

A Bátaapáti alapvágatok injektálási technológiája

Deák Ferenc

Mott MacDonald Magyarország, ferenc.deak@mottmac.hu

Hersvik Dávid

Mott MacDonald Magyarország, david.hersvik@mottmac.hu

Miskolczi Rita

Mott MacDonald Magyarország, rita.moskolezi@mottmac.hu

ÖSSZEFOGLALÁS: A Bátaapáti lejtősaknák kihajtása során világossá vált, hogy a tároló hosszú távú radiológiai biztonsága érdekében kulcsfontosságú az előinjektálás tevékenységek rutinszerű folytatása, a vízszivárgások mennyiségének csökkentésére, illetve ezek kizárása. Ennek megfelelően a Bátaapátiban alkalmazott előinjektálás legfontosabb célja a felszín alatti létesítményektől a felszínre vezető gyors áramlási pályák elszigetelése, a gazdaságos és biztonságos vágatállapotok kialakítása, a vágathajtás környezetre gyakorolt hatásának csökkentése. Ez, a technológia megfelelő megválasztásával, a még ki nem hajtott vágatszszakaszok körül létrehozott vízzáró zónával biztosítható, illetve utóinjektálás alkalmazható a már kihajtott lejtősakna szakaszok utólagos vízkizárásos munkálataiban. Az előinjektálás technológiájának számottevő része helyspecifikus, gondos tervezést igénylő tevékenység, amely lényegesen nagyobb hatékonysággal alkalmazható, mint az utólagosan elvégzett injektálás, amely mind költségben, mind eredményességében kritikus, mivel minden utóinjektálási eset más és más és egyedi módszereket, technológiát követel.

Kulcsszavak: előinjektálás, Bátaapáti, mikrocement, kolloidális szilika gél

1 BEVEZETÉS

A több, mint egy évtizedes felszíni kutatási tevékenységek folytatásaként az atomerőműi kis és közepes radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére szolgáló felszín alatti tároló építési munkái 2005. februárjában kezdődtek el Bátaapáti külterületén. 2008. május végéig elkészültek az egymással közel párhuzamos lejtősaknák, a kapcsolódó összekötő vágatok, a vizsgálati célokra előkészített kutatókamrák és az üzemeltetési feladatokat ellátó ideiglenes zsompok és transzformátor kamrák.

A munkák zökkenőmentes folytatása érdekében a beruházó Radióaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság (a továbbiakban RHK Kft) 2008. szeptemberében tárgyalásos közbeszerzési eljárás végeredményeként szerződést kötött a kivitelezési munkák irányítását végző Mecsekérc Zrt-vel a „Bátaapátiban létesítendő, a kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére szolgáló Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló felszín alatti létesítmények beruházás előkészítés befejező munkáival kapcsolatos kiegészítő tevékenységek folytatására”. A megkötött szerződés a Bátaapátiban létesülő Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló (továbbiakban: NRHT) 1. üteméhez tartozó, a közel 645 m vágatszszakasz bányászati kivitelezési munkáira vonatkozott, magába foglalta a lejtősaknákhoz kapcsolódó Nyugati, Keleti-alapvágat, és 7-8-as összekötő vágatok terveinek elkészítését. A tervezett vágatszszakaszok az elkészült lejtősakna-párok folytatásában — az Engedélyezési és Létesítési Tervnek, illetve a kiadott Hatósági Határozatban és a Záradékoltt Építészeti-műszaki Tervdokumentációban meghatározott követelményeknek megfelelően — a Keleti-lejtősakna 1723,5 m-től, míg a Nyugati-lejtősakna 1772,5 m-től folytatódtak. A tervek elkészítéséhez Mecsekérc Zrt felkérte a Mott MacDonald Magyarország Kft-t a Kiviteli terv műszaki leírásának, vágatstatikai számításainak, Löttbeton technológiai terveinek, Geotechnikai vizsgálati programjának és az Előinjektálási technológiai tervének elkészítésére. Ezen a munka a keretében készült el az itt bemutatandó Előinjektálási technológiai terv, amelynek elkészítésében köszönetet illeti, mind a hazai, mind a nemzetközi tanácsadók munkáját, tevékenységét.

2. CÉLOK

A Bátaapáti telephelyen végzett injektálás legfontosabb célja annak biztosítása, hogy a szakszerűen elvégzett injektálás kielégítse a megrendelő és a Létesítést Megelőző Biztonsági Jelentésben meghatározott, illetve a hatóság által támasztott műszaki követelményeket. Ebből következően a vízkizáráshoz csak hosszú távon stabil, a radionuklidok migrációját inkább gátló, mint elősegítő injektáló- és adalékanyagok használata megengedett.

Az injektálás általános céljai:

- Gazdaságos és biztonságos vágatállapotok kialakítása;
- A vágathajtás környezetre gyakorolt hatásának minimalizálása;
- A föld alatti rendszer működési követelményeinek kielégítése, feltételeinek javítása.

A közvetlen cél a vágatbeli vízbeszivárgás mértékének szabályozása, a feltáró vágat létesítményre vonatkozóan a maximum 5l/perc/100m vágat vízbeáramlásának biztosítása. Ezen belül az elvárásnak megfelelően a beáramlás egyetlen 10m-es vágatszakaszon sem haladhatja meg az 5l/perc értéket.

3. FŐBB ÁLTALÁNOS ÉS KÖRNYEZETVÉDELMI KÖVETELMÉNYEK

Az előinjektálási kritérium, a vízbeáramlási követelménynek megfelelően, a terület hidrogeológiai szerkezete, illetve a lejtőaknák injektálási tapasztalatai alapján $> 0,3$ Lugeon-ra lett meghatározva. Ez a határérték az előfúrásokban 10 m-es vizsgálati szakaszra meghatározott $4 \cdot 10^{-7}$ m²/s transzmisszivitással egyenértékű. (A furatokban mért áteresztő képességet Lugeon egységekben kell megadni. 1 Lugeon egység egyenlő 1 liter/perc/m vízfelvétellel, 10 bar nyomáson.)

A hosszú távú radiológiai biztonság követelményei miatt a vágat környezetében csak olyan injektáló anyagra terveztünk, amelynek hosszú távú kémiai stabilitása bizonyított, nem tartalmaz szerves és kolloidképző anyagokat és nem gázképző.

Injektáló anyagként csak környezetvédelmi engedéllyel, gyártói tanúsítvánnyal rendelkező anyagok használhatóak, amelyek kielégítik a tervezett tároló hosszú távú biztonsági elvárásait.

A vízbeáramlási kritériumok elérésére tett erőfeszítések szabják meg a vágathajtás előrehaladási sebességét. A nagyobb permeabilitású területeken azzal kell számolni, hogy a vizsgálati előfúrás (szondafúrás) és az előinjektálás folyamatosan végzendő a vágathajtás előre haladtával.

4. A VÁGATOKKAL FELTÁRT TERÜLET HIDROGEOLÓGIAI JELLEMZŐI

A Bátaapáti (Üveghutai)-telephely jellegzetes vízföldtani szerkezetei a torlasztó–szigetelő zónák. Ezek a felszín alatti áramlási rendszert elkülönülő blokkokra tagolják, és a földtani környezet fontos védelmi elemét képezik. A torlasztó–szigetelő zónák a vágatok depressziós hatását is korlátozzák, ezért az ilyen zónák mögött a vágatok közelében is maradhatnak viszonylag nagyobb hidraulikus nyomású területek. Az ilyen zónák fúrásos harántolásakor nagyobb nyomású vízbelépések is előfordulhatnak, de ezek hozama — a legfeljebb a 10^{-5} m²/s nagyságrendet elérő transzmisszivitás miatt — várhatóan nem haladja meg az 500 l/min-t (Molnár P., Szamos I., Csapó Á., Ország J. 2008).

5. ELŐINJEKTÁLÁSI TECHNOLÓGIAI MŰVELET

a. Az előinjektálás szükségessége, előinjektálási kritérium

Az előinjektálás szükségességének eldöntéséhez, az injektálandó vágatszszakaszok helyének meghatározásához, a vízvezető zónák lehatárolásához folyamatos, 2–4 db. maximálisan 22 m hosszú fúrást szükséges mélyíteni a talp és a főte felől (2. ábra). Két szondafúrás szelvény között minimálisan 2 m lehet az átfedés. A Megrendelő követelményei szerint a szondafúrásokat a vágatszselvényen belül kell mélyíteni.

A kőzet vízáteresztő képességének meghatározására Lugeon módszer szerinti (1 Lugeon egység egyenlő 1 liter/perc/m vízfelvétellel, 10 bar nyomáson) víznyomásos/víznyeléses (pakkeres) vizsgálatot kell végeznie a szondafúrásokban. A megrendelői elvárások szerint a felszín alatti vágatok esetében max. 5 l/min/100 m vízbeáramlással kell számolni. Ezen belül a beáramlás egyetlen 10 m-es vá-

gatszszakaszon sem haladhatja meg az 5 l/perc értéket. Ha az előfúrásban a transzmisszivitás meghaladja a $4 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ -ot, valószínűsíthető hogy injektálásra lesz szükség. A döntő injektálási kritérium $> 0,3\text{L}$ – azaz, az elvégzett 4 szondafúrás közül valamelyik nagyobb vízelnyelést mutat, mint $0,3\text{L}$ akkor injektálásra van szükség.

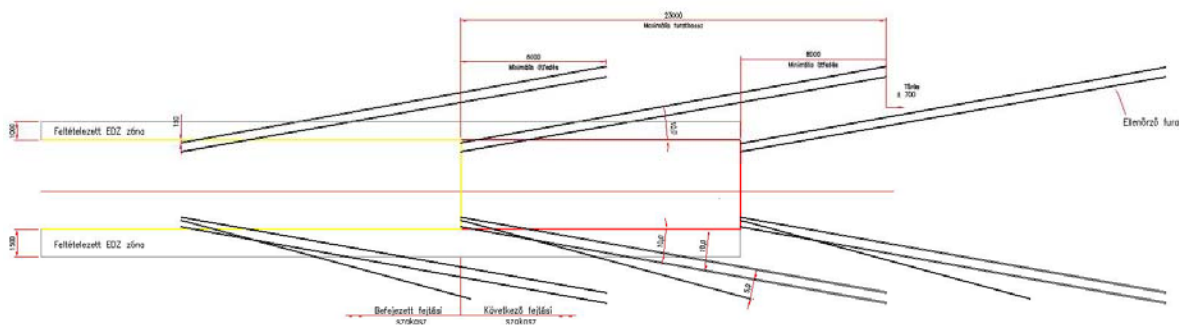
b. Az előinjektálás kivitelezése és folyamata

Ha a pakkeres kútvizsgálatok kiértékelése után döntés születik az előinjektálás szükségességéről, akkor az adott vágatszszakasz vízkizárásos munkálataira eseti műveleti utasítást készít a kivitelező.

Előinjektálási lyukak tervezése:

Minden egyes injektálandó szelvényben 16, a vágatkontúr körül ernyőszerűen egyenletes kiosztású, + 4 extra talpi furat kerül lemélyítésre, 10° illetve 15° -os kitéréssel, 23 illetve 15 m hosszban (1., 2. ábra). Hosszabb vágatszszakaszok injektálását több lépcsőben végzik. Előfordul, hogy a szondafúrások alapján egymás után két vagy több előinjektálási ernyő kerül telepítésre, ilyen esetekben a két egymást követő előinjektálási ernyő között az átfedésnek minimum 8 m-nek kell hogy legyen.

Az injektáló lyukak fúrásának irányítása az Atlas Copco fúrókocsi Regular fúrásirányítási rendszer és a Tunnel manager lite tervező programmal készített fúrólyuk irányító programmal történik. Az injektáló furatok elhelyezkedését Injektálási jegyzőkönyvben kell rögzíteni. A fúrólyukak iránytartását a fúrórudazatba épített stabilizátor elemekkel lehet biztosítani.



1. ábra. Az injektáló és ellenőrző furatok elhelyezkedése felülnézetből

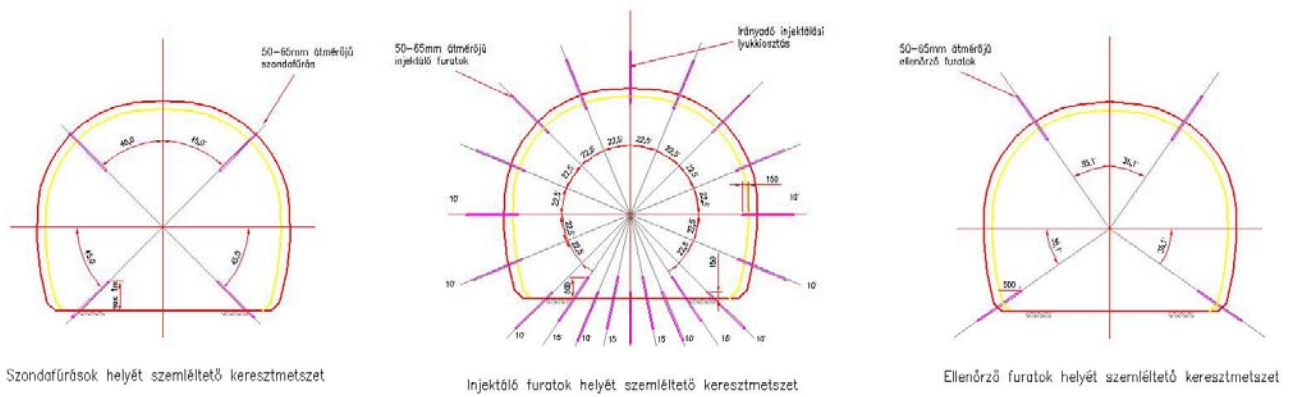
Az injektáló lyuk lefúrását követően a fúrórudazaton keresztül, a fúrókoronát a lyuktalpon tartva 3-5 bar túlnyomáson ki kell öblíteni a lyukakat. A furat kiöblítése után be kell építeni a mechanikus pakkert, az injektálást a talplyukakban kezdik el. A maximális zárónyomások az előrelátható kőzetosztálynak megfelelően (az előzetes magminta fúrás illetve homlok dokumentálás alapján) kerülnek meghatározásra úgy, hogy ha $Q > 1$: zárónyomás 50 bar, ha $Q < 1$: zárónyomás 35 bar. Amennyiben megfigyelhető víz, vagy injektáló anyag visszafolyása a vágatba, csökkenteni kell a szivattyúnyomást, és olyan műveletet kell végrehajtani, amivel csökkenthető a visszafolyás, pl. az anyag kötőgyorsításával vagy sűrítésével.

Mikrocementes anyag használata esetén egy furat injektálása normális esetben akkor tekinthető befejezettnek, ha az injektáló anyagbefogadás a maximális/záró nyomáson < 2 l/perc, tartva 5 percig vagy, ha az anyagfogyás elérte a lyukhoz megadott maximális injektáló anyag mennyiségét.

Az injektálás végzése közben, a pakkernek a furatban kell maradnia és a nyomást meg kell tartani az injektált anyag kötésének kezdetéig.

c. Az előinjektálás hatékonyságának ellenőrzése

Az injektálási munkák végeztével ellenőrző fúrások kivitelezése szükséges az injektálás hatékonyságának ellenőrzéséhez (1., 2. ábra). A szelvényenként 2-4 db ellenőrző-fúrást az injektáló furatokhoz hasonlóan kell mélyíteni, maximálisan, 23 m hosszban 10° kitéréssel. A furatokban víznyomás vizsgálatot kell elvégezni (lásd a szondafúrásoknál). Az injektálás megfelelő, amennyiben az elvégzett pakkerteszt $\leq 0,3 \text{ L}$ értéket mutatnak. Ez esetben az ellenőrzőfuratokat tömedékelni kell sűrű cement keverékkel ($v/c < 0,5$). Ha a teszt alapján az injektálás nem megfelelő, akkor ismételni kell az injektálási műveletet (második fázis) az előinjektálási művelet alapján, úgy, hogy a fenti 2-4 db ellenőrző lyukat is be lehet számolni a fúráskiosztásba. A szükséges kötési idő csökkentése érdekében a megismétlendő, második fázisú előinjektálást kolloidális szilika géllel javasolt végezni. Ezt a második injektálási fázist is ellenőrizni kell ellenőrző furatokkal.



2. ábra. A szonda, injektáló és ellenőrző fúrások metszetei

6. HASZNÁLHATÓ INJEKTÁLÓ ANYAGOK

Az injektáló anyag általában víz és mikrocement keverékéből álló anyag ($v/c = 0,45-1,2$) az alkalmazástól vagy előírástól függően egyéb adalék anyagokkal kiegészítve, de használható koloidális szilika gél is.

a. Cement és a cement-alapú injektáló anyagokhoz használt adalékok

Az előinjektálásra alkalmazott cement-alapú anyagnak mikrocementnek kell lennie amit a Portland cement őrölésével, darálásával állítanak elő, a minimális Blaine fajlagos felülete legyen $900 \text{ m}^2/\text{kg}$, a szemcsék 95% -a $< 20 \mu\text{m}$ ($d_{95} < 20 \mu\text{m}$) és a maximális szemcseméret $30 \mu\text{m}$.

Normál előinjektáláson túlmenően, olyan nyitott repedések esetén, ahol ez az anyag a szemcseméret szempontjából megfelelő a normál „gyorskötésű” Portland típusú cement is használható.

A szilikapor szuszpenzió alkalmazása segíti, csökkenteni az injektáló anyag vízfeladását (kivérzését) és ezáltal javítja az anyag stabilitását és növeli a keverék tixotróp tulajdonságait. A szilikapor szuszpenzió mennyiségét a cement súlyának megfelelően 5-10 % közötti arányban célszerű alkalmazni.

A mikrocementes injektáló anyag stabilitását szuperplasztifikálók hozzáadásával lehet elősegíteni.

b. Koloidális szilika gél

Koloidális szilika gél injektáló anyag (úgy mint a MEYCO MP320T vagy hasonló) alkalmazható előinjektálásra/injektálásra, vagy szükség esetén előinjektálás megismétlésére (mint második fázis), utóinjektálásra vagy szivárgó közhorgony furatok injektálására. Kifejlesztett egykomponensű injektálási anyag (koloidális szilika gél + kötőgyorsító) alkalmazható a szigorúbb injektálási feltételek biztosításához. Jellemzői: alacsony viszkozitás (a vízhez hasonló reológiájú), nagyobb behatolási képesség, nem toxikus.

c. Polyuretán műgyanta

Szükség esetén a nagyobb vízbefolyás gyors megállítása és a munkaterület azonnal vízmentesítése érdekében alkalmazható injektáló anyag.

7. INJEKTÁLÓ KEVERÉKEK KÖVETELMÉNYEK CEMENTALAPÚ KEVERÉKEKNÉL

- A vízfeladás (kivérzés) semmiképpen nem lehet nagyobb 5%-nál 2 óra elteltével.
- A mikrocementes keverék víz-cement aránya (v/c) legyen maximum 1,2:1
- A Marsh tölcserrel vizsgált cement-alapú injektáló keverék átfolyási ideje (a keverék viszkozitása) általában legyen 32-35 másodperc között.
- A keverékek egyes összetevőinek arányát és használatuk alkalmasságát folyamatosan felül kell vizsgálni, hogy megfeleljen az adott körülményeknek.

8. INJEKTÁLÓ KEVERÉKEK KÖVETELMÉNYEK KOLLOIDÁLIS SZILIKA GÉLNÉL

A kolloidális szilika gél és a kötésyorsító anyag alapos összekeverését a normál keverő berendezés alkalmazásával kell biztosítani. Nem szabad cement-alapú injektáló anyaggal kombinálni a keverőgépben, viszont ugyanabban az előinjektálási szakaszban lehet külön-külön használni azokat.

9. ANYAGVIZSGÁLATOK

Az injektálási munkálatok elkezdése előtt cement-alapú injektáló anyagok esetén az alábbi vizsgálatokat szükséges elvégezni:

a) vízfeladás (kivérzés, szedimentáció), b) viszkozitás Marsh tölcsérrel, c) sűrűség "mud balance" alapján, d) kötési idő, Vicat teszt a „kezdeti kötés” meghatározásához e) NES - penetrációs vizsgálat: amit célszerű utoljára elvégezni, mint „ellenőrző vizsgálat” az injektáló keverék összehasonlításához. (A kikevert injektáló anyagnak át kell folyni a NES-teszteren. Össze lehet hasonlítani különböző keverékek penetrációs képességét „mesterséges repedéseken”. Átfolyási sebesség állandó nyomáson mérendő.)

Az injektálási munkafázis alatt, legalább a következő helyszíni vizsgálatokat szükséges elvégezni:

a) vízfeladás (kivérzés, szedimentáció, b) viszkozitás Marsh tölcsérrel, c) kötési idő, szemrevételes „csésze vizsgálattal”: (Egy pohárba beleöntünk injektáló anyagot. Amikor az injektáló anyag a felfordított pohárban megmarad, az anyag elérte a „kezdeti kötést”)

A kolloidális szilika gél esetén előzetes laboratóriumi vizsgálatokat kell végezni a megfelelő gélesedési idő meghatározásához. A gélesedési időt 10 és 60 perc közötti időn szükséges tartani.

10. TERVEZÉSI KÖVETELMÉNYEK AZ INJEKTÁLÁSI ESZKÖZÖKRE

Az injektáló anyagkeverő berendezéseknek mechanikus működtetésű, nagy sebességű, kolloidális típusúnak kell lennie megfelelő mérettel és teljesítménnyel (Hány HCM, 1400l/perc vagy hasonló). A keverő berendezéseket olyan műszerrel kell ellátni, amely képes 2%-os pontossággal megmérni a keverékek összetevőinek súlyát és térfogatát, valamint fel kell szerelni egy visszaállító kapcsolóval rendelkező vízfogyasztásmérőt, amelyet az egyes beadagolások közötti le lehet nullázni. Keverés után az anyagot egy 5 mm lyukátmérőjű szűrőn vezetik egy keverőlapáttal ellátott keverőtartályba (agitator). A keverőlapátnak biztosítania kell a teljes tartálytartalom teljes keringetését. Az agitatornak legalább akkora teljesítményűnek kell lennie, mint a keverő berendezésnek. Az injektáló szivattyúk képesnek kell lenniük 50 l/perc mennyiségű sűrű/iszapos injektáló anyag (víz/cement = 0,45) áteresztésére meghatározott nyomáson és működniük egészen 6 MPa nyomásig. A szivattyúkat nyomás- és teljesítmény szabályozó szeleppel kell ellátni, amelyek lehetővé teszik az egyéni, a maximális nyomásbeállítását. A szivattyúknak automatikusan le kell állnia, amikor a beállított nyomást eléri, és azt ingadozás nélkül meg kell tartaniuk. Az injektáló lyukak elzárásához olyan mechanikus pakkereket kell használni, amelyek alkalmasak az injektáló lyukak zárására, illetve injektálására. A pakkereket a biztonságos működéshez az injektáló szivattyú üzemi nyomás fölé kell méretezni.

11. UTÓINJEKTÁLÁS

A Mórági Gránit Formáció geotechnikai, vízföldtani jellegének feltételezett ismeretében számítani kell arra, hogy nem mindig járhat sikerrel az előinjektálás, mivel előfordulhat, hogy a fűrőlyukak nem harántolják a kritikus szerkezeteket és a fent említett kritériumokat a vágatszakaszon nem teljesíti.

Ilyen esetben az utóinjektálást, másodlagos, vízelzáró injektálást kell alkalmazni azokon területeken, ahol a kihajtás előtti injektálást nem hozott megfelelő eredményeket. Az utólagosan elvégzett injektálás mind költségben, mind hatékonyságban kritikus, mivel minden utó-injektálási eset más és más és egyedi módszereket, technológiát követel. Amennyiben utóinjektálásra kerül sor célszerű azt bizonyos távolságra a homloktól, vagyis a vágathajtó munkahely mögött végezni. Általában az utóinjektálási furatok rövidebbek és sűrűbb a kiosztásuk, mint az előinjektálásnál.

A másik nehézsége, hogy az elkészült falazat, vagy megerősített kőzetboltozat mögé történő injektálás esetén kisebb nyomással kell dolgoznunk, hogy elkerüljük a biztosító rendszer túlterhelését, vagy a kőzettömb potenciális tönkremenetelét.

12. SZIVÁRGÓ KÖZETHORGONY FURATOK

A végleges biztosításhoz tartozó közethorgonyokat kizárólag, száraz, vizet nem szivárgó, furatokba szabad beépíteni. Szivárgó furatokat (szemrevételezéssel, vagy pakkeres méréssel ellenőrizni a szivárgás mértékét) először injektálni kell az előinjektálási műveletnek megfelelően, újra kifúrni, és csak azután lehet beépíteni a horgonyokat. Azokat a beépített közethorgonyokat, amik vizet szivárognak nem lehet beleszámolni a végleges vágatbiztosítási rendszerbe, hanem helyettesíteni kell újjakkal.

13. DOKUMENTÁLÁS

Az injektálási munkálatok alatt a kivitelezőnek az injektálási tevékenységéről teljes körű, naprakész feljegyzéseket kell készítenie

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- 1 Pre-Excavation Grouting in Rock Tunneling, BASF 2007
- 2 INTE: Hard Rock Tunnel Grouting Practice in Finland, Sweden and Norway, 2003
- 3 SKB R-07-30: Rock Grouting, Current competence and development for the final repository (2007)
- 4 POSIVA, Working Report 2003-46: Controlling of Disturbances due to Groundwater Inflow into ONKALO and the deep Repository, October 2003
- 5 Barton, N.: The theory behind high pressure grouting – Parts 1 and 2, Tunnels and Tunneling International, September and October, 2004
- 6 Injektálási Terv Elő-és Utóinjektálás, RHK-K-151/06 2006
- 7 Injektálási műveleti utasítás a bátaapáti felszín alatti létesítmények építéséhez, BA MU INJ-08-00 Mecsekérc Zrt. 2008-07-23
- 8 Előinjektálási jegyzőkönyv JKV BA INJ-08-33/1-3 , Mecsekérc Zrt.
- 9 Bataapati Tunnels, Review of Grouting Methodology, Mott MacDonald Ltd, January 2007
- 10 Review of the exploration programme of the Bataapati Storage facility, Tunnel Report, Mott MacDonald Ltd, May 2007
- 11 Houlby, A.C.: Routine interpretation of the Lugeon water-test, Engineering Geology. Vol 9, 1976
- 12 Molnár P., Szamos I., Csapó Á., Ország J. 2008: A vágatok vízföldtana – In: Balla Z et. al (2008), A felszín alatti földtani kutatás zárójelentése, RHK-K-082/08, RHK Kft. 2008. június 3.8.4. fejezet, pp 870-882
- 13 Fábrián M., Bakainé Papp K., Kovács L., Bogár J., Böthi Z., Brandmüller I., Buócz Z., Dankó Gy., Eördögh Zs., Keszerice V., Molnár I., Molnár P., Szabéni G., Viczencz O., Vásárhelyi B., Mátrai Cs. 2006d: A Bátaapátiban létesülő Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló felszín alatti létesítményeinek műszaki tervdokumentációja. Budapest, 2007. június RHK-K-027A/07
- 14 Bátaapáti Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló létesítési engedélykérelemmel kapcsolatos szakhatósági hozzájárulás 254/10/2008, Pécsi Bányakapitányság, 2008. április 21.
- 15 Bátaapáti Lejtősaknák, Tanácsadó Injektálási Jelentés. Mott MacDonald Magyarország Kft., 2008. Június (még nem hivatalos)
- 16 Benkovics I., Csicsák J., Barabásné Rebró K., Rabecz P., Hógyor Z., Varga M., Bakainé Papp K., Keszerice V. 2008: Megvalósulási állapotdokumentáció az „Üveghuta” megnevezésű területen kihajtott kutató lejtősaknákról
- 17 MEYCO MP320 Colloidal Silica Gel Injection Product Questions and Answers
- 18 MEYCO® MP 320 Colloidal Silica Post -injection to address water seepage in NATM Tunnel Deep Tunnel Sewerage System T-06, Singapore
- 19 The collapse of NATM tunnels at Heathrow Airport. HSE Books, UK (2000).