KÖRNYEZETVÉDELME

A pilismaróti bánya rekultivációjához tartozó mérnöki munkák tervezése¹

Bak Edina – Gálos Miklós

FTV ZRt. – BME Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék

bakedi@freemail.hu – mgalos@freemail.hu gvarga@ukf.sk

Design of engineering works related to the re-cultivation of the Pilismarót quarry

In the outskirts of the village of Pilismarót the extraction of building stones was given up in the first decades of the last century. In the

quarry andesite and andesite tuff had been extracted manually. The stone walls of the abandoned quarry are decaying and became dangerous from the point of view of tourism. It is timely already to engage with the re-cultivation of the quarry including the possibility of subsequent utilisation.

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).

1. ábra. A Börzsöny és a Visegrádi-hegység harmadidőszaki aljzatának vázlatos szerkezeti térképe
Schematic tectonic map of the tertiary base of the Visegrád – Pilismarót village mountains

Jelmagyarázat: 10. Feketehegyi Formáció és Dachsteini Formáció

¹ A diplomamunka alapján készített tanulmány, a diplomaterv konzulensének, Dr. Gálos Miklós egyetemi tanárnak közreműködésével, a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék kiadványában – Mérnökgeológia-Közetmechanika Kiskönyvtár 2 (Műgyemtemi Kiadó, 2006) – jelent meg. A diplomaterv pályázaton nyertes diplomaterv ismertetése lapunk hasábjain e közlemény alapján készült.

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:

- Átmeneti üledékes-vulkáni rétegcsoporthoz,
- Tömeges piroklasztikum rétegcsoporthoz,
- Andezit rétegvulkáni összlet.

II. Szubvulkáni képződmények

Változatos összetételű és fáciesű kifejlődésben ismeretek: biotit-amfibolandezit, biotit-amfibolandezit, piroxén biotit-amfibolandezit, biotitos amfibol-piroxénandezit, amfibol-piroxénandezit, amfibolandezit. Az andezit változatok közül a térképezett területen a piroxén-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 találhatók a vulkanitok fedő üledékei (2. ábra).

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

Interpretative sketch of the relief of terrain for the Börzsöny – Visegrádi mountains
Jelmagyarázat: a=Gyűrűs szerkezet, b=Vízválasztók, c=Vulkáni kúp lejtőmaradványai

1.3. A Dunántúli-középhegység tektonikai felépítése

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

- A Móri-árok sokáig párhuzamosan futó törés határfelületnek tekinthető az ÉK-i rész, és a szerkezetében ettől jelentősen eltérő bakonyi blokk között.
- A vele párhuzamosan futó, Vértessaljától a Dunáig, esetenként a Csepel-szigetet is átszelő törésvonalakból a Vértess- és a dél-gerecsei előtér egységes fiatal szerkezet kialakulásra lehet következtetni.

3. ábra. A Dunántúli-középhegység fő törésvonal rendszerei
Principal fault line systems of the Transdanubian central chain of mountains

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

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
Details of the S-W rock wall

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).

7. ábra. Ny-i falszakasz jellegzetes képe
Characteristic picture of the Western part of the wall

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

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 részekon, 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 (xi).

A tagoló felületek fajlagos értéke a mérések és számítások szerint: 11,03 m²/m³

- A dőlésadatok mérését bányász iránytűvel a nyugati és a déli falszakaszon végeztük. Mértük a dőlésszögeket és a dőlésirányokat. Az eredményeket kördiagramos formában, dőlésrózsában ábrázoltuk (8. ábra).

8a. ábra. A Ny-i fal dőlésrózsája
Dip profile of the Western wall

8b. ábra. A D-i fal dőlésrózsája
Dip profile of the Southern wall

2.3. A bányafalak sziklarézsűi

Felmérések alapján a javasolt a kőzetösszlet kőzetmechanikai minőségét 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
 $RQD = 75 - 8 \cdot 5 \%$
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
A kapott érték alapján a sziklarézsű a III. osztályba sorolható, közepes.
- Kőzetösszlet minősítése integrálgeometriai módszerrel
 $t = 11 \text{ m}^2/\text{m}^3$ $nt = 1,0 \%$
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 bejáratától 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 hálózatos alkalmazása. A hálóméret $8 \times 10 \text{ cm}$, huzalvastagság $3,0 \text{ mm}$. A hálót a rézsű felületére kell rögzíteni, anyaga horganyzott kétszeresen tekercselt acélhuzal. A sziklafal tetején $0,5 \times 0,5 \text{ m}$ -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 sziklarézsűk 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, kötöttömbökkel 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 törmelékletjtőkön, spontán módon megtelepedett fák és cserjék találhatók.

A törmelékletjtő feletti falakról a leváló kőzettömböket 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 elzárják a helyet.

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 készíthetők, szegeléses kapcsolattal. A korlátokat teljes felületükön impregnálni 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 15 m magas kilátótorony, melyről a kilátás nagyban megnöveli az amúgy sem elhanyagolható panorámakép élményét.

A bányaudvarban tereprendezés szükséges. A felületet 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 mikrodomborzati 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 közetvizsgáló laboratóriuma két munkatársának, Árpás Endrének és Emszt Gyulának, továbbá Jurinszky Rezső főmérnöknek (Pilisi Parkerdő) e tanulmányt megalapozó diplomatervezési munkájáért.

Irodalom

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