

FELHAGYOTT ÉPÍTŐKŐBÁNYA (PILISMARÓT) REKULTIVÁCIÓJÁNAK MÉRNÖKGEOLÓGIAI MUNKÁI

Bak Edina – Gálos Miklós

FTV ZRt. 1092 Budapest Knézich u. 12, BME Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tsz.
bakedi@freemail.hu, mgalos@freemail.hu

Összefoglalás: Pilismarót község határában a múlt század első évtizedeiben hagytak fel az építőkö bányászattal. Az andezit, andezittufa bányában kézi eszközökkel folyt a kőfejtés. A felhagyott bánya falai pusztulnak és a turista forgalom szempontjából veszélyessé váltak. A bánya rekultivációja a későbbi hasznosítás lehetőségét is magába foglalóan vált időszerűvé.

Kulcsszavak: rekultiváció, mérnökgeológia, tájvédelem

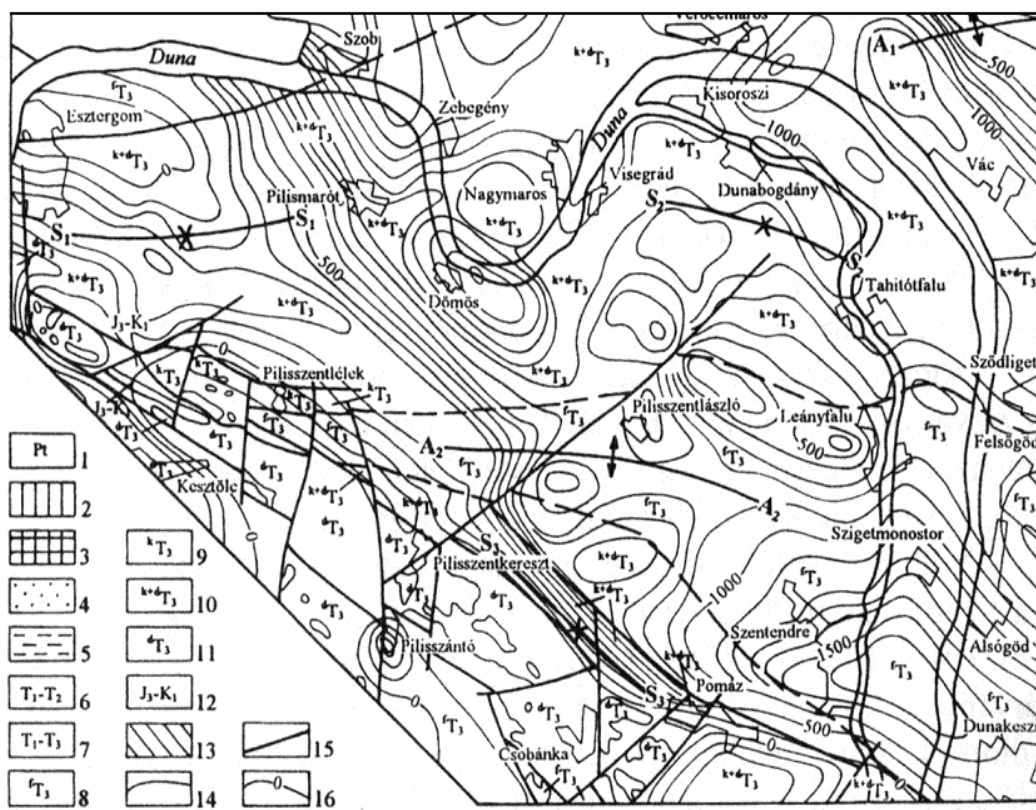
1. Terület bemutatása

Az 1920-ban felhagyott pilismaróti kőbánya – a „pisztolybánya” - Komárom-Esztergom Megyében, a Visegrádi-hegységben, Pilismarót külterületén, a Szekrény-hegy északi oldalában található. A bánya területe mindösszesen 6810 m². Jelenleg a Pilisi Parkerdő Rt. kezeli a területet és folytat erdőgazdálkodási tevékenységet. A terület Pilismarót felől könnyen megközelíthető, és turisták által sűrűn látogatott a turistaút közelsége miatt, így a rekultiváció tervezésnél fő szempontot jelentett az omlás- és életveszélyes sziklafalak biztosítása.

A vizsgált terület a Dunakanyar-hegyvidék központjában, a Duna-menti részen található. Délről a Pilis-hegység határolja, északon a Duna választja el az Észak-magyarországi-Középhegység egyéb területeitől. A terület közvetlen környezetében a Kis- és a Nagy-Hábod, illetve a Szekrény-hegy található, ezek magassága 220-303 m.

1.1 Geológiai viszonyok

A térség geológiai kialakulását a paleozoikum végéig vezethető vissza. A hegyek az Alpkárpát hegységrendszer tartozékai, ezen belül a Dunántúli Középhegység szerves részét képezik. A megfigyelések arra utalnak, hogy ez a Középhegység is egy őskori, mezozonálisan metamorfizálódott, gneisz-csillámpala-gránit-diabáz alaphegységen fejlődött ki. A Börzsöny és a Visegrádi hegység vulkanikus tevékenysége a felszínre hozta az alaphegység gránit, diorit, fillit darabjait. (1. ábra)



Jelmagyarázat: 10. Feketehegyi Formáció és Dachsteini Formáció

1. ábra. A Börzsöny és a Visegrádi-hegység harmadidőszaki aljzatának vázlatos szerkezettani térképe

A triász a Föld történetének az egyik legnyugodtabb időszaka volt. A triász és jura képződmények általában karbonátos kőzetek. A felső-triász idején megélénkültek a tektonikai mozgások. Ezen időszak egy részében a karbonátos lerakódást vastag márgaképződés váltotta fel.

A felső triászból származó Feketehegyi Formációt felszín alatt a pilismaróti Pm-3-as mélyfúrás is feltárta. A Formáció kora nóri, vastagsága 220-250 m-re becsülhető. A jura és a kréta határán egy jelentékenyebb hegységképző mozgást kell feltételezni. A kréta folyamán lejátszódó térszínváltozások legjobb mutatója a bauxit felhalmozódás. A Visegrádi-hegység területén eocén üledékképződés nem történt.

Az oligocén-miocén határán újabb kéregmozgás során a tájkép ismét átalakul. A középső-miocénben lejátszódott vulkanikus tevékenységek nagy jelentőséggel bírnak.

A stájer orogén fázis és a kapcsolatos magmatektonika alakítja ki a Dunazug és Börzsöny nagy rétegvulkánját, amivel döntően befolyásolja a terület jelenlegi kialakulását. A negyedidőszaki üledékek maximálisan 20 m vastagságban, rendkívül egyenetlen területi eloszlásban és vastagságban fedik a Börzsöny és Visegrádi hegység idősebb képződményeit. Az üledékfelhalmozódás súlyponti területe a Duna völgye volt.

1.2 A vizsgált terület fedőhegység képződményei

A Dunazug hegység főtömegét a középső-miocén andezit vulkánosság termékei alkotják, melyek térképezése nehéz feladat, mivel a terület feltártsága csekély. A Visegrádi hegységi Andezit Formáció összefoglaló elnevezése a felszínen és a felszín alatti általános elterjedésű vulkanitoknak. A formációt a rétegvulkáni, illetve szubvulkáni csoportok szerint ismertetjük:

I. A rendkívül változatos rétegvulkáni összlet három főbb kifejlődésre osztható:

- a) Átmeneti üledékes-vulkáni rétegcsoport
- b) Tömeges piroklasztikum rétegcsoport
- c) Andezit rétegvulkáni összlet

II. Szubvulkáni képződmények

Változatos összetételű és fáciesű kifejlődésben ismertek: biotit-amfiboldácit, biotit-amfibolandezit, piroxénos biotit-amfibolandezit, biotitos amfibol-piroxénandezit, amfibol-piroxénandezit, amfibolandezit. Az andezit változatok közül a térképezett területen a piroxénos-amfibolandezit a legnagyobb tömegű.

A Börzsöny és a Visegrádi hegységben egyedi rétegvulkánok különíthetők el. A vizsgált területen a Visegrádi rétegvulkán található: Hozzávetőleg 9-10 km átmérőjű, oválishoz közelálló észak és dél felé nyitott vízválasztó gerincgyűrű a felszín domborzatban. A vulkánt túlnyomó részben az andezit, alárendelten az andezit-dácit rétegvulkáni összlet durva törmelékes piroklasztikumai építik fel. Belső lejtőin bukkannak ki a vulkanitok fekvő üledékei. Az É-i nyitott szektorában található a vulkanitok fedő üledékei. (2. ábra)



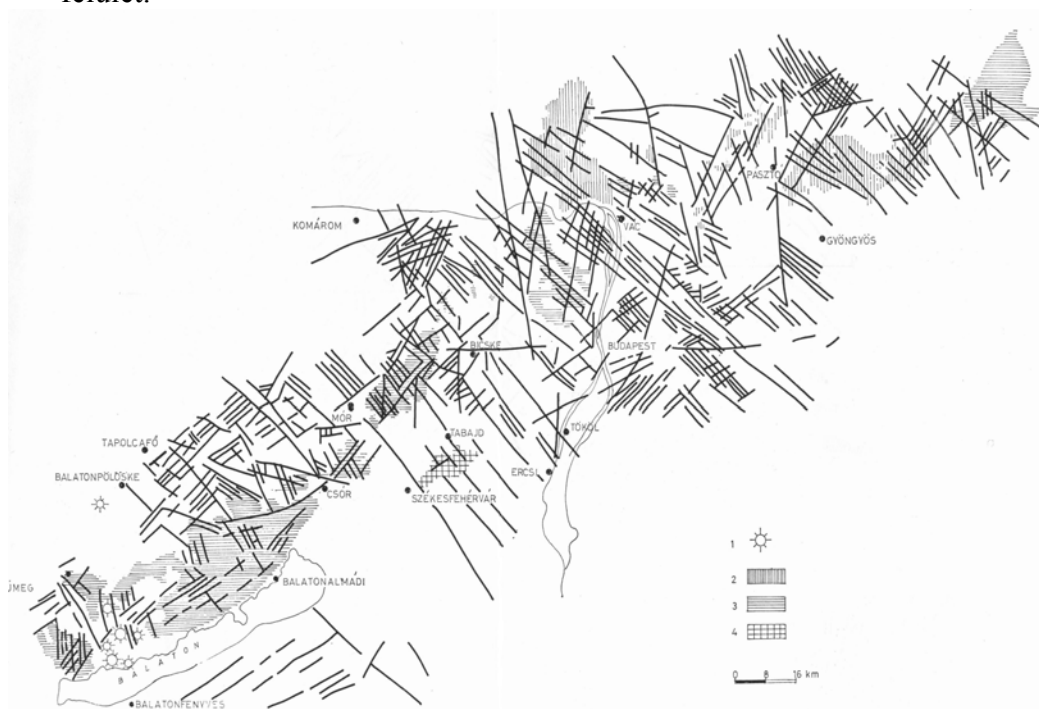
Jelmagyarázat: a=Gyűrűs szerkezet, b=Vízválasztók, c=Vulkáni kúp lejtőmaradványa

2. ábra. A Börzsöny és a Visegrádi hegység domborzatának értelmezési vázlata

1.3 A Dunántúli-középhegység tektonikai felépítése

A Dunántúli-középhegységben a következő tektonikai formák jellemzőek (3. ábra):

- A Móri-árokka sokáig párhuzamosan futó törés határfelületnek tekinthető az ÉK-i rész, és a szerkezetében ettől jelentősen eltérő bakonyi blokk között.
- A vele párhuzamosan futó, Vértesaljától a Dunáig, esetenként a Csepel-szigetet is átszelő törésvonalakból a Vértes- és a dél-gerecsei előtér egységes fiatal szerkezet kialakulásra lehet következtetni.
- A DNy-i, bakonyi zóna legfontosabb tektonikai vonala Iszkaszentgyörgytől Várpalotán keresztül kisebb hajlásokkal Márkó felé görbülve húzható meg. Hossza és alakja szerint elnyírt felületű rétegismétlődéssel jelzett feltolódásos zónának minősíthető.
- E vonaltól É-ra lévő terület a kirajzolódó vonalsűrűség, vonaltípusok szerint külön tektonikai egységet képvisel.
- A délre eső, a Déli Bakonyt, Balatonfelvidéket lefedő területen a törésvonalak száma kevesebb. A képződmények csapásirányával megegyező, „rövid hajlott” vonalak jelzik a torlódásos szerkezetet.
- A területet átszelő, az előzőeknél valószínűleg fiatalabb, hosszú, transzkurrens típusú vonalak: például a Csórtól Zircig húzódó markáns törésvonalak.
- A Déli-Bakony morfotektonikai egysége a Sümegyet-Szigligettel összekötő vonallal végződik. Típusa szerint ez horizontális elmozdulású, kompressziós felület.



Jelmagyarázat: 1. Bazaltvulkánok 2. Miocén vulkanitok a felszínen 3. Mezozoikum a felszínen 4. Ópaleozóos gránit a felszínen

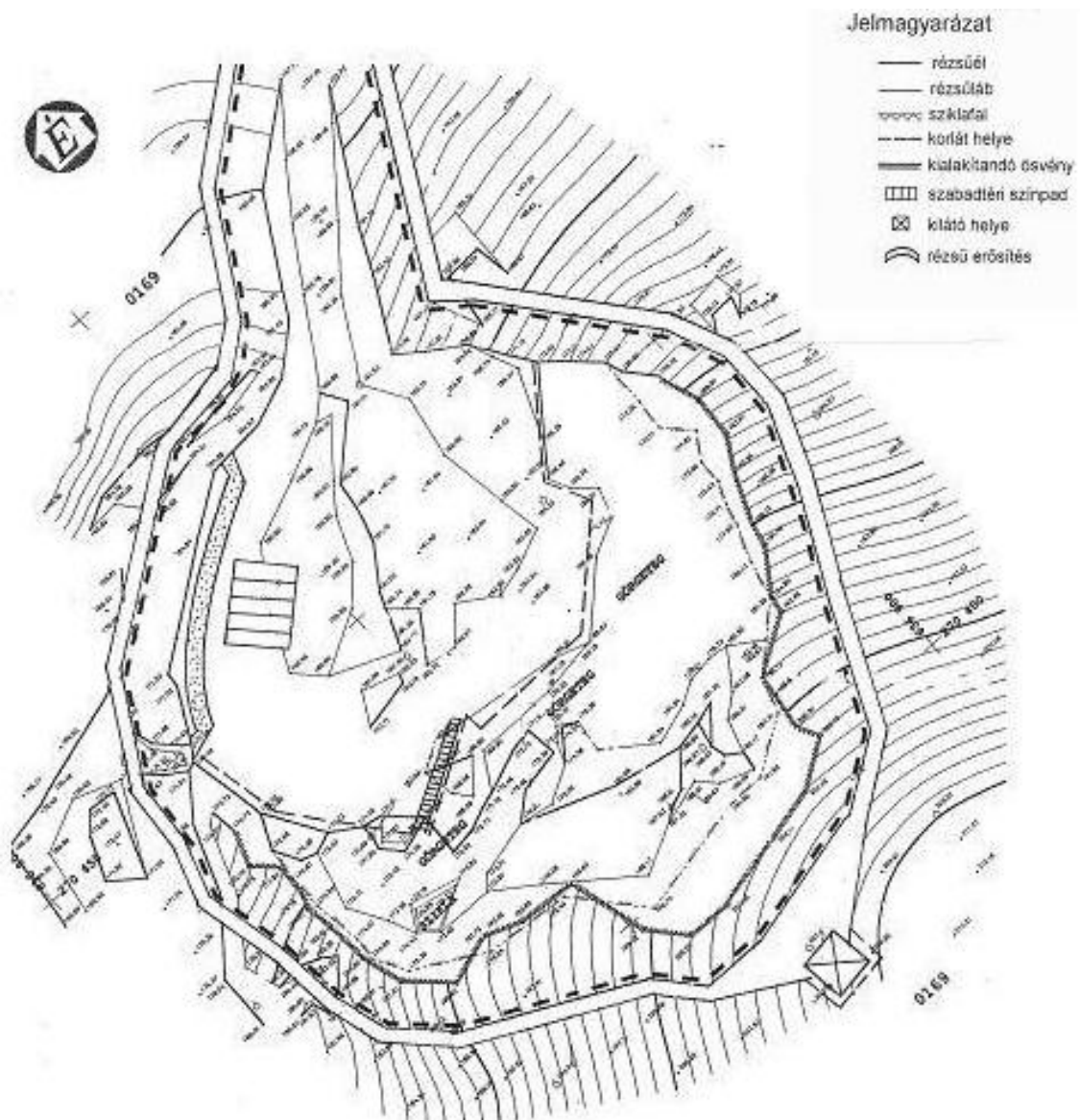
3. ábra. A Dunántúli-középhegység fő törésvonal rendszerei.

2. A bánya jelenlegi állapota

A bejárás során több szempontból vizsgáltuk a területet. Fő szempont a bánya és környezete azon részének felmérése volt, ahol beavatkozás szükséges ahhoz, hogy az omlásveszély megszüntethető és a rézsűállékonyság biztosítható legyen.

2.1 Megfigyelések a bányába és környezetében

A bánya két fő részre bontható: bányaudvar és az ezt körülvevő sziklafalak. A bánya elrendezését a helyszínrajz (4. ábra) jól szemlélteti.



4. ábra. A pilismaróti felhagyott bánya helyszínrajza.

A bányaudvar közel kör alaprajzú, É-i irányba nyitott. A terület 160-170 mBf.-on fekszik, mintegy 1700 m² felületű, tisztás jellegű. A bánya be- illetve kijárata 4-5 m széles. Az út mindkét oldalát termőrétanggal fedett 2-3 m magas, 55°-os rézsű határolja. Az udvar déli részén törmelékletű alakult ki. Ezen a területen a korábbi omlásokból, leválásokról származó sziklatömbök halmozódtak fel, melyek kőzetanyaga andezit, andezittufa. A leszakadt sziklatömbök nagysága az apró kőzetdaraboktól egészen a több köbméter nagyságú tömbökig terjed. A törmelék a lejtőn stabilan helyezkednek el, így nem jelentenek élet- és vagyon veszélyt.

A bánya ÉK-i oldalától indulva folyamatosan emelkedő rézsű látható, melyet termőrétég és törmelék borít, ezen a részen fák is megtelepültek. Ez a kőzetkifejlődés több mint 20 m-es falszakaszon figyelhető meg. A lejtőn 30-40°-os dőlésszöveget mértünk.

Kelet felé haladva hirtelen váltással 5-7 m magas, fedetlen, lilás andezit sziklafal emelkedik ki, melynek dőlésszöge 80-85°. A fal kis mértékben tagolt, állékonysága stabilnak mondható, pergések nem láthatók a felületen.

DK-i sziklafal már változatosabb képet mutat. A falszakasz felső részén finomszemű tufa, majd agglomerátumos tufa és a falszakasz tövénél andezit kőzet jelenik meg. A felszíni repedezettség nagy mértékű, pergések, levadások is előfordulnak. A helyszín bejárása során friss pergések nyomait fedtük fel. (5. ábra).



5. ábra. Jellegzetes képek a falszakaszcól és a fal alatti, leszakadt kőzettömbökről

A fal D-i oldalán egy kipreparálódott sziklaorr látható, melynek anyaga andezittufa. A sziklaorr alsó részén lávafolyás nyomai rajzolódnak ki. A bánya ezen falszakasza balesetvédelmi szempontból az egyik legveszélyesebb területrész.

A D-i sziklafalnak a DK-i falhoz való csatlakozásánál az egész falszakaszon a bánya tetejéig egy nyílt vető-szerű repedés látható. A repedés mögött megnyílt hasadék is található, amely régebbi, jelentős kőzettömeg lecsúszásából adódik.

A D-i sziklarézsű legnagyobb tömegében már megnyugodott terület, dőlésszöge 50-60°. A bányában ez a fal egy látható csúszólap mentén lecsúszott, így kialakult nagy területű görgeteglejtő.

A DNy-i és a Ny-i fal egy bányaudvaron belüli terasz felett helyezkedik el. A terasz szintje 175 mBf és két oldalról is megközelíthető, A bányaudvartól 30-40°-os dőlésű, termőréteggel fedett rézsű választja el.

A DNy-i sziklafal lilás-barna andezit, dőlésszöge 82-88° (6. ábra). A falszakaszt mindkét oldalán tagoló felület határolja, melynek iránya ÉNY-DK-i. Állékonyságát vizsgáltuk, mert a felső részen visszahajlik. A felület erősen töredezett, lemezesen elvált, pergésre, leválásra hajlamos. Anyaga agglomerátumos andezittufa, felső részét tufás, alsó részét andezit kőzet alkotja



6. ábra. A DNy-i sziklafal részletei.

A Ny-i falszakasz szintén erősen tagolt, rajta pergések, omlások friss nyomai láthatóak, néhány helyen 90°-os dőlésű. Legfelső részén tufás, középső és alsó részén agglomerátos jellegű. (7. ábra)

Az ÉNy-i részhez érve és a bejárat felé haladva csökkenő magasságú rézsű található, 34-43°-os dőléssel. A rézsű termőréteggel fedett.



7. ábra Ny-i falszakasz jellegzetes képe

Hidrogeológiai szempontból a vizsgált terület a pilismaróti Malom-patak vízgyűjtő rendszeréhez tartozik, amely a bányától 250 m-re folyik. Kisebb jelentőségű a dömösi Piroska-völgy vízfolyása, amely keletről határolja a területet. Mindkét vízfolyásra jellemző, hogy hozamuk nagy szélsőségek között változik, nyárra gyakran kiszáradnak, de felhőszakadások, hóolvadások esetén árvizeket is okozhatnak. Talajvíz csak a völgytalpakon és a medencékben fordul elő, mennyisége nem jelentős. Talajvíz jelenlétével a bánya területén nem kell számolni.

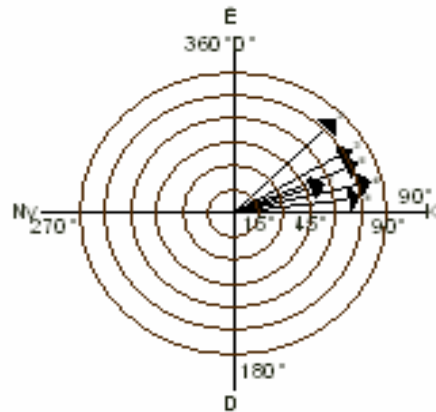
A bányafal felső peremén látható termőréteg vastagsága általában 20 cm. Az erdőállománnyal fedett erdőtalajok a környezeti hatással szemben stabilak. A bánya területén elkezdődött a talajképződés, azonban azokon a részeken, ahol az erózió hatása érvényesül, ott a talajképződés lelassul.

2.2 Helyszíni mérések

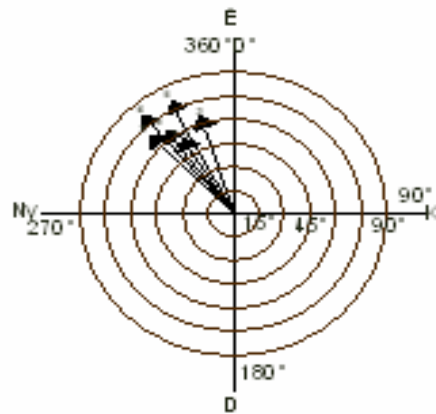
A helyszíni vizsgálatok során a tagoltságot, valamint a tagoló felületek jellemző dőlésadatit bányász iránytűvel határoztuk meg.

- A tagoltság meghatározásához mérőhálót használtunk, melynek segítségével mértük az egységnyi térfogatban lévő tagoló felületek fajlagos értékét (t), és a tagoltság átlagos megnyílását (x_i).
A tagoló felületek fajlagos értéke a mérések és számítások szerint: $11,03 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- A dőlésadatok mérését bányász iránytűvel a nyugati és a déli falszakaszon végeztük. Mértük a dőlésszögeket és a dőlésirányokat. Az eredményeket kördiagramos formában, dőlésrózsában ábráztuk. (9. ábra).

9a. ábra. A Ny-i fal dőlésrészája



9b. ábra. A D-i fal dőlésrészája



2.3 A bányafalak sziklarézsúi

Felmérések alapján a javasolt a kőzetösszlet kőzetmechanikai minősítését a sziklamunkák kőzetmechanikájában szokásos módszerek szerint (Vásárhelyi, 2004) készítettük el. Az alábbiakban a vizsgált osztályozási rendek más és más tényezőt tekintenek hangsúlyosnak, egymásra hatásukat másképp tükrözik.

- Kőzetösszlet minősége RQD (Rock Quality Designation) érték felhasználásával
 $RQD = 75-85\%$
 A gyakorlati megfigyelések alapján megállapították, hogy az RQD érték 75-90% között „jó” megtartású kőzetet jelent.
- Kőzetösszlet minősítése Barton-féle Q módszerrel
 $Q = 3-4$
 A fenti paraméterek alapján $Q = 3-4$ értéket ad, így a kőzet „közepesnek” minősíthető.

- Kőzetösszlet minősítése SMR (Slope Mass Rate) –módszerrel
 $SMR = 50 - 55$
A kapott érték alapján a sziklarézsű a III. osztályba sorolható, közepes.
- Kőzetösszlet minősítése integrálgeometriai módszerrel
 $t = 11 \text{ m}^2/\text{m}^3 \quad n_r = 1,0 \%$
A tagoltsági felület fajlagos értéke és a tagoltsági réstérfogat alapján a kőzettest minősítése: közepesen tagolt.

3. Javasolt hasznosítás

A bánya a beavatkozás szükségessége szerint két fő részre bontható: sziklafalakra és rézsűkre. Ezen területekkel mind biztosításuk, mind esztétikájuk miatt külön-külön kell foglalkozni. A biztosításhoz több lehetőséget megvizsgáltunk és a legkedvezőbbet kiválasztottuk, illetve a jól megvalósítható megoldás lehetőségét is szem előtt tartottuk.

3.1 Sziklarézsűk biztosítása

A bányaudvarban a bejárattól indulva folyamatosan emelkedő rézsűk láthatóak. A tervezett rendezett udvar mögötti földrézsűt SYTEC TerraMur rendszerrel biztosítani javasoltuk. Esztétikai szempontból is megoldást kellett találni, és ez a rendszer jelentette az ideális megoldást, mert a támfal egyszerre gazdaságos és természetbe illeszthető. A helyi adottságoknak megfelelő és alakítható flexibilis frontfelületet zsaluzórácsok, kőkosarak biztosítják.

A területen található többi földrézsű állapotát csak javítani kell, nem szükséges más beavatkozás, ugyanis a felmérések alapján nem csúszásveszélyesek.

A helyszíni bejárás tapasztalatai és a laboratóriumi vizsgálatok eredményei alapján három veszélyesnek ítélt sziklafal-szakasz állékonyságát kell biztosítani.

A falak biztosításának egyik lehetséges módja a kőomlás elleni háló alkalmazása. A hálóméret 8*10 cm, huzalvastagság 3.0 mm. A hálót a rézsű felületére kell rögzíteni, anyaga horgonyzott kétszeresen tekercselt acélhuzal. A sziklafal tetején 0.5*0.5 m-es betonkockákat kell kialakítani a horgonyzáshoz. Ehhez rögzíthető felül az acélháló, majd a sziklafalon 2-3 méterenként kell a falhoz bekötni. Ez a megoldás esztétikai szempontból nem megfelelő, ugyanis takarja a felületet.

Másik lehetséges biztosítási mód a kihorgonyzás. A kihorgonyzással való stabilizálásnál a tagoló felületek által határolt kőzettömböket hátra kell rögzíteni horgonyok segítségével, a kőzettest stabil, nem omlásveszélyes részéhez. A horgonyzásnál azonban meg kell vizsgálni, hogy a tömbök stabilak-e. A kimozdulásra veszélyes kőzettömböket el kell távolítani. A horgonyokat minden metszetben a kőzettömb felületét harmadoló, illetve negyedelő pontjában kell elhelyezni.

3.2 Bányaudvar és környezetének rendezése

A bánya rekultivációjánál először a sziklafalak állékonyságát kell biztonságosan megoldani. A bányafalak teljes felületén „kopogózásos” faltisztítás szükséges. A letisztítás után lehet a sziklarézsík biztosítását a kiviteli tervek alapján elkészíteni. A letisztított és biztosított bányafalak alatti területrészeket a közlekedés előtt el kell zárni. Ez a területrész a bányaudvar magasabb része, kőtömbökkel a bányaudvar alsó hasznosítható részétől jól elhatárolható.

A bányaudvar növényzettel való fedettsége változó mértékű. A bányafalak egy része növényzetmentes, ugyanakkor a bányaudvarhoz csatlakozó, enyhébb lejtésű törmelékletőkön, spontán módon megtelepedett fák és cserjék találhatóak. A törmeléklető feletti falakról a leváló kőtömböket a kialakult növényzet megfogja. Így a lejtők alsó körömpontjának térségében, tájba illő növénytelepítés szükséges.

A bányaudvar alsó részén, az elzárt felső platórészhez csatlakozóan szabadtéri színpad alakítható ki. A színpad előtti teret fa korlátokkal úgy kell szegélyezni, hogy azok a részek, amelyek a falrészekhez közel esnek egy védősávval elzárta legyenek.

A bányafal felső pereme mentén turista ösvény kerül kialakításra, ahol szükséges korlátokkal védetten, így a bánya a közeli nagy forgalmú turistaúthoz csatlakoztatható. A korlátok fenyőfából készítenők, szegeléses kapcsolattal. A korlátokat teljes felületükön impreglálni kell. A bányafal felső pereme és a létesítendő korlát közötti területen a bozótot ki kell vágni és el kell takarítani. A várhatóan nagyobb turista forgalom elősegítése érdekében javasoljuk, hogy épüljön egy 15m magas kilátótorony, melyről a kilátás nagyban megnöveli az amúgy sem elhanyagolható panorámakép élményét.

A bányaudvarban tereprendezés szükséges. A területet ki kell egyenlíteni, a kialakítandó szabadtéri színpad, padok és az udvar területét meg kell tisztítani a kisebb bokroktól, fáktól. A bánya bejáratát az erdőgazdaság rendszeresen tisztítja. Célszerű lesz a bejáratnál egy kőlapokból épített tipegő kiépítése. A tereprendezési és építési munkáknál a helyi anyagok jól hasznosíthatók lesznek. A bányaudvarban heverő kőtömbökből lehet a kilátóhoz felvezető turista utat és a kilátó körüli területet is kialakítani.

Vízrendezési terv készítésére nincs szükség. A rekultivációs munkálatok nem jelentenek oly mértékű beavatkozást a meglévő, kialakult terepalakulatba, hogy az jelentősen megváltoztatná a jellemző terep- és mikro-domborzati viszonyokat.

A pilismaróti felhagyott bánya rekultivációja biztosíthatja, hogy a bányászkodással létrehozott „tájseb” begyógyuljon, csalogassa a turistákat és a falu közösségi életének is hasznos tere legyen.

Köszönetnyilvánítás

A Szerzők köszönetüket fejezik ki a helyszíni és a laboratóriumi vizsgálatok során nyújtott segítségért a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék kőzetvizsgáló laboratóriuma két munkatársának, Árpás Endrének és Emszt Gyulának, továbbá Jurinszky Rezső főmérnöknek (Pilisi Parkerdő) e tanulmányt megalapozó diplomatervezési munkájáért.

Hivatkozások

- Gálos M., Kertész P. 2002. *Mérnökgeológia*. Műegyetemi Kiadó, Budapest
- Lukácsné Varga E. 2000. *Pilismarót története II. (kézirat)*
- Magyarázó a Börzsöny és a Visegrádi-hegység földtani térképéhez 1998. MÁFI, Budapest
- Oravecz J. 1981. A Magyar –középhegység fototektonikai vázlata. *Földtani közlöny*, T111/2, 197-204
- Vásárhelyi B. 2004. Kőzettest-osztályozási módszerek összefoglalása. *Földtani Közlöny*, 134/1, 109-129