



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA ŠOLSTVO IN ŠPORT



VRTANJE IN SIDRANJE

BOGDAN MAKOVŠEK

Višješolski strokovni program: Geotehnologija in rudarstvo
Učbenik: Vrtanje in sidranje
Gradivo za 2. letnik

Avtor:

mag. Bogdan Makovšek, univ. dipl. inž. rud.
Šolski center Velenje
Višja strokovna šola Velenje



Strokovni recenzent:

Primož Vedenik, univ. dipl. inž. rud.

Lektorica:

Urška Iršič, prof. slovenskega jezika in književnosti

CIP

Izdajatelj: Konzorcij višjih strokovnih šol za izvedbo projekta IMPLETUM
Založnik: Zavod IRC, Ljubljana.
Ljubljana, 2011

© Avtorske pravice ima Ministrstvo za šolstvo in šport Republike Slovenije.

Gradivo je sofinancirano iz sredstev projekta Impletum 'Uvajanje novih izobraževalnih programov na področju višjega strokovnega izobraževanja v obdobju 2008–11'.

Projekt oz. operacijo delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada ter Ministrstvo RS za šolstvo in šport. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007–2013, razvojne prioritete 'Razvoj človeških virov in vseživljenjskega učenja' in prednostne usmeritve 'Izboljšanje kakovosti in učinkovitosti sistemov izobraževanja in usposabljanja'.

Vsebina tega dokumenta v nobenem primeru ne odraža mnenja Evropske unije. Odgovornost za vsebino dokumenta nosi avtor.

KAZALO VSEBINE:



1	UVOD V VRTANJE NA PODROČJU RUDARSTVA IN GEOTEHNOLOGIJE	3
1.1	PODROČJA VRTALNE TEHNIKE	5
1.2	NAČINI IN METODE VRTANJA	8
2	GLOBINSKO VRTANJE	11
2.1	STROJI IN PRIPOMOČKI ZA VRTANJE	12
2.1.1	Vrtalna orodja	13
2.1.2	Jedrne cevi	14
2.1.3	Vrtalno drogovje.....	14
2.1.4	Izpirne glave	14
2.1.5	Vrtalni pribor	14
2.1.6	Reševalni pribor.....	14
2.2	TEHNOLOGIJA VRTANJA.....	15
2.2.1	Iznašanje izvrtanine	15
2.2.2	Uporaba obložnih cevi.....	15
2.3	NAMEN IN OPREMA VRTIN.....	15
2.3.1	Raziskovalne vrtine	15
2.3.2	Odvodnjevalne vrtine	15
2.3.3	Druge vrtine.....	16
2.4	LIKVIDACIJA VRTIN	16
2.5	DOKUMENTIRANJE VRTANJA.....	17
3	VRTANJE MINSKIH VRTIN.....	18
3.1	UDARNO VRTANJE.....	18
3.2	ROTACIJSKO VRTANJE	20
3.3	UDARNO ROTACIJSKO VRTANJE	21
3.3.1	Delovne faze udarno-rotacijskega vrtanja	21
3.3.2	Iznašanje navrtanine	22
3.3.3	Vrtalna kladiva	22
3.3.4	Vrste udarno-rotacijskega vrtanja.....	23
3.4	ODKLON MINSKE VRTINE.....	25
4	VRTANJE ZA ODVODNJEVANJE IN OPREMLJANJE NIVOJEV PODZEMNIH VODA	29
4.1	UVOD	29
4.2	VRTALNE GARNITURE ZA VRTANJE ODVODNJEVALNIH VRTIN.....	30
4.3	ČRPALKE ZA VRTANJE ODVODNJEVALNIH VRTIN	30

4.4	ORODJE IN PRIBOR ZA VRTANJE ODVODNJEVALNIH VRTIN	31
4.5	VGRADNJA IN PREIZKUS UVODNE KOLONE.....	32
4.5.1	Vrtanje in povrtavanje za uvodno kolono.....	33
4.5.2	Cevitev, vstavitev cevi uvodne kolone	33
4.5.3	Namestitev cementažne prirobnice pri vrtini v tleh	34
4.5.4	Namestitev cementažne – injektirne cevi in izdelava čepa pri vrtini v stropu... 34	
4.5.5	Cementaža skozi cementažno prirobnico pri vrtini v tleh, oziroma cementažno – injektirno cev pri vrtini v stropu	34
4.6	PREIZKUS TESNOSTI UVODNE KOLONE.....	34
4.7	IZDELAVA VTISNEGA FILTRA.....	35
4.8	IZDELAVA ODVODNJEVALNE VRTINE V TRIADNO PODLAGO ALI LITOTAMNIJSKI APNENEC	36
5	REVERZIBILNO VRTANJE	38
5.1	KONVENCIONALNI NAČIN VRTANJA.....	38
5.2	PRIPRAVA DELOVIŠČA.....	39
5.2.1	Montaža vrtalne garniture JKS Boyles B-15	39
5.2.2	Vgradnja uvodne kolone	40
5.2.3	Preizkus tesnosti uvodne kolone	41
5.3	VRTANJE	41
5.4	LIKVIDACIJA VRTINE	42
5.5	NAMEN REVERZIBILNEGA VRTANJA.....	43
5.6	IZPLAKA.....	43
5.6.1	Uporaba izplake	43
5.6.2	Namembnost izplake.....	44
5.6.3	Izplaka Argipol	44
5.7	VARNOSTNI UKREPI PRI REVERZIBILNEM VRTANJU.....	44
6	SISTEM VRTANJA Z INJEKTIRANJEM "JET GROUTING"	46
6.1	TEHNIKE INJEKTIRANJA.....	47
6.2	VRSTE JET GROUTINGA	47
6.3	IZBIRA JET GROUTING PARAMETROV	50
6.4	OPREMA ZA IZVAJANJE JET GROUTINGA.....	51
7	SIDRANJE V JAMSKIH PROGAH	54
7.1	SIDRANJE Z VISEČO VRTALNO GARNITURO GTA EHB 7600B.....	56
7.1.1	Tehnični opis stroja GTA EHB 7600B.....	57
7.1.2	Delovni cikel pri sidranju z visečo vrtalno garnituro GTA EHB 7600B.....	58
7.1.3	Premik in manevriranje viseče garniture	58
7.1.4	Nameščanje vrtalne lafete	58
7.1.5	Vrtanje sidrnih vrtin	59
7.1.6	Vgradnja sider	59
7.1.7	Tehnologija sidranja.....	60
7.1.8	Sidrne vrtine.....	61
7.1.9	Varnostni ukrepi pri delu z visečo vrtalno garnituro GTA	62
7.1.10	Organizacijski ukrepi pri delu z visečo garnituro	63
7.2	SMERNICE PRI KOMBINIRANI PODGRADNJI	64
8	SIDRANJE V GEOTEHNIKI.....	65
8.1	UVRTANA GEOTEHNIČNA SIDRA.....	65
8.2	VRSTE SIDER.....	66
8.2.1	Ekspanzijska sidra.....	66
8.2.2	Zalivna sidra.....	67

8.2.3	Vrvna sidra	68
8.2.4	Pasivna sidra	68
8.2.5	Prednapeta sidra	69
8.3	TRAJNOST SIDER	73
8.4	PRAKTIČNI VIDIK	73
8.5	KONTROLA SISTEMOV SIDRANJA	75
9	VIRI IN LITERAURA	77

KAZALO SLIK:

Slika 1:	Vrtalna garnitura na delovišču	5
Slika 2:	Ceste in mostovi	5
Slika 3:	Podzemni objekti v prerezu	6
Slika 4:	Vrtalna dela pri temeljenju	8
Slika 5:	Izvedba geosond	8
Slika 6:	Shematski prikaz načinov vrtanja glede na izvedbo vrtine	9
Slika 7:	Izplakovanje skozi vrtino	9
Slika 8:	Vrtalno postrojenje, pripravljeno za vrtanje	12
Slika 9:	Nekaj primerov oblik vrtalnih kron	13
Slika 10:	Shema kotalnega dleta	13
Slika 11:	Vrtalno drogovje in spojnica	14
Slika 12:	Shematski prikaz mrežastega filtra in s peskom obloženega filtra	16
Slika 13:	Vpliv sile pritiska na dleto, na hitrost vrtanja	19
Slika 14:	Vpliv pritiska svedra na hitrost vrtanja	20
Slika 15:	Vrtalna dleta	20
Slika 16:	Shema udarno-rotacijskega vrtanja	21
Slika 17:	Shema čiščenja dna vrtine	22
Slika 18:	Vrtalno kladivo izven vrtine	23
Slika 19:	Vrtalno kladivo v vrtini (Down-the-hole drilling DTH)	23
Slika 20:	Shema udarnega kladiva	24
Slika 21:	Osnovni parametri vrtanja minskih vrtin	24
Slika 22:	Minske vrtine v kamnolomu	25
Slika 23:	Odklon minske vrtine	26
Slika 24:	Instrument za meritev naklona in globine vrtine	27
Slika 25:	Potopna črpalka v jami Premogovnika Velenje	31
Slika 26:	Vtisni filter v preseku	36
Slika 27:	Jedrniki TRIPLEX in dobljeno jedro	38
Slika 28:	Vrtalni stroj Boyles JKS B-15	39
Slika 29:	Uvodna kolona	40
Slika 30:	Reverzibilna cirkulacija	41
Slika 31:	Ustje vrtine (zasun in tesnilna glava)	42
Slika 32:	Izplačni kesoni	42
Slika 33:	Jet grouting sistem injektiranja	46
Slika 34:	Monofluidni jet grouting sistem	48
Slika 35:	3-fluidni jet grouting sistem	50
Slika 36:	Vrtalni stroj pri tehnologiji jet grouting	51
Slika 37:	Drogovja, dleta in šobe pri tehnologiji jet grouting	51
Slika 38:	Mešalna postaja in črpalka	52
Slika 39:	Shema ureditve delovišča pri jet groutingu	52
Slika 40:	Proga, podgrajena z JLP in kompozitnimi sidri (redka tesarba)	55

Slika 41: Viseča vrtalna garnitura GTA EHB 7600B	57
Slika 42: Viseča vrtalna garnitura GTA EHB 7600B	57
Slika 43: Sidro WEIDMANN K-60	60
Slika 44: Sidrni drog K-60	60
Slika 45: Ploščica poliester	61
Slika 46: Matica epoksi K-60	61
Slika 47: Lepilna poliestrska vložka	61
Slika 48: MP2-profil s sedmimi sidri po obodu, pozicije posameznih sider	62
Slika 49: MP1-profil s šestimi sidri po obodu, pozicije posameznih sider	62
Slika 50: Shema geotehničnega sidra	65
Slika 51: Shema ekspanzijskega sidra	66
Slika 52: Elementi pasivnega sidra (matica, plošča, nosilna palica, spojka, vrtalna krona)....	68
Slika 53: Vgradnja – uvrtnje pasivnega geotehničnega sidra	69
Slika 54: Primer varovanja predorskega portala s komb. pasivnih in prednapetih sider	69
Slika 55: Shematski prikaz prednapetega sidra	70
Slika 56: Primer proizvodne hale geotehničnih sider	71
Slika 57: Vstavljanje sidra pri utrjevanju avtoceste	72
Slika 58: Preizkušanje sidra se izvaja s pomočjo merjenja vnešene sile, merjenja	72
Slika 59: Shematski prikaz sidranja stene	74

KAZALO TABEL:

Tabela 1: Vrtalne garniture v Premogovniku Velenje	30
Tabela 2: Črpalne garniture v Premogovniku Velenje	31
Tabela 3: Parametri sistema jet grouting	50

PREDGOVOR

Področje vrtanja in sidranja je zelo pomembno pred pričetkom izvajanja rudarskih in gradbenih del.

Tipičen primer vrtalnih del je raziskovanje mineralnih surovin. Raziskovanje mineralnih surovin pomeni predvsem vrtalna dela, ki imajo za cilj odkrivanje koristnih snovi v zemeljski skorji in na njej, določanje oblike in velikosti rudnega telesa, globine in načina razprostiranja, določanje geoloških in hidroloških pogojev v samem nahajališču in v prihrubini. Podatki iz vrtin predstavljajo osnovo za pravilno projektiranje in nadaljnje odkopavanje nahajališča, zato je potrebno na tem področju obvladati čimveč znanja.

Pred vami je gradivo, ki skuša na dostopen in razumevajoč način predstaviti področje vrtanja in sidranja.

S pravilnim načinom vrtanja se lahko pridobijo kvalitetni podatki za nadaljnje raziskave in osnove za projektiranje posameznih rudarskih in gradbenih objektov. Prav tako je vrtanje zelo pomembno pri načrtovanju vrste in obsega sanacij pri geotehničnih delih, kot so plazovi, podporni zidovi in podobno. Na osnovi podatkov, pridobljenih z vrtanjem, se določajo tudi načini izvedbe sidranj. S pravilno in kvalitetno izvedbo sidranj se izboljšajo geomehanske lastnosti hribin.

Na področju vrtanja in sidranja se oprema in tehnologija stalno nadgrajujeta, zato je potrebno temu strokovnemu področju posvečati veliko pozornosti in poglobljati znanja.

V gradivu Vrtanje in sidranje dijak osvoji temeljna znanja o izdelavi vrtin (definicija vrtin, delitev vrtin, metode in parametri vrtanja, stroji in naprave za vrtanje) in postopkih sidranja (namembnost sidranja, metode vrtanja sidrskih vrtin, tipi sider, načini vgrajevanja). Poudarek je tudi na tehnologiji vrtanja v jamskih razmerah, predvsem v podjetju Premogovnik Velenje, kjer imajo veliko izkušenj z vrtalnimi deli pod zemljo (vrtanje in sidranje v jamskih progah, vrtanje odvodnjevalnih vrtin).

Gradivo je nastalo v želji, da vam omogoči lažje poznavanje in razumevanje postopkov oz. izvedbe tehnologije vrtanja in sidranja z vso potrebno opremo.

Legenda oznak v gradivu:



KAJ BOSTE SPOZNALI



POVZETEK POGlavJA



NALOGE



KORISTNE POVEZAVE NA SPLETU (WWW)



VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA

1 UVOD V VRTANJE NA PODROČJU RUDARSTVA IN GEOTEHNOLOGIJE

Vrtanje je posebna tehnika prodiranja skozi hribino za določene namene (gradnja, raziskave, črpanje ipd.).



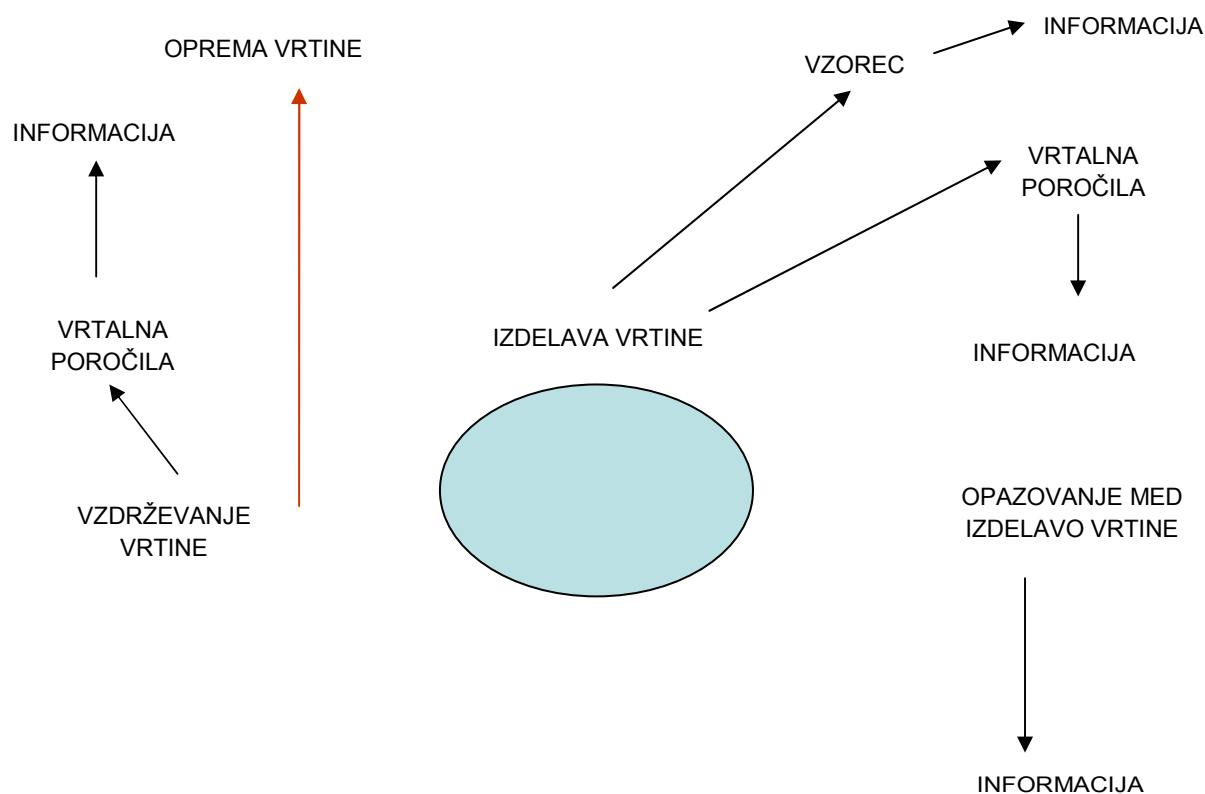
V poglavju boste spoznali znanja, ki so potrebna za opravljanje vrtalnih del. Pozornost je posvečena tudi raznolikim področjem, kjer se uporablja vrtalna tehnika. Na koncu so sistematično prikazani načini in metode vrtanja, kjer spoznate, na kakšen način bi se lotili vrtanja vrtin v različnih kamninah in hribinah.

Ali ste se že vprašali?

- ❖ Kaj si predstavljate pod pojmom vrtanje v geotehnologiji?
- ❖ Kje se po vašem mnenju vrtanje največ uporablja in zakaj?



Na shemi so ponazorjene najpomembnejše povezave pri procesu vrtanja. Skušajte jih razložiti in ugotoviti, kakšne so povezave med njimi.



Zaradi specifičnega dela mora imeti vrtalno osebje določena znanja, in sicer:

- ❖ **operativna znanja** (poznavanje vrtalnih strojev, vrtalne opreme, prevoznih in mobilnih sredstev),
- ❖ **tehnološka znanja** (vrtalne tehnologije, mehanika, hidravlika, elektrotehnika, varjenje, hidravlika, montaža opreme, izvedba opreme vrtin (cevitev ipd.), razumevanje posameznih vej inženirstva, geološka znanja),
- ❖ **organizacija dela in vodenje** (planiranje, nadziranje, preverjanje, reševanje problemov na terenu, komunikativnost, posredovanje tehničnih rešitev, iznajdljivost, vztrajnost).

Vrtanje se izvaja z ustreznimi orodji, ki jih poganjajo pogonski agregati, prirejeni velikosti vrtin in karakteristikam vrtanih hribin.



Z manjšimi vrtalnimi deli se v Sloveniji ukvarja več podjetij. Oglejte si naslednje spletne povezave in se seznanite z dejavnostmi podjetij.



<http://www.vrtalnadela.si/> (1. 12. 2010)

<http://www.rovs.si/> (1. 12. 2010)

<http://www.rgp.si/> (1. 12. 2010)

Oglejte si gradbišče v bližnji okolici, kjer se izvajajo vrtalna dela, in spoznajte opremo. Na kratko opišite svoje videnje gradbišča.



Slika 1: Vrtalna garnitura na delovišču

Vir: Vukelić, interno gradivo, 2002

1.1 PODROČJA VRTALNE TEHNIKE

Vrtanje je prisotno v večini inženirskih panog, in sicer: geotehniki, temeljenju objektov, raziskovanju mineralnih surovin, seizmiki, miniranju, vrtanju za vodo, varovanju okolja – monitoringu, plinu in nafti, sanaciji plazov.

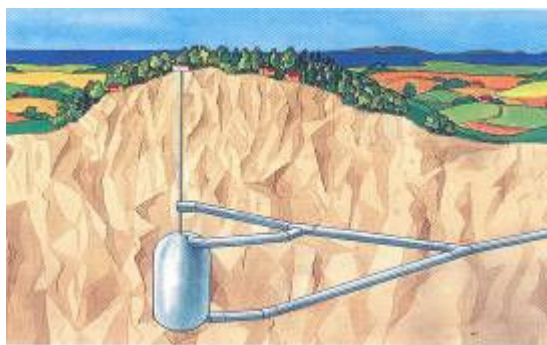
V geotehniki se vrtanje uporablja največ pri terenskih raziskavah pri različnih gradnjah, kot so zgradbe visokih gradenj, industrijski objekti, pregrade hidroelektrarn, ceste in mostovi, železnice.



Slika 2: Ceste in mostovi

Vir: Vukelić, interno gradivo, 2002

Pod površino se vrtanje uporablja pri gradnji tunelov, jaškov, podzemnih garaž in skladišč ter podzemnih hidroelektrarn.



Slika 3: Podzemni objekti v prerezu

Vir: Vukelić, interno gradivo, 2002

Spodaj so naštetá področja uporabe vrtalne tehnike še po ostalih posameznih dejavnostih.

❖ Raziskovanje mineralnih surovin

Vrtanje je namenjeno za:

- *določitev zalog*; zaloge mineralnih surovin so zelo pomembne pri odločitvi o nadaljevanju raziskovanja oz. o odpiranju in pridobivanju mineralne surovine;
- *opazovanje slojnih voda*; v veliko primerih se v sloju posameznih mineralnih surovin pojavlja voda, ki je zelo neugodna za raziskovanje in pridobivanje mineralnih surovin, zato je potrebno to vodo natančno raziskati in določiti njen obseg;
- *prospekcijske vrtine*; prospekcijske vrtine so zelo pomemben del vrtanja; z njimi lahko dobimo zelo veliko različnih podatkov o kvaliteti, sestavi in ostalih lastnostih mineralne surovine;
- *definiranje prelomov*; prelomi se velikokrat pojavijo v posameznih mineralnih surovinah in ne pomenijo nič dobrega. Zaradi različnih vzrokov prihaja do prelomov v mineralni surovini in tako nastane prazen prostor, kjer se nahaja zdrobljena mineralna surovina pod pritiskom in z veliko vsebnostjo plinov. Vse to predstavlja veliko nevarnost pri odpiranju in pridobivanju mineralne surovine.

❖ Miniranje/seizmika

Vrtanje je namenjeno za:

- *izvedbo minskih vrtin za pridobivanje surovin*; nekatere mineralne surovine se še vedno pridobivajo le z vrtanjem minskih vrtin in odstreljevanjem, zato je tudi na tem področju vrtanje zelo pomembno. S pravilnim in učinkovitim vrtanjem lahko izdelamo kvalitetne vrtine za učinkovito odstreljevanje;
- *pri podzemni eksploataciji*; pri tehnološkem procesu podzemne eksploatacije je vrtanje vsakodnevno prisotno za različne namene: varnostne, tehnološke, raziskovalne ...;
- *v cestogradnji*; tudi v cestogradnji se še veliko uporablja vrtanje, predvsem v povezavi z odstreljevanjem, saj je potrebno večkrat izdelati objekte v zelo trdnih materialih;

- *izvedbi vrtin za opazovanje seizmičnih vplivov miniranja*; pri miniranju prihaja do pojavov seizmike, zato se v določeno mineralno surovino zavrtajo vrtine, s pomočjo katerih se spremlja seizmično dogajanje v področju miniranja oz. odstreljevanja.

❖ Vrtanje za iskanje in izvedbo vodnih virov

Vrtanje je namenjeno za:

- *izvedbo vodnjakov za pitno vodo*; na svetu je veliko področij, kjer imajo težave s pomanjkanjem pitne vode, zato se v teh področjih intenzivno iščejo novi viri vode in v teh primerih je vrtanje nepogrešljivo;
- *izvedbo vodnjakov za tehnološko vodo*; tudi poraba tehnološke vode je čedalje večja, zato je tudi vrtanje za to vrsto vode obsežno in pomembno;
- *izvedbo vrtin za odvodnjavanje rudnikov*; nekateri rudniki so zelo vodonosni in imajo veliko težav z vodo, ki se nahaja v sloju, zato se s pomočjo vrtanja izdelujejo obsežni in učinkoviti odvodnjevalski objekti, kot so npr. viseči in vtisni filtri, baražni vodnjaki ...;
- *izvedbo vrtin za geotermalne vode*; geotermalne vode postajajo vse bolj pomembne v svetu, zato se aktivnosti s področja vrtanja v geotermalne namene nenehno večajo.

❖ Varovanje okolja/monitoring

Vrtanje je namenjeno za:

- *izvedbo raziskav za morebitno onesnaženje okolja*; onesnaženje okolja je čedalje večja skrb za to. Da bi prišli do čimveč podatkov, se v ta namen uporablja tudi področje vrtanja;
- *monitoring in testiranje* (piezometri, inklinometri); da bi dobili določene podatke, se vgrajujejo različni instrumenti, za katere je potrebno izdelati vrtine;
- *vzorčevanje*; najbolj točne in kvalitetne podatke o posameznih lastnostih določene mineralne surovine dobimo z vzorčevanjem, ki ga izvedemo z vrtanjem in pridobivanjem jedra;
- *definiranje arheoloških najdb*; tudi na tem področju je vrtanje izrednega pomena, saj na enostaven način z vrtanjem vrtin v določene najdbe dobimo zanesljive podatke.

❖ Plin in nafta

Vrtanje je namenjeno za:

- *raziskovanje nahajališč plina in nafte*; pri raziskovanju nahajališč plina in nafte je le vrtanje tisto, ki nam omogoča, da lahko raziskujemo nahajališča v ekstremnih globinah in pogojih;
- *pridobivanje nafte in plina*; vrtanje je edini način učinkovitega, zanesljivega in varnega pridobivanja nafte in plina;
- *indirektnem pridobivanju nafte z injiciranjem vode*; tudi pri tem postopku je potrebna uporaba vrtanja;
- *monitoringu*; z vrtanjem lahko izdelamo različne vrtine, ki nam služijo za vgrajevanje opreme za spremljanje monitoringa.

❖ Temeljenje objektov



Slika 5: Vrtalna dela pri temeljenju

Vir: Vukelić, interno gradivo, 2002

❖ Črpanje zemeljske toplotne energije



Slika 4: Izvedba geosond

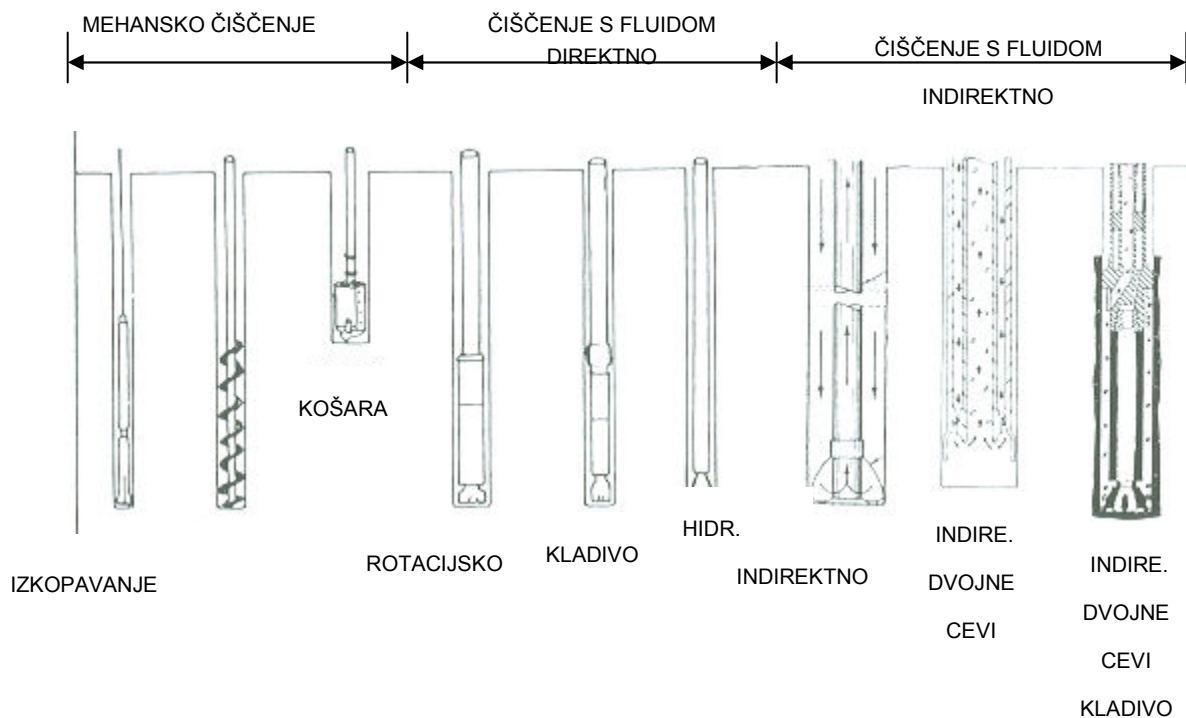
Vir: Vukelić, interno gradivo, 2002

1.2 NAČINI IN METODE VRTANJA

Izvedba vrtine vključuje tri bistvene stvari, in sicer rušenje kamenine oziroma hribine, čiščenje oziroma izpiranje navrtanine iz vrtine ter zaključna dela v vrtini (cevitev, cementacija, vgrajevanje filtrov ipd.).

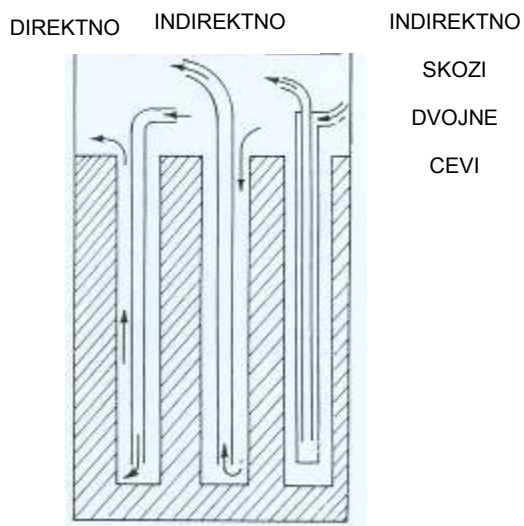
Načini izvedbe mehanskega rušenja kamenine in hribine so različni. Najbolj pogosti so: izkopavanje vrtine, spiralno rotacijsko vrtanje, rotacijsko vrtanje, udarno vrtanje s površinskim kladivom, rotacijsko udarno vrtanje s kladivom v vrtini in rotacijsko vrtanje manjših premerov – jedrovanje.

Načini izvedbe hidravličnega rušenja hribine so visokotlačno injektiranje, izpiranje hribine pri izdelavi vrtine, vtiskovanje cevi in hidravlično izpiranje vrtine.



Slika 6: Shematski prikaz načinov vrtanja glede na izvedbo vrtnice

Vir: Vukelić, interno gradivo, 2002



Slika 7: Izplakovanje skozi vrtnice

Vir: Vukelić, interno gradivo, 2002

Načini izvedbe glede na čiščenje in stabilizacijo vrtnice:

Čiščenje:

- ❖ čiščenje vrtnice izvajamo na mehanski način z izkopavanjem,
- ❖ čiščenje vrtnice izvajamo s fluidom (voda, izplaka, zrak ...) – direktno/indirektno*,
- ❖ vtiskovanje cevi in hidravlično izpiranje vrtnice – direktno/indirektno*.

Stabilizacija:

- ❖ stene vrtnice se ne rušijo – so stabilne,
- ❖ stabilnost vrtnice zagotavljamo s hidrostatičnim tlakom,
- ❖ stabilnost vrtnice zagotavljamo s cevmi.

* Izpiranje in čiščenje navrtanine iz vrtnice



POVZETEK

Vrtanje je posebna tehnika prodiranja skozi hribino za določene namene (gradnja, raziskave, črpanje ipd.). Vrtanje se izvaja z ustreznimi orodji, ki jih poganjajo pogonski agregati, prirejeni velikosti vrtin in karakteristikam vrtanih hribin.

Vrtanje je prisotno v večini inženirskih panog, in sicer: geotehniki, temeljenju objektov, raziskovanju mineralnih surovin, seizmiki, miniranju, vrtanju za vodo, varovanju okolja – monitoringu, plinu in nafti.

Izvedba vrtine vključuje tri bistvene stvari, in sicer rušenje kamenine oziroma hribine, čiščenje oziroma izpiranje navrtanine iz vrtine ter zaključna dela v vrtini (cevitev, cementacija, vgrajevanje filtrov ipd.).



VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA

1. Oseba, ki se ukvarja z vrtalno tehniko, potrebuje širša tehnična znanja. Skušajte primerjati delavca vrtalca z neko drugo strokovno osebo. V čem je bistvena razlika? Opišite potrebna tehnična znanja osebe, ki se ukvarja z vrtanjem.
2. Vrtanje se bo v prihodnosti še vedno bolj izpopolnjevalo. Katera so po vašem mnenju najperspektivnejša področja vrtalne tehnike v prihodnosti?
3. Kakšne načine vrtanja poznate? Če je možnost, si oglejte v bližini gradbišče, kjer se izvajajo vrtalna dela.
4. Naštejte nekaj praktičnih primerov uporabe vrtalne tehnike v gradbeništvu in geotehnologiji. Zakaj je po vašem mnenju tako pomembno vrtanje pred začetkom gradbenih del?
5. Katero vrtalno tehniko bi uporabili pri vrtanju v trdne magmatske kamnine?

2 GLOBINSKO VRTANJE

Globinsko vrtanje je način, da s površine prodremo do koristnih surovin globoko v zemlji, določimo njihov položaj, kvaliteto in količino.

Vrtanje se izvaja z ustreznimi orodji, ki jih poganjajo pogonski agregati, prirejeni velikosti vrtin in karakteristikam vrtanih hribin.



V poglavju boste spoznali stroje in pripomočke za izvedbo globokih vrtin, se seznanili s tehnologijo postopka vrtanja in spoznali tudi likvidacijo vrtin, ki se izvede, ko vrtina ni več uporabna. Seznanili se boste tudi s tem, čemu služi dokumentiranje posameznih vrtin. Dokumentiranje igra pomembno vlogo pri arhiviranju potrebnih podatkov.

Ali ste se že vprašali?

- ❖ Kako se izvrtajo vrtine za raziskovanje pred pričetkom gradbenih del in kako se pridobijo vzorci?
- ❖ Kaj je namen vrtanja globokih vrtin?



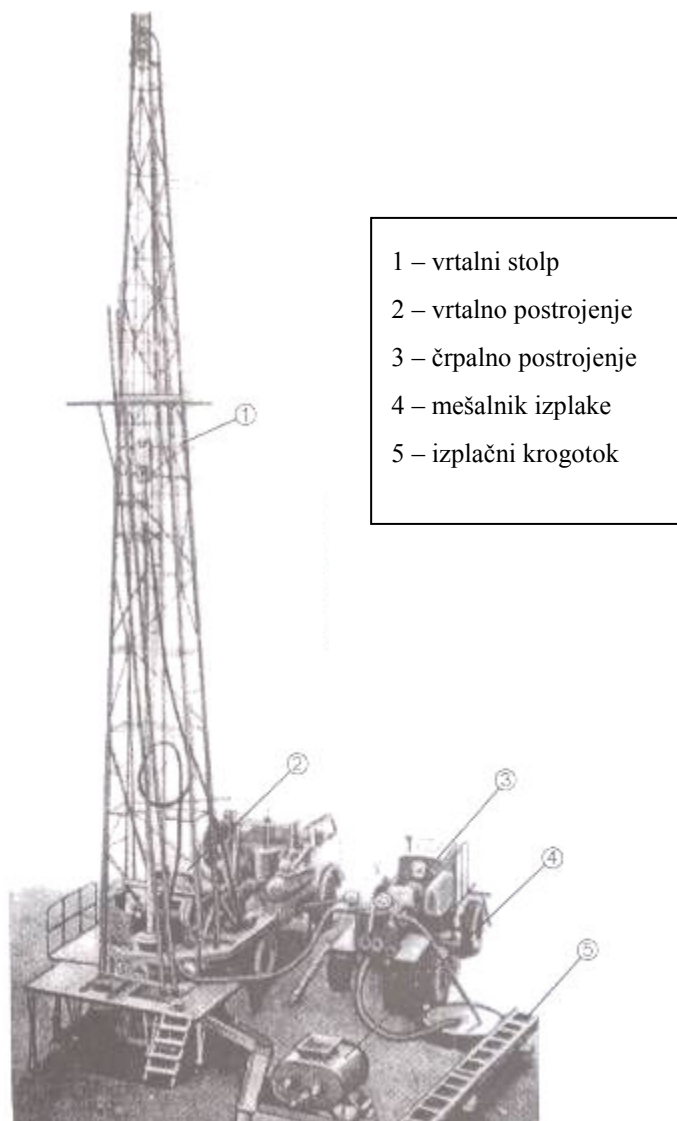
Na svetovnem spletu poiščite podjetje Atlas Copco in na kratko opišite njegove osnovne značilnosti (nastanek, osnovne panoge in proizvodi).



S pomočjo spletne povezave spoznajte najglobljo vrtino, ki je bila kdajkoli izvrtana na Zemlji. Opišite na kratko njene karakteristike (globino, premer, kraj vrtanja) in za kateri namen je bila izvrtana

The Deepest Hole: Vir: <http://www.damninteresting.com/the-deepest-hole> (1.12.2010)

2.1 STROJI IN PRIPOMOČKI ZA VRTANJE



- 1 – vrtalni stolp
- 2 – vrtalno postrojenje
- 3 – črpalno postrojenje
- 4 – mešalnik izplake
- 5 – izplačni krogotok

Osnovni princip vrtanja je, da s kroženjem rezil okoli osi dolbemo hribino, izvrtanino pa odstranjujemo. Za ta dela potrebujemo pogonsko in črpalno postrojenje, vrtalna orodja, vrtalni pribor, izpirno tekočino in reševalni pribor.

Pogonsko postrojenje predstavlja t. i. vrtalna garnitura, ki vključuje pogonski motor s prenosi, vrtalni stolp in črpalno postrojenje.

Slika 8: Vrtalno postrojenje, pripravljeno za vrtanje

Vir: Hrastnik, 1981, 71

Vrtalna orodja so: krone, dleta, jedrne cevi, vrtalno drogovje in izpirne glave.

Pogonsko postrojenje sestavljajo vrtalna garnitura, vrtalni stolp in črpalna garnitura.

Sestavni deli vrtalne garniture so: pogonski motor, reduktor, vrtalna glava in potisni ter izvlačilni sistem.

2.1.1 Vrtalna orodja

Vrtalna orodja so pripomočki, s katerimi hribine režemo, brusimo in dolbemo, lovimo in hranimo pridobljeno jedro, poglobljamo oziroma podaljšujemo luknjo ter dovajamo oziroma odvajamo izplakovalno tekočino ali zrak.

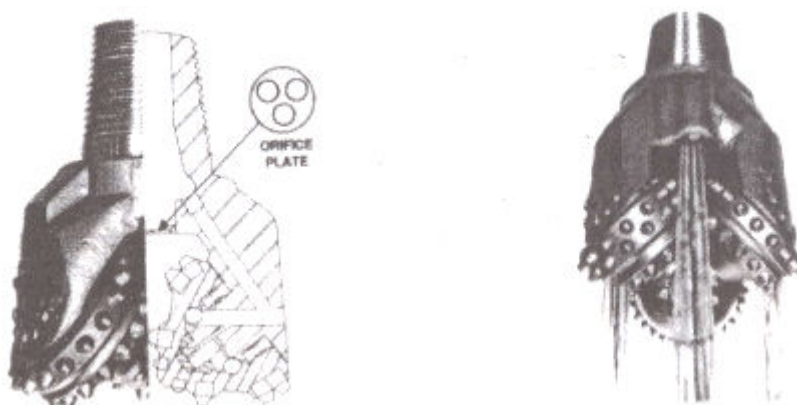
Sem spadajo:

- ❖ vrtalne krone in dleta,
- ❖ jedrne cevi,
- ❖ vrtalno drogovje,
- ❖ izpirne glave.



Slika 9: Nekaj primerov oblik vrtalnih kron

Vir: Hrastnik, 1981, 73



Slika 10: Shema kotalnega dleta

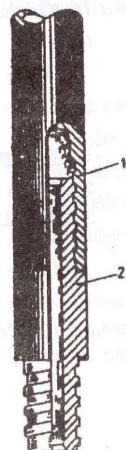
Vir: Hrastnik, 1981, 74

2.1.2 Jedrne cevi

Za lovljenje in izvlačenje obvrtanega stržena hribine se uporabljajo tako imenovane jedrne cevi (jedrniki). To so jeklene cevi, dolge od 1 do 6 m, na enem koncu opremljene s priključkom za vrtalno drogovje, na drugem pa prirejene za namestitev vrtalne krone.

2.1.3 Vrtalno drogovje

Za povezavo pogonskega dela vrtalnega stroja z vrtalno krono in jedrnikom se uporablja vrtalno drogovje. To so iz zelo kvalitetnega dela izdelane debelostenske cevi, tako dimenzionirane, da odpornostni moment preseka cevi prenese zahtevane obremenitve vrtanja, ki so pogosto zelo velike.



Slika 11: Vrtalno drogovje in spojnica

(1 – drogovje, 2 – spojnica)

Vir: Hrastnik, 1981, 75

2.1.4 Izpirne glave

Izpirne glave omogočajo dovajanje izpirne tekočine v vrteče se drogovje in skozenj na dno vrtine. Imajo mirujoči del, kamor je pritrjena visokotlačna cev, napeljana od črpalke, in vrteči se del, ki se privije v spoj vrtalnega drogovja.

2.1.5 Vrtalni pribor

Z njim si pomagamo pri dodajanju drogovja, izvlačenju orodja iz vrtine, razstavljanju in prazenju jedrnikov itd.

Po namenu jih ločimo na:

- ❖ pribor za privijanje in odvijanje drogovja in cevi (klešče, verižne klešče ...),
- ❖ pribor za pridrževalce drogovja in cevi v vrtini (kavlji, zagozde ...),
- ❖ izdelovalce izplake (mešalci).

2.1.6 Reševalni pribor

Za izvlačenje poškodovanega in zlomljenega orodja iz vrtine uporabljamo glede poškodbe posebej oblikovane pripomočke. Za prijemanje odlomljenega drogovja iz zunanje strani uporabljamo t. i. reševalne zvonove. To so cevi, ki so znotraj konično oblikovane in imajo na notranji strani vrezane navoje, zobce ali obročke. Reševalni koreni so konično oblikovani strženi, ki rabijo za uvijanje v zlomljene cevi.

2.2 TEHNOLOGIJA VRTANJA

Globinsko vrtanje se izvaja z vrtenjem vrtalnega drogova v vrtini. Pri tem vrtalna krona hribino reže, brusi, drobi ali melje.

2.2.1 Iznašanje izvrtanine

Izbira načina iznašanja izvrtanine je odvisna od hribine in vrtalnega orodja. Mehke hribine (gline, lesne premoge) lahko iznašamo mehansko s spiralnim drogovjem, ker so dovolj mehke, vsebujejo pa dovolj vlage, da se vrtalno orodje preveč ne pregreva.

Srednje trdne hribine (premoge, laporje, do neke mere tudi apnence) lahko izpihujemo, tj. izvrtanino iznašamo s komprimiranim zrakom.

Trdne in zelo trdne hribine ter nevezane materiale, še posebej, če vsebujejo vodo, pa moramo iznašati s hidravličnim transportom.

S čisto vodo izpiramo tiste hribine, ki jih voda ne erodira, stena vrtine pa ni rušljiva.

2.2.2 Uporaba obložnih cevi

V posebno težkih razmerah, kjer tudi izplaka ne zagotavlja stabilnosti sten vrtine, si pomagamo z obložnimi cevmi. To so iz kvalitetnega jekla izdelane cevi, ki imajo na koncih vrezan ženski in moški navoj.

2.3 NAMEN IN OPREMA VRTIN

Po končanem vrtanju se vrtine opremijo po namenu, za kar so bile izdelane.

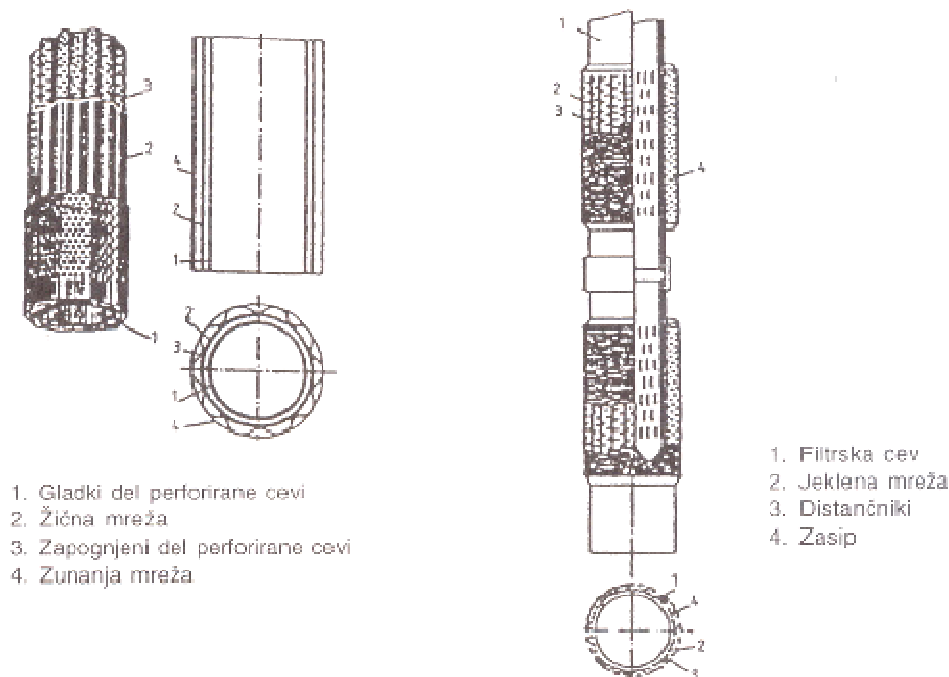
2.3.1 Raziskovalne vrtine

Namen teh vrtin je, da s prevrtanjem hribin do določene globine in pridobitvijo želenih vzorcev dobimo podatke o velikosti in kvaliteti prevrtanih slojev.

2.3.2 Odvodnjevalne vrtine

Vrtanje se vse bolj uporablja za odvodnjavanje hribin. V te namene se izdelajo eksploatacijske vrtine (vodnjaki) in opazovalne vrtine (piezometri). Iz vodnjakov dobivamo vodo, v piezometrih pa se opazuje nivo gladine vodonosnika. Njuna oprema je sestavljena iz filtrnega dela, ki je v območju vodonosnika, ter spodnjega in zgornjega jalovega dela, ki filtrni del na eni strani povezuje s površino, na drugi pa služi kot vsedalnik za pesek, ki ga v filtrni del iznaša voda. V primeru, da se vrtina priključi na jamski odvodni cevovod, se ta del opremi s polnimi cevmi, ki imajo na dnu vgrajen ustrezen priključek ali ventil.

Filtrni del vrtine (imenovan je tudi kaptažni del) je narejen iz cevi, ki so po obodu preluknjane (perforirane). Vgradi se na globino, kjer je bil med vrtanjem ali z ustreznimi raziskavami ugotovljen vodonosnik.



Slika 12: Shematski prikaz mrežastega filtra in s peskom obloženega filtra

Vir: Hrastnik, 1981, 77

2.3.3 Druge vrtime

Od vrтин, ki so namenjene še za druge namene, je vredno omeniti prezračevalne in zalivalne. Izdelane so običajno brez jedrovanja, opremljene pa v celoti glede na specifičnost namena.

2.4 LIKVIDACIJA VRTIN

Vsaka vrtina mora biti zapolnjena, ko je izpolnila svojo nalogo. Ta postopek imenujemo likvidacija. Za raziskovalne vrtime, v katerih ni dodatne opreme ali pa so vgrajene le obložne cevi, pride v poštev zapolnjevanje s cementom, pepelom ali z drugimi polnili. Polnilo zmešamo z vodo, potisnemo skozi vrtalno drogovje na dno vrtine in črpamo toliko časa, da se emulgat prelije čez ustje vrtine.

Večji problemi so z likvidacijami odvodnjevalnih in opazovalnih vrтин. Vgrajena oprema namreč preprečuje, da bi gosta polnilna brozga povsod zapolnjevala prostor za cevmi, še posebej, če je v vrtino vgrajen peščeni filtrni zasip. Zato se običajno že pri opremljanju vrtine v ta del vgradijo likvidacijske cevi. Če teh ni, pa jih je potrebno vgraditi kasneje z vrtanjem iz jame ali s površine ali pa vtisniti v kaptažni odsek posebna polnila.

Mesto vrtanja vrtine mora biti tudi po likvidaciji vidno označeno, na lokaciji pa je potrebno vzpostaviti prejšnje stanje.

2.5 DOKUMENTIRANJE VRTANJA

Vsako vrtino, vrtano v jami ali s površine, je treba dokumentirati.

Običajno se napiše poročilo, ki vsebuje:

- ❖ namen vrtanja,
- ❖ lokacijo s prostorskimi koordinatami,
- ❖ opremo vrtine,
- ❖ način likvidacije,
- ❖ opis dobljenih podatkov.



POVZETEK

Globinsko vrtanje je način, da s površine prodremo do koristnih surovin globoko v zemlji, določimo njihov položaj, kvaliteto in količino.

Vrtanje se izvaja z ustreznimi orodji, ki jih poganjajo pogonski agregati, prirejeni velikosti vrtin in karakteristikam vrtanih hribin.

Osnovni princip vrtanja je, da s kroženjem rezil okoli osi dolbemo hribino, izvrtanino pa odstranjujemo. Za ta dela potrebujemo: pogonsko in črpalno postrojenje, vrtalna orodja, vrtalni pribor, izpirno tekočino in reševalni pribor.

Globinsko vrtanje se izvaja z vrtenjem vrtalnega drogovja v vrtini. Pri tem vrtalna krona hribino reže, brusi, drobi ali melje.

Vsaka vrtina mora biti zapolnjena, ko je izpolnila svojo nalogo. Ta postopek imenujemo likvidacija.



VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA

1. Razložite namen globinskega vrtanja.
2. Primerjajte strojno opremo za globinsko vrtanje z drugimi vrtalnimi deli. Katere so njihove najpomembnejše značilnosti?
3. Pri globinskem vrtanju se lahko pojavijo tudi številne tehnološke težave, kot je npr. zagozditev vrtalnega drogovja. Kje so največji stroški reševanja opreme pri reševanju teh problemov? Poiščite primer v svetu, kjer je bilo vrtanje neuspešno.
4. Oglejte si na gradbišču vrtalno postrojenje in skušajte pojasniti, čemu je oprema namenjena v praksi.
5. Kako se dokumentira vsaka izvrtana vrtina? Na primeru pojasnite, zakaj je to bistvenega pomena.

3 VRTANJE MINSKIH VRTIN

Vrtanje minskih vrtin je ena izmed faz pri procesu razstreljevanja pred samim odstrelom. Za vrtanje minskih vrtin v hribini je pomembno poznavanje osnovnih lastnosti hribine. Hribine klasificiramo glede na njihov nastanek in glede na osnovne fizikalne lastnosti. Po nastanku ločimo magmatske hribine, metamorfne hribine in sedimentne hribine.



V poglavju boste spoznali različne lastnosti, kot so trdota, trdnost, elastičnost, plastičnost, abrazivnost, plastovitost in struktura, ki vplivajo na vrtanje. Tehnika vrtanja z razstreljevanjem je večstransko uporabna in razširjena v različnih panogah ter pri različnih delih. Večji del poglavja je posvečenega udarnemu rotacijskemu vrtanju, ki se največ uporablja za vrtanje minskih vrtin.

Ali ste se že vprašali?

- ❖ Zakaj trdnost vpliva na izbiro vrtalne garniture?
- ❖ Kateri fizikalni dejavniki vplivajo na izvedbo vrtanja?

V geotehnologiji, gradbeništvu in rudarstvu ima vrtanje minskih vrtin poseben pomen pri gradnji podzemnih prostorov, geotehničnih konstrukcij, usekov, izkopov in pri pridobivanju rudnin. Poznamo različne načine vrtanja minskih vrtin (mehanski, termični, hidravlični, električni, seizmični). V vsakodnevni praksi vrtanja in razstreljevanja hribin (kamnin) uporabljamo izključno mehanski način vrtanja minskih vrtin.

V uporabi so naslednji načini mehanskega vrtanja minskih vrtin:

- ❖ **udarno,**
- ❖ **rotacijsko,**
- ❖ **udarno-rotacijsko.**

V vsakodnevni praksi pridobivanja danes med mehanskimi načini prevladuje udarno-rotacijski način vrtanja.

3.1 UDARNO VRTANJE

Udarno vrtanje temelji na principu dleta in kladiva. Primerno je za trdne hribine.

$$P > \delta_p \times S [N] \quad (\text{povzeto po Pečovnik, 1987, 60}) \quad (3.1)$$

P...sila udarcev	(N)
σ_p ...porušna trdnost hribine	(N/m ²)
S...površina, na katero deluje dleto	(mm ²)

Globina prodiranja (penetracije) dleta v hribino pri vsakem udarcu je proporcionalna sili udarca.

$$h = \frac{P}{2 \times d \times \sigma_p} (\text{mm}) \quad (\text{povzeto po Pečovnik, 1987, 65}) \quad (3.2)$$

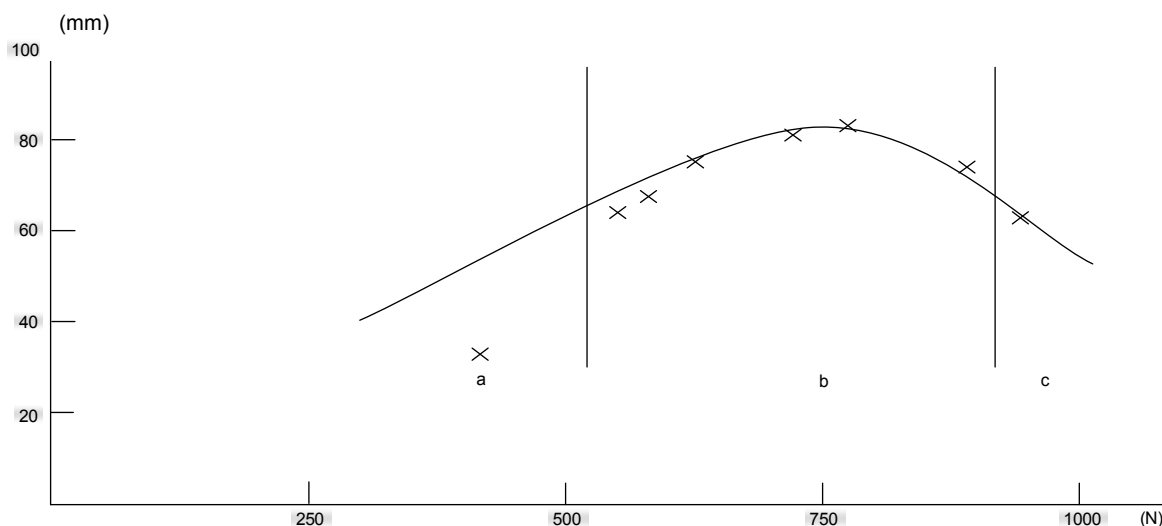
h...globina penetracije pri enem udarcu	(mm)
P...sila udarca	(N)
d...premer dleta	(mm)
σ_p ...trdnost hribine	(N/m ²)

Na globino penetracije dleta v hribino vpliva še kot dleta in trenje med dletom in stenami vrtine, ki v enačbi nista upoštevana.

Hitrost napredovanja dleta oz. hitrost vrtnanja je obratno sorazmerna koeficientu trdnosti (f) po Protodiakonovu:

$$v = \frac{100}{f} \times K (\text{min/min}) \quad (\text{povzeto po Hrastnik, 1978, 45}) \quad (3.3)$$

v...hitrost napredovanja dleta	(min/min)
f...koeficient trdnosti po Protodiakonovu	
K...koeficient, odvisen od teže kladiva	(0,9–1,4)



Slika 13: Vpliv sile pritiska na dleto, na hitrost vrtnanja

Vir: Hrastnik, 1978, 45

Pojasnitev diagrama:

Področje a:

V tem področju je pritisk na dleto nezadosten, dleto nima pravega stika z dnom vrtine in hitrost vrtnanja je majhna.

Področje b:

V tem področju je pritisk na dleto pravilen, hitrost vrtnanja je največja.

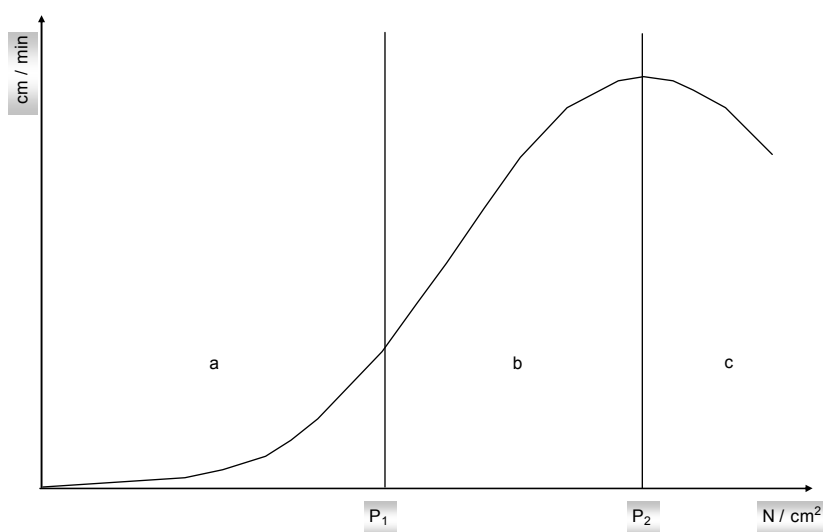
Področje c:

To je področje prevelikega pritiska, hitrost vrtnanja se zmanjšuje, ker je otežkočeno obračanje dleta.

3.2 ROTACIJSKO VRTANJE

Rotacijski način vrtanja se razlikuje od udarnega vrtanja po tem, da se hribina ne razbije in drobi, temveč se neposredno reže. Ta način vrtanja se uporablja za vrtanje v zmerno trdnih hribinah, premogih in soli.

Delovni element pri rotacijskem vrtanju je sveder (dleto) določene oblike. Penetracija ali prodiranje svedra (dleta) v hribino narašča z naraščanjem pritiska na dno vrtine, upada pa s premerom vrtalne krone in trdnosti hribine.



Slika 14: Vpliv pritiska svedra na hitrost vrtanja

Vir: Hrastnik, 1978, 47

Pojasnitev diagrama:

- a) *Področje struženja:* v področju a je pritisk na dleto oz. na dno vrtine nezadosten.
- b) *Področje rezanja:* hitrost penetracije dleta v hribino se začne naglo povečevati, ko se doseže in preseže kritičen pritisk P_1 .
- c) *Področje oviranja:* če pritisk na sveder preseže drugo kritično točko P_2 , krona na dnu vrtine ne more več rezati tako hitro, kot ji "narekuje" pritisk.



Slika 15: Vrtalna dleta

Vir: Božić, 1998, 48

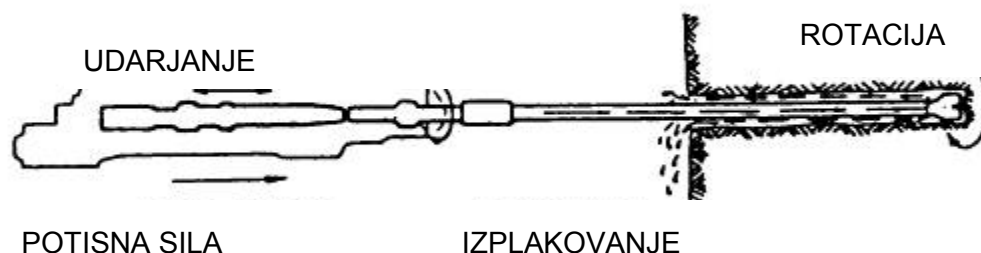
3.3 UDARNO ROTACIJSKO VRTANJE

Udarno-rotacijsko vrtanje je najbolj razširjen mehanski način vrtanja. Predstavlja kombinacijo udarnega in rotacijskega vrtanja. Zanj je karakteristično periodično udarjanje kladiva po stalno vrtečem se svedru. Udarno-rotacijsko vrtanje je primerno za trdne in tudi mehkejša hribine. Hitrost vrtanja je do 5-krat večja kot pri udarnem vrtanju.

Prvi prototip na parni pogon je bil izdelan že leta 1838. Z uporabo komprimiranega zraka kot vira energije (pri gradnji predora Mont Cenis l. 1861) pa se je uporaba udarno-rotacijskega vrtanja zelo hitro razvila pri razstreljevanju hribine v gradbeništvu in rudarstvu.

3.3.1 Delovne faze udarno-rotacijskega vrtanja

- ❖ *Udarec* – bat v vrtalnem kladivu s ponavljajočimi udarci udarja na vrtalni drog, ki prenaša silo udarca do rezila vrtalnega svedra, ki drobi hribino.
- ❖ *Rotacija* – z vrtenjem vrtalnega svedra udarja rezilo na hribino v različnih legah.
- ❖ *Potisna sila* – za vzdrževanje stalnega kontakta rezila s hribino je potrebna določena sila, s katero se potiska vrtalni sveder proti hribini.



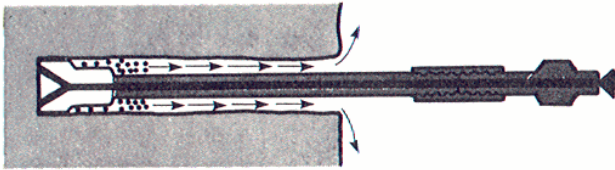
Slika 16: Shema udarno-rotacijskega vrtanja

Vir: Purtić, 1991, 14

Vrtenje vrtalnega drogovja, zaradi katerega se med posameznim udarcem rezilo obrne, omogoča, da rezilo na dnu vrtine ne udari vedno na isto mesto. Za različne vrste hribin znaša ustrezno število udarcev 80–150 obratov/minuto in kot zasuka rezila 10–20°. Za rezila premera ϕ 51÷89 mm je hitrost manjša, in sicer 40–60 obratov/minuto, kot zasuka rezila pa je 5–7°.

Moč udarca je energija, ki jo ustvari udarec bata in se prenese preko rezila na hribino, zato mora imeti rezilo stalni kontakt z dnem vrtine. Preslab udarec ima negativen vpliv, kar lahko pomeni manjšo hitrost vrtanja, manjšo penetracijo rezila v hribino in/ali večjo obrabo vrtalnega drogovja.

3.3.2 Iznašanje navrtanine



Slika 17: Shema čiščenja dna vrtine

Vir: Purtić, 1991, 26

Pri vrtanju je pomembno iznašanje navrtanine. Poznamo naslednje načine čiščenja dna vrtine:

- ❖ zračno (izpihovanje),
- ❖ vodno (izplakovanje),
- ❖ izplakovanje s peno.

Za učinkovito izpihovanje dna vrtine in s tem preprečevanje zaglave ter doseganje večjega učinka rezila mora hitrost zraka znašati 15–30 m/s in vode 0,4–1 m/s. Tlak zraka pri kladih na zračno izpihovanje dna vrtine mora znašati 100–700 kPa (1–7 bar).

$$v_0 = 9,55 \cdot \frac{\rho_r}{\rho_r + 1} \cdot d_p^{0,6} \left[\frac{m}{s} \right] \quad (3.4)$$

v_0 ... hitrost zraka (m/s)
 ρ_r ... prostorninska masa hribine (g/cm³)
 d_p ... premer zrn (mm)

3.3.3 Vrtalna kladiva

Glede na pogon vrtalna kladiva delimo na pnevmatska in hidravlična. Prednosti hidravličnih kladiv pred pnevmatskimi so naslednje:

- ❖ *Manjša poraba energije*; hidravlična vrtalna kladiva obratujejo pri višjih tlakih kot pnevmatska. Zaradi zahtevane večje tesnosti hidravličnih kladiv so tlačne izgube minimalne. Energija pri hidravličnih vrtalnih kladivih je bolj učinkovito izrabljena in predstavlja cca. 1/3 stroškov pnevmatskega pogona.
- ❖ *Nižja cena nadomestnih delov*; prenos energije se vrši preko batov, ki so daljši in imajo manjši premer. V praksi se je izkazalo, da je življenjska doba hidravličnih vrtalnih garnitur za 20 % daljša.
- ❖ *Večje vrtalne sposobnosti*; predvsem zaradi boljšega energijskega prenosa je penetracija hidravličnih vrtalnih kladiv od 50 do 100 % večja.
- ❖ *Boljši pogoji dela*; so manj hrupne, pri podzemni uporabi ne nastaja megla.
- ❖ *Možnost avtomatizacije*; lažja avtomatizacija posameznih delovnih operacij (npr. menjave vrtalnega drogovja, mehanizma proti zaskočitvi itd.).

3.3.4 Vrste udarno-rotacijskega vrtanja



Slika 18: Vrtalno kladivo izven vrtine

(Top Hammer TH)

Vir: Purtić, 1991, 56

Glede na lego vrtalnega kladiva pri udarno-rotacijskem vrtanju poznamo vrtalno kladivo zgoraj – izven vrtine (**Tophammer**) in vrtalno kladivo spodaj – na dnu vrtine (**Down-the-hole DTH**).



Metoda "Down-the-hole"
(Atlas Copco)

Vir:

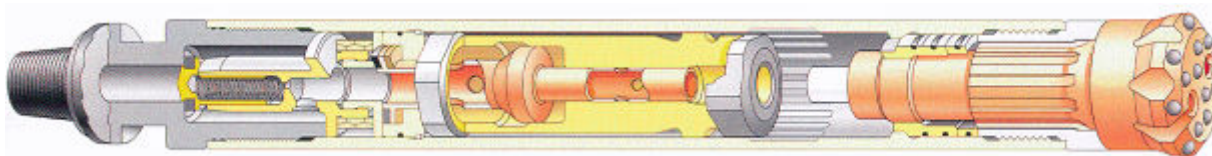
http://www.cmt.atlascopco.com/secoroc/secoroc_products-dth.html (1. 12. 2010)

Vrtalno kladivo zgoraj – izven vrtine

Obe osnovni fazi vrtanje in udarjanje potekata izven vrtine in se prenašata od držaja vrtalnega orodja preko vrtalnega drogovja na rezilo. Pogon vrtalnega kladiva poteka na pnevmatski ali hidravlični pogon.

Vrtalno kladivo v vrtini

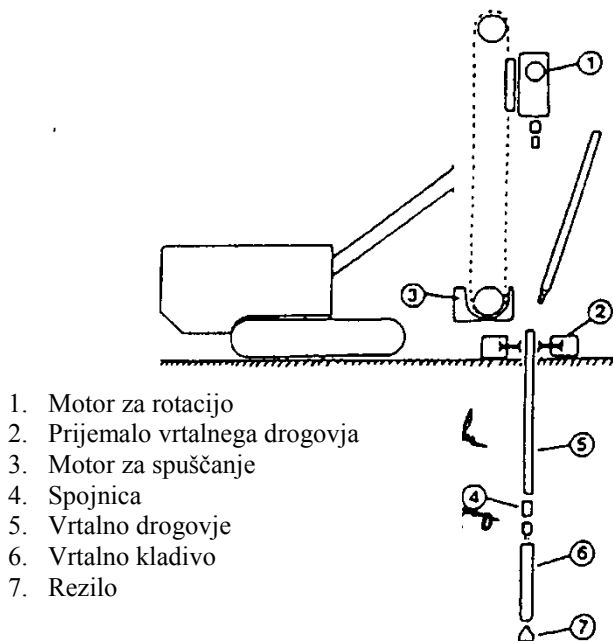
Udarci se prenašajo direktno na rezilo v vrtini, medtem ko obračanje (rotacija) poteka zunaj vrtine. Bat je na pnevmatski pogon, medtem ko se vrtenje izvaja na pnevmatski ali hidravlični pogon. Glede na lokacijo uporabe vrtalne garniture na površini ali pod površino se uporabljajo tudi različni premeri vrtin.



Slika 19: Vrtalno kladivo v vrtini (Down-the-hole drilling DTH)

Vir: Purtić, 1991, 59

Vrtanje s kladivom v vrtini je bilo razvito leta 1951. Danes se najpogosteje uporablja za vrtanje minkih vrtin na površini v primeru srednje trdnih in trdnih hribin in je konkurenčno rotacijskemu vrtanju. Ta način vrtanja se ni uveljavil za vrtanje vrtin v podzemnih prostorih.

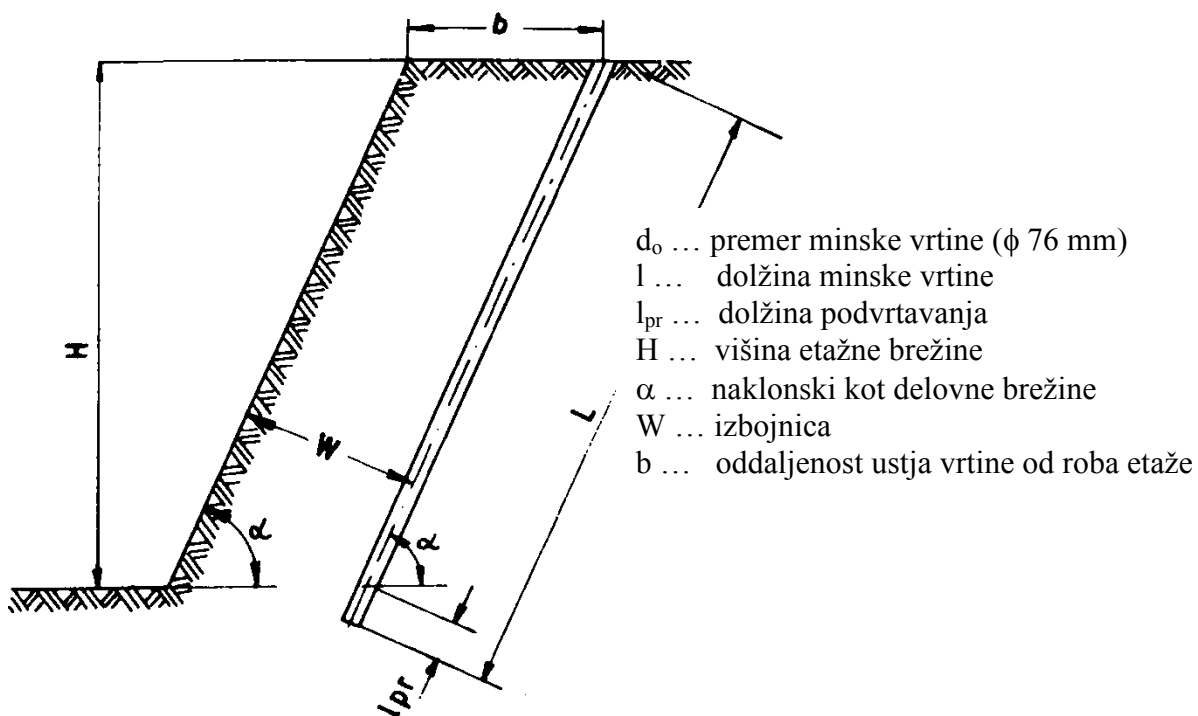


1. Motor za rotacijo
2. Prijemalo vrtnega drogovja
3. Motor za spuščanje
4. Spojnica
5. Vrtno drogovje
6. Vrtno kladivo
7. Rezilo

Princip delovanja kladiva v vrtini
 Udarec bata vrtnega kladiva se prenaša direktno na rezilo. Pogonsko sredstvo (medij) je komprimiran zrak, ki ga dovajamo preko vrtnega drogovja, ki hkrati zagotavlja rotacijo rezila. Rotacija se vrši s pomočjo hidravličnega ali pnevmatskega kladiva na površini. Čiščenje dna vrtine poteka preko odprtin v vrtni kroni s komprimiranim zrakom, ki se predhodno uporabi za pogon vrtnega kladiva. Število udarcev znaša 600÷1600 min⁻¹.

Slika 20: Shema udarnega kladiva

Vir: Purtić, 1991, 60



- d_0 ... premer minske vrtine (ϕ 76 mm)
- l ... dolžina minske vrtine
- l_{pr} ... dolžina podvrtavanja
- H ... višina etažne brežine
- α ... naklonski kot delovne brežine
- W ... izbojnica
- b ... oddaljenost ustja vrtine od roba etaže

Slika 21: Osnovni parametri vrtanja minskih vrtin

Vir: Purtić, 1991, 70



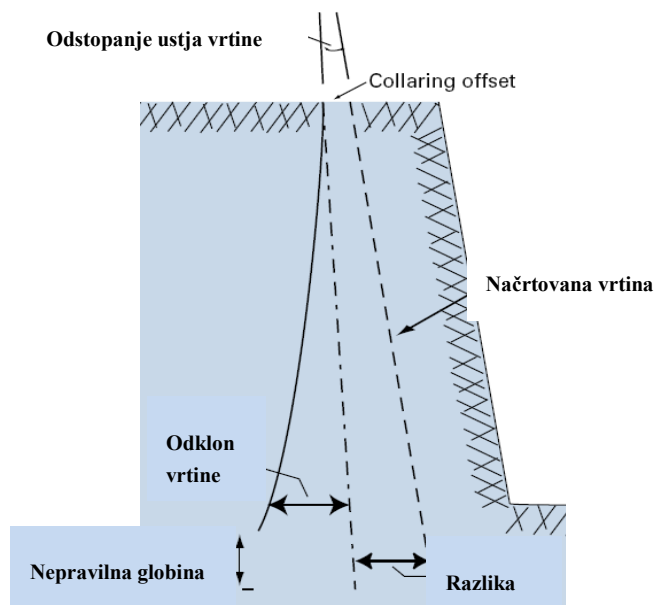
Slika 22: Minske vrtine v kamnolomu

Vir: Purtić, 1991, 72

3.4 ODKLON MINSKE VRTINE

Glavni parameter, ki vpliva na ustrezno fragmentacijsko/granulacijsko sestavo mineralne surovine, je izdelava načrtovane minske vrtine v njeni celotni dolžini. Ker je premočrtnost minske vrtine zelo pomembna, se je potrebno izogibati vsakim odklonom vrtine, kolikor je to le mogoče. Prva zahteva za zagotovitev/doseganje ustreznega predhodno načrtovanega rezultata miniranja je natančna izvedba teoretično načrtovanega polja minskih vrtin na terenu. To pomeni, da morajo biti ustja minskih vrtin na načrtovanih mestih in izvrtana v pravih smereh ter v ustreznih dolžinah.

Na sliki 23 so prikazani različni vzroki za morebitni odklon vrtine. Natančnost izvedbe ustja in orientiranost vrtine je mogoče izvesti z ustreznimi meritvami in označevanjem mreže vrtanja minskih vrtin na terenu kot z ustreznimi merilnimi instrumenti opremljeno vrtalno garnituro (meritev naklona in globina vrtanja). Pri sami izvedbi vrtanja minskih vrtin pa je potrebno zagotoviti tudi ustrezno vidljivost in vodenje vrtalne garniture.



Slika 23: Odklon minske vrtine

Vir: Purtić, 1991, 70

Minske vrtine imajo pretežno tendenco odklona v smeri pravokotno glede na smer plasti. Daljša, kot je vrtina, bolj poudarjen je lahko odklon. V praksi se pogosto potrjuje ugotovitev, da je odklon vrtine sorazmeren globini krat dva. Praktične izkušnje kažejo, da je predvsem pomemben kot, s katerim se vrtilna krona približuje mejni plasti. V primeru, da je kot manjši od 15° , se vrtilna krona usmeri vzporedno z lego plasti. Vrtanje vrtin skozi homogene hribine, kot je npr. izotropen granit z redkimi razpokami, praktično ne povzroča odklonov vrtin.

Tehnike za zmanjševanje odklonov minskih vrtin

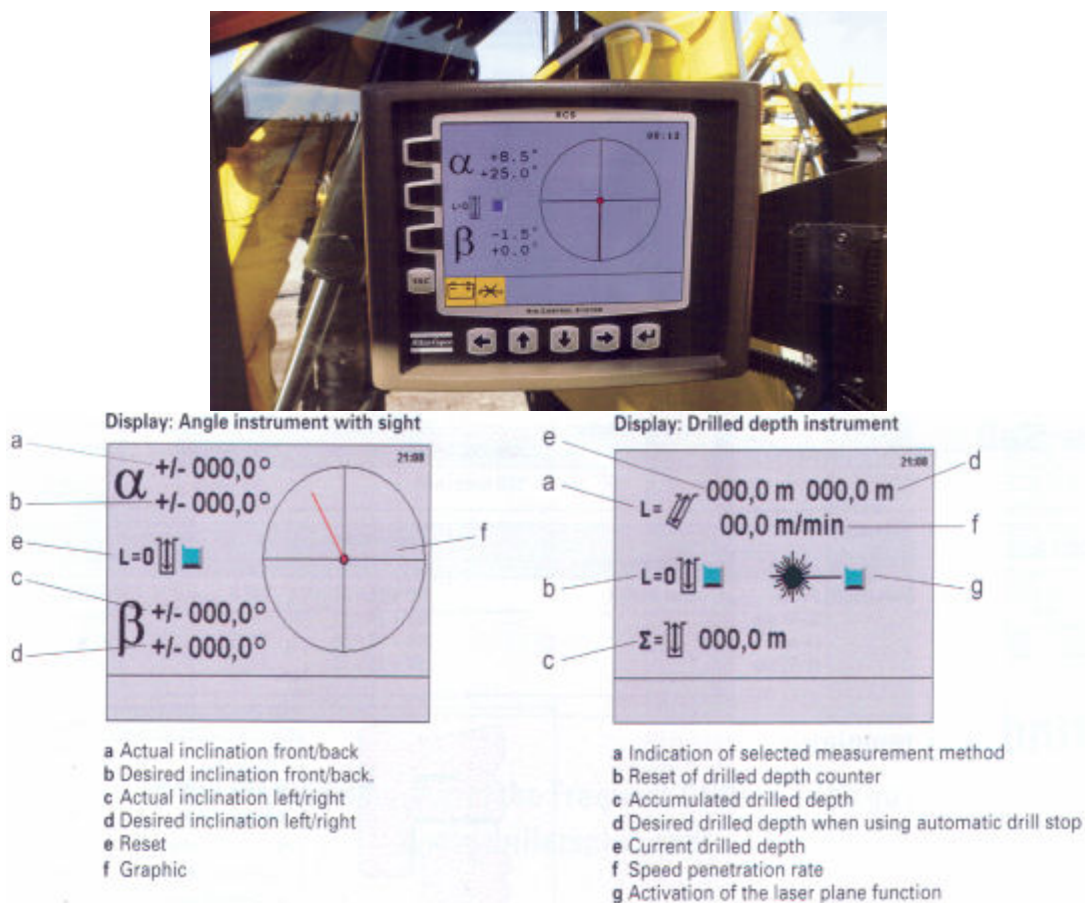
Uporaba togega vrtilnega drogovja in majhnega prostora med steno vrtine in vrtilnim drogovjem zmanjšuje možnost odklona vrtin.

Za primer vrtilnega kladiva zunaj vrtine (Atlas Copco) se uporabi t. i. TAC nastavek/cevi (TAC tubes), ki se vgradijo takoj za krono in izboljšujejo izpiranje dna vrtine ter odpravljajo/zmanjšujejo nevarnost zaglave krone.

Kombinacija zmanjšanja sile/tlaka potiska in povečanja hitrosti rotacije zmanjšuje možnost odklona vrtine.

Odklon vrtine je prav tako manjši v primeru uporabe DTH vrtanja, COPROD vrtanja ali rotacijskega vrtanja.

Znatno manjši odkloni vrtin pa nastopajo v primeru uporabe minskih vrtin manjših dolžin in posledično nižjih delovnih etaž (10 m).



Slika 24: Instrument za meritev naklona in globine vrtine

Vir: Purčić, 1991, 75

**POVZETEK**

Za vrtanje minskih vrtin v hribini je pomembno poznavanje osnovnih lastnosti hribine. Hribine klasificiramo glede na njihov nastanek in glede na osnovne fizikalne lastnosti. Udarno vrtanje temelji na principu dleta in kladiva. Udarno vrtanje je primerno za trdne hribine. Rotacijski način vrtanja se razlikuje od udarnega vrtanja po tem, da se hribina ne razbije in drobi, temveč se neposredno reže. Ta način vrtanja se uporablja za vrtanje v zmerno trdnih hribinah, premogih in soli. Udarno-rotacijsko vrtanje predstavlja kombinacijo udarnega in rotacijskega vrtanja. Zanj je karakteristično periodično udarjanje kladiva po stalno vrtečem se svedru. Udarno-rotacijsko vrtanje je primerno za trdne in tudi mehkejšje hribine. Glede na lego vrtnega kladiva pri udarno-rotacijskem vrtanju poznamo vrtno kladivo zgoraj – izven vrtine (Tophammer) in vrtno kladivo spodaj – na dnu vrtine (Down-the-hole DTH).



VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA

1. Katere načine vrtanja minskih vrtin poznate?
2. Kolikšna mora biti sila udarca, kolikšna pa horizontalna sila pri udarnem vrtanju?
3. Naštete lastnosti kamnin, ki vplivajo na vrtanje. Katere bi izpostavili kot najbolj pomembne?
4. Izpostavite najbolj pomembne vzroke, ki vplivajo na odklon vrtine. Zakaj se to dogaja?

4 VRTANJE ZA ODVODNJEVANJE IN OPREMLJANJE NIVOJEV PODZEMNIH VODA

Odvodnjevalne vrtine so ključnega pomena za zniževanje nivoja podzemnih voda, saj je vdor vode ena izmed potencialnih nevarnosti. V odvodnjevalne vrtine se nato vgrajujejo odvodnjevalni objekti, kot so npr. vtisni filtri.



V učni temi je predstavljena hidrološka problematika v Premogovniku Velenje, opisane so vrtalne garniture za vrtanje odvodnjevalnih vrtin ter orodje in pribor za vrtanje odvodnjevalnih vrtin. V nadaljevanju so predstavljene tehnologije vrtanja za posamezne odvodnjevalne objekte. Seznanili se boste s postopkom vrtanja vtisnih filtrov v jami, s katerimi se izvajajo odvodnjevalni postopki za varno odkopavanje pod vodonosnimi sloji.

Ali ste se že vprašali?

- ❖ Kako znižati tlake vode v zgornjih plasteh odkopavanja?
- ❖ Kakšna je osnovna naloga odvodnjevalne vrtine v jamskem prostoru?

4.1 UVOD

Hidrogeološka problematika je v procesu pridobivanja premoga v Premogovniku Velenje prisotna že dolgo vrsto let.

Vpliv vode na delo v jami je:

- ❖ kot možna nevarnost za katastrofalne vdore, kjer so ogrožena življenja in imetje;
- ❖ kot nevšečnost zaradi močenja, ki jo povzroča v manjših količinah iztekajoča voda;
- ❖ kot poslabšanje delovnih razmer, ki ga povzroča povečanje relativne vlažnosti v jamski klimi;
- ❖ kot zmanjšanje trdnostnih lastnosti in povečanje nabrekanja hribin, ki jih povzroči povečanje vlažnosti v materialih.

Intenzivni odvodnjevalni procesi potekajo v paketu pliocenskih peskov nad premogom, v *triadni podlagi**** in *litotamnjskem apnencu****.

Z odvodnjevalnimi vrtinami zmanjšujemo hidrostatični tlak in nivoje vode v vodonosnih plasteh. Za spremljanje učinkovitosti odvodnjevanja izdelamo v predelih, ki so blizu conam odvodnjevanja, vrtine za spremljanje podzemnega nivoja vode – jamske piezometre. Za merjenje hidrostatičnega tlaka v prvih peskih nad premogom iz jame pa uporabljamo neaktivirane vtisne filtre.

***Trias ali triada je prvo geološko obdobje v mezozoiku. Začelo se je pred 248 milijoni let ob koncu perma in se končalo pred 202 milijonoma let, sledi mu jura. Tako začetek kot konec te dobe sta zaznamovana z velikim izumrtjem. Obdobje je poimenovano po morfologiji kamnin, ki so se v treh zaporednih obdobjih razvile na tri različne načine.

***Litotamnjski apnenec – apnenec, katerega nastanek je povezan s plitvomorskim okoljem v bližini morskih obal, še posebej pa s karbonatnimi grebeni in platformami.

4.2 VRTALNE GARNITURE ZA VRTANJE ODVODNJEVALNIH VRTIN

Za vrtanje odvodnjevalnih vrtin uporabljamo različne stroje, uporaba določenega stroja pa je odvisna od zahtevanih parametrov vrtine.

Tabela 1: Vrtalne garniture v Premogovniku Velenje

<i>vrtalna garnitura</i>	<i>pogon vrt. garniture</i>	<i>moč el. motorja (kW)</i>	<i>premer vrtanja (mm)</i>	<i>max. dolžina vrtanja (m)</i>	<i>proizvajalec</i>
<i>KORFMANN GB-40</i>	<i>hidravlična</i>	<i>4-11</i>	<i>200 -1400</i>	<i>60</i>	<i>Korfmann (Nemčija)</i>
<i>KORFMANN GVB-15</i>	<i>hidravlična</i>	<i>22</i>	<i>45-230</i>	<i>250</i>	<i>Korfmann (Nemčija)</i>
<i>DIAMEC 260</i>	<i>hidravlična</i>	<i>45</i>	<i>46-200</i>	<i>400</i>	<i>Craelius-Atlas Copco (Švedska)</i>
<i>DIAMEC 251</i>	<i>hidravlična</i>	<i>40</i>	<i>46-160</i>	<i>295</i>	<i>Craelius-Atlas Copco (Švedska)</i>
<i>DIAMEC 262</i>	<i>hidravlična</i>	<i>45</i>	<i>50-200</i>	<i>450</i>	<i>Craelius-Atlas Copco (Švedska)</i>
<i>DIAMEC 232</i>	<i>hidravlična</i>	<i>20</i>	<i>42-110</i>	<i>120</i>	<i>Craelius-Atlas Copco (Švedska)</i>
<i>BAC-150</i>	<i>elektro - hidravlična</i>	<i>7,5</i>	<i>35-200</i>	<i>150</i>	<i>Geomašina (Jugoslavija)</i>

Vir: Premogovnik Velenje, interno gradivo

4.3 ČRPALKE ZA VRTANJE ODVODNJEVALNIH VRTIN

Črpalke pri vrtanju uporabljamo za:

- ❖ vzpostavljanje cirkulacije vode (izplake) pri mokrem vrtanju,
- ❖ vtiskanje cementne mase ob cementaži uvedne kolone ali pri likvidaciji vrtin,
- ❖ pri preizkusu tesnosti uvedne kolone, kjer je potrebno v vrtino vtisniti vodo pod tlakom.

V spodnji tabeli so prikazani osnovni tehnični podatki batnih črpalk, ki jih uporabljamo pri vrtanju odvodnjevalnih vrtin v jami Premogovnika Velenje.

Tabela 2: Črpalne garniture v Premogovniku Velenje

<i>črpalka</i>	<i>moč el. motorja</i>	<i>p max.</i>	<i>Q max</i>	<i>proizvajalec</i>
	<i>(kW)</i>	<i>(bar)</i>	<i>(l/min)</i>	
<i>PC 80</i>	5,5	25	80	<i>Geomašina (Jugoslavija)</i>
<i>PC 120</i>	7,5	25	120	<i>Geomašina (Jugoslavija)</i>
<i>TRIDO 80</i>	7,5	50	80	<i>Craelius-Atlas Copco (Švedska)</i>
<i>TRIDO 140</i>	15	60	140	<i>Craelius-Atlas Copco (Švedska)</i>
<i>TRIDO 220</i>	30	50	220	<i>Craelius-Atlas Copco (Švedska)</i>
<i>ČGZ-250 H-S</i>	22	50	250	<i>GZL (Slovenija)</i>

Vir: Premogovnik Velenje, interno gradivo

Odpadno vodo zajamemo z močvirniki in jo s pomočjo potopnih in stabilnih črpalk za črpanje vode potiskamo v cevovode odpadnih voda.

Uporabljamo naslednje tipe črpalk:

- ❖ FLYGT 1,1 kW,
- ❖ FLYGT 2,9 kW,
- ❖ FLYGT 37 kW,
- ❖ FLYGT 90 kW.



Slika 25: Potopna črpalka v jami Premogovnika Velenje

Vir: Premogovnik Velenje – interno gradivo

4.4 ORODJE IN PRIBOR ZA VRTANJE ODVODNJEVALNIH VRTIN

Pri vrtanju odvodnjevalnih vrtin uporabljamo sledeča vrtalna orodja in pribor:

- ❖ **gladko vrtalno drogovje** premerov 33 mm, 42 mm, 50 mm, 60 mm, 75 mm in 113 mm, s pripadajočimi spojnicami, prehodi med reducirnimi členi in izpirnimi glavami. Dolžine vrtalnega drogovja so: 0,75 m, 1 m, 1,5 m, 2 m, 3 m;

- ❖ **dleta in krone**, ki jih uporabljamo za vrtanje brez jedrovanja in so opremljena s segmenti iz karbidnih trdin - vidia ploščice (kar ustreza vrtanju po hribinah, s katerimi se srečujemo v jamah PV) in nam omogočajo vrtanje vrtin premera od 56 do 500 mm. Za vrtanje po različnih hribinah se razlikujejo po svoji obliki. Ločimo krilata dleta za vrtanje po premogu in mehkejših materialih, sestavljiva dleta za vrtanje po vseh materialih in sestavljiva segmentna dleta s pilotno krono za vrtanje po trših materialih;
- ❖ **enojne jedrnike** tipa B, ki jih uporabljamo za jedrovanje po kamnu, s tankostenskimi vidia in diamantnimi kronami ter vzmetnim lovilcem jedra, premera od 56 do 143 mm in dolžine do 3 m;
- ❖ **dvojne jedrnike** tipa KM, T2 in T6S, ki jih uporabljamo za jedrovanje po vseh ostalih materialih, z vidia kronami in vzmetnim lovilcem jedra ali lovilcem "košarica", premera med 65 in 143 mm ter dolžine do 3 m;
- ❖ **povzemalnike** – orodja za povrtavanje vrtin večjega premera, ki jih uporabljamo za širjenje profila vrtin na ustrezni večji premer;
- ❖ **povzemalnike s krilci** – orodja za povrtavanje z istočasno cevitvijo vrtine, premera med 110 in 155mm;
- ❖ **vodila** – uporabljamo jih pri povrtavanju s povzemalniki, da preprečimo prevelik odklon vrtin, premera med 74 in 800 mm;
- ❖ **jarme** – objemke, samozaporne čeljusti – "žabe", cevne in verižne klešče različnih dimenzij, ki jih uporabljamo pri manevriranju z vrtnim drogovjem in s cevmi v vrtini;
- ❖ **orodja za reševanje zaglav in zlomov** (gladko vrtno drogovje z levim navojem, trni, koreni, zvonovi za lovljenje pribora v vrtini) dimenzij, ki ustrezajo uporabljenemu vrtnemu drogovju in obložnim cevem;
- ❖ **oprema za cevitev vrtin** – pri cevitvi odvodnjevalnih vrtin uporabljamo naslednjo opremo:
 - cevi uvedne kolone so naslednjih standardnih dimenzij: 220 mm, 193 mm, 169 mm, 159 mm, 122 mm, 108 mm, 3", 2", prikazane so v prilogi št. 1;
 - obložne cevi naslednjih dimenzij: 143 mm, 128 mm, 113 mm, 108 mm, 98 mm, 84 mm, 74 mm, 64 mm, prikazane so v prilogi št. 2;
 - naprave za vtiskanje obložnih cevi, izdelane na Premogovniku Velenje, ki nam služijo pri dviganju in spuščanju cevi pri cevljenju vrtine;
 - ventili in zasuni različnih dimenzij, ki ustrezajo uporabljenim cevem;
 - dodatni ventili za meritve pretokov in tlakov vode dimenzij 1"–3".

4.5 VGRADNJA IN PREIZKUS UVODNE KOLONE

Uvodna kolona nam omogoča, da v času vrtanja ustje vrtine opremimo s preventorji. Ob eventualnih izbruhih plina, vode ali razmočenega materiala le-te obvladujemo in s tem zagotovimo varno delo oziroma obvarujemo jamske objekte.

Skozi uvedno kolono nadaljujemo z vrtanjem, vgrajujemo obložne in filtrske kolone, vgrajujemo razno opremo, priključujemo odvodne cevovode in izvajamo meritve, zato mora biti premer uvedne kolone tolikšen, da nam vse to omogoča.

Uvodna kolona mora biti zacevljena in zacementirana vsaj do kompaktno hribine – "zdravice". Po ugotovitvah geomehanikov segajo plastične deformacije okoli jamskih objektov, izdelanih v premogovem sloju, povprečno 6 m v sloj.

Poleg pogoja, da mora uvodna kolona segati do kompaktne hribine, je pri določanju dolžine uvodne kolone zaščitnih cevi potrebno upoštevati tudi prognozirani pritisk vode in plina v vrtini. Praksa je pokazala, da je za jamske razmere potrebna dolžina uvodne kolone prav tako 6 m. Pri tem smo upoštevali dejstva, da je uvodna kolona vgrajena v premogov sloj ter izmerjeni maksimalni pritiski vode in plina v vrtini ne presegajo 25 barov, le izjemoma do 40 barov.

Vgradnja uvodne kolone poteka v več fazah:

- ❖ vrtanje in povrtavanje za uvodno kolono,
- ❖ cevitev, vstavitev uvodne kolone,
- ❖ namestitev cementažne prirobnice pri vrtini v tleh,
- ❖ namestitev cementažne – injektirne cevi in izdelava čepa pri vrtini v stropu,
- ❖ cementaža skozi cementažno prirobnico pri vrtini v tleh oziroma cementažno – injektirno cev pri vrtanju v strop.

4.5.1 Vrtanje in povrtavanje za uvodno kolono

Običajno vrtamo vrtino za vgradnjo uvodne kolone z vrtalno garnituro, s katero bomo pozneje izvrtali celo vrtino. Najprej izdelamo pilotno vrtino, katere premer je manjši od 75 mm (običajno 56 mm). V primerih, ko je predvideno jedrovanje po celi dolžini vrtine (če to zahteva tehnologija izvedbe del), uporabimo tudi za vrtanje uvodne kolone odgovarjajoči jedrnik. Nato vrtino povrtamo na ustrežni večji premer, kot zahtevajo cevi uvodne kolone. Za povrtavanje in vrtanje vrtin za uvodno kolono, kjer jedrovanje ni zahtevano, uporabljamo krilato dleto – piramido.

Pri vrtanju v strop, če pogoji to omogočajo, vrtamo vrtino "na suho", medtem ko pri vrtanju v tla in vseh ostalih primerih vrtino izpiramo z vodo ali izplako, med katerimi največ uporabljamo bentonitne ali polimerne izplake. Pri jamskem vrtanju se za izplačni fluid običajno uporablja voda, bentonitno ali polimerno izplako pa uporabljamo le v izjemnih primerih.

Če pri vrtanju za uvodno kolono pride do nenadnega iztiskanja mulja ali vodonosnih peskov skozi vrtino, moramo uporabiti preventor. Skozi njega vtisnemo v vrtino cementno mleko ali podobno lepilo v peščeno plast in nato nadaljujemo z vrtanjem. Če s preventorjem ne dosežemo željenega učinka, vrtino zacevimo z manjšo poljubno cevjo premera 80–25,4 mm (3"–1"), opremljeno z zapornim ventilom in s čepom (pakerjem). Skozi to cev kontrolirano izpuščamo vodo z muljem in s peskom. Nato zraven te vrtine izvrtamo novo.

4.5.2 Cevitev, vstavitev cevi uvodne kolone

Vstavljanje cevi uvodne kolone je običajno ročno. Lahko si pomagamo tudi z ročno potezno napravo ali z vitlom, če je na delovišču vrtalna garnitura opremljena z vitlom za manevriranje z vrtalnimi priborom.

Premeri cevi za uvodno kolono so običajno med 108 in 220 mm. Cevi imajo za spajanje levi trapezasti navoj. Zadnja cev uvodne kolone, ki je vgrajena na ustje vrtine, mora imeti privarjeno prirobnico delilnega kroga 250 mm, izdelano iz najmanj 24 mm debele pločevine, na katero pozneje montiramo ostalo opremo ustja vrtine. Zadnja cev mora imeti s strani

vdelano dodatno cev premera 25,4 mm (1") za vtiskanje cementne mase v prostor med uvodno in bodočo obložno kolono.

V primeru, da bo pričakovani tlak vode v vodonosnih peskih večji od 10 barov, mora imeti prirobnica uvodne cevi utore, da visok tlak pozneje ne iztisne tesnila.

4.5.3 Namestitev cementažne prirobnice pri vrtini v tleh

Kadar vgrajujemo cevi uvodne kolone v tla, ustje vrtine zapremo s slepo prirobnico, na kateri je priključek za injektirno cev in ventil, s katerim preprečimo povratni tok cementne mase (cementažna – likvidacijska prirobnica).

4.5.4 Namestitev cementažne – injektirne cevi in izdelava čepa pri vrtini v stropu

Pri vgradnji uvodne kolone v strop moramo v prostor med cevjo in steno vrtine vstaviti injektirno cev manjšega premera (1"). Sledi izdelava čepa, to je zatesnitev prostora med vrtino in cevjo ob ustju vrtine. V ta namen uporabljamo juto in poliuretansko peno.

4.5.5 Cementaža skozi cementažno prirobnico pri vrtini v tleh, oziroma cementažno – injektirno cev pri vrtini v stropu

V pločevinasti posodi si pripravimo cementno maso z *vodocementnim faktorjem* W/C^{***} približno 0,5. Cementno maso pri vgradnji uvodne kolone v strop po injektirni cevi z batno črpalko vtisnemo v prostor med steno vrtine in cevjo. Pri tem čep, ki smo ga predhodno izdelali, preprečuje iztekanje cementne mase. Cementno maso vtiskujemo tako dolgo, dokler ne začne iztekati skozi cevi uvodne kolone.

Pri vgradnji uvodne kolone v tla vtisnemo cementno maso skozi cementažno prirobnico in skozi cevi uvodne kolone. Cementaža je končana, ko cementna masa priteče iz vrtine ob ceveh uvodne kolone. Na ta način zapolnimo tudi notranji presek cevi, zato je potrebno pred preizkusom tesnosti uvodne kolone in nadaljnim vrtnjem ta cement povrtati.

**** vodocementni faktor – razmerje med dodano količino vode in cementa na enoto gotovega betona; najbolj vpliva na trdnost*

4.6 PREIZKUS TESNOSTI UVODNE KOLONE

Preden nadaljujemo z vrtnjem, moramo preizkusiti tesnost uvodne kolone. Preizkus lahko izvedemo šele 42 ur po cementaži (čas, potreben za vezavo cementa). S tlačno črpalko vtiskamo vodo v uvodno kolono, da dosežemo preizkusni tlak, ki je za 50 % večji od prognoziranega tlaka v vrtini, ne sme pa biti večji, kot nam to dovoljuje trdnost materiala, iz katerega so narejene cevi. Preizkus mora trajati najmanj 30 minut, medtem pa tlak v uvodni koloni ne sme pasti za več kot 10 % (*povzeto po Navodila za delo pri jamskem vrtnju, Premogovnik Velenje*).

V primeru, da smo s preizkusom tesnosti ugotovili nezadostno tesnost uvodne kolone, pristopimo k ponovni cementaži. Skozi cementažno prirobnico vtisnemo v vrtino cementno maso, vrtino zapremo in pustimo, da se cement strdi. Nato povrtamo cement v ceveh uvodne kolone in ponovimo preizkus tesnosti. Če tudi drugi preizkus tesnosti uvodne kolone ni bil uspešen, moramo vgraditi dodatno uvodno kolono. Najprej s pilotno vrtino za 5 do 10 m podaljšamo vrtino in jo nato povrtamo na premer, kot ga zahtevajo cevi dodatne uvodne

kolone. Sledi vgradnja dodatne – druge uvedne kolone, cementaža in ponovni preizkus tesnosti.

Potek preizkusa tesnosti uvedne kolone se vpiše v knjigo preizkusov tesnosti uvednih kolon.

4.7 IZDELAVA VTISNEGA FILTRA

Režim vrtanja je odvisen od orodja, s katerim delamo. Diamantna orodja zahtevajo večje število vrtljajev, manjšo potisno silo na orodje in relativno majhen vrtilni moment. Zaradi občutljivosti diamantnega orodja na pregretje in zaradi visokega števila vrtljajev, s katerimi delamo, je posebej važno zadostno izpiranje vrtine, ki hkrati hladi diamantno orodje.

Orodja s segmenti iz karbidnih trdin zahtevajo manjše število vrtljajev, večjo potisno silo na orodje in večji vrtilni moment. Segmenti iz karbidnih trdin niso občutljivi na pregretje zaradi relativno manjšega števila vrtljajev, kljub temu pa je za iznašanje navrtanine potrebna zadostna cirkulacija izplačnega fluida. Pri "klasičnem" vrtanju uporabljamo predvsem orodja z rezili iz karbidnih trdin, ki ustrezajo materialom, s katerimi se srečujemo pri jamskem vrtanju (premog, krovinski glinovci, glina, meljevci ...). Orodja se glede na namen uporabe med seboj razlikujejo le v svoji geometrijski obliki. Delu s takšnimi orodji ustrezajo tudi tehnične karakteristike vrtalnih garnitur.

Za jedrovanje imamo na voljo enojne in dvojne jedrnike. Ustrezen pribor za jedrovanje izberemo glede na hribino, po kateri bomo jedrovali. V primerih, ko je potrebno izdelati vrtino večjega premera ali kadar vrtino jedrujemo, za cevitev pa potrebujemo vrtino večjega premera, kot smo jo izvrtali z jedrnikom, vrtino povrtamo na ustrezni večji premer. Pri tem prav tako uporabimo krilata ali segmentna dleta in ustrezna vodila, s katerimi zagotovimo enakomernejše povrtavanje oziroma preprečimo odklon vrtine.

Metoda vrtanja je odvisna od: smeri vrtine, vrste hribin, rudarsko-geoloških razmer in razpoložljive vrtalne opreme.

Za izdelavo vtisnih filtrov se uporabljajo trije načini vrtanja:

- ❖ klasični način (za vse smeri, vse vrste hribin),
- ❖ vrtanje z istočasnim cevljenjem (če se nam ruši ali nabreka stena vrtine) in
- ❖ vrtanje s tehnično kolono (za izdelavo vtisnih filtrov v strop).

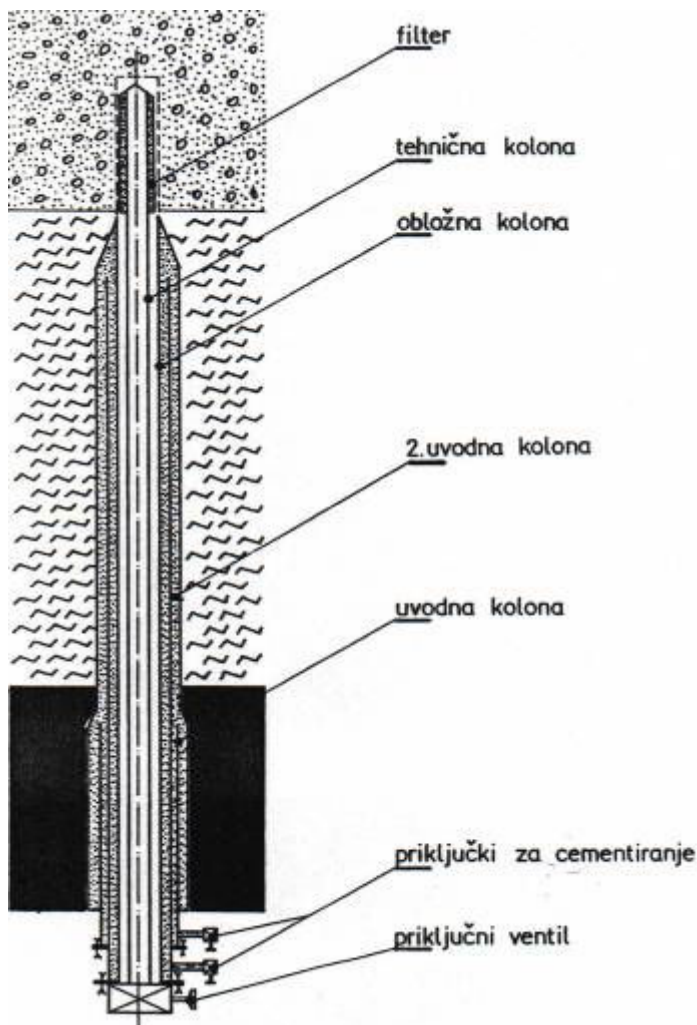
a) Klasični način izdelave vtisnega filtra

Vrtamo po premogu, glini ali drugih hribinah do neposredne bližine vodonosnega peska in se pri tem ravnamo po podatkih prognoznega profila. Ko je vrtina izdelana do neposredne bližine vodonosnika, vgradimo obložno kolono in jo zacementiramo, nato nadaljujemo z vrtanjem pilotne vrtine v vodonosno plast. Za izdelavo pilotne vrtine uporabimo najmanjši možni premer vrtalnega drogova, ki ne sme znašati več kot 56 mm. Vrtamo do 1 m v vodonosnik, da ugotovimo stanje v njem (tlak vode, izdatnost vodonosnika, granulacija peska, stopnja vezanosti hribine). Ko izmerimo željene parametre, pristopimo k vgradnji filtra ali pa nadaljujemo vrtanje na drug način, ker klasično vrtanje ni več mogoče.

b) Vrtanje z istočasnim cevljenjem vrtine

Predhodno izvrtano vrtino manjšega premera (izvrtano na klasičen način) povrtavamo s povzemalnikom s krilci na željeni premer, ki omogoča vgradnjo obložnih ali filtrskih cevi.

Istočasno s hidravlično dvigalko potiskamo cevi v vrtino. Cevi brez rotacije sledijo povzemalniku na razdalji 0,5–1 m. Po končanem vrtanju drogovje izvlečemo, povzemalnik se samodejno zapre. Cevi pritrdimo na podgradnjo ali na uvodno kolono.



Slika 26: Vtisni filter v preseku

Vir: Fijavž, 2002

4.8 IZDELAVA ODVODNJEVALNE VRTINE V TRIADNO PODLAGO ALI LITOTAMNIJSKI APNENEC

Vrtanje za izdelavo odvodnjevalne vrtine v triadno podlago ali litotamnijski apnenec je podobno vrtanju za izdelavo vtisnega filtra. Običajno so te vrtine daljše, zato po potrebi vgradimo tudi več obložnih kolon.

Smer vrtine je odvisna od lege jamskega prostora, iz katerega vrtamo. Običajno izberemo lokacijo na takšnem mestu, da vrtamo odvodnjevalne vrtine v litotamnijski apnenec ali triadno podlago pod negativnim naklonskim kotom.

c) Vrtanje s tehnično ali filtrsko kolono

Pri tem načinu vrtamo z obložnimi ali s filtrskimi cevmi namesto z vrtalnim drogovjem. Cevi imajo desni navoj in so za ta način dela primerno dimenzionirane. Vrtalna krona je sestavljena iz dveh delov, od katerih je zunanji privarjen na vrtalne cevi, notranji pa v zunanjega. Z vrtalnim drogovjem skozi cevi odvijemo in izvlečemo notranji del krone in s tem omogočimo nadaljnje vrtanje s cevmi manjšega premera.

Glede na to, da pri izdelavi odvodnjevalnih vrtin v triadno podlago in litotamnijski apnenec običajno srečujemo trše materiale kot pri izdelavi vtisnega filtra, uporabljamo tudi orodja za trše materiale (sest. krilata dleta, segmentna disk dleta).



POVZETEK

Odvodnjevalne vrtine so ključnega pomena za zniževanje nivoja podzemnih voda, saj je vdor vode ena izmed potencialnih nevarnosti. V odvodnjevalne vrtine se nato vgrajujejo odvodnjevalni objekti, kot so npr. vtisni filtri.

Z odvodnjevalnimi vrtinami zmanjšujemo hidrostaticni tlak in nivoje vode v vodonosnih plasteh. Za spremljanje učinkovitosti odvodnjevanja izdelamo v predelih, ki so blizu conam odvodnjevanja, vrtine za spremljanje podzemnega nivoja vode – jamske piezometre. Za merjenje hidrostaticnega tlaka v prvih peskih nad premogom iz jame pa uporabljamo neaktivirane vtisne filtre.



VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA

1. Za učinkovito odvodnjevanje je v jamo Premogovnika Velenje izvrtanih nekaj vodnjakov s površine v jamo, kjer se hribinska voda gravitacijsko spušča in se tako zmanjšujejo tlaki vode v prvih peskih. Primerjajte ta način z izgradnjo vtisnih filtrov.
2. Kakšen namen imajo vtisni filtri? Na kratko opišite postopek izdelave z vrtanjem.
3. Katere vrtalne garniture za vrtanje odvodnjevalnih objektov poznate?
4. Zakaj se naredi preizkus tesnosti uvodne kolone pri vrtanju?

5 REVERZIBILNO VRTANJE

Tehnologija reverzibilnega vrtanja je način izpiranja vrtine s pomočjo izplake, ki jo s tlačno črpalko vtiskamo v vrtino. Izplako vtiskamo med steno vrtine in vrtnim drogovjem, vrača pa se skozi vrtno drogovje. Izplaka, ki se vrača skozi vrtno drogovje, s seboj potiska navrtano jedro, ki ga lovimo za vrtno garnituro. Za ta način vrtanja uporabljamo vrtno drogovje standardov NQ in BQ. Za izpiranje vrtine uporabljamo črpalne agregate, ki imajo možnost večstopenjske pretočnosti.



V poglavju se boste seznanili z metodo reverzibilnega vrtanja, ki je način izpiranja vrtine s pomočjo izplake. Pozornost je posvečena vrtanju v praksi in uporabi izplake. Ugotovili boste namen izplake. Poudarek je tudi na varnostnih ukrepih, ki so nujno potrebni, da se vrtanje izvede pravilno.

Ali ste se že vprašali?

- ❖ Kaj je bistvo izplake pri vrtanju vrtin?

5.1 KONVENCIONALNI NAČIN VRTANJA

Za konvencionalni način vrtanja uporabljamo jedrnike tipa Triplex. Pri jedrovanju se stremi k uporabi daljših jedrnikov, saj le-ti omogočajo manjšo število manevrov za isto dolžino jedrovanja, to pa je še posebej pomembno pri daljših vrtinah. Dolžina teh jedrnikov, ki se uporabljajo, je 1500 in 3000 mm. Jedrovanje poteka v več fazah. Najprej spustimo v vrtino vrtno orodje in vzpostavimo cirkulacijo izplačnega fluida, ki ga vtiskamo skozi drogovje in se vrača ob stenah vrtine. Dolžina manevra jedrovanja je odvisna od dolžine jedrnika. Ko je jedrnik poln, izvlečemo vrtno drogovje in iz jedrne cevi izpraznimo pridobljeno jedro. Postopek vrtanja se ponavlja do končne globine vrtanja. Med konvencionalnim načinom vrtanja in reverzibilnim vrtanjem je bistvena razlika v vtiskanju izplačnega fluida in načinu pridobivanja jedra.



Slika 27: Jedrnik TRIPLEX in dobljeno jedro

Vir: Roškar, 2010

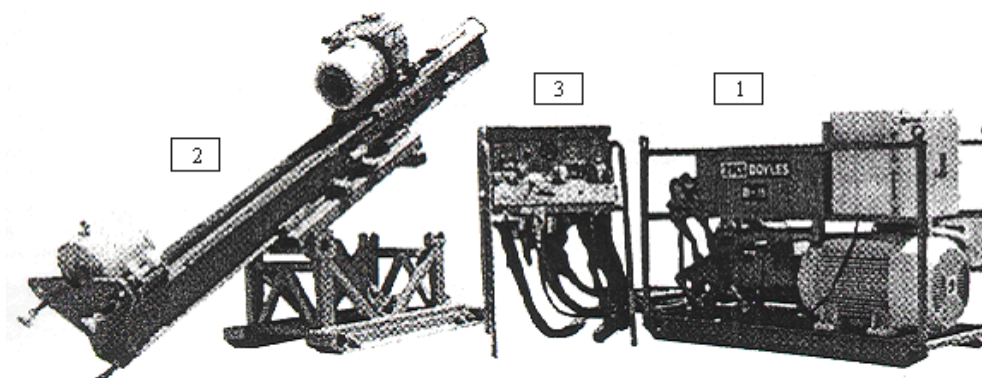
5.2 PRIPRAVA DELOVIŠČA

Delovišče moramo pripraviti tako, da ustreza obstoječim predpisom in navodilom. Pred začetkom del mora nadzornik preveriti:

- ❖ mesto vrtanja,
- ❖ jamske pline,
- ❖ zadostnost zračenja,
- ❖ stanje el. kablov in cevovodov, ki morajo biti ustrezno obešeni in zaščiteni,
- ❖ uporabo vseh predpisanih zaščitnih sredstev,
- ❖ število samoreševalnih aparatov RVL-1.

5.2.1 Montaža vrtalne garniture JKS Boyles B-15

Vrtalni stroj JKS B-15 je vrtalni stroj, ki za svojo postavitev rabi več prostora. Pri vrtanju v tla zaradi njegovih gabaritov potrebujemo vrtalni jašek za varno delo in ravnanje z vrtalnim drogovjem. Pri vrtanju v bok proge moramo imeti izdelano slepo proggo, da postavimo vrtalni stroj, in vso pripadajočo opremo, ki jo potrebujemo za izdelavo vrtine (lovilni bazeni za izplako).



Slika 28: Vrtalni stroj Boyles JKS B-15

Vir: Roškar, 2010

Vrtalno garnituro montiramo v naslednjem zaporedju:

Podstavek vrtalne enote postavimo na mesto, da omogoča pravilno lokacijo in smer vrtanja. Na sani podstavka namestimo oporni stojki in ju pritrdimo z dvema vijakoma M 20 s koničastima glavama. Podstavek podložimo z lesenimi žaganci debeline min. 110 mm tako, da enakomerno poseda po celi površini. Paziti moramo, da sta nastavka opornih stojk pravilno podložena. Na podstavku odvijemo vijake držal podajalnega okvirja in enostransko odstranimo držala.

Lafeto namestimo na podstavek in jo pritrdimo z odstranjenimi držali. Prosto uho cilindra podajalnega okvirja pritrdimo na primerno mesto s sornikom in zavarujemo z razcepko.

Hidravlični aregat postavimo ob bok proge v oddaljenosti dosega hidravličnih cevi na mesto, kjer je dobro zračenje, tako da je vidno nivojno-temperaturno kazalo in možno polnjenje hidravličnega olja. Hladilnik olja povežemo s cevmi NP20 z vodo za hlajenje.

Komandni pult postavimo na pregledno mesto v dosegu hidravličnih cevi, da lahko varno upravljamo vrtalno garnituro.

Hidravlične cevi povežemo s hitrimi priključki po označbah končnikov in hidravlično shemo. Po končani vezavi dolijemo olje (hidrolubric VG46) v rezervoar preko ročne črpalke na hidravličnem agregatu. Pri polnjenju hidravličnega krogotoka (vsebuje 31 l olja) je potrebno preveriti, ali sta napolnjeni poleg cevi tudi črpalke. Črpalke napolnimo z oljem tako, da odzračimo iztočne cevi obeh črpalke.

Za pravilno priključitev hidravličnih cevi in delovanje garniture je odgovoren kvalificiran ključavničar strojnega remonta, katerega določi nadzornik strojnega remonta. Pri preizkusnem zagonu centriramo vrtalno enoto (smer in naklon), namestimo oporni stojki na podstavek in ju upremo v strop proge. Po končani montaži je za izvedbo poskusa odgovoren nadzornik vrtanja.

5.2.2 Vgradnja uvodne kolone

Najprej izvrtamo pilotno vrtino, katere premer je 75 mm, nato pa jo povrtamo na ustrezni večji premer, kot ga zahtevajo cevi uvodne kolone. V primerih, ko je predvideno jedrovanje po celi dolžini vrtine, uporabimo tudi za vrtanje uvodne kolone jedrniki, nato pa vrtino povrtamo na ustrezen premer.

Ko je vrtina izvrtana, jo zacevimo na dolžino povrtane vrtine. Dolžina uvodne kolone ne sme biti krajša od 6 m. Poleg pogoja, da mora uvodna kolona segati do kompaktne hribine, pa je pri določanju dolžine uvodne kolone potrebno upoštevati tudi predvideni pritisk plina in vode v vrtini.

Zadnja vgrajena cev mora biti opremljena s prirobnico delilnega kroga 250 mm, ki je izdelana iz najmanj 24 mm debele kovine. Ob strani mora imeti priključek $\varnothing 1''$, ki ga uporabljamo za cementiranje uvodne kolone.

Na ustju izdelamo čep in začnemo z vtiskanjem cementnega mleka. Cementno mleko vtiskamo tako dolgo, da priteče po uvodni koloni.

V kolikor izdelujemo vrtino v nevezani hribini, je potrebno okolico vrtine zacementirati s cementnim mlekom ali z drugimi lepljivimi masami.



Slika 29: Uvodna kolona

Vir: Roškar, 2010

5.2.3 Preizkus tesnosti uvedne kolone

Ko je uvedna kolona zacementirana oziroma zatesnjena, je potrebno preveriti njeno tesnost. Tesnost uvedne kolone običajno preverimo po 24 urah, ko se cementna masa strdi. To pa preverimo tako, da montiramo na vrtino likvidacijsko prirobnico in s pomočjo batne črpalke včrpamo vodo, katere tlak mora biti 50 % višji od pričakovanega tlaka v vrtini. Če uvedna kolona ne tesni, moramo izvesti dodatno cementiranje.

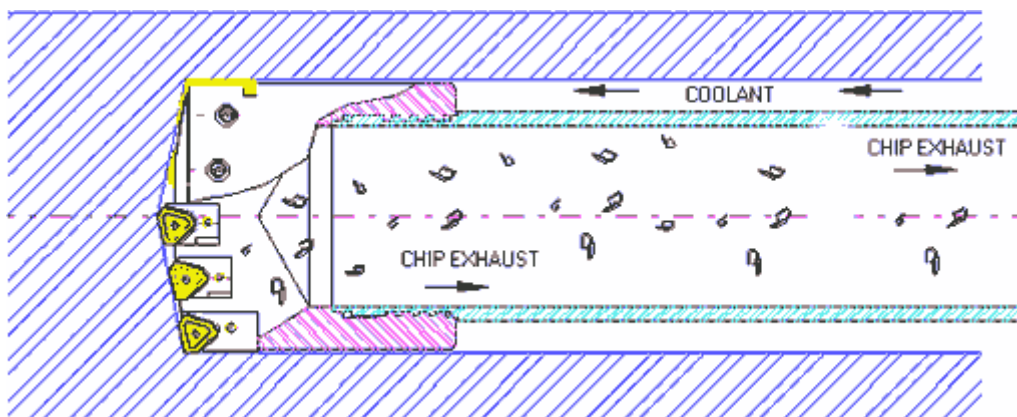
Na koncu preizkusa moramo narediti tudi zapisnik o njegovi izvedbi. V kolikor je preizkus uspešen, montiramo na ustje vrtine zasun.

5.3 VRTANJE

Tehnologija vrtanja in cevitve je odvisna od namena vrtanja, predvidene končne globine vrtine in prognoziranja geološkega profila. Na podlagi teh podatkov se odločimo, s katero vrtalno garnituro in s kakšnim orodjem bomo vrtino izvrtali. Lahko pa tudi izdelamo prognozni tehnični profil vrtine, v katerem predvidimo premere in dolžino vrtanja.

Tehnologija reverzibilnega vrtanja je način vrtanja, ki smo ga začeli uporabljati za namen učinkovitega vrtanja in pridobivanja kvalitetnega jedra. Pred pričetkom dela moramo imeti pripravljeno zadostno količino izplake, da nam med samim vrtanjem le-te ne zmanjka.

Prav tako moramo preveriti oddaljenost lovilnih bazenov (kesone), da nam med samim vrtanjem izplaka ne uhaja po tleh. Preverimo tudi lovilno mrežo za jedro na prvem bazenu in povezavo med bazeni zaradi čiščenja nasedle izvrtanine.



Slika 30: Reverzibilna cirkulacija

Vir: Roškar, 2010

Samo vrtanje poteka v več fazah. Najprej pripravimo vrtalna orodja BQ ali NQ in na prvo cev privijemo krono (nadprofilno), jo potisnemo skozi zasun v uvedno kolono, na katerem je nameščena tesnilna glava, ki preprečuje uhajanje izplake ob vrtalnem drogovju. Nato spojimo vrtalna drogovja med vrtalno glavo in vrtalni stroj. Pred vrtanjem vklopimo črpalke in začnemo s črpanjem izplake v vrtino ob vrtalnem drogovju, da dobimo cirkulacijo skozi vrtalno drogovje v lovilni bazen za izplako. Vrtanje se vrši v enakomernih intervalih (1,5 m) do končne globine vrtine. V intervalih vrtamo zaradi zbiranja navrtanega jedra in zlaganja ter označevanja globin pridobljenega jedra v zaboj za jedro.



Slika 31: Ustje vrtine (zasun in tesnilna glava)

Vir: Roškar, 2010



Slika 32: Izplačni kesoni

Vir: Roškar, 2010

5.4 LIKVIDACIJA VRTINE

Ko vrtine ne potrebujemo več ali pa je njeno opremo poškodovala korozija, vpliv odkopavanja ali pa vrtina ovira druga – važnejša dela, jo likvidiramo. Likvidacijo vrtine izvedemo na več načinov. Vrtino likvidiramo skozi vrtalno drogovje, skozi likvidacijsko prirobnico ali pa v vrtino potisnemo plastično cev $\text{Ø } 1''$ (alkaten), jo pritrdimo na likvidacijsko prirobnico in vrtino likvidiramo. Ker poznamo volumen vrtine, lahko

izračunamo potrebno količino cementne mase, primerjava z dejansko vtisnjeno količino pa je delna kontrola uspešnosti likvidacije.

Nadzorniki vrtanja evidentirajo likvidacijo vrtine v izmensko poročilo in v knjigo preizkusov uvodnih kolon ter likvidacije vrtin. Na osnovi tega vpisa je naknadno sestavljen zapisnik o likvidaciji vrtine. Ta vsebuje točno lokacijo, ime vrtine, čas likvidacije, način likvidacije, količino porabljenega cementa oz. ostalih materialov, ime osebe, ki je odgovorna za likvidacijo vrtine in kontrolo uspešnosti likvidacije, posebnosti likvidacije.

5.5 NAMEN REVERZIBILNEGA VRTANJA

Kot pri vsaki tehnologiji vrtanja se tudi pri reverzibilnem vrtanju pojavijo določene prednosti in slabosti.

Prednosti:

- ❖ hitrejša vrtanja,
- ❖ kvalitetnejše pridobivanje jedra,
- ❖ manjša obraba vrtalnega drogova in vrtalnega pribora,
- ❖ lažje spremljanje globine vrtine,
- ❖ manjša poraba obložnih cevi,
- ❖ ni dodatnih povrtavanj vrtine zaradi vgraditve obložnih cevi.

Slabosti:

- ❖ zabitje jedra v vrtalnem drogovju zaradi izgube izplake,
- ❖ dodatno cementiranje porušenih con,
- ❖ izguba izplake zaradi porušenih con,
- ❖ reševanje drogova,
- ❖ dodatno mešanje izplake.

5.6 IZPLAKA

5.6.1 Uporaba izplake

Dosedanja praksa uporabe izplake pri jamskem vrtanju je pokazala, da se voda lahko uporablja v kompaktnem in kvalitetnem premogu in v dolomitu (vodoravne vrtine ali vrtine s pozitivnim naklonom). V Premogovniku Velenje uporabljamo tri vrste izplake, in sicer:

- ❖ voda – je zaradi svoje skoraj neomejene količine in razpoložljivosti najcenejša izplaka;
- ❖ bentonitna izplaka – slabe lastnosti vode (specifična teža, trenje) izboljšamo z dodatki, kot je bentonit, ki je enostaven za pripravo, stroški pa so minimalni;
- ❖ polimerna izplaka – za zahtevnejše vrtine pa uporabljamo izplako Argipol, ki močno zmanjša trenje, povečuje stabilnost stene vrtine ter preprečuje nabrekanje glinenih struktur.

5.6.2 Namembnost izplake

V premogu slabše kvalitete, glini in peskih voda samo pospešuje zruševanje in stiskanje vrtine. Za preprečevanje takih pojavov in za izboljšanje kvalitete jedrovanja uporabljamo izplako. Ta ima več funkcij, in sicer čiščenje dna vrtine in izpiranje izvrtanine na površino, hladi vrtalni pribor in ga hkrati maže, utrjuje stene vrtine, glinira stene vrtine, kar preprečuje rušenje vrtine, v slučaju zastoja oz. prekinitve obtoka izplake izvrtani delci lebdiijo v izplaki in se ne usedajo na dno vrtine, s tem pa preprečimo zagozditev vrtalnega pribora.

5.6.3 Izplaka Argipol

Izplaka Argipol je zmes tekočih anionskih polimerov in se lahko uporablja pri vseh vrstah vrtanja. Odlikuje jo preprosto mešanje z vodo, ni nevarna za okolje in ne draži kože.

Za različne trdote hribine uporabljamo naslednje koncentracije izplake Argipol:

- ❖ 1,5 l/m³ vode za trde kamnine,
- ❖ 2–2,5 l/m³ vode za nestabilne sloje,
- ❖ 3 l/m³ vode za peščenjake, mivko, porozni kamen.

Mešanje izplake je enostavno in hitro. Mešamo jo s počasnim dodajanjem v vodo in s sprotnim mešanjem z lopatico ali s črpalko. Izplaka je nared za uporabo čez pol ure, ko doseže željeno viskoznost, ki jo izmerimo z Marshevim lijakom.

5.7 VARNOSTNI UKREPI PRI REVERZIBILNEM VRTANJU

Varnostne ukrepe, ki jih je treba izvajati pri jamskem vrtanju, predpisuje **zakonodaja**, upoštevati pa je potrebno tudi **varnostne ukrepe**, ki so predpisani s tehnično dokumentacijo, na osnovi katere se opravljajo vrtalna dela. Predpiše jih projektant. Poznamo še **varnostne ukrepe**, ki jih predpiše nadzorno tehnično osebje (v obliki službenih nalogov ali kako drugače).

Nekaj konkretnih ukrepov, ki jih je potrebno izvajati pri jamskem vrtanju:

- ❖ uporaba uvodne kolone ter njena opremljenost in tesnost,
- ❖ likvidacija vrtine, ko je več ne potrebujemo ali pa je vrtina poškodovana od korozije ali ovira druga važnejša dela,
- ❖ izdelan načrt obrambe in reševanja v področju lokacije vrtanja vrtine,
- ❖ opremljenost s kontinuiranim stacionarnim merilcem metana, ki pri koncentraciji metana nad 1,5 % izklopi vse elektro naprave v ogroženem območju,
- ❖ izdelana navodila za delo in stroje ter seznanjenost z njimi,
- ❖ uporaba rokavic, očal in ostalih zaščitnih sredstev.



POVZETEK

Tehnologija reverzibilnega vrtanja je način izpiranja vrtine s pomočjo izplake, ki jo s tlačno črpalko vtiskamo v vrtino. Izplako vtiskamo med steno vrtine in vrtnim drogovjem, vrača pa se skozi vrtno drogovje.

Za konvencionalni način vrtanja se uporabljajo jedrniki tipa Triplex. Pri jedrovanju se stremi k uporabi daljših jedrnikov, ker ti omogočajo manjše število manevrov za isto dolžino jedrovanja, to pa je še posebej pomembno pri daljših vrtinah.

Tehnologija vrtanja in cevitve je odvisna od namena vrtanja, predvidene končne globine vrtine in prognoziranja geološkega profila. Na podlagi teh podatkov se odločimo, s katero vrtno garnituro in s kakšnim orodjem bomo vrtino izvrtali. Lahko pa tudi izdelamo prognozni tehnični profil vrtine, v katerem predvidimo premere in dolžino vrtanja.

Želja po pocenitvi del v Premogovniku Velenje bo ostajala tudi v prihodnje. Zato bo potrebno tehnologijo reverzibilnega vrtanja v prihodnosti dopolnjevati, da se bo povečala učinkovitost, s čimer se bodo zmanjšali stroški vrtanja. Rezultati vrtanja so zadovoljivi v kompaktnih hribinah, v nekompaktnih hribinah pa je za povečanje učinkovitosti potrebno utrjevati razrušena območja s hitroveznimi masami, s čimer se preprečuje izgubo izplake in izboljšuje rezultate vrtanja.

Vrtna oprema in vrtni stroji, ki se uporabljajo v Premogovniku Velenje, trenutno dajejo zadovoljive rezultate. V duhu zgoraj napisanega pa bo potrebno slediti razvoju vrtno opreme in tehnologije v tehnološko razvitejših državah ter jih prirejati potrebam in razmeram pri rednem delu.



VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA

1. Primerjate reverzibilno vrtanje z drugimi podobnimi načini s pomočjo izplake. V čem je bistvena razlika?
2. Katere varnostne ukrepe bi izpostavili pri reverzibilnem vrtanju?

6 SISTEM VRTANJA Z INJEKTIRANJEM "JET GROUTING"



Poiščite nekaj slovenskih podjetij, ki se ukvarjajo z metodo jet grouting. Če imajo delovišče v vaši bližini, vam priporočamo, da ga obiščete in si ogledate tehnološki postopek.



V poglavju se boste seznanili z metodami jet grouting z vidika uporabe v praksi. Spoznali boste potrebno tehnološko opremo in razumeli pravilno izbiro jet grouting parametrov.

Ali ste se že vprašali?

- ❖ Kako bi izboljšali nosilnost temeljnih tal pri gradnji hiše?
- ❖ Na kakšen način se lahko prepeči vdor vode v gradbeno jamo?



Slika 33: Jet grouting sistem injektiranja

Vir: Vukelić, interno gradivo, 2002

Jet grouting je splošen termin, ki ga uporabljajo izvajalci za opis različnih tehnik, ki se uporabljajo za spremembo ali izboljšanje fizikalno mehanskih karakteristik tal. Izvajalci jet grouting postopkov uporabljajo veziva, ki jih vtiskajo v zemljine z visoko hitrostjo. Ta veziva v toku vtiskanja kompletno porušijo strukturo zemljine, se pomešajo z njenimi delci in tako po strjevanju tvorijo homogeno maso.

Takšna sprememba (izboljšanje zemljin) predstavlja pomembno vlogo na področju stabiliziranja temeljev, še posebej pri povečanju nosilnosti pod novimi ali obstoječimi

objekti, zapolnjevanju razpok v hribinah, nasičenih z vodo, stabilizaciji in izvajanju primarne podgradnje v predorih, gradbenih jamah ...

6.1 TEHNIKE INJEKTIRANJA

Za spremembo – izboljšanje fizikalno mehanskih lastnosti zemljin in hribin se uporabljajo različne vrste injektiranja.

❖ Prodiranje

Masa je injektirana v hribino z nizkim tlakom in tako samo zapolnjuje razpoke in bistveno ne spremeni strukture ter volumna hribine. V tem primeru se uporabljajo različna veziva. Izbira veziva je odvisna izključno od prepustnosti zemljine ali hribine. V splošnem se cementna suspenzija uporablja v hribinah, kjer je prepustnost višja od 0,02 cm/s. Dražja veziva na bazi smol se uporabljajo v hribinah, kjer je prepustnost nižja od 0,02 cm/s. Hribine, katerih prepustnost je nižja od 0,000006 cm/s, se običajno ne morejo injektirati po tej metodi.

❖ Kompaktirno injektiranje

Visoko viskozna masa je injektirana v kompaktirano zemljino. Masa v hribini deluje kot hidravlični bat, ki fizično razmakne delce hribine in jih nato kot vezivo poveže med seboj.

❖ Natopljevanje (Clauage)

Masa je injektirana v hribino pod visokim tlakom skozi posebno cev in hidravlično poruši hribino oziroma izpere razpoke. Nastale razpoke zapolni masa z delci okolne hribine in po strjevanju tvori zgoščeno maso.

❖ Jet grouting

Ta sistem se močno razlikuje od ostalih naštetih tehnik. V tem primeru se hribina kompletno poruši, izvede se globinsko mešanje zdrobljene hribine in injektirne mase, kar po strjevanju tvori homogeno hribino. Jet grouting teoretično lahko uporabimo v vseh tipih zemljin in hribin ne glede na prepustnost, velikost zrn in njihovo porazdelitev. S tovrstno tehnologijo lahko izboljšamo večino zemljin, od meljev, glin pa do peskov in gruščev. Prav tako je možno v hribino injicirati vsakovrstno vezivo, vendar se v praksi večinoma uporablja cementna suspenzija. V primeru izvajanja jet grouting procesa zmanjševanja prepustnosti hribine se kot injekcijska masa uporablja suspenzija: cement + voda + bentonit.

6.2 VRSTE JET GROUTINGA

V uporabi so trije osnovni sistemi jet groutinga.

❖ Monofluidni sistem

Injicirano vezivo razruši, premeša in poveže hribino.

❖ 3-fluidni ali kajima jet grouting sistem

V tem primeru voda in komprimiran zrak razrušita hribino in pripravita hribino na izboljšanje z zamenjavo finejših delcev hribine. Vezivo se injicira posebej skozi šobe, ki so nameščene pod šobami za vodo in zrak.

❖ Vmesni ali 2-fluidni jet grouting sistem

Bil je razvit zaradi povečanja učinkovitosti monofluidnega sistema.

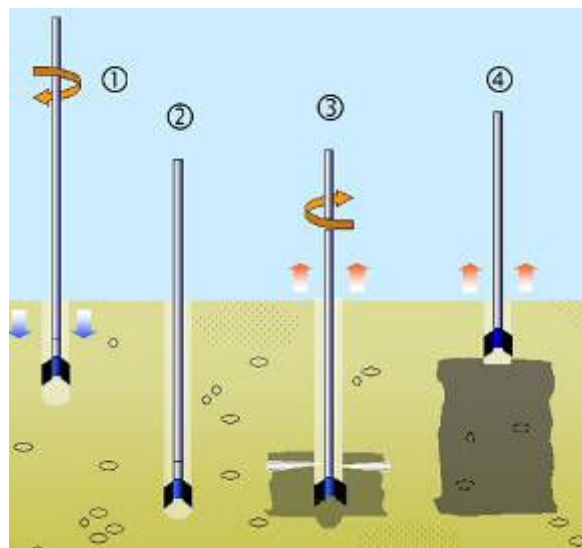
Monofluidni jet grouting sistem

Pri tem sistemu uporabljamo visokotlačno črpalko, ki potiska vezivo skozi cevovod in vrtalno drogovje do šob, ki so locirane v ali malo nad dletom. Fluid, ki preide šobe z veliko hitrostjo, ustvari veliko energijo, ki v kontaktu s hribino le-to ruši in meša. Porušena hribina, pomešana z vezivom, tvori steber stabiliziranega materiala, katerega premer sega od 40 do 120 cm.

Postopek izvajanja:

1 faza: Vrtanje pilotne vrtine s kotalnim dletom, krilnim dletom ali globinskim kladivom. Kot izplačni medij lahko služijo voda, komprimiran zrak ali celo vezivo.

2 faza: Povratno injektiranje (vtiskovanje) veziva z visokim tlakom 20–60 MPa (200–600 bar). Vrtalno drogovje se korakoma dviguje od 20 do 50 cm/min, ob konstantni rotaciji vrtalnega drogovja z 10 do 30 obrati/minuto.



Slika 34: Monofluidni jet grouting sistem

Vir: Vukelić, interno gradivo, 2002

1 – vrtanje pilotne vrtine

2 – končano vrtanje pilotne vrtine

3 – injektiranje

4 – konec injektiranja

Oprema, potrebna za izvajanje del:

- ❖ visokotlačna, visokopretočna črpalka ($p = 70$ MPa, $Q = 300$ l/min),
- ❖ vrtalni stroj s posebnim vrtalnim drogovjem in mehanizmom za kontrolo časa in koraka (dviga drogovja na posameznem nivoju),
- ❖ učinkovita avtomatizirana mešalna postaja, ki zagotavlja pripravo zadostne količine veziva.

3-fluidni ali kajima jet grouting sistem

Ta tehnologija se razlikuje od monofluidnega sistema po uporabi vode in komprimiranega zraka za rušitev hribine. Aureole komprimiranega zraka, ki so koncentrirane ob curku vode, dodatno odpirajo poti v hribino.

Komprimiran zrak tvori vplivni radij vodnemu curku, zmanjša gostoto mešanici razrušene hribine in vode v območju vpliva curka ter tako tvori »air lift«, ki potiska odvečno vodo in drobce hribine na površino.

Istočasno se v vrtino injicira vezivo v mešanico vode in hribine pod tlakom 5 MPa (50 bar) skozi drugi set šob, ki so nameščene pod zračnimi in vodnimi šobami. Tako se tvori steber stabiliziranega materiala, katerega premer je lahko tudi do 2 m.

Postopek izvedbe:

1 faza: Vrtanje pilotne vrtine s kotalnim dletom, krilnim dletom ali globinskim kladivom. Kot izplačni medij se uporabljata voda in komprimiran zrak.

2 faza: Ko je dosežena predvidena globina, se prične z ločenim vtiskovanjem vode in komprimiranega zraka. »Air lift« odstranjuje višek vode in razdrobljene hribine.

3 faza: Injiciranje veziva se prične z dvigovanjem pribora.

Pomembna razlika med metodama je v tem, da pri 3-fluidni metodi izdelujemo stebre stabiliziranega materiala večjega premera kot pri monofluidni metodi. Zaradi tega je potrebno izvesti manj vrtin za doseganje enakega učinka. To je še posebej pomembno pri izvajanju injektiranja v hribinah, ki so problematične za vrtanje.

Slabosti 3-fluidne metode se izražajo v sami zahtevnosti in količini opreme, potrebne za izvajanje del; več materiala je odstranjenega iz vrtine, naraščajo stroški in problemi v hribinah z nizko prepustnostjo.

Monofluidna metoda je bolj prilagodljiva. Uporabljena je lahko pri katerem koli nagibu vrtin in je tako zelo razširjena pri stabiliziranju obstoječih objektov ter v predorih oziroma povsod tam, kjer je prostor močno omejen. Prav tako je monofluidna metoda hitrejša, cenejša in povzroča manj hrupa kot 3-fluidna metoda.

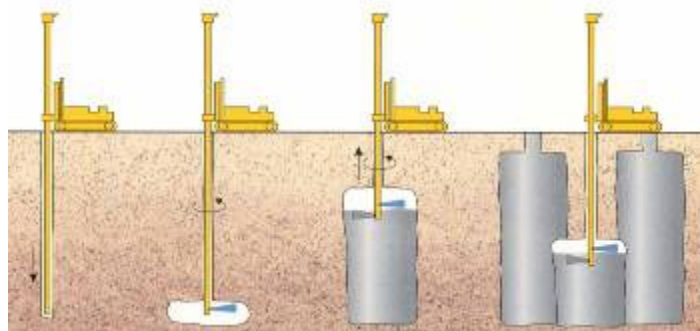
Oprema, potrebna za izvajanje del:

- ❖ visokotlačna, visokopretočna črpalka za vodo ($p = 70$ MPa, $Q = 300$ l/min),
- ❖ nizkotlačna črpalka za vezivo ($p = 7$ MPa, $Q = 120$ l/min),
- ❖ kompresor,
- ❖ posebno 3-soosno drogovje z vrtalnim dletom in nosilci šob za vezivo, zrak in vodo,
- ❖ vrtalni stroj s posebnim vrtalnim drogovjem in z mehanizmom za kontrolo časa in koraka (dviga drogovja na posameznem nivoju),
- ❖ učinkovita avtomatizirana mešalna postaja, ki zagotavlja pripravo zadostne količine veziva,
- ❖ vodni rezervoar.



Portal o tehnologiji jet grouting

Vir: <http://www.jet-grouting.com/> (1. 12. 2010)



Slika 35: 3-fluidni jet grouting sistem

Vir: Vukelić, interno gradivo, 2002

6.3 IZBIRA JET GROUTING PARAMETROV

Več eksperimentalnih študij je bilo izvedenih za dognanje enačb, ki bi določile uporabne parametre za doseganje zelenih kombinacij med: premerom stolpca, hitrostjo izvedbe, ekonomskimi parametri in končno trdnostjo v različnih tipih hribine.

Ko so parametri injektiranja enkrat končno določeni na posameznem delovišču za posamezen tip hribine, je dobra praksa, da izvajalci injektiranja izvajajo situ teste za preverjanje ali spremembo poprej določenih parametrov.

Tabela 3: Parametri sistema jet grouting

Parametri jet grouting	1-fluid		2-fluid		3-fluid	
	min	max	min	max	min	max
tlak injiciranja veziva (MPa)	20	60	30	60	3	7
pretok veziva (l/min)	40	120	70	150	70	150
tlak komprimiranega zraka (MPa)	-	-	0.6	1.2	0.6	1.2
pretok komprimiranega zraka (l/min)	-	-	2000	6000	2000	6000
tlak injiciranja vode (MPa)	-	-	-	-	20	50
pretok vode (l/min)	-	-	-	-	70	150
premer šobe za vezivo (mm)	1.5	3	1.5	3	4	8
premer šobe za vodo (mm)	-	-	-	-	1.5	3
premer šobe za komprimiran zrak (mm)	-	-	1	2	1	2
hitrost rotacije (o/min)	10	25	5	10	5	10
hitrost dvigovanja (cm/min)	10	50	7	30	5	30

Vir: Vukelić, interno gradivo, 2002

Za določitev parametrov jet groutinga je odločilnega pomena dobro poznavanje tipa in stanja hribine. Faktorji, ki vplivajo na rezultate izvedbe poboljšanja hribine, so:

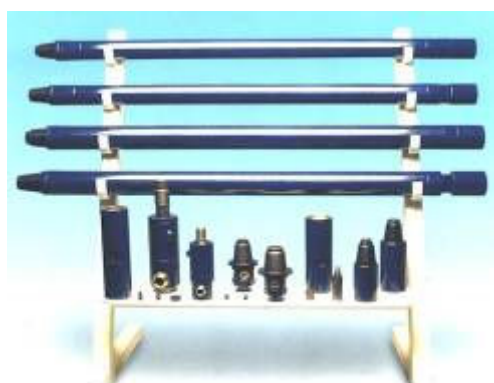
- ❖ tip hribine,
- ❖ trdnost hribine,
- ❖ specifična teža hribine,
- ❖ porazdelitev zrn,
- ❖ vsebnost vode,
- ❖ attebergove meje.

6.4 OPREMA ZA IZVAJANJE JET GROUTINGA



Slika 36: Vrtalni stroj pri tehnologiji jet grouting

Vir: Vukelić, interno gradivo, 2002



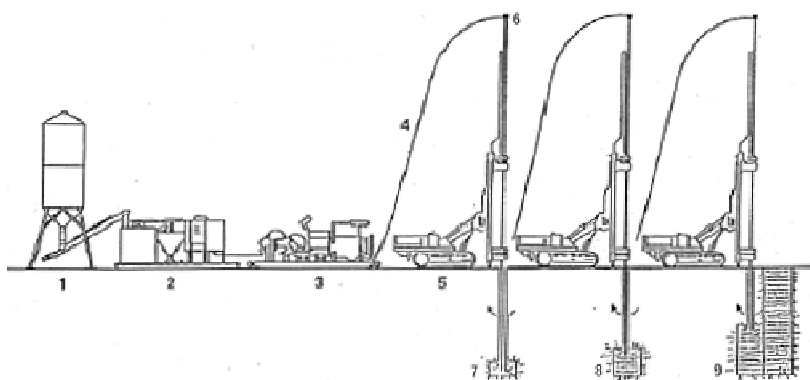
Slika 37: Drogovja, dleta in šobe pri tehnologiji jet grouting

Vir: Vukelić, interno gradivo, 2002



Slika 38: Mešalna postaja in črpalka

Vir: Vukelić, interno gradivo, 2002



Slika 39: Shema ureditve delovišča pri jet groutingu

1 – silos, 2 – mešalna postaja, 3 – črpalka, 4 – cevovod, 5 – vrtna garnitura

Vir: Vukelić, interno gradivo, 2002

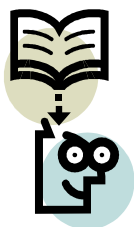


POVZETEK

Jet grouting je splošen termin, ki ga uporabljajo izvajalci za opis različnih tehnik, ki se uporabljajo za spremembo ali izboljšanje fizikalno mehanskih karakteristik tal. Izvajalci jet grouting postopkov uporabljajo veziva, ki jih vtiskajo v zemljine z visoko hitrostjo. Ta veziva v toku vtiskanja popolnoma porušijo strukturo zemljine, se pomešajo z njenimi delci in tako po strjevanju tvorijo homogeno maso.

V uporabi so trije osnovni sistemi jet groutinga, in sicer:

- ❖ monofuidni sistem (injicirano vezivo razruši, premeša in poveže hribino),
- ❖ 3-fluidni ali kajima jet grouting sistem (v tem primeru voda in komprimiran zrak razrušita hribino in jo pripravita na izboljšanje z zamenjavo finejših delcev hribine, vezivo se injicira posebej skozi šobe, ki so nameščene pod šobami za vodo in zrak),
- ❖ vmesni ali 2-fluidni jet grouting sistem (bil je razvit zaradi povečanja učinkovitosti monofuidnega sistema).



VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA

1. Sistem vrtanja z injektiranjem jet grouting je eden izmed najsodobnejših za utrjevanje temeljnih tal. Zakaj je po vašem mnenju tako učinkovit in se pojavlja na tržišču?
2. Primerjajte metodo jet grouting z metodo pilotiranja. Katere so njune pozitivne lastnosti pri doseganju boljših pogojev pri utrjevanju temeljnih tal?
3. Na podlagi izvedbe temeljenja gradbene jame z metodo jet grouting skušajte oceniti ekonomsko upravičenost in jo primerjajte še z ostalimi metodami za utrjevanje temeljnih tal.

7 SIDRANJE V JAMSKIH PROGAH

Izdelavo jamskih prog pogosto spremljajo zahtevni geomehanski pogoji, zato se v osnovno podgradnjo kot dodatni podgradni sistem vključuje tudi sidranje. Namen sidranja je poleg utrditve okolne hribine tudi ta, da prevzame del potrebnega reaktivnega tlaka sistema podporja (jekleno ločno podporje + les + sidra + plašč). Sidro je podporni element, ki omogoča takojšnje podpiranje. Z upoštevanjem dovolj visoke kvalitete vgrajevanja lahko sidrno podporje prepreči začetek rahljanja hribine in ohrani njeno povezanost.



V tem poglavju boste spoznali definicijo in namembnost sidranja v jamskih progah, pozitivne učinke sidranja in tehnološki postopek sidranja jamske proge z visečo vrtalno garnituro GTA v Premogovniku Velenje.

Ali ste se že vprašali?

- ❖ Kakšno vlogo ima sidrna podgradnja v jamskih razmerah?
- ❖ Zakaj se vgradnja sidra lahko uporabi le v določenih hribinskih razmerah?

DEFINICIJA SIDRA

Sidro je podporni element, ki omogoča takojšnje podpiranje. Z upoštevanjem dovolj visoke kvalitete vgrajevanja lahko sidrno podporje preprečuje začetek rahljanja hribine in ohrani njeno povezanost.

Pri sidranju v jamskih progah ločimo:

- ❖ sidranje v čelno steno,
- ❖ sidranje po obodu proge.

Namen sidranja v čelno steno je zavarovanje odprtega prostora in preprečevanje zruškov ter s tem varovanje delavcev na čelu delovišča. Za sidranje v čelo delovišča se uporabljajo kompozitna sidra. Ta lahko napredovalno-nakladalni stroj med napredovanjem nemoteno reže.

Namen sidranja po obodu proge je utrjevanje bokov proge in s tem:

- ❖ preprečevanje povečevanja konvergence proge izven dovoljenih vrednosti (več kot 20 % za etažne proge),
- ❖ zagotovitev funkcionalnosti proge med obratovanjem odkopa,
- ❖ možnost povečanja razdalje med vgrajenimi kompleti jeklenega ločnega podporja; to je še posebej pomembno pri izdelavi etažnih jamskih prog, kjer časovno zahtevna delovna faza podgrajevanja preprečuje višje dnevne napredke pripravnih delovišč.

Sidranje po obodu proge se razlikuje po vrsti uporabljenih sider. Pri glavnih progah in pri progah z daljšo življenjsko dobo gre običajno za uporabo vrvnih oziroma jeklenih sider, pri etažnih progah pa za uporabo kompozitnih sider, ki jih napredovalno-nakladalni stroj med odkopom lahko nemoteno reže.



Slika 40: Proga, podgrajena z JLP in kompozitnimi sidri (redka tesarba)

Vir: Premogovnik Velenje – slikovno gradivo

V Premogovniku Velenje uporabljamo štiri vrste sider:

- ❖ poliestrska (kompozitna) sidra, uporabna predvsem za utrjevanje etažnih prog in čelne stene; so iz materialov, ki omogočajo nemoteno rezanje z rezalno- pridobivalnim strojem na odkopnem ali pripravnem delovišču;
- ❖ lesena sidra, uporabna za utrjevanje čelne stene pripravnega delovišča;
- ❖ jeklena sidra, uporabna za sidranje v trdnejših hribinah, običajno z namenom utrjevanja bokov glavnih jamskih prog;
- ❖ vrvna sidra, katerih uporaba je enaka jeklenim sidrom, le da so primerna predvsem za daljše vrtine.

Pri izdelavi etažnih prog v Premogovniku Velenje je bil pred leti izveden poskus izdelave proge, ki bi bila podgrajena samo s sidri. Po nekaj različnih poskusih so to metodo opustili kot neuspešno in sedaj se uporablja le še kombinacija jeklenega ločnega podporja ter sider.

Razloga, da vztrajamo pri jekleni ločni podgradnji in lesenem opažu, sta predvsem dva:

1. Etažne proge, ki doživljajo več faz obremenitev, samo s sidri ne moremo podgraditi tako, da bi ne dopustila več kot 5 % deformacij in bi sidrna podgradnja ohranila svojo nosilnost. Če se okolica proge zdrobi, sidra nimajo več svoje nosilnosti. Zdrobljenemu premogu ne smemo dopustiti premika, ne smemo mu dati proste poti (ne smemo dovoliti zaruševanja proge), kajti vsak premik pomeni nadaljnjo deformacijo proge.

2. Drugi razlog za vztrajanje pri jekleni ločni podgradnji in lesenem opažu je izdelava protipožarne obloge. Velenjski premog ima zaradi svoje lesne strukture in velike vsebnosti vlage tako veliko nagnjenost k samovnetljivosti, da samo njegova površinska zaščita pred oksidacijo ni dovolj. Morda bi površinski nanosi bili ustrezni, če bi lahko zagotovili, da ne bi prišlo do večjih deformacij in pretrga teh nanosov. Dosedanje izkušnje kažejo, da to ni mogoče zagotoviti in edini način izdelave izolacijske obloge, ki daje dober rezultat, je izdelava opaža, ki ga zapolnujemo z zaplavnimi pastami.

Najboljše rezultate podgrajevanja v Premogovniku Velenje dosegamo s kombinacijo jeklenega ločnega podporja in sider. Samo s sidri bi lahko podpirali tiste proge, kjer ne bo kasnejših dodatnih obremenitev. Nosilnost sidrne podgradnje bi bilo potrebno dimenzionirati tako, da bo dosežena konvergenca manjša od 5 %, protipožarno oblogo, armirano s togo plastično ali jekleno mrežo, pa izdelati direktno na premogov sloj in pri tem uporabiti materiale, ki se ne pretrgajo pri pričakovanih dopustnih deformacijah.

7.1 SIDRANJE Z VISEČO VRTALNO GARNITURO GTA EHB 7600B

Zaradi posodobitve opreme in tehnologije izdelave jamskih prog ter racionalizacije dela na pripravskem delovišču je bil v Premogovniku Velenje izveden nakup viseče vrtalne garniture GTA EHB 7600B, proizvajalca GTA (GTA Maschinensysteme, Nemčija).



Spletna povezava do GTA

Vir: <http://www.gta-maschinensysteme.de/> (1. 12. 2010)

Z novim strojem je omogočena lažja in hitrejša izdelava sidrnih vrtin ter izvedba ustreznih postopkov sidranja neposredno po izrezu odseka jamske proge. GTA EHB 7600B (v nadaljevanju viseča garnitura) je elektro hidravlično gnan stroj, ki se pomika s pomočjo dveh ranžirnih mačkov po dveh vzporednih visečih progah (VTP) z medtirnično razdaljo 1500 mm. Namenjena je za vrtanje vrtin in vgrajevanje sider v čelno steno, bok, strop ter v tla jamskih prog. Uporablja se na pripravskih deloviščih. Njena največja prednost pred dosedanjimi stroji in napravami, ki so jih v Premogovniku Velenje že uporabljali za vgradnjo sider, je možnost vgradnje sider v hribino takoj za tem, ko z napredovalnim strojem izrežejo nov odsek proge. Vgradnjo sider je mogoče izvajati v nepodprtem odseku, saj delavci niso izpostavljeni nevarnosti padajočih kosov hribine, izpostavljena je le lafeta vrtalne garniture. Način podgrajevanja jamskih prog se z uporabo viseče garniture ne spremeni. Podgradnja sestoji iz segmentov jeklenega ločnega podporja, lesenega opaža in kompozitnih sider. Gostota jeklenega ločnega podporja se zmanjša, potrebni reaktivni tlak podgradnje pa dosežemo z vgradnjo kompozitnih sider. Prav tako so proge praviloma obdelane s protioksidacijsko oblogo, za oblogo pa zapolnjene z redko pepelno-cementno maso.



Slika 41: Viseča vrtalna garnitura GTA EHB 7600B

Vir: Premogovnik Velenje – slikovno gradivo



Slika 42: Viseča vrtalna garnitura GTA EHB 7600B

Vir: Premogovnik Velenje – slikovno gradivo

7.1.1 Tehnični opis stroja GTA EHB 7600B

Osnovno nosilno ogrodje vrtalne garniture je obešeno preko tekalnih mačkov na tipsko visečo tirno progo I 140 E, ki je sicer namenjena za transport materiala z visečo dizel lokomotivo (VDL). Vrtalna garnitura je obešena na dve vzporedni viseči progi z

medsebojnim razmikom 1500 mm. Za premikanje po viseči tirni progi sta vgrajena dva ranžirna mačka z operativnimi varnostnimi zavorami pri morebitnem delovanju v strmini. Na nosilno ogrodje viseče garniture sta vgrajeni dve teleskopski opori, ki sta namenjeni za stabilizacijo položaja viseče garniture pri vrtanju.

Na sprednji del viseče garniture je vgrajena roka, katere dolžina se lahko teleskopsko prilagaja za cca. 1000 mm. Horizontalno se lahko odklanja za +/- 35°, vertikalno za + 5° navzgor ali - 48° navzdol. Na roko vrtalne garniture je pritrjen delovni oder 580 x 800 mm, ki je tudi teleskopsko pomičen za cca. 1000 mm. Dopustna obremenitev odra znaša 5 kN. Celotna viseča garnitura je oskrbovana s pogonsko energijo preko elektrohidravlične črpalne postaje na zadnjem delu nosilnega ogrodja. Upravljanje viseče garniture je izvedeno daljinsko ali preko krmilne omarice. Oba načina upravljanja sta med sabo avtomatsko izključujoča.



Tehnični podatki GTA EHB 7600B

Vir: http://www.gta.eu/fileadmin/user_upload/PDF/Tunnelbau/EHB-Bohrwagen_7600/Prospekt_EHB-Bohrwagen_7600_GB.pdf (1. 12. 2010)

7.1.2 Delovni ciklus pri sidranju z visečo vrtalno garnituro GTA EHB 7600B

Med rezanjem z napreovalnim strojem in izvajanjem drugih del na čelu delovišča je viseča garnitura v mirovanju za napreovalnim strojem, in sicer toliko, da delo z njim in druga dela niso motena in da sta stroja med sabo dovolj umaknjena, da v nobenem primeru ne more priti do kontakta.

Delovne faze izdelave sidrnega sistema z visečo garnituro po končanem izrezu napreovalnega stroja si sledijo v naslednjem vrstnem redu:

7.1.3 Premik in manevriranje viseče garniture

Po končanem izrezu napreovalnega stroja je potrebno le-tega najprej umakniti s čela delovišča 3 do 5 m nazaj. Zatem upravljalec premakne visečo garnituro do čela delovišča. Alternativno je možno tudi obratno manevriranje; najprej pomakne visečo garnituro naprej, potem pa napreovalni stroj nazaj. Ko je viseča garnitura na mestu vrtanja, se utrdi tako, da vpne v strop za to namenjene hidravlične opore – stabilizatorje.

7.1.4 Nameščanje vrtalne lafete

Upravljalec namesti vrtalno lafeto v željeno pozicijo tako, da je lafeta v najugodnejšem položaju za vrtanje in vgradnjo sider. Gibljivost nosilca lafete in teleskop nosilne ročice viseče garniture omogočata doseganje vseh pozicij za vrtanje po obodu proge ter v čelno steno. Manevriranje z lafeto vedno opravimo z uvlečenim teleskopom. Ko je lafeta v željenem položaju, jo približamo hribini in jo z nastavkom, ki je na sprednjem delu lafete, naslonimo na steno jamske proge, neposredno na premog ali na lesen opaž (odvisno od tehnologije podpiranja).

Na nosilni ročici vrtalne garniture je nameščen tudi teleskopski nosilec delovne platforme. Pri vrtanju in vgradnji sider v zgornji polovici profila jamske proge (kjer se dela izvajajo z delovne platforme) je upravljalec na delovni platformi in sam posluhuje vrtalno lafeto. Pomočnik je na tleh in mu podaja vrtalni pribor oziroma material za sidranje. Pri vrtanju in sidranju v spodnji polovici profila jamske proge pa stojita oba na tleh, pri čemer pomočnik posluhuje vrtalno lafeto, upravljalec pa z njo upravlja oziroma izvaja delovne operacije.

7.1.5 Vrtanje sidrnih vrtin

Pred pričetkom vrtanja morata upravljalec in pomočnik izbrati ustrezen vrtalni pribor. Pri tem poškodovane svedre izločita iz uporabe.

Ko je vrtalna lafeta v poziciji za vrtanje, upravljalec raztegne njen teleskopski del in pomakne vrtalno glavo nazaj do konca lafete. Upravljalec oz. njegov pomočnik vstavi vrtalni sveder v vodilo vrtalnega drogovja in v vrtalno glavo. Ko je pomočnik na varnem mestu, upravljalec odpre pretok medija za izpihovanje (komprimiran zrak) in nato prične z vrtanjem (rotacija). Med postopkom vrtanja in vgradnje sidra mora ostati lafeta naslonjena oz. vpeta v hribino. Med vrtanjem mora upravljalec preverjati, ali je izpihovanje in iznašanje izvrtanine učinkovito. Če vrtalni drog med vrtanjem opleta ali vibrira, je potrebno odpraviti vzrok motnje. Razloga sta lahko neizpraven vrtalni pribor (potrebno ga je zamenjati) ali pa vrtina ni v osi rotacije vrtalne glave (najbolje je zastaviti novo vrtino). Po doseženi željeni globini vrtanja ob rotaciji in izpihovanju z manevri svedra naprej/nazaj očistimo vrtino izvrtanine in nato izvlečemo sveder, katerega odvijje upravljalec sam ali njegov pomočnik.

7.1.6 Vgradnja sider

Ko izvrtamo sidrno vrtino, lafete ne premikamo, ampak takoj pristopimo k vgradnji sidra. Sidra vgrajujemo kot prednapeta sidra. Na dno vrtine vstavimo eno hitrovezno patrono (čas vezave 30 s), za njo pa še tri počasne patrone (čas vezave 3 minute). Pri polnjenju sidrnih vrtin z lepilnimi patronami si lahko pomagamo z dvojno plastično cevjo. V večjo cev zunaj vrtine najprej namestimo lepilne patrone, cev postavimo pred ustje sidrne vrtine in nato z drugo manjšo cevjo porinemo lepilne patrone iz večje cevi v samo sidrno vrtino. Predvsem se tega posluhuje pri krušljivem premogu, kjer ustje sidrne vrtine ni stabilno, ter pri vstavljanju lepilnih patron v sidrne vrtine, ki jih težko dosežemo (npr. v stropnem delu ali boku jamske proge).

V vrtalno glavo stroja moramo predhodno vstaviti set orodja s ključem moment in ključem za sidrno matico. Na sidrni drog privijemo slepo kovinsko matico (nastavek za rotiranje sidra). Sidro nato vstavimo spredaj skozi vodilo na lafeti in zadaj v set orodja v vrtalni glavi. Sidro z rotacijo potisnemo v vrtino, polno lepilnih patron. Skladno s priporočili proizvajalca lepilnih patron je optimalno število vrtljajev 450 v minuti. Vtiskanje sidra v vrtino brez rotacije je neustrezno. Ko dosežemo dno vrtine (zunaj nam ostane približno 10 cm sidra), rotiramo še 10 do 15 sekund. Nato rotacijo prekinemo za 15 sekund. Medtem odvijemo slepo kovinsko matico in na sidro namestimo podložno ploščico ter kompozitno sidrno matico. Nato jo privijemo do trdne podlage s ključem moment, ki je nastavljen na 100–110 Nm. S tem momentom privijanja sidro prednapnemo na 1,5 tone (15 kN) natezne sile. Postopek moramo zaključiti prej kot v 3 minutah, ker se po tem času strdijo tudi počasne lepilne patrone. Vgradnja sider brez ključa moment ne zagotavlja ustreznega prednapetja sidra, hkrati pa lahko v času vtiskanja in rotiranja sidrnega droga, še bolj verjetno pa v času privijanja sidrne matice, povzročimo njegovo torzijsko porušitev, saj se le-ta poruši pri torzijskem momentu nad 130 Nm.

Namesto sidrnih kovinskih matic za vstavljanje sidra lahko uporabimo tudi sidrne matice s kapico. Sidrna matica je z ene strani zaprta z zaporo, ki omogoča prenašanje določenega vrtilnega momenta. To izkoristimo v fazi vtiskanja sidra v vrtino, saj nam to omogoča rotacijo sidra. Ko dosežemo dno vrtine in za približno 15 sekund prekinemo rotacijo, se lepilo hitrovezne patrone strdi. Pri ponovni rotaciji se sidrni drog ne vrti, saj je že delno zalepljen, zavrti pa se matica na njem. To ima za posledico, da sidrni drog predre zaporo v matici, kapica se odlomi in pade proč. Z rotacijo nadaljujemo in matico privijemo do konca oziroma dokler ne preskoči ključ moment. Z uporabo teh matic se delo poenostavi, saj ni potrebno na sidro nameščati slepe kovinske matice in jo kasneje zamenjati s kompozitno matico. Pri uporabi matic s kapico se hkrati tudi skrajša sam delovni proces sidranja.

(povzeto po Navodila za delo št. 650 za obratovanje podajalnika z vrtalno garnituro GTA EHB 7600 B, Služba varstva in zdravja pri delu, Premogovnik Velenje)

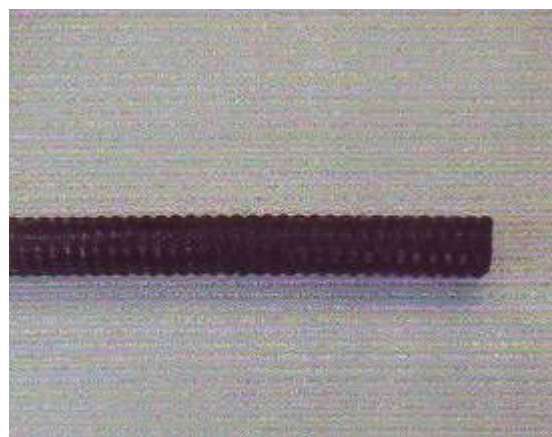
7.1.7 Tehnologija sidranja

Viseča garnitura je opremljena z lafeto, s katero lahko vgrajujemo sidra do dolžine 250 cm. Ker se sistem sidranja v Premogovniku Velenje uporablja predvsem v etažnih progah, se uporabljajo le kompozitna sidra. To pa zato, ker lahko kompozitna sidra režemo skupaj s premogom s pridobivalnim strojem na odkopu. Kompozitna sidra v sloju premoga ne poškodujejo rezalnih delov pridobivalnega stroja, ki na odkopu izrezuje sloj premoga v smeri etažnih prog. Za sidranje po obodu proge se uporabljajo sidra Weidmann K60 (sliki 11, 12) s premerom 25 mm in dolžino 2,5 m, za sidranje čelne stene pa se uporabljajo sidra Weidmann K65, ki so identičnih dimenzij, nosilnost sidrnega droga in nosilnost elementov vpenjalne glave teh sider pa je manjša kot pri sidru Weidmann K60. Pravilno vgrajeno sidro je prednapeto – aktivno sidro, ki je v vrtini zalepljeno vzdolž celotne dolžine sidrnega droga. Da takšno vgradnjo dosežemo, moramo uporabiti prave materiale, pravo vrsto orodja oz. vrtalnega pribora in v pravilnem zaporedju ter s pravilno časovno dinamiko izvesti postopke vgradnje sider.



Slika 44: Sidro WEIDMANN K-60

Vir: Premogovnik Velenje – slikovno gradivo



Slika 43: Sidrni drog K-60

Vir: Premogovnik Velenje – slikovno gradivo



Slika 46: Ploščica poliester

Vir: Premogovnik Velenje – slikovno gradivo



Slika 45: Matica epoksi K-60

Vir: Premogovnik Velenje – slikovno gradivo



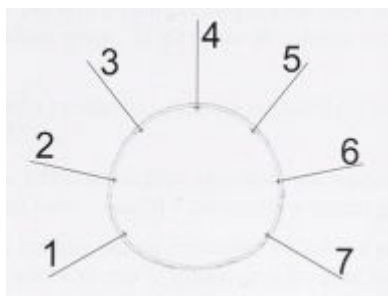
Slika 47: Lepilna poliestrska vložka

Vir: Premogovnik Velenje – slikovno gradivo

7.1.8 Sidrne vrtine

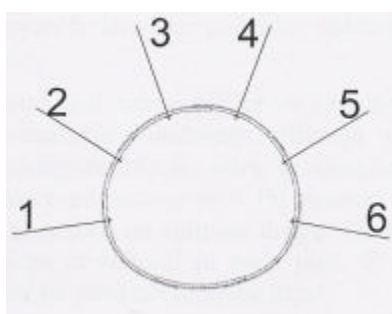
Sidrne vrtine morajo biti enakomerno razporejene po obodu jamske proge, v medsebojni oddaljenosti od 0,6 do 1 m, kakor je shematsko prikazano na slikah 5.9 in 5.10. V rudarskem izvedbenem projektu mora biti natančno predpisana razporeditev sider, saj je od njihove gostote odvisna nosilnost podgradnje. Vrsteni red vrtanja sidrnih vrtin in sidranja je pomemben z dveh vidikov. Prvi in najpomembnejši je varnost. Najprej vgradimo sidra v zgornjem delu profila jamske proge in s tem zavarujemo odprti prostor pred morebitnimi izpadajočimi deli stropa. Drugi vidik zaporedja vgradnje pa je, da dosežemo čim krajši čas sidranja za en venec sider oziroma za en odsek napredovanja. Optimalno zaporedje vrtanja sidrnih vrtin in sidranja se pokaže pri izvajanju del v praksi.

Na slikah 48 in 49 je prikazan karakteristični raspored sider v preseku jamske proge.



Slika 48: MP2-profil s sedmimi sidri po obodu, pozicije posameznih sider

Vir: Premogovnik Velenje – slikovno gradivo



Slika 49: MP1-profil s šestimi sidri po obodu, pozicije posameznih sider

Vir: Premogovnik Velenje – slikovno gradivo

Dolžina sidrnih vrtin je 240 cm za 250 cm dolge sidrne drogove (Weidmann K-60). Tako je sidrna vrtina za 10 cm krajša od sidrnega droga, kar zadostuje za namestitev sidrne ploščice in sidrne matice. Pomembno je, da sidrna vrtina ni predolga ali prekratka. Če je le-ta predolga, ne izkoristimo celotne dolžine sidrnega droga, kar pomeni, da imamo manjšo nosilnost. Če pa je sidrna vrtina predolga, se pojavi pomanjkanje lepilne mase, sidrni drog tako ni zalepljen po celotni dolžini, kar pa doprinese k manjši nosilnosti.

Pri vrtanju v premog uporabljamo spiralne svedre, dolžine 2,8 m. Svedri imajo tudi možnost izpihovanja izvrtanine. Način izpihovanja izvrtanine v kombinaciji s spiralnim iznosom izvrtanine predstavlja zelo učinkovit način čiščenja in iznosa izvrtanine iz vrtine.

Pri sidrnih vrtinah je zelo pomemben tudi premer vrtine. Optimalni premer vrtine je tak, da je debelina vmesnega prostora med sidrom in ostenjem vrtine 3–4 mm. Torej za sidra s premerom 25 mm vrtamo sidrne vrtine s premerom od 31 do največ 33 mm.

7.1.9 Varnostni ukrepi pri delu z visečo vrtalno garnituro GTA

Visečo vrtalno garnituro GTA uporabljamo samo v tehnično neoporečnem stanju. Nastale poškodbe je potrebno takoj odpraviti. Visečo garnituro uporabljamo samo namensko. Služi izključno za vrtanje sidrnih vrtin in vgrajevanje sider. Katerakoli druga uporaba velja za neustrezno. Neustrezna uporaba predstavlja nevarnost za ljudi in delovna sredstva. Za nevarnosti in škodo zaradi neustrezne uporabe odgovarja uporabnik. Pri uporabi viseče garniture se ne sme presegati v tehničnih podatkih navedenih vrednosti in omejitev.

V času obratovanja viseče garniture njen upravljalca ne sme zapustiti delovišča. Med delovanjem je prepovedano poseganje v delovno območje stroja ali zadrževanje pod strojem. Med obratovanjem je prepovedano izvajanje vzdrževalnih posegov ali kakršnega koli drugega dela na viseči garnituri.

Upravljalca, ki se nahaja na delovnem odru, mora biti pazljiv, da z glavo ne udari v strop, v tirnico za vgrajevanje osnovnega stropnega loka. Ko se upravljalca nahaja na delovnem odru, mora imeti montirano varovalno ograjo delovnega odra. Pri motnjah funkcionalnosti se mora viseča garnitura takoj ustaviti, izklopiti in zavarovati pred nehotenim vklopom. Visečo garnituro vklopimo ponovno, ko so vse pomanjkljivosti strokovno odpravljene.

Med izvajanjem del z napredovalnim strojem mora biti viseča garnitura umaknjena na varno razdaljo, da ne prihaja do trkov odlagalnega transporterja in viseče garniture. Pred začetkom dela z visečo garnituro moramo vizualno in z vklopom posameznih krmilnih naprav preveriti brezhibnost delovanja opreme ter vgrajenost in brezhibnost varnostnih naprav. Če ugotovimo napake, takoj ustavimo visečo garnituro. Le-to ponovno spravimo v pogon, ko so napake strokovno odpravljene.

Glavno stikalo viseče garniture pokrijemo z varnostnim pokrovom. Poskrbimo za zadostno razsvetlitev delovnega območja.

Dnevno preizkusimo vso hidravlično napeljavo in vijake glede poškodb in netesnosti. Le-te nemudoma odpravimo.

(povzeto po Navodila za delo št. 650 za obratovanje podajalnika z vrtalno garnituro GTA EHB 7600 B, Služba varstva in zdravja pri delu, Premogovnik Velenje)

7.1.10 Organizacijski ukrepi pri delu z visečo garnituro

V času dela z visečo garnituro sta na čelu dva delavca (pred visečo garnituro), ki izvajata sidranje:

- ❖ upravljalca viseče garniture,
- ❖ pomočnik upravljalca viseče garniture – strežnik.

Samostojni upravljalca viseče garniture sme biti kvalificiran rudar, ki ima vsaj dve leti delovnih izkušenj v jami, od tega najmanj šest mesecev na deloviščih izdelave jamskih objektov. Praktično mora biti poučen, seznanjen z navodili za delo z visečo garnituro, tako da jih razume in jih prejme proti podpisu. Za delo s strojem ga določi odgovorni rudarski nadzornik.

Pomočnik upravljalca viseče garniture – strežnik mora biti vsaj polkvalificiran rudar, ki ima vsaj eno leto delovnih izkušenj v jami, od tega najmanj tri mesece na deloviščih izdelave jamskih objektov. Tudi on mora biti praktično seznanjen z navodili za delo z visečo garnituro, tako da jih razume in jih prejme proti podpisu. Za delo strežnika ga določi odgovorni rudarski nadzornik.

Ostali delavci dostavljajo in pripravljajo material za čelom delovišča ter se ne približujejo čelu delovišča, kjer se izvaja sidranje. Osebe, ki niso razporejene na to delovišče oziroma sidranje ni njihov delokrog, se ne smejo zadrževati na delovišču, kjer se izvaja sidranje.

7.2 SMERNICE PRI KOMBINIRANI PODGRADNJI

Takojšnja in kvalitetna vgradnja sider v stropnem delu ter v čelno steno delovišča preprečuje nastanek plastičnih deformacij na čelu in v stropu delovišča. Izboljšajo se tudi pogoji napredovanja in varnost na delovišču. Pri sidranju stropnega dela smo v Premogovniku Velenje uvedli uporabo jeklene armaturne mreže in tako bistveno izboljšali varovanje nepodgrajenega odprtega delovnega prostora, kar je bil dolga leta eden glavnih razlogov za nezgode pri delu.



POVZETEK

Izdelavo jamskih prog pogosto spremljajo zahtevni geomehanski pogoji, zato se v osnovno podgradnjo kot dodatni podgradni sistem vključuje tudi sidranje. Namen sidranja je poleg utrditve okolne hribine tudi ta, da prevzame del potrebnega reaktivnega tlaka sistema podporja (jekleno ločno podporje + les + sidra + plašč).

Namen sidranja v čelno steno je zavarovanje odprtega prostora in preprečevanje zruškov ter s tem varovanje delavcev na čelu delovišča. Za sidranje v čelo delovišča se uporabljajo kompozitna sidra. Ta sidra lahko namreč napredovalno-nakladalni stroj med napredovanjem nemoteno reže. Takojšnja in kvalitetna vgradnja sider v stropnem delu ter v čelno steno delovišča preprečuje nastanek plastičnih deformacij na čelu in v stropu delovišča.

Namen sidranja po obodu proge je utrjevanje bokov proge in s tem preprečevanje povečevanja konvergence proge izven dovoljenih vrednosti (več kot 20 % za etažne proge), zagotovitev funkcionalnosti proge med obratovanjem odkopa in možnost povečanja razdalje med vgrajenimi kompleti jeklenega ločnega podporja. Zaradi posodobitve opreme in tehnologije izdelave jamskih prog ter racionalizacije dela na pripravskem delovišču je bil v Premogovniku Velenje izveden nakup viseče vrtalne garniture GTA EHB 7600B, proizvajalca GTA (GTA Maschinensysteme, Nemčija). Z novim strojem je omogočena lažja in hitrejša izdelava sidrnih vrtin ter izvedba ustreznih postopkov sidranja neposredno po izrezu odseka jamske proge.



VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA

1. Pri izdelavi prog se že dlje časa uporabljajo sidra v kombinaciji z ločno podgradnjo. Pri sidranju se pojavljajo tudi slabosti, ki jih sproti obvladujemo. Opišite posamezne primere sidrne podgradnje in njene šibke točke.
2. Na praktičnem primeru primerjate in analizirate trdnostne lastnosti jamske proge, ki je zgrajena z JLP (4 obroči na korak napredka 1,5 m), in progo z JLP v kombinaciji s sidrno podgradnjo (2 obroča na korak napredka 1,5 m in 7 sider na okno).
3. Analizirajte in primerjajte uporabo vrtalne garniture GTA v mehki in trdni hribini.

8 SIDRANJE V GEOTEHNIKI

Geološka sestava tal v Republiki Sloveniji je zelo raznolika ter tako izjemno zahtevna za gradnjo. Kjerkoli pričnemo z gradnjo masivnih objektov, naletimo na hribine z zaledno vodo, ki so običajno predrte in pomešane z nenosilnimi plastmi meljevcev, gline, peščenjakov. Pogosto se zgodi, da se objekti gradijo ob oz. na popolnoma nenosilnih zemljinah. Ker je prostor, s katerim razpolagamo, omejen, se ceste in železnice običajno pomikajo ob robove rek, v različne useke v hribine, predore itd. Zaradi navedenih dejstev v Republiki Sloveniji praktično ni objekta, da pri njegovi gradnji ne bi uporabili geotehničnih sider.

Horizontalno obremenjene konstrukcije je treba horizontalno podpirati. Razpore ovirajo delo v gradbeni jami, za trajno rabo pa tudi vizualno niso primerne. V takih primerih lahko uporabimo geotehnična sidra.

Pri tem imamo na voljo dve glavni možnosti:

- ❖ površinsko sidranje s sidrnimi bloki ali ploščami,
- ❖ uvertana prednapeta geotehnična sidra najrazličnejših vrst.



V poglavju boste spoznali osnove sidranja v geotehniko. Velik poudarek je na lastnostih posameznih sider in njihovi uporabi v praksi. Na koncu poglavja je predstavljena kontrola sistemov sidranja, ki ima pomemben del po kvalitetni vgradnji sidrnega sistema.

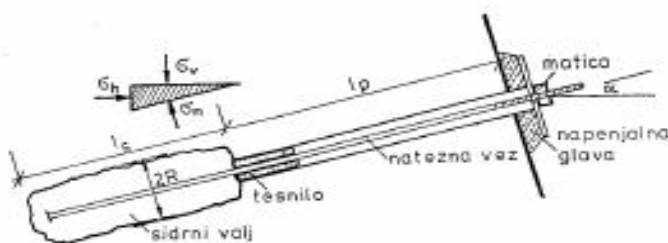
Ali ste se že vprašali?

- ❖ Kaj je bistvo sidrne podgradnje in zakaj je tako uspešna pri dosegu nosilnosti?
- ❖ Čemu so namenjena sidra na brežinah ob avtocestah?

8.1 UVRTANA GEOTEHNIČNA SIDRA

Sidra sestavljajo trije osnovni deli:

- ❖ vezni del sidra (sidrni valj),
- ❖ prosti del sidra in
- ❖ sidrna glava.



Slika 50: Shema geotehničnega sidra

Vir: Konjar, Geotehnična sidra

Bistveni nosilni element sidra je natezna vez, ki jo predstavljajo jeklene palice ali jeklene vrvi. Natezna vez prenaša obtežbo s konstrukcije na vezni del sidra.

Mejne nosilnosti sider so običajno v razponu od 400 do 1800 kN. Večje vrednosti dosežemo s sidranjem v gramozih in peskih ter trdnih kamninah, nižje pa v koherentnih zemljinah.

Sidra namestimo v pripravljeno vrtino, običajno nagnjeno navzdol za 15° do 25° .

Sidro je potrebno preveriti glede na tri kriterije:

- 1) nosilnost jeklene natezne vezi,
- 2) nosilnost veznega dela sidra glede na porušitev med injekcijsko maso in zemljino ter glede na porušitev med injekcijsko maso in jekleno natezno vezjo,
- 3) globalno stabilnost sidrane konstrukcije.

Na osnovi 1. kriterija izberemo prerez jeklene natezne vezi v posameznem sidru. Običajna količina jeklenih vrvi ali palic znaša največ do 20 % prereza vrtine.

Na osnovi 2. kriterija dimenzioniramo dolžino (in premer) veznega dela sidra. Dolžina veznega dela sidra je tako odvisna od zahtevane nosilnosti sidra, premera vrtine in lastnosti temeljnih tal ter injekcijske mase. V splošnem velja, da vezna dolžina ne sme biti manjša od 3 m in ne večja od 10 m.

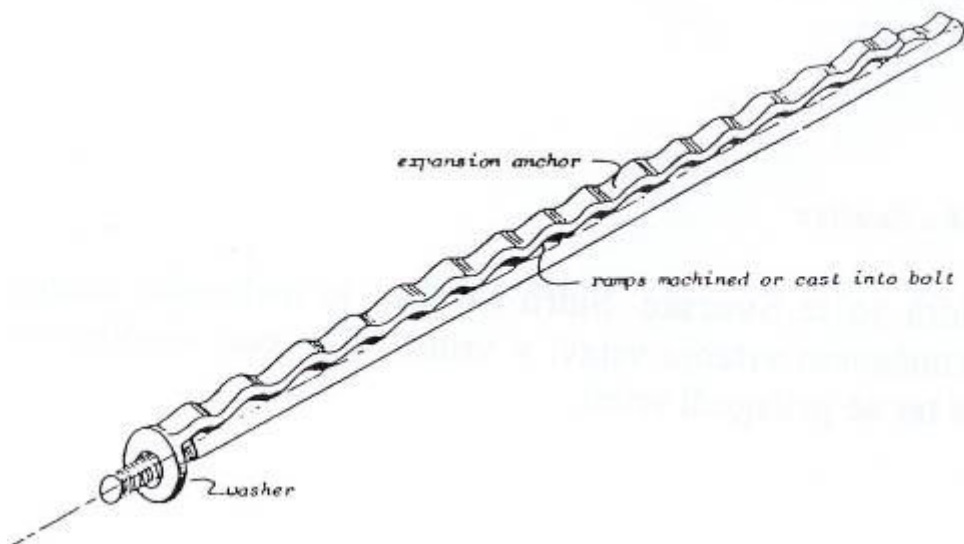
Za zagotovitev globalne stabilnosti (3. kriterij) je pomembno, da segajo vezni deli sider zanesljivo izven območja vsake možne porušnice.

Za izračun dolžine veznega dela sidra najdemo v literaturi veliko različnih enačb. Najprej prikažemo teoretično izpeljavo za dolžino veznega dela sidra.

8.2 VRSTE SIDER

8.2.1 Ekspanzijska sidra

Ekspanzijska sidra se držijo v hribini z ekspanzijo na posameznih mestih ali v celotni dolžini. Niso oblita z injekcijsko maso in so bolj izpostavljena koroziji. So lahko vgradljiva in takoj prenesejo obremenitve. Primerna so za vgrajevanje v vrtine, iz katerih je dotok vode večji.



Slika 51: Shema ekspanzijskega sidra

Vir: Makovšek, Izgradnja podzemnih prostorov

❖ *Klinasta razcepna sidra*

Ta vrsta sider ima razcepni vložek. Sidra so prednapeta. Uporabi se jih za začasno podporo. Ko se sidro vgradi, se v njem razcepi t. i. vložek, ki prime hribino in poveča se stabilnost.

❖ *Ekspanzijska sidra Swellex*

Swellex sidra so iz Švedske. Sidro Swellex je mehansko stisnjena cev, ki se takoj po končanem vrtanju vstavi v vrtino. Cev pod visokim pritiskom ekspandira in se prilagodi vrtini.



Vir: <http://www.minovausa.com/pdfs/Products/SwellexRockBolts.pdf> (1. 12. 2010)

8.2.2 Zalivna sidra

Zalivna sidra se delijo na prednapeta ali neprednapeta sidra. Prednapeto sidro ima vezni in prosti del. Vezni del je zalit z injekcijsko maso. V prostem delu pa je potrebno sidro zaščititi protikorozijsko. Sila napenjanja je do 100 kN ali do 150 kN.

❖ *SN-sidra*

SN-sidra so pasivna. Njihova uporaba je najbolj razširjena. Prvič so ta sidra uporabili pri vodno energetskem projektu Store Norfors na Švedskem (kratica SN). Vrtino se po celotni dolžini zapolni z ustrežno injekcijsko maso. Nato se vgradi sidro, ki se lahko prednapne.

❖ *IBO-sidra*

IBO-sidro je kombinacija vrtalnega droga in sidra. Med vrtanjem se votlo sidro uporablja kot vrtalni drog. Na votlo sidro je privarjena vrtalna krona. Vrtalni drog ostane v vrtini kot sidro. Skozi votlo sidro se vrtina zainjektira. Sidra so primerna za močno razpokane hribine, kjer se vrtine zarušujejo.



Vir: <http://www.ibo-anchor.com/en/product-information.html> (1. 12. 2010)

❖ *Sidra z vtiskovanjem – perfo sidra*

V vrtino se najprej vgradi sidro, nato se sidro zainjektira. Pri tem se doseže povezava sidra in hribine po vsej dolžini vrtine.

8.2.3 Vrvna sidra

Vrvna sidra se uporabljajo v mehkih zemljinah ali kamninah. Sidra se lahko uporabijo za stalno ali začasno podpiranje. Pri uporabi stalnega podpiranja je potrebno v prosti dolžini sidra protikorozijsko zaščititi pletenice.

8.2.4 Pasivna sidra

Pasivna sidra se največkrat uporabljajo pri izgradnji objektov, predvsem začasnih objektov, kjer je dovoljen majhen premik objekta z zaledjem. V Republiki Sloveniji se najpogosteje vgrajujejo t. i. SN- ali IBO-sidra. Razlika je v tem, da se pri SN-sidrih običajno v trdnejšo podlago izvrti luknja, v katero se natoči cementna masa z nizkim vodocementnim faktorjem, nato pa se sidro vstavi v vrtino. Pri IBO-sidrih se na konici sidra uporabi samouvrtalna krona.

Sidra so votla, kar omogoči, da se le-ta po uvrtnju poinjektirajo. Obstaja še cela vrsta drugih pasivnih sider različnih proizvajalcev, ki pa se predvsem po svoji funkciji in načinu vgradnje bistveno ne razlikujejo. Pasivna geotehnična sidra so sestavljena iz jeklene palice, podložne plošče in matice. Jeklene palice so različnih premerov (najpogosteje 24–36 mm) in dolžine 4 m. V primeru, da se za sidranje objekta potrebujejo daljša sidra, se za spajanje 4-metrskih elementov uporabi spojni člen. Elementi pasivnega sidra so prikazani na sliki 7.1.



Slika 52: Elementi pasivnega sidra (matica, plošča, nosilna palica, spojka, vrtalna krona)

Vir: Konjar, Geotehnična sidra

Pasivna sidra neposredno po sami vgradnji ne prevzamejo obtežbe. Ko pride do premika sidranega objekta in se sila prenese na podložne plošče, ki so prvotno ukrivljene, se te izravnavajo ali pa upognejo v nasprotno smer. Sidro tako prevzame obtežbo – se aktivira. Pasivna sidra so podvržena koroziji, zato se v primerih, ko je predvidena njihova trajnost, ta sidra različno protikorozijsko zaščitijo. Sidra se lahko ovijejo v različne PVC-ovoje ali pa se vse kovinske dele zaščitijo s pocinkanjem ali kromiranjem. Za testiranje pasivnih geotehničnih sider se uporablja standard SIST EN 14490, ki obravnava različne tipe in pogostnost preskusov glede na kategorijo objekta, kjer so se za izgradnjo uporabila pasivna geotehnična sidra. Pri običajnem tipu poskusa se sidra preizkusi z 90 % sile, ki je bila predvidena pri statičnem izračunu. Sidra se preizkušajo tudi po drugih standardih, saj ima praktično vsaka evropska država svoj standard, dodatno se pri sestavi sider upoštevajo različni standardi za preizkušanje jekla, uporabljenega pri izdelavi sider, injekcijske mase, uporabljene pri injektiranju sider, itd.



Slika 53: Vgradnja – uvrtnje pasivnega geotehničnega sidra

Vir: Konjar, Geotehnična sidra



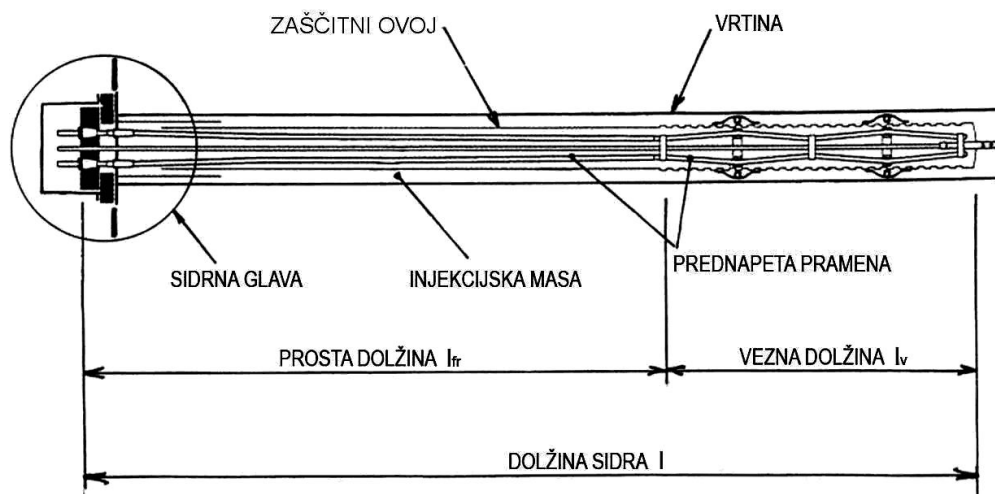
Slika 54: Primer varovanja predorskega portala s komb. pasivnih in prednapetih sider

Vir: Konjar, Geotehnična sidra

8.2.5 Prednapeta sidra

Prednapeta geotehnična sidra se prednapnejo in tako takoj po zaklinjenju preprečujejo pomik sidranega objekta. Prednapeta sidra so sestavljena iz jeklenih pramen, ki so ovita v PE-cevi, in komponent v okolici glave sidra. Prednapeto sidro je razdeljeno na vezni del (v globini zemljine oz. hribine) in prosti del, ki prenaša napetost s površine v vezni del. Zdrs veznega

dela v zemljini se zagotovi z injekcijsko maso, ki predstavlja stik med zunanjo rebrasto PE-cevjo in tlemi.



Slika 55: Shematski prikaz prednapetega sidra

Vir: Konjar, Geotehnična sidra

V praksi vgradnja prednapetega sidra izgleda tako, da se v temeljna tla izvrta luknja premera cca. 15 cm. V kolikor so temeljna tla slaba (vsebujejo veliko vode in nenosilnih materialov), se za vrtanje uporabi t. i. obložna kolona, ki preprečuje zrušenje vrtine. Po končanem vrtanju se sidro vstavi v vrtino in nato notranje in zunanje poinjektira. Notranje injektiranje pomeni, da se sidro poinjektira znotraj PE-cevi, v katero je ovito, zunanje pa, da se poinjektira stik med PE-cevjo in vrtino.

Sidro se najmanj 1 teden po končanem injektiranju preizkusi z različnimi tipi preizkusov. Za dejansko ugotavljanje nosilnosti temeljnih tal se pred pričetkom vgradnje vseh sider izvedejo poskusna sidra, običajno tri na sidran objekt. Ta imajo vgrajen en jeklen pramen več, kar nam omogoča to sidro napeti na dva- in večkrat večjo silo, kot bodo kasneje zaklinjena ostala sidra. Preizkus sidra se opravlja več ur, pri tem se računa mera lezenja s pomočjo logaritma časa, s čimer simuliramo dolgo življenjsko dobo sider. Po končanem preizkusu z upoštevanjem varnostnega faktorja ugotovimo tisto še dopustno silo, na katero lahko zaklinimo ostala sidra, da bodo ta trajno opravljala svojo funkcijo.

Ostala sidra se preizkusijo z enostavnejšimi preizkusi in nato zaklinijo. Sidra se zaklinijo tako, da se napnejo na določeno silo, nato pa se jeklena pramena s pomočjo zagozd fiksirajo v glavo sidra. Sidro tako tekom življenjske dobe konstrukciji pomaga premagovati silo, ki bi drugače objekt močno poškodovala ali celo porušila.

Jeklena pramena se pred sestavo sider preizkušajo na posebnem trgalnem stroju, pri čemer se določi elastični modul in natezna trdnost jekla. Jekleni elementi glav sider se preizkusijo, če s svojimi lastnostmi ustrezajo zahtevam za trdoto in kemijsko sestavo. Med injektiranjem sidra na terenu se vzame vzorce injekcijske mase, ki se po 28 dneh preizkusi, da se ugotovi dejanska tlačna trdnost (*povzeto po Konjar, Geotehnična sidra*).

Poznamo trajna in začasna prednapeta sidra. Začasna se uporabljajo pri zaščiti začasnih objektov, kot so npr. gradbene jame, različni portali itd. Njihova življenska doba je omejena na 2 leti. Trajna sidra pa se uporabljajo pri objektih, ki morajo svojo funkcijo opravljati 50 in več let. Ker se pri sestavi prednapetih sider uporabljajo visokovredna jekla, ki hitro korodirajo in so podvržena elektrolitskim procesom, trajnosti ni tako enostavno zagotoviti. Zadostnost protikorozijske zaščite se preizkusi tako, da se ugotavlja trajno ločenost sider od vode, temeljnih tal in blodečih tokov, ki so prisotni npr. v bližini železnic. Preizkus se opravi z merjenjem izolacijske upornosti, tako da se skozi sidro spusti enosmerni tok napetosti 500 V, izolacijska upornost sidra mora znašati najmanj 0,1 M Ω . Tudi masti in vazelini, ki se uporabljajo za protikorozijsko zaščito glav sider, ne smejo povzročati korozije jekla. To se ugotavlja s posebnimi testi izločanja sulfidov, sulfatov, vode in drugih škodljivih snovi in stopnje degradacije po določenem času.

V Republiki Sloveniji se za ugotavljanje nosilnosti in trajnosti sider kot priporočilo uporabljata švicarska standarda SIA 267/1 in SIA 267.



Vir: <http://www.sia.ch/d/praxis/normen/normenwerk.cfm> (1.12. 2010)



Slika 56: Primer proizvodne hale geotehničnih sider

Vir: Konjar, Geotehnična sidra



Slika 57: Vstavljanje sidra pri utrjevanju avtoceste
(1 delavec na 3–4 m)

Vir: Konjar, Geotehnična sidra



Slika 58: Preizkušanje sidra se izvaja s pomočjo merjenja vnešene sile, merjenja pomikov in merjena opazovalnega časa

Vir: Konjar, Geotehnična sidra

8.3 TRAJNOST SIDER

Sidra delimo na začasna (varovanje gradbenih jam) in trajna. Trajna sidra so vsa sidra, ki vršijo svojo funkcijo več kot dve leti. Začasna sidra dimenzioniramo z nekoliko nižjimi količniki varnosti, trajna pa z višjimi.

Pri trajnih sidrih je pomembna zanesljiva protikorozijska zaščita. V ta namen sidra vgrajujemo v plastične cevi, vsako sidro posebej pa po vgradnji preverimo glede na električno upornost med glavo sidra in zemljino. Izmerjena upornost mora biti dovolj velika, da prepreči električni tok med sidrom in okolico.

Na trajna sidra je potrebno paziti vse od proizvodnje preko transporta in do vgradnje, da se elementi elektroizolacije ne poškodujejo.

Posebna pozornost je potrebna v okolju, ki je agresivno za beton (strjeno injekcijsko maso).



Pregled zahtev na področju prednapetih geotehničnih sider

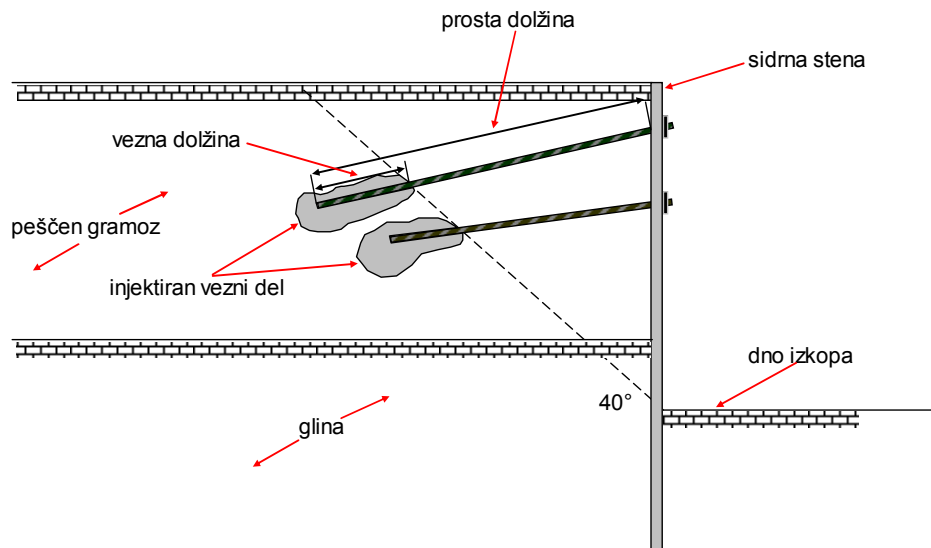
Na spodnji povezavi je članek glede zahtev na področju geotehničnih sider. Ugotovite prednostne zahteve in regulative in si jih izpišite!

Vir: <http://www.sloged.si/LinkClick.aspx?fileticket=U%2F9uU%2FWGPus%3D&tabid=128>
(1.12. 2010)

8.4 PRAKTIČNI VIDIK

Pri sidranih konstrukcijah je zelo pogost slučaj, da je stabilnost celotnega objekta odvisna skoraj izključno od sider – vso obtežbo prevzemajo sidra. Zato je pri projektiranju in izvedbi sider pomembno, da so vsi parametri sidranja skrbno preiščeni in izvedeni.

Dolžino, položaj in naklon sider načrtujemo glede na geološko zgradbo tal v zaledju konstrukcije in glede na rezultate statičnih analiz. Položaj sidrskih glav in dolžino veznega dela sider narekujejo statične zahteve, medtem ko naklon sidra in dolžino prostega dela sidra določamo predvsem glede na geološko zgradbo tal ter glede na globalno stabilnost. Zaradi globalne stabilnosti velja izkustveno načelo, da se vezni del sidra lahko prične za prelomnico, ki poteka od dna izkopa v zaledje pod kotom 40° (glej sliko 6.10). Z natančnejšimi analizami lahko lego veznega dela tudi drugače določimo.



Slika 59: Shematski prikaz sidranja stene

Vir: Konjar, Geotehnična sidra

Dolžina prostega dela vpliva na togost sidra. To pomeni, da bo dolgo sidro dovoljevalo večje deformacije stene, kratko pa manjše. Ali drugače: daljše sidro se bo moralo bolj raztegniti, če razmere zahtevajo povečanje sidrne sile, kot kratko. Iz navedenih razlogov Eurocode 7 priporoča vsaj 5 m dolg prosti del sidra. Zato tudi različne dolžine sider na isti konstrukciji niso priporočljive. Če se temu ne moremo izogniti, si lahko pomagamo tako, da daljša sidra izvedemo z večjim številom jeklenih vrvi (s tem povečamo togost sidra), četudi iz statičnih razlogov niso potrebne.

Sidrno silo lahko prenesemo na steno na več načinov:

- ❖ Sidramo lahko neposredno skozi izvedeno steno ali skozi pilote. Pri tem se moramo zavedati, da poškodujemo prerez pilota in nekaj armature.
- ❖ Pred steno (npr. pilotno steno, zagatno steno ali diafragma) izvedemo AB-gredo ali gredo iz drugačnih elementov, na katero učvrstimo sidrne glave. Grede imajo prednost v tem, da porazdelijo sidrne sile enakomerno preko večje dolžine stene in omogočajo prerazporeditev sil, če katero sidro popusti. V gredah armaturo okrog sidra posebej pripravimo in pustimo v njej odprtino za sidro.
- ❖ Kjer ne potrebujemo zagatne ali betonske stene, lahko sidrno silo raznesemo na večjo površino z razširjeno glavo, ki je običajno iz armiranega betona.

Večji problemi pri načrtovanju sidranja nastopijo, ko se v zaledju stene nahajajo cevovodi, predori ali druge ovire. Tedaj je potrebno dolžine in smeri sider prilagajati tem oviram, pri dimenzioniranju vezne dolžine sider pa je potrebno upoštevati tudi spremenjena napetostna stanja v okolici sidra (npr. v neposredni bližini predora).

Podoben problem predstavljajo morebitni zunanji vogali sten (glej sliko). Tudi v tem primeru je potrebno smeri in dolžine sider prilagoditi konkretni situaciji.

Pri izdelavi vrtin za sidra pogosto posegamo pod sosednje objekte. Pri tem je potrebno paziti, da jih neposredno ne poškodujemo, še vedno pa lahko posredno vplivamo nanj: zaporedna izdelava več sidrnih vrtin plitvo pod temeljem objekta lahko povzroči lokalne posedke objekta in ta se lahko poškoduje. Nasprotno lahko pri injiciranju veznega dela sidra (še posebno, če pri tem uporabljamo visoke pritiske – npr. jet grouting) povzročimo dvižke tal in

temeljev, kasneje pa ponovne posedke (ko začetni pritisk upade, injekcijska masa pa je še nevezana – mehka). Zato v takih primerih ni priporočljivo izvajati sider zaporedno, ampak najprej npr. 1., 4., 7., 10., nato 2., 5., 8., 11. in nazadnje 3., 6., 9., 12.

Injiciranje sider lahko povzroči povečanje pornih tlakov v zaledju konstrukcije in posledično premike stene proti gradbeni jami (predvsem pri gibkih zagatnih stenah), pri napenjanju sider pa običajno ta premik uravnavamo.

Ko je nosilnost veznega dela problematična (majhna), si lahko pomagamo predvsem z večjim premerom vrtine, kar pomeni večjo trensko površino med injekcijsko maso in zemljino, ali pa s predhodnim injektiranjem (običajno jet grouting) območja veznega dela. Po nekaj dneh v tako izboljšano območje veznega dela namestimo sidro.

8.5 KONTROLA SISTEMOV SIDRANJA

Kontrola (zlasti trajnih) sider je zelo pomembna.

Sestoji iz več faz:

- ❖ Vgradnja in testiranje testnih sider pred pričetkom gradnje. Namen tega je preveriti nosilnost projektiranih sider na terenu. Sidra se napne postopno na 1,50 do 1,75 delovne obtežbe in se opazuje odnos med silo in raztežkom sidra.
- ❖ Med izdelavo sidra se vodi zapisnik vrtanja in kasneje vgradnje ter injektiranja sidra. Zapisnik o vrtanju omogoča verifikacijo predvidene geološke zgradbe, zapisnik o vgradnji in injektiranju sidra pa morebitne posebnosti, ki lahko pomenijo slabosti v izvedbi (prevelika ali premajhna poraba injekcijske mase).
- ❖ Testiranje vsakega sidra med prednapenjanjem na delovno obtežbo (ustreznostni test); pri tem vsako sidro preizkusimo na 25 % večjo obtežbo, kot je računsko nosilnost sidra, in ugotavljamo, ali sidro tako obremenitev prenaša brez prekomernih deformacij (lezenje), ki bi kasneje povzročile upadanje sidrne sile. O testiranju se vodi natančen zapisnik (glej prilogo).
- ❖ Sidro preverimo glede trajnosti na električno upornost med jekleno natezno vezjo in zemljino. Upornost mora znašati preko 0,1 M Ω .
- ❖ Izbrana sidra opremimo z merilci sidrne sile, ki omogočajo njihovo spremljavo v konstrukciji ob napredovanju gradbenih del in sprememb v okolici konstrukcije. Omogočajo pravočasno ukrepanje v slučaju nepredvidenih dogodkov.



POVZETEK

Horizontalno obremenjene konstrukcije je treba horizontalno podpirati. Razpore ovirajo delo v gradbeni jami, za trajno rabo pa tudi vizualno niso primerne. V takih primerih lahko uporabimo geotehnična sidra.

Pri tem imamo na voljo dve glavni možnosti: površinsko sidranje s sidrnimi bloki ali ploščami in uvertana prednapeta geotehnična sidra najrazličnejših vrst.

Bistveni nosilni element sidra je natezna vez, ki jo predstavljajo jeklene palice ali jeklene vrvi. Natezna vez prenaša obtežbo s konstrukcije na vezni del sidra.

Pasivna sidra se največkrat uporabljajo pri izgradnji objektov, predvsem začasnih objektov, kjer je majhen premik objekta z zaledjem dovoljen. V Republiki Sloveniji se najpogosteje vgrajujejo t. i. SN- ali IBO-sidra.

Prednapeta geotehnična sidra se prednapnejo in tako takoj po zaklinjenju preprečujejo pomik sidranega objekta. Prednapeta sidra so sestavljena iz jeklenih pramen, ki so ovita v PE-cevi, in komponent v okolici glave sidra.

Sidra delimo na začasna (varovanje gradbenih jam) in trajna. Trajna sidra so vsa sidra, ki vršijo svojo funkcijo več kot dve leti. Začasna sidra dimenzioniramo z nekoliko nižjimi količniki varnosti, trajna pa z višjimi.



VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA

1. Geotehnično sidro je pomemben element za doseganje stabilnosti in trdnosti v hribinah. Analizirajte vidik sidrne podgradnje v predorogradnji. V katerih primerih se uporablja?
2. Pomemben vidik je trajnost sider. Skušajte ugotoviti, na kakšen način se to odraža v geotehničnih lastnostih hribine, v katere so vgrajena geotehnična sidra.
3. Skušajte ugotoviti najbolj pozitivne lastnosti posameznih tipov sider. Katera so najbolj učinkovita glede na racionalno rabo in pogostost uporabe?
4. Katere kontrole sider bi izpostavili z vidika stabilnosti in trdnosti?

9 VIRI IN LITERAURA

- Božić, B. *Miniranje u rudarstvu, gradbeništvu i geotehnici*. Varaždin: Geotehnična fakulteta, 1998.
- Fijavž, O. *Monitoring odvodnjevalnih procesov v jamah Premogovnika Velenje: Diplomsko delo*. Velenje: Višja strokovna šola, 2002.
- Hrastnik, J. *Rudarska dela in jamsko pridobivanje: skripta 1. in 2. del*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, Montanožistika, 1981.
- Konjar, G. *Geotehnična sidra: seminarska naloga*. FGG, Ljubljana.
- Makovšek, B. *Izgradnja podzemnih prostorov – učno gradivo*. VSS Celje, Gradbeništvo, 2006.
- Pečovnik, I. *Rudarstvo: Skripta za program pomočnika rudarja II. in rudarja za podzemno pridobivanje mineralnih surovin IV*. Velenje: Rudnik lignita Velenje, 1987.
- Purtić, N. *Bušenje i miniranje*. Univerzitet u Beogradu: Rudarsko-geološki fakultet, 1991.
- Roškar, B. *Reverzibilno vrtanje: seminarska naloga*. Velenje: VSS Velenje, Rudarstvo in geotehnologija, 2010.
- Premogovnik Velenje. *Rudarski projekt Velenjska odkopna metoda*. Rudarski projekt RP – 36/95 LM. Velenje: Premogovnik Velenje, 1996.
- Premogovnik Velenje. *Rudarski projekt Vrtine za odvodnjevanje in spremljanje nivojev podzemnih vod*. Rudarski projekt RP – 33/93. Velenje: Premogovnik Velenje, 1993.
- Premogovnik Velenje. *Navodila za varno delo*, Služba varstva in zdravja pri delu, Premogovnik Velenje
- Salobir, B. *Osnove jamskega odkopavanja: skripta*. Velenje: Center srednjih šol in Rudnik lignita Velenje, 1988.
- Vukelić, Ž. *Pregled tehnologije Jet grouting*. Ljubljana – interno gradivo. Univerza v Ljubljani: Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geotehnologijo in rudarstvo, 2002.
- Vukelić, Ž. *Vrtanje – interno gradivo*. Univerza v Ljubljani: Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geotehnologijo in rudarstvo, 2002.

Projekt **Impletum**

Uvajanje novih izobraževalnih programov na področju višjega strokovnega izobraževanja v obdobju 2008-11

Konzorcijski partnerji:



Operacijo delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada ter Ministrstvo RS za šolstvo in šport. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007-2013, razvojne prioritete 'Razvoj človeških virov in vseživljenjskega učenja' in prednostne usmeritve 'Izboljšanje kakovosti in učinkovitosti sistemov izobraževanja in usposabljanja'.