

# FÉMKOHÁSZAT

Rovatvezetők: GYULASI ISTVÁN, KOLOSY ERNŐ

## Új eljárás vasdús bauxitok komplex feldolgozására\*

DR. ZÁMBÓ JÁNOS DR. MOLNÁR LAJOS DR. SIKLÓSI PÉTER  
okl. vegyészmérnökök

Alumíniumipari Tervező és Kutató Intézet

DK: 669.712.032 + 669.712.111.2

*A bauxitok komplex feldolgozására irányuló korábbi kísérletek rövid összefoglalása. Részletes ismertetése az új eljárásnak:*

*a vastartalom zömének eltávolítása a bauxit ammóniumkloriddal történő hevítése útján. A termék vas (III) hidroxid. Az ammóniumklorid elvileg teljes egészében visszanyerhető. A keletkező kis vastartalmú bauxit jobb kémiai összetétele révén különösen kedvezően dolgozható fel a hagyományos Bayer-eljárással. A Bayer-rendszerű feltárás maradéka főleg nátrium-alumínium-szilikátokból áll, így a marónátron és a tím föld veszteségek viszonylag gazdaságos módon csökkenthetők.*

### Bevezetés

A magyar bauxit közepes és gyenge minőségű. Az elmúlt évtizedben a magyar tím földgyárak 50—52%  $Al_2O_3$ -at és 6—7% (zömében reaktív)  $SiO_2$ -t tartalmazó ércet dolgoztak fel. Ez viszonylag nagy tím föld és marónátron veszteséget okozott, amelynek nagy része a vörösiszapban jelent meg, kötött formában. A sorosan kombinált Bayer zsugorító eljárás (1. ábra) alkalmazása elég kézenfekvőnek tűnhet az ilyen bauxitok feldolgozására, de nagy vastartalmuk (20—25%  $Fe_2O_3$ , ami 40—45%  $Fe_2O_3$ -at eredményez az iszapban) megakadályozza az említett eljárás használatát, mert nagy mennyiségű ballaszt anyagot jelent a zsugorító lépcsőben és a zsugorítási hőmérséklet-tartomány (a reakció beindulásától az elegy megolvadásáig) erős összeszűkülését. Annál is inkább logikusnak látszott, hogy megpróbáljuk az iszap vastartalmát a zsugorítás előtt (vagy alatt) kinyerni, mivel Magyarország nem rendelkezik számottevő mennyiségű vasércel, és tengerparttal nem rendelkező ország lévén nagy szállítási költségeket kell viselnie, ha importálja a vasércet.

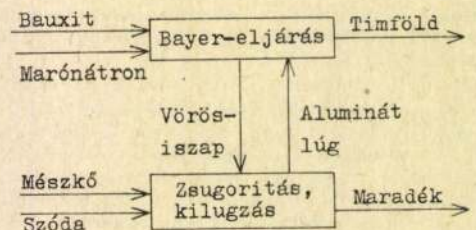
### Kísérletek magyar vörösiszapok feldolgozására

Az első kipróbált eljárás a Krupp-Renn eljárás átalakítása volt vörösiszagra [1]. (Módosított soros kombinált eljárás, 2. ábra.) Ez egy forgóke-mencében, az olvadási hőmérséklet alatt (1250—1350 °C-on) végrehajtott redukciós lépést tartalmaz, amelynek során vasrögök és nátrium-alumínium-szilikát salak képződnek. Ezek hűtés és törés után mágnesezéssel elválaszthatók egymástól és a salak a hagyományos zsugorító eljárással a nefelinhez hasonlóan feldolgozható. Ezt az eljárást mind kísérleti üzemi, mind nagyüzemi méret-

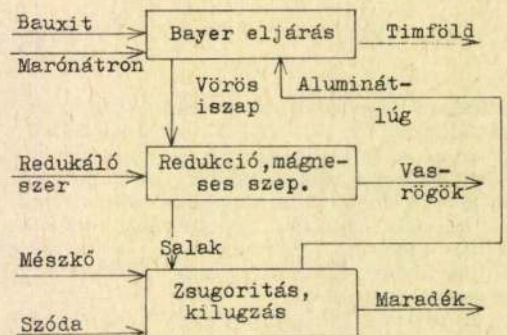
ben kipróbálták. Előnye a viszonylag kis redukciós hőmérséklet és a nagy kihozatal mindhárom hasznos komponensre: 80—85% vasra, legalább 85%  $Al_2O_3$ -ra és  $Na_2O$ -ra. Minthogy a kilugzási maradék főleg dikalcium-szilikátból áll, ez felhasználható cementgyártásra. Ebben az esetben az eljárás környezetvédelmi szempontból is vonzó. Hátránya a nagy fűtőanyag és beruházási költségekkel járó kétszeri hőkezelés és a gyenge termékminőség, ugyanis a vasrögök kb. 1—1% kenet és foszfort tartalmaznak, tehát további finomítást igényelnek.

A két nagy hőmérsékletű lépés egyikének elhagyása esetén a meszet a kohászati lépés során kell bevinni a folyamatba [2], de ebben az esetben jelentős mennyiségű (kb. 40%-nyi)  $Na_2O$  elvész, még a füstgázzal való rövid tartózkodási idő mellett is, és elég sok kilugozhatatlan gehlenit ( $2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$ ) képződik a kívánt nátrium-alumínát és dikalcium-szilikát mellett. Ennél az eljárásnál mind az  $Al_2O_3$ , mind a  $Na_2O$  kihozatal meglehetősen kicsi.

Ez a probléma megoldható az iszap  $Na_2O$  tartalma túlnyomó részének meszes kausztifikálása segítségével, egy viszonylag olcsó hidrokémiai folyamatban való kinyerésével. Ebben az esetben az iszap több mészt jelenlétében lényegesen nagyobb



1. ábra. Soros kombinált Bayer zsugorító eljárás



2. ábra. Módosított soros kombinált eljárás

\* Előadásaként elhangzott az ICSOBA cagliari konferenciáján, 1979. szeptemberében.

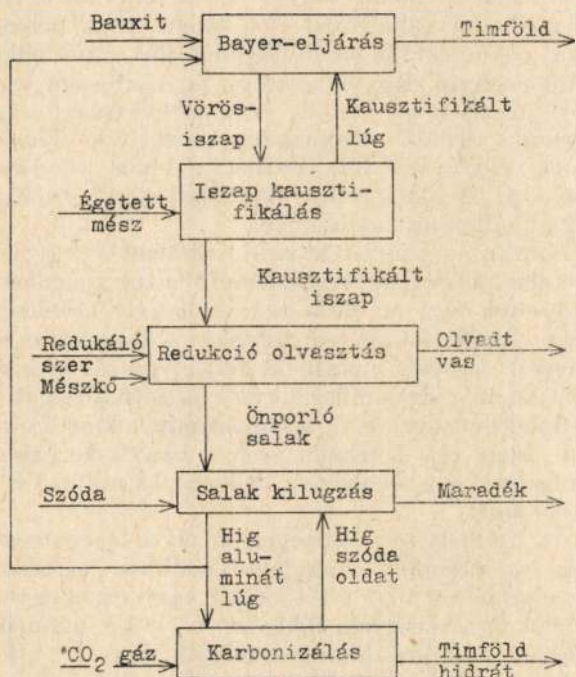


hőmérsékleten redukálható, amikor is jobb minőségű vas és dikalcium-szilikátot, valamint kalcium-aluminátot, de jóval kevesebb gehlenitet tartalmazó önporló salak keletkezik. Ennek a salaknak a kilúgzási maradéka kiválóan alkalmas cement gyártására, hiszen dikalcium-szilikát és kalcium-karbonát benső keverékéből áll, elég kis mennyiségű szennyezővel. (Ezt az eljárást (1. 3. ábra) *Bücsin és Kudinov* [3] dolgozták ki kis  $\text{Na}_2\text{O}$  tartalmú vörösiszapok feldolgozására.) Az eljárás hátrányai a külön (igaz, hogy hidrotermális) kausztifikálási lépcső; a  $\text{CaO}$ -igény egy részét égetett mészsel kell fedezni; híg  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  oldatot kell használni az önporló salak kilúgzására, ami az oldat egy részének karbonizálását igényli; a karbonizálási lépcsőben gyengébb minőségű timföld állítható elő.

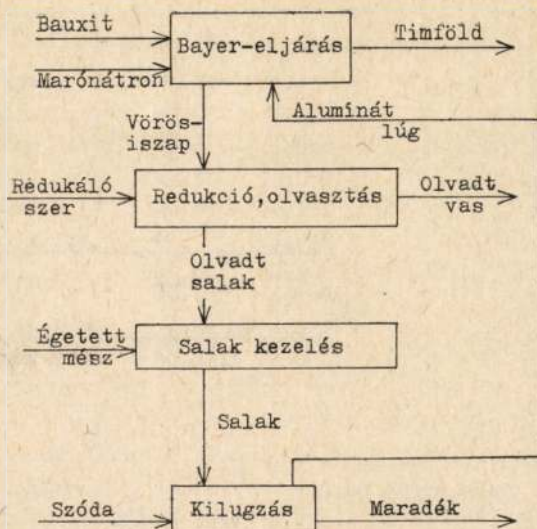
Egy másik lehetőség egylépcsős eljárásra, elvileg kisebb lúgvesztésekkel, az iszap redukálása és megolvasztása  $\text{CaO}$  bevitelle nélkül, az olvadt vas és salak leválasztása és a salak elegyítése égetett mészsel [4] (1. 4. ábra). A gyakorlatban elég nagy (40–70%-os)  $\text{Na}_2\text{O}$  veszteségeket tapasztaltunk. A vas melléktermék erősen szennyezett volt.

### A vas kinyerése bauxitból

Az előzőekben ismertetett eljárásokkal járó nagy energia és beruházási költségek és egyéb problémák vezettek arra a gondolatra, hogy a bauxit vastartalmának zömét a Bayer eljárás szerinti feldolgozás előtt vonjuk ki. A szakirodalomban számos fizikai [5–7], kémiai [8–19] és biológiai [20] módszer található a vas eltávolítására. Egyik-másik kémiai eljárás ígéretesnek látszik, bár a javasolt reagensek jó részének szelektivitása nem túl nagy és némelyik eljárás gazdasági életképessége kétséges.

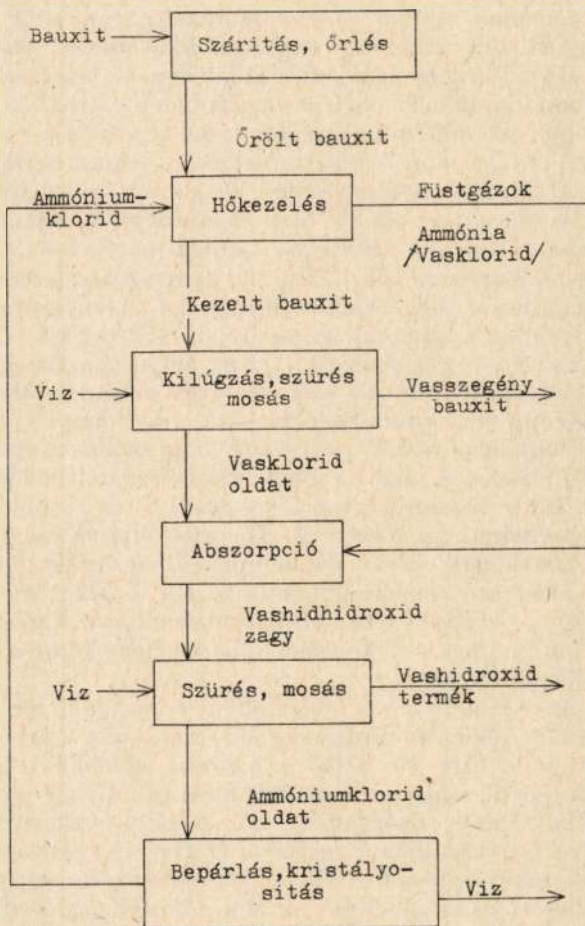


3. ábra. Egylépcsős redukció (Bücsin—Kudinov eljárás)



4. ábra. Egylépcsős redukció (salak összekeverése mészsel)

Nagyon kedvező tulajdonságú vegyszert találtak a vas eltávolítására az ammóniumkloridban [21], [22]. Ez az anyag a bauxit kezelésének hőmérsékletén (330 °C körül) ammóniára és sósavra disszociál, a sósavgáz reagál a bauxit vasoxid tartalmával és a képződő vaskloridok (a kezelés hőmérsékletétől függően) részben elpárolognak, részben a kezelt bauxitban maradnak és vízzel kioldhatók belőle. A maradékot szűrik és kimossák,



5. ábra. Vaskinyerés ammóniumkloriddal



Bauxit		
$Al_2O_3$	50.0%	205.0 kt/a
$Fe_2O_3$	22.0%	90,2 kt/a
$SiO_2$	6.0%	24.6 kt/a
$TiO_2$	2.5%	10.3 kt/a
Izz.v.	18.0%	73.8 kt/a
Egyéb	1.5%	6.1 kt/a
Száraz anyag	$\frac{100.0\%}{82.0\%}$	410.0 kt/a
Tap.nedv.	18.0	90.0 kt/a
Össz.:	100.0%	500.0 kt/a

Vasszegény bauxit		
$Al_2O_3$	69.4%	202.3 kt/a
$Fe_2O_3$	4.7%	13.7 kt/a
$SiO_2$	8.4%	24.3 kt/a
$TiO_2$	3.5%	10.3 kt/a
Izz.v.	12.0%	35.1 kt/a
Egyéb	2.0	5.8 kt/a
Száraz anyag	$\frac{100.0\%}{60.0\%}$	291.5 kt/a
Tap.nedv.	40.0%	194.3 kt/a
Össz.:	100.0%	485.8 kt/a

Vashidroxid termék		
$Al_2O_3$	3.0%	2.7 kt/a
$Fe_2O_3$	85.3%	76.5 kt/a
$SiO_2$	0.3%	0,3 kt/a
$TiO_2$	-	-
Izz.v.	11.0%	9.9 kt/a
Egyéb	0.4%	0.3 kt/a
Száraz anyag	$\frac{100.0\%}{90.0\%}$	89.7 kt/a
Tap.nedv.	10.0%	10.0 kt/a
Össz.:	100.0%	99.7 kt/a

6. ábra. Ammóniumklorid segítségével történő vaskinyerés bruttó anyagmérlege (500 kt/a nedves bauxitra)

az elgőzölgött kloridokat a mosóvízben elnyeletik a termikus disszociációból származó ammóniával együtt. Az utóbbi a vaskloridokkal reagál vashidroxid csapadék képződése közben. A keletkező ammóniumklorid oldatot bepárolják és kristályosítják, az ammóniumkloridot visszavezetik a folyamatba. Az eljárás egyszerűsített folyamatábrája az 5. ábrán, bruttó anyagmérlege a 6. ábrán látható.

Amint azt az utóbbi ábra bemutatja, az eljárás erősen dúsított bauxitot szolgáltat, amelyből 2 t-nál kevesebb kell 1 t timföld gyártásához (szemben a kezeletlen ércből szükséges 2,4 t/t-val száraz anyagban számolva), és amelyből csak 0,7 t/t feltárási maradék képződik (1,2 t/t helyett) a Bayer-eljárás során. Minthogy ez a feltárási maradék főleg nátrium-alumínium-szilikátokból áll, könnyen és viszonylag olcsón feldolgozható mész-szódás zsugorító eljárással, vagy nyomás alatti kausztifikálással [23], visszanyerve értékes nátron- és timföld-tartalmának jó részét. A zsugorító eljárás maradékának nagy része dikalcium-szilikát, tehát felhasználható cement gyártására. Ha ez megtörténik, a timföldgyártás környezetszennyező hatása a minimumra csökkenthető, hiszen nem képződik szilárd hulladék.

Az eljárásnak további előnyei is vannak, ha a bauxit jelentős mennyiségben tartalmaz karbonátokat. Egy 10 millió tonnányi, egyébként jó minőségű magyar bauxitelőfordulás (Nagyegyháza—Mány—Csordakút) kb. 6—7% szideritet ( $Fe_2CO_3$ ) tartalmaz, melynek karbonát tartalma sok zavart okozna a Bayer-eljárásban, de amely teljesen kiküszöbölhető az ammóniumkloridos eljárással (vagy bármely más eljárással, mely savat használ az érc kezelésére). A legtöbb magyar

bauxitban 1—2% kalcit és dolomit formájában jelentkező karbonátokat ugyancsak elbontja az új eljárás.

Az eljárás egyéb előnyei közé tartozik a vasásványok rácsába zárt timföld kiszabadítása; a bauxit szervesanyag tartalma jelentős részének elroncsolása; végül a  $V_2O_5$  kihozatal jelentős növekedése a Bayer-eljárásban, így megnövelve a magyar timföldgyárakban melléktermékként kinyert  $V_2O_5$  hozzáférhető mennyiségét. Az új eljárás szerint termelhető vashidroxid elég tiszta, csak néhány oxid szennyezi kis mennyiségben. Bár gond nélkül feldolgozható nágyolvasztóban is, tisztasága lehetővé teszi, hogy festék- és ferritgyártásra vagy speciális acélok előállítására használják. Különlleges célokra tovább tisztítható lúgos kezeléssel (az  $Al_2O_3$  és a  $SiO_2$  eltávolításával) vagy a technológiába illesztett ioncserével.

Miután az eljárást laboratóriumban és egy kis méretű kísérleti egységben kipróbáltuk, jelenleg a kísérletek egy 50 kg/h száraz bauxit kezelésére képes kísérleti üzemben folynak. A kísérleti eredmények nagyon biztatóak, teljes egészében bizonyítják az eljárás műszaki megvalósíthatóságát.

Az előzetes gazdaságossági számítások arra utalnak, hogy egy 500 kt/év nedves bauxit kezelésére szolgáló üzem beruházási költsége 15 millió US \$ körül lehet.

Az üzemeltetési költségek közül a legfontosabbak a különféle energiahordozókhoz tartozók. Az eljárás kb. 0,07 t fűtőolajat vagy ezzel egyenértékű mennyiségben földgázt, 0,7 t kis nyomású gőzt és 70 kWh villamos energiát igényel 1 t feldolgozott nedves bauxitra (bár az utóbbi zöme a kisnyomású gőzből ellennyomású turbinában meg-



termelhető). Elméletileg az ammóniumklorid teljes mennyisége visszanyerhető, csak a mechanikai veszteségeket kell pótolni. A kísérleti üzem adatai szerint kb. 10 kg ammóniumklorid/t nedves bauxitra lehet szükség. Természetesen sósavat és ammóniát is használhatnánk ammóniumklorid helyett, annál inkább, mivel e két komponens veszteségei minden bizonnyal nem pontos sztöchiometriai arányban lépnének fel. Kb. 40 fő üzemeltethető az egységet, a meglévő timföldgyárak karbantartó személyzete biztosíthatná a szolgáltatási hátteret.

Az eljárás gazdasági életképessége nagymértékben attól függ, vajon a vashidroxid termék képes-e viselni a komplex eljárás első lépésének költségeit. Ha igen, a Bayer-eljárás előnyei egyértelműen igazolják az eljárás alkalmazását. Minthogy a Bayer-rendszerű feltárás maradékának összetétele nagyon hasonlít a Szovjetunióban gazdaságosan feldolgozott nefelinekére és sem bányászati, sem szállítási költségek nem terhelik, a zsugorító lépcső minden bizonnyal gazdaságosan kivitelezhető. Ugyanez érvényes a zsugorító eljárás dikalcium-szilikát dús maradékából történő cementgyártásra is.

Ha a vaskinyerési lépcső kismértékben ráfizetéses lenne, a kérdés az volna, vajon a további technológiai lépcsőkben mutatkozó előnyök (olcsóbb feldolgozás a Bayer-eljárásban; a lúg és a timföld veszteségek nagy részének visszanyerése; a bányászati, a törési és az őrlési költségek megtakarítása a cementgyártás során; a vörösiszaptárolás költségeinek megtakarítása) képesek-e teljesen ellensúlyozni ezt a ráfizetést és a komplex eljárást nyereséggé tenni.

### Következtetések

Új eljárást dolgoztunk ki vasoxid bauxitból való kinyerésére. Használata lehetővé teszi a közepes-től a gyenge minőségig terjedő magyar bauxit komplex feldolgozását timföldre, vasoxidra

és cementre, minimális lúgvesztéssel és hulladékok képződése nélkül. A fenti előnyök alapján biztatónak látszik a kísérleti munka folytatása és célszerű további erőfeszítéseket tenni az új eljárás különböző gazdasági szempontjainak számszerűsítésére.

### IRODALOM

- [1] 146 434 és 154 125 sz. magyar szabadalmak.
- [2] *Horváth Gy.*: Komplexnoe ispol'zovanie boksitov. Bp. 1972. p. 65.
- [3] *Bücsin, A.J., Kudinov, B.Z.*: Cvet. Met. 36 (1963) No. 2. p. 49.
- [4] 164 166 sz. magyar szabadalom
- [5] *Temesi S.*: Bauxit dúsítási kísérletek fizikai mód-szerekkel, Kohászati Lapok 92. 1959 pp. 498—501
- [6] 1 361 168 sz. francia szabadalom
- [7] *Zámbó J., Tóth P.*: Kismodulú magyar bauxitok komplex feldolgozása, FKI Közleményei 7 (1964) pp. 5—16
- [8] 146 585 sz. magyar szabadalom
- [9] 129 334 és 130 857 sz. magyar szabadalmak
- [10] 1 248 529 sz. francia szabadalom
- [11] *Gravencz, C., Goult, G., Rigg, T.*: Hydrometallurgical Process for the Extraction of Iron from Low Grade Ores, Chem. Abstract 56, 11236 (1962)
- [12] *Aradi A., Héjja A.*: Néhány újabb dúsítási irány bauxit eredetű nyersanyagoknál FKI Közleményei 1. (1956), pp. 409—429.
- [13] 242 474 sz. ausztrál szabadalom
- [14] *Foley, E., Tittle, K.*: Removal of Iron Oxides from Bauxitic Ores. Austr. Inst. Min. Met. No. 239. Melbourne, 1971
- [15] 219 005 sz. spanyol szabadalom
- [16] *Khundkar, M. H., Ahmad, N.*: Selective Removal of Iron from Ferruginous Bauxite. J. Indian Chem. Soc. Ind. and News Ed. 18, pp. 109—115.
- [17] 2 830 892 sz. USA szabadalom
- [18] VE 2251—806 (1976) sz. találmányi bejelentés
- [19] VE 2251—805 (1976) sz. találmányi bejelentés
- [20] *Andreev, P. I. et al.*: The Enrichment of Bauxite with the Use of Heterotrophic Bacteria. Light Metal Age, Apr. 1976. pp. 5—6.
- [21] 150 471 sz. magyar szabadalom
- [22] *Molnár L.*: Doktori disszertáció. Veszprémi Vegyipari Egyetem, Veszprém, 1973
- [23] 149 730 sz. magyar szabadalom

## Szakosztályi hírek

### Beszámoló a Fémkohászati Szakosztály 1979. évi munkájáról

Vezetőség a korábbi évek tevékenységének elemzése és értékelése alapján alakította ki az elmúlt évi feladatait. Igyekezett az egyesületi munka során segíteni korunk problémáinak megértésében. Kiemelten kezelte az anyag-, energiatakarékosság, a minőséget növelő, a termelékenységet fokozó tudományos munkák széleskörű elterjesztését és ipari alkalmazását.

A Szakosztály tevékenységének főbb területei a következők voltak:

- Hatékony közreműködés az ipari vállalatok és irányító szervek általános központi fejlesztési célkitűzéseinek megvalósításában.
- Szoros együttműködés a minisztériumokkal, főhatóságokkal, vállalatokkal az aktuális műszaki-gazdasági feladatok megoldásában.
- A kohászati környezetvédelem hatékony fejlesztésének elősegítése.
- Fiatalok bevonása az egyesületi és társadalmi munkába.
- Aktív részvétel az oktatást elősegítő javaslatok kidolgozásában.

A Szakosztály döntőnek tartotta, hogy munkája, rendezvényeinek témája az időszerű műszaki és gazdasági feladatok eredményes megoldását segítse elő. Emellett a kohászat haladó hagyományainak ápolásán is munkálkodott. A Szakosztály kezdeményezte és 79-ben is gondozta Selmezbányán *Péchy Antal* sírját. Ma már elmondható, hogy más szakosztályok is csatlakoztak ehhez és neves bányász, kohász elődök nyugvóhelyét ápolja kegyelettel Egyesületünk. *Széki János* síremlékének elkészítésével, felállításával — születésének 100. évfordulóján — emlékeztek meg az utódok arról a tudósról, aki kohómérnök — nemzedékeket oktatótt, nevelt, segített és eredményesen kutatótt, alkotott.

A Szakosztály vezetősége a szerteágazó szakterületen a munka arányos megosztására törekedett, a szakcsoportok, helyi csoportok önálló munkáját támogatta és ösztönözte. E tevékenységét az eddigi bevált módszerek szerint végezte. Egyrészt következetesen beszámoltatta a helyi csoport vezetőit és figyelemmel kísérte munkatervük végrehajtását. Másrészt a helyi csoport vezetőségi ülésein a szakosztály-vezetés időszakonként

Folytatás a 282. oldalon