

302 935



# ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari  
Tudományos Egyesület  
folyóirata

**4**

XXXV. ÉVFOLYAM  
BUDAPEST 1983. ÁPRILIS  
ÉPÍTŐANYAG 35 (4) 121 — 160 (1983)

# ÉPÍTŐANYAG

A mész- és cement-, az üveg-, a finomkerámia-, a téglá-, a cserép-, a kő-kavics- és betonipar, a szigetelőanyagok iparának tudományos szakirodalmi folyóirata

Szerkesztőbizottság:

elnöke:

Dr. Talabér József

felelős szerkesztő:

Dr. Székely Ádám

tagjai:

Dr. Bálint Pál

Dr. Beke Béla

Bretz Gyula Károly

Csáktornyai Béla

Dr. Csizi Béla

Dr. Grofcsik Elemér

Hajnal Lajos

Dr. Jilek József

Dr. Kolostori János

Dr. Kovács Róbert

Lenkei György

Riesz Lajos

Száder Rudolf

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Dr. Tóth Kálmán

Dr. Träger Tamás

Vajda László

XXXV. ÉVFOLYAM, 1983. 4. SZÁM, ÁPRILIS

## TARTALOM

<i>Hilger Miklós – Kolostori János: Körfolyamatos cementmalmok energetikai optimalizálásának kérdései</i>	121
<i>Husemann, K. – Dombrowe, H. – Hermann, R.: A szállítási folyamat hatása a cement őrlésére</i>	128
<i>Rösicke, H.: Eredmények nagy kopásállóságú őrlőtestek cementőrlő berendezésekben való alkalmazásánál</i>	132
<i>Orbán József: A talajfelszín alatti üregek megszüntetésére alkalmazott pernyebeton időállósága</i>	136
<i>Boros Jenő – Cserny Tibor: A Balaton-környék negyedidőszaki képződményeinek építésföldtani jellemzése</i>	146
<i>Fodor Péterné: Mintaelőkészítési módszerek az atomabszorpciós spektrofotometriás (AAS) méréshez</i>	154
<i>A világ szilikátiparából</i>	131
<i>Kitüntetések</i>	153
<i>Alkotó Ifjúság Pályázat eredménye</i>	159
<i>Könyvismertetés</i>	160

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Хилгер, М. – Колоштори, Я.: Вопросы энергетической оптимизации цементных мельниц замкнутого цикла</i>	121
<i>Хусеманн, К. – Домброве, Х. – Херрманн, Р.: Влияние транспорта материала на измельчение цемента</i>	128
<i>Резике, Х.: Результаты применения мелющих тел повышенной износостойкости в цементном помольном оборудовании</i>	132
<i>Орбан, Й.: Долговечность зольных бетонов, примененных для устранения пустот под верхним грунтовым слоем</i>	136
<i>Борош, Е. – Черни, Т.: Строительно-геологическая характеристика образований четвертичного периода в районе Балатона</i>	146
<i>Фодор, П-не: Методы подготовки проб для атомасорбционной спектрофотометрии (ААС)</i>	154

## INHALT

<i>Hilger, Miklós – Kolostori, János: Energetical Optimisation of Closed-Circuit Cement Mills</i>	121
<i>Husemann, K. – Dombrowe, H. – Herrmann, R.: Effect of Transport on the Grinding of Cement</i>	128
<i>Rösicke, H.: The Use of Grinding Media of High Wear Resistance in Cement Grinding Mills</i>	132
<i>Orbán, József: Durability of Fly Ash Concrete Used for the Filling of Underground Cavities</i>	136
<i>Boros, Jenő – Cserny, Tibor: Quaternary Deposits of the Balaton Region, Their Importance from the Point of Building Geology</i>	146
<i>Fodor, Péterné: Sample Preparation for Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)</i>	154

## CONTENTS

<i>Hilger, M. – Kolostori, J.: Energetische Optimisationsfragen von Kreislauf-Zementmühlen</i>	121
<i>Husemann, K. – Dombrowe, H. – Herrmann, R.: Zum Einfluss des Transportprozesses auf die Zementmahlung</i>	128
<i>Rösicke, H.: Ergebnisse bei der Entwicklung und beim Einsatz hochverschleissfester Mahlkugeln für Zementmahlanlagen</i>	132
<i>Orbán, J.: Beständigkeit des Flugaschebetons zwecks der Einstopfung der Hohlräume unter der Bodenfläche</i>	136
<i>Boros, J. – Cserny, T.: Baugeologische Charakterisierung der Viertelzeitabschnittlichen Gebilden von Balaton-Umgebung</i>	146
<i>Frau Fodor, M.: Mustervorbereitungsmethoden für die Atomabsorptionsspektrophotometrie (AAS)</i>	154



## Körfolyamatos cementmalmok energetikai optimalizálásának kérdései\*

HILGER MIKLÓS\* – KOLOSTORI JÁNOS\*\*

\*Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

\*\*Cement- és Mészművek, Vác

Mivel a golyósmalmok energiafelvétele bizonyos határok között a végtermék mennyiségétől függetlenül gyakorlatilag állandónak tekinthető, fajlagos energiafelhasználásuk minimalizálása, az előírt követelményeket kielégítő végtermék mennyiség maximalizálásával érhető el. A szakirodalomból jól ismert, hogy körfolyamatos őrlésnél egy meghatározott anyagkeverékre nézve a fajlagos őrlési teljesítmény akkor tekinthető optimálisnak, ha a végtermék összfelületére vonatkoztatott ( $\text{km}^2/\text{kWh}$ ) érték az elérhető legnagyobb.

A gyakorlatilag optimális üzem eléréséhez az alábbi legfontosabb feltételeket kell biztosítani:

1. A malom optimális illesztése az őrlendő anyaghoz
2. A szélesztályozó leválasztási élességének növelése
3. A körbenjárás optimalizálása

A továbbiakban ezekkel kissé részletesebben foglalkozunk.

### 1. A malom optimális illesztése az őrlendő anyaghoz

Ehhez már a tervezésnél meghatározott gépészeti és technológiai jellemzőket egymással, a nyersanyag, ill. az előállítandó cement szemszerkezetével stb. össze kell hangolni. Itt az aprítási

hatásfok szempontjából lényeges a réspáncél anyagátbocsájtó felületének nagysága és annak állapota, az őrlőtérgeometria (L/D viszony), őrlőtestmennyiség és összetétel, a páncélzat, a malomdob fordulatszámának stb. megfelelő megválasztása.

Az első kamra páncélzatának a feladott anyag szemszerkezetének megfelelően választott golyótöltet hatékony emelését kell biztosítani, hogy a becsapódási energia – a katarakt hatásnak megfelelően – a nagyobb részecskék összetöréséhez elegendő legyen, azonban nem szabad az őrlőgolyókat túl magasra emelnie, mivel akkor ezek egy része a páncélzat anyaggal nem borított területére esik, ami páncél és golyókopást, ill. törést, valamint energiaveszteséget okoz.

Itt az optimálisnak tekinthető golyótöltet (S) illetve anyagtöltés (C) arány tartomány 8–10 [1], ami gyakorlatilag a töltet hézagterefogatát nyugalmi állapotban teljesen kitöltő anyagmennyiséget jelent. A golyóösszetételt leggyakrabban a frakciónkénti azonos darabszám elve alapján választják meg.

A 2. kamra működésére – a kaszkád hatás dominálása miatt – az őrlendő anyagfelület (SA) őrlőgolyófelület (SG) viszonyának van meghatározó jelentősége. A golyótöltet megválasztásánál a frakciónkénti azonos felület elvét szokták követni.

Osztályozópáncél alkalmazása esetén a frakciók mennyiségét és a golyóátmérőket a Schramm-Gaitsch által javasolt eljárás szerint célszerű megválasztani.

\* A IV. Tudományos Őrlési Kollokviumon elhangzott előadás.



A kamránkénti maximális golyóméret számítására különböző számítási módszerek ismertek (Bond, Papadikis, stb.). Az anyagöltési fok a malomban egy bizonyos határig gyakorlatilag lineárisan nő. Ennek növekedését valószínűleg az őrlőtesteknek a malmon keresztülhaladó részecskékkal szembeni hidraulikus ellenállás növekedése okozza. A töltet hidraulikus ellenállása akkor is növekszik, ha a golyókopás miatt a töltet-összetétel az apróbb golyóátmérők irányába tolódik el, s ezt nem korrigálják megfelelő utánöltéssel, illetve töltetosztályozással.

A malomtermék szemszerkezeti összetételét még őrlést segítő anyagok alkalmazásával is lehet befolyásolni. Ezek egyrészt megakadályozzák a finom részek agglomerációját, másrészt a körfolyamatos őrlésnél az anyagátbocsájtást is növelik.

Ugyanis az agglomeráció, a szélosztályozó leválasztási hatékonyságának megfelelő mértékben, a darával a malom bemenetére jutó végtermék-hányadot és a malom tengelyirányában a pufferehatáson keresztül az őrlés hatékonyságát is rontja.

Körfolyamatos cementőrlésnél, mivel anyagkeveréket őrlünk, figyelembe kell vennünk az egyes összetevők, ill. a domináló alkotórész, a klinker különböző szemszerkezeti frakcióinak kölcsönhatását, melyek a keverési aránytól is függően hol segítik, hol gátolják a másik összetevő őrlésének folyamatát [2].

Mivel az előállítandó cementfajtának megfelelően a klinker, és adalékanyag (salak vagy pernye), illetve gipsz aránya adott, csak a visszavezetett dara feladott friss anyaghoz viszonyított aránya változtatható (G/R).

Az 1. ábrán a különböző dara/klinker (D/K) arányú anyagkeverékek 2000 (cm<sup>2</sup>/gr) [1], 2500

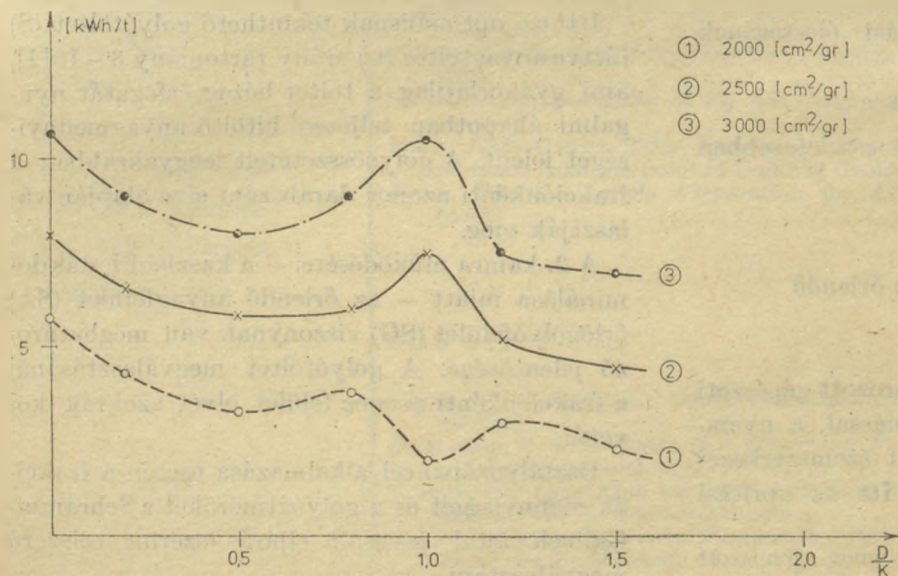
(cm<sup>2</sup>/gr), ill. 3000 (cm<sup>2</sup>/gr) [3] Blaine fajlagos felület értékre történő őrléséhez szükséges fajlagos energiaértékeket tüntettük fel a Zeisel vizsgálatok alapján. Üzemi malmoknál felvett malomdiagrammok alapján, osztályozópáncél esetén, a 2. kamra végén a malomtermék fajlagos felülete 2400 – 2600 (cm<sup>2</sup>/gr) közé esett. Ebben az esetben a dara-klinker anyagkeverék őrlhetősége szerint a fajlagos energiafelhasználás szempontjából optimálisnak tekinthető körbenjárás  $U \geq 2.3$ . Bár az energiafelhasználás itt már nagyobb, gyakorlatilag még az  $1.3 < U < 1.8$  körbenjárás is elfogadható. A malom üzemeltetése során megfigyelhető volt, hogy az őrlhetőségváltozás miatti daralengések elkerülése érdekében a berendezést tényleg ezen két tartományban működtetik.

A jelleggörbék alapján az is megállapítható, hogy a fajlagos őrlési energiafelhasználás szempontjából a D/K = 1 pont kritikus.

Érdekes, hogy 80% klinker és 20% kohósalak friss anyagfeladás esetén a dara – azaz a körbenjárás – növekedésével a kívánt finomság eléréséhez szükséges fajlagos energiafelhasználás folyamatosan csökken (2. ábra).

Itt jegyezzük meg még meg, hogy szűkebb szemszerkezeti eloszlású, vagyis nagyobb egyenletességi tényezőjű, malomtermék előállításával szintén energiát takaríthatunk meg, mivel így ugyanolyan 28 napos szilárdság kisebb fajlagos felület értéknél is elérhető.

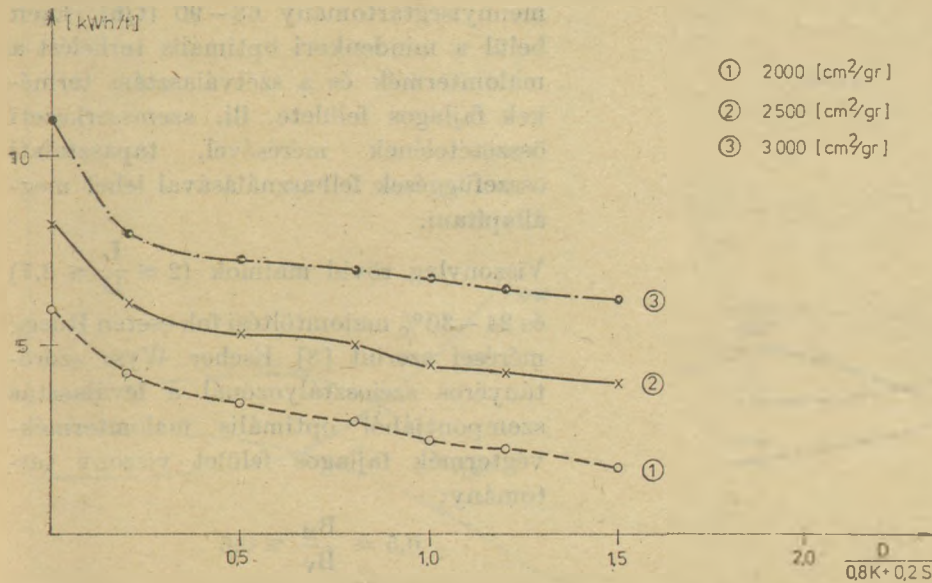
Minél nagyobb a malomtermékben a 2. kamra végén a végtermék-hányad, annál szélesebb az anyag szemszerkezeti eloszlása s így annál kisebb az egyenletességi tényező [4]. Ezért a fentiek alapján kívánatos, hogy a finomtermék hányad a malomtermékben a 75%-ot ne lépje túl. Ugyan-



1. ábra. Cementklinker őrlhetőségének változása a szemszerkezet függvényében



2. ábra. 80% klinker + 20% salak keverék őrlhetőségének változása a szemszerkezet függvényében



- ① 2000 [cm<sup>2</sup>/gr]
- ② 2500 [cm<sup>2</sup>/gr]
- ③ 3000 [cm<sup>2</sup>/gr]

akkor a szélosztályozó túlterhelésének elkerülése érdekében a malomtermékben a végtermék-hányadnak min. 40–50%-ot el kell érnie [3]. Ezen tartományon belül az optimum malmonként állítandó be.

## 2. A szélosztályozó leválasztási élességének növelése

Ezen a területen három fő fejlesztési irányt különböztethetünk meg.

2.1. A szélosztályozó konstrukciók eljárás-technikai javítása [4, 5, 6]. Bár a nagy cementipari gépgyártó cégek számos új típust fejlesztettek ki, az elért eredmények egyelőre messze vannak még az optimálistól s így a további fejlesztésnek tág tere van.

2.2. Több szélosztályozó alkalmazása [7].

A nagy teljesítményű malmok többnyire két, párhuzamosan kapcsolt osztályozóval vannak ellátva. A szokásos leválasztási jellegű görbájú szélosztályozók, a malom teljesítményét lerontva, túl sok finomterméket vezetnek vissza a malomba.

Ezen soros kapcsolással, az egyik osztályozó durva frakciójának a másikra vezetésével lehet segíteni, amennyiben a gépészeti adottságok ezt lehetővé teszik.

2.3. Adott malom-szélosztályozó rendszer eljárás-technikai optimalizálása. [4] Ehhez szükséges ismerni a malomtermék szemszerkezetének a feladott anyagkeverék szemszerkezetétől és az összfeladástól való függését, valamint a szélosztályozó finomtermék kihozatalának a malomtermék mennyiségétől, finom-

ságától és a szélosztályozó ellenlapátrendszer fordulatszámától, illetve külső ciklonos szélosztályozó esetén a fő légáram sebességétől való függését. Problémát okoz, hogy ezen értékek üzemi méretű malmoknál csak szűk határok között változtathatók és meghatározásuk igen munkaigényes feladat, s ezért a továbbiakban ezen összefüggések közül csak néhányat vizsgálunk.

2.3.1. A szélosztályozó finomtermék kihozatalának és a szétválasztás technikai hatásfokának terhelésfüggése

Finomtermék kihozatal alatt – mint ismeretes – a végtermék és a malomtermék tömegének hányadosát értjük:

$$m_v = \frac{V}{M} = \frac{F_M(x) - F_G(x)}{F_V(x) - F_G(x)}$$

ahol  $F_M(x)$ ,  $F_G(x)$ ,  $F_V(x)$  a malomtermék, dara és a végtermék eloszlásértékei.

$K_{G63}$  a 63  $\mu\text{m}$  szemnagyságnál finomabb szemek kihozatala a darában:

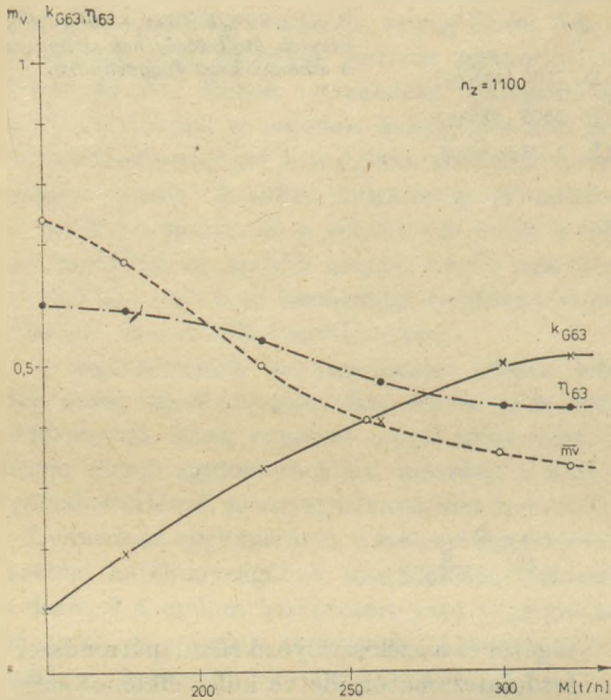
$$K_{G63} = 1 - m_v \frac{F_V(63)}{F_M(63)} = 1 - K_{V63}$$

ahol  $K_{V63}$  a 63  $\mu\text{m}$ -nál finomabb szemek kihozatala a végtermékben.

A 63  $\mu\text{m}$  szemnagyságra vonatkoztatva a szétválasztás technikai hatásfoka definiációszerűen [1]:

$$\eta_{63} = \frac{K_{V63} - m_v}{1 - v_{opt}} = \frac{K_{V63} - m_v}{1 - F_{M63}}$$





3. ábra. A szélesztályozó finomtermék kizozatala ( $m_v$ ), a szétválasztás technikai hatásfoka ( $\eta_{63}$ ) és a dara finomtermék tartalma az összfeladás függvényében

Itt a számlálóban van az alkotórészkihozatal és a tömegkihozatal tényleges értéke, míg a nevezőben ugyanezen értékek szerepelnek, ha az osztályozás tökéletes volt. Ezen jellemzők változását a terhelés függvényében a 3. ábrán tüntettük fel.

Jól látható, hogy a 63  $\mu\text{m}$ -nál finomabb részek aránya a darában a terhelés növekedésével nő s ezáltal a szétválasztás technikai hatásfoka és a finomtermék kizozatal is csökken.

Ez azzal magyarázható, hogy a szélesztályozón keresztülhaladó szuszpenziós áram sebessége a szilárdanyag-hányad növekedésével kismértékben csökken és egyre zavartabbá válik az áramlás, a nagyobb termék nehezebben tud távozni, mivel a nagyobb daramenység kisebb részecskéket is befog.

A szélesztályozók megengedett terheléstartományát a gyártók általában egy meghatározott végtermék finomságnál (Blaine értéknél), a szélesztályozó ház névleges keresztmetszetére vonatkoztatott végtermék teljesítménnyel adják meg. Ez cementmalmoknál 2800 ( $\text{cm}^2/\text{gr}$ ) Blaine értéknél 2,4–3,2 ( $\text{t}/\text{m}^2$ ).

Ennek megfelelően pl. egy üzemi cementmalomnál a fenti Blaine érték mellett szélesztályozóként kizozható végtermék

menyiségtartomány 68–90 ( $\text{t}/\text{h}$ ). Ezen belül a mindenkori optimális terhelést a malomtermék és a szétválasztási termékek fajlagos felülete, ill. szemszerkezeti összetételének mérésével, tapasztalati összefüggések felhasználásával lehet megállapítani.

Viszonylag rövid malmok ( $2 \leq \frac{L}{D} \leq 2.7$ )

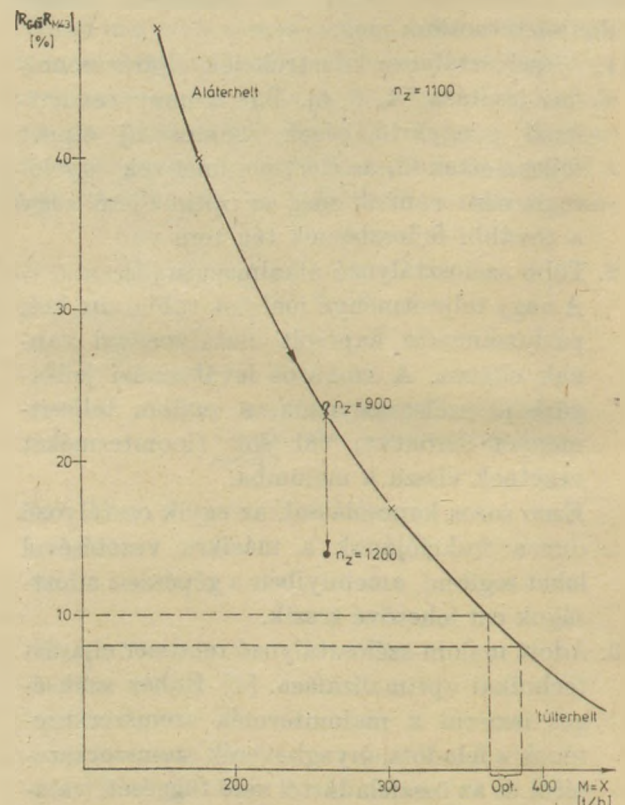
és 24–30% malomtöltési fok esetén Ruegg mérései szerint [8] Escher Wyss szórótányéros szélesztályozónál a leválasztás szempontjából optimális malomtermék-végtermék fajlagos felület viszony tartomány:

$$0,5 \leq \frac{B_M}{B_V} \leq 0,6$$

Az angolszász irodalomban [9] az optimális szélesztályozó terheléstartomány beállítására és ellenőrzésére a dara és a malomtermék 43  $\mu\text{m}$ -os szitamaradékának különbségét használják fel:

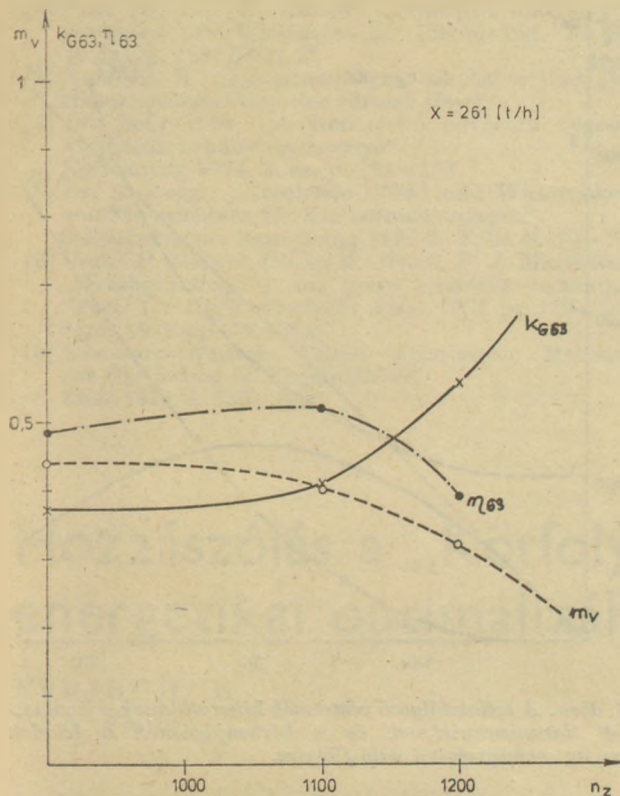
$$8\% \leq R_{G43} - R_{M43} \leq 10\%$$

Egy üzemi szélesztályozó terhelési optimumának ezen utóbbi összefüggés alapján történő beállítását a 4. ábrán tüntettük fel.



4. ábra. A szélesztályozók terheltségének változása az anyagfeladás függvényében



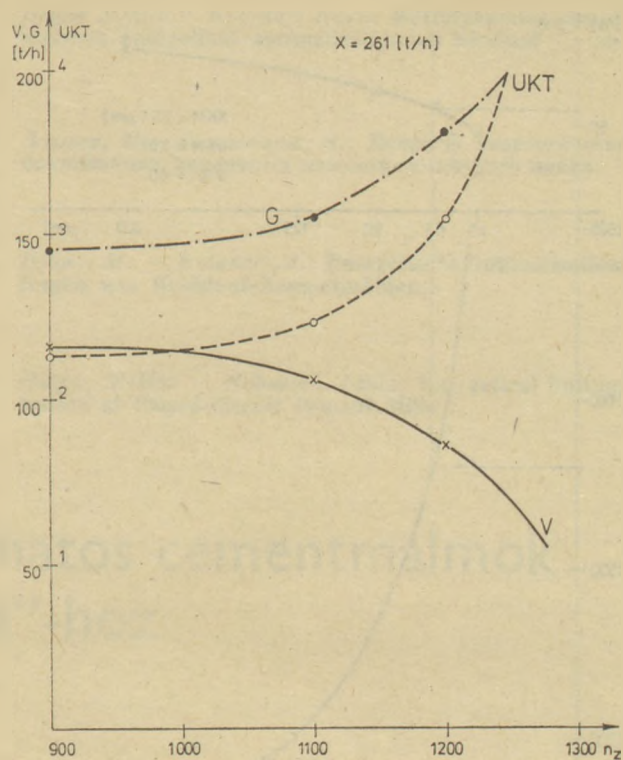


5. ábra. A szélesztályozó finomtermék kihozatalának és technikai hatásfokának függése az ellenlapátrendszer fordulatszámától

### 2.3.2. A szélesztályozó finomtermék kihozatalának és a szétválasztás technikai hatásfokának függése az ellenlapátrendszer fordulatszámától

Az egyes jellemzőknek az ellenlapátrendszer fordulatszámától való függését egy üzemi malommal az 5. ábrán tüntettük fel. Megállapítható, hogy  $n_z$  növelése az osztályozás nélkül a darába kerülő hányadot  $K_{G63}$  növeli, és ezáltal a végtermék kihozatalt ( $m_v$ ) csökkenti. A szétválasztás technikai hatásfokának ( $\eta_{63}$ ) a vizsgált esetben  $n_z = 1100$ -nál maximuma volt. Feltételezhető, hogy magasabb  $n_z$  fordulatszámnál a megnövekedett centrifugális erőhatás a leválasztási folyamatot elősegíti. Ezzel szemben a nagyobb  $n_z$  fordulatszám következtében a dara szuszpenzióban megnövekedett szilárdanyag hányad a leválasztási folyamatot akadályozza. Ezen két hatás együttesen alakítja ki a körbenjáró anyaghányad maximumát. Megfigyelték, hogy  $n_z$  változtatása esetén a belső áramlási sebesség csak kismértékben változik.

Ez azt jelenti, hogy az ellenlapát rendszer alapvető leválasztó hatását a centrifugá-



6. ábra. A végtermék és daraáram, ill. a körbenjárás változása a szélesztályozó ellenlapátrendszer fordulatszámának függvényében

lis erő és a szemcséknek az ellenlapáthoz történő ütközése okozza.

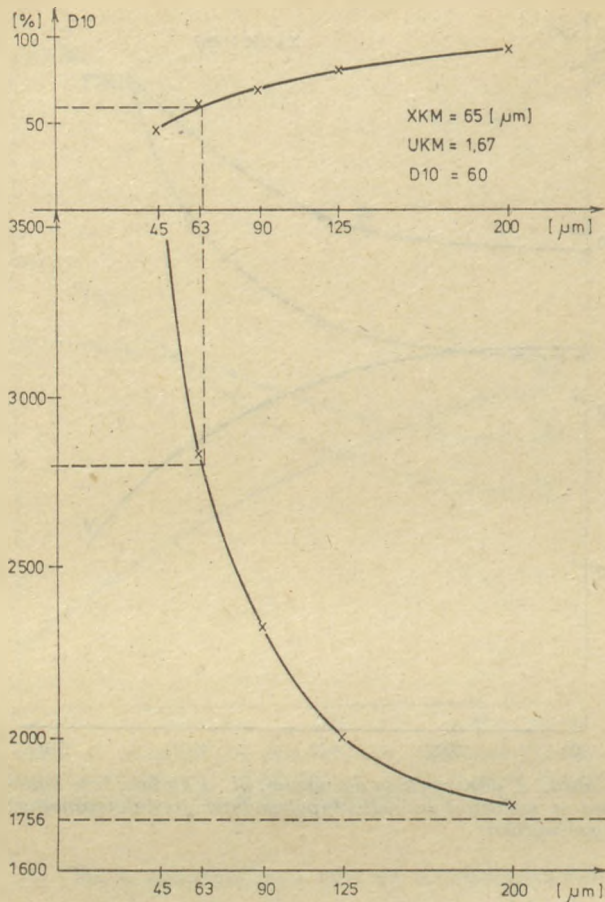
A feladott anyagmennyiség (a malomtermék), osztályozás nélkül a darába kerülő hányadának csökkentése a főventillátor fordulatszámának növelésével lehetséges. Hogy eközben a fajlagos felület csökkenését elkerüljük, az ellenlapát rendszer fordulatszámát hasonló mértékben növelni kell. Ez esetben a leválasztás élesége és a leválasztási szemcsenagyság közelítőleg változatlan marad. A 6. ábra a végtermék és daraáram, ill. a körbenjárás változását mutatja a szélesztályozó ellenlapátrendszer fordulatszámának függvényében.

### 2.3.3. A szélesztályozó finomtermék kihozatalának és a szétválasztás technikai hatásfokának függése az osztályozó légáram sebességétől

Az előzőekben utaltunk arra, hogy a hagyományos szélesztályozóknál lehetséges az osztályozatlanul a darába kerülő tömeghányad csökkentése a főventillátor fordulatszámának — azaz az osztályozó légáram sebességének — növelésével.

A külső ciklonos szélesztályozó főventillátorának szabályozása könnyebben megvalósítható, nemcsak fordulatszám változtatással, hanem egy-





7. ábra. A malomtermék szemszerkezeti és Blaine érték elosztásfüggvénye

szerű fojtással, vagy perdület szabályozással is, így az ilyen szélosztályozó technológiai beállítások egyszerűbbek.

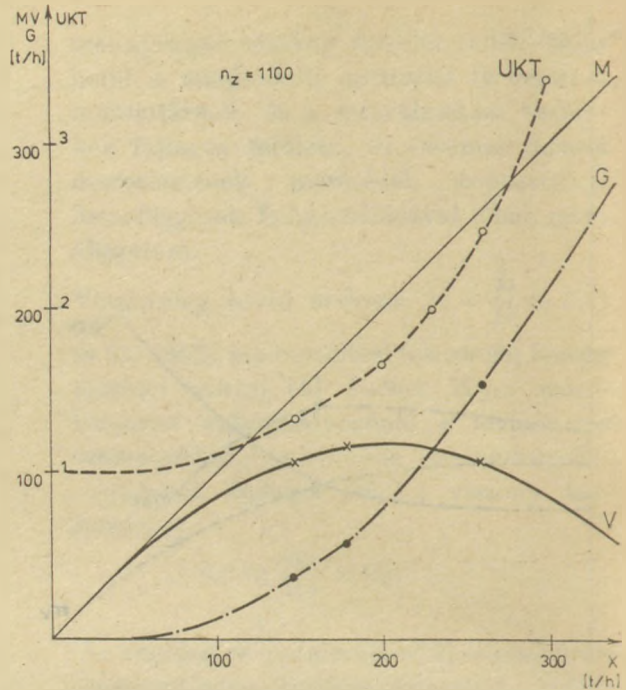
A szélosztályozó finomtermék kihozatalának és a szétválasztás technikai hatásfokának az osztályozó légáram sebességétől való függéséről egyelőre részletesebb mérési adatokkal nem rendelkezünk.

Az azonban már megállapítható, hogy a nagyobb osztályozási légáram sebesség javítja az osztályozás élességét, de durvítja a végtermék szemszerkezetét és ezt az ellenlápárendszer fordulatszámának növelésével csak egy bizonyos határig lehet kompenzálni.

### 3. A körbenjárás optimalizálása

Ez tulajdonképpen a malom és a szélosztályozó [9] működésének összehangolását jelenti.

A malomtermék szemszerkezeti elemzése és Blaine érték elosztásfüggvényének meghatározásával [8] éles szélosztályozó leválasztást feltételezve, megadható az előírt végtermékfinomság eléréséhez beállítandó leválasztási szemcse-nagyság és a szükséges minimális (UKM) körbenjárás (7. ábra). A szélosztályozó nem éles leválasztás



8. ábra. A szélosztályozó végtermék kihozatalának a leválasztott árammennyiségnek és a körbenjárásnak a feladott anyag mennyiségétől való függése

tása miatt a gyakorlatban ennél mindig nagyobb körbenjárás beállítására van szükség, melynek optimális értéke az őrlőberendezés statikus jelleggörbéi alapján határozható meg.

A körfolyamatos őrlőberendezés statikus jelleggörbéi üzemi kísérletekkel határozhatók meg. Egy-egy mérésnél a jelleggörbének csak néhány pontja vehető fel, a malom hosszú (kb. 3/4–1 óras) beállási ideje, ill. az anyag őrlőhetőség változása következtében másik statikus karakterisztikára történő átállása miatt. A fentiek alapján ezen jelleggörbék különösen a kis és nagy anyag töltési fok tartományokban erősen közelítő jellegűek (8. ábra).

A statikus karakterisztika alapján beállított, optimálisnak tekintett munkapontot ellenőrizni kell, mivel az a sztochasztikus zavarások (a pán-célzat és az őrlőgolyók kopása, az őrlendő anyag őrlőhetőségváltozásai stb.) miatt változik. Ha ezek nagymértékűek is akkor adaptív mennyiség-szabályozás alkalmazása indokolt.

### IRODALOM

- [1] Dr. Kolostori, Dr. Pethő, Hilger: „Korszerű cementipari technológiák” BME Továbbképző Intézete, jegyzet, 1979.
- [2] Dr. Beke Béla: „A finomórlés folyamata” BME Továbbképző Intézet, jegyzet, 1975.
- [3] W. Quittkat, K. Steier, W. Schmid-Meil: „Neue Ergebnisse zur Verbesserung der Mahlleistung durch trennscharfe Sichter” ZKG Nr 1/1978 S. 52–56
- [4] W. Kaysser: „Neuentwicklungen auf dem Gebiet der streu-Windsichter” ZKG Nr 11/1962 S. 469–478.



- [5] Prof. Dr. Ing. H. Rumpf: „Prinzipien und neuere verfahren der Windsichtung” Chem. Ing. Techn. 39 Jahrg. 1967/Heft 21
- [6] Kuhlman K.: „Untersuchungen ein Labor und Betriebsumluftechtern der Bavart Heyd”
- [7] Dr. Beke Béla: „A finomórlés területén végzett kutatások néhány eredménye” Építőanyag 1974. 4. sz. p. 121 – 132.
- [8] Dr. R. Ruegg: „Abscheide-Effekt und Wirksamkeit von Streusichtern für Zementmahlanlagen” Schweizerische Bauzeitung 1967/2. Febr. S. 70 – 74.
- [9] Vance H. Dodson, Philip W. Welch, F. J. Mardulier: „Finishgrinding – the grace umbrella technique” Part 1,2 Rock Products June 1971 pp. 72 – 74., Sept. 1974 pp. 92 – 100
- [10] Schnamm – Gätsch: „Eine quantitative Methode zur Gattierung in Kugelmöhlen” ZKG 1974 S. 330 – 332

Hilger Miklós – Kolostori János: **Körfolyamatos cementmalmok energetikai optimalizálásának kérdései**

Хилгер, М. – Колостори, Я.: **Вопросы энергетической оптимизации цементных мельниц замкнутого цикла**

Hilger, M. – Kolostori, J.: **Energetische Optimisationsfragen von Kreislauf-Zementmühlen.**

Hilger, Miklós – Kolostori, János: **Energetical Optimisation of Closed-Circuit Cement Mills**

## Hozzászólás a „Körfolyamatos cementmalmok energetikai optimalizálásá”-hoz

EIBISCH, R.

FIA, Freiberg

A bizonyára nagy adatgyűjtési és értékelési tevékenységre alapozott előadás igen érdekes volt. Engedjék meg, hogy a szélosztályozó optimalizálásának kérdéséhez néhány megjegyzést fűzzek.

A szélosztályozó leválasztási élességének a berendezés-paraméterek változtatásával történő javítására vonatkozó megjegyzéseit tapasztalatunk és eredményeink alapján teljes mértékben megerősíthetem. Erre a legegyszerűbb lehetőség a szélosztályozón átszívott V (m<sup>3</sup>/óra) térfogatáram növelése a ventilátor fordulatszám növelésével. Ez a hatás azon alapul, hogy a szélosztályozóban az osztályozó levegő csak korlátozott porterhelést bír el. Ez az átáramló osztályozó levegő energiataralmától függ, és maximálisan 600 – 650 (g/m<sup>3</sup>) lehet.

Ha a szélosztályozóra több végterméket adunk fel, mint amennyit az osztályozó levegő felvenni és kihordani képes, a maradék a darába kerül. Ugyanez a hatás lép fel, ha a feladott anyag az osztályozó térből kisodródik, vagy, ha az osztályozó légáram nem képes a teljes szemcseméret tartományt lebegtetni úgy, hogy a részecskék az áramlási mezőbe egyenként tudjanak belépni. Az osztályozó áramlási térben a leválasztás az egyes részecskékre ható felhajtó és nehézségi erő következtében lép fel.

A főventilátor fordulatszámának növelésével az osztályozón átszívott légáram megnő. Mivel a porterhelés közel állandó marad, a végtermék kihozatal is nő, és a szélosztályozó leválasztási élessége kedvezőbb lesz.

Sajnos a nagyteljesítményű szélosztályozónál az osztályozó levegő térfogatáramát csak kismértékben lehet növelni. Egyszer a nagyobb áramlási sebességek miatt nő a nyomásveszteség, ami a ventilátor szállítási teljesítményét korlátozza. Másrészt fennáll az áramlási kép olyan nagymértékű megváltozásának veszélye, hogy az osztályozó egyes részei tervezéskor rögzített méretezésüknek többé nem felelnek meg. Ebben az esetben az osztályozó finomtermékében dara lép fel. Megjegyzendő, hogy a finomtermék – már az osztályozó levegő térfogatáramának kismértékű emelésekor is – durvább lesz, de az ellenlapátrendszer fordulatszámának növelésével az eredeti állapot újból beállítható.

Itt azonban vigyázni kell, hogy az osztályozó levegő és az ellenlapátrendszer sebessége közelítően össze legyen hangolva, mert különben a porterhelés ismét csökkenni fog. Ha ez másként nem érhető el, az ellenlapátok felületét növelni kell. (De nem azok meghosszabbításával!).

A szélosztályozó leválasztási élességének növelése érdekében végzett vizsgálatok jelentősek, mivel gyakran igen kis ráfordítással jelentős javulás érhető el az őrlőberendezéseknél. Az osztályozó légáramnövelése csak igen korlátozott mértékben történhet.

További lehetőségek: őrlési segédanyagok alkalmazása, az osztályozó levegő hűtése, az osztályozó térbe feladott anyag eloszlásának egyenletesebbé tétele.



# A szállítási folyamat hatása a cement őrlésre\*

HUSEMANN, K. – DOMBROWE, H. – HERRMANN, R.

NDK Tudományos Akadémia Előkészítéstani Kutató Intézet, Freiberg

Az itt következőkben a szállítási folyamat alatt a megőrlendő anyagnak a malomban végzett mindennemű mozgását értjük. Dobmalmokban történő cementőrlés esetén különösen az axiális irányban végbemenő őrléményszállításnak van jelentősége [1]. Az őrlemény szállítását minden esetben az egyidejűleg végbemenő mechanikai igénybevétellel és az aprítással összefüggésben kell szemlélni, ugyanis az vagy az igénybevétel kísérőjelensége vagy annak oka, ill. következménye.

A dobmalmokban végbemenő cementőrlésre az őrlemény szállítása igen lényeges befolyást gyakorol, mert a következőket határozza meg:

1. Az őrlemény tartózkodási ideje a malomban és egyidejűleg az az időtartam, amely a klinker mechanikai igénybevételére rendelkezésre áll,
2. az igénybevételi események száma,
3. az őrlemény (megőrlendő anyag) szintje és a klinker eloszlása a malomban [2],
4. a megőrlendő termék bevitele, illetve a már megőrlött termék elszállítása a malomból,
5. holtterek a malomban, rövidrezárt áramok és az őrlemény keveredése (pl. axiális visszakeveredés) a malomban,
6. agglomerációs- és aggregátképződés, és ezáltal,
7. összességében a malom üzemelési magatartása.

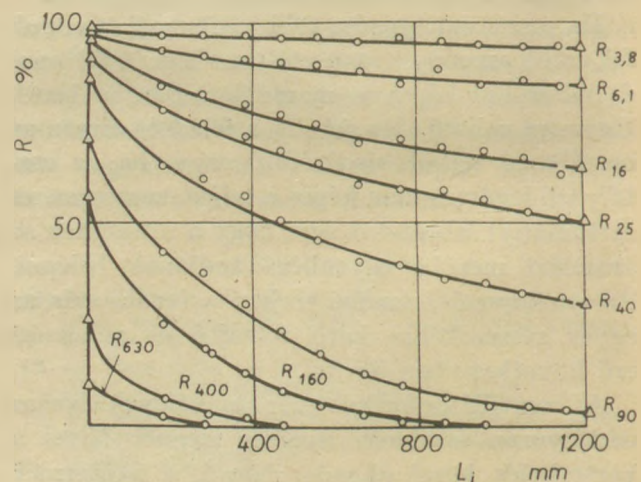
Az őrlési anyag szállításának hatását különböző méretű dobmalmokban vizsgáltuk (0,3 m; 0,7 m-es malomátmérők, valamint üzemi malmokban). A vizsgálatokat a finomőrlési terekre korlátoztuk, azaz a kiindulási anyag előre aprított klinker volt, < 1 mm. Az alábbiakban azokról az eredményekről kívánunk szólni, amelyeket egy 0,3 m átmérőjű, modellként szolgáló forgócsővel és sima belső fallal kaptunk. A kihordófalán azonos számú kör alakú lyukak voltak kialakítva. Az egyes lyukátmérők variálásával (4,6, ill. 8 mm) tudtuk a szabad kilépési felületet

a teljes felületre vonatkoztatva megváltoztatni. (10, 22,5, ill. 40%). További változókat képviseltek a csőhosszúság (0,6–1,2 m, azaz a hosszúság és az átmérő közötti arány = 2–4, a malom fordulatszám  $\chi = 74–85\%$ -a a kritikus fordulatszám), az áthaladó anyagmennyiség ( $\dot{m} = 10–40$  kg/h), valamint a golyófeltöltési fok ( $\varphi_k = 20–40\%$ ). Golyótöltetként 10–40 mm összeállítást alkalmaztunk. A cement finomságát szita- és ülepitési analízisek útján, ill. a Blaine-felületekkel jellemeztük. A transzport jellemzőiként az alábbiakat alkalmaztuk:

- az őrlési termék szállítási sebessége (u),
- a D diszperziós együttható mint az őrlési termék keveredésének mértéke,
- a Bodenstein szám (Bo).

Az u, D és Bo értékeket a tartózkodási idő mérésével, szintracer alkalmazásával és a diffúziós modell (3) alapján történő kiértékelés útján határoztuk meg. Az őrlendő anyag szintjét, valamint a malmon belüli szemcsemegoszlást egy mérőlapát segítségével mértük.

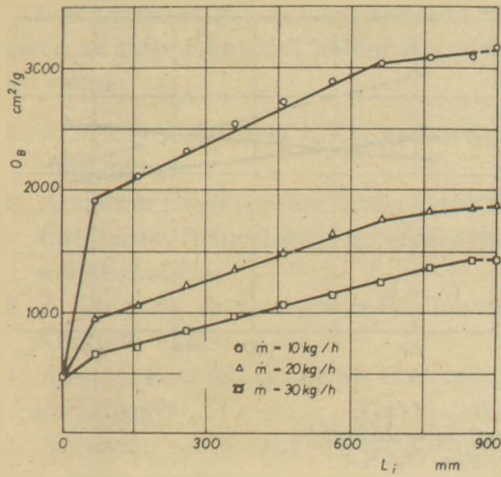
Az 1. ábra a leőrlési görbéket mutatja a hosszú cső esetére. A görbék pályájából egyértelműen kitűnik, hogy folyamatos őrlésnél már olyan malomban is, amelynek csak olyan átmérője



1. ábra.  $R = f(L_i)$ ;  $\varphi = 74,2\%$   
 $\varphi_k = 28\%$ ;  $\dot{m} = 15$  kg/h  
 $L = 1200$  mm;  $D_A = 8$  mm

\* A IV. Tudományos Őrlési Kollokviumon elhangzott előadás.



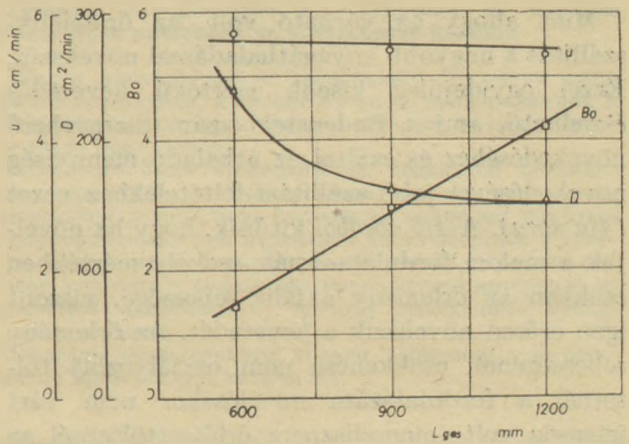


2. ábra.  $O_B = f(L_i)$ ;  
 $L = 900 \text{ mm}$ ;  $\psi = 74,2\%$   
 $\varphi_k = 30\%$

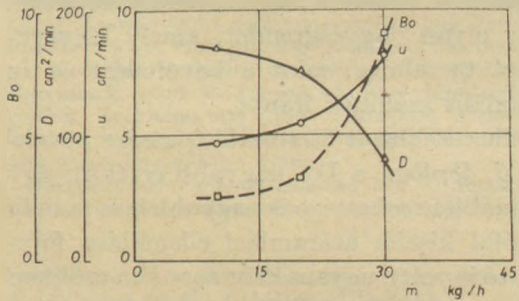
van, mint egy Bond-malomnak, olyan cement-finomságokat és azonos eredményeket lehet elérni, mint a nagyipari malmok finomórlési tereiben.

A gyakorlati szakember számára oly fontos  $R_{90}$ -érték jó korrelációban van a Blaine-felülettel. A 2. ábrában a finomság alakulása az őrlési pálya mentén tipikus és ezt valamennyi vizsgált őrlési feltétel mellett megfigyelhettük. A beömlési zónában a finomság először erős növekedést mutat, ami a visszakeveredésnek tudható be. A malom középső részében a felület lineárisan növekszik az őrlési pálya hosszának növelésével. Ez a növekedés azután csökken, amit az idéz elő, hogy a kihordófalazatnál az őrlemény szállítási sebessége megnövekszik. Általánosan érvényes az, hogy a felületnövekedés ( $O_B$ ) mértéke a fentemlített 3 zónában a mindenkor technológiai paramétereiktől függ.

Az őrlemény axiális irányú szállítási sebessége majdnem független a malom hosszától. Ezzel azonban még nem mondtunk semmit arról, hogy miképpen alakul a sebesség a malompálya hossza mentén. A hosszabb malmokban a diszperziós együttható észrevehetően csökken. A vizsgálatok azt mutatták, hogy a golyós csőmalmokban az őrleményrétegek igénybevételénél a diffúz szállítás megközelítőleg a keverési folyamatokra korlátozódik, azaz a mikrotartományon belül mind a molekuláris diffúzió, mind pedig az örvénylésnek csak alárendelt jelentősége van. Ezzel egyidejűleg az is érvényes, hogy a diszperziós együttható növekedésével növekszik a keveredés mértéke a malom igénybevételi terében. Ez a keveredés — amelyet a szakirodalomban (többek között [4]) axiális visszakeveredésnek is neveznek — az oka annak, hogy a malom



3. ábra.  $u, D, Bo = f(L)$ ;  
 $\psi = 74,2\%$ ;  $\dot{m} = 15 \text{ kg/h}$   
 $\varphi_k = 28\%$ ;  $D_A = 8 \text{ mm}$



4. ábra. a)  $u, D, Bo = f(\dot{m})$   
 $\psi = 74,2\%$ ;  $L = 900 \text{ mm}$ ;  
 $\varphi_k = 30\%$ ;  $D_A = 8 \text{ mm}$

b)  $u, D, Bo = f(\psi)$   
 $L = 900 \text{ mm}$ ;  $\varphi_k = 30\%$   
 $\dot{m} = 10 \text{ kg/h}$ ;  $D_A = 8 \text{ mm}$

beömlési zónájában az őrlemény finomsága ugrás-szerűen megnövekszik. Ha a homlokfal által kifejtett felhatás háttérbe szorul, (pl. ha  $L = 900 \text{ mm}$  az  $L = 600 \text{ mm}$ -hez képest), a keveredés észrevehetően lecsökken (3. ábra). Ugyanakkor a 3. ábrában a Bodenstein szám növekszik. A

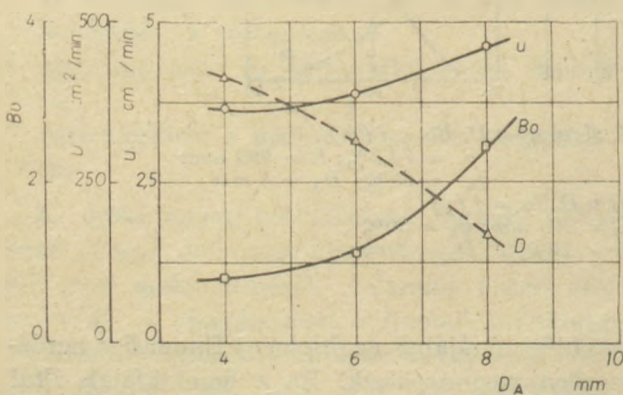
$$Bo = \frac{uL}{D}$$

összefüggésből következik, hogy ez többek között a  $Bo \sim L$  arányosságnak is következménye.



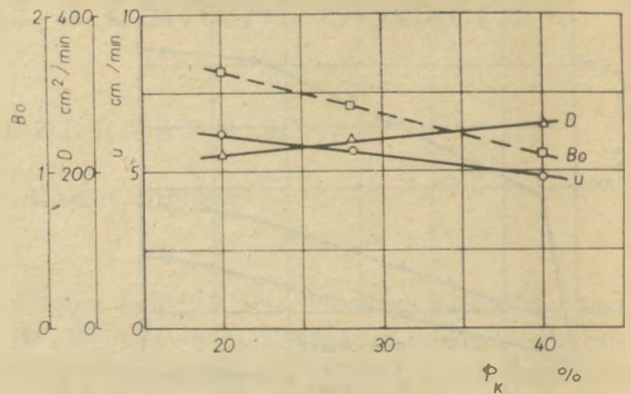
Mint ahogy az várható volt, az őrléményszállítás a nagyobb anyagáthaladással növekszik. Ezzel egyidejűleg kisebb mértékű keveredés észlelhető, ami a Bodenstein szám észrevehető növekedéséhez és ezáltal az áthaladó mennyiség növekedésével jobb szállítási feltételekhez vezet (4/a ábra). A 4/b ábrából kitűnik, hogy ha növeljük a malom fordulatszámát, csekély mértékben csökken az őrlémény axiális sebessége, viszont igen erősen növekszik a keveredés. Az őrlémény sebességének csökkenése nem osztályozott töltetnél a fordulatszám növelésekor nem várt jelenség volt (monodiszperz őrlőtesttöltetnél az „u” értéke együtt növekszik a fordulatszámmal), ez azonban valószínűleg a keveredés nagymértékű növekedésére vezethető vissza. Itt kívánunk egyébként rámutatni arra, hogy a diszperziós együttható ú. n. effektív nagyságrendet képvisel, tehát egy olyan nagyságrendet, amely lényegesen többet tartalmaz, mint a keveredést és az előnyös axiális szállítási irányt.

Ha a kihordófalazat átteresztőképessége növekszik, (az 5. ábrában a  $D_A$  nagyobb értékű), úgy az anyagszállítás sebessége is nagyobb lesz (amely a kihordófal kisebb átáramlási ellenállása folytán várható is volt), ugyanakkor azonban csökken az összekeveredés mértéke. Ennek következtében nagyobb  $D_A$  érték esetén magasabb lesz a Bodenstein szám. A tendenciából adódóan azonos eredményt kapunk, ha a kihordófal átáramlási ellenállását a falvastagság csökkentésével csökkentjük.



5. ábra.  $u, D, Bo = f(D_A)$   
 $L = 900 \text{ mm}; \dot{m} = 10 \text{ kg/h};$   
 $\psi = 74,2\%; \varphi_k = 30\%;$

Azonos mértékű anyagáthaladásnál és konstans malomfordulatszámnál a magasabb őrlőtesttöltési-fok szállítási ellenállásként hat. A 6. ábrából láthatjuk, hogy magasabb  $\varphi_k$  értéknél a szállítási sebesség csökken és a keveredés mértéke nő.



6. ábra.  $u, D, Bo = f(\varphi_k);$   
 $L = 600 \text{ mm}; \dot{m} = 15 \text{ kg/h};$   
 $D_A = 8 \text{ mm}; \psi = 74,2\%;$

Az aprításra és a szállításra vonatkozó számjellemezőkre matematikai modelleket állítottunk fel, amelyek összefoglalva tükrözik a lényeges technológiai paraméterek hatását.

$$O_B = 0,26 \cdot \dot{m}^{-0,75} \cdot L^{+0,87} \cdot D_A^{-0,12} \cdot \psi^{+0,78} \cdot \varphi_k^{+0,00}$$

$$R_{90} = 0,34 \cdot 10^{-2} \cdot \dot{m}^{+0,89} \cdot D_A^{-0,17} \cdot \psi^{+3,76} \cdot \varphi_k^{-1,2} \cdot L^{-0,84}$$

$$R_{40} = 133 \cdot \dot{m}^{+0,41} \cdot L^{-0,37} \cdot D_A^{-0,01} \cdot \psi^{+0,89} \cdot \varphi_k^{-0,86}$$

$$u = 30,6 \cdot \dot{m}^{+0,42} \cdot L^{+0,03} \cdot D_A^{+0,23} \cdot \psi^{-0,50} \cdot \varphi_k^{-0,41}$$

$$D = 4,6 \cdot 10^{-13} \cdot \dot{m}^{-1,93} \cdot L^{-0,98} \cdot D_A^{-0,18} \cdot \psi^{+10,2} \cdot \varphi_k^{+0,4}$$

$$Bo = 7,29 \cdot 10^{-3} \cdot \dot{m}^{+1,23} \cdot L^{+2,37} \cdot D_A^{+1,08} \cdot \psi^{-2,24} \cdot \varphi_k^{-1,74}$$

E regressziós modellek csakis a befolyásoló tényezők fenti variációs szélességében és a jelölésjegyzékben feltüntetett mértékegységekben érvényesek. Ha változnak a méretek és dimenziók, az egyenletek jobboldalának együtthatója más számértéket vesz fel.

Lényeges, hogy a modellek felöleljék a legfontosabb befolyásolási értékeket, továbbá, hogy a szállítás különböző számjelzőire, valamint az aprításra gyakorolt hatások egymással korrelációban legyenek. Ha megközelítésként abból indulunk ki, hogy a kedvező őrléményszállítás a nagy Bodenstein számmal és a kedvező aprítás a malomvégnél mért alacsony  $R_{90}$ -értékkel fejezhető ki, úgy a vizsgált feltételeken belül a cementklinkerre az alábbiak érvényesek:

- az aprítás és a szállítás akkor kedvező a hosszú malomnál, ha alacsony a fordulatszám és a kihordófal átteresztőképessége a lehető legnagyobb mértékű;
- Az aprítást és szállítást a töltési fok és az áthaladó mennyiség különböző értelemben befolyásolja, így itt meg kell találni a kompromisszumot.



A szállítással kapcsolatos további vizsgálatok során az alábbiakat kell különösképpen figyelembe venni:

1. A léptékek átvitele a kis malmokról a nagy malmokra;
2. A malom belső terében levő elemek által kifejtett hatás (páncélozás, golyófeltöltés és azok kölcsönhatása)
3. A kimenő- és a végtermék finomsága által kifejtett hatás
4. Az igénybevétel, az aprítás és a szállítás közötti összefüggés
5. Az üzemi malmoknál felmerülő problémák.

Az alkalmazott jelölések:

Bo		Bodenstein szám
D	cm <sup>2</sup> /min	diszperziós együttható
D <sub>A</sub>	mm	lyukátmérő a kihordófalban
L	m	a malom hossza
L <sub>1</sub>	mm	a malompálya hossza
m	kg/h	áthaladó anyagmennyiség
O <sub>B</sub>	cm <sup>2</sup> /g	fajlagos felület (Blaine)
R <sub>90</sub>	%	szitamaradék 90 μm szitán
R <sub>10</sub>	%	szitamaradék 40 μm szitán
ψ	%	a kritikus malomfordulatszámra vonatkoztatott malomfordulatszám
φ <sub>k</sub>	%	örlogolyó-feltöltési fok

Husemann, K. – Dombrowe, H. – Herrmann, R.: A szállítási folyamat hatása a cement őrlésére

A malomban való axiális anyagmozgás jellemzői az áthaladási sebesség, a diszperziós együttható mint a keveredés és a Bodenstein szám.

A vizsgálatokat egy 0,3 m átmérőjű modellmalmon végezték és megállapították, hogy az aprítás és transzport kis fordulatszámú hosszú malom és jól átteresztő kihordófal mellett kedvező; a töltési fok és az áthaladó anyagmennyiség befolyása eltérő értelmű, ezért kompromisszumot kell keresni.

A vizsgálati körülmények között adódó regressziós modellek bemutatásra kerülnek.

Husemann, K. – Dombrowe, H. – Herrmann, R.: Влияние транспорта материала на измельчение цемента

Даются характеристики аксиального движения материала в мельнице, а именно скорость продвигания и коэффициент дисперсности как показатели смешивания и число Боденштейн.

Испытания были проведены на модельной мельнице диаметром 0,3 м и было установлено, что процесс измельчения и транспорт материала являются наиболее благоприятными при маленьком числе оборотов и хорошо пропускающей разгрузочной стенке; влияние степени загрузки и количества проходящего материала не является однозначным, поэтому необходимо искать компромиссума.

Показаны регрессионные модели, выведенные на основании проведенных испытаний.

Husemann, K. – Dombrowe, H. – Herrmann, R.: Zum Einfluss des Transportprozesses auf die Zementmahlung

Die Einflussgrößen der Axialbewegung des Mahlgutes sind die Transportgeschwindigkeit, der Dispersionskoeffizient als Mass der Vermischung und die Bodensteinzahl.

Es wurden die Charakteristiken einer Modellmühle mit 0,3 m Ø untersucht und festgestellt, dass Zerkleinerung und Transport sich günstig gestalten bei langer Mühle mit niedriger Drehzahl und bei gut durchlässiger Austragswand; vom Füllungsgrad und Materialdurchsatz werden Zerkleinerung und Transport auch von der Tendenz unterschiedlich beeinflusst, so dass ein Kompromiss gefunden werden muss.

Regressionsmodelle anpassend der Untersuchungsparameter wurden aufgestellt und wiedergegeben.

Husemann, K. – Dombrowe, H. – Herrmann, R.: Effect of Transport on the Grinding of Cement

Axial flow in the grinding mill is determined by the passing velocity, the mixing effect (expressed by the dispersion coefficient) and Bodenstein's number. Experiments were made in a 0,3 m diametre model mill; it was determined that transport and comminution are advantageous in the case of a slowly rotating, long mill, if the output wall is well permeable. Grade of filling and throughput have different effects, therefore compromise must be sought. The paper describes the various models used during the investigations.

## A világ szilikátiparából

Üzemeket állít le a kanadai cementipar

1982-ben a Canada Cement Lafarge és a St Lawrence Cement a visszaesett kereslet miatt leállították egyes üzeimeiket. Így a CCL a Fort Whyte-i üzemét 1984 tavaszáig állítják le, mivel 16 hónapos klinkerkészletük halmozódott fel. A Woodstocke-i gyár Ontario tartományban „csak” 3–4 hónapig áll. A St Lawrence Cement 3–5 hónapra majdnem teljesen leállít-

totta a termelést a Quebec-i Joliette üzemében. Ezt követően a CCL leállította a Francon részleg Quebec-i gyárát, továbbá a Domtar Industries U.S. mézsművet a Pennsylvánia-i Bellefonteban. A St Marys Cement Ltd eladta üzemi berendezéseit a Milvankee és a Green Bay, Wisconsin cégeknek. Ugyanakkor több üzem rakodóállomásokat épít ki, remélve, hogy 1983-ban újból nagyobb szállításokra kerül sor. (H.W.)

(Zement-Kalk-Gips, 1982. 11.)

A Nationál Gypsum is leállította cementtermelését

Az USA-beli National Gypsum Company (Dallas) az Államok kilencedik legnagyobb cementgyártója. Az Alpena üzem az USA legnagyobb üzeime közel 2,5 Mt kapacitással. A száraz technológiával dolgozó üzemben kilenc kemence van. Ezek közül négy egység kicsi és korszerűtlen (több mint 30 évesek). Másik üzeimük van a Pennsylvania-i Evansvilleben. Ez ugyancsak száraz technológia szerint dolgozik és kapacitása 875 kt/év. Az Alpena-i (Michigan) cementüzemet a vállalat készletcsökkentési szándékkal leállította. (H.W.)

(Zement-Kalk-Gips, 1982. 11.)

# Eredmények nagy kopásállóságú őrlőtestek cementőrlő berendezésekben való alkalmazásánál\*

R Ö S I C K E, H.

Institut für Zement, Dessau

## 1. A nagy kopásállóságú őrlőtestek kifejlesztésének szükségességéről

Az őrlőtestek cementőrlő berendezésekben fellépő kopását befolyásoló nagyszámú tényező mellett az anyagminőség döntő jelentőségű. Különböző ötvöztetésű kovácsolt őrlőgolyók felhasználása, a golyók magjáig mutató különböző keménységi értékek, a szövetszerkezet kialakulása a karbidtartalommal összefüggésben meghatározott határértékig függ

- az öntéstechnikai paraméterek betartásától,
- a Cr/C - viszonytól és
- az öntést követő hőkezeléstől (1. és 2. ábra).

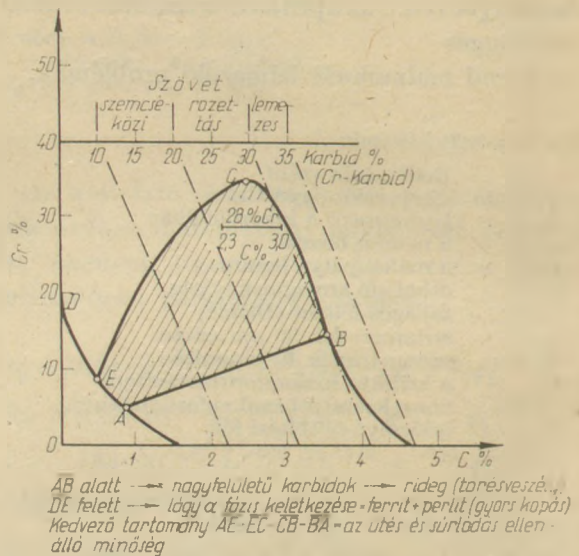
Kovácsolt őrlőgolyók kopásának előbbi állása egyértelműen összefüggéseket mutat mind a felhasznált ötvöztetéstől és annak nagyon alacsony keménységétől, mind pedig attól a nagyon csekély lehetőségtől, hogy kis austenit-tartalmú, finomszemcsés szövetszerkezetű anyagot kapjunk.

Kovácsolt őrlőgolyókból összeállított cementmalom töltet kopási jellemzőiből adódott értékek átlagban 875 g/t cement mértéket mutatnak, míg a nemzetközi színvonal kb  $\approx$  50 g/t cementet tesz ki (3. ábra).

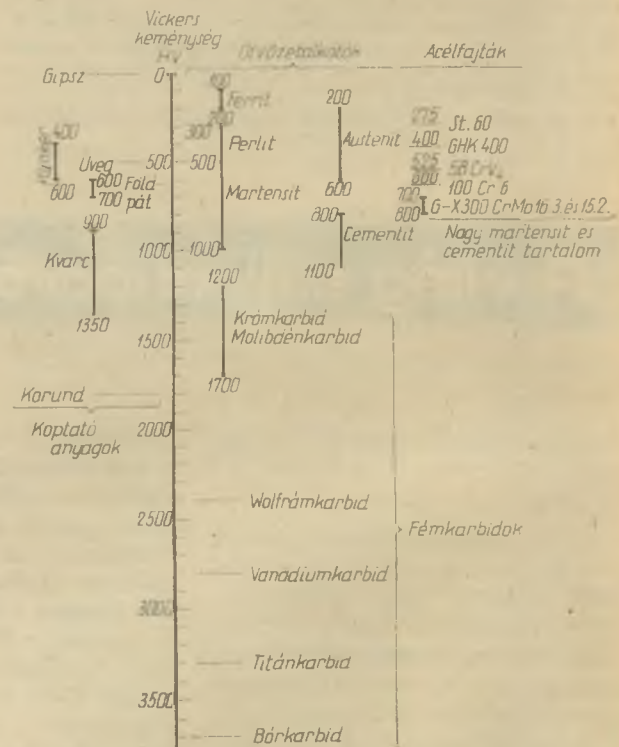
## 2. Nagy kopásállóságú öntött őrlőgolyók kifejlesztése és gyártása

Az őrlőtestkopás nemzetközi színvonalra történő emelésének tisztán szakmai szükségességéből kényszerűen népgazdasági aspektusokat is tekintetbe kell venni. Így mindennek előtt meg kell említeni:

- a legkülönbözőbb acélötvözetekkel való takarékoság lehetőségeit,



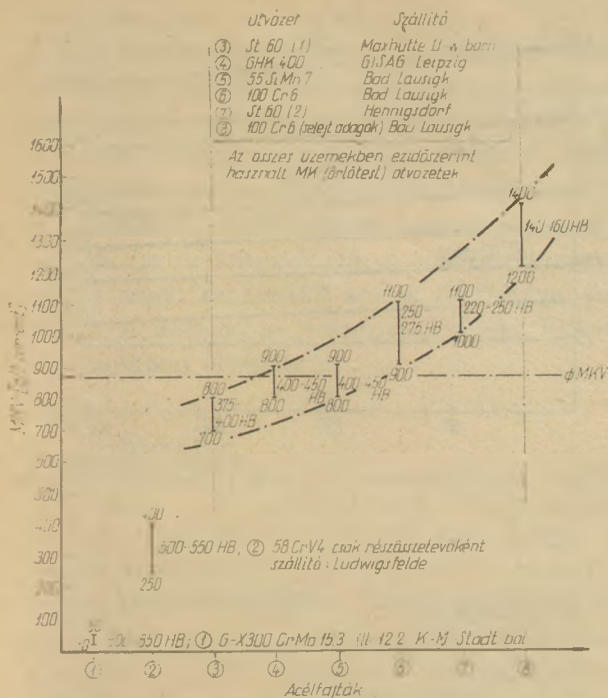
1. ábra. A Cr/C viszony kétdimenziós ábrája nagy kopásállóságú kromötvöztetésű öntöttvas kedvező szöveteinek bemutatásával



2. ábra. Koptatást szenvedő anyagok, valamint ötvöző anyagok és acélfajták Vickers keménységének (HV) összehasonlítása

\* A IV. Tudományos Őrlési Kollokviumon elhangzott előadás szövege





3. ábra. Örlőtestkopás (MKV) az alkalmazott különféle ötvözésű kovacsolt örlőgolyók esetében. Paraméter: Brinell keménység (HB)

Fejlesztés: nagy kopásállóságú örlőgolyók kialakítása

1. lépés: 55 - X 300 Cr-Mo 15.3  
55 - X 300 Cr-Mo 12.2
2. lépés: Módosított Cr-Mo ötvözetek  
G - X 280 Cr-Mo 15.1  
G - X 270 Cr-Mo 12.1
3. lépés: Csökkentett Mo tartalmú MK  
Cr-Mo 12 (0,7% Mo - 0,5% Mo) - 0% Mo  
I K II K III K
4. lépés: Mo mentes MK  
Cr-Cu adalékkal

4. ábra. Fejlesztési lépések a nagy kopásállóságú örlőgolyók (MK) kialakítására, a molibdenmentes ötvözetig

- a cementipari üzemek önköltségének lényeges csökkentését,
- az utántöltéseket csak a cementmalomok lényegesen hosszabb üzemidő utáni elvégzését, és
- ezzel a mindenkori malomtöltet lényegesen nagyobb állandóságának elérését.

A nagy kopásállóságú öntött örlőgolyók ki-fejlesztése és gyártása Cr-Mo-ötvözetű öntöttvason keresztül történt a teljesen Mo-mentes örlőgolyókig. Ezek a fejlesztési fokozatok nem csak azért voltak szükségesek, hogy a nagy szilárdságok elérése, finom szövetszerkezet és a Cr-karbidok egyenletes elosztása érdekében kohászati ismereteket szerezzünk, hanem piacgazdasági okai is voltak. Itt mindenekelőtt meg kell említeni azt a szükségszerűséget, hogy a Mo mennyiséget vagy minimálnunk, vagy teljesen helyettesítenünk kell, mivel az ehhez szükséges ferro-mo-

libdént nem szocialista rendszerből kell importálni, és ennek következtében a világpiaci árakat is figyelembe kell venni (4. ábra).

### 3. Az örlőtestkopás matematikai jellemzése

Az örlőtestkopás számítása a mindenkori méretosztály 50 egyedi golyómérése, tömegcsökkenésének meghatározásából adódik, mint a mindenkori idő, ill. cementmalom teljesítményének aritmetikai középértéke. E módszer alkalmazása azért volt lehetséges, mivel valamennyi méretosztályhoz tartozó örlőgolyó - tekintettel a kiindulási méretekre - mindig egyértelműen megkülönböztethető és az egész mérési időszakban nincs szükség utántöltésre.

A középértékek körüli szórás és e középértékek differenciája egyértelmű megállapításokat tett lehetővé arról, hogy az örlőtestek melyik örlőtestosztályhoz tartoznak. A mindenkori töltet valamennyi örlőtestnagyságának méréséből kiindulva  $t_n$  ill.  $m_z(t_n)$  üzemidő után 50 egyedi golyó meghatározott tömegcsökkenése a következő módon adódott:

$$\Delta \bar{m}_i(t_n) = \bar{m}_i(t_0) - \bar{m}_i(t_n) \dots [g] \quad (1)$$

Ha elosztjuk ezeket a  $\Delta m$  értékeket a cementmalmon áthaladó mennyiséggel  $m_z(t_n)$ , akkor megkapjuk az egyes golyók kopásértékeit (mkv):

$$mkv_i(t_n) = \frac{\Delta \bar{m}_i(t_n)}{m_z(t_n)} \quad [g/t \text{ cement}] \quad (2)$$

és ha megszorozzuk a töltetben levő golyók számával (i),

$$n_i = \frac{m_i}{m_i(t_0)} \quad (3)$$

akkor egy méretosztály összes kopása a következő alakban fejezhető ki:

$$MKV_i(t_n) = n_i \cdot mkv_i(t_n) \dots [g/t \text{ cement}] \quad (4)$$

Az egyes kamrák valamennyi  $MKV_i$  értékének összegzése megadja az  $MKV$  I. II. III. ( $t_n$ ) kopásértéket és ezzel a malom összes kopását:

$$MKV_{\text{össz}}(t_n) = \sum_{I.}^{III.} MKV(t_n) \quad [g/t \text{ cement}] \quad (5)$$

Ennek az  $MKV$ -értéknek  $\approx 50$  g/t cementet kell kitenni. A kopás összesített jellemzésének egy további paramétere a golyóátmérő csökkenése  $m_z(t_n)$  szerint, ami a következő egyenletekből adódik

$$m_i(t_0) = \frac{\pi}{6} \cdot \rho \cdot d_i^3(t_0)$$

$$m_i(t_n) = \frac{\pi}{6} \cdot \rho \cdot d_i^3(t_n)$$



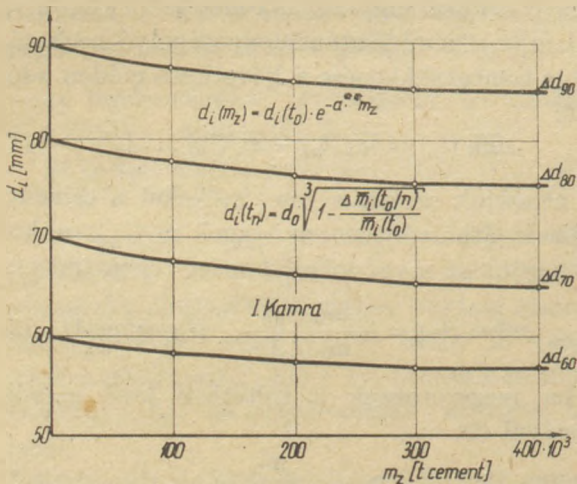
Az 1. sz. egyenletbe történő behelyettesítés és megoldás után  $d_i(t_n)$ -re adódik:

$$d_i(t_n) = d_i(t_0) \sqrt[3]{1 - \frac{\Delta m_i(t_n)}{m_i(t_n)}} \quad [\text{mm}] \quad (6)$$

További számítások az [1] és [2] sz. irodalmakban.

Az őrlőtestkopással egyidejűleg számolt átmérőcsökkenések a malomteljesítmény függvényében az I. sz. kamra őrlőgolyóira nagyobb értékeket mutatnak, míg a II. és III. kamráknál ezek a csökkenések lényegesen kisebbek. Ez megfelel az egyes kamrákban lejátszódó ütköző, gördülő és csúszó mozgás kopási folyamatainak is.

Az átmérőcsökkenés lefolyásának matematikai értékelése a malomteljesítmény függvényében  $d_i(m_z)$ , az I. sz. kamrában fellépő ütközési kopás (katarakt működés) esetében exponenciális egyenletet eredményez a következő formában: (5. ábra)



5. ábra. Átmérőcsökkenés az I. kamrában a cementtermelés függvényében:  $d_i(m_z)$

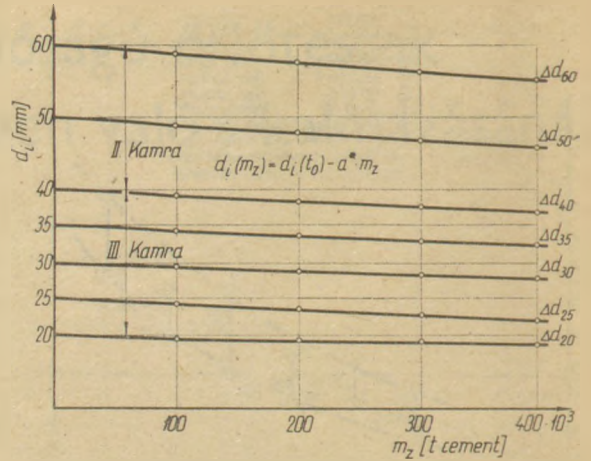
$$d_i(m_z) = d_i(t_0) e^{-a^{**} \cdot m_z} \quad (7)$$

A II. és III. sz. kamrákban az ott uralkodó gördülő, ill. csúszó kopási folyamatoknak megfelelően (kaszádhatás) az átmérőcsökkenések lineáris egyenletek formájában adódnak (6. ábra)

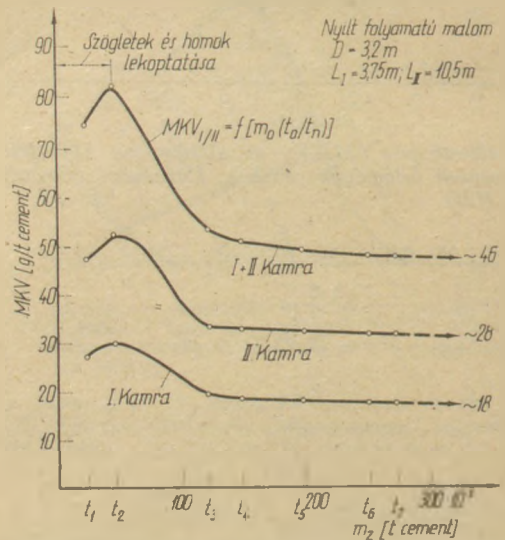
$$d_i(m_z) = d_i(t_0) - a^x \cdot m_z \quad (8)$$

#### 4. A kopásmérések eredményei

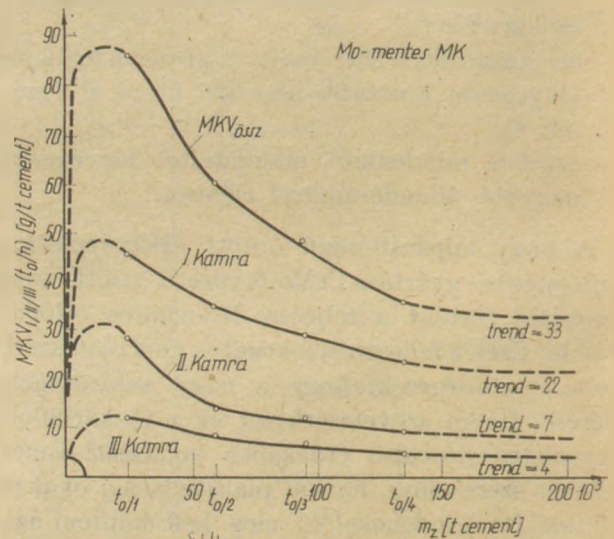
A CrMo-ötvözetű őrlőgolyókkal működő két-, és háromkamrás cementmalmokon elvégzett nagyszámú kopásmérés azt mutatta, hogy 37–40 g/t cement közötti kopásértékekkel a nemzetközi színvonal elérhető. Ez nem csak 2–3% Mo-



6. ábra. Átmérőcsökkenés a II. és III. kamrában a cementtermelés függvényében:  $d_i(m_z)$



7. ábra. Kétkamrás malom őrlőtestkopásának lefolyása ( $MKV_{I/II}$ ) a cementtermelés függvényében a trendérték feltüntetésével. Őrlőtest anyaga G-X 300 CrMo 15.3



8. ábra. Háromkamrás malom őrlőtestkopásának lefolyása ( $MKV_{I/II/III}$ ) a cementtermelés függvényében, a trendérték feltüntetésével. Őrlőtest anyaga molibdénmentes ötvözet.



tartalom esetén érvényes, hanem 0,7–1% Mo-tartalmú, ún. modifikált CrMo 12 2-ötvözetek esetében is. A cementmalmok első meghatározott kopásértékei, melyek teljesen Mo-mentes őrlőgolyókra vonatkoznak, 33–35 g/t cement közötti trend-értékeket eredményeztek (7. és 8. ábra). A számított őrlőtestkopás pontossága akkor adódik, ha az üzemidő, ill. a malomteljesítmény eléggé nagy, és fennáll annak lehetősége, hogy ezeket a méréseket viszonylag rövid időintervallumokban elvégezzük.

## 5. Megállapítások

Gravimetriás módszerrel elvégzett kopásmérések és az egyes golyókra, kamrákra és ezzel az összes kopásra elvégzett számítások olyan értékeket adtak, amelyek egyértelműen megfelelnek a nemzetközi színvonalnak. A matematikai megfogalmazás, valamint a kopásértékek, mint az átmérőcsökkenés és a mindenkori malomteljesítmény szerinti további jellemzők a továbbiakban utántöltési lehetőségek számítását engedik meg. Az első számítások a várható gazdaságossági hatásról – az eddig használt különböző ötvözésű kovácsolt őrlőgolyókkal való összehasonlításban – a VEB Zementkombinát részére már rendelkezésre állnak.

## I R O D A L O M

- [1] *Rösicke, H.*: Mahlkörperverschleiss bei der Zementmahlung mit hochverschleissfesten Cr-Mo-Mahlkugeln. Silikattechnik 32 (1981) 8 229–231
- [2] *Rösicke, H.*: Beziehungen des Verschleisses von Mahlkugeln in Zementmahlanlagen zu ihrer Gattierung-Silikattechnik 33 (1982) 4 110–112
- [3] *Rösicke, H.*: Massenverluste an hochverschleissfesten CrMo-Mahlkugeln infolge Verschleiss – Möglichkeiten ihrer optimalen Nachfüllung. Silikattechnik 33 (1982) 7 199–203

*Rösicke, H.*: Eredmények nagy kopásállóságú őrlőtestek cementőrlő berendezésekben való alkalmazásánál

A gravimetrikus módszerrel elvégzett mérések és azt követő számítások igazolják, hogy az őrlőtestkopás, vonatkoztatva az egyes golyókra, egyes kamrákra és így az összes kopásra, elérte a nemzetközi színvonalat (kb. 35 g/t). Ez lehetővé teszi a teljesítményhez igazodó utántöltés előre meghatározását. A molibdénmentes és molibdénmentes krómötvözetekre vonatkozó irányszámok a VEB Zementkombinát-nál rendelkezésre állnak.

*Резюме Х.*: Результаты применения мелющих тел повышенной износостойкости в цементном помольном оборудовании

Измерения, проведенные гравиметрическим способом, а также последующие расчеты, подтвердили, что изнашиваемость мелющих тел в расчете на один шар, на одну камеру, а также и общая изнашиваемость достигли международного уровня (примерно 35 г/т). Это дает возможность предварительного определения дополнительных загрузок (пополнения) мелющих тел, соответствующего производительности мельницы. Данные, касающиеся хромовых сплавов, с пониженным содержанием молибдена или же вообще не содержащих молибден, имеются у Цементного Комбината (ФЕБ).

*Rösicke, H.*: Ergebnisse bei der Entwicklung und beim Einsatz hochverschleissfester Mahlkugeln für Zementmahlanlagen

Die durchgeführten Verschleissmessungen nach dem gravimetrischen Verfahren und die nachfolgenden Berechnungen des Mahlkörperverschleisses für die einzelnen Kugeln, Kammern und damit für den Gesamtverschleiss ergaben Werte, die eindeutig den internationalen Stand (ca 35 g/t Zement) erreichen. Dies gestattet den den jeweiligen Zementdurchsätzen anpassenden Nachfüllprogramm vorläufig zu bestimmen. Richtwerte für molybdänarme und molybdänfreie Chromlegierungen liegen im VEB Zementkombinat vor.

*Rösicke, H.*: The Use of Grinding Media of High Wear Resistance in Cement Grinding Mills

Wear of grinding media was measured by the gravimetric method; the average was approx. 35 g/metric ton. This is approximately equal to international levels and enables the predetermination of output-influenced re-filling. Usually molybdenum-free or low-molybdenum chromium steel alloys are used in the German Democratic Republic (in VEB Zementkombinat) for the manufacture of grinding media.

# A talajfelszín alatti üregek megszüntetésére alkalmazott pernyebeton időállósága

ORBÁN JÓZSEF

Pollack Mihály Műszaki Főiskola, Pécs

## Előzmények

A PMMF Magasépítési Intézete 10 éve foglalkozik az erőművi pernyék építőipari hasznosításával, mely kutatómunka során több kutatóintézettel és építőipari vállalattal (ÉTI, EGI, SZIKKI, KOMÉP) együttműködve számos újszerű felhasználási technológia született és került ipari alkalmazásra. A pernyebetonok laboratóriumi és betontechnológiai vizsgálatainak eredményei — elsősorban a pécsi pernye alkalmazása esetén — nem egyeztek meg a korábban más kutatók által végzett vizsgálatok eredményeivel. Az eltérés főként a pernyebetonok kötőanyag szükségletének, belső kémiai stabilitásának, valamint időállóságának megítélésében jelentkezett.

A mélyépítés egyes területein, mint pl. a talajfelszín alatti üregek megszüntetésére alkalmazott pernyebeton tömedékanyag esetében, igen alacsonyak a szilárdsági követelmények, ezért az ilyen pernyebetonok időállóságát biztosító optimális kötőanyag szükségletet az 1960-as években kidolgozott — és ma is alkalmazott — számítási módok és elméletek felhasználásával nem határozhatjuk meg gazdaságosan, különösen a hidraulikusan gyengén aktív pernyék adalékanyagként való használata esetén.

## Pernyebeton alkalmazása a mélyépítésben

A talajfelszín alatti üregek megszüntetésére kidolgozott eljárás [1] mikrosejtesített pernyebeton tömedékanyagot alkalmaz, melyet mixergépkocsiban szállítanak a kivitelezés helyszínére és gravitációsan vagy betonszivattyú segítségével fúrólukon keresztül jutatnak az üregbe, ahol minimális vízleadása és kellő duzzadása révén a rendelkezésre álló teret kitölti.

Az eljárást 1974 óta több alkalommal alkalmaztuk a pécsi pince- és üregbeszakadások megelőzésére és felszámolására [2], felhagyott csatorna szakaszok likvidálására [3], bányabeli üregek

tömedékelésére, közművezetékek ágyazására [4], összesen mintegy 6000 m<sup>3</sup>-es mennyiségben. Sikeresen alkalmaztuk a mikrosejtesített pernyebetonot vízzel telt pincék megszüntetésére is, kontraktor betonozási technológiával.

A talajfelszín alatti nedves környezetben szilárduló mikrosejtesített pernyebetonnál figyelembe kellett venni, hogy pincék és üregek megszüntetésére szolgál, így az anyaggal szembeni elvárások mások, mint a hőszigetelő anyagként használatos pernye-gázbetonnál. A levegő CO<sub>2</sub>-jétől elzárt és a normálnál alacsonyabb hőmérsékleti körülmények között szilárduló pernyebeton kötőanyagszükségletét elsősorban nem a műszaki feltételekben megadott [5] szilárdsági értékek, hanem a beton belső kémiai stabilitása szabja meg, a környezeti viszonyoknak megfelelően.

A pernyebeton összetételét döntően az alkalmazott erőművi filterpernye fizikai (testsűrűség, fajlagos felület, vízfelvétel) és kémiai (hidraulikus aktivitás) tulajdonságai határozzák meg a megfelelő bedolgozhatóság és nyomószilárdság biztosítása mellett.

A friss pernyebeton összetétele (1 m <sup>3</sup> ):	
erőművi filterpernye:	780–900 kg
350 ppc 10, ill. 350 kspe 20:	140–180 kg
mészhidrát por:	20–60 kg
alumínium paszta:	0,2–0,3 kg
víz:	400–580 lit.

A friss beton testsűrűsége: 1460–1620 kg/m<sup>3</sup>

A folyós konzisztenciájú pernyebeton kötés előtti duzzadása kompenzálja az üregkörnyezet vízelzívó hatásából származó minimális térfogat csökkenést és ezáltal biztosított a talajfelszín alatti térbe injektált tömedékanyag üregkitöltő hatása a beton kötésének kezdetéig. A nagy fajlagos felületű erőművi filterpernye adalékanyaggal készült pernyebeton kedvező betontechnológiai tulajdonságokkal rendelkezik, (minimális vízleadás, jó injektálhatóság) továbbá nem ülepedik és megfelelő konzisztencia alkalma-



zása esetén az alumíniumpaszta gázfejlesztő hatása révén duzzasztható.

A megszilárdult pernyebeton a talajkörnyezetben nem veszi el víztartalmát, az üreg tagolt falával összecementálódik és a környezetével egyenértékű szilárdságot 7 nap alatt éri el. A korábban végzett helyszíni és laboratóriumi [6], [7], valamint az ÉMI alkalmassági vizsgálatainak eredményei [8] alapján megállapítottuk, hogy a pernyebeton szilárdsági értéke az idő függvényében állandóan növekszik, karbonizációs és zsugorodási jelenségeket nem mutat, pH-értéke pedig a talajfelszín alatti nedves, levegőtől elzárt körülmények között 11,2 fölé stabilizálódik. A kedvező vizsgálati eredmények ellenére a szakemberekben felmerült, hogy az ilyen nagymennyiségű pernyéből készített beton esetleg nem lesz időálló [9], [10], ezért szükségesnek tartották a pernyebeton szisztematikus vizsgálatát az időállóság megítélése céljából.

A pernyebeton alkalmassági vizsgálata és ennek eredményeire alapozott ellenőrző szilikát-kémiai számítások és következtetések olyan megállapításokat tesznek [8], mely szerint a pernyebeton tömedékanyagban a kötőanyag idővel leépül, ennek következtében szilárdságcsökkenés állhat be, és az anyag tönkremegy, ezért a pernyebeton 50 éves élettartama nem garantált. A kedvező kivitelezői és laboratóriumi eredményeink ellenére a pernyebetonnal történő üreg-megszüntetési eljárás széleskörű alkalmazását igen nagymértékben akadályozzák ezek a megállapítások és szakmai vélemények, melyek a SZEPESI K. által kidolgozott pernyebeton stabilitási elméleten [11] alapszanak.

A talajfelszín alatt szilárduló pernyebeton időállóságának megállapítására, valamint stabilitásának elméleti tisztázása érdekében szükségessé vált az alábbiakban ismertetett időállósági vizsgálat, melynek eredményei és tapasztalatai a mélyépítés területén foglalkozó mérnökök számára is hasznosíthatók.

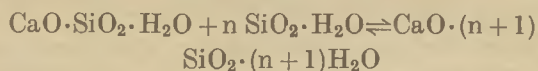
### Pernyebetonok időállósága

A mélyépítésben alkalmazott pernyebeton időállóságán azt a tulajdonságát értjük, hogy a szilárdulás során kialakult egyensúlyi állapothoz tartozó mechanikai és fizikai-kémiai jellemzőit a talajfelszín alatti környezetben tartósan megőrzi. A Minőségi Követelmények [8] alapján a tömedékanyag 50 év múlva is az üreg környezetével egyenértékű állékonyságot kell biztosítania, azaz minimum 1 MPa-os szilárdságot.

Ehhez az szükséges, hogy a pernye-cement-mész rendszerben a hidratáció során kialakuló kalciumszilikát- és kalciumaluminát-hidrátok stabilak legyenek, azaz ne legyenek hajlamosak spontán átalakulásra.

Egyes kutatók [11], [12] véleménye szerint a pernyebeton időállósága (stabilitása) elsősorban a beton belső egyensúlyi helyzete és a belső egyensúlyt befolyásoló külső hatások függvénye. Külső hatások alatt a CO<sub>2</sub>, atmoszférikus tényezők, valamint fagy és agresszív talajvizek hatását értik, míg a belső egyensúly a pernye-kötőanyag rendszer mészpuzzolán reakciójától függ.

Az erőművi pernye kioldható savanyú alkotórészei (SiO<sub>2</sub> és R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) reakcióba lépnek a kötőanyag mésztartalmával, mely reakció a környezeti hőmérsékleten kívül elsősorban a pernye hidraulikus aktivitásának függvénye. Az említett szerzők munkahipotézise szerint elméletileg elképzelhető, hogy bizonyos pernyeadagoláson felül a rendszerben már nem fog elegendő mész rendelkezésre állni a mész-puzzolán reakcióhoz, azaz nincs meg az ún. „kémiai egyensúly”. Ilyenkor az újabb hidratvegyületek kialakulása úgy megy végbe, hogy a már korábban keletkezett kalciumszilikát-hidrát vegyületektől vonják el a mész egy részét és az általuk feltételezett ún. „kalciumpoliszilikát-hidrátok” képződnek:



A cement hidratációja, ill. a pernye-mész reakció során keletkezett CSH-ból való mész (CaO) elvonás hatására a pernyebeton pH értéke 11 alá csökken, ami a korábban kialakult vegyületek stabilitását veszélyezteti és szilárdságcsökkenéssel jár. A kialakult laza felépítésű poliszilikátok vízben könnyen oldódnak, kevésbé ellenállóak az atmoszférikus tényezőkkel szemben és a CO<sub>2</sub> hatására kisebb szilárdságú vegyületekké bomlanak.

Különösen gyorsan megy végbe e káros folyamat akkor, ha a pernyebeton kevés cementtel vagy mésszel készül, mert ilyenkor a pernye-mész reakció folyamán már eleve mészben szegény szilikát- és alumináthidrát vegyületek képződnek [13]. Ezért a pernyebetonok időállóságának biztosítása érdekében az szükséges, hogy a mész-puzzolán reakció egyensúlyi állapotában olyan szabad mészfelesleg maradjon a rendszerben, amely mellett a pH érték 11-nél magasabb lesz [12].

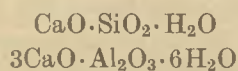
A pernyebeton stabilitási feltételeire vonatkozó munkahipotézis és ennek alapján végzett szá-



mítások gyakorlati alkalmazása igen nehéz feladatot jelent a gyakorló mérnök számára. Ennek bemutatására az alábbiakban ismertetjük a mélyépítésben alkalmazott pernyebeton belső kémiai egyensúlyának ellenőrzésére végzett számítás [9].

Az 1 m<sup>3</sup> pernyebetonhoz adagolt kb. 820 kg pécsi erőművi pernye reakcióképes hányada 10%, azaz 82 kg, melynek 2/3 része aktív SiO<sub>2</sub> (54,6 kg) és 1/3 része aktív Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (27,4 kg).

A pernye-mész reakciótermékek vegyületei:



A megfelelő molarányok és molekulatömegek figyelembevételével az 54,6 kg SiO<sub>2</sub> lekötéséhez 51 kg CaO, míg a 27,4 kg Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> lekötéséhez 45 kg CaO szükséges, tehát összesen 96 kg CaO-t képes megkötni a pernye.

A pernyebetonhoz adagolt 164 kg portland-cementből és 40 kg méshidrátból összesen 63 kg szabad CaO áll rendelkezésre, ha a cement hidratációja folyamán 20%, azaz 33 kg szabaddá váló CaO-val számolunk. Ennek figyelembevételével a pernyebetonban a szilárdulás kezdetén nincs a kémiai egyensúlyhoz szükséges szabad mésztartalom, sőt méshhiányos (-33 kg) a rendszer, ennek alapján hosszabb távra nincs biztosítva a pernyebeton stabilitása [9].

A pernyebetonok időállóságára vonatkozó kutató munkánkat az indokolta, hogy az ismertetett munkahipotézis alapján kimutatott méshhiány következményeit a mélyépítés területén folytatott több éves pernyebeton hasznosítási eredményeink nem igazolták. A kutatók által elfogadott és ma is alkalmazott elmélet szerint kimutatott méshhiányos pernyebetonban – vizsgálataink és gyakorlati eredményeink alapján – a polyszilikátok keletkezését és így szilárdságcsökkentő hatásukat kimutatni nem tudtuk.

A pernyebetonok stabilitását biztosító feltételekre vonatkozó elméletek [11], [12] elfogadását és gyakorlati alkalmazását nehezíti, hogy a munkahipotézis igen sok ellentmondást és feltételezést tartalmaz, melyek feloldására, illetve igazolására a pernyebetonokkal végzett későbbi kutatómunkák sem adnak választ.

Már korábbi kutatómunkák [14], [15] is foglalkoztak a pernyebetonok időállósági kérdéseivel. Megállapításaik szerint az alacsony méshhiánysággal (CaO = 4–8%) készült pernyebetonok szilárdsági értékei csökkennek, de ez a folyamat minden esetben legkésőbb 12 hónap után megáll és stabilizáció mutatkozik.

Vizsgálataik szerint a szilárdságcsökkenést a levegő széndioxid tartalmának a kalciumszilikát-hidrát kötőanyagra gyakorolt hatása okozta, mely hatás mélysége kb. 2 cm. Szilárdság visszaesést tömbbetonoknál, valamint a 15% cement adagolású pernyebetonoknál nem tapasztaltak, mivel a stabil kalciumszilikát-hidrátokat a CO<sub>2</sub> már nem tudta megbontani.

Igen lényeges az említett szerzők azon megállapítása is, miszerint a pernye-cement keverékben ha a felszabaduló mész nem bizonyul elégségesnek ahhoz, hogy a pernye számottevően részt vegyen a kötésben, akkor lényegében úgy viselkedik, mint valamilyen inert adalékanyag [15].

A talajfelszín alatt szilárduló cement és mész egyes kötőanyagú pernyebetonok belső kémiai stabilitását – a gyakorlati eredményeink alapján – a korábban elemzett elmélet [11] újraértelmezése [16] és az adott környezeti viszonyokat figyelembe vevő ártértékelése [17] után a kutatók az alábbiak szerint magyarázzák.

A CO<sub>2</sub> hatásától elzárt felszínalatti pernyebetonban a pernye – cement – mész rendszer magas pH értéke ha 10 alá csökken, úgy a pernyék aktivitása is csökken, mivel a pernye SiO<sub>2</sub> és R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tartalmának feltáródása a lúgos közeg pH értékének is a függvénye.

Végül beáll egy egyensúlyi állapot, mely után a pernye már nem reakcióképes a korábban keletkezett CSH rendszer CaO-jával [16].

A pernyeszemcsék felületén CSH és CAH<sub>10</sub> vegyületekből vékony kötőanyag hártya alakul ki, ez összecementálja a szemcséket és megfelelő mésztartalommal rendelkezik. Ebből a kötőanyag hártýából a tömör belső rétegek felé a Ca<sup>2+</sup> és OH<sup>-</sup> ionok diffúziója kis mértékű és a pernye-mész reakció időben elnyúlik, a megszilárdulás után a kémiai folyamatok évekig tartanak. Ezért a korábban ismertetett ellenőrző számítás (9) alapján kimutatott méshhiány a végső állapotra vonatkozik, feltételezve, hogy a pernye számításba vett aktív SiO<sub>2</sub> és R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tömege mind reakcióba lép [17].

A kutatók által adott – a korábbi elméletüket kiegészítő – magyarázatok már nagymértékben követik a talajfelszín alatti pernyebeton stabilitását meghatározó folyamatokat. Az elméletet azonban továbbra sem tartjuk alkalmasnak a mélyépítési pernyebetonok kötőanyag szükségletének és időállóságának meghatározására, mivel nagyon sok kérdésben nem ad megfelelő magyarázatot a gyakorlatban tapasztalt jelenségekre, pl. arra, hogy a pernyebeton pH értéke – akár hidraulikusan aktív (dorogi), akár nem aktív (pécsi)



pernyéket alkalmazva — nem csökkent 11,2 érték alá, pedig a pernye reakcióképessége egy idő után (kb. 1 év) gyakorlatilag teljesen megszűnt. Ezt a megállapításunkat alátámasztják a pernye-adalékos cementek időállóságának meghatározására végzett kutatások [18] eredményei is.

### Pernyebetonok időállósági vizsgálatai

Az időállósági vizsgálatainkkal nem csak a pernyebeton stabilitását akartuk meghatározni, illetve igazolni, hanem elméleti magyarázatot is kívántunk adni a talajfelszín alatt szilárduló pernye-cement-mész rendszer fizikai-mechanikai és kémiai tulajdonságait meghatározó hidratációs folyamatokra és mikroszerkezeti változásokra.

A mélyépítésben alkalmazott pernyebetonoknál a belső egyensúlyi feltételek mellett igen fontos a vízben való oldhatatlanság megőrzése, mivel a fellazult betonkő szerkezetből az átszivárgó talajvíz kimoshatja a beton lúgosságát biztosító  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -t, ami a beton tönkremeneteléhez vezethet. A laboratóriumi vizsgálatokat [19] ezért úgy terveztük, hogy képet kapjunk a pernyebetonok szilárdulási és hidratációs folyamatairól, másrészt meghatározzuk e folyamatok változásának irányát a tartós használat során várható behatások következtében.

Az időállósági vizsgálatokat [19] a SZIKKTI Cementosztályának laboratóriumában végeztük, felhasználva egyes kutatóknak [20], [21] a pernyeadalékos cementek és pernyebetonok időállósági vizsgálatára kidolgozott módszerereit és azok tapasztalatait.

A talajfelszín alatt szilárduló betonok időállóságának előrebecslésére szolgáló speciális módszer eddig még nem került kidolgozásra, mivel az időállóságra elsősorban légállóság, fagyállóság, hőkezelés és  $\text{CO}_2$  hatás alapján következtetnek, ami a mélyépítési tömegbetonoknál helytelen értékelést vonhat maga után. Ezért saját kutatásainkhoz olyan ún. „gyorsított öregítési módszert” kellett kialakítani, mely során a próbatestekben nem mennek végbe olyan elváltozások, amelyek a valóságban sem játszódnak le.

Ennek érdekében egyrészt fizikai-mechanikai és fizikai-kémiai vizsgálatokat végeztünk normál körülmények között (nedves térben) tárolt próbatesteken, másrészt a talajfelszín alatt várható időszakos vízelárasztási (kiszáradási és újradvedesési) folyamatok imitálására egy 120 ciklusból álló kísérlet sorozatot végeztünk, amely talajvízzel történő váltakozó elárasztásból, illetve

víz leengedésből állt. Ezenkívül vizsgálatainkhoz felhasználtuk a korábbi pince- és üregmegszüntetések pernyebeton tömedékanyagaiból utólag magfúrással kiemelt, illetve kivésett próbatesteket is.

Laboratóriumi vizsgálataink során pécsi és dorogi pernyéből készített próbatestekkel dolgoztunk, mivel — a kiválasztás egyik szempontja szerint — a dorogi pernyének nagy, míg a pécsi- nek viszonylag kicsi a hidraulikus aktivitása. A pernyék hidraulikus aktivitását a STEOPOE módszerrel meghatározott forró savban, illetve lúgban kioldható (aktív)  $\text{SiO}_2$  és  $\text{R}_2\text{O}_3$  tartalommal jellemeztük. A pernyék fajlagos (külső) felületét BLAINE-készülékkel, míg az összes (belső és külső) reakcióképes felületét BETOGRÁPH-készüléken argon adszorpcióval határoztuk meg.

A pernyék kémiai és fizikai jellemzőinek összehasonlításából (1. táblázat) kitűnik, hogy a pécsi pernyének igen nagy a külső fajlagos felülete, ugyanakkor az összes (külső és belső) felületének nagysága a doroginak a felét sem éri el. A pernyék felületi szerkezetének (morfológiai) vizsgálata során [22] kimutattuk, hogy a reakcióképes összes (külső és belső) felülete arányos a pernyék hidraulikus aktivitásával.

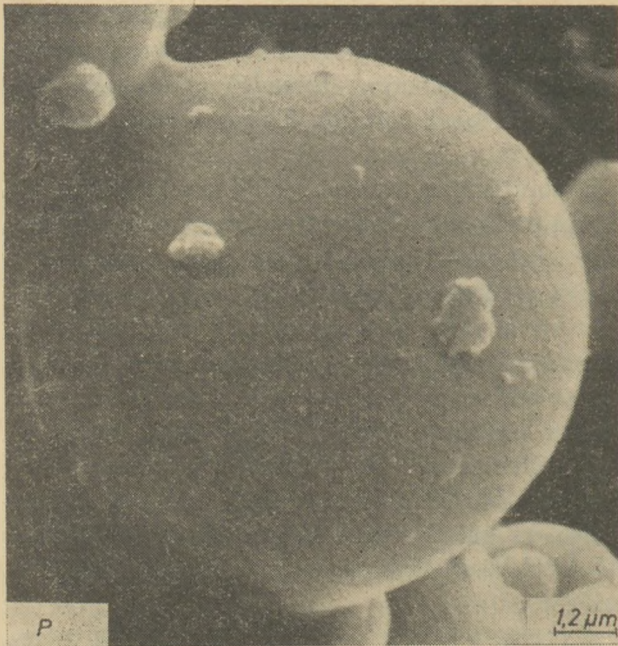
1. táblázat

Pernyék kémiai és fizikai jellemzői

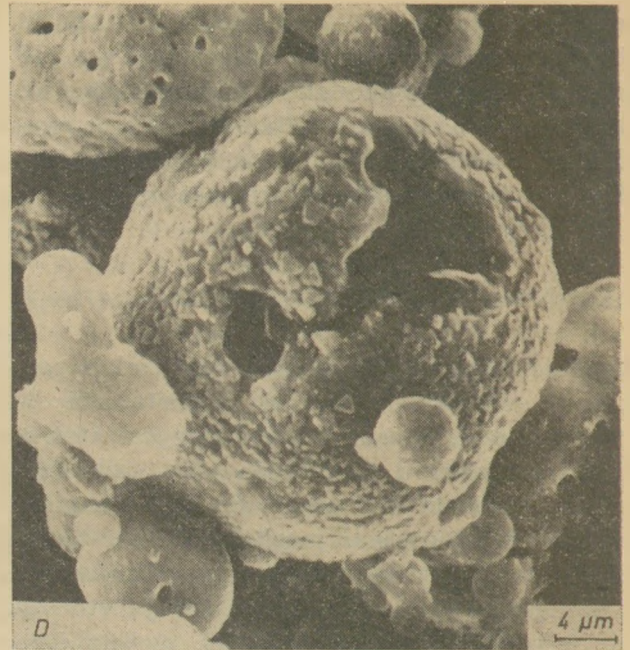
Jellemzők megnevezése	Pécsi pernye	Dorogi pernye
Kémiai összetétel, tömeg %		
$\text{SiO}_2$	53,80	42,92
$\text{Al}_2\text{O}_3$	23,60	28,98
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	7,20	10,85
$\text{CaO}$	2,20	6,72
$\text{SO}_3$	0,36	1,62
Aktív (kioldható) alkotórészek, tömeg %		
$\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3$	10,57	17,25
Fajlagos felület, $\text{m}^2/\text{kg}$		
BLAINE	590	270
BETOGRÁPH	2190	5750

A pécsi pernyére jellemző, hogy kis átmérőjű és zárt üvegolvadék burokkal rendelkező szemcsékből áll, mely szerkezeti felépítés az égési- és olvadási hőmérsékletekkel, valamint az illanó gázanyagoknak a pernye belsejében való viselkedésével magyarázható (1. ábra). A pernye belső üregei nincsenek összeköttetésben a felszínnel, így a mély-puzzolán reakciók az öröletlen pernye belső üregeiben — talajfelszín alatti környezetben, hőkezelés nélkül — nem is játszódnak le (2. ábra).





1. ábra. Pécsi pernye külső sima felülete 10 000×



3. ábra. Dorogi pernye külső üreges felülete 3000×



2. ábra. Hidratált pernye belső üregrendszer 2000×



4. ábra. Hidratált pernye belső üregrendszer 2000×

A dorogi és a többi hidraulikusan aktív pernyére az jellemző, hogy a belső üregrendszer a felszín felé nyitott (3. ábra), és a mész-puzzolán reakciókban a belső felület egy része is részt vesz (4. ábra).

A vizsgálatok próbatestjeit a gyakorlatban alkalmazott pernyebetonoknak megfelelő összetételű keverékekből készítettük, 1 m<sup>3</sup> betonra számítva az alábbiak szerint:

pécsi filterpernye	790 kg	dorogi filterpernye	860 kg
beremendi 350 ppe 10	180 kg	beremendi 350 ppe 10	180 kg
dorogi mészhidrát	40 kg	dorogi mészhidrát	40 kg
alumínium-paszta	0,2 kg	alumínium-paszta	0,2 kg
víz (folyós konz.)	510 lit.	víz (folyós konz.)	540 lit.

összesen: 1520 kg/m<sup>3</sup>      összesen: 1620 kg/m<sup>3</sup>



Pernyebetonok szilárdsági és fizikai-kémiai tulajdonságai

Beton jele	Nyomó szil. MPa	Szabad Ca(OH)-tömeg %	Izz. veszt. tömeg %	PH
P-3 n	—	2,11	9,61	12,25
P-7 n	2,18	1,45	10,45	12,25
P-28 n	7,00	0,39	12,42	11,80
P-90 n	17,53	0,36	17,41	11,60
P-180 n	19,60	0,33	17,07	11,50
P-60 c	16,53	0,55	16,75	11,80
P-120 c	19,40	0,33	16,65	11,50
P-8 é	15,60	0,37	17,18	11,60
D-3 n	—	3,62	8,97	12,30
D-7 n	3,65	2,37	10,83	12,30
D-28 n	11,53	0,61	12,97	11,85
D-90 n	16,90	0,59	17,29	11,60
D-180 n	17,60	0,52	16,86	11,60
D-60 c	16,53	0,67	16,07	11,80
D-120 c	16,80	0,55	16,08	11,70

Az 150×40×40 mm-es próbatesteket tömbbetonból való kifűrészeléssel állítottuk elő, és a vizsgálatokat 1, 3, 7, 28, 90 és 180 napos, illetve a helyszínről kivésett próbatesteken 8 éves korban végeztük el. A próbatestek egy részét 28 napos kortól kezdve ciklikus-talajvízzel történő elárasztással – „gyorsított öregítési” eljárásnak vetettük alá, majd megfelelő 30, 60, 90 és 120 ciklusszám után az alábbi vizsgálatokat [19], [22] végeztük el:

- fizikai-mechanikai tulajdonságok meghatározása
- fizikai-kémiai jellemzők meghatározása
- derivatográfus termoanalitikai vizsgálatok
- röntgendiffraktométeres hidratációs fok vizsgálatok
- infravörös spektrográfias fázisanalízis
- scanning elektronmikroszkópos mikrostruktúra vizsgálatok
- elektronsugaras röntgen mikroanalízis.

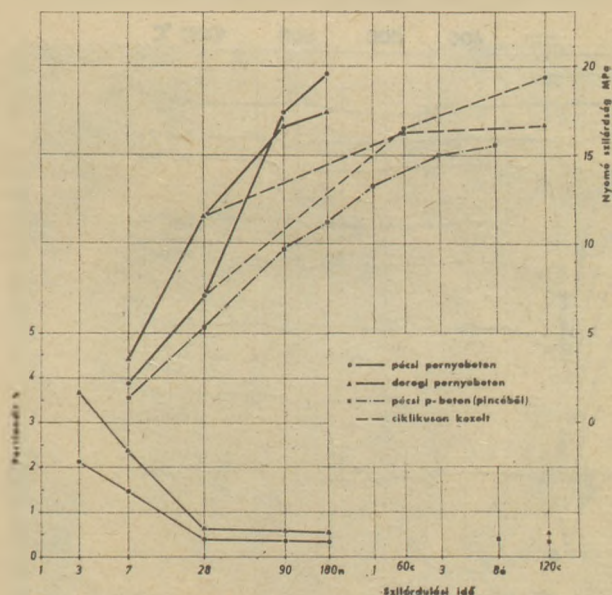
### Vizsgálati eredmények és értékelésük

A vizsgálati eredmények egyszerű áttekinthetősége érdekében a betonokat egységes jellel láttuk el, mely szerint a pécsi – P, dorogi – D jelölést kapott, valamint a vizsgálat időpontját a megfelelő napok, évek, illetve ciklusok számával jelöltük a táblázatban és az ábrákon egyaránt. Ennek megfelelően:

- P – pécsi pernye  
 P – 120 c – pécsi pernyebeton 120 ciklus után  
 D – 180 n – dorogi pernyebeton 180 napos korban

A pernyebetonok szilárdsági és fizikai – kémiai tulajdonságai közül a legfontosabb vizsgálati eredményeket a 2. táblázatban, illetve az 5. ábrán ismertetjük, melyekből az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

A pernyebetonok szilárdsága 90 napos korig intenzíven, majd utána is folyamatosan növekszik. A talajfelszín alól utólag kivésett próbatestek szilárdsága az alacsonyabb hőmérsékleti viszonyok miatt nem éri el a megfelelő korú laboratóriumban tároltakét. A ciklikusan kezelt próbatestek szilárdsági értékei csak kismértékben maradnak el a kezeletlenektől. A dorogi pernyebetonban – a pernye nagyobb aktivitása következtében – a pernye-mész reakció a pécsi-



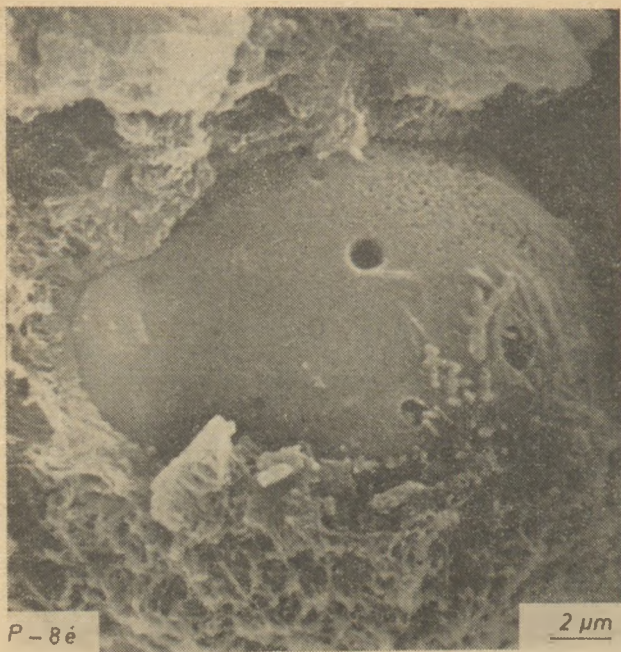
5. ábra. Pernyebetonok szilárdságának és portlandittartalmának változása a szilárdulási idővel

hez képest gyorsabban megy végbe és 90 nap után már csaknem befejeződik.

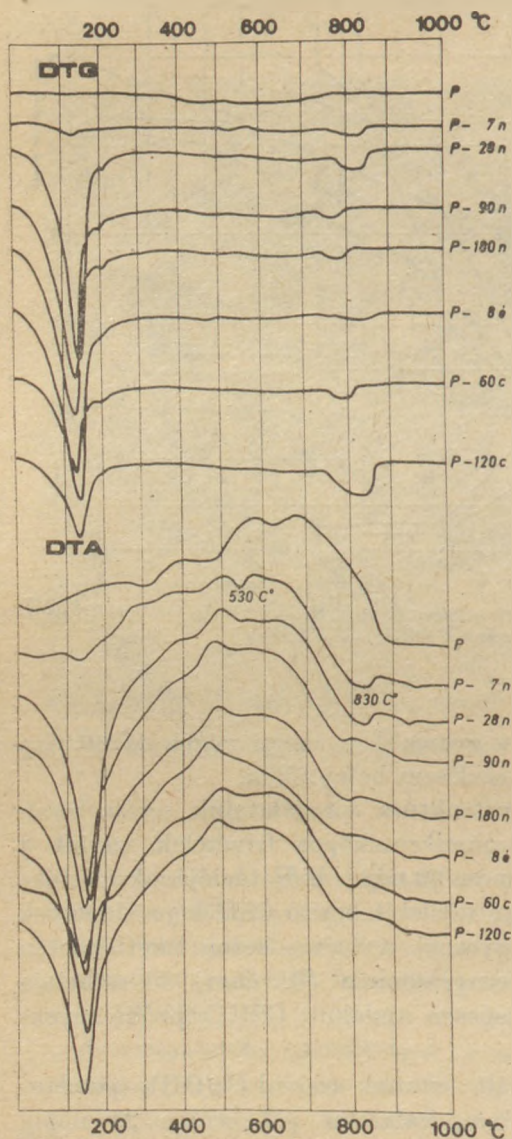
A mikrostruktúra vizsgálataink során készített elektronmikroszkópos felvételek szerint a pernyeszemcse 90 napos hidratációjának mértéke és a pernye felületét borító CSH képződmények már megegyeznek a 8 éves beton töretfelületén látható pernyeszemcse (6. ábra) hidratációja során véglegesen kialakult CSH képződményekkel.

A vizsgált betonok szabad Ca(OH)<sub>2</sub> (portlandit) tartalma, valamint pH értéke 28 napig intenzíven csökken, utána gyakorlatilag állan-





6. ábra. 8 éves hidratálódott pernye töretfelülete 6000×



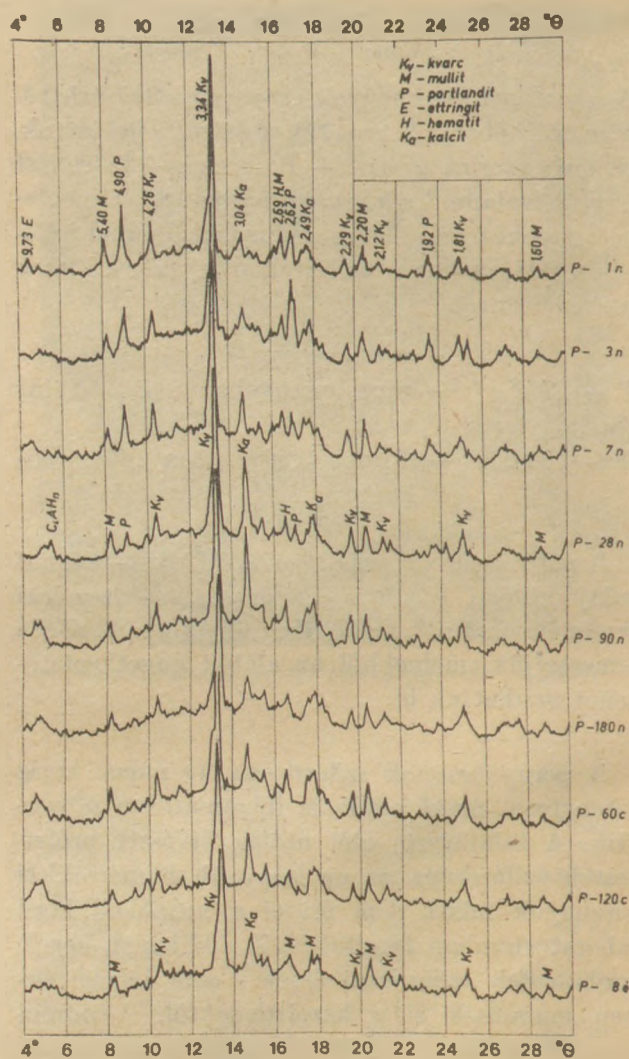
7. ábra. Pécsi pernyebetonok derivatogramjai

dószul. A több éves váltakozó vízelárasztással egyenértékű 120 ciklussal kezelt és a 8 éves próbatestek pH értékei sem csökkentek 11,5 érték alá, ami a vizsgált pernye-cement-mész rendszer nagyfokú stabilitását jelenti.

A termoanalitikai vizsgálatok derivatogramjaiból megállapítható, hogy a ciklikusan kezelt pernyebetonokban ugyanazok a hidratációs vegyületek alakultak ki, mint a normál körülmények között tároltaknál. A pécsi pernyebetonban a portlandit jelenléte (520–530 °C) még 180 napos korban is kimutatható (7. ábra).

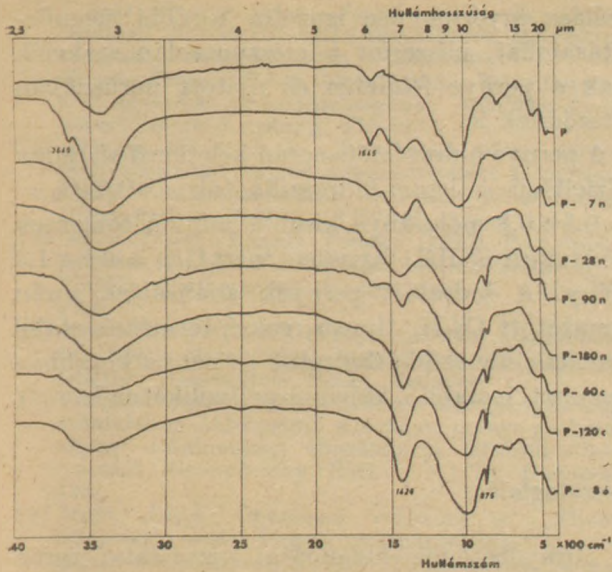
A 8 éves pernyebetonban a karbonizációs jelenségek (800–830 °C) alig mutathatók ki, ami igazolja a talajfelszín alatt szilárduló pernyebeton CO<sub>2</sub>-tól mentes környezeti körülményeit.

A röntgendiffraktométerrel végzett vizsgálatokból (8. ábra) gyakorlatilag ugyanazok a hidratációs folyamatok és jelenségek mutathatók ki a pernyebetonokban, mint a termoanalitikai vizs-



8. ábra. Pécsi pernyebetonok röntgendiffraktogramjai





9. ábra. Pécsi pernyebeton infravörös szinképei

gálatoknál. Ennek megfelelően a 2,62 és 4,90  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  portlandit mennyisége a pernyebeton hidratációjának előrehaladtával csökken, ugyanakkor a 3,04  $\text{CaCO}_3$  kalcit mennyisége növekszik.

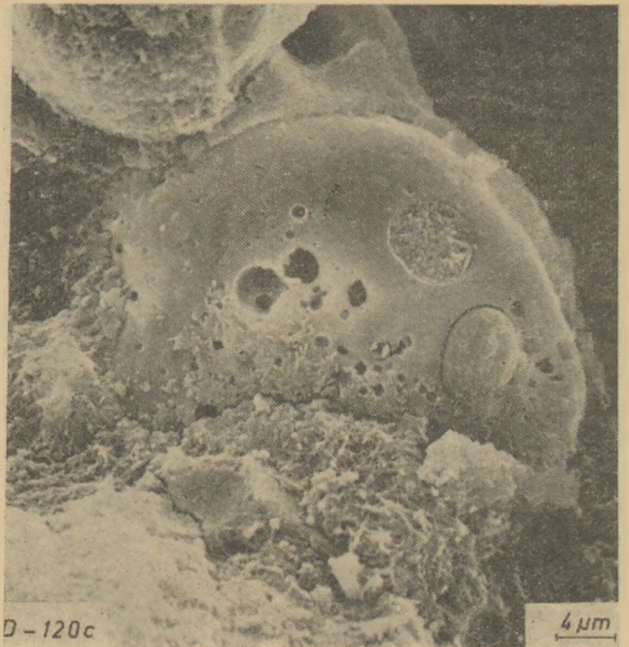
Az infravörös spektroszkópiai vizsgálatok szinképeiből (9. ábra) kimutatható, hogy a hidratációs idő és a kötés előrehaladtával csökken a  $3640\text{ cm}^{-1}$ -es hullámszámú  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  sáv intenzitása, ugyanakkor erősödnek a  $\text{CaCO}_3$ -ra jellemző  $1420$  és  $875\text{ cm}^{-1}$  hullámszámú sávok. A vízmolekulák kötésének változását jelzi az  $1645\text{ cm}^{-1}$ -es sávok gyengülése.

A szinképek időben történő változása alapján megállapítható, hogy a hidratációs folyamatok 90 nap, illetve 60 ciklus után gyakorlatilag befejeződnek és a ciklikus talajvízes kezelés a pernyebeton szerkezetében kimutatható elváltozásokat nem okoz.

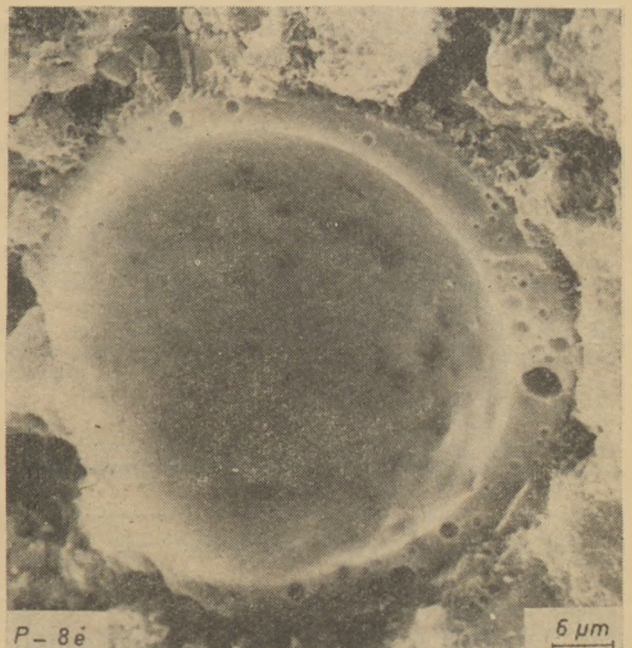
A pernyebetonok pernye-cement-mész rendszerének vizuális vizsgálatára scanning elektronmikroszkópot alkalmaztunk, így konkrét képet kaptunk a pernyék hidratációja során végbe menő mikrostruktúra változásokról (10. és 11. ábra).

A dorogi pernye törésfelületén és a felszín felé nyitott üregeiben jól megfigyelhetők a pernye-mész hidratációjának kalcium-hidroszilikát és -hidroaluminát termékei. A tobermorit képződményekhez hasonló,  $1-2\ \mu\text{m}$  hosszúságú fonalszerű kristályok a pernyeszemcse felületének nagy részéről a pernyebeton törése közben leváltak.

A pécsi „cenoszfér” típusú üreges pernye törésfelületén jól látható, hogy pernyének csak



10. ábra. Dorogi hidratálódott pernye törésfelülete  $3000\times$

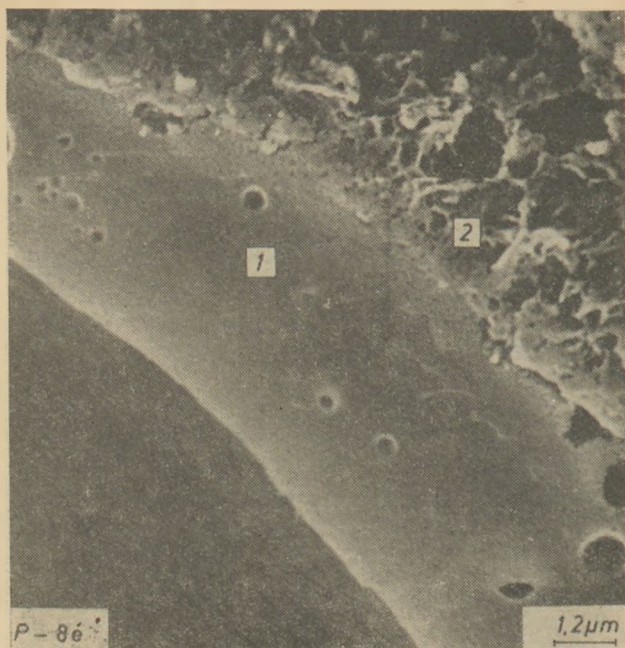


11. ábra. Pécsi hidratálódott pernye törésfelülete  $2000\times$

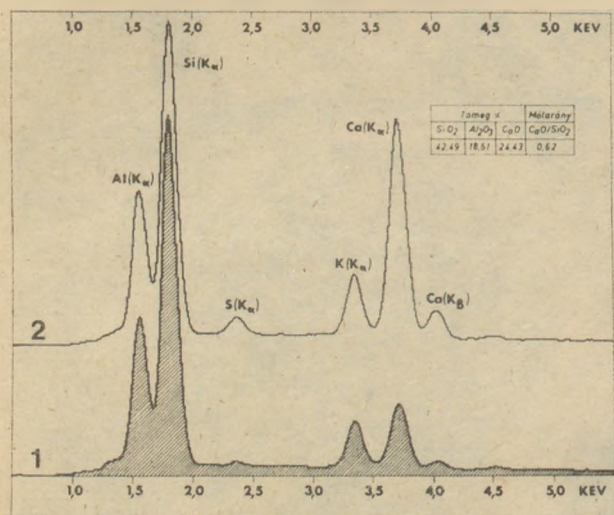
a külső felszíne hidratálódott. A pécsi pernyénél minden esetben megfigyelhető, hogy a hidratációs jelenségek a belső, zárt üregekben nem jelentkeznek.

Igen lényeges az a megállapítás [22], mely szerint a vizsgált pécsi pernyebetonban az erőművi pernyéknek csak az  $1\ \mu\text{m}$  felületi rétege vesz részt a mész-puzzolán reakcióban. A pernyeszemcséknek csak az a külső és nyitott felülete lép reakcióba a mésszel, mely felületek a kezdeti állapotban a  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  számára elérhetők, így a pernye belső rétegeiben elhelyezkedő potenciál-





12. ábra. Hidratálódott pernye gömbfelülete 10 000 ×



13. ábra. Pernyebeton röntgen energiaspektrumai

lisan aktív SiO<sub>2</sub> és R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> részecskék a pernye-mész reakcióban nem vesznek részt. Természetesen ez az állapot a pernyék őrlésével, illetve a pernyebetonok hőkezelésével megváltoztatható.

A scanning elektronmikroszkópos morfológiai vizsgálatainkat kiegészítettük elektronsugaras röntgen mikroanalízissal, melynek segítségével lokális információkat kaptunk a vizsgált pernyebeton szerkezeti részek és hidratációs képződmények (12. ábra) kémiai összetételéről.

A mikroanalízis során az energiaspektrumokat (13. ábra) a pernyebetonok törésfelületén vettük fel a vizsgált pernye anyagának 1 jelű, valamint a pernye hidratálódott felületének 2 jelű pontjában. A pernye anyagának mikroana-

lizálása egyértelműen igazolta korábbi megállapításainkat, miszerint a mészpuzzolán reakciók csak a pernye felületén és nyitott pórusokban játszódnak le.

A pernye hidratációja során keletkező alacsony bázicitású kalcium-hidroszilikátok CaO/SiO<sub>2</sub> = 0,5 ÷ 0,8 molaránya kisebb, mint a cementek tobermorit CSH(I) fázisában mért C/S = 0,8 ÷ 1,5 arány. A hidratált pernyék analizálása során kimutatott CS<sub>2</sub>H<sub>n</sub> típusú reakciótermékek stabil hemikalcium-szilikáthidrátok és nem a korábban elemzett instabil „kalcium-poliszilikátok”.

## Összefoglalás

A pernyebetonok időállósági vizsgálatait során kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a talajfelszín alatt szilárduló mikrosejtesített pernyebeton stabilitása és időállósága megfelelő, szilárdsága pedig messze meghaladja a megkívánt értéket. A pernye-cement-mész összetételű pernyebetonok a pincék és üregek megszüntetésére, valamint közművezetékek ágyazására rendeltetészerűen, a későbbi károsodás veszélye nélkül alkalmazhatók.

## Következtetések:

1. Az erőművi pernyék aktivitásában és hidratációjuk kezdeti szakaszában a felületi és szerkezeti (morfológiai) tulajdonságok játszódnak az elsődleges szerepet a kémiai reakcióképességgel és a kioldható aktív SiO<sub>2</sub> és R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tartalommal szemben.
2. A pernye-mész reakció a pernyeszemcsék külső felületén és a kifelé nyitott pórusainak felületén játszódik le, mintegy 1 μm vastagságú rétegben.
3. A pernye-mész reakció során keletkező kalcium-hidroszilikátok C/S molaránya (0,5 ÷ 0,8) kevesebb, mint a korábban feltételezett (0,8 ÷ 1,0) érték, de ez nem vonja maga után a rendszer instabilitását.
4. A hazai kutatók által korábban feltételezett poliszilikátok a talajfelszín alatt szilárduló pernyebetonban nem keletkeznek.

## I R O D A L O M

- [1] Eljárás talajfelszín alatti üregek megszüntetésére. Szolgálati találmány (1974) 168 429 számú szabadalom.
- [2] Kaszás Ferenc – Orbán József: (1975) Eljárás a pécsi pincék és üregek megszüntetésére pernyegázbetonnal. Mélyépitéstudományi Szemle 3. sz. p. 127 – 135.



- [3] *Kaszás Ferenc – Orbán József* (1978) Pernyegázbetonnal történő föld alatti üregkitöltés. Mélyépítéstudományi Szemle 6. szám p. 252 – 256.
- [4] *Kaszás Ferenc – Orbán József*: (1982) Közművezeték-ek ágyazása pernyegázbetonnal. Mélyépítéstudományi Szemle 6. szám p. 274 – 277.
- [5] Műszaki feltételek a „Talajfelszín alatti üregek pernyebetonnal történő megszüntetésére kidolgozott eljárás” alkalmazásához. Műszaki Alkalmassági Bizonyítvány. ÉMI. A – 1/77. Budapest, 1981.
- [6] *Orbán József – Kaszás Ferenc*: (1977) Pernye-gázbetonos tömedékelési eljárás kutatási eredményei. PMMF. Tudományos Közleményei p. 163 – 184. Pécs
- [7] *Orbán József*: (1979) Pernye-gázbeton alkalmazása talajfelszín alatti üregek megszüntetésére. Egyetemi Doktori Disszertáció BME, Budapest
- [8] Vizsgálati jegyzőkönyv a „Felszín alatti üregek megszüntetésére kidolgozott eljárás és pernye-gázbeton anyag” alkalmassági vizsgálatáról. Műszaki Alkalmassági Bizonyítvány ÉMI. A – 1/77. Budapest, 1981.
- [9] *Majer János*: Opponensi vélemény az „Eljárás talajfelszín alatti üregek megszüntetésére” c. szolgálati találmányról. PMMF Tudományos Tanácsülés, Pécs 1975.
- [10] Zárójelentés az „Eger és Pécs pince-üregrendszerei megerősítésének, illetve megszüntetésének” c. tervpályázat bírálatáról. Budapest, 1977.
- [11] *Szepesi K. – Majer J.* (1963) A hagyományostól eltérő összetételű betonok stabilitása. ÉaKKI. 138 – 61. sz. Kutatási jelentés
- [12] *Szepesi K. – Majer J.* (1960) Hazai porszénhamu fajták építőipari felhasználásának lehetőségei. ÉaKKI 139 – 60. sz. Zárójelentés
- [13] *Majer János*: (1972) A betonok belső, kémiai egyensúlyi állapota. Kémiai és technológiai ismeretek. p. 143 – 145. Tankönyvkiadó, Budapest
- [14] *Schiitz Mihály – Szilágyi I.* (1956) A 100 °C-on aluli gőzzel szilárdított mész-pernye kövek időállóság vizsgálatának eddigi eredményei. ÉTI. Kutatási jelentés. Téma sz.: 222.
- [15] *Schiitz M.*: (1960) A pernyebeton anyagtulajdonságainak és időállóságának vizsgálati eredményei. Építőanyag 10. szám p. 373 – 380.
- [16] *Szepesi Károly*: (1982) A pernye-cement-mész rendszerek belső egyensúlyi feltételei és állapota. Személyes közlés.
- [17] *Majer János*: (1982) A pernye-mész rendszerek időállóságát meghatározó tényezők vizsgálata. Szakértői vélemény.
- [18] *Kovács Róbert*: (1975) Pernyeadalékos cementek hidratációs folyamatai és időállósága. Építőanyag. 10. sz. p. 375 – 381.
- [19] *Kovács Róbert – Orbán József*: (1982) Pernyebetonok időállósági vizsgálata. SZIKKTI. 20 – 1 – III/156. sz. kutatási zárójelentés, Budapest
- [20] *Kovács Róbert*: (1971) Pernyeadalékos cementek időállóságának vizsgálata. SZIKKTI. 1 – 21/69. sz. kutatási jelentés Budapest

- [21] *Majer János*: (1979) Pernye-gázbeton tömedékanyag időállósági vizsgálata. ÉTI. 1639. sz. kutatási jelentés Budapest
- [22] *Orbán József*: (1982) Erőművi pernye építőipari alkalmazása PMMF. SzMMA 81 – 8. sz. kutatási jelentés, Pécs

**Orbán József: A talajfelszín alatti üregek megszüntetésére alkalmazott pernyebeton időállósága**

A kutatómunka vizsgálja a talajfelszín alatt szilárduló pernyebeton hidratációs folyamatai és a pernyék szerkezeti, morfológiai tulajdonságai közötti összefüggéseket.

Meghatározza a mélyépítésben alkalmazott mikrorejtegesített pernyebeton időállóságát, valamint a műszaki követelményeket kielégítő és a kémiai stabilitást biztosító kötőanyag szükségletet.

**Orбан, И.: Долговечность зольных бетонов, примененных для устранения пустот под верхним грунтовым слоем**

Была исследована взаимосвязь между процессами гидратации зольных бетонов, твердевших под верхним грунтовым слоем, и структурными, морфологическими свойствами вол.

Были определены долговечность микроячеистого зольного бетона, примененного в подземном строительстве, а также потребность вяжущего вещества, удовлетворяющего технические требования и химическую стабильность.

**Orbán, J.: Beständigkeit des Flugaschebetons zwecks der Einstopfung der Hohlräume unter der Bodenfläche**

In der Arbeit wurden die Zusammenhänge zwischen den Hydratationsprozessen der unter der Bodenfläche erhärtenden Flugaschebetons, und den strukturellen, – morphologischen Eigenschaften von Flugaschen untersucht. Es werden die Beständigkeit des in dem Tiefbau angewandten microzelligen Flugaschebetons, sowie der die chemische Stabilität sichernde Bindemittelbedarf bestimmt.

**Orbán, József Durability of Fly Ash Concrete Used for the Filling of Underground Cavities**

Flyash-containing concrete is often used in Hungary for the filling of underground cavities. The hydration of flyash-containing concrete was studied to determine the effects of structure and morphology of flyash on the durability of concrete with special emphasis to microcellular concrete. The binder demand to obtain chemical stability was determined.

# A Balaton-környék negyedidőszaki képződményeinek építésföldtani jellemzése

BOROS JENŐ—CSERNY TIBOR

Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest

Magyarország legnagyobb üdülő- és idegenforgalmi területe a Balaton-környéke, melynek tervszerű fejlesztését és rendezését az 1960-as évek elején kezdték meg. Így nem véletlen, hogy hazánkban az építésföldtani térképezés első területe a Balaton üdülőkörzet lett.

A térképezett terület nagysága 779 km<sup>2</sup>. Az 1980-ban befejezett térképezési program keretében a parti terület 4–6 km-es sávjáról 15 térképváltozatból álló 1:20 000-es méretarányú építésföldtani térképsorozat készült el.

A térképezés folyamán 2469 kis mélységű fúrás (5–15 m) mélyült, közel 30 000 fm összmélységgel. A fúrásokból és egyéb feltárásokból földtani, talajmechanikai, kőzetfizikai, vízminőségi vizsgálatok készültek. Jelentős szerepe volt a geofizikai méréseknek is.

A Balaton környéki negyedidőszaki üledékeket kor szerint idős és fiatal pleisztocénre, illetve holocénre választottuk szét. Ezek a képződmények genetikai, kőzettani és fizikai-mechanikai tulajdonságaik alapján nagyon változatosak.

## 1. Idős pleisztocén képződmények (ó-pleisztocén emelet)

A terület legidősebb pleisztocén lerakódásai a folyóvízi képződmények. A vízfolyások északról dél felé tartottak, anyaguk elsősorban kavicsos homok. A keleti és a déli parton több helyen előfordulnak 150–180 m és 200–220 m tengerszint feletti magasságban. Az üledékek keleten általában a felszínen található, míg délen az építésföldtani fúrások tárták fel. A köröshegyi téglagyári feltárás gazdag gerinces és puhatestű faunája (*Kretzoi M.* és *Krolopp E.* meghatározása) a kavicsos homok idős pleisztocén korát igazolta.

Az idős pleisztocén rétegek másik képviselője az eluviális (helyben maradt, mállott) agyagos kőzetliszt, melyet „vörös és tarka agyag”-ként az ország más vidékeiről (pl. Mecsek hegység) is leírtak. Kora az említett analógia és helyzete

alapján minősül alsó pleisztocénnek. A területen csak rétegfoszlányokban, igen kis területi elterjedésben (Nagycsepely, Zamárdi környéke) ismeretes. A réteg vastagsága elérheti a 20 m-t, de a 3–5 m-es értékek a jellemzőbbek.

Az idős pleisztocén képződmények területi elterjedése kicsi, ezért viszonylag kevés mintát sikerült begyűjteni és megvizsgálni. Az anyagok jó fizikai-mechanikai paraméterekkel rendelkeznek, nedvességtartalmuk alacsony, fajsúlyuk aránylag alacsony (2,6 g/cm<sup>3</sup> körül), tömörek, igen képlékenyek, de kemények, az egyirányú nyomószilárdság alapján a merev – rendkívül merev talajok közé sorolhatók ( $\sigma_{ny} = 0,12 - 0,65 \text{ N/mm}^2$ ).

## 2. Fiatal pleisztocén képződmények (felső-pleisztocén emelet)

A felső-pleisztocénban a nagy porhullást megelőzően és azzal egyidőben folyóvízi tevékenység is volt. Az alsó-pleisztocén óta tartó lepusztulás (az erős defláció és erózió) völgyeket hozott létre, melyekben északról dél-délkelet felé tartottak a folyók. Ezek energiája már kisebb volt, mint idősebb elődeiké. Ennek bizonyítéka, hogy a durva törmelékanyag mennyisége lecsökkent és az árterek mocsaras területein szerves anyag, tőzeg is felhalmozódott. A folyóvízi tevékenység legfontosabb képződményei a homokos-kavicsos lerakódások. Területileg a Balaton partvidékének északkeleti harmadában és a Zala torkolat környékén található, általában 110–140 m tszf-i magasságban. A folyóvízi rétegek maximális vastagsága a területen található negyedidőszaki képződményekhez viszonyítva jelentős, a 20 m-t is eléri, de a 3 m vagy ennél kisebb értékek a jellemzőbbek.

Az északi parton a proluviális (= időszakos vízfolyások által szállított) törmelékkúpok a hegységek előterében, a völgyek torkolatában igen változatos szemcse és kőzettani összetételű lerakódásokat alkotnak. A törmelékkúpok anyaga



a közeli háttérterületről származik, az alaphegység szilárd kőzeteinek törmelékanyaga keveredik a felső-pannóniai laza üledékekkel (homokkal, kőzetliszttel). A törmelékanyag rövid szállítást szenvedett, amit a koptatottság hiánya és részben osztályozatlansága bizonyít. A törmelék-kúpok felső-pannóniai és perm-triász üledékekre települnek 115–155 m tszf-i magasságban. Vastagságuk általában 1–5 m, ritkán eléri a 10 m-t.

A folyóvízi és proluviális eredetű üledékek laboratóriumban meghatározott fizikai-mechanikai tulajdonságait a mintavételezési nehézségek miatt kevésbé ismerjük. Keletkezési körülményeik miatt fizikai paramétereik igen változékonyak.

A felső-pleisztocén legfontosabb képződménye a lösz, ami a terület jelentős részét (elsősorban a déli partot) borítja. A lösz-összletet genetikailag eolikus-deluviálisnak tartjuk, mivel a két folyamat szorosán összefonódik, közel egyenlő mértékben érvényesül és az esetek többségében szétválaszthatatlan. Az összlet legfontosabb jellemzője, hogy erősen homokos, a típusos lösz ritka. Az északi parton erősen törmelékes lösz is található. A törmelék és kavics – igaz, jóval kisebb méretben – a déli parton is mindenütt megtalálható a löszben, „kavics-zsinórok” formájában. A torrens eredetű ún. „zápor-kavicsok” bizonyítják a déli part közvetlen kapcsolatát a pleisztocénban az északi területekhez. A lösz-összlet gyakran tartalmaz fosszilis talajsziroteket, melyekben az agyagtartalom ugrásszerűen nő. A lösz-összlet vastagsága néhány m-től 30 m-ig terjed, mindig a szélárnyékos helyen vastagabb. Megfigyelhető továbbá, hogy déli irányban a Balatontól távolodva a dombtetőkön, a szemcseösszetétel finomodása mellett, a vastagsági értékek is nőnek.

A lösz-összlet fizikai-mechanikai tulajdonságai jól ismertek, mivel nagy területi elterjedésű, jelentős vastagságú és a felső-pannóniai üledékek után a legrészletesebben vizsgált képződmény. Nedvességtartalma változatos (3–38%) általában alacsony és közepes, mert ritkán helyezkedik el a talajvíz tükre alatt. Hézagtényezője 0,37–0,88 között változik, leggyakrabban 0,6 körül van, általában nem makroporozus, így nem roskadásveszélyes. Fajsúlya 2,65–2,70 g/cm<sup>3</sup> változik, csak a fosszilis talajszirotekben fordulnak elő kisebb (2,50 g/cm<sup>3</sup>-es) értékek. Térfogatsúlya változékonyabb: 1,72–2,20 g/cm<sup>3</sup> közötti értékek ismertek igen rendszertelen eloszlásban. Általában nem képlékeny, kivéve a fosszilis talajsziroteket, melyek anyag- és szervesanyag-tartalmuk miatt képlékenyek. Ezzel magyarázhatók a statisztikai feldolgozásban elő-

forduló nagyobb értékek ( $I_p = 4-32\%$ ). Konzisztencia-indexe alapján, az esetek többségében félkemény, ritkábban sodorható és csak elvétve lágy. A belső súrlódási szög 7–40° között változik, a kohézió az egyirányú nyomás vizsgálatakor 0,010–0,072 N/mm<sup>2</sup> közé esett, míg ez az érték a gyors-nyírás esetében 0,026–0,095 N/mm<sup>2</sup> között volt. Egyirányú nyomószilárdsága is rendkívül nagy értéket adott, nagyon ritkán fordult elő 0,1 N/mm<sup>2</sup> alatti érték. A lösz tehát keménynek és nagyon merevnek minősül ( $\sigma_{ny} = 0,035-0,950$  N/mm<sup>2</sup>) ez feltehetően nagy mésztartalmának következménye.

A lösz után, jelentőségüket és elterjedésüket tekintve, a deluviális (= mállott, átmozgatott) képződmények fontosak. Kőzettanilag igen változatos összetételűek, mindig a környező területek anyagaiból épülnek fel. A felső-pleisztocénban a felszín már elég tagolt volt, nagy relief energiával rendelkezett. Ezért intenzív lepusztulás ment végbe, de a kőzetanyag csak kis távolságra halmozódott át. Ezek a képződmények típusos lejtőüledékek, előfordulási helyeik a völgy-, hegy- és domboldalakhoz, valamint azok talpához, illetve lábához kötődnek. Elsősorban a lösz és a homokos-kőzetlisztes felső-pannóniai képződmények halmozódtak át, de az északi területeken erősen keveredtek az alaphegységből származó kőzettörmelékkel. Helyenként a szilárd kőzetek törmelékei jelentős vastagságot is elérnek, de ebben az esetben is tartalmaznak agyagos-homokos kötőanyagot. Külső megjelenésükben nagyon hasonlítanak az eredeti, származási anyagaikhoz, de összetételük jóval változatosabb, heterogénebb. E változékonyság jellemző fizikai-mechanikai tulajdonságaikra is. Összességében a fizikai-mechanikai paraméterek a löszhöz hasonlóak, csak az értékek jóval nagyobb szórást mutatnak. Eltérés, hogy a plasztikus index jóval egységesebb és az irodalmi adatokhoz legjobban közelítő érték, valamint az egyirányú nyomószilárdságban sem fordulnak elő nagyon nagy értékek.

### 3. Holocén képződmények (holocén sorozat)

A holocén üledékek kis vastagságban nagy területeket borítanak. A legelterjedtebb tavi üledékek mellett alluviális, proluviális, deluviális képződmények képviselik a holocént.

A pleisztocénban megkezdődött denudációs folyamatok a holocénban is folytatódnak. A gravitáció és erózió hatására a különböző korú



(ópaleozóos-felső pleisztocén) és összetételű kőzetek (sziklás kőzetek – laza üledékek) halmozódtak át és horítják jelenleg a lejtőket, vagy azok talpát, 2–3 m vastagságú deluviális üledék formájában. A „tanúhegyek bazaltorgonái” tövében és a magaspartok alján, a kőomlások, illetve a csúszások felgyülemlétt anyagai elérhetik a 20 m-es vastagságot is.

Proluviális törmelék-kúpokat elsősorban az északi parton találunk (Keszthelyi hegység és a Balatonfelvidék). Ezeket a pleisztocén törmelék-kúpokhoz viszonyítva kis vastagság (1–2 m), jelentéktelen területi elterjedés és finomabb szemcseösszetétel jellemez. A jelenlegi patakok mindenütt átvágják a pleisztocén kúpokat és mögöttük rakják le hordalékukat. Ezzel ellentétben az idős, felső-pannóniai „törmelék-kúpokat” a jelenlegi patakok megkerülik, s úgy ömlenek a Balatonba. Így jelentősen csökken az általuk a tóba szállított hordalék mennyisége.

A Balatonba ömlő Zala és a kifolyó Sió lerakódásainál a folyóvízi és tavi eredetű képződmények szétválaszthatatlanok, így ez esetben fluvio-lakusztikus üledékekről beszélhetünk. A Sió kifolyásának környékén a folyóvízi-tavi képződmények jóval heterogénebbek. Itt jelentős turzás-tevékenység is volt, ezért a folyóvízi hordalék a turzások anyagával erősen keveredik.

A legfontosabb holocén korú üledékek tavi eredetűek, mégpedig: a parti hullámozás alakította ún. „turzás”-anyag (homok, kavicsos homok), a nyugodt vízben lerakódott kőzetliszt és a tó berkeihez kapcsolódó mésziszap és tőzeg. A hullámozás hatására keletkezett turzás-gátak, elsősorban a déli part mentén található, homokból, kavicsos homokból épülnek fel. Ezek a gátak elzárták a tó dél felé mélyen benyúló öbleit, így alakultak ki a berkek. A turzásgát az öblözetek előtt 500–1500 m széles, míg a magaspartok előtt csak 200–300 m-es. Vastagsága 5–6 m, ritkábban eléri a 10 m-t is. Szakaszos keletkezésükre utal a turzás-gátakban található fosszilis talajszint, fiatal korokra pedig a több helyen észlelt jól koptatott cserépedény darabok. A homokban helyenként kis vastagságú és területi elterjedésű kőzetlisztlenesék és tőzegcsíkok is előfordulnak. A berkekben rakódott le a mésziszap, mely helyenként jelentős vastagságú (a Kis-Balaton területén eléri a 2,5–4 m-t), de átlagosan 0,5 m. Általában a tőzeg alatt települ, vagy a tőzeges összletben alkot közbetelepüléseket. Szemcseösszetétele alapján agyagos kőzetlisztnek minősül, de neve vegyi összetételét karbon (áttartalma: 40–85%) és genetikáját fejezi

ki. A berkekhez kapcsolódik a tőzeg is. A tőzeges (nagy szervesanyag tartalmú) rétegek az egész Balaton-medencében előfordulnak, de jelentősebb vastagságot és összefüggő területi elterjedést csak a déli part berkeiben és északon a Tapolcai-medencében érnek el. Tőzegösszlet két szintben települ: a felszínen és 6–10 m mélységben.

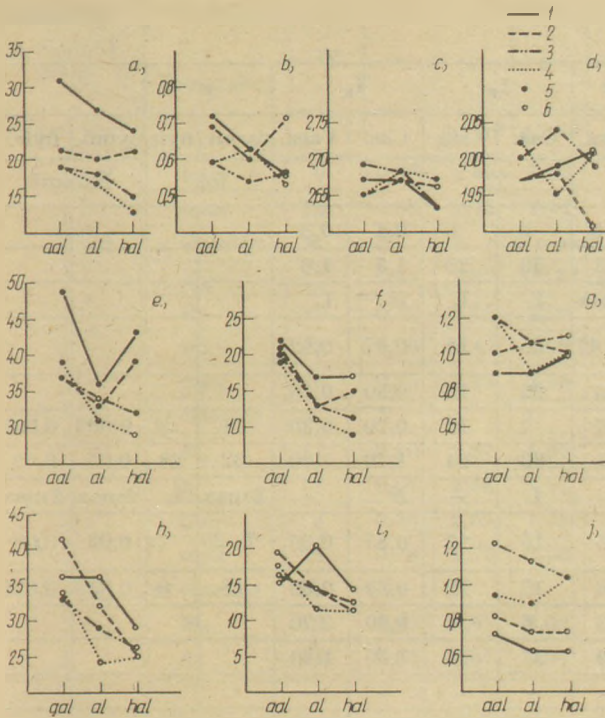
A holocén képződmények fizikai-mechanikai tulajdonságainak vizsgálatát nehezíti az üledékek laza, konszolidálatlan állapota, ami a mintavételt korlátozza. Nedvességtartalmuk általában nagy (telítettek), gyakran helyezkednek el a talajvíz tükre alatt, kivételt képeznek a deluviális, proluviális anyagok (törmelék, homok, kőzetliszt). Hézagtevényezőjük jóval nagyobb, mint a pleisztocén korú anyagoké ( $e = 0,58 - 1,03$ ). Fajsúlyuk széles határok között mozog, igen erősen szór ( $\rho = 2,47 - 2,76 \text{ g/cm}^3$ ), az alacsony értékek a gyakori szervesanyag-tartalom következményei. Térfogatsúlyukra az alacsonyabb értékek jellemzőek ( $\gamma = 1,52 - 2,14 \text{ g/cm}^3$ ). Plasztikus indexük változatos, de az agyagtartalom és a plasztikus index között a változás egyenes arányú és ez igen karakterisztikusan jelentkezik. Konzisztencia-indexük igen változatos (0,21–1,91). A laboratóriumi értékek azonban nem tükrözik híven a valóságot, hiszen mindig a jobb megtartású részekből vették a mintákat. Megfigyelhető azonban egy olyan tendencia, miszerint a tavi anyagok puhábbak, a deluviálisak keményebbek, míg a folyóvíziek mintegy átmenetet képeznek a kettő között. Mechanikai tulajdonságaik a szelektált mintavételezés miatt nem tükrözik teljesen a valóságot. Belső súrlódási szögük  $3 - 35^\circ$ , kohéziójuk  $0,01 - 0,07 \text{ N/mm}^2$  között változik.

#### 4. Következtetések, az adatok értékelése

A 10 000-es méretarányú építésföldtani térképezés során mélyülő fúrások zavart és zavartalan mintáiból több ezer laboratóriumi vizsgálat készült. A negyedkori képződmények laboratóriumban meghatározott paramétereit statisztikai úton dolgoztuk fel. A számítás és értékelés eredményeit az 1. táblázat tartalmazza. A különböző genetikájú és kőzettani összetételű üledékek fizikai-mechanikai tulajdonságai közötti összefüggéseket az 1. ábra szemlélteti.

A természetes nedvességtartalom ( $W$ ) az agyagtartalommal egyenes arányos (genetikától függetlenül). Ez az agyagos képződmények nagyobb porozitásával, jobb víztartóképességével magya-





1. ábra. A Balaton környéki negyedidőszaki üledékek talajmechanikai paramétereinek alakulása az agyagtartalom és a genetika függvényében

1. limnikus képződmények, 2. folyóvízi képződmények, 3. deluviális képződmények, 4. eolikus képződmények, 5. több, mint 30 adat alapján számított átlagérték, 6. kevesebb, mint 30 adat alapján számított átlagérték.

a) természetes víztartalom ( $W\%$ ), b) porozitás (e), c) fajsúly ( $g/cm^3$ ), d) térfogatsúly ( $g/cm^3$ ), e) folyási határ ( $W_F\%$ ), f) konzisztencia index ( $I_p\%$ ), g) konzisztencia index ( $I_k$ ) a Casagrande vizsgálata alapján, h) folyási határ ( $W_F\%$ ), i) plasztikus index ( $I_p\%$ ), j) konzisztencia index ( $I_k$ ) a Vasziljev vizsgálat alapján.

Jelmagyarázat: aal = ó-pleisztocén, al = felső-pleisztocén, hal = holocén.

rázható. Kivételt képeznek a folyóvízi eredetű üledékek, melyek nedvességtartalma minden esetben közel azonos. A legnagyobb nedvességtartalmúak a tavi és folyóvízi üledékek ( $W = 20 - 31\%$ ), ugyanakkor az eolikus képződmények csak  $13 - 19\%$  vizet tartalmaznak. Ez természetes, mivel az előbbieket keletkezésében a víznek volt elsődleges szerepe, és elsősorban a talajvíz tükre alatt helyezkednek el, míg az utóbbiak a talajvíz tükör felett.

**Hézagányozójuk (e)** szintén az agyagtartalommal egyenes arányban csökken. Az eolikus és deluviális képződményeknek a vízben leülepedtekéhez viszonyított kisebb porozitása idősebb korukból adódik. Az eolikus eredetű kőzetlisztek kissé nagyobb értéke a lösz esetenkénti makroporozitásából származik.

**Fajsúly ( $\rho$ )**; mivel a negyedidőszaki üledékek anyaga jórészt a pannóniai képződmények áthalmozódásából ered, a különböző genetikájú üledékek fajsúlya gyakorlatilag azonos. Anyagminőségtől függően, az agyagosabb változatok fajsúlya néhány századdal nagyobb.

**Térfogatsúly ( $\gamma$ )**. A térfogatsúly és az agyagtartalom között összefüggést megállapítani nem

lehet. Az idősebb képződmények (az eolikus és deluviális eredetűek) átlagban nagyobb térfogatsúlyúak, mint a fiatalabbak (limnikus, folyóvízi). Az eolikus eredetű kőzetlisztek átlaghoz viszonyított alacsonyabb értéke szintén a löszök makroporozitásával magyarázható.

**Folyási határ ( $W_f$ ), Plasztikus index ( $I_p$ ) és konzisztencia-index ( $I_k$ )**. A Casagrande-, illetve a Vasziljev-módszerrel meghatározott  $W_f$ ,  $I_p$  és  $I_k$  értékek között lényeges eltérés nincs. A folyási határértékek és az agyagtartalom közötti összefüggés jellege az eolikus és deluviális, illetve limnikus és fluviális eredetű képződménycsoportok között mutat bizonyos hasonlóságot. Míg az eolikus és deluviális képződményeknél a  $W_f$  az agyagtartalommal egyenes arányban csökken, a tavi és folyóvízi üledékekénél a folyási határ a kőzetliszt (al) esetében éri el a minimumot.

A plasztikus index természetesen az agyagtartalommal együtt csökken. Említésre méltó ugyanakkor, hogy a plasztikus index rendre nagyobb, mint amit az agyagtartalom indokolna. Feltételezésünk szerint ennek oka az üledékek (genetikától függetlenül) nagy kőzetliszt ( $0,002 - 0,05$  mm) tartalma. Ezeknél a képződményeknél jelentkezik a „por” frakció zavaró hatása. Sokszor a nagy érték a laboratórium hibája, ugyanis a nem plasztikus (agyagtartalom nélküli) képződményeken is elvégezték a konzisztencia-határ vizsgálatát, kieroitelve a sodrási határt, holott ezeknek a képződményeknek nincs plasztikus határjuk.

A Balaton környékén az építkezések évről-évre szaporodnak, a tervezők és kivitelezők szinte kivétel nélkül találkoznak a negyedidőszaki üledékekkel, így a fentiekben ismertetett paraméterek felhasználhatósága szinte korlátlan.

A térképezés során elkészült térképatlaszok mellett, a képződmények mennyiségi jellemzése fontos lehet a településfejlesztésre, tájrendezés-sel foglalkozó szakembereknek éppúgy, mint a konkrét kivitelű tervek készítő mérnököknek tájékozódási szinten.

A negyedidőszaki üledékek fizikai-mechanikai tulajdonságainak jellemzése mellett fontos kitérnünk azokra, mint hasznosítható nyersanyagokra és mint a jelenkori földtani folyamatok részeseire.

## 5. Hasznosítható nyersanyagok

A térképezett területen található negyedidőszaki ásványi nyersanyagok a tőzeg és az építőanyagok.

Magyarország legnagyobb összefüggő tőzegterülete a Balaton mellett található, melynek



## A negyedidőszaki kohéziós üledékek paramétereit

A képződ- mény		Paraméter	W	e	$\rho$	$\gamma$	$W_F$		$I_P$		$I_K$		$\varphi$		c	
indexe	neve						Cas.	Vasz.	Cas.	Vasz.	Cas.	Vasz.	nyom.	nyír.	nyom.	nyír.
		%		g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	%	%					fok		N/mm <sup>2</sup>		
1 <sup>9b</sup>	aal	min	13	0,45	2,51	1,76	29	24	8	8	0,4	0,3				
		max	68	1,03	2,75	2,16	79	53	50	29	1,5	1,6				
		az elosztás	2 max	3 max	L	N	2 max	2 max	L	L	N	L				
		$M_0$	22; 32	0,5; 0,7; 1,0	2,67	1,92	37; 52	32; 47	25	18	0,87	0,62				
		$\bar{x}$	30,9	0,72	2,67	1,97	49	36	22	15	0,90	0,70				
	al	min	13	0,38	2,51	1,89	26	27	7	10	0,20	0,30	11	3	0,008	0,009
		max	48	0,90	2,75	2,16	52	41	30	24	1,70	1,00	32	28	0,07	0,07
		az elosztás	N	3 max	L	3 max	L	—	L	—	N	—	2 max	L	2 max	2 max
		$M_0$	22	0,6; 0,8; 0,9	2,70	1,9; 2,0; 2,1	35	35	15	22	0,87	0,50	7; 20	7	0,03	0,06
		$\bar{x}$	27	0,63	2,67	1,99	36	36	17	20	0,89	0,60	18	9	0,039	0,036
	hal	min	8	0,43	2,52	1,86	26	23	6	4	0,60	0,70				
		max	38	0,73	2,75	2,14	51	39	37	26	1,30	1,20				
az elosztás		2 max	—	L	—	2 max	—	—	—	—	—					
$M_0$		17; 27	—	2,67	—	27; 45	32	12	10	—	0,50					
$\bar{x}$		24	0,56	2,63	2,01	43	29	17	14	1,0	0,59					
aal	min	11	0,37	2,51	1,59	25	27	8	10	0,80	0,20					
	max	31	1,00	2,76	2,16	67	51	48	22	1,50	1,60					
	az elosztás	N	2 max	N	N	2 max	2 max	2 max	—	L	—					
	$M_0$	17	0,5; 0,9	2,67	2,02	32; 42	30; 45	17; 32	20	0,87	—					
	$\bar{x}$	21	0,69	2,65	1,97	37	41	20	19	1,00	0,80					
al	min	8	0,36	2,57	1,68	27	21	6	7	0,70	0,40					
	max	43	0,80	2,72	2,19	68	55	32	27	1,70	0,80					
	az elosztás	N	2 max	L	2 max	L	—	N	2 max	L	—					
	$M_0$	17	0,6; 0,8	2,67	2,0; 1,9	30	—	12	7; 27	1,00	—					
	$\bar{x}$	20	0,60	2,67	1,98	33	32	13	14	1,06	0,70					
hal	min	8	0,47	2,62	1,65	25	25	13	10	0,60	0,50					
	max	35	1,01	2,67	2,12	65	26	30	15	1,40	0,80					
	az elosztás	2 max	—	—	—	2 max	—	2 max	—	2 max	—					
	$M_0$	22; 35	—	2,67	—	32; 42	—	12; 22	—	0,3; 1,4	—					
	$\bar{x}$	21	0,71	2,66	1,90	39	25	15	11	1,00	0,70					
aal	min	8	0,36	2,54	1,76	29	27	10	9	0,70	0,60					
	max	46	0,92	2,79	2,19	73	49	41	24	1,90	1,80					
	az elosztás	N	3 max	L	N	L	L	N	N	N	N					
	$M_0$	18	0,5; 0,6; 0,7	2,67	1,97	42	33	17	15	1,12	1,12					
	$\bar{x}$	19	0,59	2,69	2,00	37	33	21	16	1,20	1,20					
al	min	8	0,31	2,54	1,62	27	26	5	9	0,70	0,60	8	2	0,015	0,015	
	max	32	0,81	2,78	2,21	54	40	22	22	1,60	1,80	35	33	0,096	0,105	
	az elosztás	N	3 max	N	L	—	2 max	2 max	—	L	—	N	N	N	—	
	$M_0$	18	0,4; 0,6; 0,7	2,67	2,07	32	27; 32	12; 22	12	0,87	0,87	18	18	0,042	0,032	
	$\bar{x}$	18	0,54	2,68	2,04	34	29	13	14	1,07	1,10	19	17	0,044	0,054	
hal	min	6	0,39	2,47	1,54	25	22	5	5	0,60	0,60					
	max	33	0,80	2,73	2,15	55	32	23	19	1,80	1,50					
	az elosztás	2 max	3 max	L	—	2 max	—	L	—	—	—					
	$M_0$	12; 22	0,4; 0,5; 0,7	2,67	1,97	27; 37	25	8	12	—	—					
	$\bar{x}$	15	0,56	2,63	1,99	32	26	11	12	1,10	1,00					



A képződmény		Paraméter	W	e	$\rho$	$\gamma$	W		I <sub>p</sub>		I <sub>k</sub>		$\varphi$		c	
indexe	neve						Cas.	Vasz.	Cas.	Vasz.	Cas.	Vasz.	nyom.	nyír.	nyom.	nyír.
		%		g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	%	%			fok	N/mm <sup>2</sup>					
e <sup>90</sup>	aal	min	9	0,37	2,49	1,86	26	26	11	11	0,50	0,50				
		max	33	0,88	2,75	2,14	57	45	32	25	1,70	1,80				
		az eloszlás	N	N	L	2 max	2 max	—	L	—	N	L				
		M <sub>0</sub>	17	0,60	2,67	2,0; 2,1	32; 42	37	13	17	1,12	0,75				
		$\bar{x}$	19	0,59	2,65	2,02	39	34	19	17	1,20	0,91				
	al	min	11	0,36	2,47	1,72	27	22	6	6	0,30	0,40	7	7	0,010	0,026
		max	38	0,85	2,75	2,14	45	35	20	22	1,80	1,80	40	40	0,070	0,095
		az eloszlás	N	N	N	L	L	—	—	L	2 max	L	N	N	—	L
		M <sub>0</sub>	17	0,60	2,67	1,97	28	—	8	12	0,3; 0,9	0,75	27	22	0,027	0,027
		$\bar{x}$	17	0,62	2,68	1,95	31	24	11	11	0,90	0,86	20	19	0,400	0,044
hal	min	3	0,34	2,57	1,78	26	21	4	6	0,50	0,40					
	max	26	0,79	2,79	2,20	34	30	20	15	1,80	1,60					
	az eloszlás	N	N	N	N	—	—	L	—	2 max	2 max					
	M <sub>0</sub>	12	0,60	2,67	2,02	28	27	8	12	1,0; 1,6	0,8; 1,0					
	$\bar{x}$	13	0,53	2,67	2,01	29	25	9	11	1,00	1,00					

jelentős része a térképezett területre esik. A tőzeg átlagos vastagsága 2–3 m, de elérheti a 6–7 m-t is; átlagos fűtőértéke 2400 kcal (25% nedvesség és 22% hamutartalom mellett). A tőzeget általában 1 m vastag lápföld borítja, amit talajjavításra használnak. Említést érdemel még a tőzeg feküjében található 0,5–3,0 m vastagságú mészszipa öszlet, ami a savanyú talajok javítására kiváló.

A Balaton nyugati részén három nagyobb tőzegterület ismert: 1 – Szigliget – Tapolcai tőzegmedence (idetartoznak a badacsonytördemici, balatonedericsi és balatongyöröki előfordulások). 2 – Nagyberek tőzegterület Balatonszemestől Balatonkeresztúrig. 3 – Kis-balatoni tőzegmedence, Hévíztől Balatonszentgyörgyön át egészen Sávolyig. Gazdasági szempontból ez a tőzegegyes a legjelentősebb.

Jelenlegi gazdasági megítélés szerint ez a tőzegegyes mint energiahordozó, erőművi felhasználásra nem alkalmas. Másrészt azonban, nagy vízfekvése (100–600%) és laza szerkezete miatt mezőgazdasági célokra hasznosítják: kötött, agyagos talajok javítása, hígtrágyák és fekália komposztálására, szennyvizek derítésére stb. A mélyfúróipar iszapjavító anyagként használja.

A Balaton környékén található építőanyagok közül a felső-pleisztocén eolikus-deluviális löszös homok és homok, valamint a holocén turzásanyagok hár nagy elterjedésűek, nem szabványos minőségűek. Ezért, ezek nagyüzemi termelésre

nem alkalmasak, bár a lakosság helyi igényeit kielégítik. Ó-pleisztocén folyóvízi kavicssterületeket ismerünk Balatonaligán és Balatonfüzfőn, de ezek nagy részét már korábban lefejtették. Helyenként a turzásagátak lokális kifejlődésű kavicsosabb részeit is fejtik. Meg kell említeni a Keszthelyi-hegység völgyeinek kapujában előforduló, felső-pleisztocén törmelékűeket. Az uralkodóan dolomitanyagú, gyengén koptatott törmeléklet kavicspótló anyagként ma is fejtik.

## 6. Jelenkori földtani folyamatok

A Balaton környékén található negyedidőszaki képződményekhez dinamikai jelenségek kapcsolódnak, olyanok mint a Tihanyi-félszigeten és a Balatonfőn található csúszások, a Tapolcai medencében levő tanúhegyeken tapasztalható kőzetomlások és mozgó kőfolyások, vagy a lejtőkön gyakran kifejlődő areális (= területi) és lineáris (= vonalas) erózió, valamint a síkparton megfigyelhető felfagyás, talajfolyás.

A csúszások nem kizárólag a negyedidőszaki üledékekhez kapcsolódnak, hanem a felső-pannóniai képződményekkel együtt, kombinált csúszásokat hoznak létre. A Balatonfőn pleisztocén korú lösz-összlet és folyóvízi kavicsos homok alatt felső-pannóniai kőzetliszt és agyag található. A magaspart 10–35 m magas, meredek fal. A jelenség gyors lefolyású, nagy földtömeg elmozdulásával járó rogyással kezdődik. Ezután a



magaspartok tövében felgyülemlett blokkok hosszú ideig elhúzódó suvadással mozognak a Balaton felé. A csúszás lapja a felső-pannóniai agyagos kőzetlisztben alakul ki félkör alakú ív mentén, létrehozva a Balatonban a kis zátonyszigeteket. Általában a folyamatot az intenzív csapadék és olvadás, illetve a magaspart rézsűjének bontása váltja ki. Ez esetben a megduzzadt talajvíz megnövekvő hidrodinamikai nyomása az átáztatott magasfal és rézsű közelében csökkenti a magaspart nyírószilárdságát, melyhez esetenként a rézsű bevágása is hozzájárul. Ennek volt köszönhető a balatonakarattyai (1908. ápr. 19.) és a balatonaligai (1969–70. év tele) csúszás.

A Tihanyi-félsziget magaspartjai mentén a csúszások elsősorban a pannóniai üledékes-vulkáni kőzetekben alakultak ki, természetesen érintve a negyedidőszaki képződményeket is. A kombinált csúszások az omladékzóna szőnyegcsúszásával kezdődnek, majd blokkos csúszamlás következik, melyet a peremi blokkok omlása követ. A jelenség általában spontán jön létre, természeti tényezők (csapadék, fagy, a tó ábrázója), a megbomló hidrodinamikai egyensúly és nemegyszer az emberi beavatkozás következményeképpen.

Kőzetomlás, illetve mozgó kőfolyás a Tapolcai-medence tanúhegyeinek tövében a legelterjedtebb, de ugyancsak megtalálható a Keszthelyi-hegység dolomittönkje körül, valamint kisebb méretekben a Balatonfelvidéken is. A meredek hegyek pereme mentén 5–10 m vastag omladék halmozódott fel laza, gyakran mozgó kőfolyások formájában.

Az eróziós jelenség a Balaton környékének leggyakoribb, szinte valamennyi lejtőn kialakuló földtani folyamata. A nagy reliefenergiájú területeken, ahol a képződmények nem tudnak ellenállni a lezúduló víznek (ez löszös és homokos területeken az intenzív nyáreleji záporok idején jellemző) kialakul a lineáris- és areális-erózió.

A síkparton, a vízzel telített finomszemcsés holocén turzásanyagok elterjedési körzetében gyakran találkozunk folyóshomokkal, mely különösen a mesterséges feltárások létesítésekor jelent problémát.

Felfagyás azokon a helyeken veszélyezteti a létesítményeket, ahol a képződmények kapilláris emelőképessége közvetlen a létesítmény alá emeli a talajvizet, s hosszantartó fagy hatására ott jégencse képződik. Ez a jelenség a part mentén levő, magas talajvízű holocén homoklisztből felépített területeken jellemző.

- [1] *Bendefy L. – V. Nagy I.* (1969) A Balaton évszázados partvonalváltozásai. Műszaki Könyvkiadó, Bp.
- [2] *Bulla B.*: (1958) A Balaton és környéke földrajzi kutatásairól. *Földrajzi közlemények*, LXXXII. kötet, 4. sz.
- [3] Irányelvek a 10 000-es méretarányú mérnökgeológiai térképezéshez és térképszerkesztéshez (kézirat). Bp., 1971.
- [4] *Lóczy L.*: (1913) A Balaton környékének geológiai képződményei és ezeknek vidékek szerinti telepedése. *A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei I. Bp.* 1–617.
- [5] Magyarázó a Balaton környékének építésföldtani térképsorozatához (kollektív munka), MÁFI Építésföldtani Osztálya, Bp., 1980. – Kézirat.
- [6] *Pécsi M.* főszerkesztő (1981) Magyarország tájféldrajza 4. kötet. A Dunántúli-dombság. Akadémiai Kiadó, Bp. 1981.
- [7] *Sarapov, I. P.*: (1965) *Primenyenyije matematicszeszkoj sztatisztiki v geológii*. Izd. Nyedra, Moszkva.
- [8] *Tóth K.* szerkesztő: (1974) Balaton monográfia. Panoráma.

#### **Boros Jenő – Cserny Tibor: A Balaton-környék negyedidőszaki képződményeinek építésföldtani jellemzése**

A Balaton üdülőkörzet tervszerű fejlesztésének és rendezésének kapcsán az 1960-as évek közepétől 1980-ig építésföldtani térképezés folyt a parti terület 4–6 km-es sávjában. A térképezés során lemélyült kis mélységű fúrásokból, a természetes és mesterséges feltárásokból vett mintákon nagymennyiségű laboratóriumi vizsgálat készült. A laboratóriumi eredményeket statisztikusan kiértékeltek.

Jelen cikkben a negyedidőszaki üledékek földtani és építésföldtani jellemzésén kívül megpróbáltunk összefüggéseket keresni a képződmények kora, genetikája és fizikai-mechanikai tulajdonságai között. Röviden ismeretjük a negyedidőszaki üledékeket mint hasznosítható nyersanyagokat, másrészt mint a jelenkori, káros földtani folyamatokban résztvevő közeget.

#### **Борош, Е. – Черни, Т.: Строительно-геологическая характеристика образований четвертичного периода в районе Балатона**

В связи с плановым развитием и систематизированием курортных районов Балатона в период, начиная от середины 1960г. до 1980г., было проведено строительно-геологическое картографирование прибрежных площадок шириной 4–6 км. В ходе этого картографирования было проведено большое количество лабораторных испытаний образцов, отобранных из буровых скважин естественных и искусственных вскрыш.

В настоящей статье помимо строительно-геологической характеристики осадков четвертичного периода нами была сделана попытка определения взаимосвязи между возрастом образований их генетикой и физико-механическими свойствами. Дается краткое описание осадочных пород четвертичного периода с точки зрения возможности их утилизации, а также как породу, принявшую участие во вредных геологических процессах настоящего времени.



*Boros, J. – Cserny, T.: Baugeologische Charakterisierung der Viertelzeitabschnittlichen Gebilden von Balaton-Umgebung*

Anhand der planmässigen Entwicklung und Ordnung des Balaton-Erholungskreises geschah ein baugeologisches Kartieren von der Mitte der 60-eren Jahren bis 1980 in der 4–6 Km langen Zone des Ufers.

Aus den im Laufe des Kartierens vertieften kleinen Bohrungen entnommenen Mustern wurden zahlreiche laboratorische Untersuchungen durchgeführt, und die Ergebnisse statistisch gewertet.

Ausser der baugeologischen Charakterisierung der viertelzeitabschnittlichen Ablagerungen wurden Zusammenhänge zwischen den Alter Genethyk und physikalisch-mechanischen Eigenschaften der Gebilden gesucht. Es werden kurz die viertelzeitabschnittlichen Ablagerungen, als verwertbare Rohstoffe, dargelegt.

*Boros, Jenő – Cserny, Tibor: Quaternary Deposits of the Balaton Region, Their Importance from the Point of Building Geology*

The Balaton recreation area is developed in a planned way. In the framework of this plan the littoral 4–6 km area was geologically mapped with special emphasis to building activities. Samples were taken from drilling holes and from natural or artificial expositions. Samples were analysed by several aspects in the laboratory. Results are described and statistically evaluated. Connexions were sought between age, genetics, physical-mechanical characteristics, geology etc. of quaternary deposits. The sediments are partly materials which can be practically utilised, but are at the same participating in harmful geological processes.

## Kitüntetettjeink

A Magyar Népköztársaság Elnöki Tanácsa

a Nagy Októberi Szocialista Forradalom 65. évfordulója alkalmából, eredményes munkájuk elismeréseként

TÓTH KÁLMÁN-nak, az Üvegipari Művek műszaki-gazdasági tanácsadójának a

MUNKA ÉRDEMREND  
arany fokozata,

MOLNÁR GYULÁNÉ-nak, a „KŐPORC” Elektronikai Alkatrész és Műszaki Kerámiagyártó Vállalat művezetőjének a

MUNKA ÉRDEMREND  
bronz fokozata,

Eredményes munkájuk elismeréseként, nyugalomba vonulásuk alkalmából

BERKES SÁNDOR-nak, a Finomkerámiaipari Művek osztályvezetőjének,

PÁLINKÁS LÁSZLÓ-nak, a ZSOLNAY Porcelángyár gazdasági igazgatóhelyettesének a

MUNKA ÉRDEMREND  
ezüst fokozata

a Zagyva-III. síkúvegfeldolgozó üzembe helyezésekor, munkája elismeréseképpen

GYÖNGYÖSI GYULÁ-nak, az ÜM Salgótartjáni Síkúvegyára műszaki igazgatóhelyettesének a

MUNKA ÉRDEMREND  
bronz fokozata  
kitüntetést adományozta.

Az építésügyi és városfejlesztési miniszter

a Salgótartjáni Síkúvegyár beruházás megvalósításában kiemelkedő eredményes munkájuk elismeréséül

FRICS TAMÁS-t, az ÜM Salgótartjáni Síkúvegyár osztályvezetőjét,

VARGA JÓZSEF-et, az ÜM Salgótartjáni Síkúvegyár csoportvezetőjét

KIVÁLÓ MUNKÁÉRT  
kitüntetésben részesítette.

Az ipari Miniszter

a XXXII. Bányásznapi alkalmából, kiemelkedő munkájuk elismeréséül

HAMOS GUSZTÁV-ot, a Kavicsbánya Vállalat osztályvezetőjét,

KIVÁLÓ MUNKÁÉRT  
kitüntetésben részesítette.

A kitüntetteknek gratulál a SZILIKÁTIPATI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET VEZETŐSÉGE



# Mintaelőkészítési módszerek az atomabszorpciós spektrofotometriás (AAS) méréshez

FODOR PÉTERNÉ

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

## Bevezetés

Szilikátok általában nehezen vihetők oldatba. Külön problémát jelent a magas kovasavtartalom miatt az oldat instabilitása is.

Munkám célja, az atomabszorpciós méréshez legjobban megfelelő mintaelőkészítési, feltárási módszerek kritikai értékelése. Szilikátok oldására olyan feltárási módszert kell kiválasztani, mely kielégíti azt a mintaelőkészítéstől elvárt követelményt, hogy az eljárás során

- a feltárás és kioldás rutinszerűen és gyorsan elvégezhető legyen
- maximális számú elemet lehessen egy oldatból meghatározni
- az így előkészített oldatból a meghatározandó komponensek közvetlenül, elválasztás nélkül meghatározhatók legyenek atomabszorpciós módszerrel.

## Irodalmi áttekintés

Szilikátok többsége hidrogén-fluoriddal elbontható. A savas oldás mellett azonban széles körben elterjedtek a különböző ömlesztéses módszerek is.

A hidrogén-fluoridos feltárást igen elterjedten alkalmazzák mintaelőkészítésre az atomabszorpciós elemzés céljára is [1–3]. A hidrogén-fluoridos elfüstölés előnye, hogy a feltárással eltávolítható, az anyagot nem szennyezi. Hátránya, hogy az oldatból a szilícium nem határozható meg. Ezeket a feltárással platinából, vagy teflonból készült tálban végzik [1, 4, 5]. Széles körben elterjedt és jól alkalmazható módszer, a minta magasabb hőmérsékleten és nyomás alatt (autoklávban) végzett feltárása hidrogén-fluoriddal, illetve hidrogén-fluorid és valamilyen ásványi sav keverékével [1, 6]. A módszer előnye, hogy az oldatból a szilícium is meghatározható. Feltárást követően a feleslegben maradt hidrogén-fluorid leköltetésére és az esetleg képződött fluorid csapadék oldására bórsavat adnak a mintaoldathoz [9].

Elsők között próbálkozott szilikátok hidrogén-fluoriddal, nyomás alatt történő feltáráására és az oldat elemzésére AAS módszerrel LANGMYHR és SWENN [7]. A minta elbontása elvégezhető teflonnal, vagy platinával bevont acél, vagy alumínium bombában. Különböző típusú feltárási edények leírása az irodalomban részletesen megtalálható [7–25]. LANGMYHR és PAUS cikksorozata részletesen tárgyalja a szilikátok teflonbombás feltárási körülményeit és a fellépő zavaróhatásokat [6]. Az irodalomban részletesen megtalálható az üvegek, alumíniumszilikátok, kerámiai anyagok feltárási leírása [12–24]. Több kutató ajánlja az oldódás és tökéletesebb feltárási elősegítésére, a bórsav hozzáadása utáni újabb melegítést [6, 19, 20]. Különböző típusú teflonbombák előállításával több cég foglalkozik [26].

A hagyományos alkalisóval, vagy sók keverékével végzett feltárással mellett igen gyakori a bórsavval, nátrium-karbonát-bórsav keverékkel végzett feltárással is [4, 5, 27]. Ezekkel az anyagokkal történő ömlesztéskor az alkálifémek meghatározására külön feltárást kell végezni, azaz egy feltárással nem határozható meg valamilyeni komponens. Ez az oka annak, hogy napjainkban igen elterjedten alkalmazott feltárással pl. bórsav helyett a litium-tetraborát [28, 29], a litiummetaborát [20, 30, 31], litium-karbonát és bórsav különböző arányú keverékei csakúgy, mint a litium-tetra-, ill. metaborát különböző arányban keverve [2, 32, 33]. INGAMELLS a litiummetaborátot sokkal aktívabb ömlesztőanyagként tartotta, mint a litium-tetraborátot és a legtöbb szilikátnál sikeresen alkalmazta [34, 35]. A feltárási módszer elterjedését a témakörben megjelent cikkek számának növekedése is bizonyítja. Számos kutató próbálta ki a feltárási keveréket különböző közetek [28–30, 34, 35], salak [20], cementipari nyersanyagok, cement [36, 37, 38], samott, kerámia, üvegminták [2, 25, 39, 40] feltárási körülményeit és a fellépő zavaróhatásokat [41]. OLIVER tapasztalatai



szerint a csak litium-tetraboráttal történő feltárás hátránya a nagy viszkozitás, magas olvadáspont és a feltárás lassúsága [33]. Ezért litium-tetraborát, litium-metaborát 1:4 arányú keveréket használt kerámiai anyagok feltárásához. RIDDLE és munkatársai 1:2 arányú keveréket használtak [32]. WISE és munkatársai üveg-minták feltárását litium-metaborát és bórsav 2:1 arányú keverékével végezték [40]. OHLWEILER és munkatársai kísérleteket végeztek bór-oxid + litium-karbonát 10:1 arányú keverékével [42]. A litium-karbonát hozzáadása a szilikát teljes feltárása miatt volt szükséges. A szerzők ultrahangos kioldást használtak, hígított sósavval, mely hidrogén-peroxidot tartalmazott, hogy a minta titántartalmát peroxo-komplexben tartsa. A minta feltárása általában grafit-, vagy platinatégelyben történik [20, 31]. A grafittegely előnye, hogy az ömledék nem nedvesíti a tégely falát, így feltárás után a tégelyből kiönthető [2, 28, 29, 37]. Hátránya, hogy a grafitrészesecskék miatt az oldatot szűrni kell. Platinatégelyből az ömledék kioldása hosszabb időt, több órát vesz igénybe [38, 39]. Az oldási idő ultrahangos kioldással lerövidíthető [42]. Gyorsítható a kioldás a minta tégelyben történő keverésével is [38, 39]. Néhány kutató próbálta a platina – arany ötvözetű tégely alkalmazását szilikátok feltárására [20, 43]. Az ömledék nem nedvesíti a tégely falát, könnyen kiönthető és nincs szükség a mintaoldat utólagos szűrésére sem. A feltárás történhet elektromos kemencében, de már van erre a célra kifejlesztett indukciós feltáráberendezés is (KONTRON ROTOMELT) [43].

Értékelve a szilikátok oldathavítelére alkalmas módszerek irodalmi áttekintését, az alábbi következtetések vonhatók le:

- a savas feltárási módszerek közül a teflonbombában végzett feltárás előnyösebb, mert
  - a) az elfüstölési módszerrel szemben, a mintaoldathól az egyik legfontosabb szilikátalkotó, a szilícium is meghatározható,
  - b) zárt rendszer lévén nem szennyeződik a mintaoldat a feltárási folyamat során és nincs anyagvesztés,
  - c) gyorsabb, mint a platina-, vagy teflon-tálban végzett oldási folyamat.
- az ömlesztéses módszereknél használt különböző feltáráanyagok közül a litium-metaborát alkalmazását előnyösebbnek tartom pl. a litium-tetraboráttal szemben, mert
  - a) mint relatíve bázikusabb ömlesztőanyag igen alkalmas a savas oxidok (magas SiO<sub>2</sub> tartalmú üvegek) feltárására,

- b) kisebb a viszkozitás, gyorsabb a keveredés a feltárandó anyaggal,
- c) alacsonyabb az olvadáspont, mely a minta-előkészítés idejét csökkenti,
- d) az alacsonyabb feltárási hőmérséklet csökkenti a könnyen párolgó elemek veszteségét (pl. ólomüveg vizsgálatánál).

## Kísérleti rész

### Savas feltárás

A savas feltárást Perkin-Elmer, Autokláv-2 típusú berendezésben [44] végeztem.

Az optimális oldási körülmény elérésére a kísérlet során az alábbi paramétereket változtattam: a feltárandó minta mennyisége, a feltárássavak mennyisége és aránya, a feltárás hőmérséklete, a feltárás ideje, a bórsav mennyisége.

A változtatott paraméterek számszerű értékei az alábbiak voltak:

- a feltáráshoz hemért minta mennyisége (mg): 100, 200, 500
- hidrogén-fluorid (HF) + sósav (HCl) mennyisége (cm<sup>3</sup>): 3 + 1, 3 + 2, 5 + 2
- hőmérséklet (°C): 120, 140, 160
- feltárási idő (perc): 20, 30, 40, 60
- bórsav oldat (20 °C-on telített) mennyisége (cm<sup>3</sup>): 25, 50

Ólomtartalmú minták vizsgálatakor sósav helyett salétromsavat használtam.

A feltárás során szerzett tapasztalatok alapján megállapítottam az optimális oldási körülményeket, melyeket az 1. táblázatban foglaltam össze.

1. táblázat

Perkin-Elmer, Autokláv-2 típusú teflonbombában végzett savas feltárás optimális oldási körülményei

Bemért minta mennyisége (mg)	Feltárássavak mennyisége HF (cm <sup>3</sup> ) HCl		Feltáráshoz szükséges		Bórsav mennyisége (cm <sup>3</sup> )
			idő (perc)	hőmérséklet (°C)	
100	3	1	20	140	25
200	5	2	20	140	25
500	5	2	30	140	25

Az 1. táblázat adatait értékelve megállapítható, hogy

- 100 mg minta feltáráshoz, a 3:1 arányú savkeverék megfelelő, még a magas szilícium és ólomtartalmú minták esetén is.



140 °C-on 20 perc alatt az oldási folyamat teljesen végbemegy.

200 mg minta teljes feltárásához hosszabb időre, 30 percre volt szükség, azonban az oldósav mennyiségét növelve, nem volt szükség arra, hogy a feltárási időt is növeljem. 500 mg minta maradéktalan oldásához 5:2 arányú savkeveréket használtam és 10 perccel kellett növelnem a feltárási időt.

– Feltárási hőmérsékletnek a 140 °C-t találtam megfelelőnek. 160 °C a vizsgált anyag-típusoknál szükségtelenül magas volt.

A 120 °C-on végzett feltárás hosszabb időt 40–60 percet vett igénybe, és ez a minta-előkészítés idejét jelentősen megnövelte.

A különböző anyag típusokkal végzett feltárások is hasznos tapasztalatokat nyújtottak.

Nagy, > 10% cirkon-, titán- és alumínium-tartalmú minták oldásakor, még a teflon-bomba biztonságos működéséhez megengedett maximális hőmérsékleten (160 °C) és hosszabb ideig (60 perc) végzett feltárás után is jelentős volt a feltáratlan anyag mennyisége.

Hasonló eredményre jutottam, mikor az oldódás és a tökéletesebb feltárás elősegítésére megkísértem a bórsav hozzáadása utáni újabb melegítést. Abban az esetben, ha ezeket a komponenseket is meg kell határozni, más mintaelőkészítési módszert kell választani. A savas oldás teflonbombában az alábbiak szerint végezhető el:

a vizsgálandó mintából 100 mg-ot mértem teflonpohárba, kevés vízzel megnedvesítettem, 3 cm<sup>3</sup> kb. 40%-os hidrogén-fluoridot és 1 cm<sup>3</sup> tömény sósavat (salétromsavat) adtam hozzá. A poharat lefedtem, az alumíniumtestbe helyeztem és lezártam. A melegítést 140 °C-ra felfűtött szárítószekrényben végeztem. A feltárási idő eltelte után – 20 perc – az autoklávot csapvízzel szobahőmérsékletre hűtöttem. A feleslegben maradt hidrogén-fluorid lekötésére, és az esetleg képződött fluorid csapadék oldására 25 cm<sup>3</sup> telített bórsav oldatot öntöttem a mintaoldathoz. Ha szükséges volt, addig kevertem, míg tiszta oldatot nem kaptam.

### Ömlesztéses módszer

A minta feltárásához litium-metaborátot (Li<sub>2</sub>B<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Merk Spectromelt A 20) használtam feltárószerként.

A mintaelőkészítés során az optimális feltárási körülmény megkeresésére az alábbi paramétereket változtattam:

a feltárandó minta mennyisége, a feltárószert mennyisége, a feltárás hőmérséklete, a feltárás ideje.

A változtatott paraméterek számszerű értékei az alábbiak voltak:

- a feltáráshoz bemért minta mennyisége (mg): 100, 200
- a feltárószert mennyisége (mg): 500, 1000
- a feltárás hőmérséklete (°C): 900, 1000, 1100
- a feltárás ideje (perc): 10, 15, 30

A mintaelőkészítés során szerzett tapasztalatok alapján az optimális feltárási körülményeket a 2. táblázatban foglaltam össze.

2. táblázat

A litium-metaboráttal végzett ömlesztéses módszer optimális feltárási körülményei

Bemért minta mennyisége (mg)	Feltárószert mennyisége (mg)	Feltáráshoz szükséges	
		idő (perc)	hőmérs. (°C)
100	500	15	900
200	1000	15	900

A 2. táblázat adatait értékelve megállapítható, hogy

– 100 mg minta feltárásához 500 mg feltárószert elegendő. 900 °C-ra felfűtött kemencében a vizsgálandó anyag teljes feltárásához 15 percre van szükség. Amikor a feltárási időt 10 percre választottam, az ömledék még feltáratlan anyagot tartalmazott.

– 200 mg minta bemérésénél a tökéletes feltáráshoz növelnem kellett a feltárószert mennyiségét, de a feltárási hőmérséklet, illetve a feltárási idejének növelésére nem volt szükség.

Litium-metaboráttal, a savas feltárással szemben, a nagy (> 10%) cirkon-, titán- és alumínium-tartalmú minták is tökéletesen feltárhatók. Ilyen típusú szilikátok vizsgálatakor a feltáráshoz magasabb hőmérsékletre (1000 °C) és hosszabb feltárási időre (30 perc) volt szükség.

A litium-metaborátos feltárásokat elvégeztem grafit, platina és platina/arany ötvözetű tégelyekben. A különböző tégelyekkel végzett kísérleti tapasztalatokat az alábbiakban foglalom össze.

### Feltárás grafit-tégelyben

Tégely típusa: Société le Carbone Lorraine (Paris)

Tégely mérete: magasság 35 mm, átmérő 35 mm

A grafit-tégely előnye, hogy az ömledék nem nedvesíti a tégely falát, így kioldása egyszerű.



Ezt azonban csak új tégely esetén tapasztaltam. Néhányszori használat után a grafit-tégelyben végzett ömlesztést nem találtam jónak, mert nehezen lehetett a tégelyből kvantitatíve kiönteni, illetve megdermedés után kipattintani az ömledéket.

A megismételt feltárások jelentős idővesztést jelentettek. Növelve a feltárási hőmérsékletet, illetve a feltárási mennyiségét, sem sikerült az ömledéket a tégelyből gyorsan, kvantitatíve eltávolítani.

Az ömledéket 2 mólos sósavban (salétromsavban) oldottam. Az oldási folyamat lassú, 30–60 percet igényelt. Oldódás után a szénszemcsék miatt a mintaoldatot szűrni is kellett.

#### Feltárási platinatégelyben

Tégely mérete: magasság 40 mm, átmérő: 40 mm

Nehezen oldódik ki az olvadék a platinatégelyből is. A tégelyben történő keveréssel a folyamatot meggyorsítottam, de még így is kb. 30–60 percet vett igénybe. Gyakori, különösen a magas  $\text{SiO}_2$  tartalmú üvegeknél, hogy a meleg oldósav (2 mólos sósav [salétromsav]) hatására a kovasav egy része kiválik és a csapadék kiszűrése a minta-előkészítés idejét jelentősen megnöveli.

#### Feltárási platina/arany ötvözetű tégelyben

Tégely mérete: magasság 35 mm, átmérő: 30 mm

Tégely összetétele: 85% Pt + 10% Rh + 5% Au

A feltárási egyszerűsítésére és gyorsítására platina/arany ötvözetű tégelyt készítettem. A fenti összetételű tégelyben az ömledék nem nedvesíti a tégely falát.

A kemencéből kiemelt, még forró tégelyből az egész ömledék, vagy annak túlnyomó többsége az oldósavba önthető. A tégely hirtelen lehűtésével a még benne maradt ömledék összefüggő felülete megbontható és ez a továbbiakban a gyorsabb kioldódást segítette elő.

A platina/arany tégelyben végzett feltárási előnyei a grafit- és platinatégellyel szemben, hogy az ömledék könnyebben eltávolítható, a több darabra szétesett ömledék oldódása sokkal gyorsabb, a mintaoldat szűrésére sem a szénszemcsék, sem az esetleg kivált kovasav miatt nincs szükség.

Ezek az előnyök indokolták, hogy a litium-metaborátos feltáráshoz a különböző fajta tégelyek közül a platina/arany tégelyt választottam, melyben a feltárási az alábbiak szerint végezhető el: a vizsgálandó mintából 100 mg-t mértem a tégelybe és 500 mg litium-metaboráttal jól elkevertem. A tégely tartalmát elektromos kemencé-

ben  $900 \pm 25$  °C-on 15 percig hevítettem. A még forró tégely tartalmát 100 cm<sup>3</sup> 2 mólos sósavba (salétromsavba) öntöttem, majd a tégelyt is belemerítettem. Miután kiemeltém és kimostam a tégelyt, a mintaoldatot mágneses keverőn, intenzíven kevertettem, míg az ömledék feloldódott. 10–15 perc eltelte után tiszta oldatot kaptam, melyben kovasav kiválást még több napi állás után sem tapasztaltam.

### Eredmények értékelése

A teflonbombás és litium-metaborátos feltárási (Pt/Au tégelyben) összehasonlítása

#### Pontosság és megbízhatóság

A két feltárási módszer pontosságának és megbízhatóságának összehasonlítására meghatároztam ismert összetételű standard minták ólom- és cinktartalmát, hét párhuzamos feltárást végezve.

A mérési eredményeket a 3. táblázatban foglaltam össze.

#### 3. táblázat

A teflonbombában végzett savas oldás és a litium-metaborátos feltárási pontosságának és megbízhatóságának összehasonlítása

Vizsgált komponens	ZnO		PbO	
	HF	$\text{Li}_2\text{B}_2\text{O}_4$	HF	$\text{Li}_2\text{B}_2\text{O}_4$
Feltárási módszer	HF	$\text{Li}_2\text{B}_2\text{O}_4$	HF	$\text{Li}_2\text{B}_2\text{O}_4$
Átlagérték (AAS) %	2,34	2,41	17,62	17,43
± SD	0,058	0,055	0,30	0,32
RSD %	2,47	2,30	1,73	1,84
Bizonylati érték	2,37 <sup>a</sup>		17,50 <sup>b</sup>	
t	1,37	1,93	1,06	0,58
F	1,13		1,13	

a = NBS 32 (fritt);

b = NBS 89 (üveg)

A vizsgálati eredmények alapján a két feltárási módszer pontosságát és megbízhatóságát statisztikai módszerrel értékeltem [45, 46]. A t és az F értékek kisebbek voltak a kritikus értékeknél:

$$t_{0,05}(6) = 2,447, \text{ ill. } F_{0,05}(6; 6) = 4,284$$

Tehát a t-, valamint az F-próba alapján a két méréssorozat esetében sem az átlagok, sem a szórások nem különböztek szignifikánsan.



## Mintaelőkészítés ideje

A két feltárási módszer időigényét, munkafázisokra a lebontva a 4. táblázatban foglaltam össze.

4. táblázat

A teflonbombában végzett savas oldás és a lítium-metaborátos feltárási mintaelőkészítési idejének összehasonlítása

Munkafolyamat	Savas (HF) tárás teflonbombában	Feltárási Li <sub>2</sub> B <sub>2</sub> O <sub>4</sub> -el
Oldás, tárás	20 perc	15 perc
Hűtés	15 perc	—
Kioldás, keverés	15–20 perc	10–15 perc

Mint a táblázatból is látható a lítium-metaboráttal végzett mintaelőkészítés gyorsabb, a mintaoldat 25–30 perc alatt analizisre kész.

## Különböző típusú szilikátok vizsgálata

A lítium-metaborátos feltárási előnye a teflonbombás feltárással szemben, hogy több anyag típusra alkalmazható, a nagy (> 10%) alumínium-, titán- és cirkontartalmú minták is maradék nélkül oldatba vihetők, így szilikátok mintaelőkészítésénél általánosabb módszernek tekinthető.

Fenti értékelés alapján a két mintaelőkészítési módszer közül, bár pontosságuk és megbízhatóságuk hasonló, a rövidebb mintaelőkészítési idő, a könnyebb kezelhetőség, a több anyag típusra való alkalmasság indokolja, a platina/arany téglében, lítium-metaboráttal végzett feltárási módszer minél szélesebb körű elterjesztését szilikátok feltáráására. Ezt a mintaelőkészítési módszert laboratóriumunkban bevezettük és rutinszerűen alkalmazzuk az atomabszorpciós vizsgálatok elvégzéséhez.

## I R O D A L O M

- [1] Price, W. J. (1977): Atomabszorpciós spektrometria Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- [2] Price, W. J. (1980): Transactions and Journal of the British Ceramic Society 79 29
- [3] Andrew, B. E. (1976): Am. Ceram. Soc. Bull. 55 583
- [4] Tamás, F. (1970): Szilikátipari laboratóriumi vizsgálatok, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- [5] Bennett, H., Reed, R. A. (1971): Chemical methods of silicate analysis, Academic Press, London
- [6] Langmyhr, F. J., Paus, P. E.: Anal. Chim. Acta (1968) 43 397, (1968) 43 506, (1968) 43 608, (1969) 44 445, (1969) 45 157, (1969) 45 173, (1969) 45 176, (1969) 47 371, (1970) 49 358, (1970) 50 515
- [7] Langmyhr, F. J., Sween, S. (1965): Anal. Chim. Acta 32 1
- [8] Langmyhr, F. J., Paus, P. E. (1968): At. Abs. Newsl. 7 103
- [9] Langmyhr, F. J., Graff, P. R. (1965): Norg. Geol. Undersekelse 230

- [10] Bernas, B. (1968): Anal. Chem. 40 1682
- [11] Amos, M. D., Willis, J. B. (1966): Spectrochim. Acta 22 1325
- [12] Capacho-Delgado, L., Manning, D. C. (1967): Analyst 92 553
- [13] Paus, P. E. (1971): At. Abs. Newsl. 10 44
- [14] Duchateau, J., Descamps, M., Savaete, B. (1971): Glastechn. Ber. 44 474
- [15] Medicus, G. (1972): Silikattechnik 23 345
- [16] Grobrenski, Z. (1973): Analysentechnische Berichte 31 E
- [17] Adams, P. B., Passmore, W. O. (1966): Anal. Chem. 38 630
- [18] Ayranci, B. (1976): Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 56 513
- [19] Price, W. J., Whiteside, P. J. (1977): Analyst 102 664 Analysis 5 275
- [20] Bailey, N. T., Wood, S. J. (1974): Anal. Chim. Acta 69 19
- [21] Sheridan, J. E. (1971): Spectrovision 25 10
- [22] Hendel, Y. (1973): Analyst 98 450
- [23] Roos, J. T. H., Price, W. J. (1969): Analyst 94 89
- [24] Kilroy, W. P., Moynihan, C. T. (1976): Anal. Chim. Acta 83 389
- [25] Wise, W. M., Burdo, R. A., Sterlace, J. S. (1978): Prog. analyt. atom. Spectrosc. 1 201
- [26] Annual Reports on Analytical Atomic Spectroscopy Chem. Soc. London Volumes 1–10 (1971–1980)
- [27] Erdey, L. (1960): A kémiai analízis súlyszerinti módszerei I–III. Akadémiai Kiadó, Budapest
- [28] Debras – Guedon, J. (1975): Bull. Soc. Franc. Ceram. 106 59
- [29] Debras – Guedon, J., Bisson, G. (1975): Bull. Soc. Franc. Ceram. 108 75
- [30] Medlin, J. H., Suhr, N. H., Bodkin, J. B. (1969): At. Abs. Newsl. 8 25
- [31] Boar, P. L., Ingram, L. K. (1970): Analyst 95 124
- [32] Riddle, C., Turek, A. (1977): Anal. Chim. Acta 92 49
- [33] Oliver, G. J. (1976): ESN 8 4
- [34] Ingamells, C. O. (1964): Talanta 11 665
- [35] Ingamells, C. O. (1970): Anal. Chim. Acta 52 323
- [36] Crow, R. F., Connolly, J. D. (1973): ASTM Journal of Testing and Evaluation 1 382
- [37] Falinover, C. (1976): Analysis 4 227
- [38] Träger, T., Fodor, Pné (1975): Építőanyag 27 273
- [39] Fodor, Pné, Träger, T. (1978): Építőanyag 30 66
- [40] Wise, W. M., Solsky, S. D. (1977): Analytical Letters 10 273
- [41] Van Loon, J. C., Parissis, C. M. (1969): Analyst 94 1057
- [42] Ohlweiler, O. A., Meditsch, J. O., Piatnicki, C. M. S. (1973): Anal. Chim. Acta 67 283
- [43] Ohls, K., Becker, G. (1976): Z. Anal. Chem. 279 183
- [44] Tomjanovic, M., Grobrenski, Z. (1975): At. Abs. Newsl. 14 52
- [45] Tátrai, F. (1979): Számítástechnika a környezetvédelemben, BME Továbbképző Int. Budapest
- [46] Vincze, I. (1975): Matematikai statisztika ipari alkalmazásokkal. 2. kiad. Műszaki Könyvkiadó, Bp.

Fodor Péterné: Mintaelőkészítési módszerek az atomabszorpciós spektrofotometriás (AAS) méréshez

A cikk összehasonlítja a teflon-bombás és a különböző típusú (grafit, platina, platina/arany ötvözetű) téglékben, lítium-metaboráttal elvégzett tárás módszereket. A kísérleti eredmények alapján a két mintaelőkészítési módszer közül az AAS vizsgálatok elvégzéséhez a platina/arany ötvözetű téglében, lítium-metaboráttal végzett feltárási módszer minél szélesebb körű elterjesztését ajánlja a szilikátipari laboratóriumok részére.

Фодор, П.-не: Методы подготовки проб для атомно-абсорбционной спектрофотометрии (ААС)

Статья сравнивает методы приготовления проб в тefлонных бомбах и тefлях различного типа (графит, платина, сплавы платина/золота) сплавлением с метабора- том лития. На основе результатов испытаний из двух методов подготовки проб для проведения испытаний ААС, для широкого лабораторного применения рекоменду- ется метод сплавления в тefле из платино-золотого сплава с метабора- том лития.



**Frau Fodor, M.: Mustervorbereitungsmethoden für die Atomabsorptions-Spektrophotometrie (AAS)**

Es wurden die Aufschlussmethoden mit Lithium-Methaborat in Teflonbombe und in verschiedenen (Graphyt, Platin, Platin-Gold Legierung) Tiegeln verglichen. Auf Grund der Versuchsergebnisse wird für AAS-Messungen das Method in Platin-Gold legierten Tiegel mit Lithium-Methaborat durchgeführten Aufschluss empfohlen.

**Fodor, Péterné: Sample Preparation for Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)**

Silicates can be attacked for AAS by lithium metaborate, using vessels made of teflon, graphite, platinum, platinum-gold alloy, etc. Results obtained by different methods are compared. The use platinum-gold alloy crucibles is emphasized.

## Egyesületi élet

### Az ALKOTÓ IFJÚSÁG építésügyi pályázat 1981/1982. évi eredményei

Az Építésügyi- és Városfejlesztési Minisztérium, a KISZ Központi Bizottsága, az Állami Ifjúsági Bizottság, az Építő-, Fa- és Építőanyagipari Dolgozók Szakszervezete, az Építőipari Tudományos Egyesület, a Magyar Építőművészek Szövetsége, valamint a Szilikátipari Tudományos Egyesület Elnökségének egyetértésével és támogatásával, figyelembe véve az ÁIB 4/1980/IPK.1/1981/ÁIB. számú irányelveit és az „Alkotó Ifjúság” pályázat VI. ötéves tervi építésügyi ágazati témakiírását, — a korábbi évekhez hasonlóan — 1981. évben is meghirdette az „Alkotó Ifjúság” építésügyi pályázatot.

A pályázat lebonyolítása során együttműködés alakult ki az Alkotó Ifjúság Egyesülettel.

A pályázat célja, hogy lehetőséget adjon az építőiparban, az építőanyagiparban, valamint a lakás- és kommunális ágazatban a kutatás, fejlesztés, tervezés, illetve kivitelezés területén dolgozó fiatalok — munkaköri köteleességein túl végzett — munkájának bemutatására. Továbbá, hogy a szakmailag kimagasló, a népgazdaság számára értékes és hasznosítható pályamunkák díjazásával is elősegítse azok megvalósítását.

A pályadíjak odaítélésénél, a VI. ötéves terv műszaki fejlesztési célkitűzéseit szolgáló, szélesebb szakmai területet érintő, az építőipari innovációs folyamatba hatékonyan kapcsolódó, illetve bekapcsolható pályázatokat részesítette előnyben.

A bíráló bizottság döntése alapján a Szilikátipari Tudományos Egyesület jogi tag vállalatának munkatársai, illetve Egyesületünk tagjai az alábbi díjazásban részesültek.

*I. díjban* (oklevél és 5000,— Ft) részesült: **Formaterv**

*Készítette:*

Buza Imre  
Bacsa László

*Alföldi Porcelángyár*

*I. díjban* (oklevél és 10 000,— Ft) részesült:

Ásványgyapot és bazaltkő műszeres analízisének bevezetése és alkalmazása a KÖSZIG Tapolcai Szigetelőanyaggyár laboratóriumában

*Készítette:*

Kiss Nándorné  
Molnárné Nagy Ilona  
Zalán Györgyné

*KÖSZIG—Tapolca*

*III. díjban* (oklevél és 5000,— Ft) részesült:

A légáteresztőképességet váltó légáramú módszerrel mérő berendezés

*Készítette:*

Mehrwerth Tamás  
Szabó Piroska  
Kertész Lászlóné  
Karsainé Lukács Katalin  
Dirner Lajosné

*KÖSZIG—Budapest*

Az *EFEDOSZ* különdíját (oklevél és 5000,— Ft) kapta:

Fenol-Formaldehid-Karbomid gyanta laboratóriumi előállítási kísérletek

*Készítette:*

Kiss Nándorné  
KÖSZIG—Tapolca

A *Szilikátipari Tudományos Egyesület* különdíját (oklevél és 5000,— Ft) kapta:

Számítástechnikai módszerek az építőanyagipari nyersanyagkutatásoknál

*Készítette:*

Nagy Péter

*FTV*

Az *Üvegipari Művek* különdíját (oklevél és 4000,— Ft) kapta:

9695 gyertyatartók

*Készítette:*

Jenei Ferencné  
Somogyi Lajos

*Ajkai Üveggyár*

Az *Üvegipari Művek* különdíját (oklevél és 3000,— Ft) kapta:

9525/7670 csiszolt tál

*Készítette:*

Szita Gyöngyi

*Ajkai Üveggyár*

Az *Üvegipari Művek* különdíját (oklevél és 1500,— Ft) kapta:

P/21093/21301 ólomkristály kehelyszéria

*Készítette:*

Kékesi Emil

*Parádi Üveggyár*

30/81 Kávészakos

*Készítette:*

Dósa Zsuzsanna  
Nagy József

*ÜM Salgótarján*

A díjazottaknak gratulál és munkájukhoz további sikereket kíván a

**SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS  
EGYESÜLET**  
Vezetősége és Ifjúsági  
Bizottsága



# Könyvismertetés

*Bisztray-Balku Sándor – Bozóky László – Koblinger László:*  
A sugárvédelem fejlődése Magyarországon

260 oldal, 13 A/5 ív, 38 ábra, 47,- Ft.  
Akadémiai Kiadó, Budapest.

A röntgen- és radioaktiv sugárzások múlt századvégi felfedezése új távlatokat nyitott meg az orvosi diagnosztikában, majd az atomenergia felszabadítása és a radioaktív izotópok mesterséges előállítása révén az ionizáló sugárzások mindennapi életünk részévé váltak. A gyakorlati alkalmazás során hamarosan tapasztalták, hogy az ionizáló sugárzások felhasználása kockázattal jár; aránylag kis sugárdózisoktól is már súlyosan károsodhat az ember. A sugárvédelem feladata megóvni az embert a sugárzások káros hatásától, ugyanakkor lehetővé tenni mindenki számára mindannak a jónak az élvezetét, amit az atomenergia békés felhasználása jelent.

A 3 fő részből álló mű a hazai sugárvédelem 75 éves fejlődésének történetét ismerteti, beszámol nemzetközileg is elismert eredmények-

ről, ill. a szerzők több évtizedes sugárvédelmi tevékenysége során tapasztalt negatívumokról.

## I. rész

A hazai műszaki és tudományos gyakorlatban alkalmazott röntgensugarak elleni védekezés története.

Ez a rész a röntgensugárzás káros hatásai elleni védekezés fejlődéstörténete mellett ismerteti a tárgykörben kiadott szabványokat, rendeleteket és óvrendszabályokat is. (63 irodalmi hivatkozás)

## II. rész

Sugárvédelem radioaktív anyagok és gyorsítók orvosi felhasználásánál, szervezeti kérdések. Ebben a részben a radioaktív anyagok orvosi (terápiás) alkalmazásának sugárvédelmi problémáit, az erre vonatkozó szabványokat, a sugárvédelem oktatási, szervezési és ellenőrzési formáit tárgyalják. (60 irodalmi hivatkozás)

## III. rész

Sugárvédelem szakipari és mezőgazdasági munkáknál, sugárvédelmi kutatások és szervezetek, műszergyártás.

Ez a rész a radioaktív sugárforrásoknak a különböző kutatások, ipari és mezőgazdasági alkalmazása során felmerülő sugárvédelmi kérdésekkel (sugárvédelem megtervezése, személyi dozimetria) foglalkozik, de számot ad a környezet radioaktív szennyezettségének és a népesség sugárterhelésének felmérésében elért eredményekről is. (194 irodalmi hivatkozás)

A könyvet a sugárvédelem témakörében megjelent összefoglaló munkák, kandidátusi és doktori disszertációk, valamint a mértékegységek és rövidítések jegyzéke teszi teljessé.

A könyv a sugárvédelemmel foglalkozó kutatók mellett hasznára lehet valamennyi, a röntgensugárzást, ill. zárt és nyitott radioaktív sugárforrásokat alkalmazó kutatóintézeti, ipari és mezőgazdasági szakembernek és orvosnak is.

*Dr. Gallyas Miklós*



*A szerkesztésért felel:*

**Dr. Székely Ádám**

*Szerkesztőség:*

Budapest VI., Anker köz 1 – 3. 1368  
Telefon: 226-497

*Felelős kiadó:*

**Siklósi Norbert**

*Kiadja:*

Lapkiadó Vállalat. Budapest VII., Lenin krt. 9 – 11. 1073  
Telefon: 221-286. Levélcím: Postafiók 223. 1906

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a hírlapkézbesítő postahivataloknál, és a Posta Központi Hírlap Irodánál (Budapest, V., József nádor tér 1. 1900) közvetlenül, vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215 – 90 162 pénzforgalmi jelzőszámlára. Előfizetési díj: negyedévre 57,- Ft, félévre 114,- Ft, egyes szám ára 19,- Ft.

Megjelenik havonként



83/1478. Franklin Nyomda, Budapest  
Felelős vezető: Mátyás Miklós Igazgató

**INDEX: 25250**  
**HU ISSN 0013—970 X**





# ALBA BEVONAT „T”

**Korrózióvédő és tűzvédő bevonat**

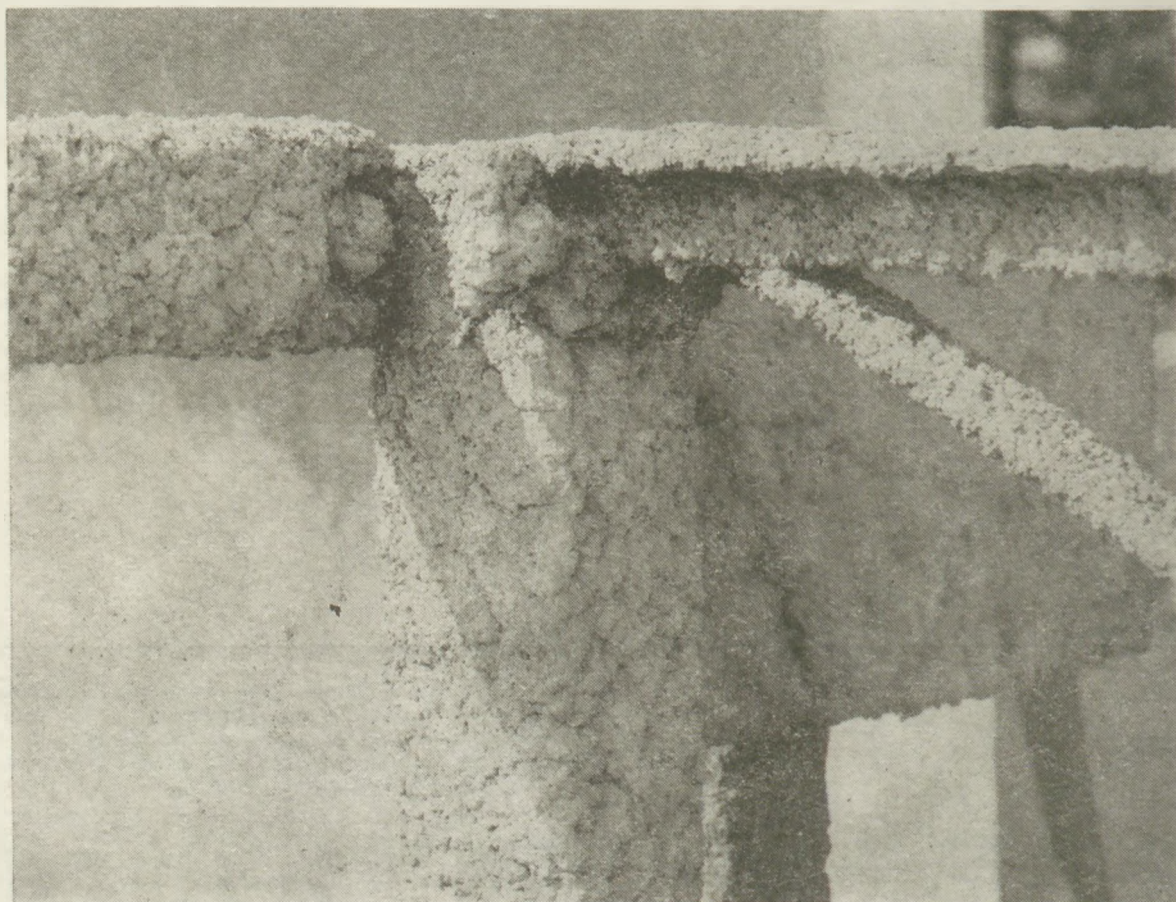
Az acélszerkezetek tervezésénél és kivitelezésénél egyik fő követelmény a megfelelő tűzvédelem biztosítása. E célra javasoljuk — a követelményeket messze kielégítő — szárazhabarcsunk alkalmazását, mely 4 cm vastagságban készítve 2,5 óra tűzvédelmet biztosít.

ÉMI minősítési száma: A-88/b/1980.

Felhordása történhet vakológéppel és hagyományos kézi technológiával is alapmázolás nélküli K<sub>2</sub>O-s felületre. Nyomásra illetve hajlításra igénybevett szerkezeteknél is alkalmazható, az acélszerkezet vastagságától függetlenül. A bevonat alatt az acélfelületet nem kell ellátni felületvédelemmel.

Termékünket 3 rétegű papírsákban forgalmazzuk.

Ára: telepünkön gépkocsira rakva 6 Ft/kg.



**ALBA REGIA ÁLLAMI ÉPÍTŐIPARI VÁLLALAT IPARI FŐMÉRNÖKSÉGE**  
8000 SZÉKESFEHÉRVÁR, Seregélyesi út 84.      Telex: 21-371  
Telefon: 12-980/320 mellék, 11-075/420 mellék