

302 935

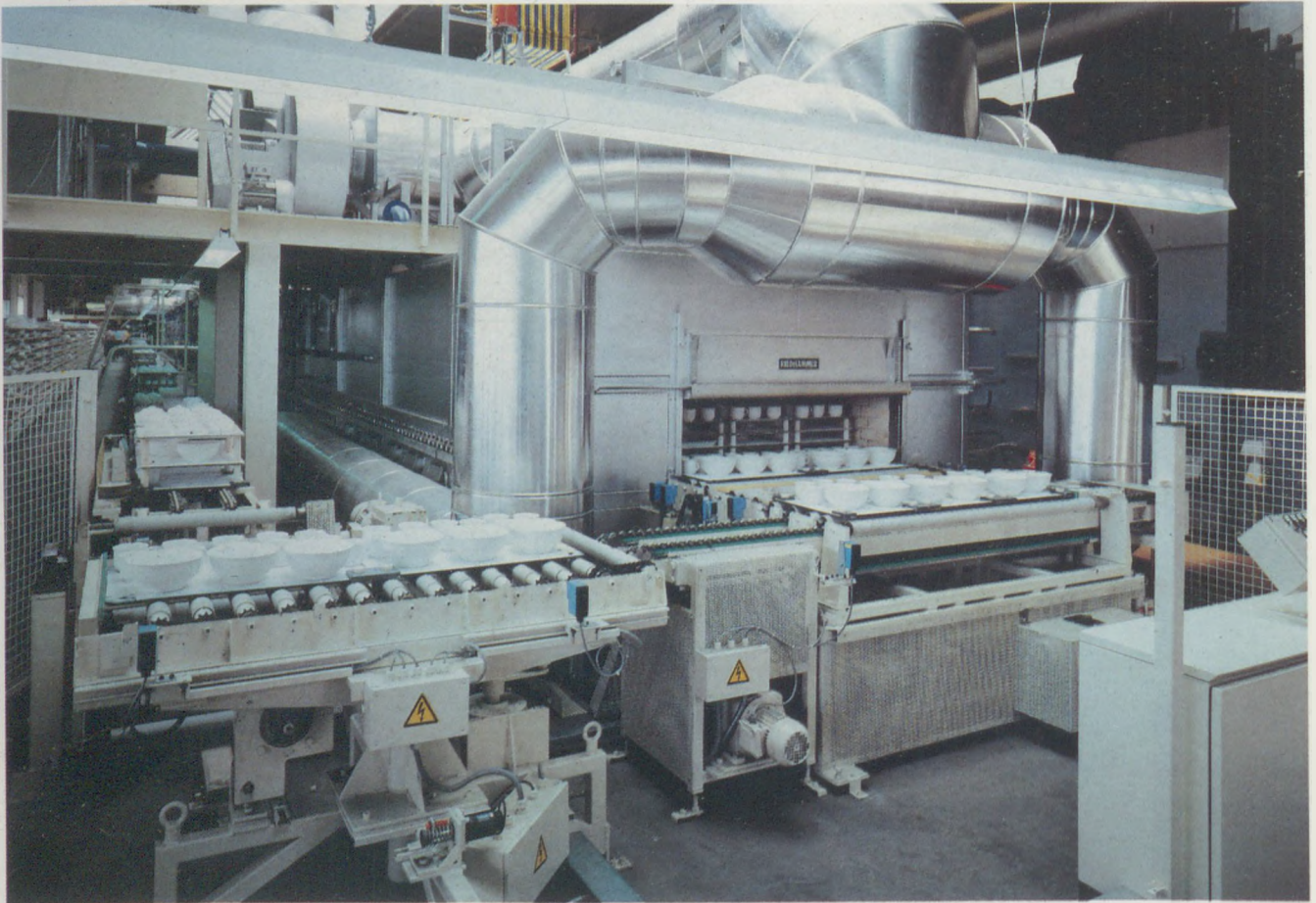
# ÉPÍTŐANYAG ○ 91/6

A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA



## Gyorségető görgőkemence a ROSENTAL cégnél

Klingenhofstraße 72 • Postfach 12 01 69  
8500 Nürnberg 10 (Germany) • Telefon: 09 11/52-18-0  
Telex: 6-22-710 • Telefax: 09 11/52-18-231



**Porcelánok mázas égetésére 1400 °C-ig**



Ismerje meg a  **MAPEI** Kft. 150 féle termékét!

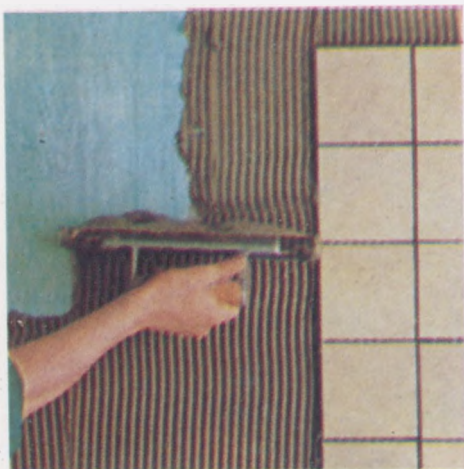
2040 Budaörs, Komáromi u. 16.

Telefon/fax: 185-08-89

Telefon: 185-23-22/267

## KERABOND

Vékony ágyazóhabarcs kerámia burkolatokhoz, külső és belső térben alkalmazható. Fagyálló és vízzáró tulajdonságú.



## KERACOLOR 0/4

Fugázóhabarcs 4 mm-es fugázószélességig. Külső és belső térben alkalmazható. 24-féle színben forgalmazzák.



## Szerkesztőbizottság:

### Elnök:

Prof. dr. TALABÉR JÓZSEF  
Felelős szerkesztő:  
WOJNÁROVITSNÉ DR. HRAPKA  
ILONA prof. assz.

### Rovatvezetők:

Szilikáttudomány  
Prof. dr. JUHÁSZ A. ZOLTÁN  
Szilikátechnika  
GARAI GYÖRGY  
Újdonságok  
DR. HILGER MIKLÓS  
Egyesületi és szakhírek  
DR. SZÉKELY ISTVÁN

### Tagok:

Dr. ÁBRAHÁM Ferenc  
Prof. dr. BALÁZS György  
Dr. FARKAS Ödön  
FODORNÉ dr. SZÖRÉNYI Márta  
GALLÉ Gábor  
Dr. GÁLOS Miklós  
Dr. KOLOSTORI János  
Dr. KOVÁCS Károly  
Dr. LIPTAY András  
PÉTER Gyula  
SEY Pongrác  
Dr. SZABÓ A. Szilárdné  
Prof. dr. TAMÁS Ferenc  
Dr. TERÉNYI Gyula  
Dr. WAGNER Endre

Szerkesztőség: 1027 Budapest II., Fő u. 68.  
Telefon: 201-9360  
Kiadja az Építésügyi Tájékoztatói Központ.  
Felelős kiadó: dr. Hamvay Péter igazgató.  
Készült a TYPOPRESS Kft.  
Nyomdaüzemében (910494). Budapest, 1991.  
Felelős vezető: Ernst Becvar.  
Kiadói szerkesztő: Bukovits Klára.  
Műszaki szerkesztő: Bernhardt Pál.  
Azonosság szám: 134/91  
Megjelent: A/4 alakban,  
5 A/5 ív terjedelemben.  
Egy szám ára: 50,—Ft.  
Külföldön terjeszti a Kultúra,  
1399 Budapest, Pf. 149 és a Magyar Média,  
1392 Budapest, Pf. 86—253  
Belföldön terjeszti az ÉTK  
1400 Budapest, Pf. 83

INDEX: 2 52 50

## TARTALOM

Balázs, Gy.-Erdélyi, A.-Kovács, K.: A betonacél korróziója kloridok hatására .....	202
Duma, Gy.: Fazekasságunk hagyományos ólomtartalmú nyersmázainak kialakulása .....	219
Egerer, F.-Namesánszki, K.: Magyarország meddőhányói .....	230
Hilger, M.: A cementgyári minőség szabályozási rendszer kialakításának technológiai szempontjai .....	237
Frank, F.: Ragasztástechnika világszínvonalon = a MAPEI Kft. ....	238
A világ szlikátiparából .....	239
Kiállítás .....	239

## INHALT

Balázs, Gy.-Erdélyi, A.-Kovács, K.: Die Korrosion von Betonstählen nach Einwirkung von Chloriden ...	202
Duma, Gy.: Die Entwicklung der herkömmlichen bleihaltigen Rohglasuren in der heimischen Töpferei ...	219
Egerer, F.-Namesánszki, K.: Die Abraumhalden und Halden für Totes Gestein in Ungarn ...	230
Hilger, M.: Die verfahrenstechnischen Gesichtspunkte der Gestaltung des Qualitätssystemes in Zementwerken .....	237
Frank, F.: Klebetechnik auf Weltniveau = MAPEI .....	238

## CONTENS

Balázs, Gy.-Erdélyi, A.-Kovács, K.: Chloride-induced corrosion in concrete reinforcing steel .....	202
Duma, Gy.: Development of pottery: Conventional lead-containing raw glazes .....	219
Egerer, F.-Namesánszki, K.: Quarry reject stockpiles in Hungary .....	230
Hilger, M.: Technological aspects of quality control systems in cement factories .....	237
Frank, F.: State-of-the-art in adhesive jointing = MAPEI .....	238

## СОДЕРЖАНИЕ

Балаж, Дь.-Эрдельи, А.-Ковач, К.: Коррозия арматуры бетона под влиянием хлоридов .....	202
Дума, Дь.: Развитие традиционных свинцовых глазурей в гончарном производстве Венгрии .....	219
Эгерер, Ф.-Намешански, К.: Отвалы пустой породы в Венгрии .....	230
Хильгер, М.: Технологические аспекты разработки системы регулирования качества на цементных заводах .....	237
Франк, Ф.: Технология склеивания на мировом уровне = МАПЕИ .....	238



## A betonacél korróziója kloridok hatására

dr. Balázs György — dr. Erdélyi Attila —  
dr. Kovács Károly

Budapesti Műszaki Egyetem

A betonacél korróziója kloridok jelenlétében más mechanizmussal zajlik le, mint levegőn. A lyukkorróziós mechanizmus a döntő. A betonkörnyezet erősen befolyásolja a korrózió kialakulásának feltételeit. Így döntő szerepe van a beton nedvességtartalmának, a szellőzési viszonyoknak, a kialakuló anód-katódrész felületi arányainak.

A lyukkorrózió intenzitását befolyásolja a cement, illetve a betonalkotók minősége (hidraulikus pótlékok, péptelenítőség, cementfajta, folyósítók stb.). A beton pórusszerkezetének befolyásoló szerepe is jelentős. A betonban kialakuló repedések csak jó minőségű betonok esetén jelentenek pótlólagos rontó tényezőt, mert rossz minőségű beton esetén a korrózió enélkül is intenzív.

A betonfedésre és a környezet tartóssági követelményeire vonatkozóan a CEB és az EUROCODE-2 táblázatos előírásai a mértékadók.

Corrosion of reinforcing steel embedded in chloride-containing concrete differs from normal corrosion, as in this case pitting mechanism is the most important. Among others, the moisture content, exchange with outside air (ventilation) and the ratio of anodic/cathodic area are of prime importance. Obviously the presence of hydraulic additives and plasticizers, cement type, paste saturation, together with the pore size distribution all affect corrosion intensity. Corrosion in concrete of interior quality may be very intensive. CEB and EUROCODE-2 tables give guidelines or durability requirements depending on the environmental exposure.

### Bevezetés

Az ún. kloridkorrózió abban különbözik a karbonátosodási (légköri) [1] korróziótól, hogy a nem karbonátosodott zónában is létrejöhét a korrózió, ha a kloridiontartalom túllépi azt a határt, amelyet a cement tartósan leköthet.

A leköthető kloridion mennyiségének tekintetében nincsen egyetértés, mert míg a német Richartz [2] nyomán 0,4% (a cement tömegére vonatkoztatva), addig az Osztrák Cementkutató Intézetben (Rechberger nyomán [3]) legalább 1%-ot tételeznek fel. A cementek tényleges kloridkötő képességét még a jövőben kell tisztázni [4].

A légkörben levő vasbeton szerkezet betonacélja korróziójának három feltétele van:

- pH < 9,
- a víz a betont vezetővé teszi és kémiai rész vesz a korrózióban,
- az oxigén az acélhoz jut és elősegíti a korróziót.

### Kloridionok hatása az acélok korróziójára

A kloridionok az ún. légköri korrózió mechanizmusát a következők szerint változtatják meg:

a) A kloridkorrózió akkor is létrejöhét, ha a karbonátosodott réteg nem ér az acélbetétig. A karbonátosodott zónának ezen felül hátránya, hogy abban a kloridion egyáltalán nem kötődik meg, tehát a minimális kloridmennyiség is korróziót hozhat létre.

A kétféle korrózió megjelenési formája is eltér egymástól.

A kloridkorróziónál különbséget kell tenni abban, hogy a kloridhatás alkalikus környezetben (pH > 9) következik-e be vagy karbonátosodott betonban. Alkalikus környezetben a kloridionok a védőréteget csak helyileg támadják, ami pont- vagy lyukkorrózióhoz vezet. Ennek a korrózióknak is feltétele a megfelelő mennyiségű víz és oxigén jelenléte.

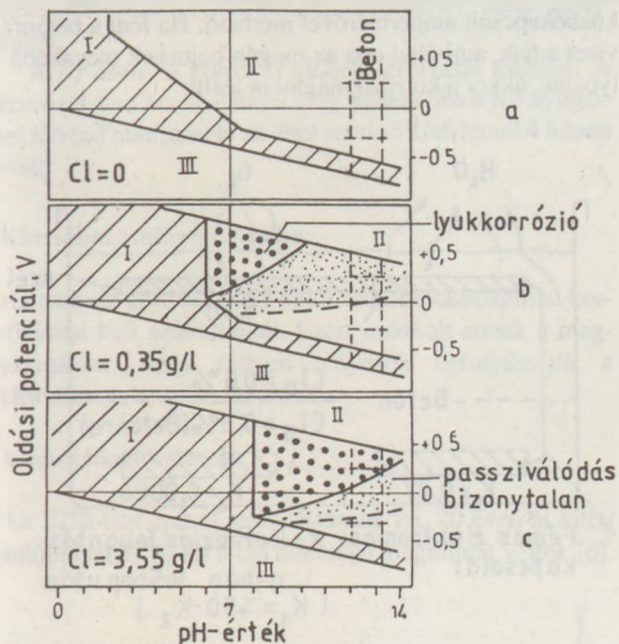
Védelem nélkül vagy karbonátosodott zónában levő acél egyenes korrózióját a kloridionok csak meggyorsítják [6].

Az 1. ábrán a leggyorsított Pourbaix-diagramban azt szemléltetjük, hogy a kloridionok hogyan változtatják meg a korróziós tartományokat. Az a) ábra a kloridion nélküli betonra vonatkozik; a b) ábra a kicsi, a c) ábra a nagy kloridtartalom hatására bekövetkező változást tünteti fel. Az ordinátán az acél elektródpotenciálja, az abszcisszán az acél körülvevő vizes oldat pH-ja van feltüntetve. Ha kloridion nincs, mint az a) ábrán, akkor a következő tartományok vannak:

- I.: aktív korrózió  $Fe^{2+}$ -ionok képződése közben,
- II.: passzíválódás vas-oxidokból levő, az acélon termodinamikusan stabilis védőréteg keletkezése által,
- III.: az acél termodinamikai okokból nem tud korrodálni.



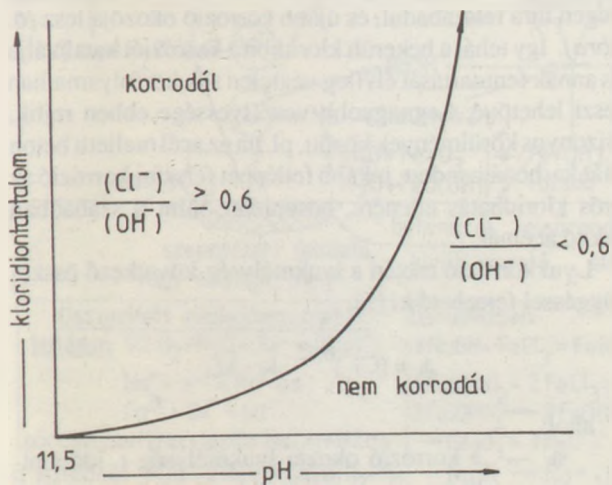
A b) és a c) ábrán jól látható, hogy a passzívált tartomány a kloridiontartalom növekedésével egyre csökken és különösen fontos a kloridkorrózió esetén a beton megfelelő bázikussága, nagy pH-ja. Tehát a pH semmiképpen ne csökkenjen 9 alá.



1. ábra

A kloridionok hatásának az ábrázolása leegyszerűsített Pourbaix-diagramban [7]

Más megvilágításban szemlélteti a problémát a 2. elvi ábra [28]. Amennyiben a pórusvíz kloridiont tartalmaz, úgy a  $\text{pH} > 9$  határérték nem elegendő biztosíték a betonacél passzivitásának megítéléséhez. Ilyenkor szükséges ismerni a hígítatlan pórusvíz konkrét pH-értékét, amiből az  $\text{OH}^-$  ion koncentrációja kiadódik, továbbá ismerni kell a kloridiontartalmat is. E kettő aránya határozza le a passzivitási zónát.



2. ábra

A korróziós veszélyeztetettség a kloridtartalom és a pH függvényében [28]

Erlin és Verbeck szerint [28], amennyiben ez a kloridion-hidroxiion arány nagyobb 0,6-nál, akkor a betonacél elveszíti passzivitását. (A német kutatók szerint ez a határérték 0,75.) Értelmszerűen a növekvő pH-érték növekvő hidroxiionkoncentrációt jelent, így a passzivitási határérték a pH függvényében változik.

Ennek magyarázataként vissza kell utalnunk a pH-érték értelmezésére. Mint köztudott, a víz magában is elektrolitos disszociációt szenved, úgy felírható az egyensúlyára jellemző disszociációs állandó:

$$K_d = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

Ez az állandó rendkívül kicsi, mert a nem disszociált víz egyensúlyi koncentrációja igen nagy. Jó közelítéssel állítható, hogy ez az egyensúlyi koncentráció a disszociáció következtében nem változott, így értéke állandónak vehető és összevonható a  $K_d$  értékével. Így:

$$K_v = K_d [\text{H}_2\text{O}] = [\text{H}^+][\text{OH}^-],$$

aminek az értéke 25 °C-on  $1,0 \cdot 10^{-14}$ .

Tiszta vízben a hidrogén- és hidroxiionkoncentráció azonos, ezért:

$$[\text{OH}^-] = [\text{H}^+] = 10^{-7} \text{ mol/l.}$$

Lúgos közegben az  $[\text{OH}^-]$  koncentráció nő a  $\text{H}^+$  koncentráció rovására; savas közegben fordítva.

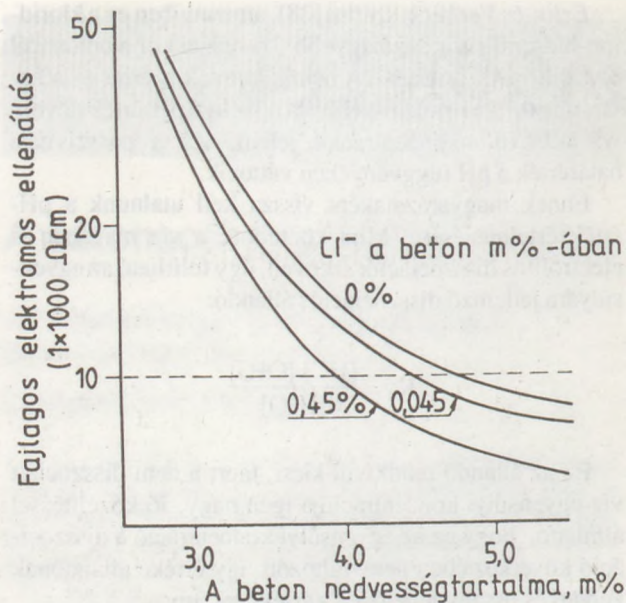
Mivel a rendkívül kis számokkal nehéz dolgozni, bevezették ennek negatív logaritmusát, a pH-értéket:

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+].$$

Következésképpen, ha a pH-érték 7-nél nagyobb, akkor a lúgos jellegű anyagban az  $[\text{OH}^-]$  koncentráció a  $[\text{H}^+]$  koncentráció rovására nő. Ez jut kifejezésre a 2. ábrán a  $[\text{Cl}^-]/[\text{OH}^-]$  arányban, azaz a pH-érték növekedésével az  $\text{OH}^-$  koncentráció nő, tehát nőhet a  $[\text{Cl}^-]$  ion mennyisége is ahhoz, hogy a 0,6-os arányt ne lépjük át.

b) Nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a kloridok általában nedvszívók, nedvességet vesznek fel a levegőből, ezáltal növelik az acélt körülvevő környezet vezetőképességét (3. ábra). A nedvességnek igen nagy hatása van a korrózió mértékére. Például: az acélbetéttel érintkező konyhasó száraz környezetben alig okoz korróziót. Ha azonban a relatív légnedvesség 76% fölé emelkedik (ettől kezdve a NaCl vizet vesz fel a levegőből), erős korrózió kezdődik. Más kloridsóknál ez a határ kisebb. Egyik esetben sincs azonban éles határ; kb. 60–70%-tól folyamatosan nő a nedvességfelvétel. Ezért a nedves betonban az acél közelében levő kisebb kloridtartalom erős korróziót okozhat, míg valamivel szárazabb környezetben a kloridhatár nagyobb ugyanolyan mérvű korrózió esetén.

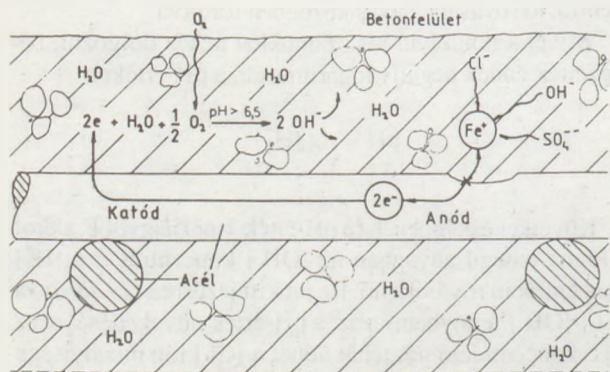




3. ábra

A kloridion és a nedvesség befolyása a beton elektromos ellenállására Browne szerint [7]

c) Jelentős szerepet játszanak a „makroelemként” működő szellőzési viszonyok, tehát az oxigénnel való ellátottság is (4. ábra). Lényege, hogy ugyanúgy, mint a klorid nélküli korrózió esetén, ebben az esetben sem szükséges oxigén azon a helyen, ahol a korrózió létrejön. Az oxigén



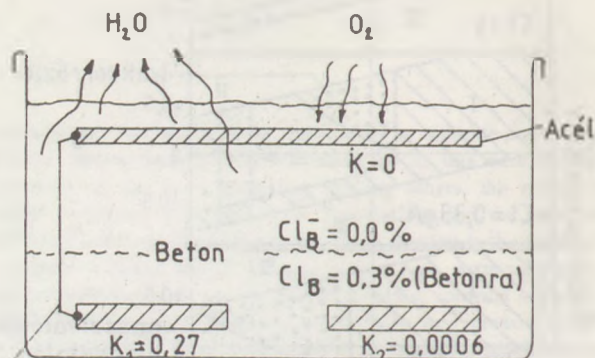
4. ábra

A szellőzési viszonyok hatása az Evans szerinti korróziós elem képződésére [9]

csak a katódként működő acéltartományok szomszédságában szükséges, ahol a közeg bázikus volta az anódon végbemenő korrózió következtében még nő. Az oxigénhiány a korrózió helyén még elő is segíti az ott végbemenő korróziót. Ezért a helyreállítás során a rejtett korróziós helyeket is számításba kell venni és számolni kell azzal, hogy pontkorrózió tömör betonban is létrejöhet.

Az anód és a katód a gyakorlatban 1 m-nél nagyobb távolságra is lehet egymástól. Például: a híd pályaelemzésének száraz alsó részében a vasalás katódként működhet,

míg a kloridhatásnak kitett, oxigénnel rosszul ellátott felső vasalás működik anódként. A laboratóriumi kísérletek során (5. ábra) az alsó acélbetétek voltak kloridtartalmú betonban (fordítva mint a pályalemezekben). Egy jól szellőztetett felső acélbetét az alsóval elektromosan vezető módon volt összekötve. A korrózió sebessége egy közbekapcsolt ampermérővel mérhető. Ha fent a betonra vizet adtak, ami által oda az oxigén bejutását megakadályozták, akkor a korrózió majdnem leállt.



Fémes elektromos kapcsolat K = Korróziós lebontás g-ban 165 nap után (K1 = 450 · K2)

5. ábra

Makroelemképződés által fokozott kloridkorrózió kimutatása kísérlettel [10]

A makroelemes korrózióra az anód-katód felületi arányának is hatása van. Ezzel könnyen megmagyarázható az is, hogyha a passzíválódott réteg ott sérül meg, ahol a beton többnyire nedves is, akkor az oxigénellátottság fokozatosan romlik és a korrózió erre a tartományra koncentrálódik. Továbbá a helyi pH-érték drasztikusan leesik, messze a savas tartományba, míg a pH a környező katódnál inkább nő. A klorid eközben nem használódik el, hanem a korróziós folyamatban részt véve, a folyamat végén újra felszabadul, és újabb korrózió okozója lesz (6. ábra). Így tehát a bekerült kloridion a korróziót katalizálja és annak fenntartását elvileg végtelen sok körfolyamatban teszi lehetővé. Legnagyobb veszélyessége ebben rejlik. Bizonyos körülmények között, pl. ha az acél melletti beton már karbonátosodott, inkább felléphet felszíni korrózió az erős kloridhatás ellenére, hasonlóan, mint a szabadban fekvő acélnál.

Lyukkorrózió esetén a lyukmélység következő összefüggéssel fejezhető ki [5]:

$$a_t = (Cl^-)^{0,85} \cdot k_t \cdot k_L,$$

ahol:

a — a korrózió okozta lyukmélység t időpontban,

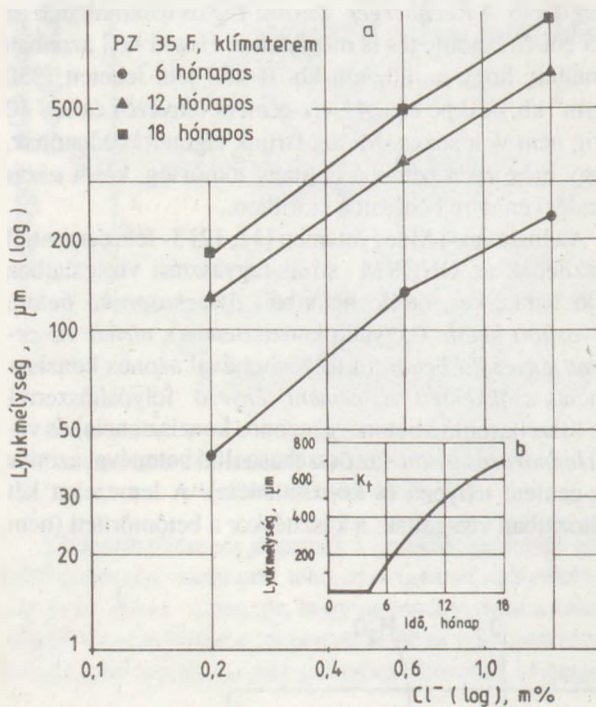
Cl — a kloridionkoncentráció a cement tömegére vonatkoztatva,







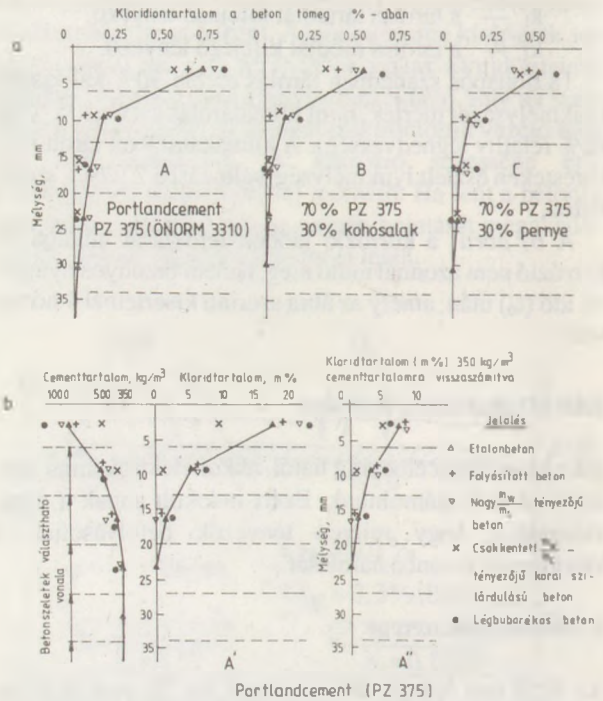
lehúzott!) felületre, illetve 50 mm-es réteget eltávolítva a vágott betonfelületre 3%-os NaCl-oldat került. (A levágással a vízszintes felső síkban feldúsuló cementpépet és légbuborékokat távolították el.)



A 8. a) ábrán a vágott betonsíkon alkalmazott 50 ciklusos sózás-fagyasztás utáni kloridtartalmak láthatók 3-féle cementre (A, B, C) a próbatest mélységének függvényében. (A  $Cl^-$ -tartalmat röntgenfluoreszcenciás, gyors módszerrel mutatták ki.) A cementtartalom a vizsgált rétegekben a névleges  $320...340 \text{ kg/m}^3$  között.

Szembetűnő, hogy a kloridtartalom A-B-C sorrendben (minden mélységben) csökken, tehát a hidraulikus pótlékos cementekkel készített betonban lassúbb a diffúzió. A légbuborékos betonokban a diffúzió (a vizsgált esetek közül) a legnagyobb.

A b) ábrán tiszta portlandcementtel készített, le nem vágott betonfelületről lefelé mért kloridtartalmak és ugyanezeknek a rétegeknek a cementtartalma látható (A' ábra): eszerint  $800...900 \text{ kg/m}^3$  a feldúsult fedőrétegek cementtartalma, és a kloridtartalom is háromszoros. Ha átszámítják a kloridtartalmat a névleges  $350 \text{ kg/m}^3$ -re (A'' ábra), akkor a kloridtartalom azonos lesz az A ábrán látottal: vagyis a finomhabarcsban, cementben, vízben dúsabb, felső vízszintes rétegek fokozott kloridtartalma nem a betonfajták, hanem a felületkészítési mód hibája.



Összefoglalva megállapítják, hogy

- a víz-cement tényező növekedtével a kloridtartalom nő,
- a tervezett cementtartalom 15...20 mm mélységben található meg, felette a szétosztályozódás és nagyobb porozitás miatt más és emiatt a kloridtartalom is feldúsul az átlagos betonstruktúrához képest,
- a légpórusok egyrészt a felső rétegben siettetik a szétosztályozódást (és így a kloridfeldúsulást is), de még a felszíntől 50 mm mélyen levő betonokban is valamivel nagyobb az L-betonok kloridtartalma, ami talán a buborékrendszerrel lehet kapcsolatban,
- a nagy kezdőszilárdságú, folyósító adalékszer révén csökkentett víz-cement tényezőjű betonokban is kisebb a kloridbehatolás,
- a hidraulikus pótlékok hatása egyértelműen kedvező.

Rehm és munkatársai [25] is azt állapították meg, hogy a víz-cement tényezőnek (kapillaris porozitás) nagy a hatása a kloridbehatolás mélységére. Amíg a víz-cement tényező 0,4-ről 0,5-re, illetve 0,5-ről 0,7-re nőtt, addig a kloridtartalom 3 cm mélységben 2,5–3-szorosára emelkedett.

Ahogy előbb is bemutattuk a cementfajtának is nagy a hatása. Míg 1 cm mélységben kb. független volt a kloridiontartalom a cementfajtától, addig 3 cm mélységben 10-szer nagyobb volt a pc, mint kohósalak-portlandcement



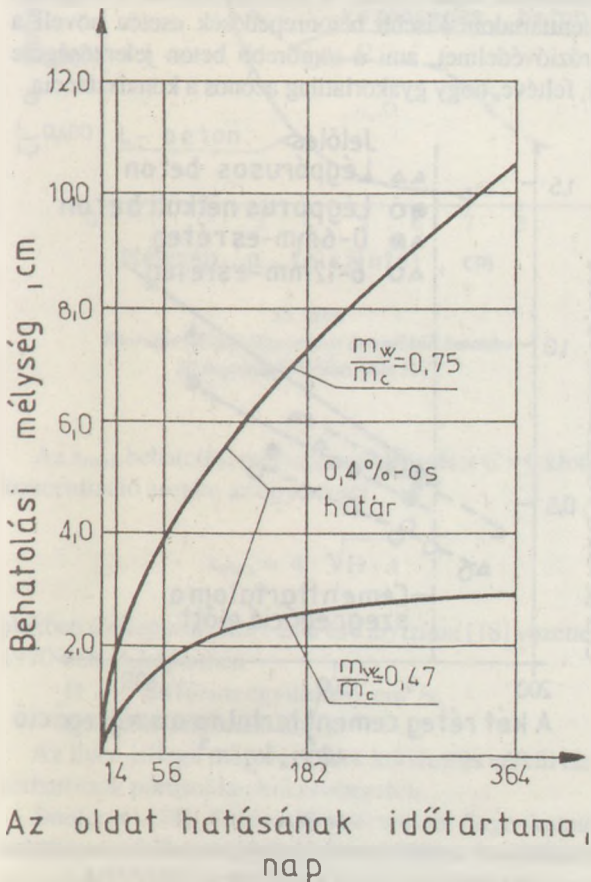
esetében (70% kohósalak). Az S54 típusú portlandcement hatása nem tért el lényegesen a 450 pc-étől.

A kloridbehatolás nőtt  $d_{max}$  növelésével. Amíg a  $d_{max}$  8-ról 16 mm-re nőtt, addig a kloridtartalom kb. 2,1-szere-sére, amíg 8-ról 32 mm-re, addig kb. 3-szorosára nőtt. A  $d_{max}$  növelésének hatása annál nagyobb volt, minél nagyobb volt a betonfedés [25]. Ez azzal magyarázható, hogy a kloridionok az adalékanyag és cementkő határfe-lületén jobban behatolnak mint a cementkőben.

Kísérleteik alapján hidakon a következő betonfedést ajánlják [25] hazai cementekkel kifejezve:

- 450 pc, ha a víz-cement tényező  $\leq 0,4$ ,
- illetve  $\leq 0,5$ ,
- 250 kspc 60, ha a víz-cement tényező  $\leq 0,5$ ; 4 cm,
- 450 pc, ha a víz-cement tényező  $\leq 0,7$ ; 6 cm.

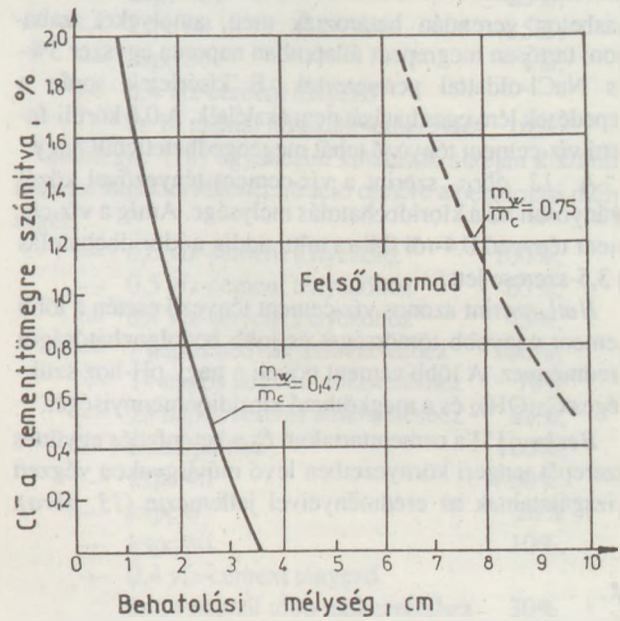
Az NSZK-ban [13] 20.20.12 cm-es vízzárósági leme-zeket vizsgáltak 0,5%-os NaCl-oldatban úgy, hogy az álló lapnak egyetlen 20x20 cm<sup>2</sup>-es felületét érte a változtatott szintmagasságú oldat, a többi oldalt többrétegű epoxibe- vonat zárta le. A cserélt és folyamatosan kevert oldatban való 1 éves tárolás után megállapították, hogy a kloridtar-



9. ábra

A 0,4 m%-os Cl<sup>-</sup> határ kétféle víz-cement tényező esetén [13]

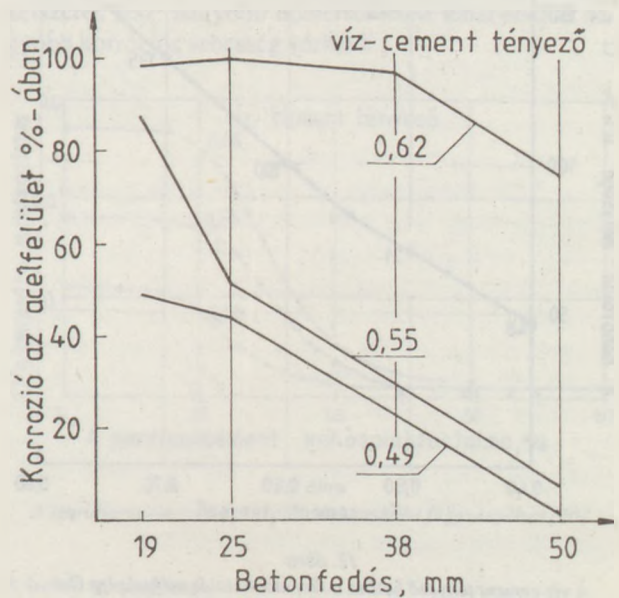
talom a legfelső, párolgó, mindig szárazon álló harmad-ban a legnagyobb, ebben a zónában az egyébként kritikusnak tartott 0,4%-os kloridtartalom-határ (azaz 0,4 m% Cl<sup>-</sup> a cement tömegére vonatkoztatva) már 10 cm mélyen volt, ha a víz-cement tényező 0,75; de csak 3 cm mélyen, ha 0,47 volt (9. ábra). A beszívárgott klorid-tö-meg a felszínhez közel természetesen sokkal nagyobb volt (10. ábra).



10. ábra

Összefüggés az elpárolgási szakaszban felgyülemelő kloridtartalom és a beton felszíntől való távolsága között, kétféle víz-cement tényezőre [13].

A 11. ábra a betonfedés vastagságának és tömörségé-nek a hatását együtt szemlélteti. A betonfedés tömörségét



11. ábra

A korrózió mértéke a víz-cement tényező és a betonfedés függvényében Atunay és Ferguson [14] szerint

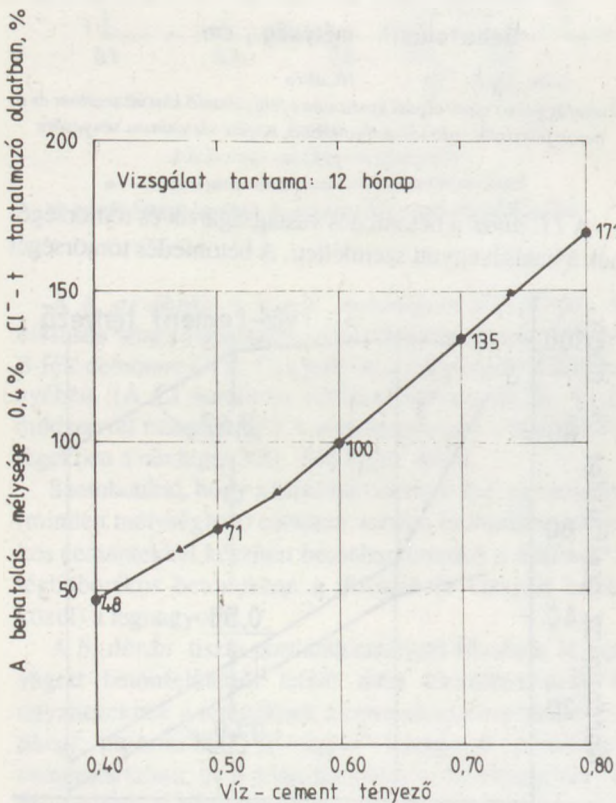


a víz-cement tényező juttatja kifejezésre. 25, illetve 38 mm-es betonfedés felett a víz-cement tényező a görbék párhuzamos eltolódását eredményezte. Ezért lehet hatását egy szorzótényezővel kifejezésre juttatni. A 0,49 és a 0,55 víz-cement tényező korróziós hatása között kicsi a különbség. 50 mm-es betonfedés esetén a két víz-cement tényezővel készített betonban már elhanyagolható volt a korrózió. Jóllehet ezt a korróziós állapotot olyan 2 éves vasbeton gerendán határozták meg, amelyeket szabadon, tartósan megrepedt állapotban naponta egyszer 3%-os NaCl-oldattal permeteztek. E kísérletek során a repedések lényeges hatását nem észlelték. A 0,6 körüli feletti víz-cement tényező tehát megengedhetetlenül nagy.

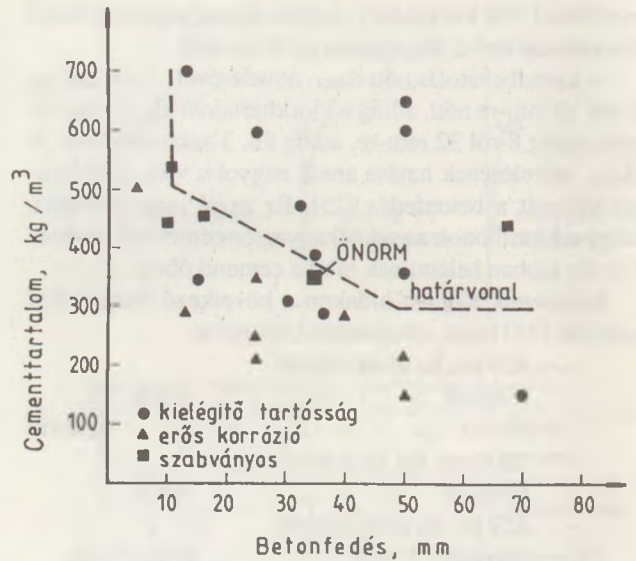
A 12. ábra szerint a víz-cement tényezővel közel arányosan nő a kloridbehatolás mélysége. Amíg a víz-cement tényező 0,4-ről 0,8-ra nő, addig a kloridbehatolás a 3,5-szerese lett.

Hall szerint azonos víz-cement tényező esetén a több cement nagyobb tömörséget és jobb bedolgozhatóságot eredményez. A több cement növeli a nagy pH-hoz szükséges  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  és a megköthető kloridionmennyiségét.

Beeby [15] a cementtartalom és a betonfedés együttes szerepét tengeri környezetben levő műtárgyakon végzett vizsgálatainak az eredményeivel jellemezte (13. ábra).

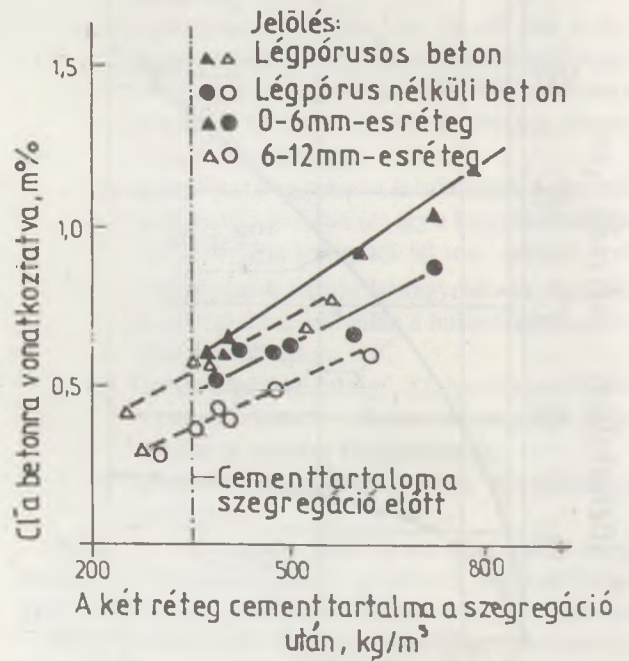


12. ábra  
A víz-cement tényező hatása a kloridbehatolás mélységére Ost és Monfore szerint [31]



13. ábra  
A cementtartalom és a betonfedés együttes hatása tengervízben álló szerkezetek tartósságára Beeby szerint [15]

Az ábrán minden jel egy építmény jelc. A háromszöggel jelölt műtárgyak erősen rozsdásodtak, a körrel jelöltek kellen védettek voltak, négyzeggel a szabványos követelményeket jelölték. A szaggatott vonal a jó és a rossz eredmények határ vonala. A kísérlet szerint a nagyobb cementtartalom kisebb betonrepedések esetén növeli a korrózióvédelmet, ami a tömörebb beton jelentőségére utal, feltéve, hogy gyakorlatilag azonos a konzisztencia.

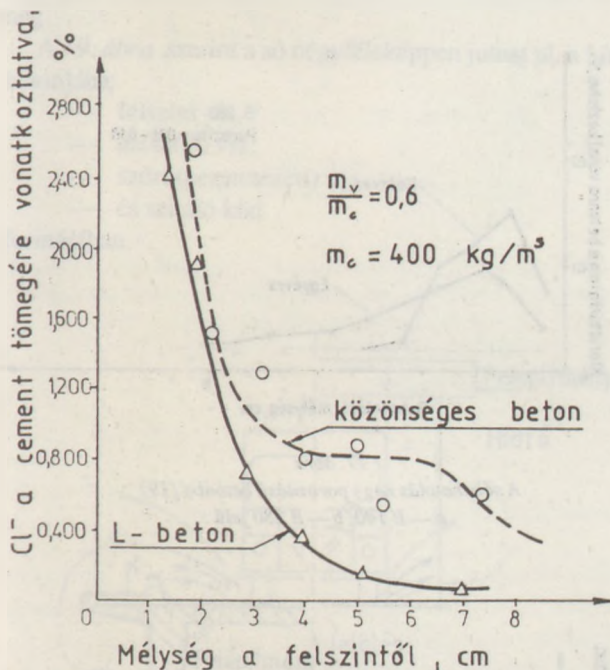


14. ábra  
Légbuborékos és anélküli betonok felső rétegeinek az összehasonlítása szegregálódás és kloridtartalom szempontjából [16]



Lukas [16] kísérletei szerint (14. ábra) a légpórusképzéssel készített betonba a kloridbehatolás nagyobb, mint az anélkülibe, de az eltérés függ a víz-cement tényezőtől, ugyanis, ha a víz-cement tényező 0,55–0,70 közötti, akkor a különbség 30–50%; ha 0,4–0,5, akkor csak 10–20%. Továbbá a légbuborékos betonban nő a felső réteg szétkeveredési hajlama (lásd: az 8. ábrát).

Ettől eltérő vélemények is vannak, pl. a [17] szerint a légpórusos betonba (főleg a belsejébe, 5 cm-nél mélyebbre) a kloridionbeszivárgás kisebb, mint a légpórus nélküli betonba (15. ábra), amint erre a 8. ábra kapcsán már utaltunk is.



15. ábra  
Kloridbehatolás légpórusos és anélküli betonba  
20 fagyási ciklus után [17]

Az  $x_{\max}$  behatolási mélység számításához  $C = 0$  klorid-koncentráció esetére az egyenletet

$$x_{\max} = 4 \cdot \sqrt{D \cdot t}$$

alakban Collepardi, Marcialis és Turriziani [18] vezette le 1970-ben. A képletben

- D — diffúziós együttható,  $\text{cm}^2/\text{s}$ ,
- t — a behatolási idő, s.

Az ilyen jellegű összefüggések korlátozás nélkül első sorban csak pórusolatokra érvényesek.

Smolczyk [18], Bakker, Brodersen és Page kutatási eredményei felhasználásával kiszámította a diffúziós együtthatót és 0,6 víz-cement tényezőjű, 7 napig utókezelt beton átteresztőképességét 100%-nak véve, a következő értékeket kapta:

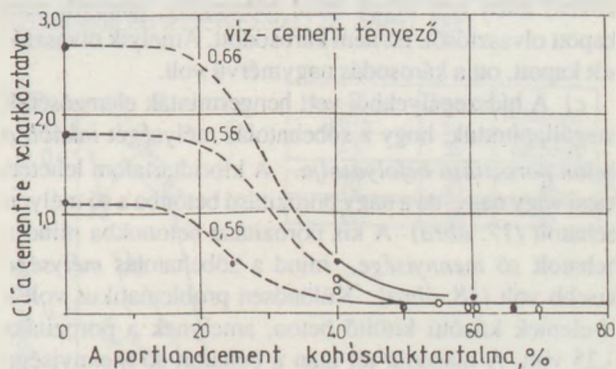
— 0,6 víz-cement tényező	100%,
— 0,5 víz-cement tényező	45%,
— 0,4 víz-cement tényező	20%,
— 7 napos nedves utókezelés	100%,
— 14 napos nedves utókezelés	55%,
— 20 napos nedves utókezelés	45%,
— tiszta pc	100%,
— kspc 40	25%,
— kspc 60	5%,
— kspc 80	1%,
— 0,4 víz-cement tényező	
és 14 napnál hosszabb utókezelés	10%.

Smolczyk [18] ugyanezen kutatások alapján kiszámította azonos kloridkoncentráció esetére a behatolási mélységet:

— 0,6 víz-cement tényezőhöz	100%,
— 0,5 víz-cement tényezőhöz	65%,
— 0,4 víz-cement tényezőhöz	45%,
— 7 napos nedves utókezeléshez	100%,
— 14 napos nedves utókezeléshez	75%,
— 28 napos nedves utókezeléshez	65%,
— tiszta pc-hez	100%,
— kspc 40	50%,
— kspc 60	20%,
— kspc 80	10%,
— 0,4 víz-cement tényező	
és 14 napnál több utókezeléshez	30%.

Eszerint a kspc 40 jelű cementektől már lényegesen kisebb kloridbehatolás várható, mint a tiszta pc-ektől.

A cement kohósalaktartalma hatását a 16. ábra szemlélteti. Smolczyk [18] arra is rámutatott, hogy a hőmérséklet hatása olyan nagy, hogy megbízható kísérlet csak állandó hőmérsékleten végezhető. Ha a tárolási hőmérséklet 15 °C-ról 25 °C-ra nő, akkor a diffúziós együttható kétszeres lesz: nagyobb hőmérsékleten tehát sokkal nagyobb korróziós sebesség várható.



16. ábra  
A kloridtartalom a cement kohósalaktartalma függvényében [20]

#### A beton porozitása

A kísérletek és a számítások szerint tehát a víz-cement tényező csökkentésének, a nedves utókezelésnek, a cement



fajtájának nagy a hatása a kloridbehatolás mélységére. Ehhez hozzávehetjük még a beton korát is a sózás kezdetének az időpontjában, amely a hidratáció mértékét juttatja kifejezésre. Mindez együtt a beton porozitásában nyilvánul meg. Ezt az M3 autópályán végzett vizsgálatainkkal támasztjuk alá [19].

Kutatásaink során olyan autópályaszakaszt vizsgáltunk, melynek hídszegélyein jelentős károsodások következtek be a forgalomba helyezést követő első télen. E hidak szegélyét részben monolitbetonból, részben előregyártott betonból és helyszíni monolit kitöltő betonból készítették. Az előírt betonminőség vasbetonra B 200 vagy B 280, kitöltő betonra B 140 jelű volt. Légpórusképzőt nem használtak.

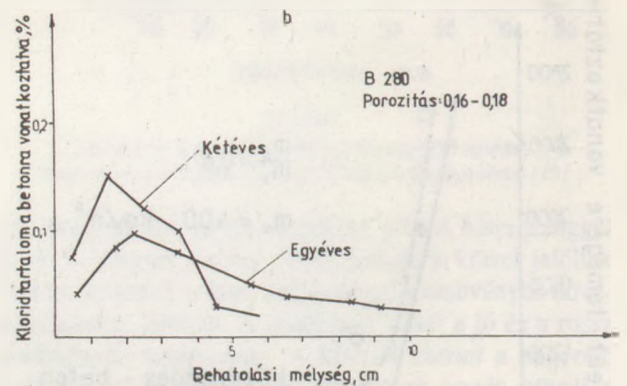
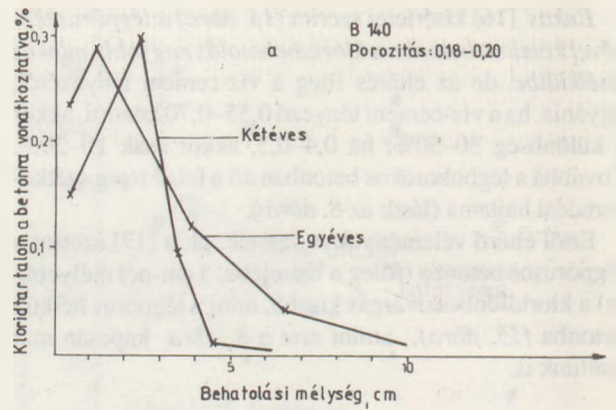
A szegélyelemeket úgy tervezték és építették, ahogy akkor megszokták, amikor sózás még nem volt. A betonhoz 450 pc-t használtak fel. Csak a szilárdság volt előírva.

A hidak az autópályának kb. 20 km-es szakaszán találhatóak. Megvizsgáltuk — a tönkremenetel okainak elemzéséhez — az időjárási viszonyokat. Bár ez az útszakasz időjárási zónahatáron fekszik, az időjárásban nagy eltérés nem volt. Az időjárás abszolút értelemben nem volt szélsőséges, azonban a tél hosszú volt és az első hó korán leesett. A tél folyamán a komolyabb hóeséses napok száma 34, a sószórásos napoké 63, az összes kiszórt sómennyiség átlagosan  $960 \text{ g/m}^2$ , az összes csapadék 200 mm volt. Az első hóesés előtt esett le ennek a nagy része, úgy a beton az első sózáskor vízzel telített lehetett. A hídszegélyek kora az első sózás előtt 2 hónap és 3 év közötti volt. A sózásról a teljes egyenletesség nem tételezhető fel. A szegélyelemekre kitöltő vagy kifröcskölt só „latyak” hosszabb-rövidebb ideig azokon tárolódott. A kutatás során a következőket állapítottuk meg:

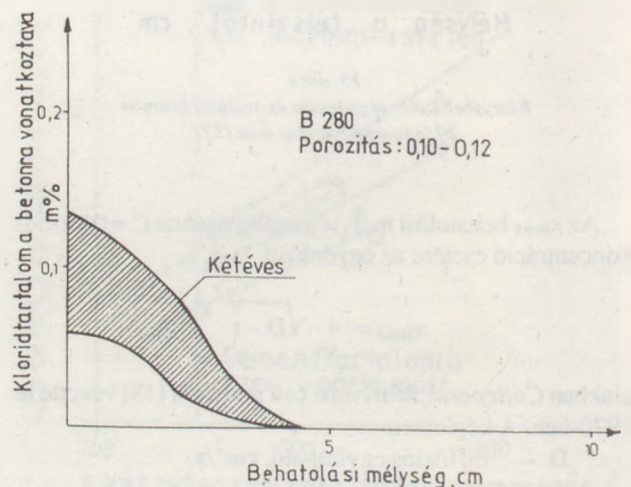
a) Bár egyes hidakon a szilárdság szórása jelentős volt, a szilárdság és a tönkremenetel között nem volt korreláció.

b) Amíg a hídszegélyek csak a fagyhatásnak voltak kitéve, addig nem károsodtak. A forgalomba helyezést követő télen volt olyan fiatal hídszegély, amelyik nem kapott olvasztósót. Ez nem károsodott. Amelyik olvasztósót kapott, ott a károsodás nagymérvű volt.

c) A hídszegélyekből vett hengerminták elemzéséből megállapítottuk, hogy a sóbehatolás mélységét inkább a beton porozitása befolyásolja. A kloridtartalom lehetett kicsi vagy nagy, de a nagy porozitású betonba a só mélyen behatolt (17. ábra). A kis porozitású betonokba mind a behatolt só mennyisége, mind a sóbehatolás mélysége kisebb volt (18. ábra). Különösen problematikus volt a H-elemek közötti kitöltő beton, amelynek a porozitása 0,25 volt. A második tél után a behatolt só mennyisége rendszerint nőtt, de a behatolás mélysége csökkent. Ez egyrészt a felületi réteg karbonátosodására, másrészt a porozitás csökkenésére, utószilárdulásra utal.



17. ábra  
A sóbehatolás nagy porozitású betonba [19]  
a — B 140, b — B 280 jelű



18. ábra  
A sóbehatolás kis porozitású betonba [19]



Összefoglalva az előadottakat: a kloridbehatolás első sorban a beton porozitásától függ, tehát minden olyan tényező növeli, amely növeli a bevitt légpórus nélküli beton porozitását.

A behatolást növelő főbb betontechnológiai tényezők:

- a péphiányos beton,
- a rosszul tömörített beton,
- a nagy víz-cement tényező,
- a gyenge utókezelés.

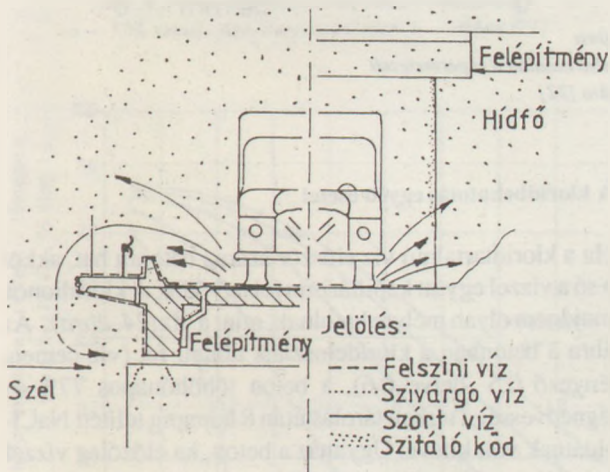
#### A kloridhatás módja

Az utólagos (betonozás utáni) kloridbehatolás felsorolt két esete közül [30] részletesen a téli sózás esetét vizsgáljuk meg.

A 19. ábra szerint a só négyféleképpen juthat pl. a híd betonjába:

- felszíni víz,
- szivárgó víz,
- szórt (permetezett) víz,
- és szitáló köd

formájában.



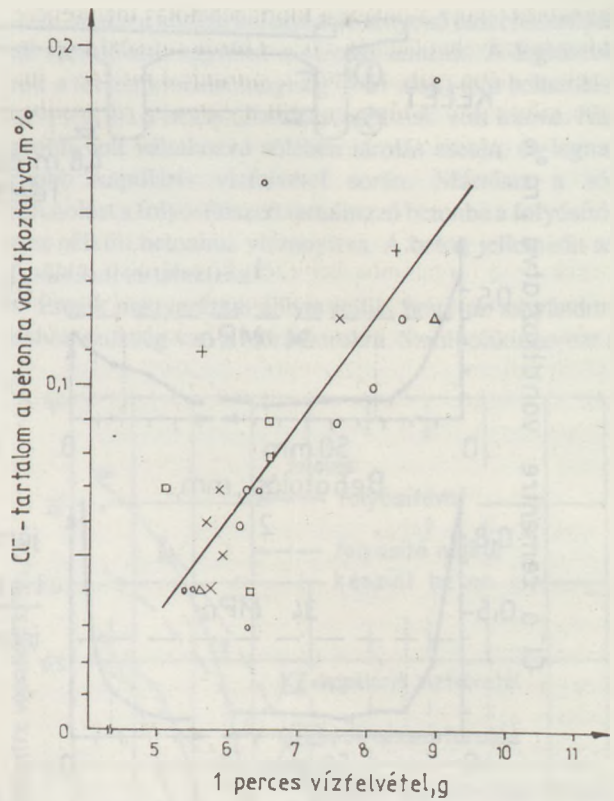
19. ábra

Kloridionok betonba jutásának négy esete [21]

Legnagyobb a sóbehatolás ott, ahol a víz vagy sótartalmú hóolvadék megáll, nincs lefolyása, ezt követi — hatásában — a szivárgó víz.

Wolkwein és Springenschmied [22] megállapította, hogy nem hatol be a só a jól szigetelt pályalemezekbe. Nagy nyomószilárdságú, teljesen ép, de nem szigetelt betonba 50 mm, részben károsodott betonokba 90 mm-nél is mélyebb volt a behatolás.

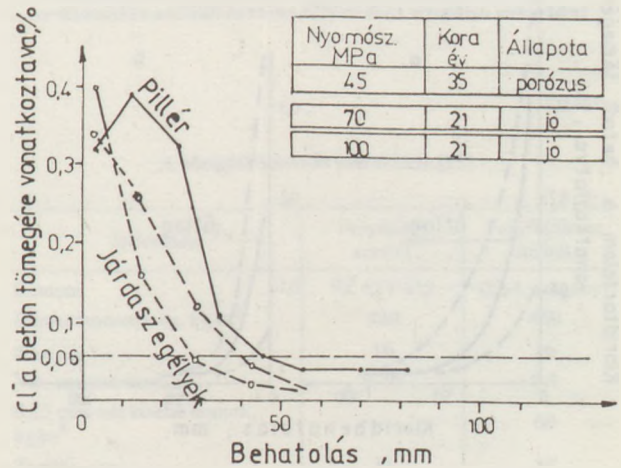
Springenschmied [23] 1938-ban épített, kb. 15 évi sózásnak kitett útbetonok vizsgálata során 40–60 mm-es behatolási mélységet állapított meg. Azt is megállapította, hogy a menctírány szerinti jobb peremsávban kétszer annyi volt a behatolt só mennyisége, mint a bal peremsáv-



20. ábra

A kloridtartalom és az 1 perces vízfelvétel közötti összefüggés [23]

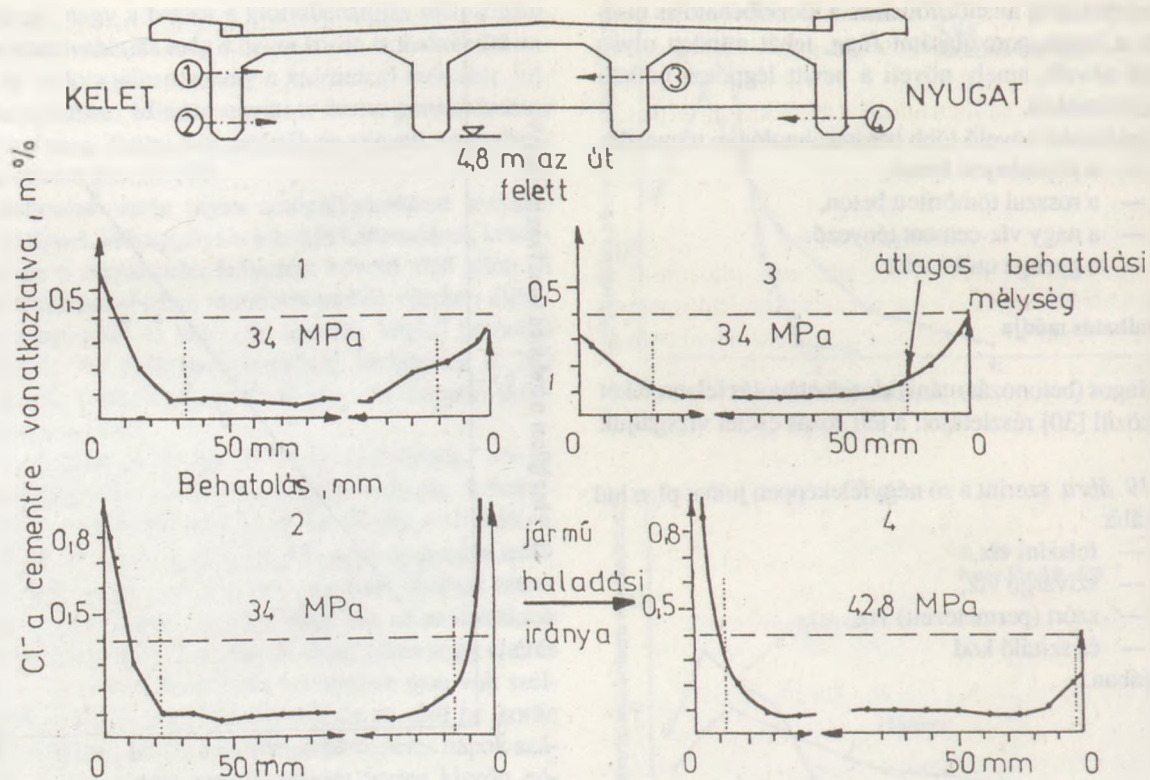
ban (a lejtés hatása). Továbbá a kifűrészelt kockák 1 perc alatti vízfelvétele és a 30 mm-es mélységben észlelt kloridtartalmak között *lineáris összefüggést* vélt felfedezni (20. ábra). Ilyen rövid idő alatt a makropillárisok telnek meg vízzel. A ráfröcskölt (szórt) víz hatására a kloridion 30–60 mm mélyen hatolt a betonba, miközben a nagy szilárdságú beton még nem károsodott (21. ábra) A só akkor is behatolhat a betonba, ha a sólé közvetve, köd formájában éri a szerkezetet (22. ábra), [22].



21. ábra

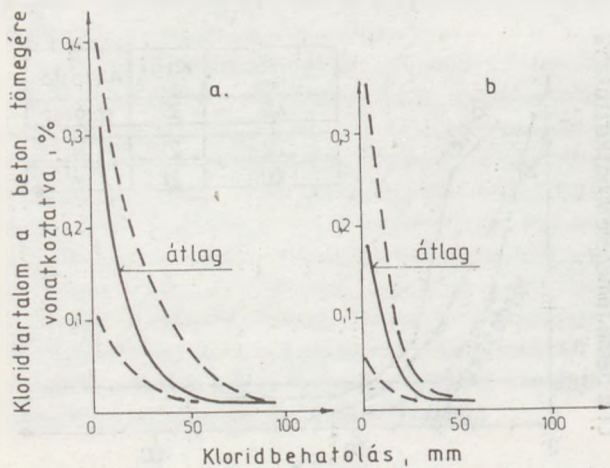
Kloridbehatolás a ráfröcskölt víz hatására [22]





22. ábra  
Kloridbehatolás a hídpálya alsó oldalán a rápermetezett víz hatására [22]

Még egy példát mutatunk be a szórt víz és a szitáló köd okozta kloridbehatolásra (23. ábra). A vizsgált 9 híd 9–46 éves. A betonszilárdság nagy, azaz tömör beton esetén minden kloridbehatolás egy szűk tartományba esik. De világosan felismerhető volt a különbség a permetező víz és a szitáló köd tartománya között. Legalább a permetező víz tartományában a betonfedést 30 vagy 40 mm fölé kellene növelni, vagy a betont védőbevonattal ellátni még az első sózás előtt.



23. ábra  
Kloridbehatolás 9–46 éves korú autópályahidakba [21]  
a — szórt víz, b — szitáló köd

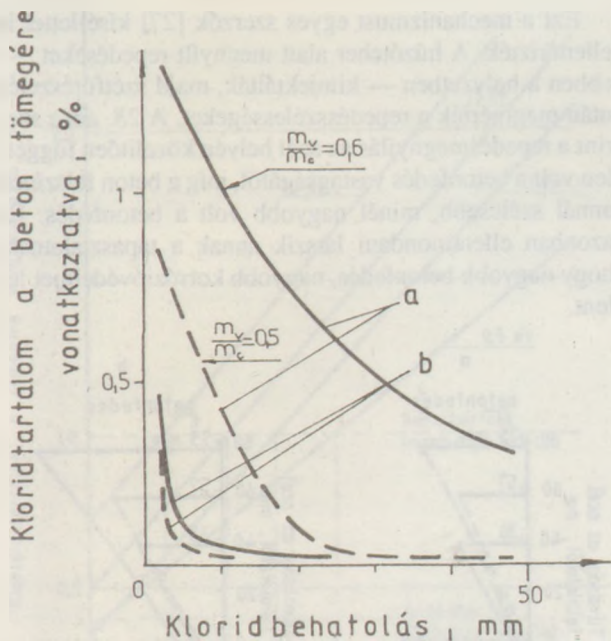
#### A kloridbehatolás egyéb esetei

Ha a kloridtartalmú víz először száraz betonra hat, akkor a só a vízzel együtt kapillárisan felszívódik. A kloridionok majdnem olyan mélyre hatolnak, mint a víz (24. ábra). Az ábra a betonban a klorideloszlást tünteti fel (víz-cement tényező 0,5 illetve 0,6), a beton többhónapos 77%-os légnedvességű térben tárolás után 8 hónapig telített NaCl-oldatnak volt kitéve. Ugyanaz a beton, ha előzőleg vízzel volt telítve, akkor alig vett fel kloridot. A kloridionok tehát önállóan nagyon lassan haladnak a betonba, fő szállítójuk a kapilláris vízfelszívás. Ezáltal válik nyilvánvalóvá a víz-cement tényezőnek és a hidratáció fokának, azaz az utókezelésnek a szerepe a kloridbehatolásra. A gyakorlatban a gyenge, önálló diffúzió által nyilvánul meg, hogy különböző korú, összehasonlítható létesítményeknél a kloridbehatolási mélységben korfüggést nem találtak.

A kloridbehatolással együtt a minták nedvességtartalmát is meghatározták. A mérések szerint egy bizonyos mélységtől számítva állandó volt a nedvességtartalom. Ebből következik, hogy a légnedvességváltozás csak egy bizonyos mélységig hat: a vizsgált nagyon tömör betonoknál 50–60 mm-ig. Ez megfelel a kloridbehatolási mélységnek a permetező víz tartományában.

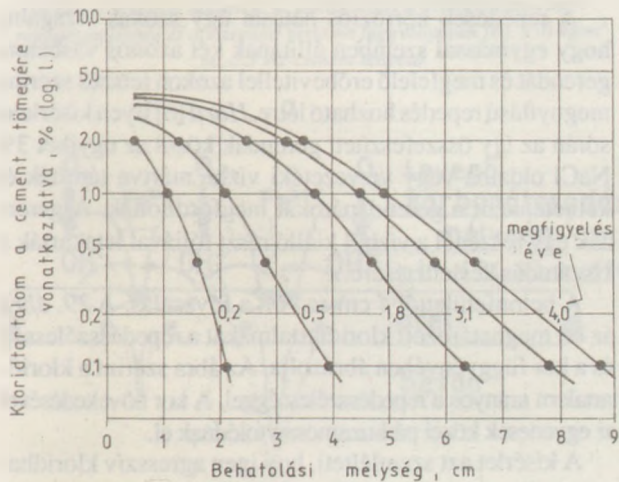
Az a körülmény, hogy a permetező víz és záporosó által nem ért betonfelületek esetenként jobban átmedvesednek, éppen tavasszal figyelhető meg, amikor a még hideg





24. ábra

Kloridbehatolás telített NaCl-oldatban való, 8 hónapos tárolás hatására. Viz-cement tényező: 0,6 illetve 0,5; cement PZ 35F; adalékanyag AB8. A próbatestek előzetes tárolása 3 hónapon át a — 77% relatív légnedvességű térben, b — vízben [21]



25. ábra

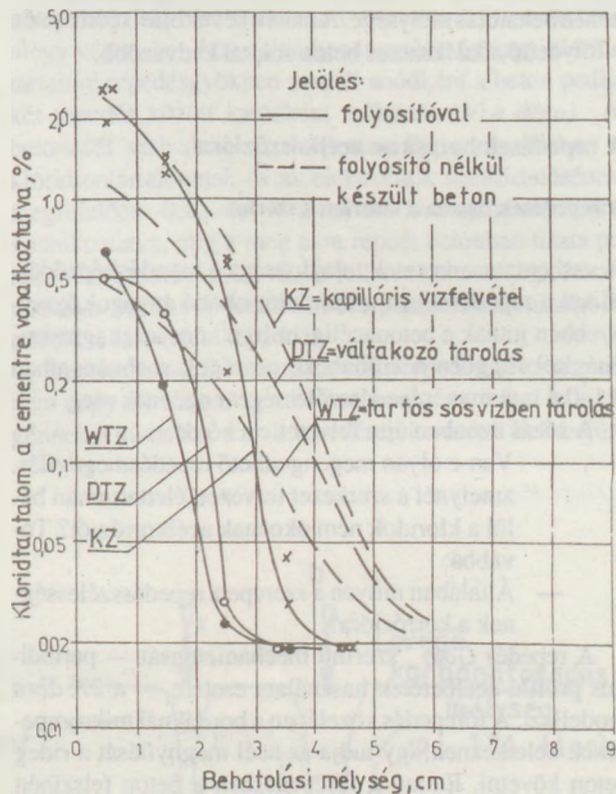
Kloridbehatolás kapilláris vízfelvétel révén a vizsgálat tartama függvényében [25]. Betonösszetétel:  $354 \text{ kg/m}^3$  PZ 45 F-HS (S54 típusú) cement, víz-cement tényező 0,5,  $d_{\text{max}} = 16 \text{ mm}$ , 0,25 mm alatti homok  $72 \text{ kg/m}^3$ , 28 napos kockszilárdság: 62 MPa

építmény a levegő felmelegedésével nappal — a páralecsapódás miatt — harmatos.

Rehm és munkatársai [25] kísérletileg vizsgálták a kloridbehatolás mélységét. Kapilláris vízfelvétel esetén a behatolás mélysége a vizsgált 4 évig nőtt, de a 25. ábra szerint a behatolás kezdetben sokkal nagyobb volt, mint a 3,1–4 év közötti időben.

A 26. ábra kétféle befolyásoló tényező összehasonlítását szemlélteti: egyrészt a tárolás hatását. A legkisebb volt a felvett kloridmennyiség (4 év alatt) és a behatolási mélység, ha a beton állandó sóhatásnak volt kitéve. Nagyobb volt váltakozva sóleben tárolás esetén, és legnagyobb kapilláris vízfelvétel során. Másrészt a só-behatolást a folyósítószer tartalmazó betonba a folyósítószer nélküli betonhoz viszonyítva. A beton jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza.

Ennek magyarázata abban rejlik, hogy az ionvándorláshoz szükség van a hidrátburokra. Szimbolikusan ezt a



26. ábra

Kloridbehatolás különböző tárolási mód esetén folyósítószer tartalmazó és anélküli betonba [25] (4 éves vizsgálati időtartam)

1. táblázat

A vizsgált betonok összetétele [25]

Jellemzők	Folyósító-szerrel	Folyósítószer nélkül
Cement	PZ 45 F-HS	(C <sub>3</sub> A-szegény)
Cement mennyiség, $\text{kg/m}^3$	320	460
$d_{\text{max}}$ , mm	16	16
Víz-cement tényező	0.36	0.4
0,25 mm-nél kisebb homok, $\text{kg/m}^3$	—	60
Terület, cm	37	37
28 napos kockszilárdság, MPa	87	69
Folyósítószer, $\text{kg/m}^3$	10	—



6. ábrán szemléltettük. A tömény oldatokban ez a hidrát-burok a molekulaszám-arányok miatt csak csekély mértékben van meg. Ezért a tömény oldatok reakciókészsége a csökkent ionmozgékonyaságból adódó kismértékű közvetlen ütközés és a csökkent értékű diffúziós mozgékony-ság következtében sokszor kisebb, mint a híg oldatoké. Így a kloridionokkal telített oldatok kapilláraktivitása is csökken a cementkőben.

Folyósító adalékszerként melamingyanta diszperziót használtak. A 6. ábra szerint az adalékszerrel készített betonban kapilláris vízfelvétel esetén nem változott meg a kloridtartalom a felszín közelében, de lényegesen csökkent a behatolás mélysége. A másik két tárolási mód esetén a folyósító adalékszeres beton sokkal kedvezőbb.

## A repedések hatása az acélkorrózióra

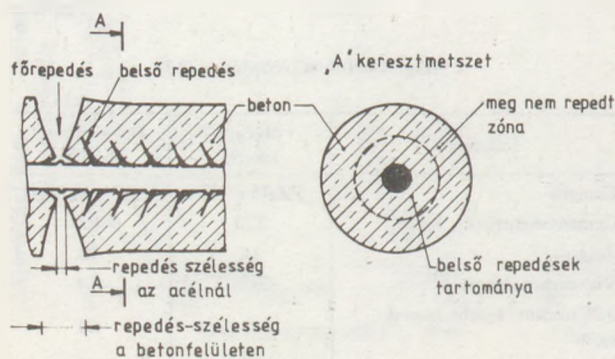
### A repedések hatása a kísérletek szerint

A vasbeton szerkezetek tulajdonsága a repedésképződés. Mivel a repedésekben a korróziót okozó anyagok könnyebben jutnak a betonacélig, ezért a környezet agresszivitásától függően a különböző országok szabványaiban 0,1–0,4 mm max. repedésszélességet engednek meg.

A sózás azonban újra felvetette a kérdést:

- Van-e olyan megengedhető repedésmegnyílás, amelynél a szerkezet tervezett élettartamán belül a kloridok nem okoznak acélkorróziót? Továbbá:
- Általában milyen a szerepe a repedésszélességnek a korrózióra?

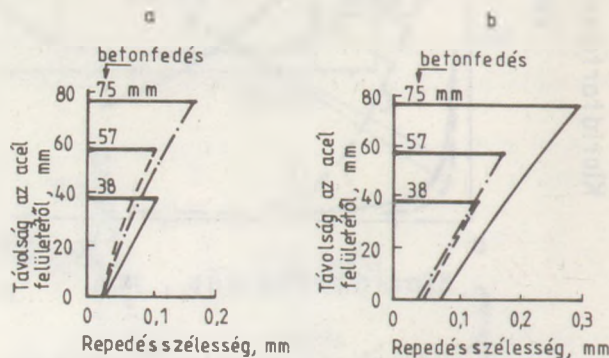
A repedés Goto szerinti mechanizmusát — periodikus profilú acélbetétek használata esetére — a 27. ábra modellezi. A főrepedés közelében a bordáknál mikrorepedések keletkeznek, így tudja az acél megnyílását a rideg beton követni. Emiatt a főrepedésben a beton felszínén sokkal nagyobb a megnyílás, mint az acélnál, s így lehetővé válik a repedésgyök korróziós termékek és egyéb anyagok általi eltömődése és a korrózió lelassulása.



27. ábra

A repedésképződés vázlata [26] (erősen felnagyítva)

Ezt a mechanizmust egyes szerzők [27] kísérlettel is ellenőrizték. A húzóteher alatt megnyílt repedéseket — ebben a helyzetben — kiinjektálták, majd szétfűrészelés után megmérték a repedésszélességeket. A 28. ábra szerint a repedésmegnyílás az acél helyén közelítően független volt a betonfedés vastagságától, míg a beton felszínén annál szélesebb, minél nagyobb volt a betonfedés. Ez azonban ellentmondani látszik annak a tapasztalatnak, hogy nagyobb betonfedés, nagyobb korrózióvédelmet jelent.



28. ábra

Összefüggés az acél, illetve a betonfelületen mért repedésszélességek között kétféle teherre [6]

A repedések korróziós hatását úgy szokás vizsgálni, hogy egymással szemben állítanak két azonos vasbetongerendát és megfelelő erőbevittel azokon tetszés szerinti megnyílású repedés hozható létre. Hartl [6] ilyen kísérletei során az így összefeszített gerendák közül az egyiket 3% NaCl oldatba vagy vízvezetéki vízbe mártva tárolták és kéthetenként a gerendapárokat megfordították. A gerendák egy részénél a vízből kiálló részt fóliával letakarták a kiszáradás késleltetésére.

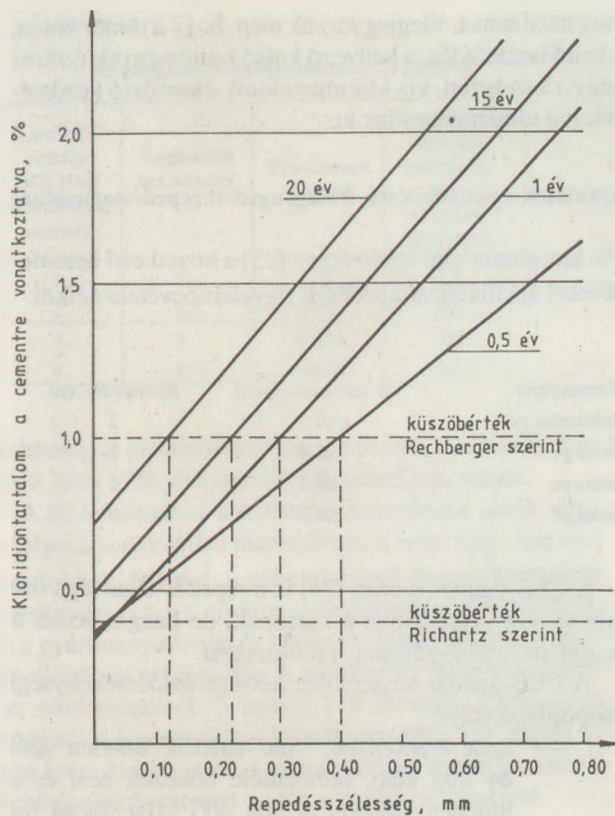
A betonfelülettől 4 cm-re volt a fővasalás. A 29. ábra az ott meghatározott kloridtartalmakat a repedésszélesség és a kor függvényében ábrázolja. Az ábra szerint a kloridtartalom arányos a repedésszélességgel. A kor növekedésével az egyenesek közel párhuzamosan tolnak el.

A kísérlet azt szemlélteti, hogy igen agresszív kloridhatás esetén, amikor a sóhatás állandó és a nedvesedés, illetve a száradás váltakozva fordul elő, viszonylag rövid idő alatt olyan kloridfeldúsulás következik be, hogy azt mindenképpen meg kell akadályozni. A kloridiontartalom még a Rechberger szerinti 1%-os határt is 2 év alatt elérte 0,1 mm-es repedésszélesség esetén.

A Hartl által ismertetett és más [6] kísérletei során korrózió csak az 1,25%-nál nagyobb kloridtartalmak esetén jelentkezett, a repedés közvetlen szomszédságában. Mivel a korrózió a karbonátosodott zónában következett be, ezért a korrózió sem lyukkorrózió volt. A repedések közötti acélbetét szakaszokon nem észleltek korróziót. Ha a víz-cement tényező 0,7 volt, már jelentős volt a korrózió.

A beton repedéseiben levő korróziós viszonyok pontos megértése rendkívül nehéz, mivel sok befolyásoló ténye-





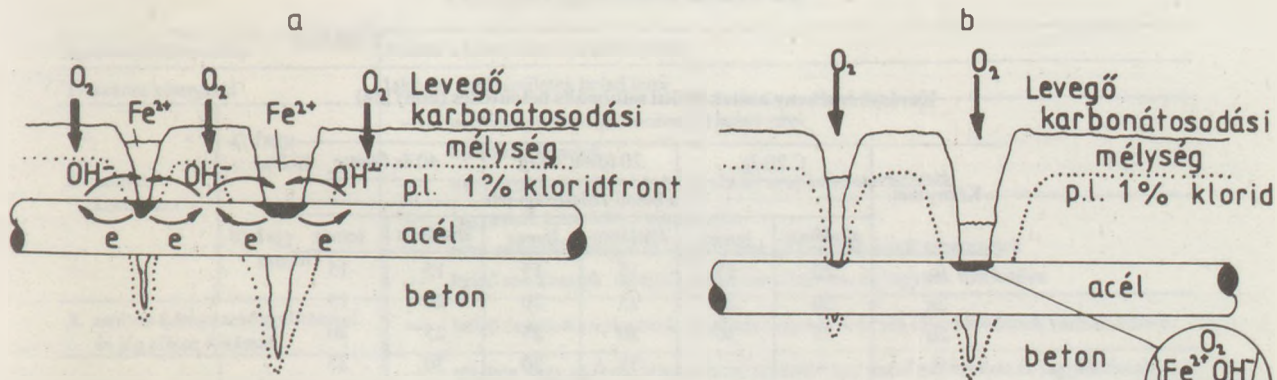
29. ábra

A kloridtartalom változása az acélbetétnél a betonfelületen mért repedésszélesség és a vizsgálat tartama függvényében [6], 350 kg/m<sup>3</sup> pc, 0,5 víz-cement tényező

zólól függenek. Ezek: a pH-viszonyok a repedés környékén, a nedvesedés-kiszáradás periodikussága (elektrolit, a vezetőképesség változása, oxigénkínálat), a repedésszélesség és a repedésmagasság (betonfedés, környezeti körülmények, betonminőség). Ehhez járul még, hogy nem ismerünk elfogadott korróziós mechanizmust. Annyi bizonyos, hogy a karbonátosodás és a kloridbehatolás nagyobb a repedés környékén, mint a meg nem repedt betonban.

Sokan kutatták a repedésben lejátszódó korróziós mechanizmust. Rehm és munkatársai foglalták össze e nézeteket [27]. A legáltalánosabban elfogadott az a nézet, hogy a korrózió [30]-ben ismertetett koncentrációs cellaként megy végbe úgy, hogy a karbonátosodott és/vagy kloridtartalmú repedésgyökben az acél anódként a beton pedig két repedés között katódként működik (30.a ábra). A betonacél szabad korróziós potenciálja a repedésben a kloridiontartalomnak és az elektrolitok szellőztetésének megfelelően -0,2...-0,4 V a normál hidrogénelektrodára vonatkoztatva, míg a meg nem repedt betonban tiszta pc használata esetén -0,1...+0,2 V, illetve kohósalak pc használatakor -0,2...0 V lehet. Ebből a potenciálkülönbségből adódik a helyi elemképződés.

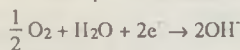
E szerint a mechanizmus szerint a repedésszélességnek nem nagy a hatása a korrózió sebességére, mivel az oxigénnek a katódhoz nem a repedésen keresztül kell bejut-



Reakciók

anód: repedés végén  $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$

katód: beton a repedés mellett



következmény:  $Fe^{2+} + 2OH^{-} \rightarrow Fe(OH)_2$

Feltétel

anód:  $pH < 9$

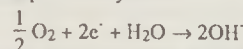
katód:  $O_2$  — kis szilárdságú beton, száraz, kevés betonfedés

következmény: betonnak és repedésnek elektrolitikusan vezetőknek kell lennie (nedves)

Reakciók

anód: repedés mélyén  $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$

katód: repedés mélyén



következmény:  $Fe^{2+} + 2OH^{-} \rightarrow Fe(OH)_2$

Feltétel

anód:  $pH > 9$

katód:  $O_2$  — megnövelt repedésszélesség, beton (repedés) nem nagyon nedves

következmény: a repedés mélyén víznek kell lennie

30. ábra

A betonacél korróziója vasbetonszerkezet repedésében [27]

a — elemképződéssel, b — spontán korrózió



nia, hanem a betonfedésen keresztül. Azok a betontechnológiai (pl. tömör beton) és szerkesztési feltételek (betonfedés), amelyek a repedés nélküli betonban elsősorban meghatározzák a korrózió elleni védelmet, repedések esetén is nagy szerepet játszanak.

A megnövekedett korrózió a repedésekben akkor következhet be, ha a betonrepedés kicsi, a betonminőség nem felel meg és a váltakozó nedvesedés-kiszáradás időnként lehetővé teszi mind a beton vezetőképesség növekedését, mind az oxigénellátást. Ebben az esetben azonban a meg nem repedt betonban is fennáll a korrózió veszélye.

A korrózió fékezésében az is szerepet játszik, hogy a katód és anód tartományának az aránya igen nagy.

*Spontán korrózió* során feltételezzük, hogy mind az anódos, mind a katódos területek a repedésen belül vannak *30.b. ábra*)

Mindkét korróziómechanizmus esetén előfeltétel az anódos területek aktiválása (a repedésszélek karbonátosodása és/vagy kloridionok a repedésben). Ezenkívül az oxigénnek a katódhoz kell jutnia: elemképződés esetén a betonfedésen, spontán korrózió esetén a repedésen keresztül. Végül a katódok és az anódok közötti tartománynak kellően vezetőképesnek (nedvesnek) kell lennie. Az elemképződési mechanizmus (koncentrációs cella) szerint ugyanazok a tényezők hatnak, mint repedés nélkül, a repedésszélességnek nincs lényeges hatása a korrózióra. A spontán mechanizmus szerint kis betonfedés és a növekvő repedésszélesség elősegíti a korróziót.

meg a 0,3 mm-t. Megjegyezzük még, hogy a tömör beton, a kellő betonfedés, a kedvező külső körülmények (száraz vagy vizes beton, kis kloridtartalom) a korrózió kezdetének ( $t_0$ ) időpontját tolják ki.

Ajánlások a betonfedésre, a megengedett repedésszélességre

1% kloridtartalmat feltételezve [25] a következő betonfedéseket ajánlották a repedések figyelembevétele nélkül:

Cementfajta	Víz-cement tényező	Betonfedés, cm
kohósalak pc	≤0.5	2
tiszta pc	≤0.4	2
tiszta pc	≤0.5	4
tiszta pc	≤0.7	6

A CEB-ajánlás szerint [24] is a repedés tágassága 0,4 mm-ig alig befolyásolja a korróziót, de hangsúlyozza a betonfedés vastagságának a fontosságát.

A CEB-ajánlás az acélokat két korrózióérzékenységi csoportba sorolja:

- *igen érzékenyek*: ide tartozik minden acél  $\phi 4$  mm alatt, mindenféle hőkezelt acél és a hidegen alakított acélok 400 MPa fölötti feszültség esetén,
- *kevésbé érzékenyek*: az összes többi.

2. táblázat

Kevésbé érzékeny acélok fölötti minimális betonfedés (mm) [24]

Környezet	C 20-ig		20 fölött 40-ig		40 és fölötte	
	a beton szilárdsági jele					
	általános	lemez	általános	lemez	általános	lemez
1	20	15	15	15	15	15
2a	30	25	25	20	20	15
2b	35	30	30	25	25	20
3	—	—	35	30	30	25
4			35	30	30	30

Igen érzékeny acélokra: +10 mm (pl. az összes feszítőhuzal)

A környezetet jelentő számok magyarázata:

1 — száraz, a relatív páratartalom csak ritkán haladja meg a 70%-ot (épületbelső),

2a — nagyobb páratartalom csak ritkán, 2b — nagyobb páratartalom (és korróziós kockázat)

gyakran, 3 — nedves környezet és fagy és olvadási időszak, 4 — tengervíznek kitett beton

A gyakorlati tapasztalatok szerint a repedések nagy betonszilárdság, nagy betonfedés és kritikus környezeti körülmények között van szerepe, mert repedés nélküli ilyen betonban a kloridion nem jut el az acélbetétig.

Általában az az nézet alakult ki, hogy tömör betont, kellően vastag betonfedést és kedvezőtlen környezeti körülményeket feltételezve a repedésszélesség ne haladja

A betonfedés javasolt mértéke a 2. táblázatban található a környezeti hatáscsoportok és szilárdsági jelek szerinti bontásban (CEB), illetve a 3. táblázatban [27] a megengedett repedéstágasság és víz-cement tényező szerinti bontásban.

A legújabb és igen részletes EUROCODE-2 (1988) előírásait a 4–6. táblázat tartalmazza. Ezekben a beton-



Megengedett repedésszélesség [27] szerint

Korróziós osztály DIN 1045 (10. táblázat szerint)	Legkisebb betonfedés, cm	Víz-cement tényező	Megengedett repedésszélesség, mm (a betonfelületen)
1	2	≤0.7	0.5
2	2.5	≤0.6	0.4
3	3	≤0.55	0.4
4	4	≤0.60	0.3

technológiai tényezők és rendszabályok is szerepelnek az ENV 206 (1988. évi tervezet) Betoneiőírás szerint.

A 6. táblázatban a minimális betonfedést adták meg, amelyet a kedvezőtlen méreteltérések miatt egy  $t$  értékkel növelni kell. Például: a méreteltérések miatt alkalmazott növekmény  $0 \leq t \leq 10$  mm előregyártott szerkezeteknél, ha a gyártmányellenőrzés képes ezt garantálni és a minőségellenőrzés ezt igazolja. A növekmény helyszíni vasbeton szerkezeteknél:  $5 \text{ mm} \leq t \leq 10 \text{ mm}$ . Utófeszített tartóknál a betonfedést a kábelesatornától kell érteni és nem lehet kisebb, mint a kábelesatorna átmérője, illetve tetralap alakú csatorna esetén a kisebb oldalmérete.

Karbonátosodott betonban a kloridion nem kötődik meg, tehát a minimális kloridion is korróziót okozhat. Még alkálikus környezetben ( $\text{pH} > 9$ ) is nő a korróziós veszély a kloridion nélküli betonhoz képest. A korróziót az is elősegíti, hogy a kloridtartalmú beton vezetőképessége megnő, részben nagyobb higroszkóposága miatt.

A kloridion behatolása mélységét a cementfajta, a víz-cement tényező (adalékszer), a betonfedés vastagsága és az utókezelés mértéke, azaz együttesen a beton porózitása döntően befolyásolja.

A betonba a só felszíni víz, szivárgó víz, szórt víz és szitáló köd közvetítésével jut be és a behatolás ebben a sorrendben csökken. Kapilláris vízfelszívással juthat a legtöbb klorid a váltakozóan nedves és kiszáradó betonba.

A repedésben végbemenő korrózió mechanizmusára leginkább az a nézet elfogadott, hogy a repedés gyökében az acél anódként, a két repedés között, a beton katódként viselkedik. Ezért van jelentősége ebből a szempontból is a beton tömörségének és a betonfedés vastagságának. A megengedhető repedésszélesség a környezet agresszivitásától függ. A követendő betontechnológiai rendszabályokat nemzetközi előírások tárgyalják.

4. táblázat

A környezet agresszivitási osztályai [29]

Agresszivitási osztály	Példák a környezeti körülményekre
1. száraz környezet	lakó- és irodaépületek belső terei
2. nedves környezet	a) fagy nélkül — nedves épületek (pl. mosodák) belső terei — külső szerkezetek — nem agresszív talajjal és/vagy vízzel érintkező szerkezetek
	b) fagy esetén — fagyásnak kitétt külső szerkezetek — nem agresszív talajjal és/vagy víznek és fagyának kitétt szerkezetek — belső szerkezetek, amelyek környezete nedves, és fagyának van kitéve
3. nedves környezet fagyhatással és jég elleni szózással	— belső és külső szerkezetek, amelyek fagyásnak és jég elleni szózással vannak kitéve
4. tengervízes környezet	a) fagy nélkül — részben vagy egészen tengervízzel borított vagy azzal nedvesített és fagyhatásnak kitétt szerkezetek — telített sós levegőben lévő szerkezetek (tengerparton)
	b) fagy esetén — részben tengervízzel borított vagy azzal nedvesített és fagyhatásnak kitétt szerkezetek — telített sós levegőben lévő, fagyhatásnak kitétt szerkezetek
A következő osztályok önmagukban vagy a fenti osztályokkal kombinálva fordulhatnak elő:	
5. agresszív vegyi környezet	a) — kémiailag enyhén agresszív környezet (légnemű, folyékony vagy szilárd)
	b) — kémiailag mérsékelten agresszív környezet (légnemű, folyékony vagy szilárd)
	c) — kémiailag erősen agresszív környezet (légnemű, folyékony vagy szilárd)



A környezet agresszivitásához tartozó tartóssági követelmények [29]

Követelmények	A 4. táblázat szerinti agresszivitási osztály								
	1	2a	2b	3	4a	4b	5a	5b	5c
Max. víz-cement-tényező: — vasalatlan betonnál	—	0.70	0.55	0.50	0.55	0.50	0.55	0.50	0.45
— vasbetonnál	0.65	0.60							
— feszített vasbetonnál	0.60	0.60							
Min. cementtartalom kg/m <sup>3</sup> -ben:									
— vasalatlan betonban	150	200	200	300	300	300	200	300	300
— vasbetonban	260	280	280				280		
— feszített vasbetonban	300	300	300				300		
Frissbeton min. léggörus- tartalma %-ban, ha:									
— $d_{max} = 32$ mm	—	—	4	4	—	4	—	—	—
— $d_{max} = 16$ mm	—	—	5	5	—	5	—	—	—
— $d_{max} = 8$ mm	—	—	5	5	—	5	—	—	—
Fagyálló adalekanyag	—	—	igen	igen	—	igen	—	—	—
Tömör beton	—	—	igen	igen	igen	igen	igen	igen	igen
Cementfajták a vasalatlan betonhoz és vasbetonhoz az ENV 197 szerint							szulfátálló cement a következő szulfát tartalomnál: — 500 mg/kg vízben — 3000 mg/kg talajban		

6. táblázat

Normál testsűrűségű betonok minimális betonfedési követelményei [29]

Jellemzők		Agresszivitási osztály a 4. táblázat szerinti								
		1	2a	2b	3	4a	4b	5a	5b	5c
Minimális betonfedés (mm)	Betonacél	15	20	25	40	40	40	25	30	40
	Feszítőacél	25	30	35	50	50	50	35	40	50

## Irodalom

- [1] Balázs Gy.–Kovács K.: A beton karbonátosodása. *Építőanyag*, 42 (1990)5: 175-184
- [2] Richartz, W.: Die Bindung von Chlorid bei der Zementerhärtung. *Zement-Kalk-Gips*, 1969, 447-456.
- [3] Rechberger, P.: Elektrochemische Prüfung von Betonelektroden hinsichtlich der Chlorideinbindung im höheren Probenalter. Untersuchungsbericht P 18 des Forschungsinstituts des Vereins des Österr. Zementfabrikanten, Wien, 1983
- [4] Balázs Gy.–Kovács K.: A cementek kloridion mgkötő képessége. *Építőanyag*, 43 (1991)1, 9-14
- [5] Jungwirth, D.–Beyer, E.–Grübl, R.: Dauerhafte Betonbauwerke. Beton-Verlag, Düsseldorf, 1986
- [6] Hartl, G.: Chloridkorrosion. Mitteilungen aus dem Forschungsinstitut des Vereins der Österreichischen Zement-Fabrikanten. Heft 37.
- [7] Browne, R. D.: Mechanism of Corrosion of Steel in Concrete in Relation to Design, Inspection, and Repair of Offshore and Coastal Structures. Performance of Concrete in Marine Environment, ACI Special Publication No 65, 1980
- [8] Briesemann, D.–Greger, H.: Zur Frage der Chloridwanderung in PVC-Schweißgasen ausgesetztem Beton. *Betonsteinzeitung*, 1970, 5.
- [9] Wolkwein, A.: Chlorideindringen und Stahlkorrosion durch Chlorid. Baustoffinstitut der Technischen Universität München, Fachtagung, 1987, 17-22.
- [10] Schliessl, F.–Schwarzkopf: Chloridinduzierte Korrosion von Stahl in Beton. *Beton+Fertigteil Technik* 52, 1986, 626-635.
- [11] Lukas, W.: Eindringung von Chloridlösungen in Beton herkömmlicher Zusammensetzung. Frühhochfester Beton bzw. Fließbeton. Mitteilungen aus dem Institut Baustofflehre+Materialprüfung an der Universität Innsbruck (1980/1981), 6/7. sz. p. 26.
- [12] Lukas, W.: Chloride Penetration in Standard Concrete, Water-Reduced Concrete, and Superplasticized Concrete Kolloquium Chloridkorrosion, Wien, 1983
- [13] Weigler, H.–Segmüller, E.: Betonwerk+Fertigteil Technik, 39. k. (1973), 8, 577-584.
- [14] Atimtay, E.–Ferguson, M.: Early chlorid corrosion of reinforced concrete. A test report. *ACI Journal*, 1973, September, 606-611.



- [15] Beeby, A. W.: Cover to reinforcement and corrosion protection. FIP Notes 89. November, December, 1980, 4–8.
- [16] Lukas, W.: Der Einfluss von Feinluft auf die Chloriddiffuzion im Beton. Kolloquium Chloridkorrosion, Wien, 1983
- [17] Ständige Internationale Vereinigung der Strassenkongresse. 16. Weltstrassenkongress — Wien, 1979. Nationalbericht, Italien, Frage 2, p. 33–35.
- [18] Smolczyk, H.-G.: Chloriddiffusion-Phänomen und Strand der Kentniss Kolloquium Chloridkorrosion. Wien, 1983
- [19] Balázs Gy.–Borján J.–Erdélyi A.–Györkéné Horváth M.–Józsa Zs.–Kovács K.–Németh I.: Autópálya hidak sózás okozta meghibásodása és a hibák javítása. Építőanyagok Tanszék. Tudományos Közlemények 26. KÖZDOK, 1984
- [20] Wischers, G.: Korrosionsmechanismen bei Chlorideinwirkung auf Stahlbetonbauteile. Kolloquium Chloridkorrosion. Wien, 1983.
- [21] Wolkwein, A.: Chlorideindringen und Stahlkorrosion durch Chlorid. Baustoffinstitut der Technischen Universität München, Fachtagung, 1987, 17–22.
- [22] Wolkwein, A.–Springenschmied, R.: Corrosion of reinforcement in concrete bridges at different age due to carbonation and chloride penetration. Kolloquium Chloridkorrosion, Wien, 1983
- [23] Springenschmied, R.: Untersuchung über Eindringtiefen von Chloridionen in Beton. Kolloquium Chloridkorrosion, Wien, 1983
- [24] Durable concrete structures CEB Bulletin D information. No 166, 1985
- [25] Rehm, G.–Nürnberg, U.–Neubert, B.–Nenninger, F.: Einfluss von Betongüte, Wasserhaushalt und Zeit auf das Eindringen von Chloriden in Beton. DAfSt Hef 390, 1–57. Berlin, 1988
- [26] Goto, Y.: Cracks formed in concrete around deformed tension bars. ACI Journal 68, April, 1971, 244–251.
- [27] Rehm, G.–Nürnberg, U.–Neubert, B.: Chloridkorrosion von Stahl in gerissenem Beton. A) Bisheriger Kenntnisstand. DAfStb. H 390, 43–57, Berlin, 1988
- [28] Erlin, B.–Verbeck G., J.: Corrosion of Metals in Concrete-Needed Research SP 49-4. American Concrete Institute Detroit, USA, 1975
- [29] EUROCODE-2 (1988) 117–118, 318–319.
- [30] Balázs Gy.–Kovács K.: A betonacél korróziója károsító anyagok betonba hatolása nélkül. Építőanyag, 43 (1991)3, 82–87
- [31] Ost, B.–Monfore, G. E.: Penetration of Chloride into Concrete. Mats. Perf. 21. 1974. február

## Fazekasságunk hagyományos ólomtartalmú nyersmázainak kialakulása

Duma György  
Magyar Iparművészeti Főiskola  
Budapest

Az ólomtartalmu nyersmázak fejlődése az ókortól napjainkig követhető volt. A mázak kerámiai sajátosságainak meghatározására a szilikátüvegek és mázak szerkezetére egyaránt jellemző R-értékeiket használtuk fel. Az üvegekben és mázakban kialakuló más szerkezetektől való megkülönböztetésül a szilíciumdioxid-tetraederek kapcsolódásával létrejövő nem periódikus térhálós szerkezetet — melynél:  $2 < R < 3$ .

— e tanulmányban üvegszerkezetnek neveztük. Vizsgáltuk, hogy szerkezeti sajátosságaik alapján a tárgyalt mázak, évszázados fejlődésük során mióta és mennyiben elégtették ki az iparilag használható kerámia mázak — az üvegszerkezet kialakulásával meghatározható — szerkezeti követelményeit.

The development of tile glazes can be well followed since ancient ages to our times. One of the best parameters to indicate the ceramic properties of glazes is their R-value. Glazes, as all vitreous materials have a non-periodic steric lattice, formed by adjoining  $\text{SiO}_4$  tetrahedra, with:  $2 < R < 3$ .

In this study te centuries-old development of industrially used glazes is followed by the method of glase structure analysis.

### Az ólomházak, a házkeverék, és a nyersmáz értelmezése

A kerámiai mázak rendszerezése mind a szakirodalomban, mind a mindennapi gyakorlatban, legtöbbször azok valamely jellemző kémiai összetevője alapján történik. Ennek megfelelően számos ház az ólomházak átfogó csoportjába sorolható. Ezen belül — a felhasználási területek szerint — kialakítható a fazekasmázak szűkebb csoportja, melynek

az európai kerámia történetében évszázadokon át, csaknem napjainkig, jelentős szerepe volt.

Azoknak az ásványi anyagoknak és vegyületeknek, valamint olvasztás útján nyert termékeknek finomszemcsés örleményét, melyből meghatározott körülmények között a kerámiai anyagok felületén üveges bevonatok, kerámiai mázak képződhetnek, házkeveréknek (Glasurversatz) nevezik. Annak ellenére, hogy a házkeverékek, a kerámiai termékek felületén belőlük kialakult házakkal



aligha azonosíthatók, azokat legtöbbször ugyancsak mázoknak tekintik. Ennek megfelelően a vízben oldhatatlan összetevőkből álló mázkeverékeket, amelyek ezért közvetlenül – nyersen – is felhasználhatók voltak, régtől fogva nyersmázaknak nevezik [Petrik, 1913, 133]. Mai felfogás szerint e mázak olvasztással előkészített anyagot, üveges olvadékot (frittet) nem tartalmazhatnak. Régmúlt idők óta azonban szokássá vált, a nyersmázak összetevőinek sorát üveggel – rendszerint ólomtartalmú kristályüvegek örleményével – kiegészíteni. Mivel ezeket a mázakat üvegtartalmuk ellenére mind a szakirodalom, mind a fazekasok egykor *nyersmázaknak* tekintették [Pap, 1906, 45., Örley, 1908, 78.], azért azokat e tanulmányban is a nyers fazekasmázak sajátos csoportjába soroltuk.

### Az ólomtartalmú nyers fazekasmázak fejlődéstörténeti áttekintése

A magyarországi ólommázak kerámiák régészeti és néprajzi kérdéseivel napjainkban terjedelme miatt aligha áttekinthető irodalom foglalkozik, melyből e tanulmányban csak néhány alapvető munkára tudunk hivatkozni.

Magyarországon az ólomtartalmú fazekasmázak már az ókorban megtalálhatók az egykori Pannónia területén [Thomas, 1955; Pócsy, 1957; Salamon–Duma, 1981; Bónis, 1990]. A római kor után – a honfoglalást követően – a 11. századig hiányoznak a régészeti leletanyagból a mázas kerámiák. Az első ólommázak padlócsempéken találhatók, amelyek a 11–12. századból származnak [Holl, 1973]. Hasonló mázak kályhacsempék és tetődíszeken a 14. század óta ismertek [Holl, 1958]. Cserépedényeken a 15. századtól kezdődően alkalmaznak rendszeresen ólomházakat [Holl, 1963].

A magyarországi fazekasság fejlődésének középkorai első szakaszáról – az igen kevés okleveles anyag mellett – elsősorban a régészeti leletanyagok tanúskodhatnak. Ezek alapján azonban joggal feltehető, hogy a 15. században a mázak jelentős fejlődése következett be. Ebben az időben mind a fazekasság társadalmi szerepe, mind a fazekasok száma jelentékeny lehetett.

Forrásanyagok alapján bizonyosra vehető, hogy a török hódoltság alatt a fazekasság is számottevő veszteséget szenvedett, ami minden bizonnyal kedvezőtlenül hatott a mázak fejlődésére is. Okleveles anyagok alapján ismert, hogy Budán – a középkorban még virágzó fazekasközpontban – a török uralom után 1715-ben egyetlen fazekas sem dolgozott. A fennmaradt vagy kevésbé elpusztult, és ezért gyorsabban újjászülető városokban a fazekasok száma kedvezőbben alakult. Az oklevelekben szereplő 29 város közül 1715-ben Debrecenben 13, Felsőbányán 16, Komáromban 10, Libetbányán 9, Nagy-Bányán 8 fazekasról tudunk, más helyeken számuk 5 alatt maradt. Magyarországon 1715-ben 47 vármegye közül 18-ban 205, és 29 városban 119 fazekas működött, számuk az egész ország-

ban 324 volt [Magyarország népessége, 1896; 228.]. Ennek ellenére „... a 18. század jelentős állomása a magyar népi fazekasság történetében. Az egyes tájegységekre jellemző nagy stílusközpontok keletkezése erre az időre határozható meg.” [István, 1985, 19.].

A 19. század század végén 1884-ben 801581 személy – a népesség 5,67%-a – háziiparral foglalkozott. Az ország 63 vármegyéje közül 13 vármegyében (elsősorban az ország északi területén és Erdélyben, valamint Vas megyében) háziiparosként fazekasok is dolgoztak. Számuk az egész ország területén 873 volt.

A fazekasság említett sajátos területi megoszlása alapján valószínű, hogy a közölt adatok kiegészítésre szorulnak. Joggal feltételezhető, hogy nem tartalmazzák azokat a főleg mezőgazdaságban dolgozókat, akik egykor a fazekassággal – más háziiparhoz hasonlóan – csak melléktevékenységként foglalkoztak. Ebben az időben a fazekasok még „... nagyrészt földművelők, kik a földművelés által igénybe nem vett idejükben űzik ez iparágat és így nagy részük inkább háziiparosnak volna tekinthető” [Jekelfalussy, 1885, 11.]. Ezek számát a következő évtizedek statisztikai adatai alapján lehet csak valószínűsíteni.

Magyarországon a fazekasságot mellékfoglalkozásként űzők (*fm*) száma: 1890-ben 589 volt, melyből 583 mezőgazdaságban dolgozott; az utóbbin belül 440 saját földdel rendelkezett. Az ezt követő évtizedekben számuk a következők szerint alakult: 573 *fm* (1900), 195 *fm* (1910), az országunk mai területén 33 *fm* (1920), 19 *fm* (1930) [Magyar Statisztikai Közlemények, 1890–1930.].

Az a körülmény, amely szerint a 19. században a fazekasság jelentős része az iparát csak mellékfoglalkozásként folytatta, lehetővé tehető a népművészeti hagyományaink továbbélését, a mázak fejlődésére azonban aligha lehetett kedvező. A 19. század végén a fazekasságot főfoglalkozásként űző háziiparosok száma az egész ország területén számottevően megnövekedett. A századfordulón az ólomtartalmú nyers fazekasmázak fejlődésére is kedvező körülmények alakultak ki. Ez azonban nálunk sajátos okokból arra az időre esett, amikor a fazekasságot már „*pusztuló iparág*nak” tekintették [Chyser, 1903].

A népszámlálási adatok szerint Magyarországon az önálló fazekasok (*f*) száma a 1890–1910 valamint 1920–1930 közötti időben az következők szerint alakult: 4136 *f* (1890), 3523 *f* (1900), 2817 *f* (1910); az ország mai területén: 875 *f* (1920), 763 *f* (1930) [Magyar, Statisztikai Közlemények.: 1891–1930]. Az egész ország területére kiterjedt adatgyűjtésünk alapján tudjuk, hogy a második világháborút követően az 1950–1960 közötti időben, 102 helyen 200 önálló fazekas dolgozott [Duma, 1988]. Ebben az időben a fazekasok már felhagytak az ólomoxid és a mázak készítésével, ehelyett többségük olyan nyers ólomházakat használtak, amelyeket a hazai ipar igen jó minőségben állított elő [Duma, 1990].

Ma már bizonyos, hogy az ólomházak Magyarországon területén már a római korban ismertek voltak. A történeti kutatások alapján – számos technológiai hagyomány



továbbélése ellenére — nálunk sem található közvetlen kapcsolat az ókori és a középkori, illetve a későbbi ólomtartalmú fazekasmázák között.

Ma már bizonyos, hogy a hagyományos nyers ólom-mázaknak előnyeik mellett számos hátrányos tulajdonságuk is volt, elsősorban a mázas cserépedények használóit és nem utolsósorban a készítőiket veszélyeztető ólomártalom miatt [Duma, 1981], csaknem a legutóbbi időig fazekaságunk jellegetes mázai maradtak. Évszázados fennmaradásukat magyarázza, hogy „a fazekasok igényeinek azok meg is feleltek“ [Örley, 1903, 79.].

### Az ólom-mázak mint üvegek szerkezeti sajátosságai

A mázak a kerámiai anyagok felületén lévő olyan üvegszerű rétegek, melyeknek az üvegekkel azonos kémiai összetevői, és hasonló szerkezeti felépítésük van.

Az üveg fogalmának ma is elfogadott (és a tárgyalt ólom-mázakra is alkalmazható) meghatározása: „az üveg olyan olvasztás útján kapott szervetlen termék, mely kristályosodás nélkül jutott szilárd halmazállapotba“ [ASTM]. Kevésbé ismert az üvegek egyik újabb. – a Zachariensen–Warren-féle elmélet továbbfejlesztésével kialakított –, az üvegek szerkezeti sajátosságait is figyelembe vevő meghatározása, mely szerint: „az üveg valamely olvadék megszilárdulása által keletkezett olyan anyag, amely  $BO_n$ -anionok, közös oxigénionok, által összefüggő, nem periodikus térhálóját alapul, és a hálójátalkotó B-kationokon kívül hálójátalkotó A-kationokat is tartalmaz“ [Náray, 1962, 100]. Ez utóbbi meghatározás lehetővé teszi, hogy a hálójátalkotó kationok különböző poliéderekben, így hatos koordinációban is előfordulhassanak. Ezért ez alkalmazható a rendkívül nagy ólomtartalmú szilikátokra is, amilyenek kezdetben a fazekasmázák voltak, melyek szerkezete már nem alapulhat tiszta tetraederhálóján.

Ez utóbbi ólom-mázak szerkezetétől való megkülönböztetésül a  $(SiO_4)^{4-}$  tetraederek kapcsolódásával létrejövő háromdimenziós, nem periodikus hálójátalkotó a továbbiakban üvegszerkezeteknek nevezzük. Ennek megfelelően a következőkben üvegszerkezet nélküli és üvegszerkezetű ólom-mázakat különböztetünk meg.

Ismeretes, hogy a szilikátüvegekhez hasonlóan, a tárgyalt ólom-mázak többségénél is a szilíciumionok négy szorosán, illeszkedő oxigénionnal körülvéve, tetraederes koordinációban fordulnak elő. Ha feltételezzük, hogy az egész üveg, illetve máz azonos tetraederekből épül fel, és az egymással csatlakozó tetraederek közös oxigénionjait:  $y$ , a további oxigénionjait:  $x$  jelöli, akkor a nem periodikus összefüggő térhálózat kialakulásának feltételét:  $y \geq 2$ ;  $x \leq 2$  összefüggések határozzák meg [Millner, 1953, 32.].

Tudjuk, hogy a szilikátüvegek és mázak szerkezetére mindig jellemző az a szám ( $R$ ), mely megmutatja, hogy azokban egyetlen hálójátalkotó atomra (ionra) hány oxigénatom (ion) jut. Mivel nagysága az üvegszerkezetű szili-

likátokban  $R = \frac{8-y}{2}$ , a tiszta kvarcüvegben  $R = 2$ , azért az említett üvegszerkezet kialakulása esetében csak  $2 \leq R \leq 3$  lehet.

A két alkotóból álló ólom-szilikátokat,  $PbO \cdot nSiO_2$  Seeger-formával, valamint  $y$ - és  $R$ -értékeikkel jellemeztük. Ennek megfelelően a szilikátüvegeknél a háromdimenziós, nem periodikus hálózat kialakulásának kezdete  $PbO \cdot SiO_2$  összetétellel határozható meg, ahol  $y=2$  és  $R=3$  értéket képvisel. Ebben az esetben elméletileg a tetraederek kapcsolódásával még végtelen láncok létesülhetnek. Ez utóbbi ólom-szilikát: 72,7% ólom-oxid és 21,3% szilícium-dioxid keverékének olvasztásával képződhet.

Az ólom-oxid-tartalom fokozásával elérhető:  $PbO \cdot 0,67 SiO_2$  ólom-szilikátnál  $y = 1,00$ , és  $R = 3,48$ . Ebben az esetben a tetraederek kapcsolódásával már láncok sem létesülhetnek. Elméleti megfontolás alapján pusztán két-két tetraeder kapcsolódásából álló kettős tetraederek  $(Si_2O_7)^{6-}$  kialakulására van lehetőség. Ez a szilikát: 84,71% ólom-oxid és 15,29% szilícium-dioxid keverékének olvasztásával képződhet.

Az ólom-oxid-tartalom további növelésével végül a  $PbO \cdot 0,50 SiO_2$  ólom-szilikátnál már  $y=0$  és  $R=4$ . Következésképpen a tetraederek kapcsolódására aligha van lehetőség [Náray, 1962, 36.]. Ez utóbbi ólom-szilikát: 88,10% ólom-oxid és 11,90% szilícium-dioxid keverékének olvasztásával létesülhet.

Elméleti megfontolás alapján a szilíciumionok tetraedercsoportjainak kapcsolódására az  $R$  értékének növekedésével mind kevesebb lehetőség nyílik. Ezzel értelmezhető az a tapasztalat, mely szerint a tárgyalt ólom-szilikátok a növekvő ólom-oxid-tartalmuk arányában, – ezzel összefüggően az  $R$ -értékek növekedésével – a kerámiai mázak számára mindinkább alkalmatlanná válnak. Az ólom-mázak olvadási viszonyai és az  $R$ -értékek közötti összefüggést technológiai kísérletekkel és nem utolsósorban hevítmikroszkópi vizsgálatokkal követni lehetett [Salamon–Duma: 1981]. A szerkezeti eltérésekre utaló olvadási folyamatok az ideális olvadékalakok alapján végzett számítási módszerünkkel számszerű értékekkel is kifejezhetőek voltak [Duma: 1986/b].

A kerámiai mázagnál az üvegszerkezet hiánya számos hiba forrása lehet, mivel ebben az esetben az ólom-szilikátok olvadása hirtelen következik be. Fazekasipari felhasználásuknál a mázak csepegése, túlfolyása, a tárgyak összetapadása a leggondosabb égetés mellett sem kerülhető el. Azoknak a mázagnak, amelyeknek üvegszerkezete van, a sima kiolvadása minden esetben széles hőmérséklet-tartományok között (Glattbrand-temperatur) fokozatosan történik. A mázak e sajátossága képezi egyik alapját ipari felhasználásuknak.

Önként felmerül a kérdés, hogy szerkezeti sajátosságai alapján melyik csoportba sorolhatók a tárgyalt ólomtartalmú fazekasmázák? Évszázados fejlődésük során mióta és mennyiben elégitették ki az iparilag használható kerámiai mázak szerkezeti követelményeit? E kérdés-



re az előzőkben röviden vázolt elméleti megfontolások alapján lehet kielégítő feleletet nyerni.

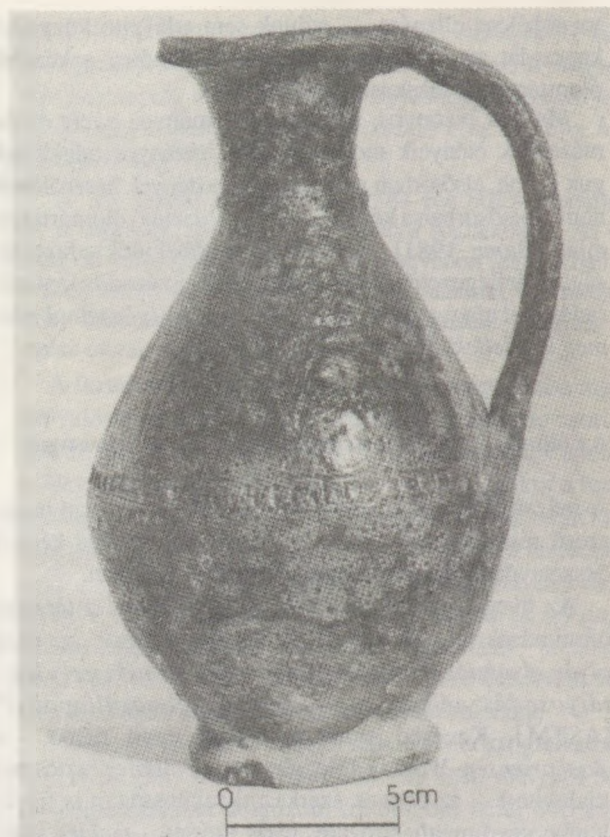
### Mázak képződése egyetlen ólomoxid rétegből

Mint ismeretes az ólomházak képződésének alapja a szilícium-dioxidnak ( $\text{SiO}_2$ ), az ólom-oxiddal ( $\text{PbO}$ ) alkotott termikus reakciója, melynek eredményeként különböző ólom-szilikátok, üveges olvadékok, közöttük kerámiai mázak is létrejöhetnek. E folyamatot jól szemlélteti a  $\text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$  kétösszetevős rendszer állapotábrája [Geller, 1934; Hinz 1963, 133.]. Az ábrázolt folyamatnak megfelelően az ólom-szilikátok képződése akkor mehet végbe, ha meghatározott hőmérsékleti körülmények között az ólom-oxid, valamint más ólomvegyületek szilícium-dioxiddal – a gyakorlatban kvarccal vagy kvarctartalmú ásványi anyagokkal – szorosan érintkeznek.

A kvarctartalmú ásványos anyagok jellegzetes képviselői az agyagok. Ezért az égetett vagy nyers agyagtárgyak felületére felvitt ólom-oxid-réteg és az anyagok könnyen hozzáférhető szilícium-dioxid-tartalmának – elsősorban a kvarc szemcséinek – kölcsönhatására, a hőmérséklet és az idő függvényében – a két anyag határfelületén meginduló folyamattal üvegszerű bevonatok, ólomtartalmú kerámiai mázak képződhetnek. E sajátos mázrétegek képződésének feltételét az alapanyag ásványi összetétele, elsősorban a kvarctartalom mennyisége, valamint annak kedvező szemcsemegoszlása és szemcse nagysága határozzák meg. [Salamon–Duma, 1981; Duma, 1982]. A képződő üveges bevonatok, a mázak összetételét a kvarcon kívül az alapanyag további ásványainak feltáródása messzemenően befolyásolja. A képződött mázak ólom-oxid-tartalma a feltárt anyagok mennyiségétől függően változó, de minden esetben jelentős marad. A mázrétegek vizsgálata alapján ismert, hogy ólom-oxid-tartalmuk a 70%-ot is meghaladhatja [Pernicka, 1979]. A cserépedények felületén képződött üvegszerű bevonatokat ezért joggal sorolják az ólomházak átfogó csoportjába. E sajátos mázak azonban a számos tényezőtől befolyásolt igen változó összetételük miatt, a kémiai összetevőik, és ezzel összefüggően az R-értékeik alapján egységesen aligha jellemezhetők.

Az említett ólomházakat sikerült a pannóniai (római kori) cserépedények felületén kellő biztonsággal kimutatni. Természettudományos vizsgálatok és technológiai kísérletek alapján kitűnt, hogy a hazai fazekasanyagok – kis kivétellel – kedvezőtlen ásványi összetételük miatt, a máztechnológia számára alkalmatlanok. Ez a körülmény jól értelmezi azt a megfigyelést, amely szerint a pannónia cserépedények többségénél nem alakultak ki megfelelő sima, csillogó, üvegszerű mázfelületek [Duma, 1982]. A pannóniai mázas cserépedényeken sok esetben jól megfigyelhető, hogy az ólom-oxidréteget egykor vizes szuszpenzió alakjában, mártással, leöntéssel, máskor fröcsköléssel vitték fel a tárgyak felületére (1. ábra), [Duma, 1982].

Ismeretes, hogy e sajátos máztechnológia – az ólomgléttel (ólomoxiddal) történő mázázás – középkorban is



1. ábra

Barnászöld színű, átlátszó – helyenként feddhatóságú, hullámos és tűszúrásos felületű – ólomház cserépedény a római korból. Mérete: 23 cm (m). Pilismarót (Castrum ad Herculanium, Esztergom vm.), [Salamon–Duma: 1981]

továbbélt. Forrásanyagok alapján ismert, hogy ólomgléttel egykor porozással vitték fel a tárgyak felületére, és annak rögzítésére szerves ragasztóanyagot alkalmaztak: „akkor az edényt mázzal ellátni, akkor végy búzalisztet, hagyj egy edényben felforrni, később lehűlni és kend be azzal a vízzel az edény teljes felületét... amikor az edény ezzel a lisztes vízzel nedvesítve van, szórd azonnal az ólomport (ólmogléttel) rá” [Heraclius, 1970, 50.]. Ugyancsak középkori leírás alapján ismert, hogy abban az időben mázas felületeket oly módon nyertek, hogy az edények felületét ezüstgléttel vonták be: „...ezüstgléttel és azon felül még (olyannal), ami ólommal folyóssá téve (mit Blei verflüssigt) és (különböző) festékekkel színezve van, bevonják a fazekasok belül az edényeket (innen die Töpfe) a szobrászok munkájukat kívül; kiváltképpen azonban azokat, melyekből Németországban a meleg fürdőkben a kályhák formázva lesznek.” [Agricola, 1958, 243; Duma, 1990].

Az említett eljárás, amelynek „a fazekasok cserépedényei ólomozva lesznek” (vasa figuli plumbeantur) [Heraclius, 1970, 49], színes mázak előállítására is alkalmas volt: „...Vedd az ólmot és olvaszd legmegelőbbben egy edényben. Amint teljesen folyós, keverd körös körben kezdeddel (circumvolve manibus tuis), amíg porrá lesz, és adj 6 rész sárgaréz reszeléket hozzá (VI. partes limutarac auricalci) ... legyen azonban sárga, úgy végy tiszta ólom-



port reszelék nélkül (puro plumbo sine limatura)” [Heraclius, 1970, 50.; Duma, 1990].

Az említett ókori hagyományokat őrző máztechnológia (a pusztán ólomgléttel történő mázazás) Európában még évszázadokig változatlan formában élt tovább. Az eltérés mindössze annyi volt, hogy az ólomglét mellett a 19. században a szulfidos ólomércet – a galenitet – is alkalmazták, valamint, hogy az ólom-oxidréteg (vagy ólom-szulfidréteg) megkötése helyenként agyagpéppel történt. „A porozást” (Bestauben) kell hogy megelőzze a daraboknak agyagpéppel való leöntése ami által később a ráhintett ércpor (galenit) egyenletesen megköve marad” [Wilkens, 1870, 145.].

A kerámiai termékeknek ólomglét vagy ólomérc ráhintésével történő mázazása nálunk is meghonosodott, és azt a népi fazekasságunk körében a századfordulón még gyakran alkalmazták. „A fazekasok régebben az ólomgléttel vagy mázércet (galenit) forgatás közben rászítták az edényre. A nyers edényre tapadt glét aztán égetéskor az agyaggal összeolvadva igen tökéletesen és egyformán mázát alkotott” [Petrik, 1913, 137.]. Ez a máztechnológia, mely a hazai fazekasok körében a 19. században még általánosan ismert, és követett eljárás volt, később feledésbe ment. Európa egyes déli területein azonban napjainkban is tovább él [Hampe-Winter, 1962, 8.].

Mivel ennél az egyedülálló eljárásnál a mázképződést az alapanyag az agyag ásványos összetétele nagy mértékben befolyásolta, azért az csak meghatározott agyagok esetében volt sikeresen alkalmazható. Érthető, hogy a fazekasok ezzel a mázazási gyakorlattal fokozatosan felhagytak. Olyan új eljárást kerestek, melynél a máz képződése az alapanyagtól gyakorlatilag függetlenül is végbemehet. A pannóniai (római) mázas kerámiák vizsgálata alapján joggal feltehető, hogy ilyen eljárás egyes fazekasok előtt már az ókorban ismert lehetett.

#### Ólomtartalmú nyers fazekasmázak a középkorban Magyarországon

Üvegszerű bevonatok alapanyagától független képződésére alkalmasnak bizonyultak az ólomglét és kvarchomok meghatározott arányú keverékei. Mivel ebben az esetben a mázképződés folyamatában az alapanyag szerepe alárendeltté vált, azért csaknem minden fazekasiparban felhasználható agyag egyben mázas cserépedények számára is alkalmasnak bizonyult.

A természettudományos vizsgálatok, – döntően a vékonycsiszolatokon végzett ásvány-kőzettani meghatározások – alapján, ma már bizonyos, hogy Magyarországon az első ólomtartalmú fazekasmázak *nyersmázak* voltak. A

nyers ólomházak végleges formája csak évszázadok múltával alakult ki. Ezen idő alatt a hagyományokhoz való kötődés miatt, a mázak alkotói közel azonosak maradtak. Fejlődésük során a nyers ólomházak főösszetevőinek (az ólomoxidnak és a szilíciumdioxidnak) a mennyiségi megoszlása, kialakulásuk kezdeti, középkori szakaszától eltekintve csak szűk határok között változott.

Az ólom-oxid és kvarchomok keverékeit (a nyers ólomházakat) egykor az ólom-oxidrétegeknél már korábban alkalmazott eljárásokkal azonos módon vitték fel a nyers vagy égetett agyagtárgyak felületére. Az ősi mázazási eljárások, mint a ráhintés, fröcskölés, leöntés és mártás, évszázadokig a fazekasság kézműves jellegének megszűnéséig, csaknem változatlan formában éltek tovább.

A mennyiségi kémiai elemzések – amint várható volt – azt mutatták, hogy a hazai régészeti leletanyagból származó középkori kerámiák mázai jelentős mennyiségű ólom-oxidot tartalmaznak. Figyelembe véve a mázak ólomoxid-tartalmának az égetésnél bekövetkező 1,5–2% párolgási veszteségét [Lehman, 1908], joggal feltehető, hogy a mázak egykori ólom-oxidtartalma az égetést megelőzően jelentősebb lehetett az elemzéssel meghatározott mai értékeknél (1/b táblázat.: F, 1–8).

Forrásművek alapján ismert, hogy a korai középkorban az ólomtartalmú üvegek és mázak még csaknem teljes egészükben ólom-dioxidból álltak: „Végy legjobb és csillogó ólmot, tedd egy új edénybe és égesd a tűzben porrá ... azután végy homokot keverd össze ezzel a porral, azonban úgy, hogy két rész ólom, a harmadik a homok legyen (duae partes sint de plumbo, et tertia de sabulo) [Heraclius, 1970, VIII. 58.].

A fazekasok a mázak összetevőinek mennyiségét napjainkig maguk készítette úrmértékkel határozták meg: „rézmérték vas és rézporhoz, kettő belőle 1/4 font, gelétmérték, békasó (kvarchomok) és gelétméréshez” [Újlaki, 1888].

Ha az előzőekben ismertetett máz összetételében szereplő részeket (térfogatokat) tömegszázalékban fejezzük ki, akkor a mázkeverék 88,09% ólom-oxidból (PbO) és 11,91% szilícium-dioxidból (SiO<sub>2</sub>) állt, aminek kémiai összetétele: PbO. 0,5 SiO<sub>2</sub> *Sege-formával* fejezhető ki. Mivel ebben az esetben R = 4, ezért a mázban a hálózatalakító tetraederek kapcsolódása aligha valósulhatott meg. Hasonló kémiai összetételű, kialakulatlan üvegszerkezetű mázakat alkalmaztak Magyarországon a 12. században, még a 15. század kezdetén is. Az üvegszerkezet hiánya – a régészeti leletanyagokon jól megfigyelhető – számos mázhiba forrása volt, (1/b táblázat.:F, 1–2), [Duma, 1957, 1978, 1982/b; Holl, 1958, 1973]] (2. ábra).





2. ábra

Sötétzöld színű, állítszó ólomnázas padlóégla a 12. századból. Mérete: 18x18 cm. Esztergomi vár. II/b táblázat: F. [Holl, 1973]

Mint ismeretes a fazekasok mázaikat minden esetben ugyanazon szintelen mázhoz (az alpmázhoz) adott adalékokkal – közöttük színező fénoxidokkal – állítják elő. Ezt a gyakorlatot minden bizonnyal már a középkorban is alkalmazták. Ezért vizsgálatainknál a középkori mázakat, elméletben,  $PbO \cdot nSiO_2$  kémiai összetételű, ólomglét és kvarchomok keverékéből álló szintelen alpmázakra és adalékanyagokra bontottuk (I/a táblázat: F, 1–8), [Duma, 1957, 1958, 1982/b; Holl, 1958]. Ebben az esetben szembejövő az F és 1,2 jelzésű alpmázak közel egyszáz százalékos összetétele; a 3, 4 és 5, valamint a 6 és 7 jelű alpmázak hasonlósága, továbbá a 8 jelzésű alpmázak a többitől való elkülönülése (3–5. ábra).

A vizsgálatok alapján bizonyos, hogy a nyers ólomnázas fejlődésének középkorra eső szakaszában a fazekasok törekvése a mázak kvarctartalmának növelésére irányult. Ez kétségtelenül kedvező volt a mázak üvegszerkezetének, az R-értékek csökkenésével jól követhető, fokozatos kialakulására. Ugyanakkor növekedett a mázak szilícium-dioxid tartalmának – kristobalit kristályok alakjában tör-



3. ábra

Halványsárga színű, állítszó ólomnázas, mérműves kályhacsempe a 15. század kezdetéről. Mérete: 22,5x 36,5 cm. Budai várpalota. II/b, táblázat: 1. [Holl, 1958]

tendő kiválásának lehetősége, és ezzel a mázak kristályosodásának, üvegtelenedésének (Entglasung), meghibásodásának veszélye. Ennek elkerülésére újabb hálózatalakotókra — elsősorban alumínium-oxidra ( $Al_2O_3$ ) — és a kristályosodási folyamatot gátló további összetevőkre (mint a vasoxid,  $Fe_2O_3$ ) volt szükség. Az általunk vizsgált valamennyi középkori ólomnázasra jellemző, hogy hálózatalakotóként jelentős mennyiségben csak szilícium-dioxidot tartalmaznak. További hálózatalakotót (alumínium-oxidot) kis mértékben öt, jelentősebb mértékben csak egyetlen máznál találtunk. Feltehető, hogy ez utóbbi valamely adalékanyagként szereplő vasoxidtartalmú agyag agyag-ásvány tartalmától származott (I/b, táblázat: 5). Kísérletileg bizonyítható volt, hogy egyik esetben, a 8 jelzésű máznál, (az aranyozott tetődíszek mázainál) a vasoxidtartalom (2,8%  $Fe_2O_3$ ) szerepe nem színezőhatás, hanem a máz kristályosodásának, (üvegtelenedésének) megállítását volt (I/b, táblázat: 8), [Duma, 1974]. A középkortól kezdve gyakran alkalmaztak mázakhoz adalékanyagként agyagokat, elsősorban kaolinokat, melyek napjainkig az ólomtartalmú nyersmázak több szempontból is nélkülözhetetlen összetevői maradtak.

Megkíséreltük az említett középkori mázakat a kémiai összetevőiken kívül, szerkezeti sajátosságaik alapján csoportosítani. Ehhez az üveges szilikátok és kerámiai mázak szerkezetére egyaránt jellemzőnek talált R-értékeket használtuk fel. A mázak R-értékeik alapján három jellegzetes csoportot alkotnak: ólomszilikátok üvegszerkezet nélkül, majd kezdődő üvegszerkezettel, és végül teljesen kialakult üvegszerkezettel. Az alpmázak közül az F-jelű (a 12. századból) továbbá az 1 és 2 jelzésűek (a 15. század



A 12. és a 15. századból származó magyarországi ólomtartalmú fazekasmázak feltételezett alapmázának számított összetétele (a) és a teljes mázak általunk elemzéssel meghatározott kémiai összetevői (b), valamint azok  $R$  és  $\gamma$  értékei

a) Kémiai összetevők									
A minták jelzése	12. század	15. század							
		kezdet			közepe			vége	
Tömeg, %									
F	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	
Ólomglét	86.50	85.64	85.18	80.60	80.90	78.99	77.89	76.82	65.43
Kvarchomok	13.50	14.36	14.82	19.40	19.10	21.01	22.11	23.18	34.57
R: ...	3.73	3.60	3.54	3.13	3.15	3.01	2.94	2.89	2.51
y: ...	0.54	0.80	0.92	1.74	1.70	1.98	2.12	2.22	2.98

b) Kémiai összetevők									
A minták jelzése	Tömeg, %								
	F	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
PbO	83.03	83.70	82.80	76.70	76.20	65.85	72.05	72.30	63.00
SiO <sub>2</sub>	12.95	14.10	14.50	18.53	18.10	22.50	20.58	21.95	33.50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	ny.	ny.	0.20	0.25	4.10	0.20	0.19	0.10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.13	1.35	2.60	0.96	1.40	7.30	3.00	0.90	2.80
TiO <sub>2</sub>	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	ny.
CaO	ny.	—	—	—	ny.	ny.	ny.	ny.	ny.
MgO	ny.	—	—	—	—	—	—	—	ny.
K <sub>2</sub> O	ny.	ny.	—	—	—	ny.	—	—	ny.
Na <sub>2</sub> O	ny.	ny.	—	—	—	ny.	—	—	—
CuO	2.87	—	—	3.38	3.26	—	3.50	3.88	—
R: ...	4.00	3.70	3.75	3.41	3.37	3.14	3.23	3.05	2.60
y: ...	0.00	0.60	0.50	1.18	1.26	1.72	1.54	1.90	2.80



4. ábra

Barnássárga színű, állászsó ólomház, alakos kályhacsempe a 15. század első feléből. Mérete: 24x24 cm. Budai várpalota. 11b, táblázat: 2, [Holl, 1958]

kezdetéről), melyeknél az  $R$ -értékek: 3,7–3,5 között változnak, a szilikátüvegek, illetve kerámiai mázak szerkezeti követelményeit még nem elégítik ki. Az alapmázak közül a 3 és 4, valamint az 5 jelzésűeknél, melyek a 15. század közepéről származnak), ahol az  $R$ -értékű 3,0 — 3,2 között található, már feltehető az üvegszerkezet kezdeti kialakulása. A 6 és 7, különösen a 8 jelzésű alapmázaknál (melyek a 15. század végéről származnak) ahol az  $R$  értéke 2,9–2,5, tehát 3 alatt van, már bizonyosra vehető a kerámiai szempontból kedvező üvegszerkezet kialakulása (11a táblázat: F, 1–8). A vizsgált középkori kerámiáknál a feltételezett alapmázaknak, valamint az adalékanyagokat is tartalmazó teljes ólomházak  $R$ -értékei az adalékanyagok kis mennyisége miatt egymáshoz közel állnak (11b, táblázat: F, 1–8).

Joggal feltehető, hogy a magyarországi középkori mázak összetételében tapasztalható változások, az egyszerű ólom-szilikátokról az üvegszerkezetű mázakra való átérés, tudatos tevékenység eredménye volt, melyet jelentős fejlődésnek kell tekintenünk [Duma, 1978, 1982/b; Holl, 1987/88].



A 19. századi magyarországi  
ólomtartalmú nyers fazekasmázak mázkeverékei (a)  
és számított kémiai összetevői (b), valamint azok R és y értékei

## a) Mázkeverék

Mázak számai:	űrménék				
	1.	2.	3.	4.	5.
Ólommini- um	1	—	—	—	—
Ólomglét	—	10	18	10	12
Kvarchomok	1	11	20	—	12
Kristályüveg	—	—	—	8	1

## b) Kémiai összetétel

Mázak számai:	Tömeg, %				
	1.	2.	3.	4.	5.
PbO	80.34	78.79	74.16	78.42	76.67
SiO <sub>2</sub>	19.66	21.21	25.84	16.47	22.76
K <sub>2</sub> O	—	—	—	5.03	0.56
MnO	—	—	—	0.01	0.01
R: ...	3.01	3.00	2.77	3.49	2.93
y: ...	1.91	2.00	2.46	1.03	2.14



5. ábra

Sárgás árnyalatú, flúzöld színű, átlátszó ólomház, alakokkal díszített, mérműves kályhacsempe a 15. századból. Mérete: 21,5x27,5 cm. Budai várpalota. IIb, táblázat: 3. [Holl, 1958]

## Nyers ólomházak üveg és ólomérc adalékokkal

A 16. század kezdetétől a 18. század végéig terjedő időszakból a magyarországi ólomtartalmú nyers fazekasmázak összetételei egyrészt irodalmi adatok, másrészt természettudományos vizsgálatok hiányában ez idő szerint még ismeretlenek. A 19. század kezdetétől alkalmazott fazekasmázakról azonban már kellő áttekintés nyerhető, abból a fennmaradt naplóból, mely egyik sárospataki fazekasmester 1809-ben megkezdett feljegyzéseit tartalmazza. Az említett forrásmű számos fazekasmáz és kerámiai festék leírását foglalja magába. Megtalálhatók benne az abban az időben használt ólomtartalmú nyers fazekasmázak leírásai is. Ez utóbbiak még változatlan formában őrizték meg a középkori fazekashagyományokat. Kémiai összetételük alapján a 15. század kezdetén alkalmazott ólomházakhoz hasonlóak (2/a-b táblázat: 1–3), [Újlaki in Wartha, 1982, 214–215] (6–8. ábra).

Az előzőekben ismertetett magyarországi régészeti leletanyagból származó középkori ólomházak, a mennyiségi kémiai elemzések alapján, alkáliákat jelentős mértékben nem tartalmaztak. Forrásművekből azonban ismert, hogy Európa más területein alkáliákat jelentős mennyiségben tartalmazó nyers fazekasmázakat már a középkorban is alkalmaztak. Ezeknek a nyers mázaknak az alkálitartalmát, minden esetben üveg adalékkal, vagy kivételesen



6. ábra

Barnásfekete engobozott alapon, sárga, zöld és vörös színű engobdíszítésű, átlátszó, színtelen ólomházal borított cserépedény 1852-ből. Mérete: 20 cm (m). Siklós, Baranya vm. IIb, táblázat: 2; 3 [István, 1985]



üvegnek közvetlenül mázként való alkalmazásával érték el. „Ha valaki üveggel akarja az edényeket mázazni: úgy örüljön márványon római üveget (vitrum Romanum) és ha az mint a por lesz és forrásvízzel keverve lett, mázolja vele a fazekasok edényeit (figulorum vascula pingat)...” [Heraclius, 1970, III. 28]. Ez a technológia színes mázak előállítását is lehetővé tette. Zöld színű máz készítéséhez: „végy üszta égetett rezet ... dörzsöld össze csillogó üveggel (admixto splendenti contere vitro), és tedd az azzal mázolt edényt tűzbe” [Heraclius, 1970, XXI. 46.]. Ugyancsak zöldszerű mázhoz: „Rozsdáját a réznek (Rubiginem cupri) és porát öröld világos üveggel (cum vitro claro) mázold le ezzel az edényi” [Heraclius, 1970, IV. 50.]. Az irodalomból ismert, hogy az üveget később még a 17. században is alkalmazták fazekasmázak adalékaként: „Végy közönséges üveget (gemein Glaß) és barnakövet, mindegyikből 1 részt, ólomüveget (Bley-Glaß) 2 részt, használd, amint kitanultad” [Kunckel, 1689, LXVII. 359.]. Ez a gyakorlat az említett sárospataki napló szerint a 19. század kezdetén az újkori fazekasmázaknál nálunk is alkalmazást nyert. Elsősorban gazdaságossági szempontból már régebben arra törekedtek, hogy a nyers fazekasmázakban az ólom-oxid mennyiségét részben ólom-oxidot tartalmazó üvegadalékkal helyettesítsék. Egyes mázkeverékekbe ezért ólomüvegeket mint, kristályüveget, velencei kristályt, máskor csak közönséges üveget alkalmaztak: „Végy 10 mérték Glétet, 8 mérték velencei Kristályt, 4 mérték sárga réz port, olvaszd meg” [Újlaki in Wartha, 1892, 216.]; (2/a táblázat: 4,5). „A fazekasok üveget is kevernek a mázhoz, miáltal a máz legdrágább nyersanyagát az ólomgléttel csökkentik” [Petrik, 1913, 167.].

Az üvegtartalmú fazekasmázak Magyarországon a 20. század kezdetén még ismertek voltak [Őrley, 1903] 78–79: Petrik, 1913, 167.]; (3/a, táblázat: 3,4 ). A táblázatban szereplő üvegtartalmú mázak kémiai összetevőinek számításánál az egyik 19. században használt 26,6% ólom-oxidtartalmú kristályüveg összetételét vettük alapul [Gra-ger, 1868, 38.].

A gyakorlat azt mutatta, hogy – kivételektől eltekintve – a fazekasmázak teljes ólomszükségletét, egymagában üvegadalékkal pótolni aligha lehet. Kitévő, hogy erre csak ólomvegyületek lehetnek alkalmasak. Ezek között a legkönnyebben elérhetőnek és a legolcsóbbnak a szulfidos ólomérc, a galenit (PbS) bizonyult. Ezért Európában a 19. században, a kerámiai manufaktúrákhoz hasonlóan már számos fazekas is ólomglét helyett, a szulfidos ólomérccel készítette mázait. Ez a gyakorlat a magyarországi fazekas-ság körében is alkalmazásra talált [Duma, 1990].

A fazekasok a szulfidos ólomérccel (a mázérből) ólomgléttel előállítani nem tudtak. Ezért számukra előnyös volt, hogy azt mázaikhoz közvetlenül felhasználhatták, mivel a mázérc az égetés folyamán, az ólomgléthez hasonlóan a kvarccal üveges olvadékokat, ólom-mázakat képezhet. Elméletben 1,00 tömegrész ólom-oxid (PbO), 1,07 tömegrész, ólom-szulfidnak (PbS) felel meg, a gyakorlatban az érc szennyezettsége miatt ez sohasem volt elérhető. A



7. ábra

Fehér engobozott alapon, karcolt barna színű vonalrajzzal, világos és sötétbarna színű engobfestéssel díszített, átlátszó, szintelen ólom-mázal borított, korongon készült, négyoldalúra lapított alakú, pálinka tárolására szolgáló cserépedény 1845-ből. Mérete: 27 cm (m). Mezőcsát, Borsod vm. II/b, táblázat: 2; 3. [István, 1985]

fazekasok ennek ellenére a mázércet, (a mázkeverék korábbi összetételének megváltoztatása nélkül) az ólomglét helyettesítésére használták fel mázaiknál, amint ezt a 19. századból fennmaradt mázösszetételek jól szemléltetik. A „máz közönséges fazekasáruhoz” és a „máz hasonló közepfinom áruhoz és valamivel finomabbhoz” összetétele csak annyiban tér el egymástól, hogy az utóbbiban mázérc helyett azzal azonos mennyiségben „mínium vagy vörös ólom-oxid” szerepel [Wilkins, 1870, 127.].

A mázérc használata előnyei mellett, melyek között első helyen kedvező ára szerepelt [Duma, 1990], számos hátránnyal is járt. A hagyományos fazekaskemencékben történő égetésnél legtöbbször elkerülhetetlen volt, hogy az edényeket borító mázak, a mázérc (ólomszulfid) tökéletlen bomlása következtében, visszamaradt ólom-szulfidot ne tartalmazzanak. Ez utóbbi nagymértékben növelte a használati edények ólom-mázainak amúgyis jelentős savoldhatóságát [Jakó, 1928, 39.].



A századfordulón bekövetkezett ételneveléssel szembe fordított tömeges ólommérgezés oka részben ezzel magyarázható. Ezért „az ólomfényle tehát olcsósága dacára se vételessék a mázba soha” [Pap, 1906, 44.]. A századforduló után néhány évtizeddel, mind egészségügyi okokból, mind a fokozódó minőségi követelmények miatt, már nálunk is eltekintettek alkalmazásától [Jakó, 1928, 39.].



8. ábra

Halványsárga engobozott alapon, zöld, vörösbarna és fehér színű engobdíszítésű, állásizó, szintelen ólommal borított korsó ivóvíz tárolására a 19. századból. Mérete: 34 cm (m). Mezőtúr, (Jász-Nagy-Kun Szolnok vm.) IIIb, táblázat: 2; 3. [István, 1985]

#### Az ólomtartalmú nyers fazekasmázak fejlődésének utolsó szakasza

A tárgyalt mázak fejlődésük legmagasabb szintjét Magyarországon a századforduló után érték el, abban az időben amikor a fazekasság jelentősége már rohamosan csökkent. Ennek az ellentmondásnak oka abban a téves felfogásban rejlik, mely a népi fazekasságunk pusztulásának okát, egyedül a termékek silány minőségében látta, figyelmen kívül hagyva azokat a társadalmi változásokat, amelyek a parasztság életkörülményeit alapvetően megváltoztatták. Éppen ezért igyekeztek széles körű állami támogatással a fazekastermékek minőségét javítani. Technológiai tanácsadók és iparművészek közreműködésével megkísérelték a fazekasok műszaki és népművészeti ismereteit fejleszteni.

Elsősorban arra törekedtek, hogy az agyagipar területén belül az önálló fazekasok korszerű termelészközöket és technológiákat alkalmazzanak, másrészt, hogy a hagyományos formákat és díszítéseket újabakkal egészítsék ki. Ennek a népművészeti vonatkozásban igen káros tevékenységnek egyetlen hasznos eredményeként, a fazekasok a 20. század kezdetétől mindinkább alkalmazni kezdték mázaikhoz a kaolinokat és egyes fehérre égő agyagokat. Ez időtől fogva a szilikátásványok közül már a földpátok is szerepeltek a fazekasmázak adalékanyagai között (3/a táblázat: 5).

3. táblázat

A 20. században a hazai fazekasság területén használt ólomtartalmú nyers fazekasmázák mázkeverékei (a) és számított kémiai összetevői (b), valamint azok R és y értékei

a) Mázkeverék					
Mázak számai:	Tömeg, %				
	1.	2.	3.	4.	5.
Ólomglét	71.23	70.59	63.00	57.00	61.80
Kvarchomok	28.77	22.62	28.00	23.00	20.00
Kaolin	—	6.79	4.00	5.00	13.40
Kristályüveg	—	—	5.00	15.00	—
Földpát	—	—	—	—	4.80

b) Kémiai összetétel					
Mázak számai:	Tömeg, %				
	1.	2.	3.	4.	5.
PbO	71.23	71.34	64.69	61.42	62.97
SiO <sub>2</sub>	28.77	25.97	32.85	33.98	29.88
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	2.69	1.59	1.98	6.32
K <sub>2</sub> O	—	—	0.86	2.56	0.83
MnO	—	—	0.01	0.04	—
R: ...	2.67	2.76	2.56	2.55	2.64
y: ...	2.60	2.48	2.88	2.89	2.72

A további hálózatalkotókat (mint az alumíniumoxid) biztosító meghatározott ásványos anyagok alkalmazásával az ólomtartalmú nyers fazekasmázák R-értéke és ezzel minősége messzemenően javult. Ugyanakkor a hagyományos népművészeti termékek háttérbe szorultak, helyüket mindinkább a részben nagyszemű technológiákkal előállított izlésiellen tömegáru foglalta el.

A második világháborút követő időben a „haladó népi hagyományok megőrzése” politikai kérdéssé vált, és ezért az állam, a „népi fazekasság megújulását” ismét jelentősen támogatta. Igyekeztek a fazekasság hagyományos formavilágát és díszítőművészetét újra életre kelteni. Ennek során kezdetben, a hagyományos termelészközöket és fazekastechnológiákat, valamint az egykori nyersanyagokat használták. Így került sor ismét, a 20. század kezdetéről ismert, ólomtartalmú nyers fazekasmázák alkalmazására, is. Ezt a második világháborút követő időben, az iparilag előállított fazekasmázák hiánya is indokolta tette. Később a hazai iparban előállított egyfajta ólomtartalmú nyersmáz is újból kereskedelmi forgalomba került [Duma, 1990].



Az ólomtartalmú nyers fazekasmázák utóbbi rövid életű használata 1960 körül véglegesen megszűnt (3/a táblázat: 5,6); [Duma, 1988].

Napjainkban az említett mázakat a fazekasság területén felváltották a lényegesen kisebb ólomtartalmú, jelentős mennyiségben alkáliákat, nem ritkán bórt és kisebb mértékben más kémiai összetevőket is tartalmazó iparilag előállított ömlesztett (frittelt) mázak. Ezeknek a mázaknak kétségtelenül igen kedvező technológiai tulajdonságai mellett, közegészségügyi vonatkozásban is jelentős szerepük volt. Az ömlesztett mázak alkalmazásával sikerült a népi fazekasságunk ólomháznak évszázados egészségre káros hatását, az ólomártalmat végleg megszüntetni [Duma, 1981]. E mázaknak azonban azzal, hogy a népi fazekasságunk hagyományos színvilágát megváltoztatták, népművészeti vonatkozásban rendkívül káros hatásuk is érvényesült. A jelenleg is használt mázaknak tulajdonítható, hogy a mázas cserépedények engobdíszítéseinek egykor jól ismert aranyárga, valamint élénk vörösbarna és mély fűzöld színeit, vagy a kobaltkék engobok jellegzetes kékes-fekete színárnyalatait napjainkban már hiába keressük. Az átlátszó színtelen mázak alatt fekvő fehér színű engobok megszokott meleg sárgás árnyalatú elszíneződése, a fazekastermékek hagyományos színeivel közösen, az ólomtartalmú nyersmázakkal együtt örökre eltűnt.

## Irodalom

- Agricola, G.*: 1546. De natura fossilium liber X. Die Mineralien, ford.: Fraustadt, G. 1958, Berlin.
- American Society of Testing Materials*, in Náray, 1962, 14.
- Bónis, É.*: Glasierte Keramik der Spät Römerzeit aus Tokod. Acta Archaeologica Acad. Scient. Hung. 42., 1990 (megjelenés alatt)
- Chyser, B.*: Egy pusztuló iparágról 1908 Társadalmi Múzeum Értesítője/1., 1–25.
- Duma, Gy.*: Untersuchung einer figuralen Bodenfliese aus dem Mittelalter. Budapest Régiségei 17., 345–352., 1957
- Duma, Gy. – Galgóczy, B.*: Rézoxidral színezett ólomházak fizikai és kémiai tulajdonságainak vizsgálata. Építőanyag 10., 420–430., 1958
- Duma, Gy.*: Laparannyal díszített mázas tetőcserepek. Építőanyag 26., 428–432., 1974
- 1974 Farbige Bleiglasuren im Spätmittelalter. Anz. Öster. Akad. Wiss. Phil.-Hist. Kl. Mitteilungen der Kom. für Burgenforschung und Mittelalter-Archäologie. 24., 249–262., 1978
- A századforduló „korsósbetegsége”. Építőanyag 23., 265–269., 1981
- Mázás cserépedények a római korból. Építőanyag 34., 138–144., 1982
- Középkori ólomházak. Építőanyag 34., 392–399., 1982/b
- Fazekasságunk mangántartalmú fekete festékei. Építőanyag 38., 97–103., 1986
- Quantitative Auswertung Hochtemperaturmikroskopischer Untersuchungen. Sprechsaal. 119., 1035–1038., 1986/b
- Népi fazekasságunk megújulása. Építőanyag 40., 223–231., 1988
- A fazekasság hagyományos mázainak ólomvegyületei. Építőanyag 42., 208–215., 1990
- Geller, R.F. – Creamer, A.S. – Bunting, E.M.*: The System: PbO–SiO<sub>2</sub>. Journal of Research of the National Bureau of Standard. 13. 237–244., 1934
- Graeger, A.*: Handbuch der Glasfabrikation, Weimar, 1868
- Hampe, R. – Winter, A.*: Bei Töpfern und Töpferinnen in Kréta, Messinien und Zypern. Mainz, 1962
- Heraclius*: De coloribus et artibus romarmorum. Von den Farben und Künsten der Römer, ford.: Ilg, A. (kétnyelvű), in: Quellenschriften für Kunstgeschichte IV., Osnabrück, 1970
- Hinz, W.*: Silikate, Grundlagen der Silikatwissenschaft und Silikatechnik, 2. Berlin, 1963
- Hoffman, K.B.*: Das Blei bei den Völkern des Altertums. Sammlungen gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge. Ser. XX. 472. 1–48. Berlin, 1885
- Holl, I.*: Középkori kályhacsempék Magyarországon. Budapest Régiségei/18., 215–227., 1958
- Középkori cserépedények. Budapest Régiségei 20., 335–394., 1963
- Verbreitung romanischer Tonfliesen in Ungarn. Régészeti Intézet Közleményei 4., 105–112., 1973
- A budai várpalota egy középkori rétegsorának elemzése. Archaeológiai Értesítő/12., 183–198., 1987/88
- István, E.*: Volkstümliche Keramik aus Ungarn. (eine Ausstellung des Ethnographischen Museums Budapest), München, 1985
- Jakó, G.*: Keramische Materialkunde. Dresden-Leipzig, 1928
- Jekelfalussy, J.*: Magyarország háziipara 1884. évben. Hivatalos Statisztikai Közlemények VI., 1885
- Kresz, M.*: Fazekas, korsós, tálás. Ethnographia 71., 297–379., 1960
- Kunckel, J.*: Ars Vitariae, Nürnberg, 1689
- Lehmann, H. – Schulze, M.T.*: Über die Flüchtigkeit des Bleioxyds aus seinen Silikatlösungen. Metallurgie., 5., 239., 1908
- Magyar Statisztikai Közlemények*, Budapest, 1868–1930
- Magyarország Népeisége a Pragmatica Sanctio Korában*: Országos Magyar kir. Statisztikai Hivatal, Budapest, 1896
- Müllner, T.*: 1953. Az üvegek kémiai és fizikai-kémiai tulajdonságainak összefüggése molekulaszervezetükkel. Vákuumtechnika, I., Budapest, 1953
- Náray-Szabó, I.*: Szilikátüvegek fizikai tulajdonságai. Szilikátipari monográfiák III., Budapest, 1962
- Órley, J.*: Útmutató fazekasok és kályhások részére. Budapest, 1903
- Pap, J.*: Az agyagipar technológiája. Iparosok olvasótára XII. 1–2., Budapest, 1906
- Pernicka, E.*: Chemische Analyse glasierter Keramik aus Camuntum. RLIÖ. 29., 99–107., 1979
- Petrik, L.*: Az agyagiparos. Budapest, 1913
- Póczy, K.*: Die Geschichte der Stadt in der Römerzeit. In: Intercisa II. (Dunapentele). Archaeologia Hung. 36.71–77., 1957
- Salamon, Á. – Duma, Gy.*: Altertümlische Einstoff-Bleiglasuren. Anz. Öster. Akad. Wiss. Phil.-Hist. Kl. Veröffentlichung der Komm. für Frühmittelalterforschung. 5., 45–60., 1981
- Thomas, E.*: 1955. Die römische Villa von TÁC, Fövenyusztia. Acta Archaeologica Acad. Scient. Hung. 6., 120–123., 1955
- Ujlaki, J.*: Ujlaki István gyűjtése. Magyar nyelvőr XI., 527., 1888
- Ujlaki, I.*: II. Szerencsi Mihály sárospataki fazekasmester naplója 1809.-ből. In Wartha (1892) 214–219., 1892
- Wartha, V.*: Az agyagipar. Budapest, 1892
- Wilkins, K.*: Die Töpferi. Weimar, 1870



## Magyarország meddőhányói

Egerer Frigyes – Namesánszki Károly  
Miskolci Egyetem

### Bevezetés

A Miskolci Egyetem (korábban Nehézipari Műszaki Egyetem) Ásvány-és Kőzettani Tanszéke – kezdetben az ÉVM, a SZIKKTI, majd a későbbiekben és döntő részben a Központi Földtani Hivatal támogatása, illetve megbízása alapján 1979-től kezdődően 1990-nel bezárólag – elkészítette az ország 19 megyéjének meddőhányó-kataszterét. (A budapesti adatok Pest-megye meddőhányó kataszterében szerepelnek.)

A munkák egy kis részét – nevezetesen Borsod-Abaúj-Zemplén megye szénmeddőinek kataszterezését – a Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat végezte 1980 során.

A 19 megyei kataszter alapján – összesítésként – került összeállításra *Magyarország meddőhányóinak katasztere*. Az így elkészült országos és megyei kataszterek 40 kötetet a Központi Földtani Hivatal, a Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat, a Miskolci Egyetem Ásvány- és Kőzettani Tanszékének adattárában teljes egészében, a Magyar Állami Földtani Intézet Területi Szolgálatának adatairaiban pedig a területükre vonatkozó részeiben található meg.

A jelen munka célja az, hogy a tényleges vagy potenciális felhasználókkal megismertesse ennek a hatalmas anyagnak a vázlatos tartalmát.

A munka ezen fázisa után — főleg a Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat — de más intézmények is, így tanszékünk is — további vizsgálatokat végzett az egyes meddőanyagok hasznosítási lehetőségeire vonatkozóan. Ezek részletezésére — mivel részben specifikus és adott meddőanyaghoz kötött vizsgálatokról van szó — nyilván czen a helyen nem kerülhet sor, ezért ezekre a vizsgálatokra csak ebben a formában utalunk.

### A megyénkénti kataszterek tartalma

Valamennyi kataszterezett bányát, meddőhányót vagy ipari hulladékgyűjtő helyet egy *kódszám* jelöl. Borsod-Abaúj-Zemplén megye kivételével a kódszámrendszer egységes.

A kódszám kilenc számjegyből áll. Ebből az első hat az egy adott település belterületi részének súlypontjához leg-

közelebb eső TIEDIT egész kilométeres  $y$  és  $x$  koordinátáját jelenti. Ezen hatjegyű számot követi a meddőhányónak, a bányának a sorszáma az adott helység közigazgatási határában belül, 101-es kezdőszámmal. A meddőhányók sorszáma így szabadon hagyja az 1–49-ig terjedő sorszámkokat a mérlegszerűen nyilvántartott készletek, továbbá az 50–100-ig terjedő sorszámkokat a prognosztikus készletek számára. A tájékozódást segítő a kataszterekben a helységek TIEDIT koordinátáját külön táblázat tartalmazza.

Borsod-Abaúj-Zemplén megye esetében a kódszám hatjegyű. Az első kettő a megyét jelenti (04 = Borsod-Abaúj-Zemplén megye), a második két szám a járást, míg a harmadik két szám a települést jelenti. A településen belül a felvételi sorszám teszi egyértelművé a bányát.

Valamennyi megye esetén a kataszterezett objektumokat általában  $M = 1 : 100\,000$  méretarányú (Borsod-Abaúj-Zemplén és Nógrád megye esetében  $M = 1 : 150\,000$  méretarányú) *áttekintő térképlapon* ábrázoltuk.

A lelőhelyek neve szerinti eligazodást segíti a megyei kataszterekben található *alfabetikus mutató*.

Valamennyi objektumhoz  $M = 1 : 10\,000$  vagy  $M = 1 : 25\,000$  méretarányú térképkivágat és adatlap tartozik. Az *adatlapon* a következőket tartalmazza: felvételi sorszám, a bánya neve, helye, üzemeltetője, kódszáma, a bányatérképek hozzáférhetősége, a művelés célja, a termelvény szállításának módja, a bányászott anyag megnevezése, készlete, a művelés kezdete, jellege, módja, a termelt haszonanyag évi mennyisége, a bányameddő kőzetanyagának makroszkopikus leírása, a meddő felhasználása, a meddőhányó geometriai adatai, a hányóban lévő meddő mennyisége, az évenként felhasznált meddő mennyisége, a hányó rekultivációjának mértéke, a szállítási lehetőségek, a feltalálható vizsgálati eredmények, a felhasználási lehetőségek és speciális adatok.

### Országos meddőanyag készlet

Az előzőekben ismertetett meddőhányó-kataszter országos összesítését megyék szerinti csoportosításban az *1. táblázatban*; a bányászott anyag szerinti bontásban a *2. táblázatban* láthatjuk.

A táblázatok a kataszterezett bányák és objektumok (ipari salak-, illetve hulladékhányók) számát (db) és a



BÁNYA meddő (m <sup>3</sup> )	MŰKÖDŐ				
	Összesen	0	1-200	201-5000	>5000
Baranya bánya (db) meddő (m <sup>3</sup> )	61 58 696 700	5 —	3 350	7 15 050	46 58 681 300
Bács-Kiskun bánya (db) meddő (m <sup>3</sup> )	4 465 250	1 —	1 50	1 1500	1 463 700
Békés bánya (db) meddő (m <sup>3</sup> )	14 26 070	3 —	4 270	4 5800	3 20 000
Borsod-Abaúj-Zemplén bánya (db) meddő (m <sup>3</sup> )	74 76 565 500	7 —	6 1300	1 3250	60 76 560 950
Csongrád bánya (db) meddő (m <sup>3</sup> )	19 3950	8 —	5 325	6 3580	— —
Fejér bánya (db) meddő (m <sup>3</sup> )	27 13 495 350	1 —	2 150	10 11 000	14 13 484 200
Győr-Moson-Sopron bánya (db) meddő (m <sup>3</sup> )	41 1 083 790	9 —	5 290	14 20 000	13 1 063 500
Hajdú-Bihar bánya (db) meddő (m <sup>3</sup> )	9 443 500	5 —	— —	3 2500	1 441 000
Heves bánya (db) meddő (m <sup>3</sup> )	49 67 805 050	3 —	1 150	6 9300	39 67 795 600



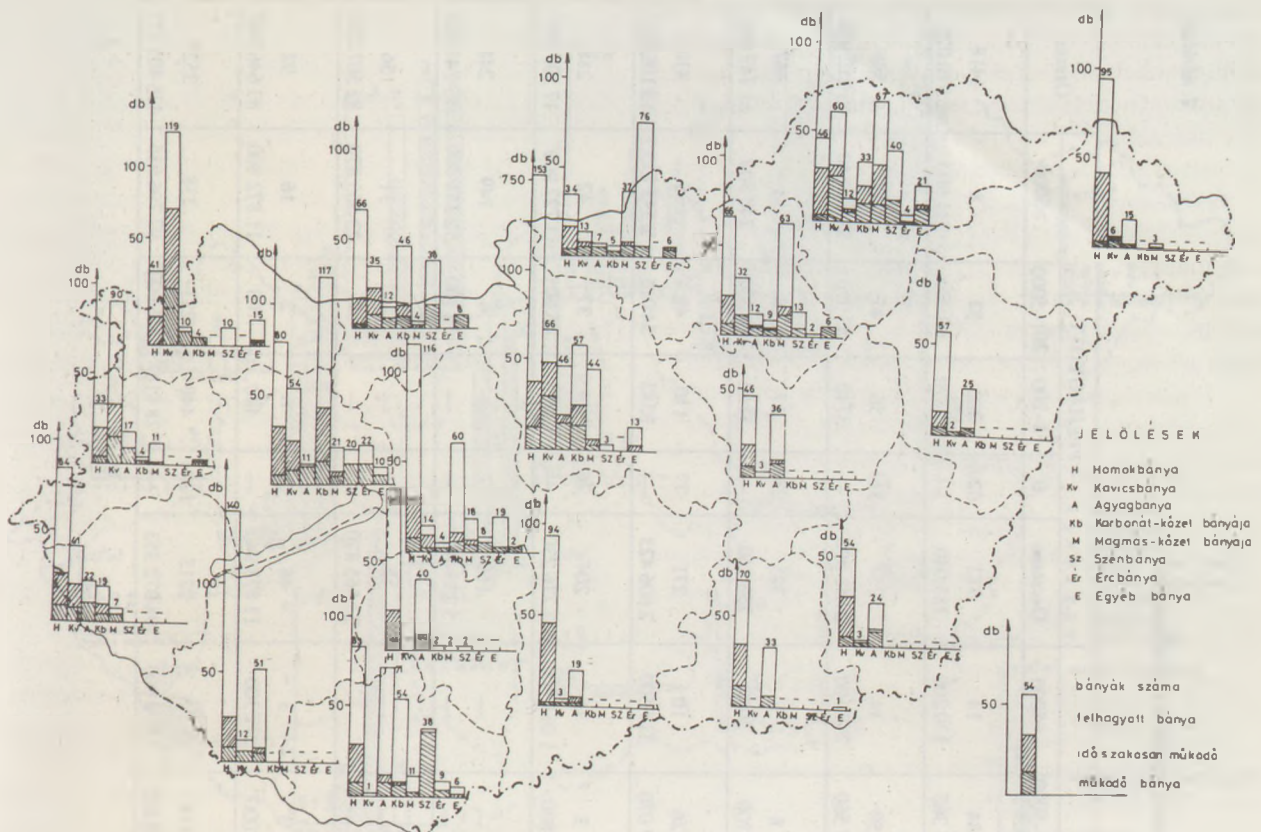
## Országos meddőanyagkészlet

IDŐSZAKOS					FELHAGYOTT					Összes
Összesen	0	1-200	201-5000	>5000	Összesen	0	1-200	201-5000	>5000	
28 7430	6 —	17 1430	5 6000	— —	184 1 252 210	114 —	45 6060	20 29 150	5 1 217 000	273 59 956 340
49 8640	30 —	14 540	4 2100	1 6000	64 26 480	47 —	14 680	3 2000	— —	117 476 570
25 22 300	9 —	6 350	9 8350	1 13 600	42 1750	32 —	6 250	4 1500	— —	81 50 120
66 340 370	36 —	9 390	11 11 080	10 328 900	143 25 746 170	60 —	13 1150	15 26 520	55 25 718 500	283 102 652 040
24 1820	12 —	10 720	2 1100	— —	61 5420	50 —	6 380	4 2040	1 3000	104 11 145
38 26 740	6 —	15 1070	15 11 670	2 14 000	146 8 191 123	59 —	53 1923	11 7550	23 8 181 720	211 21 713 283
63 35 440	14 —	27 1550	21 23 690	1 10 200	95 1 045 020	46 —	22 1500	15 15 220	12 1 028 300	199 2 164 250
9 5720	3 —	4 220	2 5500	— —	66 29 260	54 —	4 460	6 5500	2 23 300	84 478 480
23 125 210	1 —	7 410	8 10 800	7 114 000	131 18 896 080	16 —	39 3040	34 45 800	42 18 847 240	203 86 826 340



BÁNYA Meddő (m <sup>3</sup> )	MŰKÖDŐ					IDŐSZAKOS					FELHAGYOTT					Összes
	Összesen	0	1-200	201-5000	>5000	Összesen	0	1-200	201-5000	>5000	Összesen	0	1-200	201-5000	>5000	
Komárom bánya (db)	45	5	—	6	34	38	5	16	15	2	126	36	43	16	31	209
meddő (m <sup>3</sup> )	38 706 140	—	—	6590	38 699 550	35 765	—	1075	14 690	20 000	9 296 450	—	1915	14 810	9 279 725	48 038 355
Nógrád bánya (db)	29	1	1	2	25	21	1	9	9	2	128	15	30	12	71	178
meddő (m <sup>3</sup> )	13 635 600	—	100	5000	13 630 500	34 370	—	520	7850	26 000	18 267 415	—	1515	16 200	18 249 700	31 937 385
Pest bánya (db)	74	8	3	10	53	54	18	15	11	10	248	109	73	28	38	376
meddő (m <sup>3</sup> )	12 576 400	—	300	15 200	12 560 900	897 545	—	1080	11 465	885 000	4 726 975	—	4370	20 705	4 701 900	18 200 920
Somogy bánya (db)	18	—	1	13	4	22	5	11	5	1	163	148	7	7	1	203
meddő (m <sup>3</sup> )	62 850	—	200	29 150	33 500	7550	—	650	1900	5000	75 965	—	515	6450	69 000	146 365
Szabolcs-Szatmár-Bereg bánya (db)	8	3	2	1	2	41	24	16	1	—	70	61	5	2	2	119
meddő (m <sup>3</sup> )	22 040	—	40	1000	21 000	570	—	320	250	—	13 870	—	170	700	13 000	36 480
Jász-Nagykun-Szolnok bánya (db)	13	8	2	3	—	14	2	4	7	1	58	47	6	3	2	85
meddő (m <sup>3</sup> )	1170	—	70	1100	—	16 340	—	190	7150	9000	186 540	—	340	6500	179 700	204 050
Tolna bánya (db)	13	3	3	5	2	20	8	10	2	—	103	89	6	4	4	136
meddő (m <sup>3</sup> )	236 165	—	240	3425	232 500	845	—	445	400	—	329 625	—	220	1405	328 000	566 635
Vas bánya (db)	28	3	7	9	9	38	6	17	10	5	92	64	19	7	2	158
meddő (m <sup>3</sup> )	433 300	—	600	12 500	420 200	155 940	—	1000	9640	145 300	43 615	—	915	12 200	30 500	632 855
Veszprém bánya (db)	69	2	2	16	49	78	17	25	23	13	188	72	42	33	41	335
meddő (m <sup>3</sup> )	41 810 450	—	200	16 000	41 794 250	310 345	—	1445	26 900	282 000	9 607 275	—	2575	28 350	9 576 350	51 728 070
Zala bánya (db)	31	11	4	8	8	37	14	7	14	2	105	85	7	7	6	173
meddő (m <sup>3</sup> )	200 520	—	420	9100	191 500	30 910	—	610	10 300	20 000	354 840	—	840	4000	350 000	586 270
MINDÖSSZESEN bánya (db)	626	86	52	125	363	688	217	239	174	58	2213	1204	440	231	338	3527
meddő (m <sup>3</sup> )	326 269 750	—	5055	171 045	326 093 650	2 063 850	—	14 015	170 835	1 879 000	98 072 353	—	28818	246 600	97 796 935	426 405 953





1. ábra  
 A kataszterezett bányák számának megyénkénti eloszlása

meddő mennyiségét ( $m^3$ ) tartalmazzák, működő, időszakosan működő és felhagyott bányák szerinti bontásban, továbbá a felhalmozott meddő mennyisége szerinti csoportosításban („0” = meddő nélküli bánya; 1–200  $m^3$ , 201–5000  $m^3$  és 5000  $m^3$ -nél több meddővel rendelkező bányák).

A kataszterezett bányák számának megyénkénti eloszlását — a bányászott anyag szerinti csoportosításban — az 1. ábra mutatja. Az ábrázolásból jól látszik, hogy a hegyvidéki megyékben van a legtöbb, ám az alföldi megyékben is általában 100 fölött, vagy nem sokkal 100 alatt van a kataszterezett bányák száma.

A kataszterezett meddő mennyiségének megyénkénti eloszlását — ugyancsak a bányászott anyag szerinti csoportosításban — a 2. ábra mutatja. A 2. ábrából jól látszik, hogy a legtöbb meddő a hegyvidéki megyékben található, és meglehetősen sokféle, ugyanakkor az alföldi megyék lényegesen kevesebb meddőjének döntő részét a homok-, illetve kavicsbányák meddője adja.

Az ország területén 3537 bányát, illetve ipari meddőhányót kataszterezünk, mintegy 426  $Mm^3$  meddővel (1–2. táblázat). A táblázatokból és az ábrákból látható, hogy a meddő döntő mennyisége 421  $Mm^3$  a hegyvidékkel rendelkező nyolc megyében halmozódott fel (Borsod-Abaúj-

Zemplén, Baranya, Fejér, Heves, Komárom, Nógrád, Pest és Veszprém megye). Ennek ellenére nem hagyhatjuk figyelmen kívül a meddővel nem rendelkező bányákat, fejtéseket, ugyanis környezetvédelmi szempontból valamennyi bánya, vagy jelenleg is már szennyezőnek tekinthető, vagy potenciálisan azzá válhat.

A következőkben néhány megjegyzést kívánunk tenni — a meddőhányók anyaga szerinti csoportosításban — a meddő felhasználására, a bányák és meddőhányóik rekultivációjára, környezeti hatására vonatkozóan.

A homokbányák meddője humuszos termőtalaj, agyag, homokos, kavicsos agyag.

Az összes kataszterezett homokbánya 1418 db (az összes bányák 50%-a), melyekben 2,97  $Mm^3$  (az összes meddő 0,7%-a) meddő van. Nincs meddő 786 bányában. 41 bányában — homokbányák 3%-ban — van ezen bányák meddőjének 93%-a (2,76  $Mm^3$ ).

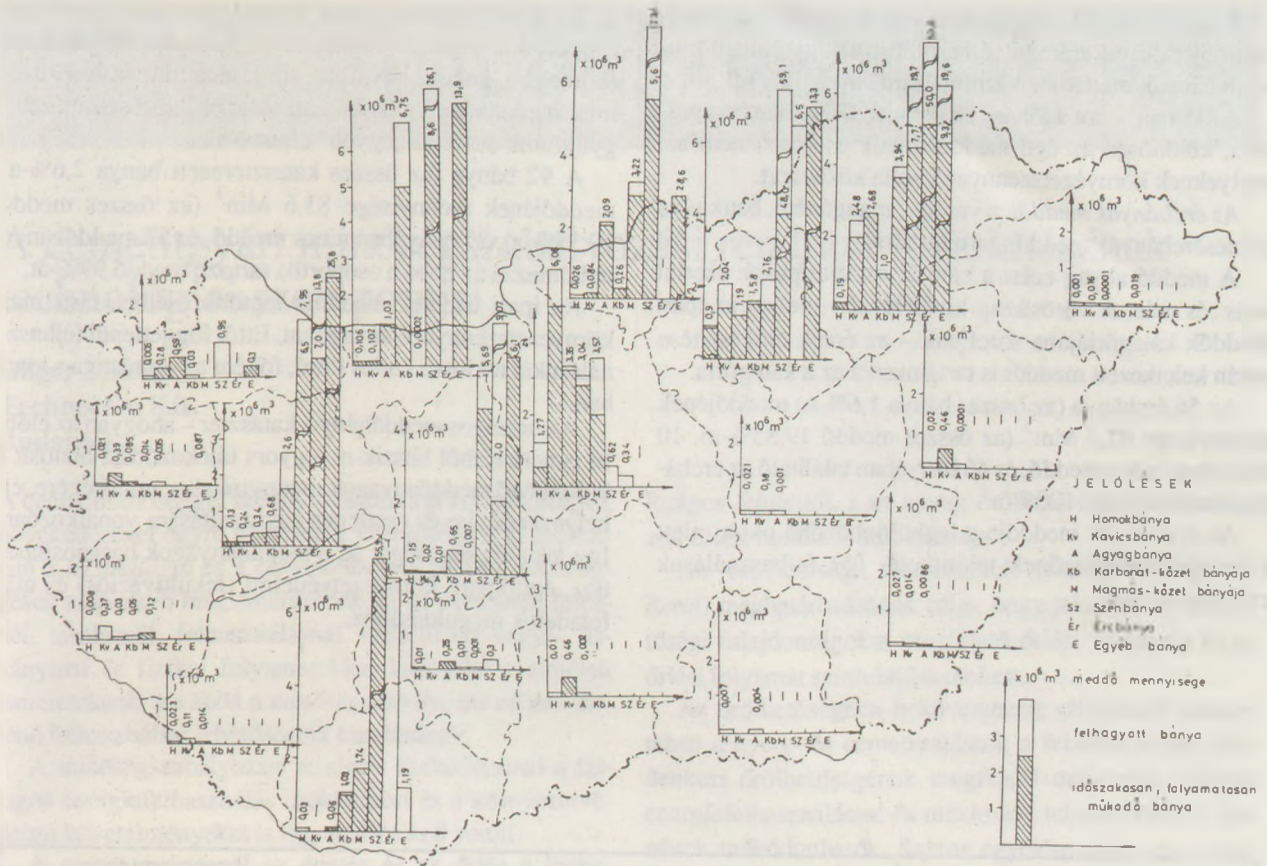
A homokbányák meddőanyaga általánosan feltöltésre, a bánya és környezetének rekultiválására, szelektív fejtés mellett a termőtalaj mezőgazdasági célra használható. Sok esetben azonban annyi meddő sincs, hogy a bányák, fejtések rekultiválása megoldható legyen. Nagyon sok felhagyott homokbánya illegális szemételep. Így a környezet-szennyezés sajnos folyamatos.



## Országos meddőanyag-készlet, a bányászott kőzetanyag szerinti részletezésben

BÁNYA Meddő (m <sup>3</sup> )	MŰKÖDŐ					IDŐSZAKOS					FELHAGYOTT					Összes
	Összesen	0	1-200	201-5000	>5000	Összesen	0	1-200	201-5000	>5000	Összesen	0	1-200	201-5000	>5000	
Homok bánya (db)	99	19	18	43	19	407	152	157	84	14	912	620	202	82	8	1418
meddő (m <sup>3</sup> )	1 954 270	—	1365	56 605	1 896 300	230 715	—	9210	71 305	170 200	785 040	—	12 170	60 970	711 900	2 970 025
Kavics bánya (db)	155	19	11	32	93	136	29	43	50	14	257	111	56	41	49	548
meddő (m <sup>3</sup> )	10 083 080	—	1490	50 490	10 031 100	357 320	—	2660	57 560	297 100	2 842 590	—	3740	57 010	2 781 840	13 282 990
Agyag bánya (db)	118	35	15	31	37	24	11	4	8	1	325	284	17	16	8	467
meddő (m <sup>3</sup> )	11 476 850	—	1450	43 900	11 431 500	12 350	—	250	7100	5000	258 260	—	1160	16 200	240 900	11 747 460
Karbonát bánya (db)	67	4	5	13	45	72	9	27	26	10	271	77	110	49	35	410
meddő (m <sup>3</sup> )	12 153 650	—	450	14 100	12 139 100	345 890	—	1320	27 070	317 500	2 606 423	—	8583	54 015	2 543 825	15 105 963
Magmás bánya (db)	44	2	2	4	36	40	13	8	3	16	204	76	49	37	42	288
meddő (m <sup>3</sup> )	12 582 550	—	150	4350	12 578 050	1 038 275	—	575	5800	1 031 900	3 776 230	—	2725	45 605	3 727 900	17 397 055
Szén bánya (db)	88	2	—	1	85	—	—	—	—	—	160	7	—	4	149	248
meddő (m <sup>3</sup> )	147 384 850	—	—	1000	147 383 850	—	—	—	—	—	5 236 400	—	—	12 100	52 351 900	199 748 850
Érc bánya (db)	18	3	—	—	15	—	—	—	—	—	38	7	—	—	31	56
meddő (m <sup>3</sup> )	58 941 400	—	—	—	58 941 400	—	—	—	—	—	23 565 870	—	—	—	23 565 870	82 507 270
Egyéb bánya (db)	37	2	1	1	33	9	3	—	3	3	46	22	6	2	16	92
meddő (m <sup>3</sup> )	71 693 100	—	150	600	71 692 350	79 300	—	—	2000	77 300	11 873 940	—	440	700	11 872 800	83 646 340
Mindösszesen bánya (db)	626	86	52	125	363	688	217	239	174	58	2213	1204	440	231	338	3527
meddő (m <sup>3</sup> )	326 269 750	—	5055	171 045	326 093 650	2 063 850	—	14 015	170 835	1 879 000	98 072 353	—	28 818	246 600	97 796 935	426 405 953





2. ábra  
A kataszterezett meddő mennyiségének megyénkénti eloszlása

A kavicsbányák meddője humuszos agyag, homok, kavicsos-homokos agyag és termőtalaj.

Az összes kataszterezett kavicsbánya 548 (az összes bányák 15,5%-a), melyekben  $13,3 \text{ Mm}^3$  (az összes meddő 3,1%-a) meddő van. Nincs meddő 159 bányában, a kavicsbányák meddójének 98%-a pedig 156 bányában található.

A kavicsbányák meddője feltöltésre, útépitésre, szelektív fejtés esetén a termőtalaj mezőgazdasági célra használható. A bányák rekultivációja csak viszonylag kis számban megoldott. A vízfelület nélküli régi kavicsbányák — hasonlóan a homokbányákhoz — többnyire szemét- és törmeléklerakó helyek. A kisebb kavicsbánya-tavak pedig a művelés felhagyása után fokozatosan eliszaposodnak, és környezetükben szintén megjelenik a szemét és törmelék.

Az agyagbányák meddője humuszos agyag, homokos, kavicsos agyag, agyagos homok.

Az összes agyagbánya, agyagfejtés száma 467 (az összes bányák 13,2%-a), melyekben  $11,75 \text{ Mm}^3$  (az összes meddő 2,76%-a) meddő van. 300 bányában nincs meddő, viszont 46 bányában találjuk az agyagbányák meddójének 99%-át.

Az agyagbányák meddője feltöltésre, mezőgazdasági célra, cementgyári adalékanyagként, valamint rekultivációra használható fel.

A közégi régi vályog-agyag fejtések helye több esetben szemét és törmelék lerakóhely.

A karbonát kőzetek bányáinak meddője agyagos mészkő- és dolomittörmelék, feltalaj.

A 410 bányában (az összes bányák 11,6%-a) a meddő mennyisége  $15,1 \text{ Mm}^3$  (az összes meddő 3,5%-a). 90 bányában nincs meddő. Ugyancsak 90 bányában van a karbonátkőzet-bányák meddójének 99%-a. A meddő anyaga útépitésre, feltöltésre és egyéb célokra használható.

Magmás kőzetek bányáinak meddője agyagos kőzettörmelék, kőzettömb, kőzettörmelék, humuszos agyag.

A 288 kataszterezett bánya (az összes bánya 8,1%-a) meddójének mennyisége  $17,4 \text{ Mm}^3$  (az összes meddő 4,5%-a). 91 bányában nincs meddő és 94 bányában van ezen bányák meddójének 99%-a.

A meddő felhasználása és a bányák rekultiválása a karbonátos kőzetek bányáihoz, illetve meddőhányóihoz hasonló.

A szénbányák meddője szenes, homokos agyag, szenes márga, agyag, homok, márga, amely anyagok egy része részben vagy teljesen kiégett.

A 248 kataszterezett szénbányának (az összes bánya 7%-a)  $200 \text{ Mm}^3$  (az összes meddő 46,6%-a) meddője van.

A kiégett meddőit sportsalakként, a szénmosók iszap-meddőjét durvakeramiai célra, illetve a nagytömegű külszíni bányák meddőjét rekultiválásra használják fel.

Általában a meddőhányók rekultiválása nem megoldott, különösen az égő meddőhányók esetében nem az, melyeknek környezetszennyező volta közismert.

Az ércbányák meddői a vasérc-, mangánérc, bauxit- és színesércbányák meddőit tartalmazzák.

A meddő anyag ezért a bányászott érc típusok szerint más és más. A vörösiszap kivételével – melyet az ipari meddők kategóriájába soroltunk – az ércek előkészítése során keletkezett meddőt is tartalmazza ez a kategória.

Az 56 ércbánya (az összes bánya 1,6%-a) meddőjének mennyisége 82,5 Mm<sup>3</sup> (az összes meddő 19,35%-a). 10 bányában nincs meddő, és 46 bányában található az ércbányák meddőjének 100%-a.

Az ércbányák meddője a legkülönbözőbb okok miatt környezetszennyezőnek tekinthető, így felhasználásuk csak korlátozott.

Az egyéb bányák, ipari üzemek meddője. Az előző csoportokban nem szereplő bányák, ipari üzemek meddőit (homokkő, gneisz, kovaföld, stb.), valamint az ipari üzemek meddőhányóit (kohászati salakok, vörösiszap, stb.) gyűjtöttük össze az „egyéb” címszó alatt.

A 92 bánya (az összes kataszterezett bánya 2,6%-a) meddőjének mennyisége 83,6 Mm<sup>3</sup> (az összes meddő 19,55%-a). 27 bányában nincs meddő, és 52 meddőhányó tartalmazza az ebbe a csoportba tartozó meddő 99%-át.

Az ipari üzemek meddője legtöbb esetben tartalmaz környezetszennyező anyagokat. Ettől függetlenül felhasználásukat tekintve széles körű, főként az építőanyag-iparban.

Az országos meddőhányó-kataszter – ahogyan az előbbi ismertetésből látszik is – gyors tájékozódást biztosít a különböző meddőanyagok mennyiségére, minőségére, elhelyezkedésére és esetleges hasznosítására vonatkozóan. Így jelentős segítséget ad a meddőanyagok hasznosításához, építőipari, környezetvédelmi (rekultivációs) és más feladatok megoldásához.

## ARANY- ÉS GYÉMÁNTDIPLOMÁSAINK

A műszaki- és tudományos pályán külön köszönetet érdemelnek azok a szakemberek, akik hivatásuk gyakorlása mellett idejük és energiájuk jelentős részét szentelték Egyesületünk keretében a fiatalabb korosztályok tanítására, látókörének bővítésére, gazdag tapasztalataik átadására. Közülük szeretnénk ezúton is nagy tisztelettel és szeretettel köszönteni az 1991-ben gyémántdiplomájukat átvevőket:

### Aranydiplomások:

**Dr. Déri Márta** professzor (Pázmány Péter Tudományegyetem)  
**Kiss Lajos** tudományos főmunkatárs (József Attila Tudományegyetem)

### Gyémántdiplomások:

**Dr. Beke Béla** professzor (Magyar Királyi József nádor Műszaki Egyetem)  
**Dr. Biczók Imre** okl. mérn. (Magyar Királyi József nádor Műszaki Egyetem)

Egyesületünk tagsága és vezetősége nevében további eredményes munkát és jó egészséget kívánunk.



## A cementgyári minőség szabályozási rendszer kialakításának technológiai szempontjai

Hilger Miklós  
Technocem Kft.  
Budapest

A cementminőséggel szemben támasztott követelmények növekedésével egyre nagyobb a jelentősége a gyakorlatban a *technológia* és a *cementminőség* közötti összefüggések alaposabb megismerésének, és az égetésnél, őrlésnél, tárolásnál, felhasználásnál végbemenő vegyi-, ásványtani és fizikai folyamatokkal kapcsolatos elméleti ismereteknek, továbbá a *minőség szabályozás* céljára történő felhasználási lehetőségeik kutatásának.

A minőség szabályozási rendszer kialakításánál a fajlagos energiafelhasználás csökkentési és a környezetvédelmi követelményeket is figyelembe kell venni.

A cementgyártásnál az égetés és az őrlés a legnagyobb energiafogyasztók, s így a fajlagos energiaigényt a nyersanyag oldalról az *égethetőség* és a *nyersanyagkeverék őrölhetősége*, míg a termékoldalról a *klinker őrölhetősége* befolyásolja a legnagyobb mértékben.

Az *égethetőség* nem egyértelműen meghatározható és mérhető jellemző, hanem összevontan, számos nyersliszt és technológiai jellemzőt tartalmaz.

A nyersliszt mindenkor égethetőségének és annak technológiai jellemzőkkel történő befolyásolási lehetőségeinek ismeretében lehetővé válik az azonos minőségű végtermék eléréséhez a tüzelési hőmérséklet vagy a hőközlés időtartamának csökkentése. Ennek következtében csökken a fajlagos tüzelőanyag-felhasználás, illetve az utóbbi esetben a kemenceteljesítmény is megnő. Így a nyersliszt égethetősége egy cementgyár üzemgazdasági mutatóit jelentősen befolyásolja.

Az *őrölhetőségnek* mint anyagjellemzőnek a fogalma magától értetődőnek tűnik. Az őrölhetőségi mérőszámok egységnyi energiaráfordítással elérhető aprítási eredményt kellene mutatnia. Mivel az aprítási eredmény egyértelműen a keletkezett végtermék szemcseméret-eloszlásfüggvényével jellemezhető, egyetlen számmal nem írható le.

Az aprítás eredménye a *Rittinger*-elmélet alapján a képzett új felülettel is megadható. Itt problémát okoz, hogy a felületnövekedés az agglomeráció miatt a finom őrlés szakaszában nem arányos a energiaráfordítással, a fajlagos felület *Blaine*-féle mérőszáma távol esik a va-

lóságos felülettől, s az anyag őrölhetőségét az alkalmazott őrlési eljárás is befolyásolja.

Az őrölhetőségi mérőszámok (*Hardgrove*, *Zeisel*, *Bond*) meghatározásának célja, hogy jelezzék az őrölhetőségi tulajdonságokat megfelelő őrlési finomság és az őrlési folyamat szimulálása mellett.

Az őrölhetőségben bekövetkezett változások ismeretében a nyers- és cementmalmok a feladott anyag mindenkor őrölhetőségének megfelelő minimális fajlagos energiafelhasználással és maximális teljesítménnyel lennének működtethetők. Sajnos egyelőre még nem ismerünk a mintavételezett anyagkeverék üzemi malomban történő őrléséhez szükséges energia megfelelő pontosságú és gyakoriságú meghatározására alkalmas, az ipari gyakorlatban is felhasználható módszert.

Az előállított kliner minősége függ:

- a nyersliszt kémiai, fizikai, ásványtani összetételétől,
- az égetési rendszerre feladott nyersliszt mennyiségétől
- az égetési rendszerben való anyagtartózkodási időtől,
- az égetési hőmérséklettől és lángprofiltól,
- a technológiai berendezések állapotától,
- az időjárási viszonyoktól stb.

Itt fő problémát a kémiai-fizikai átalakulások eltérő sebessége és a kemencében való korlátozott anyagtartózkodási idő közötti ellentmondás okozza.

Megfelelően műszerezett égetési rendszer esetén a klinker minőségét befolyásoló technológiai paramétereket folyamatosan mérik és regisztrálják. A rendszer állapotát egyrészt az egy időponthoz tartozó mérési értékek, másrészt az egyes jellemzők változási trendjei és azok egymásrahatása szabják meg. Ezen összefüggések általában nem lineárisak.

A *kémiai összetétel* beállítása — legtöbbször a *Küh*-képlet alapján — a mésztelítés határára történik. A klinker *ásványtani összetételének* beállítására ezen kívül még az SM és az AM modulusokat használják.



A mésztelítési fok növekedésével a szilárdság általában nő, de ezen összefüggést a mellékalkotók (pl. MgO, alkáli szulfátok) is befolyásolják.

További befolyásoló tényező a kemence üzeme. A klinkert — legalább a zsugorító zónáig — oxidáló atmoszférában kell égetni, mert másképp a kétvegyértékű vasnak a trikálcium-szilikátra történő beépülésével a dikalcium-szilikátra (C<sub>2</sub>S-re) és CAO-a esik szét, ami a cement kötőképességét csökkenti.

Biztosítani kell, hogy a zsugorítási idő és hőmérséklet elegendő legyen a trikálcium-szilikát képződésének befejeződéséhez. Az égetendő vagy a tüzelőanyagban levő illó alkotók, mint amilyenek az alkáliák, kloridok és a szulfátok, a zsugorító zónában elgőzölögnek. Ezek, különösen a modern, hőcserélős kemencéknél, a zavaró körfolyamatok kialakulása, a tapadék- és gyűrűképződés mellett jelentősen befolyásolják a cement szilárdulási tulajdonságait is, mivel az alkáliák hatása különböző, attól függően, hogy alkálszulfátként vagy a trikálcium-alumínátba beépülve vannak-e jelen.

A klinker minőségének egyik legfontosabb jellemzője a *szabad mésztartalom*. Erre célszerű minden kemencére — az üzemelési tapasztalatok alapján — egy előírt értéket, tűréshatárokkal megadni, ami egyben a gazdaságosság és minőségi optimumnak is megfelel.

Az utóbbi időben a kemenceüzem és a klinker minőségellenőrzésére on-line NO<sub>x</sub> mérő berendezéseket is használnak.

A cement őrlése és tárolása során a cementminőséget két fő folyamat befolyásolja:

- a gipsz kristályvizének eltávozása és
- a klinkerásványok kezdődő hidratációja.

Ezen folyamatok a cement kötési, szilárdulási tulajdonságait és tárolhatóságát befolyásolják. A gipsz kristályvizének eltávozása, a klinkerásványok kezdődő hidratációja, és ezeken keresztül a cement tulajdonságai is, az őrlési eljárástól és az őrlőberendezés üzemiállapotától függenek, beleértve a malom és a szélosztályozók légttechnikai rendszerét is.

A friss beton bedolgozhatósága az adalékanyagok tulajdonságától, mennyiségétől és mindenekelőtt a cementmassza *reológiai* tulajdonságaitól és azok időbeli változásától függ.

Az itt leírtakból is látható, hogy hatékonyan működő minőség szabályozási célú laborautomatizálási, folyamatirányítási rendszerek csak megfelelő mélységű és pontosságú eljárás technikai megfontolások alapján, a gazdaságosság és a piaci stratégia figyelembevételével meghatározott, a valós igényeknek megfelelő terjedelemben alakíthatók ki. Ezek részletesebb ismertetésére további számainkban térünk ki.

## Ragasztástechnika világszínvonalon = MAPEI Kft.

Frank Ferenc  
MAPEI Kft.  
Budaörs

Ha ön előtt nem cseng ismeretlenül a MAPEI cég neve, az azt jelenti, hogy ön lépést tart a modern építőanyagipari, azon belül is az építőipari ragasztástechnikai kínálatl. Ha még nem ismerné a MAPEI céget, most szeretnénk önnek bemutatni.

A MAPEI milánói székhelyű olasz magánvállalat. A következőkben rövid kronológikus áttekintést adunk a cég fejlődéséről.

1937; A MAPEI cég alapítása. Az 50-es években a MAPEI az építőipari ragasztástechnikára és tömítőmasszák gyártására szakosodik. A 60-as években fejlesztik ki az első csemperagasztót, amelyet 1967–68-ban az európai, 1975–80 között az amerikai piacon vezettek be sikerrel. A 70-es években új gyártóbázisok létesültek: Puerto Rico (1977), Mediglia (Olaszország, 1978), Montreal (Kanda, 1979). A 80-as években létrehozzák az első Egyesült Államok-beli létesítményeket, Phonix (1984), Chicago (1986), valamint továbbiakat Európában, úgy mint Ausztriában (Traismauer 1986), Latinában (Olaszország 1987). Ezt követően a kanadai Vancouver-

ben (1988), az USA-ban (Atlanta, Dallas és New York, 1989), majd Európában Franciaországban (Toulouse, 1989) létesítenek új termelő egységeket. A cégnek leányvállalatai vannak Ausztriában, Franciaországban, Kanadában, az USA-ban, Nagy-Britanniában, Szingapúrban, Csehszlovákiában és immáron Magyarországon is létezik MAPEI vállalat, MAPEI Kft. néven.

A MAPEI évente 400 000 t különböző építésspecifikus terméket állít elő. Ezen szakterület legnagyobb gyártója a világon, a legkomplexebb gyártmánystruktúrával és kínálatl, valamint hatalmas, a gyártmányfejlesztésben folyamatosan felhasznált nemzetközi tapasztalatl. A MAPEI minden termékét állandóan ellenőrzi laboratóriumi körülmények között, miáltal garantált termékeink állandó minősége.

Most ezen gyártmányok közül csak néhányra szeretnénk szíves figyelmüket felhívni.

**KERABOND:** vékonyágyú, cementbázisú kerámia anyagú burkolatok ragasztóhabarcsa. Kül- és beltéren, padlóra és falra egyaránt alkalmazható, fagyálló, vízzáró,



ISOLASTIC-kal rugalmassá és fokozottan víztaszítóvá tehető.

**KERACOLOR 0/4 és 4/15** (0-tól 4 mm-es fugaszélességig, illetve 4-től 15 mm-es fugaszélességig). Cementbázisú fugázóhabarcs 24-féle színben, zsugorodás és repedésmentesen köt, szintartó közvetlen napsugárzás hatására nem fakul ki). A FUGOLASTIC nevű adalékanyaggal kopásállósága és vízzárósága nagymértékben növelhető.

**GRANIRAPID**: 2 komponensű ragasztóhabarcs márvány és egyéb természetes és műkövekhez, nagy formátumú lapokhoz. Minden olyan helyre alkalmazható, ahol a gyors használatbavétel követelmény, ugyanis a leragasztott burkolat 3 óra elteltével járható, 24 óra elteltével teljes mértékben terhelhető.

**ADESILEX P 22**: felhasználásra kész ragasztóanyag kerámia burkolatokhoz, különösen alkalmas gipsz és

gipsztartalmú aljzatokra történő alapozás nélküli ragasztáshoz (ha az aljzat megfelelően szilárd).

**ROLLCOLL**: univerzális diszperziós ragasztó minden fajtájú PVC és textilanyagú burkolat ragasztásához, falra vagy padlóra.

A felsorolt termékeken kívül a termékskálánkban elektromosan vezetőképes ragasztótól az asztalosipari ragasztón, vagy folyékony szigetelőanyagokon keresztül a betonjavító habarcsokig sok minden található.

A MAPEI magától értetődőnek tekintti, hogy partner legyen vevői problémáinak megoldásában, amelynek során nemzetközi tapasztalataira támaszkodik.

Építészek, kivitelezők, kereskedők és minden érdeklődő bizalommal fordulhat a MAPEI KFT. szakembereihez szaktanácsért bármely, az előzőekben vázolt szakterületekkel kapcsolatos kérdéssel.

## A világ szilikátiparából

Az 1990-es év további gazdasági sikereket hozott a Keramchemie GmbH német cég számára. A cég westerwaldi részlegének termelése 8,3%-os növekménnyel 309 millió márkára emelkedett, s ezen belül az export 28,3% volt. A kül- és belföldi leányvállalatokat is figyelembe véve a cég össztermelése 381 millió DM, az előző évhez viszonyított növekmény 9,9%.

*Keramische Zeitschrift 43 (1991) 7*

A Lingl továbbra is szállítja a nagy hőmérsékletű alagút-kemencéit. A Lingl 1983-ban építette Göttingenben az első 1750 °C hőmérsékletű üzemeltethető alagút-kemencéjét. 1989-ben és 1990-ben további két nagy hőmérsékletű égetőkocsis alagút-kemencét helyezett üzembe a spanyol Gornal gyárban. Most a göttingeni gyártól kapott a cég újabb megrendelést a kemence szállítására.

A téglaparnak eddig szállított Lingl-alagút-kemencékhez hasonlóan az új fejlesztésű, nagy hőmérsékletű alagút-kemence is a német levegő tisztaságvédelmi előírások figyelembevételével készül. Az értékes termékek égetésére használt kemencét a továbbfejlesztett Simatic S5-155U és a Coros 2000 mikroprocesszoros berendezések működtetik. Az üzemeltetésre vonatkozó minden információ — beleértve a félkészárúk belépését a kemencébe, a kocsi mozgását és a termék csomagolását is — monitorra hívható, illetve papírra nyomtatható.

*Keramische Zeitschrift 43 (1991) 7*

## Jobb csomagolás, kevesebb hulladék

A Dillenburgban telepítetű Ströher GmbH új környezetvédelmi intézkedéseket vezetett be minden gyáregységében. A termékeit főleg raklapos csomagolásban forgalmazó cég a továbbiakban nem használ PVC csomagolóanyagokat.

A Ströher áttér a lényegesen környezetbarátabb polietilén fóliák alkalmazására. A PE a papírnál is kevésbé szennyezi a környezetet, és előállításához fajlagosan kevesebb energiára van szükség. A PE elégetésénél nem keletkezik légszennyező anyag, s a talajba jutván nem okoz vízszennyeződést sem. A Ströher-termékeket PE zsugorított fóliával vonják be, amely a kicsomagolásnál „összeugrik”, ezáltal a hulladék térfogata közel 70%-kal csökken. A dillenburgiak a sikeres „knov-how”-t bevezetésre ajánlják üzlettársaiknak is.

*Keramische Zeitschrift 43 (1991) 7*

## Kiállítás

*Kerámiatechnológia '91* címmel nemzetközi kiállítást szervezett az Interkerám Nemzetközi Kerámai Stúdió Alapanyaggyártó és Kereskedelmi Kft. (Kecskemét, Munkácsy u. 14.) 1991. október 16–18. között. Ezzel kapcsolatosan részletes információt folyóiratunk 1992/1. számában közlünk.



# Dramix®

A repedéskorlátozás, alakváltozás, szívósság, teherbírás, korrózióállóság szempontjából előnyös  
**DRAMIX® ACÉLHUZAL-SZÁLERŐSÍTÉSŰ BETONOK**

felhasználásával készülõ:

- ipari, kereskedelmi csarnokok és épületek teherhordó, pormentes, kopásálló padlóburkolata építésének;
- útburkolati pályabeton rétegek, beton térburkolatok, parkolók, repülõtéri felszállópályák, helikopter fogadók építésének és javításának;
- fa és egyéb szerkezetû födémek öszvértartó jellegû megerõsítésének;
- trezor és egyéb biztonsági építmények kialakításának;
- szennyvíztisztító ülepítõmedencék járófelülete építésének és felújításának;
- alagutak és bányabiztosítások falazata építésének és megerõsítésének;
- járható-mászható csatornák falazata építésének és vízzáró javításának;
- betonhidak megerõsítésének, beton hídpályalemezek és járdái javításának;
- gabonasilók acélszálat is tartalmazó vasbetonnal való megerõsítésének;
- ipari tartályok (például olajtartály) alatti felfogótálcák építésének;
- dinamikus igénybe vett és földrengés veszélyeztetett szerkezetek építésének;
- elõregyártott betonelemek (csõvek, falak, térelemek stb.) készítésének;
- kohászati, öntõdei, kokszolói, petrokémiai, cementipari, kerámiaipari építmények és berendezések tûzálló betonjai készítésének;

*bonyolítását, tervezését, mûvezetését, a különleges alapanyagok beszerzését, az elkészült mûtárgy anyagtani minõségátanúsítását:*

- referenciákkal és konzulensi háttérrel
- korszerû import anyagok felhasználásával
- hatékony építési technológia alkalmazásával
- az építmény kiváló minõségének biztosításával
- felelõsséggel, gazdaságosan, rövid határidõvel

vállalja a Szilikátipari Központi Kutató és Tervezõ Intézet **SZIKKTI BETONOSZTÁLY** (az Egységes Magyar Minõségátanúsítási Rendszerben 501/0121. sz. okirattal akkreditált laboratórium).

Osztályvezetõ: *Dr. Kausay Tibor* c. egy. docens, mûsz. tud. kandidátusa Budapest III., Bécsi út 122. Pf.: 112. H-1300

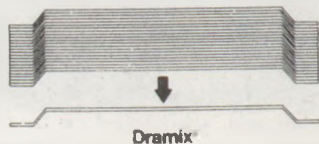
Telefon: (1-) 188-3794 vagy 180-4311 • Telefax: (1-) 168-7626 • Telex: 226827

Konzulensként rendelkezésre áll:

*Jef Verbaeys* igazgató, BEKAERT ÖSTERREICH GmbH drótmûképviselõ

*Dr. Bölcskey Elemér* a Techn. Universitát Wien tanára, a BEKAERT ÖSTERREICH GmbH tanácsadója

 **BEKAERT**



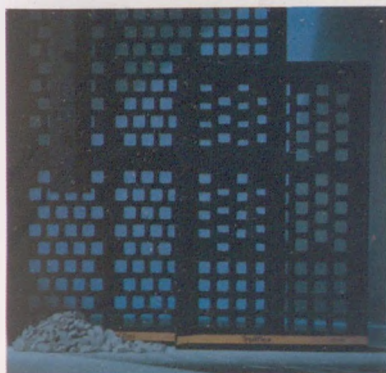


# **TRELLBORG** **TAURUS** Gumi Kft.

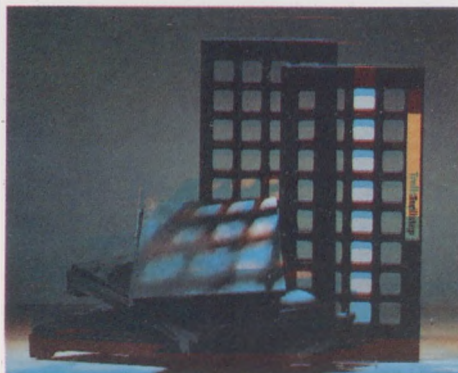
## SZITAVÁLASZTÉK

### GUMISZITÁK

**TRELLFLEX SS  
ÉS  
TRELLFLEX US**



**TRELLSTEP**



**TRELL CORD**



### poliuretán sziták

### SPECIÁLIS SZITA

**TRELLPLANK**



**POLYCORD**



**SUPERFLEX**



# TRELLEBORG TAURUS Gumi Kft.

## SZITA-OLDALRÖGZÍTŐK



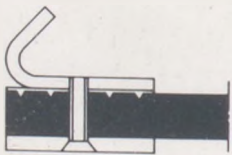
FL-1 profil



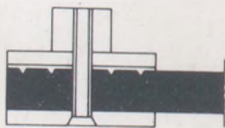
FL-6 Snap-on-Profil



C-45 rögzítőelem



Ao rögzítőelem



Bo laposvas



Au rögzítőelem

## SZITA-alátámasztók



NH elem

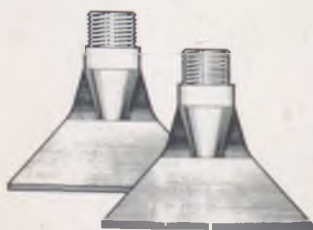


U-Snap profil



UR profil

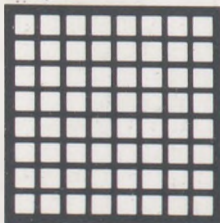
## TRELLSPRAY SZÓRÓFEJEK



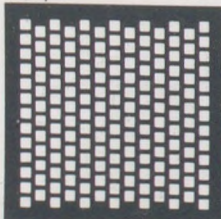
## SZITA-LYUKTÍPUSOK

a szitálás iránya →

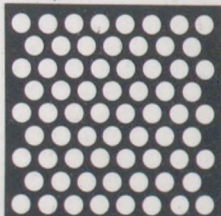
FR típus



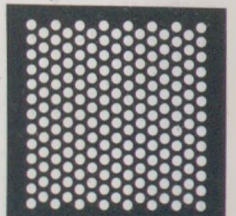
FS típus



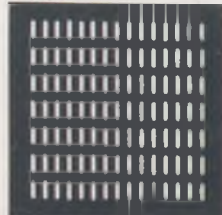
CR típus



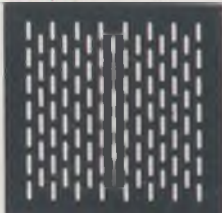
CS típus



SL típus



SLS típus



ST típus



STS típus

