

bezárás (I., II. és III. bányüzem) időszakok miatt, a már korábban befejezett tevékenységek összegzése, elemzése sem teljes. Ezen hatalmas munka jó minőségű elvégzése, az utókor számára maradandó formába (számítógépes adatbázisok stb.) öntése többé meg nem ismételt feladat. Célja a még föld mélyében rejlő ásványkincs esetleges későbbi gazdaságos kinyerésének biztosítása, a térség egyéb ipari hasznosítási feltételeinek megteremtése. Ez nem csupán a szakemberek, hanem a régió és az ország gazdasági érdeke is. Ugyanakkor alapja bármely hatékony környezetvédelmi tevékenységnek is.

A jövő feladatai: rekultiváció, környezeti monitoring, földalatti tárolóterületek kutatása

Az az ipari tevékenység, amely több mint 16 millió m³ kőzet kibányászása révén több mint 20000 tonna uránfém-tartalmú koncentrátum létrehozását eredményezte, nyilván nem járhatott környezeti következmények nélkül. A környezeti hatások pontos feltérképezése, nyomon követése és az ennek alapján végrehajtott rekultiváció az összes érintett szakember közös feladata. Szerencsére ezt munkát nem most kell kezdeni, hiszen a már kialakított monitoring és a közelmúlt radiometriai felmérései szolgáltatnak kiinduló adatbázist, amelyet csak néhány területen kell pontosítani. A geofizikus szakemberek, felkészülve a jövő feladataira, módszereket fejlesztettek ki a radiometriai környezetvizsgálatok szinte minden területén. A zagytároló és a perkolációs terek környezeti hatásainak vizsgálatát nagyban elősegíti a mérnökgeofizikai szondázás célszerű adaptálása és módszertanának továbbfejlesztése. Ez példa volt arra is, hogy szükség esetén új módszerek bevezetésével sem szabad késlekednünk. A radiometriai laboratórium műszerparkjának tervezett megújítása után, a bőséges szakmai tapasztalatok birtokában világszínvonalon képes ellátni ezt a feladatot.

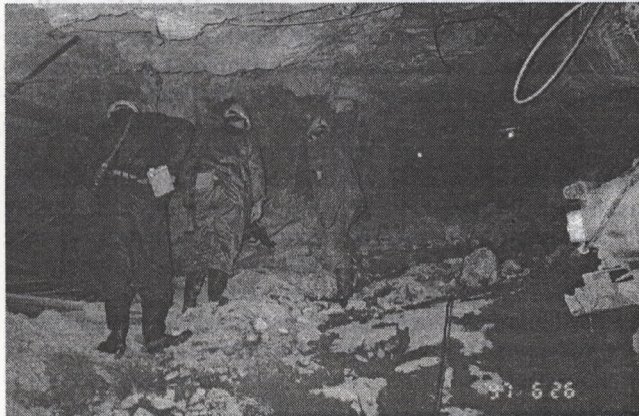
A bányabezárás koncepciótervben körvonalazott **környezetvédelmi monitoring** szerves egységben tartalmazza a radiometriai, hidrológiai, geodéziai, kőzetmechanikai és a geodinamikai megfigyelőrendszereket.

A régió érdeke, hogy ezek mindegyike korszerű műszerparkkal, kiváló szoftverekkel és lehetőleg nemzetközi kapcsolatrendszerrel rendelkezzen.

Mivel a jól képzett és nagy tapasztalatokkal rendelkező szakemberekből álló csapat adott, nem engedhető meg, hogy műszereink esetleges korszerűtlensége miatt kiszoruljunk erről a területről. Természetesen nagyon szoros együttműködés szükséges a hazai és nemzetközi obszervatóriumi hálózatokkal, hiszen a kölcsönös adatcsere közös érdek.

A környezetvédelem és a rekultiváció nem öncélú, önmagát igazoló tevékenység. A Nyugat-Mecsek hazánk egyik legjobban megkutatott, megismert földtani régiója.

Komoly nemzeti kincset jelent ez az ismeretanyag, mert az ipari felhasználás számos területén kínál lehetőséget: a már említett hulladéktárolás, egyéb tárolási fel-



adatok stb. A jól végrehajtott rekultiváció megnyitja az utat ezen tevékenységek előtt és lehetőséget teremt a meglévő infrastruktúra egyéb hasznosítására is. Nem lényegtelen, hogy egy ilyen jelentős tevékenységet végző szakemberekből álló (a megfelelő színvonalú műszerpark birtokában) piacépítő csapat legyen, hasonló környezeti tevékenység elvégzésére is: kis és közepes aktivitású hulladéktároló kutatása, szennyeződések felderítése, mozgásveszélyes, bányakáros területek vizsgálata, ipari tevékenységek szennyezés vizsgálata stb. A feladatokat számbavéve bízunk abban, hogy geofizikus szakembereink a **megújulás** motorjaként tovább öregbíti a hajdani urángeofizikusok által kivívott szakmai hírnevet.

Baranyi István, Berta Zsolt, Szabó János, Vados István, Várhegyi András

A hazai uránkutatással kapcsolatos hidrogeológiai vizsgálatok

A vízföldtani környezet kutatása

A Mecsek hegység vízföldtani viszonyainak vizsgálata tudományos szinten Böckh János 1876-ban kiadott munkájával: "Pécs város környékének földtani és vízi viszonyai" kezdődik. Ez a kétségtelenül alapvető mű azonban a hidrogeológiai kérdéseket elsősorban a vízbeszerzés szempontjából vizsgálta, de nem teljes körűen, hanem elsősorban a Tetteye karsztforrásra és a déli lejtő régióját használó kisebb hasadékok, karszt-, és átbukó forrásaira vonatkozóan.

Ezt követte Vadász Elemér monográfiája "A Mecsek-hegység" 1935-ben. A hidrogeológiai kérdések közül Ő is a Tetteye forrást vizsgálta. A későbbiek folyamán is elsősorban a valóban nagy jelentőségű Ny-mecseki karszttal és a karsztvízzel foglalkozik a geomorfológus dr. Szabó Pál Zoltán 1950-1960 között. A Mecsek, elsősorban nyugati részének komplex, minden területre és képződményre kiterjedő hidrogeológiai vizsgálata a hazai uránkutatással és bányászattal kapcsolatosan jött létre. Ez tulajdonképpen két fő ágra bontható:

- * Radiohidrogeológiai kutatás,
- * Általános hidrogeológiai kutatás

A kezdet 1954 - 1956

1954 november - 1955 szeptembere között Baranyin Sz. A. szovjet hidrológus, magyar közreműködéssel a mecseki antiklinális területén Cserkút, Kővágószőlős körzetében 60db forrást vizsgál meg. Eredményeiről katasztert és térképeket készít. A szokványos hidrogeológiai jellemzők mellett vizsgálta a fakadó vizek radioaktív elem-tartalmát is. Ez az időszak nevezhető a magyar radiohidrogeológiai és a mecseki lelőhely hidrogeológiai kutatás első lépcsőjének.

Az 1954 nyarán kivitelezett I. üzemi kutató aknából és a bakonyai (későbbben II. üzemnek nevezett) I. sz. táróból már feljegyzések és dokumentációk olvashatók az észlelt hidrogeológiai, jelenségekről, vízhozamokról. 1955-56 folyamán indult meg a terepi megfigyelő (monitoring) rendszer kialakítása, amelyben források, ásott kutak, vízfolyások kijelölt pontjai szerepelnek. A rendszeres észlelés kiterjed a vízhozamra, vízszintre, és a vízminőségre. 1955. július 1-jén létrejön a Pécsi Bauxitbánya Vállalat (fedőnév!), ezen belül 1956-ban a Fúrású üzem Csath Béla vezetésével. Eközben az ismert magyar geológus dr. Wein

György megírta "A Mecsek hegység hidrogeológiája" c. szakcikkét (Földrajzi Értesítő 1. évf. 1952. 2. Füzet), majd kimondottan az urán kutatás és bányászat céljaira és felhasználására "Pécs környékének hidrogeológiája" c. munkáját, mely első és alapvető megállapításokat közöl a perm homokkő ill. a nyugat-mecseki antiklinális felszín alatti vizeiről, a déli előtér pannon rétegvizeiről, elválasztja egymástól a Tertyogói és a Pellérdi részmedencét is.

Munkája alapján indult meg később a Pécsi Vízmű fejlesztése, a Pellérdi vízműterület beindítása. Elsőként említi a déli előtér veszélyeztetettségét ill. érzékenységet a vízminőség romlására vonatkozóan. Már bizonyos kutatási és bányászati vizsgálati eredmények birtokában 1964-ben Német László írja meg a bányászat színterét és szempontjait figyelembe vevő cikkét: "A mecseki perm antiklinális repedésvizei" címmel (Hidrologiai Közlemények 1964. 8. sz.).

A hősor 1956-1980

Az 1956-os forradalom alatt rengeteg változás történik, sajnos sok eredeti dokumentáció el is veszt.

1957-ben megalakul a Kutatási Üzem dr. Barabás Andor vezetésével és egy külön Mélyfúró Üzem. A Kutatási Üzem egyesíti a geológus, geofizikus, geodéta szakembereket és ide tartozik természetesen a hidrogeológia is.

Kialakítanak 8 kutatócsoportot, ebből 5 területi elv szerint egyesíti a különböző szakembereket ill. módszereket. A VI. csoport a hidrogeológiai, ez végzi szakmai munkáját minden csoport kutatási területén és a lelőhelyen is. A vidéki munkák radiohidrogeológiai jellegűek. Kijelölt területeken meglevő, esetleg kisebb számban a kutatás során lemélyített fúrásokból, fúrt kutakból vesznek vízmintákat és vizsgálják radiológiai paramétereit. Ez kiterjed a víz U term., Ra²²⁶, Rn vizsgálatokra.

Az elemzések, zömét helyben mérik ill. határozzák meg kémiai és radiometriai módszerekkel. A vidéki radiohidrogeológiai kutatások időpontjai és helyszínei tükrözik a földtani kutatást is. A VI. csoporthoz ekkor még a lelőhelyi feladatok is hozzá tartoznak. A csoport vezetője Németh László, akit a MÁFI-tól helyeztek át népgazdasági érdekből. Előzőleg részt vett a Schmidt Eligius Róbert által szerkesztett "Magyarország vízföldtani atlasza" készítésében. A munkák földtani irányításában még 1957-ből részt vesz Elsholtz László geológus, aki az ország több területén vezet a geológiai, geokémiai, hidrogeológiai munkákat.

1964-től megszűnik a "klasszikus" csoportbeosztás, a lelőhelyi hidrogeológiai ezután az ahhoz az újjalakult IV. sz. lelőhelyi kutatócsoporthoz tartozik, melynek vezetője Szederkényi Tibor lett.

A radiohidrogeológiai vizsgálatok az alábbi helyeken történnek:

- 1957 Bakony, Balatonfelvidék
- 1958 Hévízi medence, Bakony, Zempléni hg. déli része (Tolcsva)
- 1959 Soproni és Velencei hg.
- 1959 - 60 Mecsek nyugati területe
- 1960 Kőszegi hg.
- 1960 - 62 Zempléni hg. északi része
- 1961 Fazekasboda - mórágyl rög
- 1964 Ajka, Halimba, Városlód (részben bányabeli revíztó)
- 1966 Balatonfelvidék - Káli medence
- 1968 - 70 Velencei hg. környéki tőzegmedencék, kutató-fúrások
- 1976 - 79 Upponyi hg., Darnó vonal (Elsholtz L.)
- 1974 - 78 Bükk (Elsholtz L.)
- 1966 - 71 között országos program indul, "Vízadó mélyfúrási kutak országos radiohidrogeológiai felvétele" címmel, a MÁFI kútnyilvántartása alapján
- 1969 - 71 A Körösök törmelékűje fúrásainak vízmintavétele
- 1978 - 80 Dny.-Dunántúl, Kisalföld Duna-Tisza köze déli része, Békés, Szolnok, Heves megye egyes fúrásainak vízmintavétele
- 1971 - 80 Dk.- Dunántúl egyes területek fúrásai

1980 után a külső hidrogeológiai munkák esetlegessé válnak és azt általában a lelőhelyi hidrogeológia szakemberei végzik el.

Térjünk vissza a lelőhelyre ill. Pontosabban a Ny-Mecsekre és környezetére. A lelőhelyi hidrogeológia az általános, a bányá-, és a fúrás, valamint a (mai szóhasználat) környezet-hidrogeológiai munkákat végzi. 1957-től az abban az évben beindult I. és II. sz. bányauzemből már rendszeresen mért, regisztrált vízmennyiségi és vízminőségi adatok ismertek. 1958-ban ide érkezik Plotnyikov N. I. szovjet hidrogeológus professzor, hogy véleményezze a Pécsi medence pannon üledékeire elgondolt zagytározó tervét. Szakértői jelentésében felhívja a figyelmet ennek veszélyeire, illetve az I. bányauzem és a Tertyogói medence esetleges, összefüggéseinek kölcsönös egymásra hatásának lehetőségére. Később 1962-ben ismét visszatér és újra valóban értékes tanácsokat ad, megállapításokat tesz.

Még 1958-ban szintén a zagytározó tervezéséhez előzetes tanulmányt rendelnek meg a budapesti Földmérő és Talajvizsgáló vállalatától, mely hat kötetes jelentésében komplett és komplex képet rajzol a feladatuknak megfelelően elsősorban a déli előtérrel. "A Pécsi medence víz-háztartása" c. tanulmány 1960-ban készült el.

Tulajdonképpen 1957-ben indul egy területi ellenőrző tevékenység, melynek során a Mecsek északi peremétől a Drávaig tartó terület nagy kutatóforrásait a fontosabb felszíni vízfolyások kijelölt pontjait, ezek mentén néhány ázott kutat, a Pécsi Vízmű pellérdi és tertyogói vízműkútjait rendszeresen, negyedévenként vizsgálja, elsősorban radioaktív elemtartalmukat, újabban főbb kémiai paramétereit is. Ez a klasszikusan, és korát messze megelőzve valóban környezetvédelmi program ma is él, és pedig ugyanazon szakember, Lendvai László hidrogeológus technikus által.

A 60-as években a lelőhelyi fúrások kutatás nagymértékben megerősödik. Szinte hihetetlen, de azóta csaknem valamennyi fúrás mélyítéskori, hidrogeológailag értékelhető jelenségét dokumentáltuk, a befejezőkor pedig-általában kanalizással és visszatöltődés mérésel-hidrogeológiai vizsgálatokat végzünk. A fúrások jelentős része hidrogeológiai megfigyelő pontként fennmarad. A bányászat fejlődésével (I., II., III. üzem) megnovekszik a bányahidrogeológiai, szolgálat szerepe. Kezdetől fogva tevékenyen részt vesz a munkákban Rónaki László, a bányahidrogeológiában segítségül van Ádám Imre hidrogeológus technikusok. 1960-tól Matvejeva Tamara szovjet hidrológusmérnök is bekapcsolódik a munkába, ő elsősorban a bányászat depressziós hatásait vizsgálja 1985-ig, nyugdíjazásáig.

1961-ben a Kutatási és a Mélyfúró üzemet összevonják, ez koncentrálja a szakmai erőket. A fúrások kutatás egyre inkább északabbra torlódik a mai IV-V. üzem területére. A fúrások egyre mélyebbek és kisebb sűrűségűek. Hidrogeológiai szempontból igen lényeges, hogy a kezdőpontok már a Ny-Mecsek északi lejtőjére, később a középső-triász mészkő karsztos területére esnek. Ez egy sor környezet (vízvédelmi) szempontot is felvet, hiszen a hegység peremi karsztforrások (Abaliget, Orfű) vizét kommunális célokra igénybe veszik. A bányászkodás észak felé és egyre mélyebbre hatol. Az 1000m-es mélységet megközelítő vagy meghaladó aknáknak már építéskor is jelentkeznek hidrogeológiai problémák. A IV. üzemi szállítóaknában 1965-66-ban bekövetkezett tektonikus zónából származó vízbetörés (max. 2m³/min), pontosabban a mintegy 250m hosszúságú vizes szakasz ráirányítja a figyelmet a hidrogeológiai fontosságára és a szakmai kérdések előzetes megoldásának szükségességére. Ezután már minden akna mélyítése előtt készül egy hidrogeológailag, geológailag és közetmechanikailag részletesen vizsgált aknategy fúrás. Ezért is történik meg, hogy mivel az V. üzemi légakna eredetileg kijelölt helyét a vizsgálatok nem tartják

alkalmasnak, a tervet módosítva egy új aknatengelyfúrás után mélyül a javasolt, új, mai helyén. Ekkor (1967-ben) kerül az I. bányauzemből a hidrogeológiai csoportba Koch László geológus, aki 1976-tól 1994-évig nyugdíjazásáig a hidrogeológiai csoport vezetője.

Még 1959-ben, amikor az Északi táró elindul, a fölötté levő ásott kutak elapadnak. Ezért a község az uránbányától vezetékes ivóvízellátást kap.

Később, 1968-ban már igen nagy nyilvánosságot (újság, TV) kap a cserkúti kutak vízszintsüllyedése és kiapadása. A Keleti táróból indított mélyebbszínti fejtésrendszerrel való kapcsolat hidrogeológiai módszerrel kimutatható volt, így a község szintén vezetékes vízellátásban részesült.

Az északi szárnyon problémát jelent a karsztos összlet azért is, mert tulajdonképpen ugyan a perm-triász homokkőves-rétegvizes összlettől vastag vízzáró képződményekkel el van zárva, de mégis csak a bányászat fedője.

Meg kell tehát azt is vizsgálni, hogy mélyen a karsztvízszint alatt működő bányászatot nem fenyegeti-e karsztvízbetörés, különösen mivel a perm kőzetekben létrejött depresszió miatt, a természetestől eltérően negatív hidraulikus gradiens alakul ki. Megjegyezzük, hogy az ÁBBSz karsztvízbetörés kérdésében meglehetősen a Középdunántúli Középhegység bauxit és barnakőszénbányászat viszonyaihoz kötődik, elsősorban a medenceperemi tektonikákhoz és a feküoldalhoz köti a veszélyességét.

A feszíni térképezés és a geomorfológiai felvétel mellett az évek során létrejött egy a karsztot vizsgáló sekélyebb fúrások és belőlük kiképzett karsztvízmegfigyelő fúrások hálózata. Ez azt igazolja, hogy nincs regionális karsztvízáramlás a perm homokkő összlet vizébe. Ennek csak lokális lehetősége van meg nagyobb szerkezeti zónák mentén. Erre valószínűleg a IV. üzemi szállítóakna mélyítés közbeni vízbetörései és kimagaslóan magas vízhozamai utalnak.

1972-ban az I. üzemben a művelés befejeződik. Már előzetesen részletes vizsgálat alá kerül a további folyamatos szivattyúzás, az (akkor) +62 m-es max. üzemi vízszintet tartó depressziós állapot fenntartásának szükségességét. A Bányaműszaki Felügyelőség ezt meghatározatlan ideig el is rendeli a tortyogói vízműkutak védelme érdekében. Az üregekben felhalmozódó víz ugyanis veszélyt jelenthet a déli előtér pannon rétegvizeinek minőségére. Mindez lehetővé teszi azt is, hogy a depressziós tölcseről északra kialakítsák a 2. sz. perkolációs rendszert, ahol a felhalmozott gyenge ércből szódás áztatással az urántartalmat kinyerik. Az itt esetlegesen bekövetkező szennyeződés mozgása mindenképpen a depressziós tölcser felé irányul. Hasonló a helyzet a III. üzemi meddőhányóval is. E területen a évek során igen sűrű hidrogeológiai megfigyelő hálózat alakul ki, ennek működtetése ma is tevékenységünk egyik fő köre.

1974-ben egy országos program keretében a csoport részt vesz Baranya megye vízföldtani térképének elkészítésében. Ez természetes is, hiszen a nyugat-mecseki hidrogeológiai adatok döntő többségét a MÉV kutatási eredményei biztosítják. A megyében másutt is igen sok szerkezetkutató fúrás mélyül, ezek adatai is jól használhatók (pl. Turony, Csarnóta, Máriagyűd, Diósvizlő, Máriakéménd, Somberek, stb.) alaphegység (medencealjzat), szerkezeti, prognózis térképek szerkesztésében és értékelésben.

A Kutató Mélyfúró Üzem kezdettől fogva, de eleinte csak alkalmasszerűen foglalkozik kútfúrással is. 1980-ban kezdődött egy öt éves állami program a "Közegészségügyileg veszélyeztetett települések vízellátása fúrt kúttal" címmel. Ebben az üzem és természetesen a hidrogeológiai csoport is tevékenyen részt vesz. Működése folyamán egyébként az üzem bér munkaként 1989-ig 159 db fúrt kutat mélyített. Itt említjük meg, hogy a fúrások

kutatás során több helyen tártunk fel hévizet, melyeket részben hasznosítanak (Szigetvár, Magyarhertelend, Újpetre), másutt kész kutak állnak bezárva (Ellend, Mágocs, Himesháza), végül pedig néhány kutatófúrás megvan ugyan, de pénzre és átépítésére, kiképzésre vár (Bóly).

A befejezés 1980 - 1997

A hidrogeológiai csoport tevékenysége a 80-as évektől egyre inkább a környezet (felszín alatti vízvédelem) felé fordul. A MÉV a 60-as években a tortyogói kutakból átvett vízmennyiség pótlására a pellérdi medencében több kutat fúrt a város vízellátása érdekében. A bányavállalat által felhasznált nagy mennyiségű ivóvíz ára a 70-80-as években már igen jelentős. Ennek elkerülése érdekében lépések történnek saját vízkészleteinek felhasználására. Elsőként a szórta fakadó, de az Északi tárón át koncentráltan kiemelt bányavíz (2500-3000m³/nap), illetve az I. üzemből környezetvédelmi okokból folyamatosan kiemelt és tisztított víz (1800-2200m³/nap) kerül felhasználásra ipari vízként a bányauzemekben és az ércdúsítás technológiájában.

Megindul azonban a lehetőségek feltárása a bányauzemekben fakasztható tiszta víz irányába is. Erre leginkább a III., IV., V. üzemekben van mód.

A tevékenység arra irányul, hogy egy zárt, visszaforgatásos ipari vízgazdálkodási rendszer alakuljon ki. Ebben fontos feladatot kap a hidrogeológia. A vízminőség vizsgálata, a vízhozamok mérése, a vízmérleg készítése tartozik a csoporthoz. Sajnálatos, de persze tény, hogy a visszaforgatás azért nem jelent teljesen zárt kört, mert a mindenkor fakadó víz mennyisége valahol kilép a rendszerből. Ez a pont a két zagytározó, ahol, mint a vízgazdálkodási végponton a víz eltávozik (elpárolog, vagy elszivárog). Ez utóbbi jelentős környezetkárosodást, a felszín alatti vizek elszennyeződését okozza.

A zagytározók hatásának kérdése a 80-as évek második felében kerül a hidrogeológiai vizsgálati körbe. Addig is történtek vizsgálatok a hidrogeológiai alapok figyelembevétele nélkül, bár rendszeresen, de csak vízkémiai paraméterek nyilvántartásával folynak. Az eredmények feldolgozása azonban csak egy alkalommal készül el, holott a rendszeres értékelés vezethetne az idő- és térbeli törvényszerűségek felismerésére. 1989-től végre e téma is a hidrogeológia kezébe kerül. A feldolgozások során felismerjük az elkülönülő talaj-, és több rétegvízrendszert, melynek elszennyeződése nagyságban, térben és időben meglehetősen eltérő. Természetesen a talajvíz károsodása a nagyobb mértékű és területű, időben is gyorsabb mint a rétegvizeké. A zagytározók okozta elszennyeződés elsősorban nem a radioaktív, hanem a normál főelemekre terjed ki.

Ugyancsak a 80-as évekre tehető egy világszerte új uránkinyerési módszer, illetve az erre alkalmas típusú ércek kutatása. Ez a fiatal porózus üledékekben lekötött, esetenként kisebb tömegű és gyengébb minőségű un. hidrogenetikus ércesedés. E típusú ércek in situ fúrólyukakon keresztül kitermelhetők. Egyes fúrólyukba beadott (általában savas) oldószer, más fúrásokból kiemelt magas urántartalmú oldat a termelés két végpontja. A kiszivattyúzott vízből a fémurán kinyerhető. Nyilvánvaló, hogy ebben a módszerben a földtani felépítésnek és főleg a rétegsor hidrogeológiai tulajdonságainak kiemelt jelentősége van. A rétegek vízvezető- és tárolóképessége alapvetően befolyásolja az urán kioldás és kinyerés lehetőségeit, mennyiségi paramétereit és gazdaságosságát.

A Mecsek nyugati előterében levő Dinnyebérből, miocén agyagos, homoklisztes, gyenge vízáteresztőképességű kőzetekben a 80-as évek elején sikerült kimutatni egy kisebb hidrogenetikus érclencsét. Ennek in situ kinyerésére kísérleti termelést végeztünk. Az uránbányászat befejezését szolgáló határozatok után a kísérletet be kellett

fejezni. Mindenesetre a felszámolás jelentős környezetvédelmi kérdéseket vetett fel és a helyreállítás nagy pénzügyi ráfordításokat igényelt.

Még 1987 - 89 között gyakorlatilag az egész Mecsek fiatal, porózus üledékeiből felépített előterét 800x800m-es hálózattal fedjük. A fúrásokban földtani karotáz, radiológiai, hidrogeológiai kutatásnak (KMRK) elnevezett módszer világszínvonalú, biztató eredményeket is produkál elsősorban a kelet-mecseki gránit és a perm homokkövek korelációs üledékeiben, de a tevékenység az uránbányászat befejezésére hozott kormányhatározat után megszűnik.

A 90-es években a hidrogeológiai csoport munkája három kérdés körül összpontosul:

- * Környezetvédelem, elsősorban a zagytározók, meddőhányók, a perkoláció és a bányavizek káros hatásait tekintve
- * Radioaktív hulladékok eltemetése
- * Bányabezárás és rekultiváció.

Összefoglalóként megállapíthatjuk, hogy a Ny-Mecsekben működő hidrogeológiai csoport alapvetően a lelőhely hidrogeológiai viszonyainak megismerését tűzte ki célul.

E végből tevékenysége és jelentései az alábbi főbb szakmai szempontok szerint csoportosíthatók:

- * A lelőhely általános hidrogeológiai viszonyainak megismerése:

- kutatófúrások vizsgálata
- vízszínhálózat észlelései
- depressziós állapot vizsgálata
- hidrogeológiai térképezés

- * Bányahidrogeológiai vizsgálatok:

- fakadó és kiemelt vizek mennyiségi adatai
- fakadó és kiemelt vizek minőségi vizsgálata
- bányatervezés, vízhozam előrejelzés
- bányabezárás hidrogeológiai feladatai
- bányavíz (karsztvízbetörés veszély) védelem
- ipari vízgazdálkodás
- bányakárok (vízelvonás)

- * Környezetvédelmi (1980-as évektől) feladatok, hatásvizsgálatok:

- bányák és egyéb létesítmények víznek hatása
- felszíni vízfolyások a Mecsek északi peremétől a Dráváig
- ásott kutak vizsgálata (településeken)
- fúrt kutak vizsgálata
- a zagytározók hatása a felszín alatti vizekre
- a perkolációk hatásait a vizekre
- a meddőhányók hatásait a vizekre
- üzemi folyamatos depresszió tartás vizsgálata
- az észak-mecseki karszt védelme
- a déli előtér rétegvizetnek védelme

- * Bányabezárás és rekultiváció:

- alapadatok és értékelések
- koncepcionális kérdések
- műszaki tervek

Mint látható a hidrogeológiai csoport munkája komplex, szerteágazó, a szakma rendkívül sok kérdésére terjed ki.

Végül meg kell említeni, hogy a hidrogeológiai csoport dolgozói mindig aktívan részt vettek a MTE SZ és más tagegyesületek (Magyarhoni Földtani Társulat, Magyar Hidrológiai Társaság, Magyar Karszt és Barlangkutató Társaság).

Emellett részt vállaltak városi és megyei szervek által létrehozott szakmai bizottságok munkájában. Részt vetünk a Pécsi Akadémiai Bizottság szakközvettségének tevékenységében.

Külön kiemelendőnek tartom a földtani természetvédelem területén végzett munkát: Jakabhegy, Havihegy, Tettye, Kálváriadomb, Szársomlyó, valamint a Pécsi Bányászati Múzeum tervező és kivitelezői munkában való részvételt (Koch László). A mecseki karszt- és barlangkutatásban kiemelkedő tevékenységet végzett és ma is dolgozik Rónaki László.

Általános és eredeti (természetes, primer, bányászat előtti) vízföldtani állapot

Felszíni vizek

A Mecsek, ezen belül a tárgyalat Ny-Mecsek földtani és geomorfológiai értelemben szigetehegység, amely meghatározza a legfontosabb vízföldtani paramétereket, elsősorban a felszínalatti vízmozgásra vonatkozóan.

A Nyugat-Mecseken keresztül kelet-nyugat irányú fő vízváltató vonal húzódik végig. Ezt figyelembe véve a felszíni vízfolyások elnyúltan sugárirányúak. Déli irányban folynak a szempontunkból legfontosabbak: Zsid, Kajdács, Bicsérdi patakok. Az északi oldalon a legjelentősebbek a nyugat felé irányuló Sás és Nyáras patakok, észak felé tartanak a Körtvélyesi és a Szudó patakok. A fentiek közül az utolsó kettő a Kapos, a többi a Dráva vízgyűjtőjéhez tartozik. Közvetlen befogadók a déli oldalon a Pécsi víz, nyugaton - délnyugaton a Bükkösi patakon keresztül a Fekete víz.

A rétegsor hidrogeológiai értékelése

A Nyugat-Mecseket felépítő földtani rétegsor határai egyben vízföldtani határok is, de általában több, földtanilag elkülönített képződménycsoport alkot egy vízföldtani egységet. A perm Bodai Aleurolit vízzáró. Felszínközeli mállási zónájában talajvizet tárol. Mélységben csak egyes szerkezeti zónáknak van csekély víztartó és vízvezetőképessége. A felszínközeli zóna és a mélyégi tektonikus zónák szivárgási tényezője $K = n \cdot 10^{-4}$ m/h, az ép kőzetek gyakorlatilag kifejezhetetlen, $K < n \cdot 10^{-10}$ m/h.

A perm Bodai Aleurolittól a középsőtriász (régebben szeizi) aleurolit közötti tarka, szürke, szürkészöld és vörös homokkőes rétegcsoport mintegy 1500-1600m vastagságú. Magában foglalja a bányászat által érintett fehérszürke, zöld produktív és fedővörös képződményeket és a közismert alsótriász főkonglomerátumot, felső részén a jakabhegyi vörös homokkőes összletet is. Vízvezető és tározóképessége a repedezettségtől (másodlagos porozitás) függ. Ez a legerősebb a felszínközeli aprózódási mélységben és a tektonikus elemek zúzott zónájában.

A regionális repedezettség ugyan a kőzetminőségtől és a tektonikai igénybevétel mértékétől változó, de a teljes rétegcsoportot összefüggő perm-triász repedészvezes összletnek nevezzük. Szivárgási tényezője a főkonglomerátum alatt $K = n \cdot 10^{-10}$ m/h, a jakabhegyi homokkőben $K = n \cdot 10^{-10}$ m/h, a felszínközeli és tektonikus zónákban egy nagyságrenddel nagyobb.

Az összlet felső 100-150m-es szakasza átmeneti réteges-repedészvezes képződmény, mert az alján elhelyezkedő 10-30m vastagságú, regionálisan nyomozható vízzáró aleurolitréteg elzárja az alatta levő összlettől. Ez az ún. "tavi fácies". Fölötte az aleurolitrétegek gyakoriak, bár rétegtanilag nem mindig kitartók. Az átmeneti összlet vize a tavi fácies vastagságánál nagyobb elvetésű szerkezeti elemek mentén tarthat kapcsolatot a perm-triász összefüggő repedészvezes összlettel. Ennek hiányában esetenként elkülönült vízrendszerként viselkedik.

Az erre települő középsőtriász vörösbarna aleurolit, bányászati szempontból vízzáró, a felszínhez közeli aprózódási zónában talajvíztároló. Vastagsága 100-150m szivárgási tényezője $K = n \cdot 10^{-6} - 10^{-7}$ m/h, teljesen ép állapotban azonban gyakorlatilag nulla.

A következő összlet a középsőtriász (régebben alsókampili) gipszes-anhidrites dolomitmárga. Vízzáró. Vastagsága 150-200m. A kisebb tektonikák az összlet plasztikussága miatt benne elhálnak, illetve az anhidrit gipsszé alakulásával a repedezettség elzáródik. Felső zónájában a település által létrehozott vízmozgás irányítottság miatt esetenként gipszkarsztosodás jöhet létre. Ép állapotban

tökéletesen vízzáró, nincs víztartalma, felszínközeli aprózódási ill. a tektonikus zónákban, gipszkarsztban szivárgási tényezője $K = n \cdot 10^1 - 10^0$ m/h. A rátelepülő közepsőtíriász (régebben felsőkampili) lemezes mészkő 100m vastagságú. Egyes rétegeit vékony agyagrétegekcskék választják el egymástól. Ezért az egyes rétegek repedésvizeit csak a harántoló tektonikák kötik össze egymással. Meghatározása: réteges repedésvíz. A fentiek miatt nem karsztosodik. Szivárgási tényezője $K = n \cdot 10^1 - 10^0$ m/h zúzott zónákban $K = n \cdot 10^0$ m/h. Az összlet a rétegzettségére merőlegesen gyakorlatilag vízzáró.

A középsőtíriász (anizuszi emeletbeni) mészkő és dolomitösszlet rétegtani vastagsága 700-800m karsztosodásra hajlamos, különösen vastagpados mészköves tömegei. A karsztosodás kapcsolatot mutat a harántoló tektonikus zónák irányával. A jelenkori karsztosodás mértéke a fedőüledék vastagságától is függ. Jelentős tömegű karsztvizet tartalmaz. A kőzet ép állapotban vízzáró, de a repedezettség mentén kialakult karsztosodás miatt szivárgási tényezője $K = n \cdot 10^1 - n \cdot 10^0$ m/h, tehát rendkívüli mértékben változó. A barlangokban turbulens vízáramlás van, 1000 m/nap nagyságrendű sebességgel.

A déli előtér pannon törmelékes összlet pórúsvizet tartalmaz, mely a vízzáró agyag, aleurolit közötti homokos, kavicsos rétegekhez kötődik. Tipikus rétegvizes összlet. A vízzáró képződmények szivárgási tényezője $K = n \cdot 10^1 - 10^0$ m/h, a víztartóké $K = n \cdot 10^1 - n \cdot 10^0$ m/h.

Az északi előtér üledékei zömében a miocénba tartoznak, ezek alapvetően inkább vízzárók vagy kevés vizet tározók.

A regionális hidrogeológiai kép

A kelet-nyugat irányú ferde tengelyű antiklinális lepusztulásának következtében a különböző földtani képződmények, és a fentebb vázolt vízrendszerek nyugat felé nyitott ovális elrendeződést mutatnak.

A lelőhely nyugati területén viszonylag kis foltokban található a felszínen a vízzáró Bodai Aleurolit, mely a felszínhez közeli zónában talajvizet tárol.

Ezt öleli körül a perm-triász repedésvizes összlet, keleti irányban mintegy 7-7,5km, a felszínen északra 3, délre 2 km szélességben. Ez a víztípus a Nyugat-Mecsek teljes középső részét magában foglalja. Ide tartozik a Jakabhegy és a nyugat-mecseki települések területe. A déli oldalon az összletet a hegységperemi szerkezeti rendszer elvágta, és az a mélységbe zökkent az előtér medencealjzatát képezve. A felszínközeli aprózódási zóna talajvize a repedéshálózat ritkulásával lefelé fokozatosan megy át a mélységi repedésvízbe. A szerkezeti zónák által megnövelt víztartalom és vízvezetőképesség főleg a déli peremen, kisebb mértékben a lelőhelyet DNy - ÉK irányában átszelő szerkezeti rendszer mellett észlelhető. A talajvizes és tektonikus zónákban viszonylag nagy a víztartalom, gyors a vízmozgás, ez az intenzív vízcsere színtere, szemben a mélyebb, alig mozgó, szivárgó, csaknem pangó, lényegesen kisebb mennyiségű, de nagyobb térfogatú tározókban levő víztömeggel.

A perm-triász repedésvizes összlet a dőlésszögnek és iránynak megfelelően mélyen alányúlik a fedő vízzáró képződmények alá, és ahol már fedik a vízzáró képződmények, onnan már a fekvő vízzáró Bodai Aleurolit miatt egy nagy vastagságú, nyomás alá kerülő repedéses rétegvizes összletként fogható fel. Ez a nagymélységű kapcsolat tisztánlátása céljából fontos.

A vízzáró középsőtíriász aleurolitos és gipszes - anhidrites márgaösszlet nyugat felé nyitott ovális ívbén fogják körül a repedésvizes összletet. Felszíni előfordulásuk 1000-1500m széles. A délnyugati oldalon szerkezeti okok miatt az összlet nincs a felszínen. Más irányokban 20-25°-os dőléssel fedi a perm-triász összletet és választja el a rá-

települő karbonátos képződmények vizeitől. Hasonló elrendeződésű, de mindössze 250 - 300m széles sávot alkot a felszínen a középsőtíriász lemezes repedésvizes összlet.

A lelőhely északi szárnyán és kelet felé már nagyobb távolságban a legfontosabb felszíni hidrogeológiai egységet a középsőtíriász, karsztvizet tartalmazó mészkő és dolomitösszlet alkotja. Ide tartozik a Jakabhegy északi lejtőjének középvonalától Orfú-Abaligetig tartó terület illetve keleten a Misina-Tubes vonulata.

A Nyugat-Mecsektől északra elterülő, zömében miocén üledékekkel feltöltött rétegvizes, de vízben szegény medence található. Az alaphegységtől, elválasztó határvonal szerkezeti eredetű, de nem egyenes vonalú, több medenceüledékkel kitöltött öblözet belenyúlik a fő hegység-tömegbe (Abaligeti és Orfú medence), illetve a medencealjzatot képező karsztos anizuszi mészkő tektonikus rögei sasbércszerűen kiemelkednek a miocén üledékekből (Abaliget: Kőhegy, Orfú: Kalaphegy). A hideg és meleg karsztvizet a medencealjzatot elérő kutakból hasznosítják: Orfú, Abaliget, Magyarhertelend, Sikonda.

A déli oldalon a 200 - 300m-t is meghaladó vastagságú pannon üledékekkel kitöltött Pécsi medence már éles és egységes tektonikus rendszerrel határolódik el a hegység fő tömegétől. A rétegvizes rendszer Pécs vízellátásában fontos szerepet játszik. Mintegy 90 működő kút a felső pannonból 20 -25000 m³/nap vizet szolgáltat. A medence nyugat felé nyitott, délre a kristályos Görccsönyi hátság zárja el. Középső részén, éppen a MÉV I. zagytározója alatt egy a felszínt mindössze 40-50m-re megközelítő kristályos rög található, amely két, a vízművesítésben élesen elkülönítő területre, a Pellérdi és a Tortyogói medencére osztja.

A geomorfológia hatása a vízföldtani képre

A vízföldtani képre jelentős hatást gyakorol a geomorfológiai helyzet. A Nyugat-Mecsek tulajdonképpen egy asszimmetrikusan megbillent miocén tönkfelszín, melynek déli oldala meredek és önmagában egy, az eróziós hatásokkal felszabdalt szerkezeti zóna, mely mentén a Mecsek kiemelkedett. Az északi hosszabb és lankásabb lejtő maga a tönkfelszín. A Pannon tengerből kiemelkedő szigetszerű ősi Mecseket a tengeri hullámverés támadta, és több, különösen a déli oldalon szembetűnő abráziós terraszt formált ki. Ezek mélyen benyúlnak a lelőhely középső részébe (Cserkút, Golgota - Tótvár - Bakonya).

Az abráziós terraszokat a déli oldalon az általános lejtésiránynak megfelelően ún. konzekvens völgyek szabdalják szét, melyek zöme tektonikus preformáltságú (Zsid, Kajdác, Bicsérdi patak). Az északi és a keleti területen a környezetnél puhább középsőtíriász aleurolitba a szelektív denudáció következtében szintén mély völgyeket vágta a patakok (Sás, Égervölgyi, Magyarürögi patak). A karsztba erős tektonikus preformáltsággal vágódott be a Nyáras, Körtvélyes és a Szuadó patak.

A vízdomborzat

A perm-triász repedésvizes összlet felszínalatti vízének domborzata az általános vízföldtani törvénynek megfelelően lesimitottan, kiegyenlített, de követi a felszíni alakzatot. Ez esetünkben egy centrális maximális magasságot jelent a Jakabhegy körzetében, ahol a vízszint abszolút magassága a +550m-t is meghaladta, innen a kelet-nyugat irányban megnyúlt vízdombtól tulajdonképpen sugaras irányban csökkenő magasságot ért el. A déli hegységperemen a perm - triász repedésvizes szintje mindössze +160 - +170m volt, ill. helyenként ma is ennyi. Az alacsonyabb térszíneken a repedésvizes szintje beleesett a felszínközeli aprózódási zóna talajvizes rendszerébe, és megközelítette a 2-5m mélységet is. A magasabb területek (pl. Jakabhegy) felszínhez közeli víztömegei nem a nagy

rendszerbe tartoznak hanem inkább a Jakabhegyi Homokkő felső részében, a "tavi fácies" fölött gyakori aleurolit-retegek által visszatartott "lebegő talajvizek". Az elfogadható eredeti repedésvíz szint itt 40-60m mélységben volt. A fentieknek megfelelően a regionális vízmozgás ez összletben sugárirányú, bár ettől helyileg nagyon sok esetben van eltérés.

A réteges repedésvíz felszínalatti domborzata a keskeny előfordulási sáv miatt csak fúrásokban volt észlelhető, +280 - +300m fölötti magassága meghaladta a karsztvizet. A vízmozgás a dőlésnek megfelelően északi ill. Keleti.

A nyugat-mecseki karsztvíz a lelőhelyi területen a hegység északi lejtőjén +260-+280m magasságban indult és innen egyenletesen lejt északi irányban a hegységperemi források (Orfű - Abaliget) kilépési szintjéig (+220-+230m). A Misina-Tubes vonulat karsztvize a Tettye forrás vízgyűjtőjéhez tartozik. A vízmozgás az első területen északi, a Tettye vízgyűjtőjén délkeleti irányú.

Hidrodinamikai viszonyok

A perm-triász repedésvíz szintje nagyobbreszt, a Nyugat-Mecsek középső és déli részén nyílttükű, a felszín felől nem védett és nincs nyomás alatt. Ez az utánpótlódás területe. Északi és keleti irányban azonban az összlet az egyébként a dőlésviszonyoknak és a domborzatnak megfelelően alacsonyabb helyzetű vízzáró fedőrétegsor alá kerül, így vize leszorított tükürvé, nyomásalattivá (piezometrikussá) válik. Az északi szárnyon a kutatófúrások mindig a fedőközet fekszfintjénél magasabb szintű, tehát nyomásalatti vizet tártak föl, sőt a kedvező morfológiai helyzetből, a völgyekből kiindulók kifolyó, pozitív vizet produkáltak. Ez egyben a középsőtriász aleurolit és gipszes összletének vízzáróságát is igazolja. Ilyen terület a Sás, Nyáras, Magyarürögi, Szentkúti völgy, Abaliget.

A perm-alsótriász repedésvizes és a középsőtriász karbonátos összletek között vastag vízzáró képződmény települt.

A középsőtriász lemezkeszű repedésvíz csak néhány mély völgytalpon jut ki a felszínre, ilyen a Bagoly és a Laci forrás, Szentkút, Kismélyvölgyi források. Átbukó jellegűek a Sás völgy északi oldalának kisebb forrásai: Órás forrás, Fúrós kút.

A középsőtriász mészkő vize elsősorban a hegységperemi nagy hozamú karsztforrásokon keresztül jut a felszínre, részben a miocén üledékek torlaszoló hatására, amely tektonikus helyzetéből ered. E nagy hozamú karsztforrások részben az országos jelentőségű, kiemelt üdülőkörzet idegenforgalmi objektumait táplálják (Abaligeti cseppkőbarlang, Orfűi tórendszer - Vízfő forrás), részben vízellátásra hasznosítottak: Abaliget - Kisaplika forrás, Komló- Kőlyuk, Pécs- Tettye forrás.

Az északi szegély miocén üledékes medencében sok kis rétegfórással ismert. A déli pannon medencéről már volt szó, de itt még megemlítendő a Bicsérdi patak mentén ma is vizet adó rétegfórással. A hegység belsejében sok völgyben fakadnak az alluviumból kisebb törmelék-források (Zsid patak, Sás patak, Bicsérdi patak, Töttösi patak oldalvölgyei). A felsorolt források nem képeznek teljeséget, inkább csak példák.

latot tartanak. A déli előtérben szintjük ma magasabb, mint a pannon rétegvizeké. Ez a Pellérd-tortogói vízműkutak depressziójának kialakulása előtt még fordítva volt.

A felszín alatti vizek kilépése a felszínre, a források

A perm-triász repedésvizes területen a déli irányított-ságú lejtőkön a tektonikus preformátságú mélyre bevágódó völgyekben igen sok hasadékforrás fakadt, amelyek létrejöttében azonban az egyes rétegek különböző vízáteresztő képessége, adott esetben torlaszoló hatása is szerepet játszott: György kút, Sepse kút, Szerkő forrás, Cserkút forrás. Sok esetben a völgytalpi alluviális források is áttételesen így kapták vizüket (Cserkút, Kőbánya völgy forrása), másutt tisztán alluviális, törmelékforrás is létrejött, mint például az északi szárnyon a Bögrés kút. A Jakabhegy északi lejtőjén a perm-triász összlet felső, átmeneti zónájának víztárázó aleurolit rétegei fölött felfogott csapadékvizek általános időszakos, vagy igen erősen ingadozó hozamú forrásokat hoztak létre. A víztárázó középsőtriász rétegek déli határvonalánál a feltorlaszoló hatás miatt gyakoriak az átbukó rétegfórással: Pipás, Pali, Petőc forrás, Pálos kút.

A víztárázó középsőtriász képződmények a felszínközeli aprózódási zónában csak talajvizet tartalmaznak, amely a mélységbe leszivárogni nem tud, de minden kis torlaszoló hatás vagy orográfiai változás, ill. tektonika esetén forrásként a felszínre bukik. A víztárázó képződmények felszíni elterjedési területein ezért a leggyakoribbak a források. Ilyen terület a Magyarürögi és a Szentkúti, a Sás patak déli mellékvölgyeinek forrásai, valamint a Gégen, Remete, Tixi, Szuadó forrás.

A lemezkeszű repedésvize csak néhány mély völgytalpon jut ki a felszínre, ilyen a Bagoly és a Laci forrás, Szentkút, Kismélyvölgyi források. Átbukó jellegűek a Sás völgy északi oldalának kisebb forrásai: Órás forrás, Fúrós kút.

A középsőtriász mészkő vize elsősorban a hegységperemi nagy hozamú karsztforrásokon keresztül jut a felszínre, részben a miocén üledékek torlaszoló hatására, amely tektonikus helyzetéből ered. E nagy hozamú karsztforrások részben az országos jelentőségű, kiemelt üdülőkörzet idegenforgalmi objektumait táplálják (Abaligeti cseppkőbarlang, Orfűi tórendszer - Vízfő forrás), részben vízellátásra hasznosítottak: Abaliget - Kisaplika forrás, Komló- Kőlyuk, Pécs- Tettye forrás.

Az északi szegély miocén üledékes medencében sok kis rétegfórással ismert. A déli pannon medencéről már volt szó, de itt még megemlítendő a Bicsérdi patak mentén ma is vizet adó rétegfórással. A hegység belsejében sok völgyben fakadnak az alluviumból kisebb törmelék-források (Zsid patak, Sás patak, Bicsérdi patak, Töttösi patak oldalvölgyei). A felsorolt források nem képeznek teljeséget, inkább csak példák.

A víztípusok közötti kommunikáció

A perm-triász repedésvíz a karsztvizes összlettel el van különítve. Mélységi kapcsolatait erősen korlátozza, sőt valószínűleg lehetlenné teszi, hogy az összekötő tektonikus zúzott zónák a gipszes összletben már ismertetett módon elzáródnak. Felszín alatti kapcsolat csak a repedésvizes összlet felől a víztárázó összlet felszínközeli aprózódási zónáján át lehetséges, ha ezt a morfológiai viszonyok lehetővé teszik. Ezek szerint ez csak a Jakabhegyről észak felé kiindulva történhet meg, nyugat felé már nem, mert ott a köztes, mélyen bevágódott Magyarürögi völgy, illetve a Misina - Tubes magas helyzete ezt kizárja. A felszínen azonban más a helyzet. A Jakabhegy felől a felszínre jutó átbukó források vize ugyanis összegeződve a homokkőfelszínről a karsztra

átfolyó felszíni vízfolyásokkal ill. összegyűlő csapadék-vízzel már eljuthat a karsztra, elsősorban a völgyekbe, ahol a völgytalpakon levő víznyelők a vizet elnyelik és a karsztba vezetik. Rónaki L. vizsgálatai szerint az Orfűi Vízfő forrás 15,3km² vízgyűjtő területéből mintegy 24%, az Abaligeti barlang 6,4km²-éből 42% nem karsztos, zömében a perm-triász törmelékes, repedésvízes összlet felszínéről jut be a karsztba.

A másik kommunikációs lehetőség a perm-triász repedésvizek és a pannon rétegvizek ill. a rátelepülő talajvizek között áll fenn. A déli lejtőn ugyanezen irányban áramló talajvíz jellegű repedésvizek szintje az aprózódási zónába esik. Mivel pedig a perm-triász homokkövekre felfekvő pannon üledékek a peremi sávban nagyon gyakran durva törmelékesek, tehát jó vízvezetők, az átáramlás természetes állapotban akadálytalanul megtörténhet. Az előzőkhöz hasonló a helyzet a felszíni vizekkel, mert a hegységből eredő patakok vízének jelentős része, kis hozam esetén teljes mennyisége a peremi sávban beszívárog és a talaj ill. a pannon rétegvizeket táplálja.

A medence belsejében is ismerünk olyan, főleg kis esésű szakaszokat ahol ugyanez megtörténik (Bicsérdi patak, Kajdács patak, Zóki csatorna).

A különböző víztípusok természetes vízminősége

A természetes állapotra vonatkozóan felszíni és felszínközeli természetes vagy antropogén létesítményekből származó vízminták adnak felvilágosítást (források, ásott kutak).

A perm-triász repedéses talajvíz kémiaiilag a kalcium-magnézium-hidrokarbonátos típusba tartozik.

Keménysége általában magas 20-25nk°, össz. oldottanyag tartalma az intenzív vízmozgás, vízcserre következtében alacsony, 300-400mg/l. Radioaktív elem tartalma változó, általában U term.=1-5µg/l. Ez a magyarországi 1-2µg/l-t általánosságban alig haladja meg, de mindenesetre anomális. Az oxidált vörös homokkőből származó vízminták oldott urántartalma igen alacsony 1µg/l körüli, ez a geokémiai állapotnak felel meg. Ezzel szemben a magas szórt urántartalmú fekuszürkébe mélyített kutak v. onnan származó források vize 5-10µg/l U term. értékű.

A produktív összlet felszíni kibúvási zónájában az esetlegesen érces zónából származó vizek 90-100µg/l U term.-et is tartalmazhat, amiből egyébként a felszínközeli oxidációs zóna kialakulása is igazolható, mert az eredeti állapotban levő érceket átjáró víznek ennél lényegesen magasabb oldott urántartalma van, mint ezt később a bányabeli vizsgálatok is megmutatták.

A fenti értékek messze az ivóvízre megengedett vagy ajánlott határok alatt maradnak. A vizek oldott rádium-tartalma mindenütt alacsony 0, 1-2,0*10⁻⁶ Bq/ml. A lemezemeszű vízminősége a karsztvizekéhez hasonló.

A karsztvíz magas keménységű, 20-35nk°, 500-600mg/l össz. oldottanyag-tartalmú, kalcium-magnézium-hidrokarbonátos típusú, oldott U term. tartalma 1-2µg/l, Ra tartalma 1*10⁻⁶ Bq/ml alatti.

A déli előtér pannon rétegvizeinek keménysége 15-25nk°, össz. oldottanyag-tartalma 400-700mg/l, kalcium-magnézium-hidrokarbonát típusú, helyenként magasabb, 100mg/l-t megközelítő, vagy azt kissé meghaladó szulfát-tartalommal. Oldott természetes U term. Tartalma 1-5g/l, a pannonba áthalmozott permi fekuszürke vagy érces anyagból származóan. Ez tehát bizonyos mértékig természetes anomália. Az oldott Ra tartalom 0,2-2*10⁻⁶ Bq/ml.

Az eredeti, bányászat előtti monitoring rendszer

A kezdeti adatok az 1950-es évek közepéről, végéről származnak, és jelentős részben uránkutatói, radiohidrológiai feladatuk volt.

Emellett a komplex adatfelvétel miatt a Nyugat-Mecsek általános hidrogeológiai viszonyainak jobb megismerésére is alkalmasak voltak.

A vizsgált objektumok egy része természetes volt: források, felszíni vízfolyások. Jelentős részük, a lakótelepülésekhez kötötten, tehát foltszerűen sok és sűrű adattal más célra, leginkább egyedi vízellátásra készített műtárgyak, ásott és kismélységű fűrt kutak voltak.

A természetes állapotot jól megközelítik a bányászatiilag még igénybe nem vett területeken lemélyített kutató fúrásokban végzett hidrogeológiai vizsgálatok, mérések. Ezek a kutatás első területéről, Bakonya - Kővágószőlős környékéről fokozatosan terjedtek észak és kelet felé Abaliget-Orfűig ill. a Misina-Tubes vonulatig. Így pl.; az eredeti állapotot tükröző vízdomborzati térkép nem egyidejű vízszint adatok alapján készült, hanem a fokozatosan terjeszkedő kutatás első mérési eredményeiből. Hasonló a helyzet az első bányászati létesítményeknél is.

A Nyugat-Mecsek általános hidrogeológiai viszonyainak megismerése ma már lehetőséget ad bizonyos visszakovertetésekre is az eredeti állapotra vonatkozóan.

A bányászat által okozott vízföldtani változások (Szekunder állapot)

Az uránércbányászat kapcsolata a földtani, szerkezeti viszonyokkal

A bányászati tevékenység számos vízföldtani paraméterben mélyreható változásokat okozott, melyek a területi, regionális vízföldtani képből is jelentős eltéréseket hoztak létre az eredeti állapothoz képest.

A vízföldtani viszonyok változása a földtani helyzettel és a feltárási rendszerrel szoros kapcsolatban álló bányászat geometriájától függ.

Az I. bányüzem az antiklinális déli szárnyán helyezkedik el (1., 2.sz. ábra), egy +170m magasságból induló 120m mély a produktív összletet is harántoló aknával.

Két vakaknával és több léggurítóval jutott le a -202m mélységben kiképzett 15. szintig.

A III. üzem az antiklinális északi szárnyán helyezkedik el. A +219 m magasságból indított, a produktívot harántoló vágatból, az Északi tőről indított 2 vakaknával érték el a produktív mélyebb tömegeit. A szinten befejezett II. bányüzem a III. üzem csapásmenti nyugati folytatása.

A IV. bányüzem a III. üzemtől északra, dőlésmenti folytatásként nagy mélységben helyezkedik el.

Az V. Bányüzem a IV. üzemtől nyugatra csapásirányban, a II. üzemtől dőlésben északra és lefelé helyezkedik el. A IV. és V. üzem üreghálózata sok vágattal és fejtéssel össze van kötve, egységként kezelhető. Tervek szerint 1997. dec. 31-ig üzemel.

Az Északi tőro vagy a belőlük kiinduló alapvágatok +220-+237m-es szintek között összekapcsolják a II. üzemet (ereszkével), a IV. szállító és légaknára, az V. szállítóaknára rályukasztatnak. E szinten megvan a kapcsolat a III. üzemmel is, mert a vakaknák és a siklók innen indulnak ki.

A tőro a vállalat földalatti szállításának fő útvonala, Kővágószőlősnél (III.üzem) ér a felszínre. Az I. és a III. üzem nem függ össze, mert köztes területen az antiklinális tengelyében az ércesedés gyenge, emellett Cserkút léte megnehezítette volna az alatta folyó bányászatot.

Az I., II., III. üzem a nyílttűkrű perm-triász repedésvízes területen helyezkedik el. A IV.-V. üzem északi pereme már átnyúlik a vízzáró magassfedő alá, sőt a karsztvízes összletet is megközelíti. A perm-triász repedésvízes összlet vastagsága azonban itt 500-600m a produktív fölött, s a karsztól pedig teljesen elkülöníti a 350m vastag vízzáró összletet.

A bányavízkiemelés vízföldtani hatásainak megértéséhez az alábbi fakadó vízhozam adatokat ismertetjük:

- I.üzemből+65m-es üzemi vízszinten kiemelt víz (1995) 2400 m³/nap
- a bányabezárás előtt kiemelt 1800-2100 m³/nap

Az I. Üzem mai nagyobb vízhozama azzal magyarázható, hogy pillanatnyilag az S-2, S-3, S-4, és Pk-4 fúrásokon keresztül a bányáüregekbe jelentős mennyiségű bányavíz ill. meddőhányó alól fakadó vizet vezetnek be.

- a II.-III.-IV.-V. üzemből együtt kiemelt víz (1994 előtt) 2500-3000m³/nap

Ez időben a II. üzem ugyan bezárt, de működése alattval azonos fakadó vízmennyiség az V. üzembe leveztésre került. A III. üzem ekkor még működött.

- jelenleg a II.-IV.-V. üzemből kiemelt víz 1600 m³/nap
- a III. üzem társzint fölött fakadó és gravitációsan kifolyó víz 500-600m³/nap
- a III. üzem mélysztínein fakadó víz saját üreghálózatát tölti fel, (szivattyúzás megszűnt) 900 m³/nap

A vízhozamok különbségét a feltárt 1km²-es területre eső fajlagos fakadó vízhozam is mutatja:

I. üzem	II. üzem	III. üzem	IV. üzem
m ³ /nap/km ²	m ³ /nap/km ²	m ³ /nap/km ²	m ³ /nap/km ²
1052	234	123	147

Az I. üzemi fajlagos vízhozam kiugró értékét nem csak a domborzati, bányászati, vízföldtani okokra visszavezethető nagyobb beszivárgás, hanem a déli szerkezeti rendszer közelsége is okozza, melynek következtében az I. üzem kőzetanyagának töredezettsége és vízadóképessége más, mint a többi üzemeké.

A bányászati tevékenység vízföldtani jellemzése

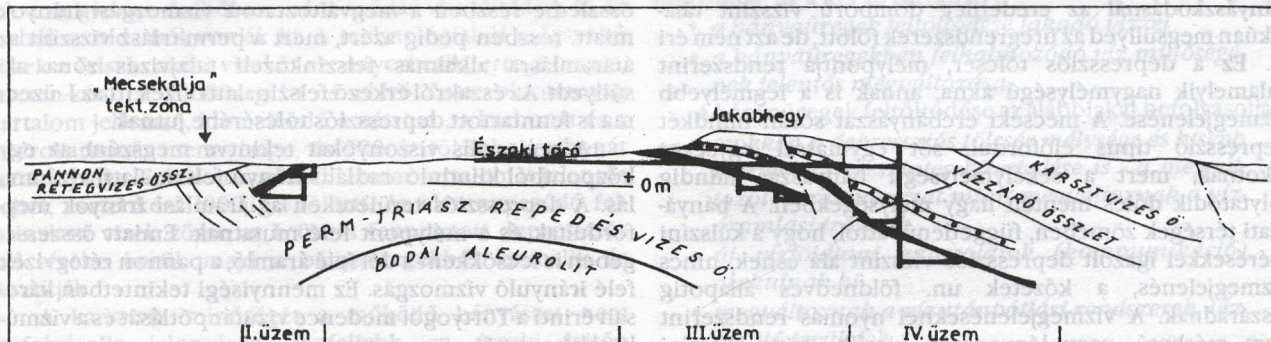
A mecseki uránércbányászat a magyarországi harmadkori kőszén és a bauxitbányászathoz viszonyítva vízben szegénynek minősíthető. Annak ellenére, hogy az északi szárny peremén az uránérc-bányászat a karsztvízszint alatt folyik, mivel a karsztos képződményektől vastag vízzáró réteg zárja el, nem minősíthető karsztvízveszélyesnek. A fentiek miatt nem állt fenn vízbetörésvészély, s az itt mért maximális, egy helyen (a IV. ü. szállítóaknájában) észlelt 2m³/min hozam másutt megszokott, nem különleges érték.

A bányában fakadó vizek a kőzetek repedezettségéhez kötődnek, amelyek vagy egy tektonikus elem zúzott zónája, vagy egy környezeténél kőzetmechanikai okok miatt jobban töredezett réteghez, kőzettömeghez kapcsolódnak. A fakadó vizek általában gyenge vízfolyással, csöpögéssel, vízszivárgással voltak jellemezhetők. Jelentősebb hozamú lehetett (10-20 l/p) egy-egy tektonikus zónát harántoló bányafúrás. A vágatokban és fejtésekben általában nem egy koncentrált helyen, hanem nagyobb felületeken (hosszabb vágatszakasokban, nagyobb fejtésekben) jelentkezett a víz. A bányában fakadó vizek hozama



1.sz. ábra
A Mecseki ércbányászat környezet-földtani helyzete, földtani térképvázlat

minden esetben hosszabb, rövidebb idő alatt lecsökken vagy teljesen megszűnt, ami a tározórendszer leürülésére és korlátozott utánpótlódására utal. Ugyanez észlelhető nagy méretekben is. Miután a bányászati tevékenység az 1950-es évek végén 1960-as évek elején megkezdődött, a kiemelt fakadó víz hozama ezzel párhuzamosan növekedett 1965-ig, majd ezután 3000 m³/nap körül ingadozott, kvázi stabilizálódott, és ez független volt attól, hogy az évente kitermelt kőzettömeg még 1977-ig nőtt, illetve a feltárt terület egészen napjainkig egyre nagyobb lett. Így tehát a bányászati tevékenység és a fakadó vízhozam 1965



2.sz. ábra
A Mecseki ércbányászat környezet-földtani helyzete ÉD irányú földtani szelvényvázlata (A-B)

után egyensúlyi helyzetet vett fel. Hasonló helyzet alakult ki az antiklinális déli szárnyán elhelyezkedő I. üzemből, de itt az általános repedezettség ill. a kőzetek víztartalmának magasabb értéke miatt lényegesen kisebb feltárt területről fakadt 1800-2100 m³/nap vízmennyiség. A különbséghez az is hozzájárult, hogy az északi bányüzemek közül a II.-III. üzem részben (a mélyszintek) és a IV.-V. üzem teljes egésze a nagymélységű, alig repedezett, lassú vízmozgású és vízcserejű, alacsony víztartalmú zónába esett, szemben az I. üzem szerkezetileg igen erősen igénybevett, töredezett területével. Vizsgálataink szerint a magasabb vízhozamú időszakok mindig valamilyen akna mélyítésének idejére estek, mint pl. 1965 körül a IV. üzem, 1975 után az V. üzem szállítóaknája mélyült, s mindkettőben a felső egyharmadban tektonikus eredetű (viszonylagosan) magas hozamú vízbetörések voltak. Ez egyébként természetes, mert egy rétegsort harántoló akna tulajdonképpen mélyfuratú kútként működik, melynek készítése során sokkal nagyobb a valószínűsége és lehetősége a nagy hozamú víz megjelenésének, mint a vízszintes vágatok, vagy a nagy horizontális kiterjedésű, ugyanazon rétegben kihajtott fejtések esetében.

Mindez azt jelenti, hogy aknamélyítés nélkül a fakadó víz hozama meglehetősen stabil, és a befejezés után feltelés (részleteiről később) során egyenletes, pontosabban egyenletesen csökkenő vízhozáfolyás várható.

A bányavízkiemelés hatását

A mélybányászat során fakadó vizet a földalatti tevékenység végzése érdekében természetesen ki kell emelni.

Az északi bányüzemek közül a már bezárt II. és a zárás előtt álló IV. - V. üzem fakadó vizei a IV. üzem szállítóaknán kerültek és kerülnek ma is kiemelésre. A víz az ún. Északi tárón vezetve jut a felszínre, 1995-ben mért átlagos mennyisége 1500 m³/nap. A még működő III. bányüzem átlagos vízhozama régebben szintén ekörül mozgott. Ez a 3000 m³/nap körüli kiemelt vízmennyiség jelentős változásokat okozott a vízföldtani környezetben. 1995 óta a III. üzem bezárása után, a III. üzemi vízkiemelés megszűnt, a mélyszintek azelőtt kiszivattyúzott vize az üregrendszer feltöltésére fordítódik. Az Északi tárón gravitációs kifelé magasabb szinti fakadó bányavíz mennyisége már kevesebb, de ez erősen függ a csapadéktól. Mennyisége 500-800 m³/nap. A ma felszínre jutó összesen 2000-2300 m³/nap vízmennyiség a stabilizálódott helyzet miatt a régebben kialakult vízföldtani állapotot fenn tudja tartani.

A vízkiemelés a vízföldtani törvényszerűségeknek megfelelően mindig és mindenütt az eredeti vízdomborzat megváltozásához vezet a bányászati üregrendszer fölött. A vízszint ilyen esetben mindig lesüllyed, ez a jelenség a depresszió. Kisebb bányászati mélység esetében a vízszint az üregrendszereket is eléri, nagyobb mélységű bányászatkodásnál az eredetileg domború vízszint általában megsüllyed az üregrendszerek fölött, de azt nem éri el. Ez a depressziós tölcser, mélypontja rendszerint valamelyik nagymélységű akna, annak is a legmélyebb víz megjelenése. A mecseki ércbányászat során mindkét depresszió típus előfordul, sőt egymással egységet alkotnak, mert a sekélymélységű bányászat mindig folytatódik dőlés mentén nagy mélységekben. A bányászati térségek zömében, függetlenül attól, hogy a külszíni mérésekkel igazolt depressziós vízszint alá esnek, nincs víz megjelenés, a kőzetek ún. földnedves állapotig kiszáradnak. A víz megjelenéseknél nyomás rendszerint nem mérhető, vagy lényegesen kisebb, mint külszíni fúrásokban mért hidrosztatikai állapot, mert a szűk repedéshálózatban mozgó víz nyomását (helyzeti energiáját) a súrlódás leköti. Mérhető és értékelhető víznyomás csak a IV. és az V. üzemi szállítóakna elő és csapolófúrásaiban volt mérhető a teljesen nyitott vízadó repedéshálózat követ-

keztében. A mecseki uránércbányászat működése során, két depressziós tölcser alakult ki. Az egyik az antiklinális északi, a másik a bányászati teljesen különálló déli szárnyon jött létre. A déli szárnyon az I. bányüzem működése során kb. 2,5 km² nagyságú depressziós tölcser alakított ki. A bányászat befejezése óta (1974) a feltelő üregekből +65 tszf (kb. 110 m a felszíntől) magasságban folyamatos szivattyúzással tartják fenn a depressziót a toryogói vízműutak védelme érdekében. Így ugyanis sem a bányatérsegekben felhalmozódó szennyezett víz, sem az egyéb bányászati (esetenként felszíni) objektumokból származó víz nem juthat a pannon rétegvizes övezetbe. Ilyen létesítmények a perkolációs rendszer, a vállalati (III. üzemi) meddőhányó. A bányaművelés befejezése óta a depressziós tölcser nagysága is valamelyest lecsökkent.

Az északi szárnyon az egymással összefüggő üregrendszerű II., III., IV., V. bányüzemek egyetlen nagy, mintegy 42 km² nagyságú depressziós tölcser alakított ki, melynek mélysége a felszíntől 100-400 m, a maximumok az aknák körül jöttek létre. A kelet-nyugat elnyúltságú depressziós tölcser alakja összefügg az itt feltárt nagy szerkezeti rendszer irányítottságával is. A depressziós vízszint egy szabálytalan felületű tálalakú süllyedék, amelynek északi, nagyobb területű része magasan az üregrendszerek fölött helyezkedik el. Az északi peremsáv már a nyomásalatti perm-triász repedésvíz tömegét foglalja magában, itt jelenleg is piezometrikus a vízszint, vagyis még mindig a fedő vízáró összlet talpszintje fölé emelkedik, de a pozitívítás már többnyire megszűnt.

A depressziós területeken lényeges vízföldtani változások jöttek létre. A perm-triász repedésvízes összlet felszíni elterjedési területén számos forrás elapadt. Ilyen területek a Jakabhegy déli előtere (Kővágószőlős, Cserkút, Kővágótőttős zártkertjeiben), az északi területen a vízáró összlet peremén átbukó források főleg a Jakabhegy északi lejtőjén. A Jakabhegy magasabb részein kialakult lebegő víztömegekből származó források megmaradtak, bár hozamuk lecsökkent vagy időszakossá váltak. Az itt levő középkori pálos kolostor ásott kútjában ugyanezen okból maradt meg a víz. A felszíni vízfolyások felső szakaszai a középső területeken kiszáradtak, vagy hozamaik lecsökkentek. Ilyenek a Zsid, Kajdác patakok felső szakaszai illetve itteni mellékágaik. Az alsóbb szakaszokon fokozottabbak a vízhozam ingadozások, gyakoribbak és hosszabbak (időben és térben) az időszakos kiszáradások. Viszonylagosan nagyobb arányúak a perm-pannon peremsávon bekövetkező beszivárgások. Összességében és abszolút mértékben azonban lecsökken a perm-triász felszínről a pannon medencetérzínre lefutó vízmennyiség és csökken az itteni beszivárgás. Az I. üzemi depressziós tölcser mintegy 2 km-es kelet-nyugat csapásirányú sávjában a távolabbi északi terület felől érkező repedésvizek nem jutnak át a felszínközeli talajvízes zónában a pannon rétegvizes összletbe részben a megváltoztatott vízmozgási irányok miatt, részben pedig azért, mert a perm-triász vízszint az átáramlásra alkalmas felszínközeli talajvízes zóna alá süllyedt. Az északra érkező felszínalatti vizek itt az I. üzem ma is fenntartott depressziós tölcserébe jutnak.

A regionális viszonyokat tekintve megszűnt az egy központból kiinduló radiális irányú felszínalatti vízáramlás. A depressziós területeken az áramlási irányok megfordultak és a mélypont felé mutatnak. Emiatt összességében is lecsökkent a dél felé áramló, a pannon rétegvizek felé irányuló vízmozgás. Ez mennyiségi tekintetben károsan érinti a Toryogói medence vízutánpótlását és a vízműutak hozamát.

A depresszió jelentős bányakárokat, vízfelvonást okozott néhány településen. Kővágószőlős alatt húzódik az Északi táró, Cserkút északi részét pedig megközelíti a Keleti táró és egy érces blokk fejtési rendszere. Mindkét községben az ásott kutak jelentős része elapadt. A kárpót-

lasként bevezetett vezetékes víz a vízellátási problémákat megoldotta, de a még megfelelő ásott kutak vízért mezőgazdasági célokra hasznosítják.

A depresszió kialakulásával megfordultak a nyomás (vízszint) viszonyok az északi szárnyon a perm-triász piezometrikus és az anizuszi mészkő karsztvízszintje között. Jelenleg a perm- triász nyomásszint alacsonyabb, így elméletileg, de csakis így, a lehetséges kommunikációs kapcsolat iránya is megváltozott, tehát jelenleg a karsztvíz juthatna be a perm-triász repedésvizes összletbe ill. a bányáuregekbe. Ezt azonban a vastag vízzáró összlet éppúgy megakadályozza, mint az eredeti állapotban a fordított irányú vízmozgást. Mivel a karszt fölötti források zöme kiszáradt, a felszínen a karsztba jutó patakok időszakossá váltak, mert csak csapadék és hóolvadás idején vezetik át a kiszáradt patakmedrek a vizet a karsztos völgyekbe és a víznyelőkbe.

A bányászat hatása a vízminőségre

A bányászat jelentős változásokat hozott a vízminőségben. A mélybányászat során feltárt természetes állapotú perm-triász repedésvizek, lassú szivárgásuk és hosszú benttartózkodási idejüknel fogva eltérnek a felszín közeliektől. Ezt a felismerést a bányászat tette lehetővé. Kémiailag ezek is kalcium-magnézium-hidrokarbonátos típusúak, de gyakran magas a szulfát, esetenként a nátrium tartalmuk is. Az összes oldott anyag mennyisége 500-800mg/l. U term. tartalma változó, az ércből származó igen magas, 1000 µg/l fölötti, a produktívból és a feküszürkéből fakadó is anomális, általában 10-100 µg/l közötti. A fedővörösből származóké itt is alacsony. A Ra tartalom 0,2-5*10⁻⁴ Bq/ml közötti. A kiemelt bányavíz ettől lényegesen eltér, mert a fakadó vizeket általában ipari vízként is felhasználják, s az érces fejtéseken, vágatok csorgáin végigfolyó vizek sok anyagot oldanak fel.

Ezért a kiemelt bányavizek össz. oldottanyag tartalma 700-1500mg/l. Keménysége 25-35nk°. Oldott U term. tartalma 500-2800 µg/l, Ra tartalma 2-30*10⁻⁴ Bq/ml.

Ez a víz esetenként már meghaladja a szabványok, rendeletek által meghatározott elengedhető víz kémiai és radiológiai paramétereit.

A fentiek a működő bányák fakadó és kiemelt vizeire érvényesek. A perm-triász összlet bányatérsegeken kívül, de közeli területeken mozgó felszín alatti vizei a bányászati tevékenység következtében elszennyeződtek: a régebben szabadon elfolyó bányavizek beszivárgó hányada, az anomális urántartalmú fejtési meddőt tartalmazó hányón átszivárgó vizek által, melyek elsősorban a radioaktív elemtartalmat növelik (II. üzemi bakonyai és III. üzemi vállalati, és I. üzemi, kövágószőlősi meddőhányók).

Az I. üzemtől északra elterülő perkolációs térség szintén a perm-triász repedésvizes összletre esik. Az itt felhalmozott gyenge ércből az uránt szódás vízzel oldják ki és ebből az oldatból vonják ki. A technológiából megszökő vizek a felszín alatti vizeket szennyezhetik, erre a magas, esetenként a 10000mg/l-t is elérő össz. oldottanyag tartalom jellemző, kiemelkedő a nátrium, a karbonát és a hidrokarbonát mennyisége, és 200nk° fölötti a karbonát keménysége. Emellett az oldott U term. tartalom is jelentős lehet, esetenként 1000µg/l fölötti. Az elszennyeződő felszínalatti vizek zöme az I. üzemi fenntartott depressziós tölcserébe kerül, majd a bányáuregekből kiemelik és tisztítják.

A karsztvíz minőségét a működő bányászat nem befolyásolja jelentősen, legfeljebb az északi lejtőn elhelyezkedő IV.-V. üzemi felszíni létesítményeit leöblítő és észak felé lefolyó csapadékvizek útján. Hasonló a helyzet a lemezes mészkő vizeivel is.

Az északi miocén terület rétegvizeiben nem történik minőségi változás.

A déli előtér pannon rétegvizeit az I. üzemi depressziós tölcserébe a nyugati oldalon részben megkerülő, perkoláció által szennyezett vizek károsíthatják.

A lelőhelyről délre elfolyó bányavízből vagy egyébtől szennyezett felszíni vízfolyások vize hasonlóan beszivároghat pannon összlet peremén vagy a medencebelsőben. E hatásokat különböző intézkedésekkel 1994-95-ben gyakorlatilag sikerült megszüntetni. A legnagyobb káros hatásokat okozó, a zagytározókból elszivárgó sós oldatok veszélyeztetik leginkább a pellérdi és a tortyogói vízműkutakat, ez azonban egy külön, másutt tárgyalandó kérdés-komplexum.

A működő bányáüzemekkel és egyéb létesítményekkel kapcsolatosan több részben már említett környezet és felszínalatti vízvédelmi kérdést vet fel. Ezek megoldása részben a kiemelt bányá-, és egyéb vizek tisztítása, másrészt egy olyan, csaknem teljesen zárt ipari vízgazdálkodási rendszer kialakítása, amelyből csak a végponton, a zagytározókból van vízkilépés. Ezek a részben már megoldott problémák nem tartoznak szorosan vett bányabezárás kérdéskomplexumba.

A bányászat során létrehozott vízföldtani monitoring rendszer

A hidrogeológiai monitoring rendszer létrehozása kezdettől fogva tervszerűen történt. A meglévő objektumok mellett létrehoztunk egy rendszeres, visszatérő megfigyelésekre alkalmas hálózatot. A fő mért vízföldtani elemek: vízszint, vízmennyiség és vízmintavétel, vízvizsgálat kémiai és radiológiai célból. A mérések gyakorisága változó, 1 naptól 1 évig terjed.

A monitoring rendszer jelenleg a következő elemeket tartalmazza:

- * bányászati objektumok (tárók, aknák stb.)
- * források
- * felszíni vízfolyások
- * ásott kutak
- * hidrogeológiai megfigyelésre kiképzett földtani kutatófúrások (főleg a bányaterületek peremén)
- * hidrogeológiai megfigyelő fúrások (speciális hely és célokra)

A bányászat befejezése és a bányazárás után (tercier állapot) létrejövő hidrogeológiai változások

Általános kérdések

A bányabezárás egyet jelent a vízkiemelés megszüntetésével. Ez két olyan alapvető folyamatot, változást indít meg, amely a többi vízföldtani jelenséget, helyzetet megváltoztatja. Ez a két fő folyamat :

- * a bányáuregek feltöltődése fakadó vízzel
- * a bányáuregekben felhalmozódó víz minőségének jelentős megváltozása.

A bányáuregek feltöltődése az alábbiakat befolyásolja:

- * csökken a depressziós tölcseré mélysége és kisebb mértékben vízszintes kiterjedése is - a megváltozott vízdomborzat miatt megváltoznak a vízáramlási irányok,
- * új vízföldtani kapcsolatok (kommunikáció) alakulnak ki,
- * megváltoznak a vízutánpótlási rendszerek, vízgyűjtő területek,
- * mivel a felhalmozódó bányavíz tömegben a hidrosztatikus nyomás szabadon érvényesül, megindulhat a felszínalatti vízkiáramlás oldalirányban és lefelé, ezt a kérdést azonban még vizsgálni kell,

- * ahol erre a természetes viszonyok, vagy a bányászati objektumok lehetőséget adnak, egy idő után megindulhat a bányavíz kiáramlása a felszínre,
- * a depresszió peremi részein a vízszintemelkedés következtében újra megjelennek a források, a vízfolyások, az ásott kutak egy részébe pedig visszatér a talajvíz.

A bányáuregekben felhalmozódó víz minőségváltozása:

- * a változás annak következtében történik, hogy a víz hosszan tartózkodik a bányáuregekben, hosszú az oldásra alkalmas idő,
- * a felszínre kifolyó bányavízben olyan elemek, és oly mértékig feldúsulhatnak, hogy az indokolatlan figyelembe vehető szabványnak nem felelnek meg,
- * a bányavizet ezért esetenként tisztítani kell, így lehetőség van elengedni, vagy másutt ipari vízként felhasználni,
- * biztosítani kell a vízszivattyúzás újbóli megindításának lehetőségét, ha valamilyen vízminőségi probléma áll elő,
- * a feltelt bányáuregekből kifolyó vizeket minden esetben, és várhatóan igen hosszú ideig tisztítani kell.

A MÉV bányáinak bezárása után kialakuló vízföldtani helyzet

E kérdésben külön kell választanunk az I. illetve a II.-III.-IV.-V. üzemet, mert földtanilag, vízföldtanilag és bányászatiilag egyaránt eltérő tulajdonságúak, s bezárásuk nem egyforma hatást gyakorol környezetükre.

Az I. bányáüzem az antiklinális déli szárnyán helyezkedik el. 1974 évi bezárása, illetve mióta vízszintje elérte a +65 m-t, folyamatos szivattyúzás folyik benne, a kiemelt vizet pedig tisztítják. A felhagyott bányáuregekben a fejtési porból és törmelékből, az összetöredezett szálbanálló kőzetanyagból különösen a radioaktív elemek jól kioldódnak, mivel állandóan vízben áznak. Az urántartalom a mélységgel együtt növekszik, ezt a vakaknából vett mélységi vízminták elemzési eredményei mutattak. A vizsgálat a mai állapotban nem ismételhető meg, mert az akna már nem járható.

A kiemelt víz minőségi paraméterei: összkeménység 50-70nk, összoldott anyag 2000-3500mg/l, különösen magas a nátrium és a szulfáttartalom. Oldott U term. 6000-12.000 µg/l, Ra 1-6,2*10⁴ Bq/ml, magasabbak a megengedettnél, ezért tisztítani kell.

Az I. üzemi depresszió fenntartásának célja a tortyogói vízműkutak védelme, pontosan annak megakadályozása, hogy a bányáüreg-rendszerben felhalmozódó magas radioaktív elemtartalmú víz szintje ne emelkedhessen a pannon összletbe az átszivárgást, kommunikációt lehetővé tevő felszínközeli mállási-aprózódási zónáig. Emellett a fennmaradó depressziós tölcser felfogja a tőle északra elhelyezkedő perkolációs prizmákból megszökő szódás, radioaktíván szennyezett talajvizet, és megakadályozza átáramlását a pannon vízrendszerbe.

Ugyanez történik a III. üzemi meddőhányón átszivárgó vizekkel, amelyek elsősorban radioaktívan szennyezettek. A hányó részben az I. üzemi felszínre lyukadó, vagy azt megközelítő felső zóna üregrendszer területére települt, ez a beszivárgást megkönnyíti. Hasonló a helyzet a reaktivált I. üzemi meddőhányóval.

Vizsgálataink szerint a szivattyúzás kezdete óta a vízminőség nem változott lényegesen, inkább csak ingadozott. Nem találunk összefüggést a kiemelt víz hozamával.

Kutatófúrásaink adatainak értékelése során kiderült, hogy a tálalakú lapos depressziós tölcser horizontális kiter-

jedése elsősorban a bányáuregek (vágatok) kiterjedésétől függ, gyakorlatilag nem mutat kapcsolatot az üzemi vízszint mélységével ill. ezzel összefüggően a kiemelt vízhozammal.

Ugyanez kimutattuk, hogy létezik egy ún. kettős depresszió, vagyis a normális, tálalakú depresszió alatt a vízzel töltött üregrendszerben létezik egy, a szivattyúzás üzemi vízszintjével megegyező nyomásszint, amely azonban csak akkor realizálódik, ha egy külszíni fúrással behatolunk az üzemi szint alatti vízzel töltött repedérendszerbe vagy bányáüregbe. Ezek szerint a felső depresszió lebegő víztökr és víztömeg.

A két rendszer eltérő minőségű és hidrodinamikai helyzetű. Ezen új szakmai felismerés jelentős az északi bányáüzemek bezárása után bekövetkező hidrogeológiai állapot megítélésénél is.

A fentiek miatt lehetőségét láttuk annak, hogy az I. üzemi vízszintet feljebb engedjük, vagy pulzáltassuk, mert ezzel a tortyogói kutakat nem veszélyeztetjük, de az üregrendszer tisztulása gyorsabbá válik. Az I. üzemi állapot referenciaként használható az északi bányáüzemek bezárását követő helyzet előrejelzéséhez és megítéléséhez.

Az északi bányáüzemek, amelyek az antiklinális északi szárnyán helyezkednek el, az eddig hangoztatottakkal lát-szólag ellentétesen, két részre oszthatók. Az 1995-ben bezárt III. bányáüzem tárokszint alatti területeit az innen indított vakaknákkal, a fölötté levő ércesedést pedig síklókkal közelítette meg. A III. üzemi mélysintjei már feltöltődés alatt állnak, a víz már elöntötte a -14 szintet. A tárokszint fölötti üregrendszerben fakadó víz lefolyik a táróra és gravitációsan hagyja el azt 500-600m³/nap mennyiségben. A mélysintek feltelése a számítások szerint 2033-ra történik meg, ekkor a vakaknákon keresztül is megindul a víz kifolyása, várhatóan 200m³/nap hozammal. A feltelt víztömeg szinte zsákként lóg dőlésben a IV. üzemi üregrendszer felett.

A II.-IV.-V. üzemi feltelése várhatóan 2000-ben fog megkezdődni. A szivattyúzás befejezésének időpontja függ a Bodai Aleurolitban jelenleg is folyó radioaktív hulladékéltelhelyezést célzó kutatási munkáktól, tudniillik az üregek összefüggése miatt a szivattyúzást addig kell folytatni a IV. üzemi főszivattyútelepével, amíg az aleurolit-kutatás folyik. Ugyanis a bányában megjelenő víztömeg vagy átfolyik az aleurolit-kutatás területére, vagy ha vízgátakkal meg is kísérelnék az elválasztást, akkor a végén 14 millióm³ kb. 100 bár nyomású víztömeg megtartása nem volna biztosítható. A katasztrofális vízbetörés veszélye fennállna. Ugyanezért egy új rendszerrel biztosítani kellene a vízkiemelést a Bodai Aleurolit-kutatás térségeiből.

A 2000-től tervezett felhagyás után a II.-IV.-V. üzemi együtt fog feltöltődni az összefüggések miatt, és a vízszint várhatóan szintén 2033-ra fog megjelenni az Északi táro-ban 350m³/nap hozammal.

Az itt várható kifolyó víz átlagos mennyisége:

- * 2000-ig: 2010 m³/nap
- * 2000-2033 között: 500 m³/nap
- * 2033 után: 1050 m³/nap

Ezek átlagértékek, amelyekből becslésünk szerint 20%-os eltérés lehetséges. A tároszinti vágatrendszer nagy területi kiterjedése biztosítja az Északi táróra való átbukás +237m (IV. üzemi légakna) üzemi szintjének regionális érvényesülését. Ez az összeköttetések révén mind a három északi üzemben egyenletes szinttel következik be és áll be, természetesen azután, hogy a mélyebben fekvő IV.-V. vízszintje eléri a II. üzemi legalsó szintjét. Az egységes vízszint egyébként azért követelmény, hogy a kifolyás az Északi táron következzen be, ne legyen visszaduzzasztás, amely a feltelt bányavizek magasabb szintű, szétszórt, ellenőrizhetetlen felszíni megjelenéseit eredményezné.

Az aknákat az ÁBBSz szerint a felszínig tömedékelni

kell. A tömedékanyag káros mennyiségben oldható kémiai és radiológiai anyagokat nem tartalmazhat.

Az uránbányászat aknáí közül egyedül az V. légakna harántolta a karsztvizes összletet. Alsó határán ezért az aknaszelvényben és a falazaton kívüli töredezett zónában beton dugóval és cementinjektálással kell megakadályozni a felemelkedő bányavíz átáramlását a karsztba.

A beton dugó fölött különlegesen tiszta agyagos tömedéket kell használni. A felemelkedő és az aknákon kifolyó vizek a Északi táron keresztül hagyják el a földalatti üregrendszert. A táró összeomlás esetén is drenázs-rendszerként fog viselkedni és a vizet kivezeti.

Visszaduzzasztás itt sem kedvező. Ezért lehetséges a táróvágat előzetes átépítése vagy speciális tömedékelése.

A lebegő víztömegű táralakú depresszió az üregrendszer fölött alig kisebb horizontális méretben és mélységben fog fennmaradni. A depressziós vízszint legmélyebb pontjai az aknáknál fognak igazodni ill. kapcsolódni a feltelési üzemi vízszintjéhez.

A depressziós tölcser északi sávjában, ahová már nem nyúlnak át a tárószinti vágatok, a depressziót csak az alatta levő üregrendszerek szabályozzák, erősebb lesz a depressziós szint emelkedése. A déli sávban a felsőbb szintű (de nem a tárószint fölötti) üregrendszerek és a táró vágathálózata együttesen befolyásolja a lebegő depressziós víztömegeket, melynek hatása alacsonyabban stabilizálódó vízszint lehet. Így nagy valószínűséggel az északi bányüzemek feltelése után a felszínalatti vizek felső, lebegő zónájában nem egy centrikus hanem egy dél felé irányuló vízmozgás fog kialakulni. Ez minősége miatt nem okozhat környezetvédelmi problémát.

A feltelt bányüregből nem szennyeződhet az északi oldal karsztvize. Egyrészt, mert a depressziós tölcser nem fog oly magasra visszaemelkedni, hogy a felszínen újból megjelenjenek a perm-triász összletből származó átbukó források. Másrészt a felszíni és felszínalatti átáramlás csak akkor jelenthet veszélyt, ha az a feltelés üzemi vízszintjén (+237m) történik. Itt ugyanis lehet szennyezett víz, feljebb nem. Ezen absz. magasságban azonban a középső triász aleurolit-gipszes összlet már tökéletes vízzáró, mert mélyen a felszín alatt van. Emellett a karsztvízszint absz. magassága a déli peremen +260-+280m, tehát az átáramlás hidrodinamikailag sem lehetséges.

A feltelt északi bányüzemekből megindulhat a felszínalatti vízármlás dél felé. Ennek nagy része az I. üzem fenntartott depressziós tölcserbe fog jutni.

Ennek ellenőrzésére vízszint és vízminőség megfigyelő fúrások szükségesek az északi bányüzemek déli előterében. Szükség esetén ezek szivattyúzhatók, védő kútsorként is alkalmazhatók.

A bányüregék feltöltődése és a depressziós tölcser szintjeinek megemelkedése a déli előtér talajvizes zónájában a tárószint (+219) abszolút magassága nem fog lényeges változásokat okozni.

Nem várható sem Kővágószőlős, sem Cserkút kútjaiban vízszint visszaemelkedés.

A depressziós vizelvonás mai mértéket a Kővágószőlős középvonala alatt kihajtott Északi táró, illetve a Cserkút északi szegélyét megközelítő Keleti táró hozza létre. Mivel pedig e tárók fenn fognak maradni és vagy nyílt szelvényben, vagy drenázszerűen fogják kivezetni a kifolyó bányavizeket, saját depressziós hatásuk nem fog megváltozni. Cserkúttal kapcsolatban megjegyzendő, hogy kútjainak vízszintcsökkenését a Keleti táró közeli szakaszának kihajtása indította meg, de a katasztrófális helyzetet a táró szintje alatt 20 m-rel megindított vágat és fejtés-rendszer hozta létre. Ennek felhagyása és a tárószintig való visszatöltődés után az elapadt kutak jelentős részébe a víz visszatért és a község nevét adó forrás kifolyása is megindult. Ez a visszaváltozás sem állította vissza teljesen az eredeti természetes állapotot.

A cserkúti vizek minőségében a bányából származó víz a szintkülönbségek miatt sohasem tudott változást létrehozni.

A feltelt bányüregéből származó víz a táró szintje alatt kedvező morfológiai helyzetben okozhat kismértékű vízszintemelkedést vagy víz megjelenést, de ez a szűrt víz minőségben csökkent mértékben káros, egyébként pedig túlnyomó többségben az I. üzemi depresszió felé fog mozogni.

A kifolyó bányavizek az I. üzeméhez hasonló minőségben várhatóak.

Ezek szerint mind só, mind radioaktív elem tartalma miatt tisztítani kell. A javaslat szerint a kiemelt és kifolyó bányavizeket egy helyre vezetnék csövön keresztül, ez valószínűleg a zagytározók környezete lenne.

Itt koncentrált víztisztító üzem épülhet vízkémiai és radiológiai tisztításra. Mivel az I. üzemi vízkiemelés mennyiségének tisztítására már helyben megvan a technológiai rendszer és az északi üzemekből kb. 33 év múlva fog megjelenni a bányüregék felteléséből származó víz, a megfelelő módszer kialakítására és a tisztítómű kiépítésére még van idő.

A víz tisztítására mindenképpen szükség van, mert az egyenesen valamilyen felszíni vízfolyásba vezetett tisztítatlan, feltöltött üregrendszerből származó víz hosszú sávban beszivárogva bejuthat a felszínalatti vizekbe, a felszíni vízfolyásokon keresztül pedig a Drávaig eljuthat.

A külszíni bányászati objektumok (fejtési meddőt tartalmazó hányók, perkolációs prizmák) részben már a bányabezárás előtt rekultivációra kerülnek.

E folyamat jelentős mértékben lecsökkenti a ráhulló csapadék átszivárgását. Az átszivárgott víz egy része az objektumok peremén a felszínre lép, mert az alatta levő alapkőzet szivárgási tényezője minden esetben kisebb, mint a laza örmelékes anyag. E szempontból külön kiemelendő a II. üzemi meddőhányó, mely meredek lejtőre települ, így a peremen nagyobb a kifolyás lehetősége. Ennek radiológiai leginkább szennyezett részét a perkoláció uránmentesítőjébe vezetik. Az I. és a III. üzem meddőhányóján átszivárgó víz, különösen az utóbbi esetben jelentős részben az I. üzem üregrendszerébe jut, mert rátelepültek annak felszakadt, fellazult fedőkőzet-tömegeire, melynek jó a vízáteresztő képessége, emellett a lejtőszög is kisebb.

A környezetvédelmi szempontból legfontosabb külszíni létesítmények, a fejtési meddőhányók és a perkolációs prizmák a felszíni és a felszín alatti víztömegekre gyakorolt káros hatásai az alábbi folyamatokkal csökkenthetők:

- * *áthalmazás, átformálás*
- * *takarás, lefedés vízzáró anyaggal*
- * *talajtakarás*
- * *növényesítés*

A kialakítandó monitoringrendszer és feladatai a bányászat bezárása után

Bár a meglévő vízföldtani megfigyelő hálózat sok kérdésre adhat megfelelő szakmai választ, a célirányos fejlesztés elengedhetetlen. Érdekes módon ez éppen a bányüregék fölötti területhez kapcsolódik.

Ennek az az oka, hogy a bányászati depressziót megfigyelő e célra kiképzett kutatófúrások éppen a bányászat fölött és miatt sorozatosan tönkrementek és inkább csak a peremeken vannak megfelelő vízszintmegfigyelő fúrások.

Ez azt jelenti, hogy éppen a depressziós tölcser belsejéről nincsenek, vagy elvétve és véletlenszerűen vannak adataink. Ez működő bányüzemek esetén megengedhető, de a bezárás után már nem.

E területeken egyébként a megfigyelő fúrások nagy mélységigénye megnövelte volna a magas költségeket,

amit akkor nem lehetett kellőképpen indokolni.

A kisebb költségű fúrásztitások nem hozták meg a kívánt eredményt.

Más területeken (perkoláció, III. meddőhányó, zagytározók) a kismélységű megfigyelő kúthálózat már vagy elkészült, vagy a tervek készen állnak a megvalósításához.

A monitoring hálózatot tehát szakmai szempontok szerint fejleszteni kell. A fejlesztett hálózatnak választ kell adnia a bányabezárások során és után felvetődő vízföldtani kérdésekre, problémákra.

Ezek a következők:

a.) Hogyan következnek be a bányauregek feltelése

- időben

- térben egységesen

- vízminőségben

b.) Bekövetkezik-e felszínalatti víz megjelenés a feltöltődő bányauzemekből?

c.) Hogyan változik a depresszió a bányauregek fölött a feltöltődés következtében?

d.) A perkolációs prizmák és a meddőhányók hatása a környezet felszínalatti vizeire.

e.) A hálózatnak feleletet kell tudnia arra a kérdésre, hogy vízszint emelkedése, vízkifolyás megjelenése mikor fog megtörténni és a vízminőség megváltozása miatt milyen beavatkozásra van szükség

f.) Meddig kell folytatni a kiemelt vagy kifolyó víz tisztítását?

g.) Fel lehet használni ipari vízként a tisztított bányavizeket?

A monitoringhálózat működtetése hosszú időn át, mindenképpen több tíz, vagy esetleg több száz éven keresztül szükséges. Ehhez nyilvánvalóan biztosítani kell szükséges gazdasági, személyi és műszaki feltételeket.

A víztisztítás során keletkezett fémurán kereskedelmi forgalombahozatala csökkentheti a költségeket.

Koch László

A hazai uránérc kutatások ásvány-kőzettani-geokémiai laboratóriumi háttere

Történeti áttekintés

A mecseki perm uránércmintáinak első ásványtani és technológiai vizsgálata szovjet intézetben készült. A Pécsi Uránércbánya Vállalat részére a MÁFI és az ELTE Ásványtani Tanszéke 1957-1961 között sokoldalú és nagy volumenű anyagvizsgálatot végzett, melynek eredményeit száznál több kéziratban dokumentáció és kutatási jelentés valamint hat publikáció tartalmazza (Barabás A., Kiss J., Méhes K.).

A vállalatban belüli anyagvizsgálatok a Radiometriai és a Kémiai Analitikai Laboratóriumok munkájának beindulásával (1957-1958) kezdődtek el. Az Ásvány-kőzettani Laboratórium (továbbiakban: labor) 1959-ben létesült, a vállalat akkori geológusának (Virág K.) felügyeletével. 1962-ben fél évig a Vegyi Dúsító Műhöz (VDM) tartozott, a Kísérleti-Kutatási és Automatizálási Üzem (KKAÜ, későbbi nevén Kutató-Fejlesztő Üzem - KFÜ) részlegeként működött 1989 végéig. Kezdeti létszáma 5 fő, legnagyobb létszáma 8 fő.

Működésének 30 éve alatt a laborban dolgozott kutatók és technikusok: Vincze János (1959-1989) - **Selmeczi Béláné** korábban Klariánka Ferencné (1959-1985),

Fazekas Via (1961-1989), Elsholtz Lászlóné (1959-1963), Horváth István (1963-1965), Krasznai Olivér (1959-1965), **Somogyi János** (1966-1984), Fúzy Tibor fotótechnikus (1960-1968), Kovács Miklósné (1972-1980, a KMÜ állományában), csiszolatkészítőként dolgoztak: Bojcsév Péterné (1959-1960), Kapronczai Lajosné (1972-1985), Varga Gézané (1985-1989), **Rafajlovics Vidor** (1961-1971).

A KMÜ csiszolóműhelyében részben a labor részére dolgoztak: Kapronczai Lajos, Csikos Józsefné.

Laboránsként dolgoztak: Pápai Józsefné (1962-1965), Eichinger Sándor (1966-1972), Jankovics Jenő (1973-1983), Hartung Gyuláné (1975-1980), Tóth Béláné (1981-1989). A laborvezető 1959. október 1-jétől Vincze János volt.

Létesítésének célja a földtani kutatás számára szükséges ásvány-kőzettani anyagvizsgáló munkáknak vállalatban belüli folytatása és megoldása volt. Feladata a KKAÜ létrejöttével kibővült a bányászati műszaki fejlesztési feladatok megoldásához tartozó bányaföldtani problémák bányabeli- és laboratóriumi munkáival, valamint az ércfeldolgozási technológia folyamatos fejlesztése ásványkőzettani kérdéseinek vizsgálatával. E feladatokat - amelyek a vállalat működésének egész vertikumát (távlati- és mecseki lelőhelyi földtani kutatás, bányaföldtan, ércfeldolgozás) érintették - szerény személyi és tárgyi (eszköz) feltételek szabta keretek között oldotta meg.

A néhány fős kutatócsoporthoz ismernie kellett (völna) az anyagvizsgáló módszerek olyan széles skáláját (kőzet-, érc- és kőszén mikroszkópia, szedimentológia, DT, Rtg, stb., valamint az urán- és ritkafém ásványok vizsgálata), amelyet kutatóintézetekben specialisták önálló laborokban végeznek, továbbá a megoldandó kutatási témák sokrétűsége megkövetelte, hogy egy-egy kutató egyidejűleg több témával is foglalkozzon. Az elindulásához jelentős módszerbeli segítséget kaptunk Barabás Andortól (aki akkor a Földtani Kutató Üzem vezetője volt), továbbá Lomonoszov Egyetem meghívott professzoraitól (N.M. Sztrahov, V.I. Dancsev, V.T. Frolov, 1961, 1965), majd a SZU-ban uránérc kutatással foglalkozó intézetek specialistáitól (V.Sz. Karpenko, K.N. Csernyecova, illetve ezen intézetekben való tanulmányutakon kapott szóbeli közleményekből (Omeljanyenko, Plusesev, Zsukov), valamint a KGST országok és a jugoszláv urán kutatások tapasztalatcseréi során. A hiányos műszerezettség az anyagvizsgálatokat a különféle fénymikroszkópi eljárásokra, valamint arra a néhány speciális módszerre amelyek az uránásványtani vizsgálatokhoz nélkülözhetetlenek voltak (kontakt lenyomatok, autoradiográfiák, lumineszcencia) szűkítette le.

A mikroszkópi technika minőségét (Zeiss NU-2, Amplival-pol, Palmi-A, MIN-8, SM-xx típusok) és kiépítettségét (opak illuminátor, fáziskontraszt, infravörös, lumineszcens, mikrofotó, mikrofotométer, mikrokeménysegmérő, ELTINOR-pontszámoló, VIDIMET-II. képelemző) folyamatosan fejlesztettük. Munkánkat a társlaborok nagy kapacitású radiometriai - (béta-gammaelemzés, négy- és sokcsatornás nukleáris analizátorok, Li/Ge félvezető detektor, röntgen-spektrométer), vegyi- és optikai színképelemző (spektrofotométerek, lángfotométer, fluiméter, termométer, polarográf, prizma- és rács spektrográf) háttérrel támogatták.

De csupán ezekre alapozva megoldhatatlannak bizonyult néhány ásványdiagnosztikai feladat, - éppen az urán és ritkafém-ritkaföldfém ásványokat illetően.

Ezért már 1969-től halaszthatatlanná vált, hogy külső intézményekkel megbízásos alapon végeztessünk röntgen-diffrakciós elemzésekkel (MÁFI, BKI Petrográfiai Osztálya, Sopron) vagy felvételeket (FÉMKUT), majd 1978-tól a jelentősebb kutatási témákhoz elektron-mikroszondás (ELTE Kőzetan-Geokémiai Tanszék), elektronmikroszkópos (ELTE Ásványtani Tanszék) ill. komplex anyagvizs-