

## Vágatszkennerek (JointMetriX3D) alkalmazása a Bábaapáti kutatóvágatok geotechnikai dokumentálása során

Deák Ferenc

MECSEKÉRC Zrt. [deakferenc@mecsekerc.hu](mailto:deakferenc@mecsekerc.hu)

Molnos Imre

MECSEKÉRC Zrt. [molnosimre@mecsekerc.hu](mailto:molnosimre@mecsekerc.hu)

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A JointMetriX3D rendszer használata új távlatokat nyit a hagyományos leíró dokumentálás mellett. Az előnyei közé tartozik a 3D-s megjelenítés, nyilvánvaló objektivitás, megközelíthetetlen területekről való megbízható, nagy mennyiségű adatgyűjtés. A 3D-s modellen megjelenő terület minden részéről lehetőség nyílik információ gyűjtésére és mindez a hagyományos dokumentálás idejének töredéke alatt végezhető el. A vágatdokumentálások JointMetriX3D rendszerrel felvett adatait és 3D-s kiértékeléseit, sokoldalúan használhatjuk a vágathajtás különböző munkálatainak tervezésében.

*Kulcsszavak:* 3D modell, vágatszkennerek, vágatdokumentálás

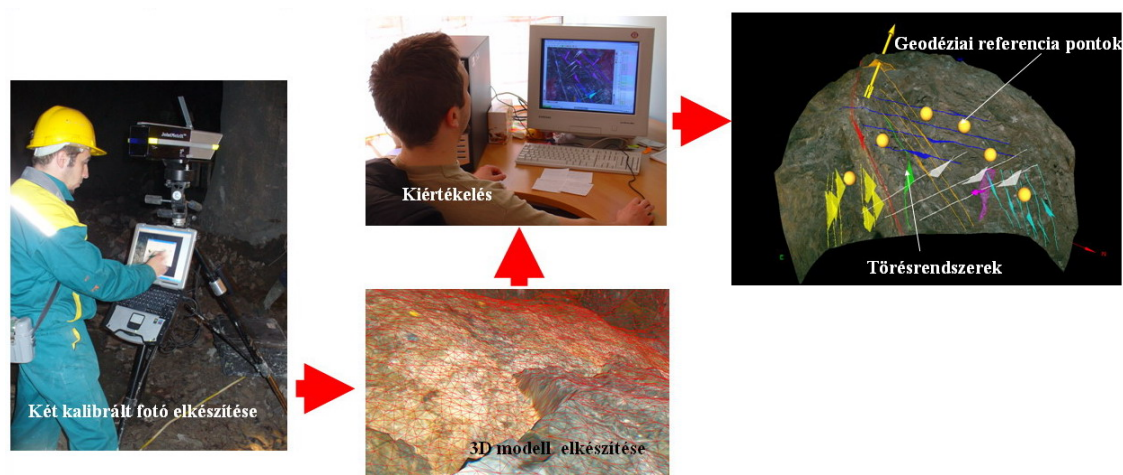
### 1 BEVEZETÉS

A Bábaapáti (Üveghutai) telephely a Mecsek-hegység keleti részén helyezkedik el, földrajzi szempontból a Geresdi dombsághoz, földtani szempontból a Mórágai röghez (ÉK-i része) tartozik, itt található a Mórágai Gránit Formáció paleozoos gránitkőzetei. E formáció gránitjába terveztek meg a falu határában mélyülő kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék tárolót. A felszíni földtani kutatások 2003-ban fejeződtek be, ezek a kutatások 2001-2003 között a Radioaktív Hulladékkezelő Kht. által kiírt közbeszerzési pályázat elnyerésével a Bábaatom Kft. irányításával és fővállalkozói (MÁFI, Golder, ETV-ERŐTERV, MECSEKÉRC) közreműködésével történtek.

2004. nyarán elkezdődtek a felszíni telephely kialakítására irányuló munkák, majd ezen év novemberében a portálok építésével folytatódtak. 2005. február közepén megkezdődött a földalatti tárolót megcélzó két kutatóvágat kihajtása.

A vágathajtás során földtani, vízföldtani és geotechnikai dokumentáció készül. A geotechnikai leírásokat a MECSEKÉRC Zrt. geotechnikai osztálya végzi, ezzel irányítva a bányászati tevékenységet, valamint kiértékeli a felszín alatti vágathajtás és kutatási munka vizsgálati adatait, tapasztalatait és a munkálatok által időben bekövetkező változásokat.

2006 októberében, az addig jól bevált és megbízható geotechnikai dokumentálás egy új rendszer bevezetésével bővült, ez a JointMetriX3D vágatszkennerek, mely az ausztriai 3G Software & Measurement fejlesztése és világviszonylatban újak számít.



1. ábra: A 3D modell elkészítésének lépései

## 2 VÁJVÉGDOKUMENTÁLÁS ÚJ MEGKÖZELÍTÉSBEN

A JointMetriX3D (a folytatásban JMX) rendszert jó hatásfokkal lehet használni külszíni és felszínelatti munkákkal kapcsolatban. Használata során három alapvető tevékenységhez lehet kötni a munkákat: nagy felbontású fényképek elkészítése, ezekből 3D-s modell leképezés és a kiértékelés.

### 2.1 Nagy felbontású fényképek elkészítése

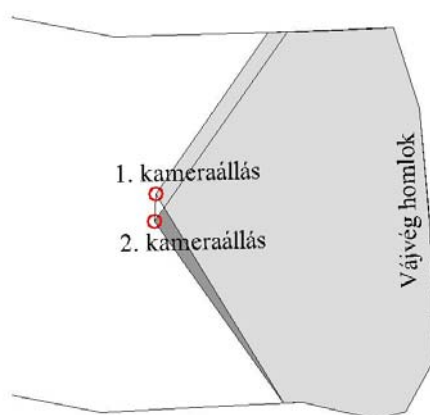
A terepi munka során a geotechnikus dokumentáló személyzet az ún. fényképes vájvég dokumentálás alkalmával az összetett, könnyen kezelhető eszközt leviszi a vájvéghez. A JMX rendszer az alábbi fő tartozékokból épül fel: nagyfelbontású vonalszkennер, állvány, terepi számítógép és akkumulátorok (2. ábra).



2. ábra: A szkenneléshez használt terepi eszközök: 1. JMX panoráma vonalszkennер 531x3 RGB CCD 2. Állvány 3. Akkumulátorok, valamint a terepi számítógép rögzítői 4. A terepi számítógép rögzítője 5. Akkumulátor 6. Akkumulátortöltő 7. Ütésálló, cseppálló terepi számítógép 8. Csatlakozó kábel 9. Fehér egyensúly beállításához használt kupak 10. Kalibráló tábla

A nagy felbontású (100 Megapixel), kalibrált panoráma vonalszkennер forgató mechanizmusa lehetővé teszi, hogy a műszer horizontális síkban 360°-ot elforduljon (a vízszintestől való döntés lehetősége  $\pm 15^\circ$ ).

A vájvégszkennelést a geotechnikus a vájvég homloktól kb. 5 m-re felállított műszerrel, két állásból történő, szkenneléssel végezi el a vágat tengelyétől 25 cm távolságra, a haladás irányának megfelelő bal és jobb oldalon, 110°-120°-os látómezőt használva (3. ábra). A szkennelést megelőzően referencia pontokat festünk fel a vájvégre, melyeket a geodézia bemér. A későbbi modell koordináta rendszerbe való beillesztésénél ezen pontok geodéziai adatait használjuk fel. A szkennelés időtartama átlagosan 4-5 perc, de ez függ az expozíciós időtől és a kiválasztott felbontástól.



3. ábra: A vágatszkennelés során használt két kameraállás helyzete

A kívánt beállításokat, a kamerát és forgató mechanizmust, vezérlő szoftver segíti. A nagy látószögű kamera lehetőséget biztosít a vágatpalást szkennelésére is, ám a 3D-s modell szerkesztésénél hibák jelenhetnek meg, hiszen a torzítás miatt ezekre a területekre nem nyílik jó rálátás. Ahhoz, hogy a homlokmodellhez hasonló, tökéletes leképezést nyerhessünk, csupán annyi a teendő, hogy a kamerát a palásttal „szembe” helyezve vertikális síkban forgatjuk el.

A két kép felvételezése során figyelni kell arra, hogy a két állásból történő szkennelés azonos feltételek mellett készüljön el, ugyanaz a jól megvilágított térrész szerepeljen rajtuk. Mivel optikai szkennerről van szó, ezért nagyon fontos a lehető legjobb optikai feltételeket megteremteni a vájvég környezetében, ellenkező esetben a képfeldolgozás során a szoftver nem tudja beazonosítani a két képen megegyező pixeleket.

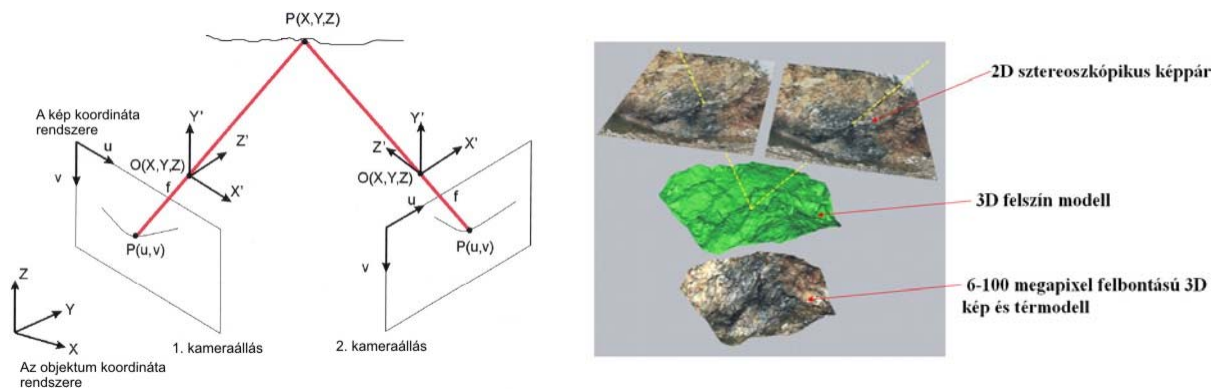
## 2.2 3D-s modell leképezése és kiértékelése

Ez a folyamat a klasszikus fotogrametria szabályainak megfelelően történik, a legújabb számítógépes megjelenítés támogatásával. A kapott 3D-s kép, esetünkben nem más, mint egy digitális fotó térbeli információkkal kombinálva.

Az egyazon objektumról különböző szögből elkészült két nagy felbontású fotó a sztereoképalakítás segítségével egy valóság-hű térbeli modellként jelenik meg. Az alapelvet 4. ábra mutatja be.

A modell alapját egy több millió pontból álló pontfelhő képezi. A referencia pontok kijelölése és geodéziai beméréseinek bevezetése után a pontfelhőn belül minden pont georeferált lesz. Ezáltal a térmodell minden pontjáról koordinátarendszerbe beillesztett információkat kaphatunk.

Miután a szoftver a térmodellhez hozzárendeli a digitális fotót, egy teljes realitást érzékeltető vágat részlet jelenik meg a képernyőn, melyen mm-nél kisebb elemek is elkülöníthetők (4. ábra).



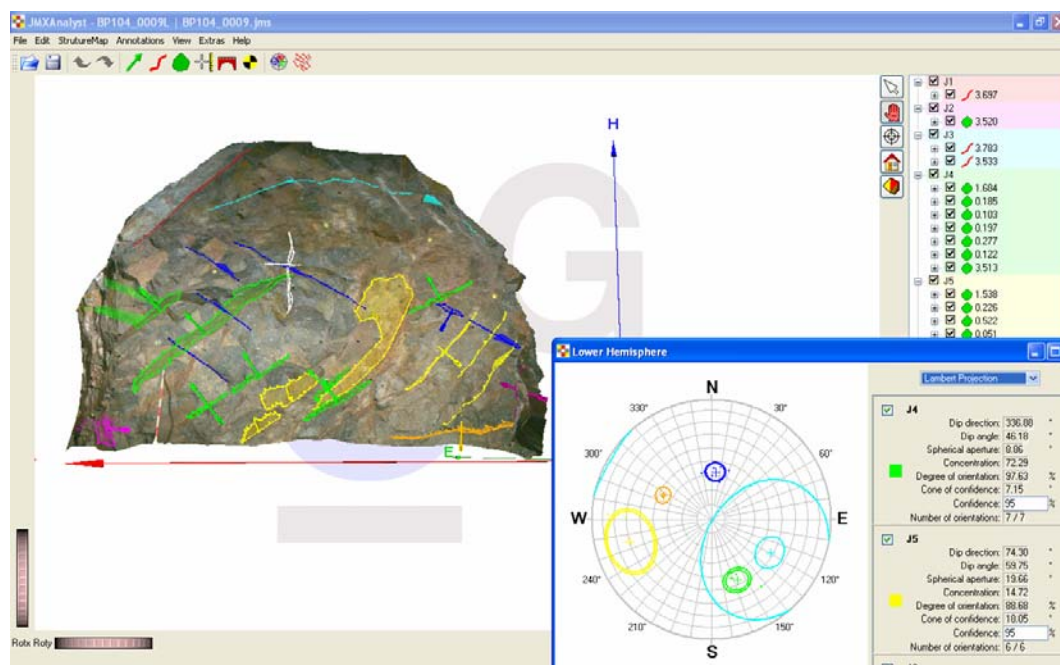
4. ábra: A 3D modell leképezése (Gaich A. et al. 2004)

Ezek után elkezdődhet a kép kiértékelése. Ehhez egy célirányos szoftver íródott, mellyel geotechnikai és geológiai értékelést végezhetünk el.

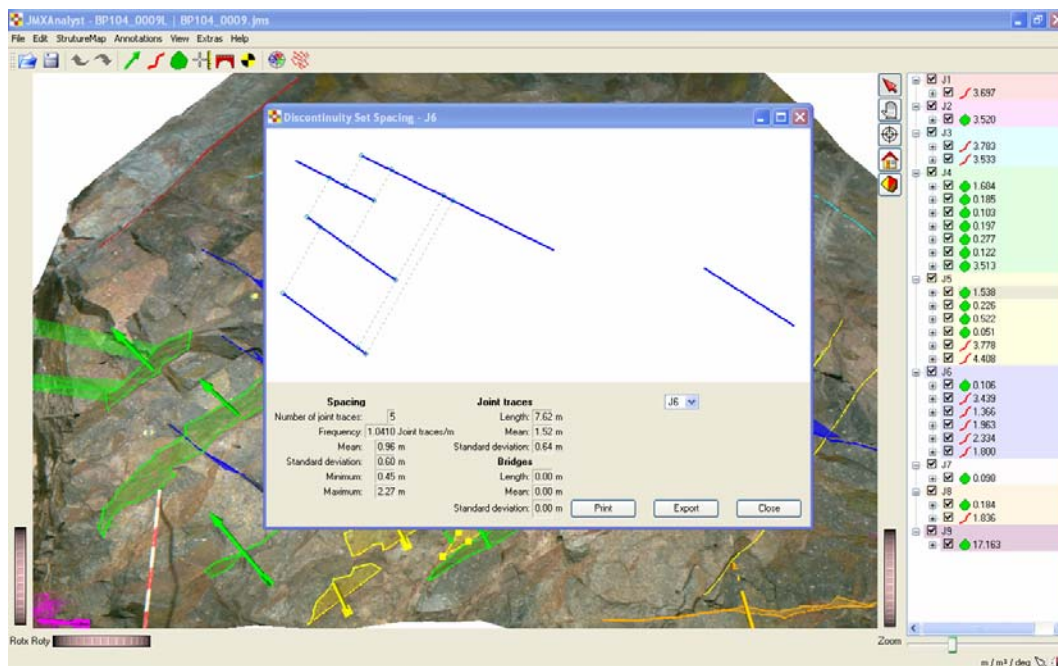
A hagyományos dokumentáláshoz hasonlóan itt is kijelölhetjük, berajzolhatjuk a töréssíkot, repedésrendszereket. A kőzettípusok elkülönítésére különböző színeket használhatunk. Minden berajzolt objektum az elkészített modellel együtt 3D-ben jelenik meg és geometriai, valamint geodéziai adatokat szolgáltat a kijelölt részéről.

A geotechnikai dokumentálás során a vonalként megjelenő szerkezeti elemekről automatikusan megkapjuk a hosszértéket, valamint a hozzájuk rendelt síkok dőlésirányát illetve dőlésszögét. A kijelölt síkok esetében a szoftver a dőlésirány és a dőlésszögön kívül a síkok területét is megadja. Nagy előnye a rendszernek, hogy a modellen, pontszerűen bármelyik részről megkapjuk a dőlésirány/dőlésszög adatot.

Külön lehetőség nyílik a JMX-en belül a törésrendszerek sztereografikus megjelenítésére, törésrendszereken belüli töréstávolságok meghatározására (5-6. ábra).



5. ábra: A vájvég 3D-s képe a dokumentált szerkezeti elemekkel és sztereogrammal



6. ábra: Ugyanazon törérendszeren belüli töréstávolságok

Az új dokumentálási módszer mellett a jól bevált „manuális” vájvég térképezést is elvégezzük, így mindig lehetőségünk nyílik a dokumentálások összehasonlítására. Az összehasonlítások után nyilvánvalóvá vált, hogy a térmodell pontosságát és a rögzített anyag mennyiségét nehéz elérni a hagyományos módszerekkel, hiszen sok esetben a dokumentálásra fordított idő és a vájvég/palást megközelíthetősége szabja meg a határokat a dokumentálás során.

### 3 A KELETKEZETT ADATOK TOVÁBBI HASZNOSÍTÁSA A VÁGATHAJTÁS SORÁN

A geotechnikai dokumentálás során keletkező adatok a 3D-s rendszer saját szoftverkörnyezetében könnyen kezelhetők, így a különböző vájvégekre vonatkozó kérdések gyorsan és egyértelműen megválaszolhatók.

A exportálható adatok között szerepelnek DXF és CSV kiterjesztésű fájlok, ezeket más programcsomagok használatával tovább hasznosíthatjuk.

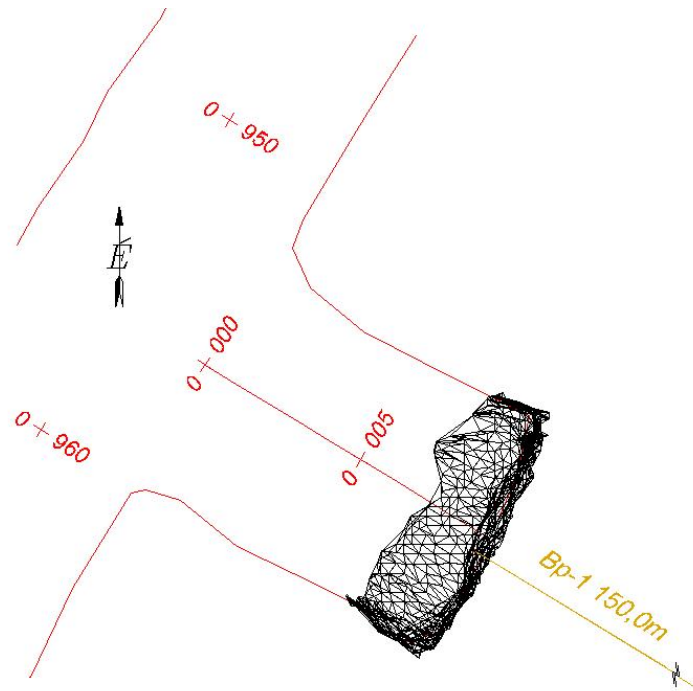
#### 3.1 A 3D-s adatok hasznosítása az injektálás megtervezésében

Az injektálási munkálatok során elő- és utóinjektálásokat végzünk. Az előinjektálások cement alapú injektálások az utóinjektálások során pedig leginkább kétkomponensű műgyantát használunk. Az előinjektálások fúrólukait a geodézia által megírt fúrési terv alapján, automatikusan fúrókocsi mélyíti le. Miután ezeknek megvan a kezdési koordinátájuk, a 3D-s modellen ellenőrizhetjük, hogy milyen szerkezeti elemek vannak a fúrólukak környezetében. Ha az injektálási homlok szilárdsága nem teszi lehetővé, hogy a lyukszáj zárható legyen, vagy szerkezetek mentén a víz, esetleg az injektáló anyag visszaszívárog a homlokon, akkor max 3 m hosszú lyukakkal műgyantás vízkizárást, vagy szilárdítást végzünk. A lyukak kezdőpontjának és irányának szerkesztésénél nagy segítséget jelent, hogy pontosan meghatározható a szerkezeti elemek térbeli elhelyezkedése.

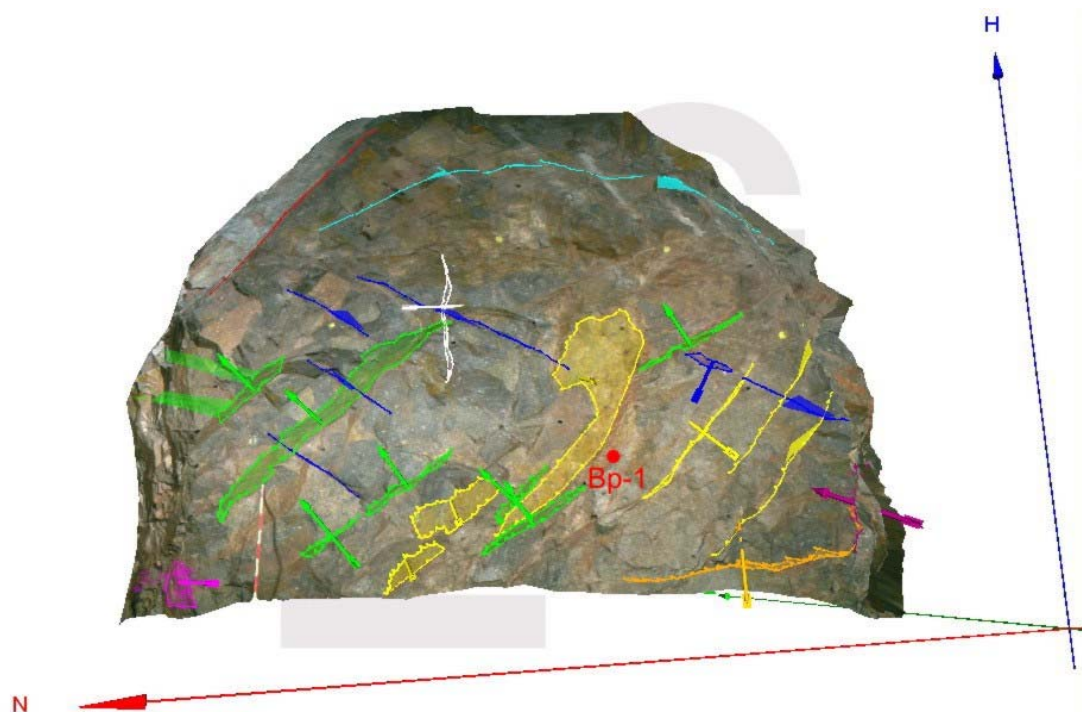
Vannak esetek, amikor egyetlen fúrással kell kizárni nagy mennyiségű vizet, ilyenkor a jó célzáson múlik az eredményesség. A Keleti lejtőszaknából mélyített potenciál kamrában a 150 m hosszú magfúrás mélyítése során a kezdést követően egy olyan vízáadó zónát harántoltunk, amely kommunikált a fúrési homlokkal. A fúrólukból 180 l/perc állandó hozamú víz lépett be a vágatba. Miután a fúrólukot lezártuk és tanulmányoztuk a JMX-rendszer által felvett repedés-



rendszereket és szerkezeteket, egy jól célzott injektáló furattal (9. ábra) és 26 liter műgyanta injektálásával sikerült a vizet kizárni (7. ábra).



7. ábra: A JMX feldolgozás után kiexportált hálómódel beillesztése AutoCad-be és a BP-1 magfúrás megjelenítése



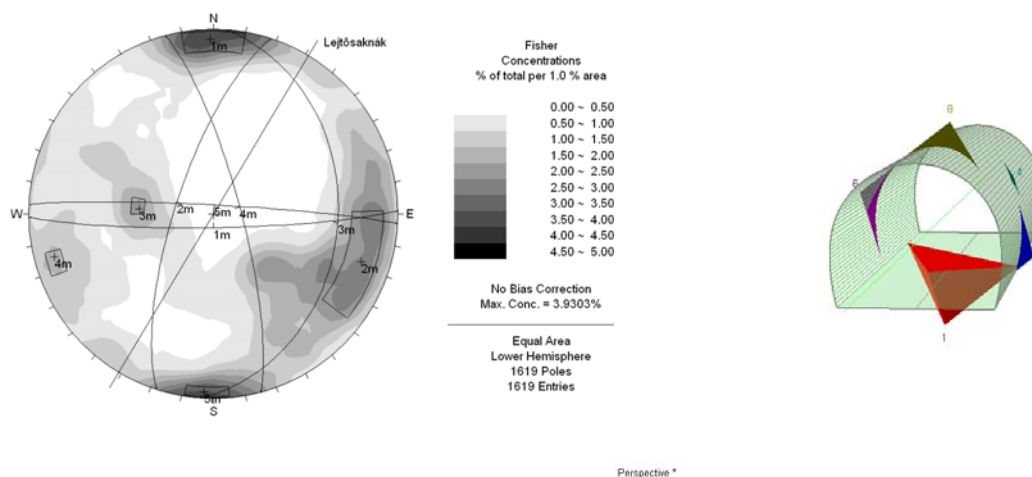
8. ábra: A Bp-1 fúrás a 3D-s vājvėgdokumentáláson



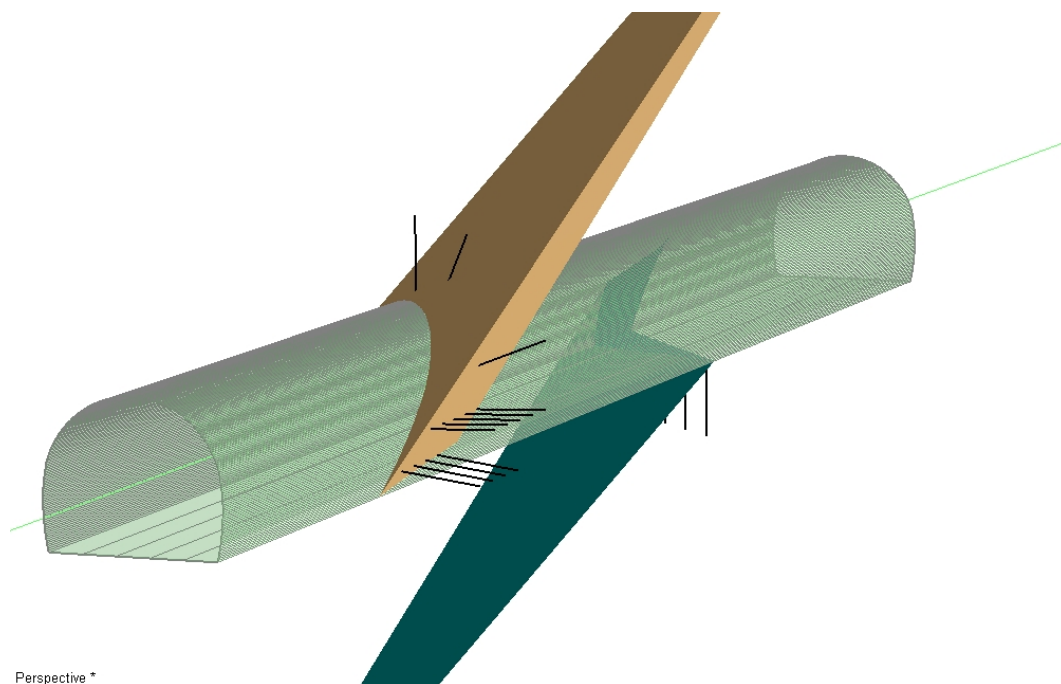
9. ábra: Vörös keresztel jelzett vízkizáró injektáló furat, attól jobbra a Bp-1 fúrás lemélyítése

### 3.2 A JMX-el rögzített törések elemzésének további felhasználása

A törések statisztikai elemzéséhez során a Dips szoftvert használjuk, melynek felhasználásával teljes körű elemzésre van lehetőség az egyes vágatszakaszok és teljesen kihajtott térségek esetében is. Az esetleges ékek kialakulásának vizsgálatára az Unwedge szoftvert használjuk. A JMX-ből exportált és a Dips-el is feldolgozott adatok alapján megalkotjuk a várható ékek kialakulását ábrázoló modelleket (10. ábra). Az aktuális vágátvégek esetében kialakuló ékek 3D-s dokumentálásai segítik a már meglévő kiemelkedések térbeli alakjának meghatározását, ezáltal az egyedi horgony kiosztásoknál kevesebb horgonnyal, hatékonyabban tudjuk rögzíteni ezeket az ékeket (11. ábra).



10. ábra: 300 fm vágatszakasz elemzése



11. ábra: Optimális közhorgony kiosztás az ékek esetében

#### HIVATKOZÁSOK

Gaich A., Pötsch M. 2006: *JointMetriX3D Contact free acquisition and assessment of rock and terrain surfaces by large-sized metric 3D images, User Manual for Version 2.0*, 3G Software & Measurement GmbH, Graz, p. 78.

Gaich A., Pötsch M. 2004: *Reproducible rock mass description in 3D using the JointMetriX3D system*, Rock Engineering, Institute for Rock Mechanics and Tunneling, Graz University of Technology, Salzburg, 61-64.

Gálos M., Vásárhelyi B. 2006: *Kőzettestek osztályozása az építőmérnöki gyakorlatban*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, p. 144.

Hoek E., Brown E.T. 2003: *Underground excavation in Rock*, Institution of Mining and Metallurgy, London and New York, p. 527.

Hoek E., Kaiser P.K., Bawden W.F. 2005: *Support of Underground Excavations in Hard Rock*, A.A. Balkema, Rotterdam, p. 215.