrajenih sider oziroma minimalno 3 sidra, predvidenih po projektu. Najmanjše število sider, ki so podvržena celovitim preizkusom napenjanja (CPN), je predpisano z 10 % od skupnega števila sider, pri čemer pa morajo biti najmanj tri (3) sidra podvržena temu preizkusu. Preostala sidra se preverijo z enostavnim preizkusom napenjanja (EPN).

## PROTIKOROZIJSKA ZAŠČITA SIDER

Prednapeta geotehnična sidra so pogosto ključni konstrukcijski elementi, ki zagotavljajo trajno stabilnost objekta, zato morajo izpolnjevati stroge zahteve protikorozijske zaščite, saj vgrajenih sider praktično ni moč sanirati oziroma zamenjati. Zasnova sider *Freyssinet* temelji na oblikovanju zanesljive protikorozijske zaščite jeklenih pramenov in trajni ločitvi jeklenih delov sidra pred vstopom agresivnega medija ter preprečevanju elektrolitskih procesov. S tem je zagotovljeno, da je življenjska doba sidra vsaj enaka življenjski dobi sidranega objekta.

Sidra *Freyssinet*, ki jih vgrajujemo v okviru opravljanja svoje dejavnosti, proizvajalec (*Freyssinet SA* iz Moudona - Švica) dobavlja kot kompletirana sidra, znotraj katerih so vgrajeni polietilenski (PE) elementi in jekleni pleteni prameni. Jekleni prameni so, za zagotavljanje prenosa sil na stiku jeklo - injekcijska masa, na dolžini veznega dela sidra neizolirani, po celotni prosti dolžini sidra pa so namaščeni s protikorozijsko zaščitno mastjo in oblečeni s PE zaščitno ovojno cevjo.

Trajni natezni členi / prameni so po svoji celotni dolžini še dodatno izolirani s PE zunanjo zaščitno ovojno cevjo. Ta je na prosti dolžini sidra gladka, na veznem delu pa rebrasta. Kontinuiteta ovoja je pri priključku gladke in rebraste PE cevi omogočena z ojačanim segmentom, s katerim je zagotovljena popolna izoliranost. Ti ukrepi zagotavljajo, da so prameni zaščiteni s popolno zaprtim ovajem. Prostor med PE rebrasto, gladko zaščitno cevjo in jeklenimi prameni pa se med vgradnjo sidra zapolni s cementno maso. S tem se prepreči vdor agresivnih medijev (vode) in ustvari alkalna atmosfera.

Vsi materiali sestavnih elementov, ki se uporabljajo za izdelavo sidra, pri vgradnji sidra in protikorozijski zaščiti glave sidra, so med seboj skladni in ves čas uporabe zagotavljajo trajnost in



funkcionalnost konstrukcije in objekta. Kvaliteta vseh sestavnih elementov sider se redno kontrolira znotraj proizvodnje in s strani neodvisnih zunanjih institucij oziroma laboratorijev.

Prednapeti kabli izpolnjujejo zahteve celovite protikorozijske zaščite in so popolnoma in trajno ločeni od temeljnih tal oziroma zavarovani pred dostopom agresivnega medija (vode), istočasno pa je preprečen električni kontakt z objektom. Protikorozijska zaščita prednapetih jeklenih pramenov in jeklenih elementov sider je takšna, da je njena trajnost in funkcionalnost ohranjena ves čas uporabe objektov. Pri jeklenih delih, ki po izdelavi niso več dostopni, trajanje protikorozijske zaščite ustreza času uporabe sider.

Specifični konstruktivni ukrepi in uporaba ustreznih proizvodov dovoljujejo učinkovito, trajno zaščito sider pred korozijo in primerno prilagajanje posameznim izvedbenim razmeram konstrukcije.

Glava sidra je obdelana s posebno pozornostjo. Zahvaljujoč kakovostni kontinuiteti zatesnitve (izolacije) je zaščiten pred morebitnim zunanjimi vplivi. Celovita protikorozijska zaščita se uporablja pri vseh trajnih kakor tudi začasnih sidrih *Freyssinet*, ki so vgrajena v agresivno okolico ali pa so izpostavljena kritičnemu nivoju blodečih tokov, kot tudi povsod tam, kjer obstaja možnost, da bo čas uporabe daljši kot dve leti. Tako so sidra *Freyssinet* trajno električno izolirana in namenjena vgrajevanju tudi tam, kjer so prisotni električni blodeči tokovi.

Pri zaščiti geotehničnih sider se uporabljajo naslednji izolacijski ukrepi:

- namaščevanje jeklenih delov z dobro oprijemajočo se, temperaturno obstojno in vodoodbijajočo protikorozijsko mastjo;
- izolacija jeklenih delov, katerih ne smemo namaščevati, s PE zaščitnimi cevmi.

Namaščevanje sider se izvaja na glavi sidra in prostem delu kabla. Proizvajalec jeklenih pramenov zaščiti pramene s protikorozijsko zaščitno mastjo in PE ovojem po celotni prosti dolžini. Pramen je zaščiten pred korozijo vse do točke neposredno za glavo sidra. Glava sidra je izolirana z izolacijsko ploščo iz cevoluta in PE sidrnim tulcem, ki preprečujeta stik glave sidra s sidranim objektom. V PE sidrnem tulcu je izdelan tesnilni rokav, v katerega je vgrajeno tesnilo, ki preprečuje dotok fluidov v območje glave sidra.

Po napenjanju in zaklinjenju sidra se preostanek pramenov odreže, glavo sidra obda s protikorozijsko zaščitno mastjo, nato pa zapre s PE zaščitnim pokrovom. Med podložno ploščo jeklenega opažnega tulca, ki je vgrajen v konstrukcijo, in zaščitnim pokrovom, je izvedeno popolno tesnjenje, ki onemogoča vdor vlage v območje glave sidra in iztekanje zaščitne masti. Celoten prostor v zaščitnem pokrovu se zapolni s protikorozijsko in vodoodbijajočo zaščitno mastjo oz. vazelinom.

## ZAKLJUČEK

Konstruktivni detajli in tehnične rešitve prednapetih geotehničnih sider *Freyssinet* so izvedeni tudi ob upoštevanju novega evropskega standarda EN 1537. Poleg zanesljivega prenosa visokih obremenitev je zagotovljena dolgoročna učinkovitost protikorozijske zaščite jeklenih elementov (za celotno življenjsko dobo objekta), vendar je pri nekaterih zunanjih delih, npr. pri zaščitnih pokrovih in merilnih celicah, potrebno opravljati periodično kontrolo (približno na vsaki dve leti), kar mora biti predvideno v nadzornem programu objekta. Trajnost sider zagotavljamo z uporabo visokovrednih jekel ter s popolno in trajno elektro in hidroizolacijo, ki je preverljiva v vsakem trenutku. Obseg izolacije trajnega prednapetega sidra *Freyssinet* se lahko v vsakem trenutku preveri z električnim merjenjem upornosti - v tovarni po izdelavi sidra, na gradbišču po vstavitvi sidra v vrtino, po injektiranju, pred in po preizkusu napenjanja in po zaščitnih in izolacijskih ukrepih na glavi sidra, to pomeni, po zaključku del. Ker je izrednega pomena, da ne pride do poškodb zaščitnega ovoja sidra, sistem *Freyssinet* omogoča kontrolo izolacijske učinkovitosti zaščitnega ovoja in pridobivanje informacij o obstojnosti zaščitnih ukrepov proti koroziji kadarkoli med življenjsko dobo sidra. V primerih, ko so glave sider obbetonirane preko zaščitnega pokrova, se na glavo sidra, pred njeno trajno zaščito, priključi električni kabel, ki se ga poveže s centralno postajo, kjer se v vsakem trenutku izvajajo meritve (odčitki) električne upornosti  $R_i$  med glavo sidra in konstrukcijo. Torej obstaja enostavna in nedestruktivna kontrolna metoda.

Prav tako omogoča glava *tip "F"* poznejšo kontrolo sile v sidru brez uporabe merilne celice, potem ko je sidro že zaklinjeno in preostala dolžina jeklenih pramenov odrezana, kar pri glavi z vgrajeno merilno celico in ob morebitni okvari le-te to ni mogoče.

S pridobitvijo *Certifikata o skladnosti* za trajna prednapeta geotehnična sidra *Freyssinet*, tip 2-7 T15S, naša družba, Primorje d.d., v okviru svoje dejavnosti na področju geotehničnih del, predstavlja in nudi inženirjem, inženirskim birojem, izvajalskim podjetjem in vsem, ki se ukvarjajo s problematiko na tem področju, vgradnjo geotehničnih sider *Freyssinet*, kot tudi rešitve za posebne izvedbe in najrazličnejša prilagajanja pri izdelavi in vgradnji geotehničnih sider.

## LITERATURA

- (1) Klemenc, I., Trajkovski, S. (2004). "Zahteve za prednapeta geotehnična sidra pri izgradnji avtocest v Republiki Sloveniji", *Zbornik referatov, Gradbeni proizvodi pri gradnji cest in drugih objektov, novosti, zahteve za kakovost, tržišče EU*, Megra 2004, Gornja Radgona.
- (2) Košir, A. (2004). "Tehnološki elaborat trajnih geotehničnih sider Freyssinet tip 2 - 7 T15S", 80 strani, Ajdovščina.
- (3) Predstavitvena dokumentacija proizvajalca geotehničnih sider *Freyssinet*.
- (4) Priporočilo SIA V 191, Prednapeta geotehnična sidra, Švicarsko združenje inženirjev in arhitektov, Zuerich, 1995.
- (5) TSC 07.202 "Geotehnična sidra" (delovni osnutek), Ministrstvo za Promet in zveze Republike Slovenije, 1998.
- (6) Arhiv družbe Primorje d.d.