

302935



# ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari  
Tudományos Egyesület  
folyóirata

**11**

XXXVI. ÉVFOLYAM

BUDAPEST, 1984. NOVEMBER

ÉPÍTŐANYAG 36 (11) 321—352 (1984)

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

Szerkesztőbizottság:

elnöke:

Dr. Talabér József

felelős szerkesztő:

Dr. Székely Ádám

tagjai:

Dr. Bálint Pál

Dr. Beke Béla

Csáktornyai Béla

Dr. Csizi Béla

Dr. Grofesik Elemér

Hajnal Lajos

Dr. Jilek József

Dr. Kolostori János

Dr. Kovács Róbert

Lenkei György

Riesz Lajos

Száder Rudolf

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Dr. Tóth Kálmán

Dr. Träger Tamás

Vajda László

### TARTALOM

|                                                                                                                                             |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Bálint Pál – Wagner Zsófia: Formázási paraméterek hatása a téglagyagok dilatációs görbéire .....                                            | 321      |
| Wojnárovitsné Hrapka Ilona: Szervetlen szintetikus szálasanyagok vizes korróziójának jellemzői II. „TEL” üveggyapot tanulmányozása .....    | 326      |
| Kovács Róbert: Lehetőségek a cementek kiegészítőanyag tartalmának növelésére ....                                                           | 332      |
| Hegyi Pakó Júlia – Vitális György – Wojnárovitsné Hrapka Ilona: Magyarországi triász dolomitok pásztázó elektromikroszkópi vizsgálata ..... | 339      |
| Toma Murad: A duzzasztott agyagkavics betonok rugalmassági modulusának vizsgálata .....                                                     | 343      |
| Könyvismertetés .....                                                                                                                       | 331      |
| <b>Dr. Nagy Mihályné 1931 – 1984</b> .....                                                                                                  | 331      |
| Kitüntetettjeink .....                                                                                                                      | 338      |
| A világ szilikátiparából .....                                                                                                              | 342, 351 |
| Lapszemle .....                                                                                                                             | 351      |

### СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Балинт, П. – Вагнер, Ж.: Влияние параметров формования на дилатационные кривые кирпичных глин .....                                              | 321 |
| Войнаровитичне, Х. И.: Характеристики водной коррозии неорганических синтетических волокнистых материалов. II. Испытания стекловаты “ТЭЛ” .....  | 326 |
| Ковач, Р.: Возможности повышения содержания добавок в цементах .....                                                                             | 332 |
| Хедине, П. Ю. – Виталиш, Дь. – Войнаровитичне, Х. И.: Испытания венгерских триасовых доломитов с помощью сканирующего электронного микроскопа .. | 339 |
| Томаш, М.: Испытание модуля упругости бетонов с заполнителем из вспученного глиняного гравия .....                                               | 343 |

### INHALT

|                                                                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Bálint, Pál – Wagner, Zsófia: Der Einfluss der Formgebungsparameter auf die Dilationseigenschaften von Ziegeltonen .....                                   | 321 |
| Frau Wojnárovits, Ilona: Charakterisierung der wässrigen Korrosion von anorganischen, synthetischen Faserstoffen. II. Untersuchung der „TEL” Glaswolle ... | 326 |
| Kovács, Róbert: Möglichkeiten zur Erhöhung des Ersatzstoffgehaltes der Zemente ...                                                                         | 332 |
| Frau Hegyi, Júlia – Vitális, György – Frau Wojnárovits, Ilona: Prüfung der ungarischen Trias-Dolomite durch Scanning Elektronenmikroskop .....             | 339 |
| Toma, Murad: Die Prüfung des Elastizitätsmoduls von gedähten Tonschotter-Betone .....                                                                      | 343 |

### CONTENTS

|                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Bálint, Pál – Wagner, Zsófia: Effect of Shaping Parameters on the Dilatometric Curves of Brick Clays .....                       | 321 |
| Wojnárovits-Hrapka, Ilona: Aqueous Corrosion of Synthetic Inorganic Fibres, II. Examination of TEL Glass Wool .....              | 326 |
| Kovács, Róbert: Possibilities to Increase the Hydraulic Additive Contents of Cements                                             | 332 |
| Hegyi-Pakó, Júlia – Vitális, György – Wojnárovits-Hrapka, I.: Scanning elektron microscopic testing of Hungarian dolomites ..... | 339 |
| Toma Murad: Modulus of Elasticity of Keramsite Containing Concrete .....                                                         | 343 |

A rajzokat készítette:

Loósz Józsefné



## Formázási paraméterek hatása a téglagyagok dilatációs görbéire

BÁLINT PÁL — WAGNER ZSÓFIA

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

### Bevezetés

A dilatációs vizsgálatokat széles körben alkalmazzák a téglagyagok minősítéséhez [1, 2]. A dilatogramok alapján következtetni lehet az agyag ásványi összetételére, az agyag égetése során bekövetkező szerkezeti- és méretváltozásokra, s a maradandó égetési méretváltozásra.

A téglagyagok dilatációs görbéit 7 jellegzetes szakaszra oszthatjuk:

— a 20–540 °C, különösen a 20–200 °C közötti tartományban a görbe lefutásából az agyag háromrétegű agyagásványtartalmára következtethetünk, amely-

nek ismerete különösen a száradási érzékenység szempontjából fontos;

— az 540–575 °C közötti tartományban mérhető hőtágulást a kvarc és az agyagásványok hőtágulása együttesen okozza;

— 575–830 °C között az agyagásványok elvesztik szerkezeti víztartalmukat;

— 830–1000 °C hőmérséklet tartományban bomlanak az alkáliföldfém karbonátok és megkezdődik a szerkezeti vizüket elvesztett agyagásványok átkristályosodása;

— a dilatációs görbe visszahúlési szakaszából a késztermékre jellemző hőtágulási együttható értékek számíthatók, s ezen belül az 1000–550 °C közötti

1. táblázat

A vizsgált agyagok kémiai-, ásványi-, szemcseösszetétele (1982)

| Az agyag ill. téglagyári megnevezése | Kistűjszállás | Beled | Debrecen<br>alföldi | Solymár<br>II. | Kerámia |
|--------------------------------------|---------------|-------|---------------------|----------------|---------|
| Kémiai összetétel, %                 |               |       |                     |                |         |
| izzítási veszteség                   | 7,92          | 4,79  | 6,20                | 12,45          | 15,16   |
| SiO <sub>2</sub>                     | 59,95         | 64,67 | 67,17               | 52,30          | 49,10   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>       | 15,45         | 16,94 | 12,11               | 14,67          | 11,27   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>       | 5,54          | 5,69  | 4,04                | 5,40           | 4,83    |
| TiO <sub>2</sub>                     | 0,78          | 1,10  | 0,84                | 0,79           | 0,49    |
| CaO                                  | 4,45          | 2,50  | 4,65                | 7,91           | 12,15   |
| MgO                                  | 2,20          | 0,61  | 1,50                | 2,40           | 3,50    |
| K <sub>2</sub> O                     | 2,52          | 2,62  | 1,90                | 2,71           | 2,15    |
| Na <sub>2</sub> O                    | 1,32          | 1,49  | 1,54                | 0,57           | 1,04    |
| Ásványi összetétel, %                |               |       |                     |                |         |
| kaolinit                             | 7             | 13    | 6                   | 13             | 11      |
| illit                                | 11            | 19    | 6                   | 8              | 13      |
| montmorillonit                       | —             | 4     | 2                   | —              | —       |
| klorit                               | 2             | 3     | 2                   | 2              | 3       |
| kvarc                                | 25            | 32    | 31                  | 18             | 20      |
| földpátok                            | 10            | 12    | 12                  | 3              | 6       |
| kalcit                               | 4             | —     | 3                   | 6              | 12      |
| dolomit                              | —             | —     | 2                   | 4              | 7       |
| röntgenamorf                         | 41            | 17    | 36                  | 46             | 28      |
| Szemcseösszetétel, %                 |               |       |                     |                |         |
| > 63 μm                              | 7             | 16    | 10                  | 7              | 14      |
| 63 – 40 μm                           | 6             | 13    | 18                  | 8              | 5       |
| 40 – 20 μm                           | 16            | 20    | 29                  | 11             | 12      |
| 20 – 10 μm                           | 12            | 14    | 11                  | 11             | 19      |
| 10 – 5 μm                            | 11            | 8     | 7                   | 16             | 15      |
| 5 – 2 μm                             | 11            | 7     | 3                   | 11             | 16      |
| < 2 μm                               | 37            | 22    | 22                  | 36             | 19      |

hűlési szakasz a téглаégetés szempontjából jórészt veszélytelennek minősíthető;  
– az 550–480 °C közötti hőmérséklet tartomány hőtágulási együtthatója az anyag kvarctartalmával van összefüggésben [3], melynek nagysága jelentősen befolyásolja a termék hűlési érzékenységét;  
– a 480–20 °C közötti tartományban a méretváltozás befejeződik. A dilatációs vizsgálat során mért maradandó méretváltozásból a téглаégetéskor bekövetkező összes méretváltozásra következtethetünk.

A dilatációs görbe lefutását a vizsgálat körülményei módosíthatják. A mérés jó reprodukálhatósága érdekében a készülék paramétereit (a nyomórúd nyomását a felfűtési sebességet, a minta méreteit) mindig azonos értéken kell tartani.

Emellett lényeges szerepe van a dilatációs vizsgálatra kerülő próbatestek készítési módjának is, melynek hatása jelen vizsgálatunk tárgyát képezi.

Kísérleti rész

A minta formázási nedvességtartalmának és a formázási nyomás hatását öt jellegzetes hazai téglagyagból, különböző eljárással készült próbatestek dilatációs görbéin vizsgáltuk. A kísérleti agyagok kémiai-, ásványi- és szemcseösszetételét az 1. táblázatban foglaltuk össze.

A kísérletekhez szükséges próbatesteket egyrészt nedves agyagmasszából üzemi és laboratóriumi vákuum csigapréssen, másrészt légszáraz anyagból hidraulikus préssen sajtoltuk. A csigapréselt mintákat vizsgálat előtt légszáraz állapotig szárítottuk. A próbatestek formázására vonatkozó adatokat a 2. táblázatban láthatjuk.

A különféle módon készített próbatestek dilatációs görbéit 10 °C/perc felfűtési sebességgel. 5×5×50 mm-es hasábok mérésével, Leitz-Wetzlar féle dilatométer.

2. táblázat

Az 5×5×50 mm-es agyagpróbatestek formázási adatai\*

| Az agyagszármazási helye | Az agyagból formázott próbatestek |                  |                |                             |
|--------------------------|-----------------------------------|------------------|----------------|-----------------------------|
|                          | jele                              | formázási        |                |                             |
|                          |                                   | módja            | nyomása<br>MPa | nedvesség-<br>tartalom<br>% |
| Kisújszállás             | 1                                 | üzemi csigaprés  | 0,50           | 26,1                        |
|                          | 2                                 | labor csigaprés  | 0,48           | 26,8                        |
|                          | 3                                 | hidraulikus prés | 200            | 3,6                         |
|                          | 4                                 | hidraulikus prés | 200            | 2,6                         |
|                          | 5                                 | hidraulikus prés | 200            | 1,2                         |
|                          | 6                                 | hidraulikus prés | 100            | 2,6                         |
|                          | 7                                 | hidraulikus prés | 50             | 2,6                         |
| Kerámia                  | 1                                 | üzemi csigaprés  | 0,51           | 24,0                        |
|                          | 2                                 | labor csigaprés  | 0,48           | 24,6                        |
|                          | 3                                 | hidraulikus prés | 200            | 1,2                         |
|                          | 4                                 | hidraulikus prés | 200            | 0,8                         |
|                          | 5                                 | hidraulikus prés | 200            | 0,5                         |
|                          | 6                                 | hidraulikus prés | 100            | 0,8                         |
|                          | 7                                 | hidraulikus prés | 50             | 0,8                         |
| Beled                    | 1                                 | üzemi csigaprés  | 0,52           | 25,0                        |
|                          | 2                                 | labor csigaprés  | 0,50           | 25,4                        |
|                          | 3                                 | hidraulikus prés | 200            | 3,2                         |
|                          | 4                                 | hidraulikus prés | 200            | 2,0                         |
|                          | 5                                 | hidraulikus prés | 200            | 1,2                         |
|                          | 6                                 | hidraulikus prés | 100            | 2,0                         |
|                          | 7                                 | hidraulikus prés | 50             | 2,0                         |
| Debrecen                 | 1                                 | üzemi csigaprés  | 0,54           | 20,2                        |
|                          | 2                                 | labor csigaprés  | 0,52           | 20,6                        |
|                          | 3                                 | hidraulikus prés | 200            | 2,0                         |
|                          | 4                                 | hidraulikus prés | 200            | 1,4                         |
|                          | 5                                 | hidraulikus prés | 200            | 0,8                         |
|                          | 6                                 | hidraulikus prés | 100            | 1,4                         |
|                          | 7                                 | hidraulikus prés | 50             | 1,4                         |
| Solymár                  | 1                                 | üzemi csigaprés  | 0,52           | 23,2                        |
|                          | 2                                 | labor csigaprés  | 0,50           | 23,8                        |
|                          | 3                                 | hidraulikus prés | 200            | 2,2                         |
|                          | 4                                 | hidraulikus prés | 200            | 1,4                         |
|                          | 5                                 | hidraulikus prés | 200            | 0,6                         |
|                          | 6                                 | hidraulikus prés | 100            | 2,2                         |
|                          | 7                                 | hidraulikus prés | 50             | 2,2                         |

\* Az üzemi és labor csigaprések vákuumosak



Kísérleti agyagok hőtágulási együtthatói, maradandó méretváltozása és testsűrűsége

| Az agyag származási helye | Az agyagból formázott próbatestek jele | Lineáris hőtágulási együttható, $10^{-6} \cdot \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$ |                                  |                                  |                                   |                                   |                                  |                                 |      | Maradandó hosszváltozás % | Égetett próbatestek testsűrűsége, g/cm <sup>3</sup> |
|---------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------|---------------------------|-----------------------------------------------------|
|                           |                                        | $\alpha_{540}$<br>$\alpha_{20}$                                            | $\alpha_{575}$<br>$\alpha_{540}$ | $\alpha_{830}$<br>$\alpha_{575}$ | $\alpha_{1000}$<br>$\alpha_{830}$ | $\alpha_{550}$<br>$\alpha_{1000}$ | $\alpha_{480}$<br>$\alpha_{550}$ | $\alpha_{20}$<br>$\alpha_{480}$ |      |                           |                                                     |
| Kisújszállás              | 1                                      | 10,4                                                                       | 34,3                             | 6,2                              | -22,3                             | 4,4                               | 17,3                             | 6,6                             | -0,2 | 1,86                      |                                                     |
|                           | 2                                      | 10,6                                                                       | 21,0                             | 4,5                              | -32,8                             | 4,5                               | 17,5                             | 6,6                             | -0,4 | 1,88                      |                                                     |
|                           | 3                                      | 8,7                                                                        | 34,9                             | 1,9                              | -31,6                             | 5,2                               | 18,3                             | 7,0                             | -0,6 | 2,00                      |                                                     |
|                           | 4                                      | 8,7                                                                        | 30,8                             | 2,0                              | -35,3                             | 5,0                               | 18,2                             | 6,9                             | -0,7 | 1,98                      |                                                     |
|                           | 5                                      | 11,3                                                                       | 14,4                             | -7,0                             | -53,2                             | 4,8                               | 17,9                             | 7,1                             | -1,1 | -                         |                                                     |
|                           | 6                                      | 8,4                                                                        | 34,7                             | 1,4                              | -45,0                             | 5,2                               | 18,0                             | 6,9                             | -0,9 | 1,88                      |                                                     |
|                           | 7                                      | 8,0                                                                        | 35,2                             | 0,9                              | -67,5                             | 5,4                               | 18,3                             | 6,6                             | -1,2 | 1,72                      |                                                     |
| Kerámia                   | 1                                      | 12,0                                                                       | 24,9                             | 7,4                              | 3,6                               | 5,2                               | 17,0                             | 7,0                             | 0,3  | 1,60                      |                                                     |
|                           | 2                                      | 14,6                                                                       | 22,8                             | 4,3                              | -13,2                             | 4,8                               | 18,6                             | 7,6                             | 0    | 1,57                      |                                                     |
|                           | 3                                      | 11,9                                                                       | 40,9                             | 7,6                              | -19,6                             | 6,2                               | 16,8                             | 7,5                             | -0,1 | 1,75                      |                                                     |
|                           | 4                                      | 10,8                                                                       | 29,1                             | 0,7                              | -22,9                             | 5,3                               | 19,1                             | 7,8                             | -0,2 | 1,73                      |                                                     |
|                           | 5                                      | 13,3                                                                       | 31,1                             | 1,4                              | -43,7                             | 6,1                               | 16,0                             | 7,7                             | -0,6 | -                         |                                                     |
|                           | 6                                      | 11,3                                                                       | 36,9                             | 3,4                              | -34,8                             | 6,1                               | 18,6                             | 7,8                             | -0,4 | 1,65                      |                                                     |
|                           | 7                                      | 11,6                                                                       | 25,9                             | -1,6                             | -57,7                             | 5,4                               | 23,5                             | 7,2                             | -1,0 | 1,54                      |                                                     |
| Beled                     | 1                                      | 8,5                                                                        | 25,4                             | 9,5                              | -23,5                             | 5,5                               | 14,9                             | 4,8                             | 0,1  | 1,80                      |                                                     |
|                           | 2                                      | 10,0                                                                       | 36,6                             | 9,4                              | -23,9                             | 5,7                               | 17,9                             | 4,9                             | 0,1  | 1,76                      |                                                     |
|                           | 3                                      | 8,3                                                                        | 47,9                             | 9,7                              | -17,4                             | 5,3                               | 18,7                             | 5,3                             | -0,1 | 2,11                      |                                                     |
|                           | 4                                      | 8,4                                                                        | 46,3                             | 9,2                              | -19,0                             | 5,0                               | 19,1                             | 5,1                             | -0,2 | 2,06                      |                                                     |
|                           | 5                                      | 9,5                                                                        | 28,0                             | 8,4                              | -48,8                             | 6,0                               | 18,8                             | 5,4                             | -0,7 | -                         |                                                     |
|                           | 6                                      | 7,0                                                                        | 46,5                             | 10,9                             | -33,8                             | 5,9                               | 17,3                             | 5,1                             | -0,5 | 1,94                      |                                                     |
|                           | 7                                      | 8,6                                                                        | 21,7                             | 10,8                             | -53,4                             | 6,1                               | 20,0                             | 5,6                             | -0,9 | 1,87                      |                                                     |
| Debrecen                  | 1                                      | 15,1                                                                       | 21,3                             | 3,9                              | -2,2                              | 3,2                               | 26,1                             | 6,0                             | 0,3  | 1,76                      |                                                     |
|                           | 2                                      | 12,8                                                                       | 42,7                             | 4,0                              | -3,0                              | 4,2                               | 25,1                             | 5,8                             | 0,2  | 1,72                      |                                                     |
|                           | 3                                      | 12,4                                                                       | 44,2                             | 3,6                              | -5,5                              | 4,8                               | 25,2                             | 6,7                             | 0,1  | 1,95                      |                                                     |
|                           | 4                                      | 11,2                                                                       | 35,3                             | 0,2                              | -14,8                             | 4,1                               | 26,5                             | 6,9                             | -0,1 | 1,83                      |                                                     |
|                           | 5                                      | 10,1                                                                       | 45,2                             | -1,2                             | -23,9                             | 4,3                               | 25,3                             | 6,8                             | -0,5 | -                         |                                                     |
|                           | 6                                      | 12,9                                                                       | 24,8                             | -0,8                             | -24,2                             | 4,3                               | 26,3                             | 6,8                             | -0,2 | 1,74                      |                                                     |
|                           | 7                                      | 13,3                                                                       | 30,1                             | -2,5                             | 25,6                              | 3,9                               | 27,8                             | 7,2                             | -0,4 | 1,73                      |                                                     |
| Solymár                   | 1                                      | 11,0                                                                       | 28,9                             | 5,6                              | -13,4                             | 4,3                               | 15,9                             | 6,3                             | -0,1 | 1,80                      |                                                     |
|                           | 2                                      | 10,8                                                                       | 33,4                             | 7,7                              | -19,0                             | 4,3                               | 16,9                             | 6,0                             | 0,1  | 1,76                      |                                                     |
|                           | 3                                      | 9,9                                                                        | 18,9                             | 2,6                              | -28,8                             | 4,6                               | 17,4                             | 6,8                             | -0,5 | 1,95                      |                                                     |
|                           | 4                                      | 8,5                                                                        | 31,0                             | 3,6                              | -40,0                             | 5,1                               | 16,2                             | 6,5                             | -0,7 | 1,86                      |                                                     |
|                           | 5                                      | 12,2                                                                       | 12,4                             | -1,0                             | -53,6                             | 4,1                               | 16,5                             | 6,9                             | -0,9 | 1,76                      |                                                     |
|                           | 6                                      | 8,6                                                                        | 27,3                             | 2,6                              | -54,3                             | 4,7                               | 17,2                             | 6,7                             | -1,0 | 1,76                      |                                                     |
|                           | 7                                      | 8,2                                                                        | 25,4                             | 1,5                              | -69,4                             | 4,8                               | 17,3                             | 6,4                             | -1,3 | 1,69                      |                                                     |

rel vettük fel. A dilatogramok alapján számítható hőtágulási együtthatókat és a maradandó méretváltozási értékeket, valamint a próbatestek testsűrűségi adatait a 3. táblázat tartalmazza.

A Kisújszállási — és a Kerámia agyagból különféle formázási eljárással készített próbatestek dilatációs görbéit az 1., 2., 3. és 4. ábra szemlélteti.

A 3. táblázat, valamint az 1., 2., 3., és 4. ábrák alapján egyértelműen megállapítható, hogy a mintaelőkészítés a próbatestek dilatogramjának alakulását, valamint az égetés után mérhető ún. maradandó méretváltozást számottevően befolyásolja. Különösen jelentős eltérések észlelhetők a 830–1000 °C hőmérséklet-tartományra vonatkozóan számított hőtágulási együtthatók, valamint a maradandó égetési méretváltozási értékek között.

A különféle módon formázott próbatestek hőtágulási együtthatói és a maradandó méretváltozási értékei közötti eltérések elsősorban a próbatestek porozitásának, valamint testsűrűségének különbözőségével magyarázhatók. A próbatestek testsűrűsége, mara-

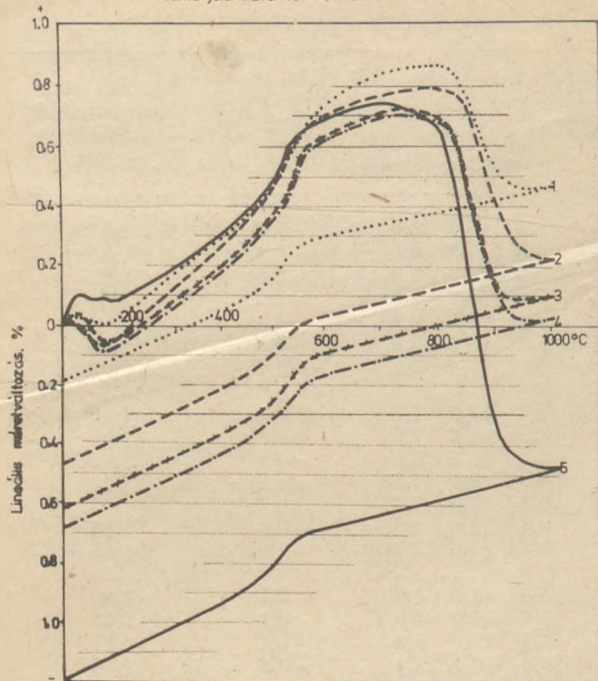
dandó égetési méretváltozása és a 830–1000 °C hőmérséklettartományra vonatkozóan számított hőtágulási együttható értékei közötti összefüggéseket az 5. ábrán láthatjuk.

Az 5. ábra alapján megállapítható, hogy a hidraulikus présen nagyobb nyomással és nagyobb víztartalommal formázott tömörebb, nagyobb testsűrűségű próbatestek esetén a 830–1000 °C tartományra vonatkozó hőtágulási együttható és a maradandó égetési méretváltozási érték kisebb.

A 3. táblázatból viszont az is egyértelműen kitűnik, hogy a nedves masszából, vákuumos csigapréssel formázott próbatestek a hidraulikus présen sajtolt próbatestekhez képest „rendhagyóan” viselkednek. Előbbiek a hidraulikus présen és a legnagyobb nyomással sajtolt próbatestekéhez képest kb. 7–15%-kal kisebb testsűrűséggel és emellett mégis azonos vagy kisebb ( $\alpha_{1000}^{830}$ ) hőtágulási együtthatóval, valamint maradandó égetési méretváltozási értékkel rendelkeznek. Ennek okait a következő kísérletsorozatunkban fogjuk vizsgálni.

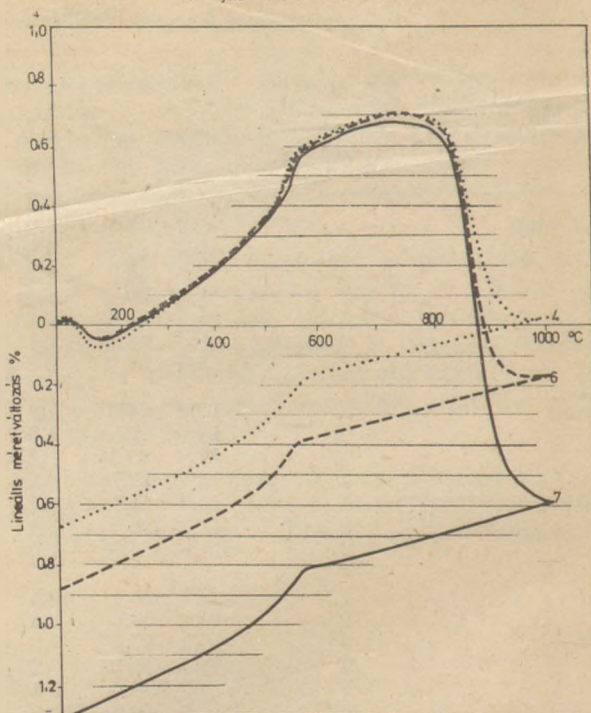


Minta jele: 1,2,3,4,5 Formázási adatok: 2. táblázat



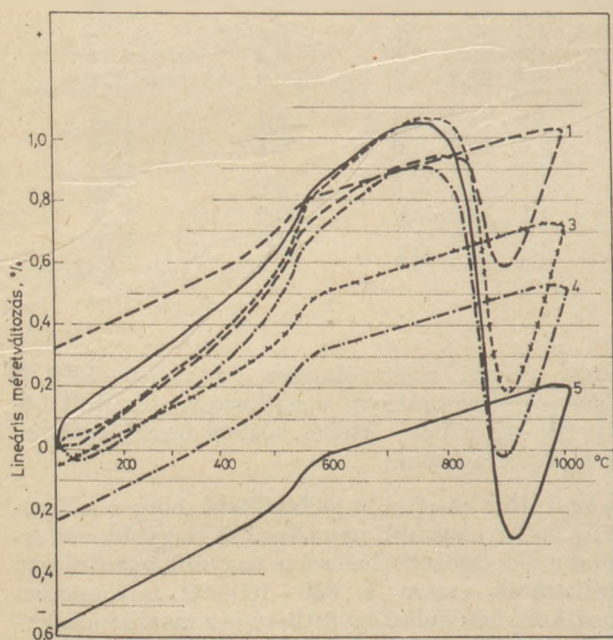
1. ábra. Kisújszállási agyagból különböző nedvességtartalommal és azonos, valamint eltérő nyomással formázott próbatetek dilatogramjai.

Minta jele: 4, 6, 7 Formázási adatok: 2. táblázat



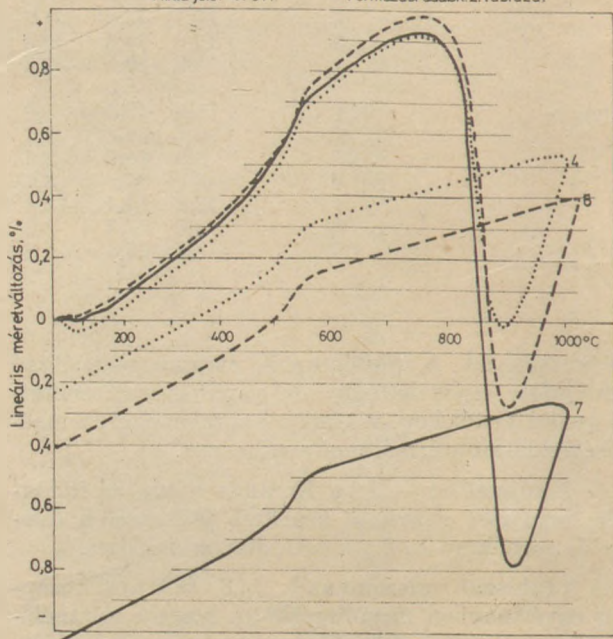
2. ábra. Kisújszállási agyagból különböző nyomással és azonos nedvességtartalommal formázott próbatetek dilatogramjai

Minta jele: 1,3,4,5 Formázási adatok: 2. táblázat



3. ábra. Kerámia agyagból különböző nedvességtartalommal és azonos, valamint eltérő nyomással formázott próbatetek dilatogramjai

Minta jele: 4, 6, 7 Formázási adatok: 2. táblázat



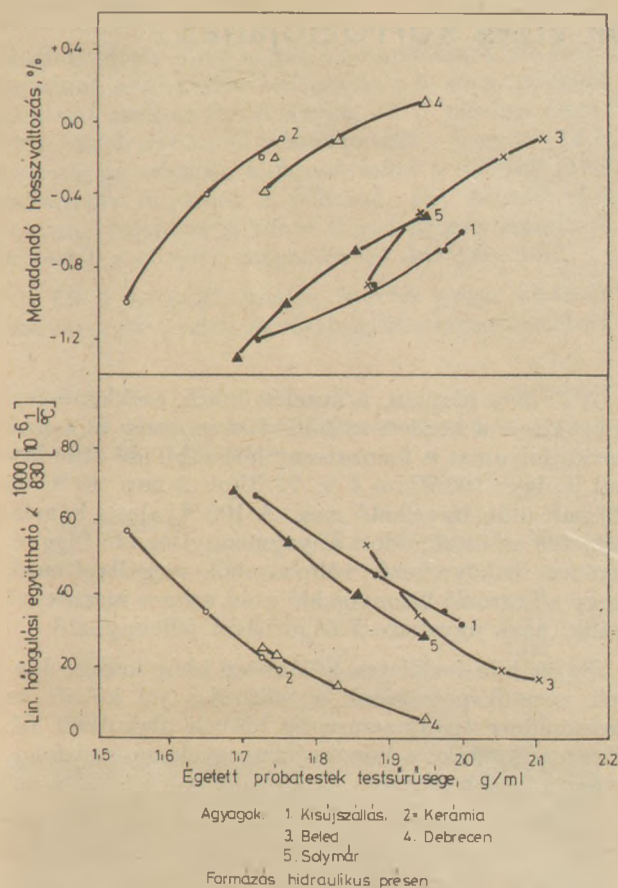
4. ábra. Kerámia agyagból különböző nyomással és azonos nedvességtartalommal formázott próbatetek dilatogramjai

## Összefoglalás

Öt jellegzetes hazai téglagyaggal elvégzett kísérleteink alapján megállapítottuk, hogy a mintaelőkészítés — a formázási nyomás és nedvesség — ugyanazon agyag dilatációs görbéinek alakulását jelentősen befolyásolja.

Különösen számottevő eltérések észlelhetők a minták felfűtési szakaszának a 830–1000 °C közötti hőmérséklet tartományában a dilatációs görbéken, s az erre vonatkozó hőtágulási együttható értékekben, valamint a minták felfűtését és lehűtését követően maradvány égetési méretváltozás értékeiben.





5. ábra. A hőtágulási együttható és a maradandó égetési hosszváltozás a testsűrűség függvényében

A hidraulikus présen végzett formázás esetén a formázási nyomás és víztartalom növelésével a próbatestek tömörsége ill. testsűrűsége nő, ugyanakkor a ( $\alpha_{830}^{1000}$ ) hőtágulási együttható és a maradandó égetési méretváltozás értéke csökken.

A nedves masszából, vákuumos csigaprésen formázott próbatestek a hidraulikus présen sajtolt próbatestekhez képest jelentősen eltérően viselkednek. Előbbiek testsűrűsége 7–15%-kal kisebb, mint a hidraulikus présen legnagyobb nyomással sajtolt próbatesteké, hőtágulási együtthatójuk, valamint maradandó égetési méretváltozási értékük viszont azonos vagy kisebb.

Tekintettel arra, hogy a tégláiparban nedves masszából, vákuum csigaprésen formáznak, ezért a dilatációs vizsgálatokhoz szükséges próbatesteket is az üzemi nyersanyaggal azonos nedvességtartalmú masszából, laboratóriumi vákuum csigaprésen kell formázni. A téglá és cserépegítés során az anyagban bekövetkező változásokra megnyugtató módon csakis ily módon következtethetünk.

## IRODALOM

- [1] Lehnhauser, W. (1966): Sprechsaal 99 (3) 78–84, 107–112 (4) 140–150; 172–176,
- [2] Morávek, J. (1966): Angewandte Mess u. Regeltechnik 6 (18) 184–190.
- [3] Wagner, Zs. – Csáki, I. (1981): Építőanyag 35 (12) 447–451.

### Bálint Pál – Wagner Zsófia: Formázási paraméterek hatása a téglagyagok dilatációs görbéire

Kísérletekkel igazolták, hogy a téglagyagok dilatációs görbéinek alakulását a mintaelőkészítés, – a formázási nyomás és nedvesség – jelentősen befolyásolja. A formázási nyomással és víztartalommal változik a próbatestek tömörsége, testsűrűsége, s ezzel együtt a hőtágulási együttható és a maradandó égetési méretváltozás is. Emellett jelentős eltérések mutatkoznak a hidraulikus és a csigaprésen végzett formázással készített próbatestek dilatációs jellemzőiben is. Téglagyagok minősítéséhez mindig a csigaprésen végzett próbatestkészítést kell alkalmazni.

### Балинт, П. – Вагнер, Ж.: Влияние параметров формования на дилатационные кривые кирпичных глин

Эксперименты подтвердили, что формирование дилатационных кривых кирпичных глин сильно зависит от подготовки пробы, а именно давления и влажности формования. С изменением давления и содержания воды при формировании изменяются плотность образцов, их объемная плотность и одновременно с этим коэффициент теплового расширения и остаточные изменения размеров при обжиге.

### Bálint, Pál – Wagner, Zsófia: Der Einfluss der Formgebungsparameter auf die Dilationseigenschaften von Ziegeltonen

Im Laufe mehrerer Versuche bestätigt wurde, dass der Ablauf der Dilatationskurven vor Ziegeltonen durch die Probenvorbereitung – z.B. Formgebungsdruck, Wassergehalt – wesentlich beeinflusst wird. Mit dem Druck, – und Wassergehalt ändert sich die Dichtigkeit und die Rohdichte der Probe und damit auch die Wärmedehnungszahl und die bleibende Dimensionsänderung nach dem Brennen.

Daneben zeigen sich bedäutenden Abweichungen im Ablauf der Dilationseigenschaften der Probekörper abhängig von der durch hydraulischen, bzw. Schneckenpresse durchgeführten Formgebung. Zu der Qualifizierung von Ziegeltonen muss immer die Probenvorbereitung mit Schneckenpresse angewandt werden.

### Bálint, Pál – Wagner, Zsófia: Effect of Shaping Parameters on the Dilatometric Curves of Brick Clays

The dilatometric behaviour of brick clays is largely influenced by sample preparation parameters, esp. shaping pressure and moisture content. These affect the compactness and the bulk density of the body and in turn the coefficient of thermal expansion and firing shrinkage. Dilatation curves of hydraulically pressed and extruded samples are also different. For quality assurance purposes samples must be prepared by extrusion.



# Szervetlen szintetikus szálanyagok vizes korróziójának jellemzői

## II. „TEL” üvegyapot tanulmányozása

WOJNÁROVITSNÉ HRAPKA ILONA

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

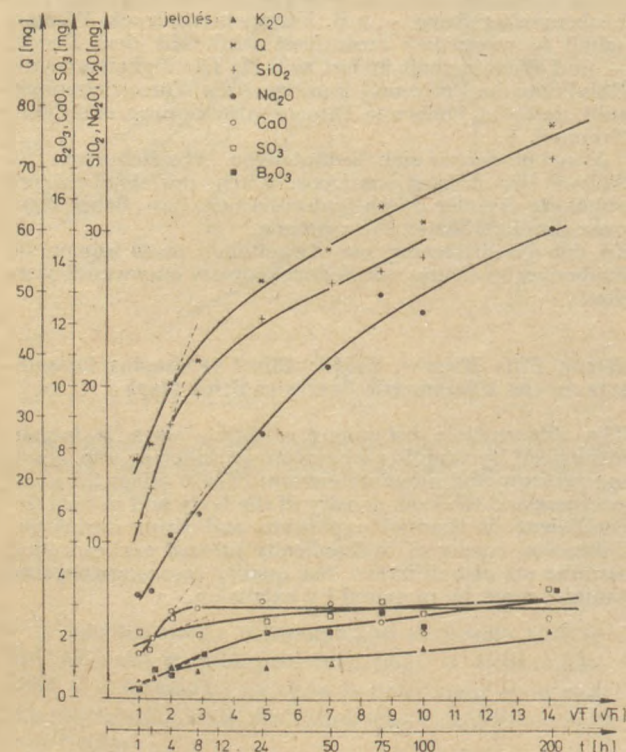
A cikk első részében a bazaltgyapot vízfelesleg jelenlétében lejátszódó korróziójának jellemzőit ismertették. E munka folytatásaként az üvegyapokra kapott eredményeket foglaljuk össze.

### Kísérleti eredmények

#### Folyamatos kezelés

Az üvegyapot 105 °C-on végzett kezelése utáni oldatban az eredetileg is kismennyiségű vas nem mutatható ki, a magnézium és alumínium  $10^{-3}$ – $10^{-2}$  mg nagyságrendű (1. ábra). A többi komponens oldódása 4–8 h-ig  $\sqrt{t}$ -vel arányos, ezt követően lelassul, de nem blokkolódik.

A kioldott négy főkomponens ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ) mennyiségének változási tendenciája alacsonyabb hőmérsékleteknél is hasonló jellegű volt. A szálkorrózió szempontjából az  $\text{SiO}_2$  és  $\text{Na}_2\text{O}$  oldódása a meghatározó.



1. ábra. Üvegyapot 105 °C-os folyamatos deszt. vizes kezelésénél kioldott anyagmennyiség

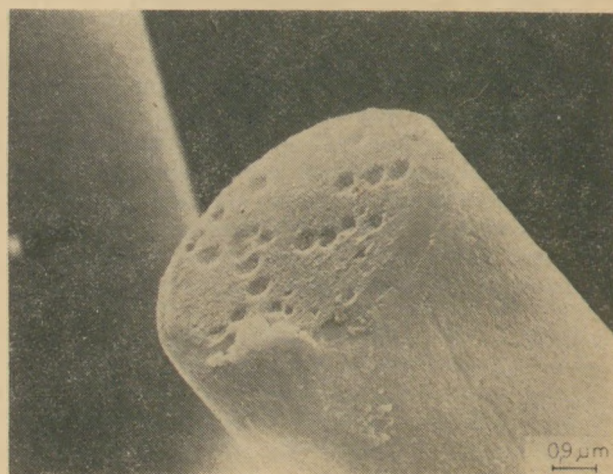
A 2. ábra alapján, a kezelési hőfok csökkenésével kisebb lesz a kezdeti száloldódási sebesség és a korróziós folyamat is fokozatosan hosszabb idő után lassul le, így: 105 °C-on 4 h, 70 °C-on 2 nap, 40 °C-on 20 nap után figyelhető meg. A 100 °C alatti hőmérsékleten az összkilodott anyagmennyiség idő függvényében bekövetkező változásából megállapítható, hogy a korrózió bizonyos idő után azonos mértékűvé válik, azaz ugyanazzal a görbével jellemezhető.

Egyes hőmérsékleten különböző ideig kezelt oldatok vezetőképességének a változása jól követi az összkilodott anyagmennyiség időbeli alakulását (3. ábra). pH értéke a hőmérséklet csökkenésével fokozatosan kisebb (4. ábra).

Az elektronmikroszkópi vizsgálatokból kitűnt, hogy alacsonyabb hőmérsékleteknél a kezdeti gélréteggépződési sebesség fokozatosan kisebb, de bizonyos idő elteltével a gélrétegvastagság közel azonos konstans értékű ( $\sim 0,09 \mu\text{m}$ ) lesz (5. ábra).

A különböző hőfokú kezelése során a gélrétegporozitás kezdetben nő; 105 °C-on 8 h, 70 °C-on 20 nap, 40 °C-on 80 nap után lényegesen nem változik (1–3. képek). Az 1. képen megfigyelhető nagyobb bemélyedések valószínűleg „kimaródott” likvációs tartományok helyeit mutatják.

A morfológiai vizsgálatok is alátámasztották a kioldott anyagmennyiség időbeli tendenciáját, miszerint a 100 °C alatti hőmérsékleten a szálkorrózió mértéke kb. 30–40 nap után hasonlóvá válik (2–3. képek).



1. kép. Üvegszál 200 h 105 °C-os folyamatos kezelés után



Kvázifolyamatos kezelés

Az adott időtartamig kioldott komponensek idő függvényében bekövetkező változását a 6. ábra, az ebből számított reakcióráta értékeket az 1. táblázat szemlélteti. Ezek adataiból megállapítható, hogy 3–12 h kezelésig az alkáliák kilúgozódására a diffúzió által szabályzott folyamat a jellemző. Ezt követő időszakban, valamint a többi komponensre számított „n” érték a korrózió meghatározó szerepére utal.

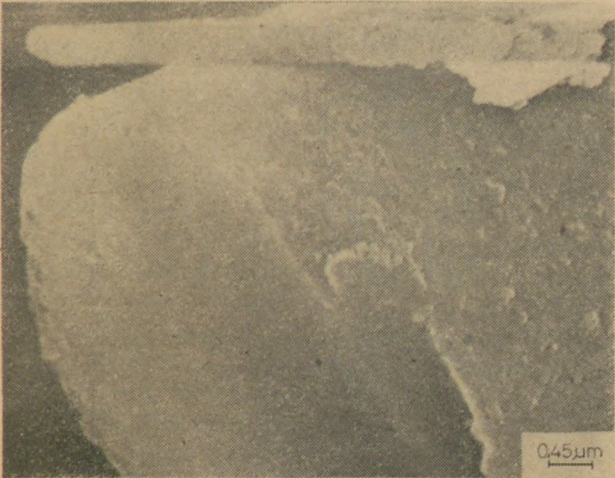
A 60 h kvázifolyamatos kezelés során kioldott komponensek eredeti mennyiségükre vonatkoztatott

1. táblázat  
Üveggyapot kvázifolyamatos kezelésénél az egyes komponensekre számított reakcióráta

| Komponensek                   | „n”      |           |
|-------------------------------|----------|-----------|
|                               | 3 – 12 h | 12 – 60 h |
| SiO <sub>2</sub>              | 0,95     | 0,99      |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,03     | 1,31      |
| Na <sub>2</sub> O             | 0,60     | 1,07      |
| K <sub>2</sub> O              | 0,68     | 1,05      |



2. kép. Üvegszál 60 nap 70 °C-os folyamatos kezelés után



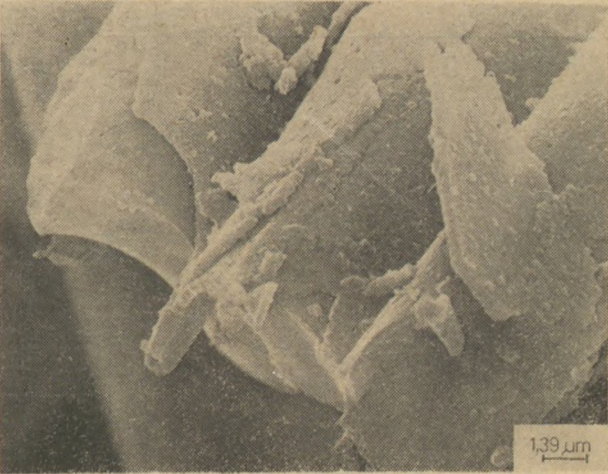
3. kép. Üvegszál 60 nap 10 °C-os folyamatos kezelés után

százalékos aránya alapján (2. táblázat) a SiO<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO oldódása az alapüvegének megfelelő. Ehhez képest K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O-ból több, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> és MgO-ból kevesebb oldódik ki, mely hasonló a bazaltszálnál tapasztaltnak. A „TEL” üveggyapot 60 h kezelése kb. 0,5 μm vastagságú üvegfelület leoldását eredményezi.

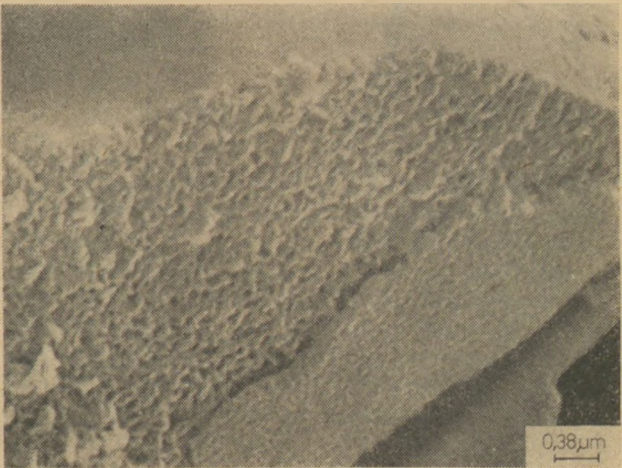
Az elektronmikroszkópi vizsgálatokból megállapí-

2. táblázat  
Üveggyapot 60 h 105 °C-os kvázifolyamatok kezelése során kioldott komponensek számban levő mennyiségükre vonatkoztatott tömegszázaléka

| Komponensek                    | %    |
|--------------------------------|------|
| SiO <sub>2</sub>               | 12,0 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,1  |
| K <sub>2</sub> O               | 19,8 |
| Na <sub>2</sub> O              | 20,3 |
| CaO                            | 14,3 |
| MgO                            | 1,2  |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 10,7 |
| Összanyag:                     | 13,0 |

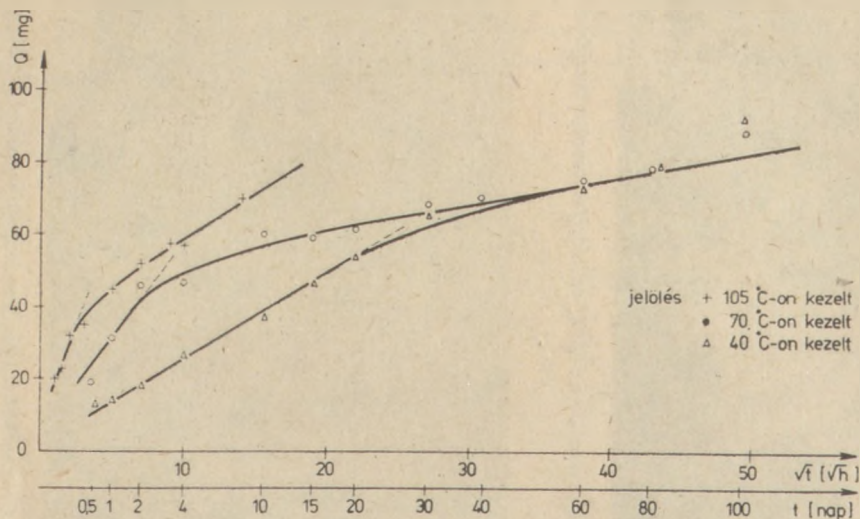


4. kép. Üvegszál 30 h 105 °C-os kvázifolyamatos kezelés után

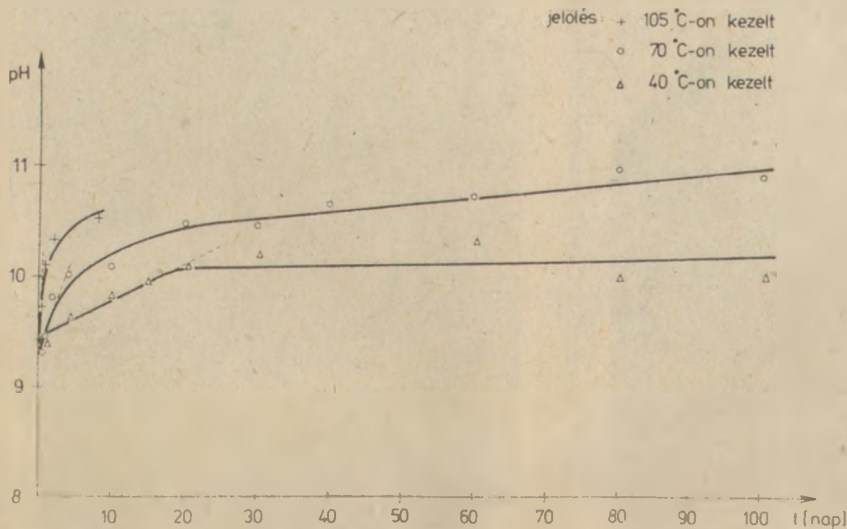


5. kép. Üvegszál 60 h 105 °C-os kvázifolyamatos kezelés után



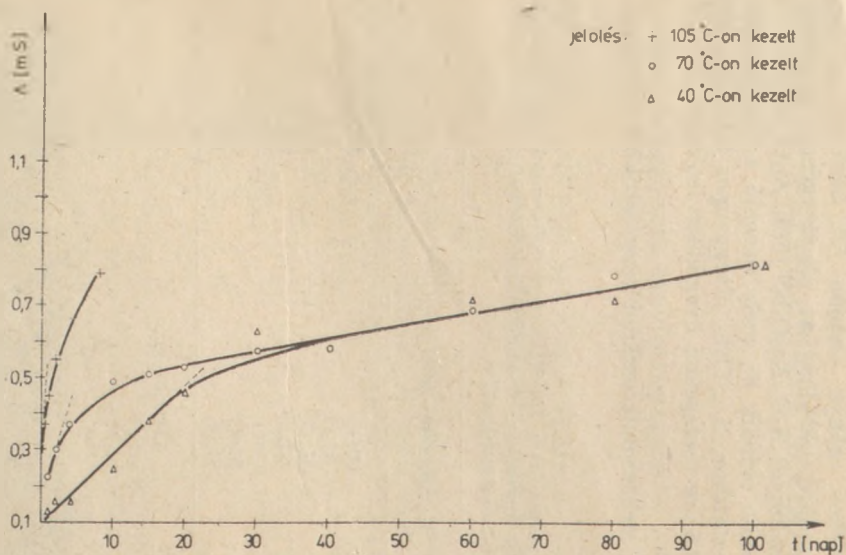


2. ábra. Üveggyapot különböző hőfokú folyamatos kezelésénél kioldott fő komponensek mennyisége

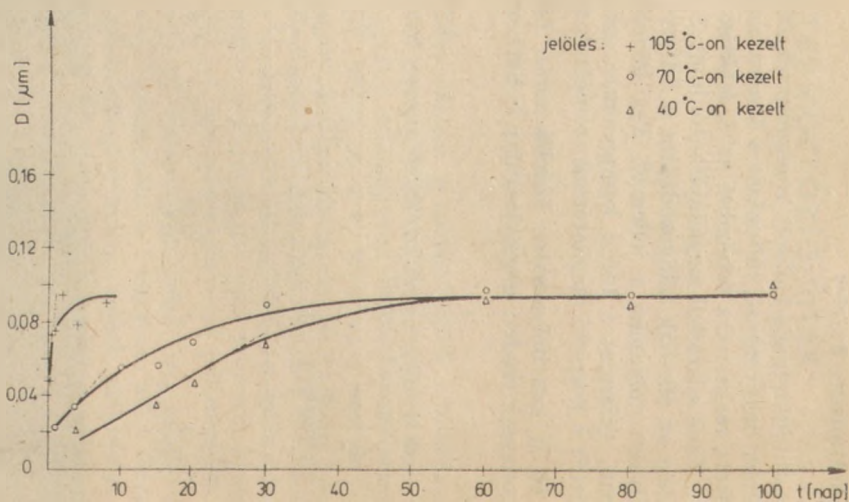


1. ábra. Üveggyapot különböző hőfokú folyamatos kezelésénél az oldat pH-jának változása

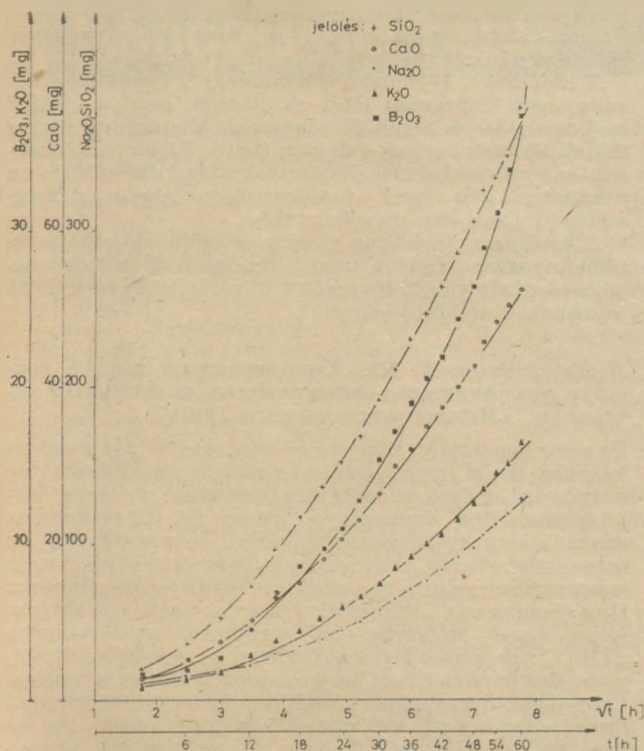




3. ábra. Üveggyapot különböző hőfokú folyamatos kezelésénél az oldat vezetőképességének változása



5. ábra. Üveggyapot különböző hőfokú folyamatos kezelésénél a szűrfelületi gélvastagság változása



6. ábra. Üveggyapot 105 °C-os kvázifolyamatos kezelésénél az adott időtartamig kioldott komponensek

tottuk, hogy a felületen kialakuló 0,1  $\mu\text{m}$  vastagságú laza gélréteg 12 h után fokozódó mértékben leválk és az alatta levő üveg kilúgozódása folytán újraképződik. E folyamat ismétlődésének eredményeként hosszabb idő után ( $t > 30$  h) többretegű (esetenként 4–5) szakadozott gélfelület jön létre (4–5. képek).

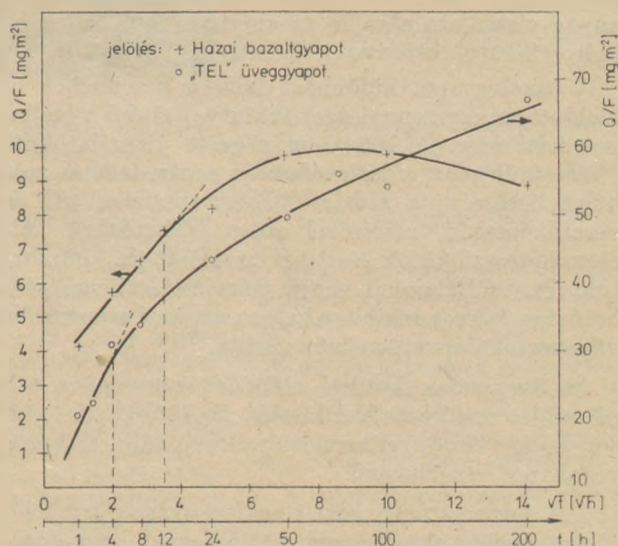
A bazaltgyapot hasonló kezelése utáni morfológiai változással összehasonlítva, a „TEL” szál felületi rétege porózusabb és nagyobb mértékben leválásra hajlamos.

## Összefoglalás

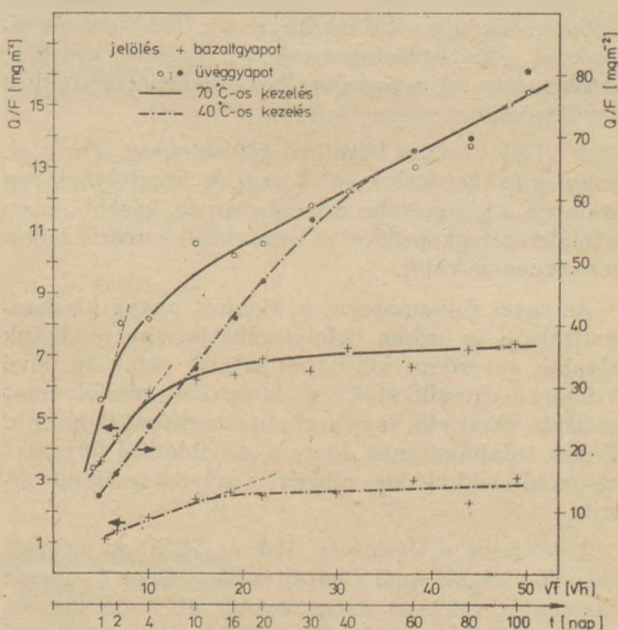
1. A szál–víz kölcsönhatásakor lejátszódó folyamatokat a szál kémiai összetétele mellett nagymértékben befolyásolja a kezelési körülmény: így a korródeáló közeg mennyisége, cseréjének gyakorisága, hőmérséklete stb.

A különböző körülményű vizsgálatoknál, az egységnyi felületre vonatkoztatott kioldott anyagmennyiség alapján (amit példaként a 7–8. ábrákon csak a folyamatos kezelésre mutatunk be) egyaránt megállapítható, hogy a bazaltgyapot lényegesen jobb vízállóságú, mint a „TEL” szál. Ez kisebb alkáli és magasabb alumínium, illetve földalkáli tartalmával magyarázható.

Vízfelesleges reakcióknál a kilúgozható kationok mennyiségétől és milyenségétől függően kisebb, vagy nagyobb mértékben porózus hidroszilikát gélréteg keletkezik a felületen, mely az oldat növekvő pH-jával fokozódó mértékben oldódik. Folyamatos kezelésnél a száloldódási folyamat a tanulmányozott anyagoknál egy bizonyos idő után lelassul, míg a kvázi-



7. ábra. Különböző szálanyagok 105 °C-os folyamatos kezelésénél az egységnyi felületre vonatkoztatott összkilodott anyagmennyiség



8. ábra. Különböző szálanyagok 70 és 40 °C-os folyamatos kezelésénél az egységnyi felületre vonatkoztatott fő komponensek kioldódása

folyamatos kísérleteknél csökkenő tendenciát nem mutat.

2. Folyamatos kezelésnél a szálkorrózió lelassulása és a kioldott abszolút anyagmennyiség között nincs egyértelmű összefüggés, mivel ez a kioldott komponensek minőségének is függvénye. Így pld. 105 °C-on a „TEL” száznál, mindkét típusú bazaltgyapothoz képest ez a jelenség csak 3–4-szer nagyobb összkilodott anyagmennyiség hatására jön létre. Alacsonyabb hőmérsékletnél a hazai bazaltszáznál csökken, az üveggyapotnál pedig nő a száloldódás lassulását előidéző anyagmennyiség.

A korrózió teljes leblokkolódását csak a hazai bazaltszáznál tapasztaltuk, mely a másik két szál-



anyag vizsgálata alapján az oldatban levő kalcium-hidroszilikátok bizonyos koncentrációjához kötött.

A bazaltgyapot különböző hőfokú kezelésének (a kioldott anyagmennyiséget tekintve) eltérő végállapot felel meg. A 105 °C-on végzett vizsgálatoknál (valószínűleg az oldatleválasztás során fellépő erős hűlés hatására) a szűrlet kémiai analízise, pH és vezetőképességi mérésével rossz oldhatóságú kalcium-hidroszilikátok részleges kiválását is kimutattuk. Feltételezhetően ennek hőmérsékletfüggő oldhatósága és erős inhibitor hatása az, ami a korróziós folyamatot alapvetően befolyásolja.

Az üvegcsálak kezdeti oldódási sebessége a hőmérséklet csökkenésével kisebb, de 100 °C alatt, bizonyos idő elteltével azonos értékűvé válik és közös végállapot lesz jellemző.

3. A folyamatosan kezelt szálasanyagok morfológiai vizsgálata alapján egyaránt jellemző, hogy közelítően a  $Q - \sqrt{t}$  összefüggés lineáris tartományában a felületi gélvastagság növekedési sebessége állandó, de alacsonyabb hőmérséklet hatására kisebb.

Eltérésként adódik viszont, hogy míg különböző hőfokon bizonyos idő elteltével a „TEL” szálon kialakuló gélrétegvastagság közel azonos konstans értéket vesz fel, a bazaltszálnál csökkenő mértékben tovább nő.

A „TEL” szálon létrejövő gélvastagság arra utal, hogy míg kezdetben a korróziós részfolyamattal szemben a kilúgozódás a meghatározó, későbbiekben a felületi rétegeképződési és lemaródási korrózió sebessége azonosává válik.

Az egyes folyamatokat a kioldott anyag kis koncentrációja is erősen befolyásolhatja. Így munkánk alapján az erősen inhibitor hatású oldatban levő kalcium-hidroszilikátok a korróziós részfolyamat gátlását idézik elő, vagyis erősen rétegeképző hatásúak. Ennek tulajdonítható, hogy a száloldódási folyamat alapvető blokkolódása ellenére a gélvastagság növekszik.

A kétfajta szálasanyag 105 és 70 °C-on végzett hasonló vizsgálatánál a bazaltszál gélrétege 2–5-ször vastagabb, mint az üveggyapoté; 40 °C-on viszont vékonyabb. Ez utóbbi a főleg földalkáliát tartalmazó bazaltszál alacsony hőmérsékletű kezelésénél a nagymértékben csökkenő kilúgozódásnak tulajdonítható, amit az oldat kis pH értéke is alátámaszt.

4. A szálasanyagok kvázifolyamatos kezelésénél a hasonló idejű folyamatos behatásra kialakult gélréteghez képest nagyobb vastagságú, de porózusabb felület jön létre, mely fokozottan repedésre, leválásra hajlamos.

5. Az oldatok pH és vezetőképességi értéke beható információt szolgáltat a száloldódási folyamatról. Különösen a vezetőképességi mérés bizonyult alkalmas módszernek a korrózió jellemzésére.

*Wojnárovits Ilona:* Szervetlen szintetikus szálasanyagok vizes korróziójának jellemzői. II. „TEL” üveggyapot tanulmányozása

Az üveggyapot folyamatos kezelésénél a száloldódás bizonyos idő után lelassul, de a bazaltgyapotnál megfigyelttel ellentétben nem blokkolódik. 100 °C alatti hőmérsék-

leten — az összkilódott anyagmennyiség és a morfológiai változás alapján — a korrózió mértéke kb. 40 nap után azonosává válik.

A különböző körülményű kezeléseknél egyaránt a bazaltgyapot lényegesen jobb vízállóságú, mint a „TEL” szál, ami kisebb alkáli és magasabb alumínium, illetve földalkáli tartalmának tulajdonítható. Elektronmikroszkópi vizsgálatokkal megállapítottuk, hogy 105 és 70 °C-on a bazaltszál gélrétege 2–5-ször vastagabb, mint az üvegcsálé, 40 °C-on viszont vékonyabb.

A kétfajta szálasanyag vizes korróziójának beható tanulmányozása lehetővé teszi a mechanikai tulajdonságváltozást befolyásoló tényezők feltárását, mely következő munkánk tárgykörét képezi.

*Войнаровиче, Х. И.: Характеристики водной коррозии неорганических синтетических волокнистых материалов. II. Испытания стекловаты „ТЭЛ”*

При непрерывной обработке стекловаты растворение волокна после определенного времени замедляется, но в отличие от базальтовой ваты, стекловолокно не блокируется. При температуре ниже 100 °C, примерно через 40 дней, размеры коррозии, определенные на основании общего количества растворенного материала и морфологических изменений, становятся одинаковыми. При обработке в различных условиях базальтовая вата имеет более высокую стойкость, чем стекловолокно „ТЭЛ”, что может быть объяснено пониженным содержанием алюминия, или же щелочноземельных металлов. С помощью электронного микроскопических испытаний было установлено, что при 105 и 70 °C слой гели на базальтовом волокне в 2–5 раз толще, чем на стеклянном волокне, а при 40 °C — тоньше.

Глубокое изучение водной коррозии этих видов волокнистых материалов делает возможным определение факторов, влияющих на изменение механических свойств. Об этом речь будет идти в следующей нашей работе.

*Frau Wojnárovits, Ilona: Charakterisierung der wässrigen Korrosion von anorganischen, synthetischen Faserstoffen. II. Untersuchung der „TEL” Glaswolle*

Bei der kontinuierlichen Behandlung der Glaswolle wird sich die Faserlösung verlangsamt, aber entgegen der Basaltwolle blockiert sich nicht. Unterhalb von 100 °C wird das Mass der Korrosion nach 40 Tage — auf Grund der Ausgelösten Stoffmenge und der morphologischen Änderungen — gleich geworden. Bei den verschiedenen Behandlungsarten zeigt die Basaltwolle eine wesentlich bessere Wasserbeständigkeit, als die „TEL”-Glaswolle, was auf das niedrigere Alkali, höhere Aluminium und Erdalkaligehalt der Basaltwolle zurückzuführen kann. Durch elektronenmikroskopischen Prüfungen festgestellt wurde, dass die Dicke des Gelschichtes des Basaltfasers auf 105 und 70 °C 2–5-mal höher ist, als die der Glasfaser, auf 40 °C aber kleiner.

Die grundsätzliche Untersuchung der wässrigen Korrosion beider Faserstoffe ermöglicht der Aufschluss der die mechanischen Eigenschaften beeinflussenden Parameter.

*Wojnárovits-Hrapka, Ilona: Aqueous Corrosion of Synthetic Inorganic Fibres, II. Examination of TEL Glass Wool*

The dissolution of fibres during continuous treatment is reduced to a constant value after a certain time, but never fully blocked (a contrary to glass wool). This constant-level corrosion (showed adequately by the amount of total dissolved substance and morphology) is reached after approx. 40 days, if the temperature of treatment is less than 100 °C. It is proved that aqueous corrosion resistance of basalt wool is superior to that of TEL wool, due to the lower alkali-, and higher aluminium- and alkaline-earth content of the former. The gel layer around the basalt fibres is thicker (by 2–5 times) in case of the 105 and 70 °C treatment, but thinner in case of the 40 °C treatment. The factors influencing the mechanical properties of the fibres will be discussed in later parts of this series.



Nagy Lajos – Szabó Attila – Zakar Pál  
Műanyagokkal társított bitumenek  
ÉTK, 1984.

Az Építésiügyi Tájékoztatási Központ és a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet Szilikátipar – Építőanyagipar sorozatának második köteteként megjelent monográfia az építőanyagok eddig még kevésbé ismert, de egyre inkább terjedő anyagsorozatját, a műanyagokkal módosított bitumeneket mutatja be. Ezek az anyagok egyesítik magukban a műanyagok és bitumenek tulajdonságait, de új jellegzetes fizikai, kémiai és alkalmazástechnikai tulajdonságaik alapján gyakran mint önálló anyagsortot tekint a módosított bitumeneket a szakirodalom. E témakörben nagyszámú publikáció jelent meg, de összefoglaló jellegű átfogó mű ezideig még nem látott napvilágot. Ezt kívánja pótolni a kötet segítséget nyújtva a módosított bitumenek rendkívül sokféle típusának áttekintésében és felhívni a hazai elméleti és gyakorlati szakemberek

figyelmét alkalmazásukban rejlő műszaki és gazdasági lehetőségekre.

A könyv első részében ismerteti az alapfogalmakat, a bitumenek és a társításra alkalmas műanyagok, valamint a módosított bitumenek speciális adalékanyagait, a lágyítók és ragacsosságfokozók típusait, előállítási módjait, és társítás szempontjából lényeges tulajdonságait. Külön fejezet foglalkozik a bitumenek és műanyagok összeférhetőségével, a műanyagokkal társított bitumenek szerkezetével, a szerkezetre vonatkozó különböző, néha egymásnak ellentmondó elméletekkel. A gyakorlati alkalmazás tulajdonképpen megelőzte a szerkezeti kutatások lezárását, de ezek a jelenleg is folyó munkák rendkívül nagy jelentőségűek a társított termékek jellemzőinek tervezésénél.

Az elméleti rész után a társítóanyagok típusai (elasztomerek, plasztomerek, hőre keményedő műanyagok) szerint csoportosítva táblázatok és diagramok foglalják össze a gyakorlatban is bevált módosító anyagok hatását a különböző bitumenek tulajdon-

A műanyag-bitumenek jellemzésére csak korlátozottan alkalmazhatók a bitumeneknél elterjedt vizsgálati módszerek, ezért külön fejezet mutatja be az új, anyagspecifikus vizsgálatokat.

Mivel a műanyagokkal társított bitumenek minőségét és tulajdonságait döntően befolyásolja az előállítási (keverési) technológia a könyv részletesen foglalkozik a keverékkészítés lehetséges módjaival, speciális berendezéseivel, a különböző műanyagfélésegeknek és megjelenési formájuknak megfelelő keverési eljárásokkal.

A műanyag-bitumeneket elsősorban a víz- és nedvesség elleni szigetelések-nél, korrózióvédelemben és az útépítésben alkalmazzák. Az utolsó fejezetek az alkalmazási területeket mutatják be egyes alkalmazási módokra és anyagfélésekre jellemző, a gyakorlatban már bevált termékek segítségével, az alkalmazási lehetőségek sokrétűségét és a műszaki-gazdasági előnyöket szemlélítve.

A könyvet 351 hivatkozást tartalmazó irodalomgyűjtemény zárja le.

**Dr. NAGY MIHÁLYNÉ**  
1931–1984

A haláleset mindig megrendítő, de különösen az, ha egy alkotó életpályát tör derékba.

Egyesületünk régi tagja, mindnyájunk által szeretett kollegánk, Dr. Nagy Mihályné (Dargay Katalin), a SZIKKTI Kutató Cementosztályának tudományos munkatársa súlyos betegség után, 1984. augusztus 13-án elhunyt.

Élete a szorgalom és lelkiismeretesség példája volt. Miskolcon született, iskoláit ott végezte, majd a Veszprémi Vegyipari Egyetemen 1954-ben szerzett vegyészmérnöki diplomát. Kezdetben a finomkerámia iparban dolgozott, majd 1959-ben került a SZIKKTI-be, ahol így éppen negyedszázadot töltött odaadó munkával.

Kutatásait lakhelyén, Tatabányán, a SZIKKTI kísérleti üzemében végezte. Számos területen tevékenykedett: foglalkozott a cementek és meszek vizsgálatával, ipari hulladékanyagok hasznosításával, különleges cementek kutatásával, cementhidratációval, az optimális gipszad-

golás kérdéseivel, stb. Számos tudományos publikációja jelent meg lapunkban és más hazai és külföldi folyóiratokban, sokszor szerepelt előadásokkal hazai és külföldi szakmai konferenciákon. Szakmai munkáját mindig pontosan és nagy igényességgel végezte. Többször érdemelte ki a „Kiváló dolgozó” kitüntetését.

Állandóan képezte magát, nyelvvizsgákat tett, megszerezte a műszaki doktori címet. Tervei között szerepelt a kandidátusi fokozat megpályázása is, amire azonban már nem kerülhetett sor.

Kimagasló politikai és társadalmi munkát végzett. Segítőkézsége, mások gondjai iránti fogékonysága miatt közszeretnek örvendett.

Példás családi életet élt, szerető és gondos anya volt. Két felnőtt leánya is a vegyészmérnöki pályát választotta.

Emlékét mind közvetlen munkatársai, mind Egyesületünk tagsága kegyelettel megőrzi.



# Lehetőségek a cementek kiegészítőanyag tartalmának növelésére\*

KOVÁCS RÓBERT

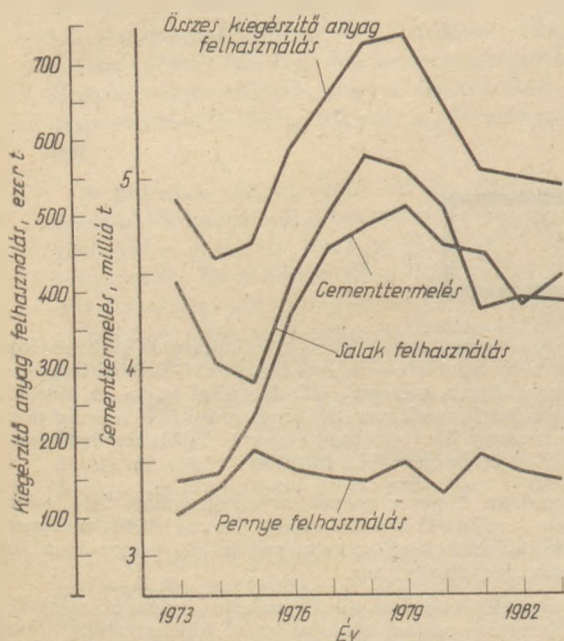
Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

## Bevezetés

Tanulmányomban a külföldi és hazai szakirodalom tanulmányozása, valamint a SZIKKTI-ben végzett sokéves kutató munka tapasztalatai és eredményei alapján kialakult helyzetképet, illetve az ezzel kapcsolatos nézeteimet szeretném ismertetni. Mint minden nézet, ez is szubjektív, és természetesen vitatható. Véleményem szerint azonban a nézetek ütköztetése feltétlenül kívánatos és hasznos az anyag- és energia-takarékosság terén a cementipari szakemberek előtt álló feladatok megoldását célzó optimális döntések kialakításához.

Ismeretes, hogy — bizonyos konjunkturális ingadozásoktól eltekintve — világtendencia a cement-termelés állandó mennyiségi növekedése. Ugyancsak világtendencia a cementek minőségének (átlagos szilárdságának) fokozatos javulása. Ezzel párhuzamosan, bár részarányában kissé csökkenő irányzatú, de mennyiségét tekintve egyre növekedő mértékű a hidraulikus kiegészítő anyagok felhasználása a cementgyártásban.

Az előállított különféle cementekben levő kiegészítőanyagok össz mennyisége a cementtermelés teljes volumenére vetítve (röviden: a kiegészítőanyag



1. ábra. A hazai cementtermelés és kiegészítőanyag felhasználás alakulása az utóbbi tíz évben

\* Az 1983. szept. 26–27-én Zamárdiban megtartott cementipari anyag- és energiatakarékossági konferencián elhangzott előadás átdolgozott szövege.

1. táblázat  
A cementgyártáshoz felhasznált kohósalak és pernye mennyisége

| Év   | Cement term. ezer t | Kiegészítő anyag felhasználás |      |        |     |          |      |
|------|---------------------|-------------------------------|------|--------|-----|----------|------|
|      |                     | kohósalak                     |      | pernye |     | összesen |      |
|      |                     | ezer t                        | %    | ezer t | %   | ezer t   | %    |
| 1974 | 3437                | 309                           | 9,0  | 138    | 4,0 | 447      | 13,0 |
| 1975 | 3759                | 280                           | 7,5  | 188    | 5,0 | 468      | 12,5 |
| 1976 | 4298                | 424                           | 9,9  | 164    | 3,8 | 588      | 13,7 |
| 1977 | 4619                | 506                           | 10,9 | 156    | 3,4 | 662      | 14,3 |
| 1978 | 4764                | 582                           | 12,2 | 150    | 3,1 | 732      | 15,4 |
| 1979 | 4857                | 567                           | 11,7 | 174    | 3,6 | 741      | 15,3 |
| 1980 | 4660                | 514                           | 11,0 | 137    | 3,0 | 651      | 14,0 |
| 1981 | 4609                | 380                           | 8,3  | 186    | 4,0 | 566      | 12,3 |
| 1982 | 4369                | 392                           | 9,0  | 162    | 3,7 | 554      | 12,7 |
| 1983 | 4243                | 390                           | 9,2  | 155    | 3,7 | 545      | 12,9 |

— hányad) több fejlett tőkés és szocialista országban jelenleg 22–30% között van. A hazánkban termelt cement illetve a hozzá felhasznált kiegészítőanyagok mennyiségét az utóbbi 10 év vonatkozásában az 1. ábra és az 1. táblázat mutatja.

Az ábrából megállapítható, hogy a kiegészítőanyagok közül a pernye felhasználásának volumene nagyjából állandó volt, míg a kohósalak felhasználása a cementtermelés változásával közel arányosan változott.

A táblázat alapján a hazai kiegészítőanyag hányad csak 13–15%, ami meglehetősen elmarad a fejlett országok szintjétől. Ez egyben azt is jelenti, hogy a viszonylag olcsó kiegészítőanyag helyett a különböző cementekben a szükségesnél esetenként jóval több értékes — döntően import tüzelőanyag és villamos-energia felhasználásával előállított — terméket (klinkert) használunk fel.

A szakirodalomban fellelhető trend-vizsgálatokat elemezve megállapíthatjuk, hogy 1990–2000 között a cementek kiegészítőanyag tartalma várhatóan mintegy 22–23% körül állandósul. Ha reálisan ennél valamivel mérsékeltebb hazai fejlődéssel (kb. 20%) számolunk, és a cementfelhasználás éves volumenét 5,5–6,0 millió tonnára becsüljük, amiből az import várhatóan 0,5–0,8 millió t lesz, a szükséges kiegészítőanyag mennyiség mintegy 1,1–1,2 millió tonnát tesz ki, vagyis a jelenleginél kb. 4–500 ezer tonnával többet.

E többlet kiegészítőanyag mennyiség felhasználásának népgazdasági jelentőségét (anyag- és energiatakarékosság, környezetvédelem, választékbővülés, beruházás-megtakarítás stb.) szükségtelen külön hangsúlyozni.

## A nagy kiegészítőanyag-tartalmú cementek felhasználásának indoklása

Hazánk energiahelyzete és gondjai közismertek, s az energiatakarékosságra kormányprogram is született. A cementipar feladata e területen az eddiginél kevesebb energiaráfordítást igénylő cementek előállítása. Ennek egyik módja a nagy kiegészítőanyag tartalmú (ún. klinkertakarékos) cementek gyártása. Klinkertakarékos cement alatt a külföldi szakirodalom általában olyan cementet ért, melynek kiegészítőanyag tartalma legalább 30–40%.

A jelenlegi hazai helyzetet e téren a 2. táblázat mutatja. Mint az adatokból kitűnik, valójában „nagy” kiegészítőanyag tartalmú cementet az 1982. évben csak jelentéktelen mennyiségben állítottunk elő, a gyártott cementek zömét (81%-át) a 350 ppc 10 és 350 kspc 20, tehát a kis kiegészítőanyag tartalmú cementek tették ki. (Más kérdés, hogy ennek jó-részt konjunkturális okai is voltak).

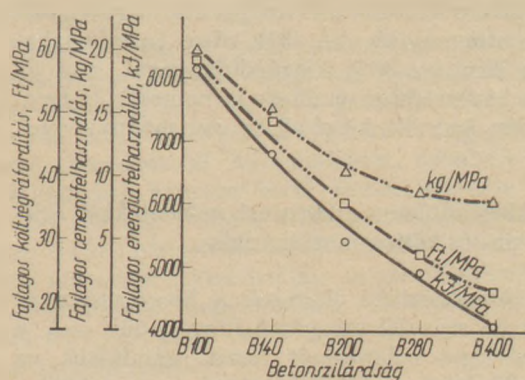
Itt érdemes egy rövid kitérőt tenni annak a többek által is felvetett kérdésnek a tisztázására, vajon egyáltalán érdemes-e nagy mennyiségű kiegészítő anyagot tartalmazó cementeket gyártani.

Norvég betonos szakemberek által végzett számítások szerint egy 15 m fesztávú, kéttámaszú, feszített vasbetonból készülő tartó folyóméterenkénti energia szükséglete, ha B 250 betonból készül: 1970 MJ, ha pedig B 400 betonból, akkor 1340 MJ. Ennek az a magyarázata, hogy bár a B 400 betonhoz jobb minőségű cement és nagyobb fajlagos cementadagolás szükséges, azonban a betonszerkezet kisebb méretei ezt messzemenően kompenzálják úgy, hogy végül az azonos teherbírási tartó kisebb össz-energiaráfordítással állítható elő.

A különböző szilárdságú betonok egységnyi szilárdságának „előállításához” szükséges fajlagos költség-, cement- és energiaráfordításokat mutatja be a 2. ábra, mely hazai számítási eredményeken alapszik. Ebből egyértelműen kitűnik, hogy nagyobb szilárdságú betonok esetében az összes fajlagos mutatószám kedvezőbb.

A fentiekből az következik, hogy energia- és anyagmegtakarítást — egyéb azonos körülmények között — elsősorban azzal érhetünk el, ha minél nagyobb szilárdságú betonokat alkalmazunk az adott célra. A nagyszilárdságú betonokhoz pedig előnyösebb a tiszta, vagy csak kevés kiegészítő anyagot tartalmazó portlandcement felhasználása.

Am elhamarkodott cselekedet lenne a fentiek alapján azt a logikusnak tetsző következtetést levonni, hogy csak tiszta, vagy kevés kiegészítőanyagot tartalmazó portlandcementet érdemes előállítani. Ha ugyanis megvizsgáljuk a betonigény szilárdság szerinti összetételét (3. táblázat), akkor láthatjuk, hogy egy bizonyos fejlődés után kb. 10 évvel ezelőtt beállt egy „egyensúlyi állapot”. Ezt az jellemzi, hogy az összes betonigény egynegyedét a B 100 alatti, felét pedig a B 140 — B 200 minőségű betonok teszik ki és az összes nagyszilárdságú betonra alig több, mint egyötöd rész jut. (Megjegyezendő, hogy a nagyszilárdságú betonok részaránya azóta valamelyest növekedett, és várhatóan még növekedni fog). Figye-



2. ábra. Különböző szilárdságú betonok fajlagos ráfordításai

lembe véve a beton és vasbeton készítésére vonatkozó (MI 04.19—81) műszaki irányelveket, ill. a gazdaságos betonkészítés szempontjait, a B 100-ig bezárólag a betonokhoz csak 250-es, B 140 betonhoz 250-es és 350-es, B 200 betonhoz célszerűen 350-es, B 280 betonhoz 450-es és B 400 ill. e feletti szilárdságú betonokhoz pedig 450-es vagy 550-es cement használható, ill. használandó fel.

Ennek értelmében a jelenlegi, ill. a prognosztizált cementválaszték a 4. táblázat szerint alakul. A gya-

2. táblázat

A cementek fajtánkénti megoszlása

| Cementfajta | 1982   |      | 1983   |      |
|-------------|--------|------|--------|------|
|             | ezer t | %    | ezer t | %    |
| 450 pc      | 514    | 11,8 | 589    | 13,9 |
| 450 R pc    | 14     | 0,3  | 28     | 0,7  |
| 350 ppc 10  | 1827   | 41,8 | 1523   | 35,9 |
| 350 kspc 20 | 1713   | 39,2 | 1695   | 39,9 |
| 350 kspc 40 | 45     | 1,0  | 119    | 2,8  |
| 250 kspc 60 | 2      | 0,05 | 27     | 0,6  |
| S-54 350 pc | 253    | 5,8  | 211    | 5,0  |

3. táblázat

A betonok megoszlása szilárdság szerint [%]

| Év   | B 100-ig | B 140 — B 200 | B 280 és több | Σ   |
|------|----------|---------------|---------------|-----|
| 1969 | 32,5     | 52,7          | 14,8          | 100 |
| 1970 | 27,9     | 55,8          | 16,3          | 100 |
| 1971 | 26,9     | 54,6          | 18,5          | 100 |
| 1972 | 24,9     | 55,9          | 19,2          | 100 |
| 1973 | 24,9     | 43,2          | 21,9          | 100 |
| 1974 | 24,6     | 53,1          | 22,3          | 100 |
| 1975 | 25,2     | 52,9          | 21,9          | 100 |

4. táblázat

Prognosztizált cementválaszték, %

| Cementfajta                              | 1980 | 1990 | 2000 |
|------------------------------------------|------|------|------|
| Nagyszilárdságú és nagy kezdőszilárdságú | 11,9 | 16,0 | 20,0 |
| Átlagos szilárdságú                      | 75,1 | 58,0 | 52,0 |
| Nagy kiegészítőanyag tartalmú            | 6,3  | 18,0 | 20,0 |
| Különleges                               | 6,7  | 8,0  | 8,0  |
| Átlagos klinkertartalom,                 | 82,9 | 81,5 | 81,5 |
| Össztermelés, ezer t                     | 4660 | 5650 | 5700 |



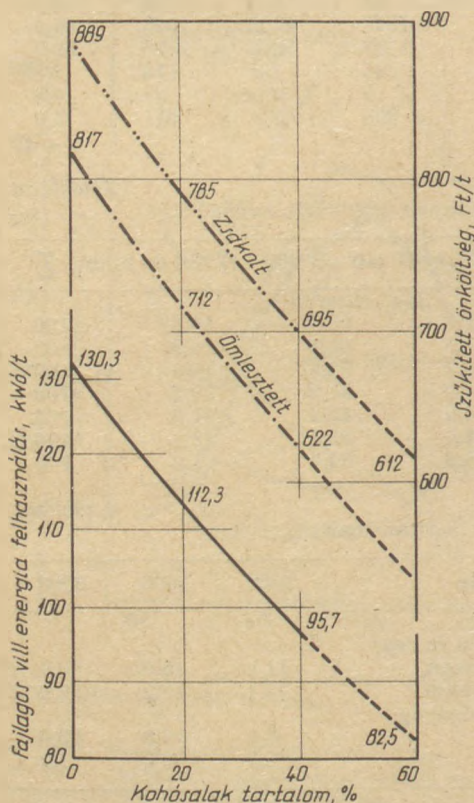
korlat nyelvére lefordítva ez azt jelenti, hogy a gyártott cementmennyiség kb. 3/4 része tartalmazhat átlagosan mintegy 30% kiegészítőanyagot, ami jól egyezik a bevezetésben említett (a nemzetközi trendek alapján becsült) kiegészítőanyag mennyiséggel.

### A nagy kiegészítőanyag tartalmú cementekkel elérhető energia- és költségmegtakarítás

Mivel a betonkészítési előírások a kiegészítőanyag fajtájától és szilárdságától függetlenül csak a cement névleges szilárdságát veszik számításba, az azonos szilárdsági osztályba tartozó cementeknél a kiegészítőanyag-tartalom növelésével jelentős energiamegtakarítás érhető el. Ezt mutatja be az 5. táblázat, mely az 1982. évi fajlagos mutatószámokra alapozott számított értékeket hasonlítja össze.

Látható, hogy azonos (B 140) betonszilárdság mellett a legkisebb össz-energiaigény a kspc-60, ill. a ppc-20 felhasználásakor jelentkezik, ennél valamivel kedvezőtlenebb a kspc-40 és a ppc-10 energiaigénye, a legnagyobb energiaráfordításokat pedig (azonos szilárdságú beton előállításához) a 450 R pc ill. 450 pc felhasználása igényli.

A kiegészítőanyag-tartalom növelésével elérhető számított energia- és költségmegtakarítást a 3. ábra mutatja (az adatok 1980-ra vonatkoznak). A 60%-os értékeket extrapolációval kaptuk, mivel abban az időben az ilyen nagy mennyiségű salakot tartalmazó cement előállítása nem volt megengedve és így tényleges üzemi adatokkal nem rendelkezünk. (Természetesen az energiaköltségek, ill. a cementárak idő-



3. ábra. DCM cementek villamosenergia- és költségárfordításai (1980-as adatok alapján)

5. táblázat

1 m<sup>3</sup> B 140 jelű képlékeny betonhoz ÉSZKMI 04.19 – 81. szerint szükséges cement klinker-tartalma, a klinkerégetésre, valamint a cementgyártásra fordított energiameennyisége

| A felhasznált cement jele | A klinker-tartalma kg/m <sup>3</sup> bet. | A klinkerégetés hőfelhasználása GJ/m <sup>3</sup> beton | A cement előállítás villamosenergiaigénye kWó/m <sup>3</sup> beton | A felhasznált cement összes energiaigénye GJ/m <sup>3</sup> beton <sup>a</sup> |
|---------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 450-R pc <sup>1</sup>     | 235,2                                     | 1,17                                                    | 29,58                                                              | 1,62                                                                           |
| 450 pc <sup>1</sup>       | 235,2                                     | 1,12                                                    | 28,20                                                              | 1,55                                                                           |
| 350 ppc 10 <sup>2</sup>   | 229,5                                     | 0,89                                                    | 29,70                                                              | 1,34                                                                           |
| 350 ppc 20 <sup>2</sup>   | 205,2                                     | 0,80                                                    | 26,80                                                              | 1,20                                                                           |
| 350 kspc 20 <sup>1</sup>  | 205,2                                     | 0,98                                                    | 31,05                                                              | 1,45                                                                           |
| 350 kspc 40 <sup>1</sup>  | 162,0                                     | 0,77                                                    | 31,05                                                              | 1,24 <sup>a</sup>                                                              |
| 250 kspc 60 <sup>1</sup>  | 126,0                                     | 0,60                                                    | 37,23                                                              | 1,15                                                                           |

#### Megjegyzések:

1. Váci Gyárra vonatkozó adatok szerint
2. Beremendi Gyárra vonatkozó adatok szerint
3. 1 kWó villamosenergia előállításához 15,1 MJ egyéb energia felhasználásával számolva (hatásfok = 23,84%)
4. A kohósalak szárítás hőigénye nélkül

közben megváltoztak, azonban az arányok a legújabb, 1983-as adatok alapján is hasonlóak maradtak).

Az ábrából egyértelműen kitűnik, milyen energia- és költség megtakarítást hozhat a kiegészítőanyag tartalom növelése. Azok megnyugtatósára viszont, akiknek aggályaik lennének a túl sok kiegészítő anyagot tartalmazó cementek időállóságával szemben, érdemes megemlíteni, hogy az 1960-as években Hejőcsabán gyártott 300-as cementekben esetenként 65%, vagy még nagyobb mennyiségű kohósalak volt. Az e cementekből akkoriban készített próbatestek nyomószilárdsága ma eléri az 50–60 MPa-t.

Egy sor külföldi országban pedig a szabványok akár 80–85% kohósalak-tartalmat is engedélyeznek a kötőanyagban.

### Energiatakarékos cementek gyártásával kapcsolatos problémák

A fentebb közöltek alapján tulajdonképpen minden olyan cement energiatakarékosnak nevezhető, melyben a klinker egy részét kevesebb energiaráfordítást igénylő anyaggal, pl. hidraulikus kiegészítő anyagokkal helyettesítjük. Jelentős energiamegtakarításról viszont csak a nagy kiegészítőanyag tartalmú (40–60–80% kohósalak, 20% pernye) cementek esetében beszélhetünk.

Közismert, hogy ez utóbbiak gyártását és felhasználását korábban indokolatlanul szigorú előírások akadályozták, illetve részben ma is gátolják. Megjegyzem, hogy a népgazdaság energiagondjainak ismeretében talán célszerű lenne ellenkező értelmű korlátozó előírások kibocsátása, melyek a tervezőknek, ill. felhasználóknak megtiltanák a kis szilárdságú



(B 140 alatti) betonokhoz a 350-es, illetve a B 200 alatti betonokhoz a 450-es osztályú cement felhasználását stb., vagy meghatároznák, hogy az adott szilárdsági osztályon belül milyen mennyiségű kiegészítőanyagot tartalmazó cementet kell az adott betonhoz felhasználni. Ilyen előírások, vagy legalábbis nyomatékos ajánlások kibocsátásában és alkalmazásában az ÉVM tárca tervező intézeteinek, ill. vállalatainak kellene élen járniuk. Az is igaz, hogy a gazdasági rendszerünk adta lehetőségek között esetleg célravezetőbb lenne szabályozás helyett ésszerű ösztönzés útján biztosítani az energiatakarékos cementek szélesebb körű felhasználását.

Az energiatakarékos cementek gyártásával kapcsolatban nem lehet megkerülni az árak kérdését sem, mivel a népgazdaság érdeke azt kívánja, hogy az árak mind a gyártót, mind a felhasználót a nagyobb kiegészítőanyag tartalmú cementek gyártására, illetve alkalmazására ösztönözzék. Közismert, hogy a cement árát, az 1984. év elején végrehajtott emelés után is mintegy 15–18%-os állami dotációval támogatják. Így voltaképpen az állam hozzájárulásával pazarol az, aki szükségtelenül értékesebb és energiaigényesebb cementfajtát használ fel.

A megoldás tehát — amire már régen javaslat is született, de megvalósítása lassan halad — egyrészt a cement árának a tényleges értékére emelése azzal, hogy a kisebb energiaráfordítással előállítható nagy kiegészítőanyag tartalmú cementek ára csak alig, vagy egyáltalán ne növekedjen, míg a tiszta cementeké erősebben emelkedjen. Másrészt meg kell találni a tervezők és kivitelezők megfelelő ösztönzésének módját is, mivel jelenleg a tervezési költség gyakran a beépítendő anyagok árának meghatározott százaléka, így éppen a drágább anyagok betervezésére és felhasználására ösztönöz.

Külön kell szólni a gyártók ösztönzéséről. A cementek árkialakítására vonatkozó kalkulációs előírások szerint a gyártó pl. egy „350” osztályú cement esetében 1–20% kiegészítőanyag tartalom mellett a 350–20 cement, 20–40% esetén pedig a 350–40 cement árát számíthatja fel. Ha tehát szállítási, tárolási, adagolási, vagy minőségi problémák miatt a gyártó nem tudja hozzáadni az adott cementre engedélyezett maximális mennyiségű kiegészítőanyagot, azt a jóval költségesebb klinkerrel kell kipótolnia, ami ráfizetést jelent.

A gyártó helyes ösztönzése érdekében az árképzésnél elsősorban a cement használati értékéből kellene kiindulni, vagyis abból, hogy ez egy 350-es cement. Természetesen, nagyobb kiegészítőanyag hányad esetén a gyártónak is kötelezően alkalmazni kellene bizonyos árcsökkenést, azonban az degresszív legyen, tehát (azonos minőség mellett) nagyobb kiegészítőanyag hányad esetén nagyobb nyereséget biztosítson.

Nem elhanyagolható szempont a forgalmazás ösztönzése sem. Jelenleg a forgalmazó az eladási érték meghatározott %-át kalkulálhatja haszonként, így a nagy kiegészítőanyag tartalmú cementek forgalmazásában kevésbé érdekelt, mivel azonos munkáért (azonos tömegű cement tárolásáért és mozgatásáért) kevesebb nyereséghez jut. Itt célszerű lehetne pl. a

haszonkulcsot nem az eladási ártól, hanem a forgalmazott cement tömegétől függően megállapítani.

Természetesen az előbbieken felsoroltak csak a legfontosabb kérdések voltak, sok olyan egyéb kisebb-nagyobb gond van, amelyek gátolják, vagy akadályozzák az energiatakarékos cementek nagyobb volumenű gyártását, ill. felhasználását, azonban ezekre e tanulmány keretein belül részletesen nem tudok kitérni (ilyenek például a cementválaszték és a cement-terítés biztosítása adott körzeten belül; a szállítási költségek optimalizálása; a személyi ösztönzés, ill. érdekeltég megvalósítása stb.). Meg kívánom csak jegyezni, hogy véleményem szerint ezek egyike sem megoldhatatlan.

### Az energiatakarékos cementek gyártásának műszaki lehetőségei

A műszaki lehetőségek feltárásához először számba kell venni a rendelkezésre álló kiegészítőanyagok fajta- és mennyiségét. Ismeretes, hogy hazánkban e célra tulajdonképpen csak két anyag, a granulált kohósalak és az erőmű-pernye jöhet szóba.

Mindkét anyagnak vannak előnyei és hátrányai: a kohósalaknak kedvezőbbek a hidraulikus tulajdonságai és kezelése egyszerűbb, ugyanakkor szárítása és őrlése energiát igényel; a pernye szállítása drágább és kezelése valamivel bonyolultabb, de önmagában finom száraz por lévén, őrléséhez többlet energia ráfordítására nincs szükség, sőt, bizonyos mértékben még őrlést segítő anyagként is hat.

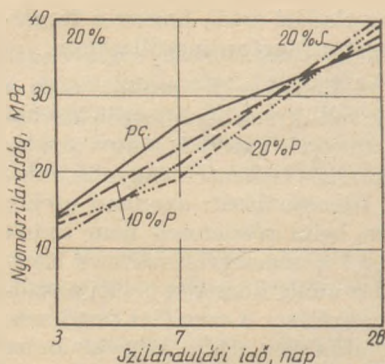
A kohósalak mennyisége meglehetősen korlátozott és növekedésével távlatilag sem számolhatunk. A teljes kohósalak mennyiségen belül esetleg valamelyest növelhető a granulált kohósalak részaránya, azonban ez egyrészt nagyszámú beruházást igényel, másrészt nem minden kohósalak összetétele alkalmas cementipari felhasználásra, tehát e téren lényeges javulás az ellátásban nem várható.

Erőmű-pernye ugyanakkor gyakorlatilag korlátlan mennyiségben áll rendelkezésre, összetétele megfelelő, és nagyobb volumenű felhasználása — az új cementgyártási kapacitások létrehozásához képest — jóval kisebb beruházási költség árán megvalósítható.

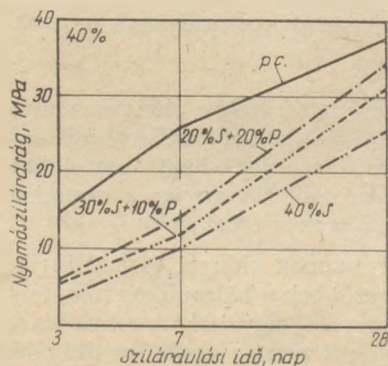
Fentiek alapján távlatilag elsősorban a pernye alkalmazásának bővülésével lehet és kell számolni. Vizsgáljuk meg részletesebben ennek lehetőségeit.

Az első és legkézenfekvőbb lehetőség erre a szabvány kismértékű módosítása lenne. Arról van szó, hogy jelenleg kb. 500–550 ezer t tiszta (450 ill. 450 R) portlandcementet állítunk elő. Ezek minősége igen jó, vizsgálati eredményeink alapján bőven elbírnának 5–10% kiegészítő anyagot. A korábbi hazai szabvány a „portlandcement” elnevezés megváltoztatása nélkül engedélyezte, hogy a cement kb. 10% kiegészítőanyagot tartalmazzon (pontosabban: a gipszkövet is beleszámítva, összesen 15% idegen anyagot). Sok fejlett országban ez ma is így van, a hazai termék-szabvány azonban tiltja, pedig ez igen ösztönző lenne a gyártók részére is. Az ilyen kis mennyiségű kiegészítőanyagnak a cementbe adagolására gyakorlatilag

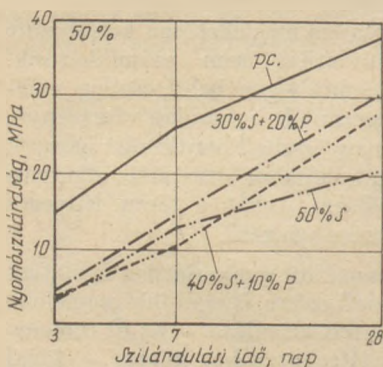




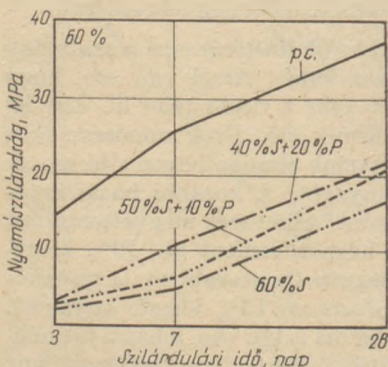
4. ábra. A 0 – 10 – 20% pernyét, ill. 20% kohósalakot tartalmazó cementek nyomószilárdsága



5. ábra. Összesen 40% kiegészítőanyagot tartalmazó cementek nyomószilárdsága



6. ábra. Összesen 50% kiegészítőanyagot tartalmazó cementek nyomószilárdsága



7. ábra. Összesen 60% kiegészítőanyagot tartalmazó cementek nyomószilárdsága

minden gyárban megvannak, ill. megteremthetők a feltételek, tehát e lehetőség kihasználása csak döntés kérdése.

A második lehetőség a jelenlegi 350 ppc 10 helyett a 350 ppc 20 gyártására való teljes átállás. A szabvány erre lehetőséget ad, és a pernyét használó gyárakban a műszaki feltételek részben megvannak, részben csekély beruházással (fogadó- és tárolókapacitás bővítése, adagolók átalakítása stb.) megteremthetők. Esetleg szükség lehet az erőműnél a kinyerőberendezés, illetve a szállításhoz a kocsipark bővítésére is. Természetesen a nagyobb pernye adagoláshoz megfelelő minőségű klinker előállítása is szükséges, amihez korszerű cementgyárainkban megvannak az előfeltételek. Ezt bizonyítják a beremendi 350 ppc 20 előállításával kapcsolatos legújabb tapasztalatok is.

A harmadik, de talán legtöbbet ígérő lehetőség a négyösszetevős cementek gyártása. Mivel ez a hazai gyakorlatban egyelőre még idegenkedést vált ki, érdemes vele kicsit részletesebben foglalkozni. Tulajdonképpen ilyen cementeket már korábban is gyártottak, amikor a klinker és a gipszkő mellé a kohósalakon, vagy pernyén kívül kismennyiségű szállóport adagoltak. E cementek minősége azonban meglehetősen ingadozó volt, ezért a szállópor hozzákeverését megszüntették.

A jelen esetben nem erről van szó, hanem arról, hogy a kohósalak portlandcementet előállító üzemekben kellene negyedik komponensként a pernyét bevezetni. Érdemes megemlíteni, hogy a külföldi gyakorlatban ez nem újdonság, mivel Franciaországban hosszú évekig gyártottak, ill. jelenleg is gyártanak kohósalakot és pernyét tartalmazó, ún. CPALC cementeket. Több ország szabványa pedig alternatív kiegészítőanyag adagolást (kohósalak és/vagy pernye) tesz lehetővé. (A jelenlegi hazai szabvány is megengedi a kohósalak portlandcementben a kohósalak egy részének pernyével való helyettesítését).

Az energiatakarékosság és a kiegészítőanyaghányad növelése szempontjából e kérdésnek nagy jelentőséget tulajdonítva, a SZIKKTI-ben részletes tájékoztató vizsgálatokat végeztünk különböző összetételű négykomponenses cementekkel. (A cementeket laboratóriumi golyósmalomban, azonos örlési energiáfordítással – ún. „izokron örléssel” készítettük). Az eredményeket a 4–7. ábrák mutatják. Ezekből egyértelműen megállapítható, hogy a 40–60% kiegészítő anyagot tartalmazó cementeknél a szilárdsági értékek minden esetben akkor a legkedvezőbbek, ha a kohósalak 1/5–1/3 részét pernyével helyettesítjük. Ebben – bár részleteiben nem vizsgáltuk – feltehetően szerepet játszik az ilyen cementek kedvezőbb szemszerkezete is.

Az eredmények alapján tehát mindenképpen érdemes foglalkozni a négyösszetevős cementek gyártásának meghonosításával, ill. elterjesztésével. Ez a szilárdság-többlet mellett azzal az előnnyel is kecsegtet, hogy bizonyos mértékben a kétféle kiegészítőanyag egymással helyettesíthető, tehát ha valamelyikből hiány mutatkozik, vagy romlik a minősége, a másikkal pótolható, így a cement gazdaságos kiegészítőanyag tartalma mindig biztosítható.



A kiegészítőanyag tartalom növelésének lehetőségei az egyes cementgyárakban

| Cementfajta | Ber. | Bfa. | Hcs. | Láb. | Tb. | Vác |
|-------------|------|------|------|------|-----|-----|
| 450 R pc    |      |      |      |      |     | (×) |
| 450 pc      | ×    | ×    | ×    |      |     | ×   |
| 450 ppc 10  |      |      |      |      |     | (×) |
| 450 kspc 20 |      |      |      |      |     |     |
| 350 ppc 10  |      |      |      |      |     |     |
| 350 ppc 20  | ×    | ×    |      | ×    | ×   |     |
| 350 kspc 20 |      |      |      |      |     |     |
| 350 kspc 40 |      |      | ×    |      |     | ×   |
| 250 kspc 60 |      |      | (×)  |      |     | ×   |
| S - 54      |      |      |      | ×    |     |     |

Megjegyzés:

× - gyártandó termékek

(×) - időszakosan gyártandó termékek

Természetesen a negyedik összetevő szállításának, fogadásának, tárolásának és beadagolásának megszervezése, ill. üzemszerű alkalmazása a technológiát szükségképpen bonyolítja, de semmiképp sem jelent megoldhatatlan problémát. Az alkalmazás kérdését minden gyár esetében a népgazdasági érdek, ill. a gazdaságossági számítások eredményeinek figyelembevételével kell eldönteni.

Egyet viszont feltétlenül hangsúlyozni szeretnék: a magyar cementipar részére a növekvő kiegészítőanyag igény kielégítése távlatilag csaknem kizárólag pernye bázison oldható meg. Ezért tetszik vagy nem tetszik, az idegenkedést leküzdve, meg kell barátkoznunk azzal a gondolattal, hogy a pernye gyakorlatilag minden cementgyárban előbb-utóbb felhasználásra kerül.

#### A kiegészítőanyag hányad növelésének lehetőségei az egyes cementgyárakban

A konkrét lehetőségek felmérésénél az alábbi főbb (döntően műszaki) szempontokat kell elsősorban figyelembe venni:

- a rendelkezésre álló kiegészítőanyagok fajtája, mennyisége és eloszlása
- a szükséges változtatások minél kisebb beruházási költségigénye
- az egyes üzemek technológiai adottságai
- lehetőség biztosítása a nagyszilárdságú cementek gyártási volumenének egyidejű növelésére
- az egy gyárban előállítandó cementfajták számának minimalizálása (2, de legfeljebb 3 fajta egyidejű előállítása).

Megjegyzem, hogy a dotált cement-árak miatt a gazdaságossági, ill. önköltségi kérdéseket tudatosan figyelmen kívül hagytam. Számításba vettem viszont, hogy az előzőekben javasolt szabvány-korrekciónak értelmében a 450 pc is tartalmazhatna 10–15% kiegészítőanyagot (a portlandcement elnevezés módosítása, illetve a bekevert anyag fajtájának külön megjelölése nélkül). Ugyancsak számoltam azzal, hogy a kspc 40 ill. kspc 60 cementfajtában a kohósalak egy részét pernyével fogják pótolni mindenütt, ahol erre a lehetőség viszonylag könnyen megteremthető.

Az elmondottak alapján az egyes gyárakban előállítandó cementek javasolt választéka a 6. táblázat szerint prognosztizálható. A táblázathoz kiegészítésképpen hozzáfűzhetem, hogy a 450 ppc 10, a 350 ppc 10 és a 350 kspc 20 kategóriák az előbb említett szabványmódosítás után szükségtelenné válnának, így e sorokat üresen is hagytam.

A táblázat szerint a beremendi és a belpátfalvi gyár kizárólag két-két cementfajta (450 pc, ill. 350 ppc 20) állítana elő. Hejőcsabán a 450 pc mellett döntően 350 kspc 40, időszakosan pedig 250 ksc 60 gyártására kerülne sor. A váci gyárban a klinker jó minősége lehetővé teszi, hogy az alapvető termékek, a 350 kspc 40 és a 250 ksc 60 mellett időszakosan nagy kezdőszilárdságú és nagyszilárdságú 450 pc-t, továbbá 450 kspc 20-at is előállítsanak. A lábatlani gyár és a tatabányai őrlőüzem — hagyományos termékeik

(S 54 pc, 450 pc) mellett — szintén a 350 ppc 20 gyártására koncentrálhatna.

Az ismertetett elképzelés feltételezi, hogy a granulált kohósalak egy részét, előbb a váci, majd a későbbiekben esetleg a hejőcsabai gyárban is, pernyével pótolják. A négyösszetevős cementek gyártástechnológiája (ezen belül a pernye beadagolásának helye és módja) külön tanulmányt igényelne, így itt csak a főbb változatokat említeném meg:

- eredeti állapotú pernye hozzákeverése a kész, külön megőrölt cementhez;
- utánőrölt pernye hozzákeverése a cementhez;
- a pernye részleges együttörlése a cementtel (pl. a malom második, vagy harmadik kamrájába adagolva, vagy a szélosztályozóra feladva a pernyét);
- a pernye teljes együttörlése a cementtel, az összes anyagot az első kamrába adagolva.

E változatok különböző megoldásai, illetve azok kombinációja rendkívül sokféle lehetőséget kínál, melyek részletezésére itt nincs lehetőség. Megjegyzem viszont, hogy kb. 10 évvel ezelőtt a CEMÜ megbízásából a SZIKKTI technológiai tervező osztályai tanulmány-tervet készítettek a DCM-ben a pernye fogadásának, tárolásának és beadagolásának megvalósítására (az a.) változat szerint). Véleményem szerint ennek több eleme némi módosítással ma is felhasználható lenne.

A 70-es évek közepén a DCM-ben egy nagyüzemi kísérletre is sor került, melynek folyamán a részleges együttörlése technológiát (c) változat) próbáltuk ki kedvező eredménnyel. Ezek az adatok ma is hozzáférhetők és kiindulásként felhasználhatók azokhoz a számításokhoz, melyek célja a négyösszetevős cementek a DCM-ben történő gyártása gazdaságosságának és célszerűségének elbírálása.

A HCM vonatkozásában ilyen jellegű előzetes kísérletek, ill. adatok nem állnak rendelkezésre, de feltételezhető, hogy a régi gyár egyes berendezéseinek (pl. a nyersliszt silók) felhasználásával a pernyeada-  
golás megvalósításához szükséges beruházási költségeket csökkenteni lehetne.



**Kovács Róbert: Lehetőségek a cementek kiegészítőanyag tartalmának növelésére**

Az energiatakarékos cementgyártás egyik világtendenciája a felhasznált kiegészítőanyagok mennyiségének növelése. A hazai kiegészítőanyag felhasználás – különböző okokból – egyelőre elmarad a fejlett országok átlagától, de távlatilag reálisan mintegy félmillió t többlet felhasználással lehet számolni, ami jelentős energia- és költség megtakarítást hozhat. A kiegészítőanyag tartalom növelésének legfőbb akadályai a termelési, tervezési, forgalmazói és felhasználói érdekeltség hiánya, emellett a szabvány és a tervezési előírások módosítása is célszerű lenne. A jövőben főként az erőmű-pernye jöhet szóba a kiegészítőanyag mennyiségének növelésére. Az újabb kutatási eredmények alapján perspektivikusnak ígérkezik a négyösszetevős cementek gyártásának megszervezése, elsősorban a DCM-ben, majd később a HCM-ben is.

**Kovács, P.:** **Vозможности повышения содержания добавок в цементах**

Одной из мировых тенденций в области производства энергоэкономичных цементов является повышение содержания гидравлических добавок. Отечественное использование добавок по различным причинам пока еще отстает от среднего количества добавок в развитых странах, однако, в перспективе можно реально рассчитывать на повышение этого количества, примерно на 0,5 млн. тонн, что может привести к значительной экономии энергии и затрат. Главнейшим препятствием на пути повышения содержания добавок производителей, является отсутствие заинтересованности со стороны проектировщиков, торговых предприятий, потребителей. Наряду с этим было бы целесообразным видоизменить стандарты и инструкции. Перспективной добавкой к цементу также и с точки зрения возможности повышения количества является в первую очередь зола ТЭЦ. На основании результатов новейших исследований перспективным может быть организация производства

4-х компонентного цемента, в первую очередь на Дунайском цементном заводе и цементном заводе в Хейоцаба.

**Kovács, Róbert: Möglichkeiten zur Erhöhung des Ersatzstoffgehaltes der Zemente**

Eine Welttendenz der energiesparenden Zementherstellung ist die Erhöhung der Menge von verwendeten Ersatzstoffen. Die heimische Ersatzstoffverwendung – wegen verschiedenen Gründen – bleibt unter dem Durchschnitt der hochentwickelten Länder, aber perspektivisch kann ungef. mit einer Menge von Halbmillionen Tonne Mehrverwendung rechnen, die eine bedeutende Energieersparung bringen kann. Das wichtigste Hindernis der Erhöhung der Ersatzstoffgehaltes ist die Abwesenheit der Produktions-, Projektierungs-, und Verwendungsinteressiertheit, daneben wäre zweckmässig das Fehlen des Standartes und der Projektierungsvorschriften. In der Zukunft kann meistens die Erhöhung der Menge der Kraftwerkflugasche in Rede kommen. Auf Grund der neusten Forschungsergebnisse werden Perspektive die Organisation der Herstellung vierkomponenter Zemente in den DCM und später in den HCM haben.

**Kovács, Róbert: Possibilities to Increase the Hydraulic Additive Contents of Cements**

Increasing the share of hydraulic additive contents is one of the world trends in the low-energy manufacture of cements. In Hungary the use of hydraulic additives is less developed (due to different causes) than in the majority of industrial countries; perspective, however, an excess utilisation of 500 000 metric tons can be predicted. This will bring considerable savings. The main difficulty in increasing the additive content of blended cements is the lack of interest among manufacturers, designers, dealers and users. An appropriate change in standards and design instructions is needed too. Main additive material in the future will be power plant fly ash. New research results emphasize the perspective use of quaternary cements as well.

## Kitüntetettjeink

A Magyar Népköztársaság Elnöki Tanácsa

eredményes munkájuk elismeréseként, az Építők Napja alkalmából

ANDRASOVSKY GYÖRGYNEK,

a Téglá és Cserépipari Tröszt vezérigazgatójának

MUNKA ÉRDEMREND arany fokozata

BOSNYÁK JÁNOSNAK,

a Zsolnay Porcelángyár igazgatójának

EISELE GÉZÁNAK,

az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium tanácsosának,

MUNKA ÉRDEMREND ezüst fokozata

kitüntetést adományozta.

Az építésügyi és városfejlesztési miniszter

a „Kiváló Gyár”-i cím, illetve „Vezérigazgatói Dícséret elnyerése alkalmából

SOMOSKEÖY ISTVÁNT,

az Üvegipari Művek Nagykanizsai Üveggyár gyárigazgatóját

KIVÁLÓ MUNKÁÉRT kitüntetésben részesítette.

A MTESZ Borsod megyei Szervezete társadalmi munkája elismeréseként

SZÜCS JENŐT,

a Sajószentpéteri üzemi csoport elnökét MTESZ Díj-ban részesítette.

A kitüntetteknek gratulál a

SZILIKÁTIPIARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET VEZETŐSÉGE



# Magyarországi triász dolomitok pásztázó elektronmikroszkópi vizsgálata

HEGYINÉ PAKÓ JÚLIA\*—VITÁLIS GYÖRGY\*\*—WOJNÁROVITSNÉ HRAPKA ILONA\*

\* Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

\*\* Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest

## Bevezetés

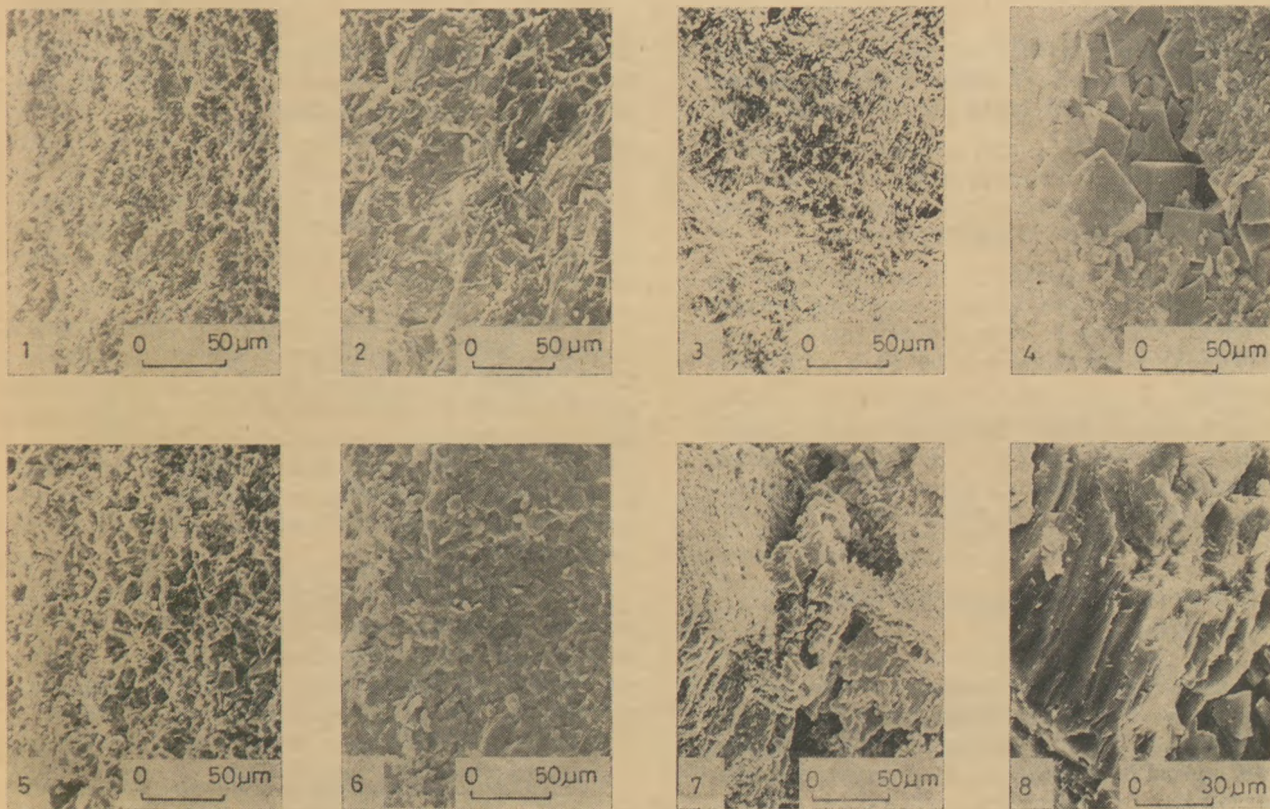
A magyarországi triász dolomitterületeken végzett földtani megfigyelések és a sokrétű, nagyszámú anyagvizsgálati eredmény összehasonlító értékelésével az egyes dolomitféleségeket — egymástól jól elkülöníthető — genetikai típusokba soroltuk [5]. A genetikai típusok meghatározása a keletkezési körülmények, a földtani kor és a közettani kifejlődés, valamint a fontosabb anyagvizsgálati eredmények figyelembevételével történt.

A jelen tanulmányban néhány jellemző kőzet pásztázó elektronmikroszkópi felvételét, a genetikai típusok szerint csoportosítva mutatjuk be. Ezek közül egy elsődleges és egy másodlagos keletkezésű dolomit elektronmikroszkópi felvételéhez tartozó röntgenspektrumokat is közöljük.

## A főbb genetikai típusú dolomitok finomszerkezete

Az anyagvizsgálatok során, a hazai dolomitokról első ízben készített számos pásztázó elektronmikroszkópi felvétel közül, a finomszerkezeti jellegzetességek tanulmányozására és további összehasonlítások végett, a főbb genetikai típusok egy-egy felvételét mutatjuk be (I. tábla).

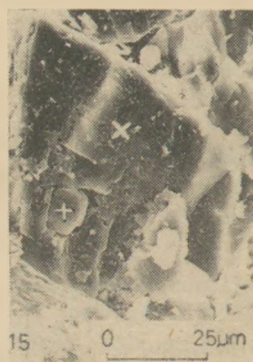
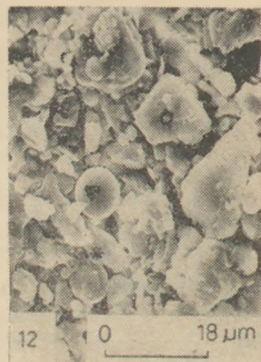
A nagyon kis magnézittartalmú, tömör I/1. jelű genetikai típusba sorolt dolomit (I. tábla 1. kép), a „tisztá” vegyi eredetű, tömör II/1. jelű (I. tábla 2. kép), a nagyon kis magnézittartalmú, lemezes I/2. jelű (I. tábla 5. kép) és a homokos, lemezes V/2. jelű (I. tábla 6. kép) dolomit hasonló kristálytextúrával rendelkezik. Valamennyi hivatkozott képre a homogén, tömör szerkezet jellemző. A I. tábla 2. kép a többinél kissé durvább szemcsézettségű.



I. tábla. A különböző genetikai típusú triász dolomitok töretfelületéről készített pásztázó elektronmikroszkópi felvételek

1. kép. Nagyon kis magnézittartalmú, tömör dolomit (karni); 2. kép. „Tisztá” vegyi eredetű, tömör dolomit (nóri); 3. kép. „Tisztá” szerves eredetű, tömör, diploporás dolomit (ladini); 4. kép. Meszes, tömör dolomit (nóri); 5. kép. Nagyon kis magnézittartalmú, lemezes dolomit (raeti); 6. kép. Homokos, lemezes dolomit (szeizi); 7. kép. „Tisztá” vegyi, sejtes dolomit (kampili); 8. kép. Hévírforrás-tevékenység hatására bontott „tisztá” vegyi dolomit (nóri)





II. tábla. A vöröshegyi (elsődleges) dolomit (anizusi) pásztázó elektronmikroszkópi (9–12. kép) és röntgenspektrum (lásd 1. ábra) felvételei

III. tábla. Az árpádtetői (másodlagos) dolomit (anizusi) pásztázó elektronmikroszkópi (13–16. kép) és röntgenspektrum (lásd 2. ábra) felvételei

A „tisztá” szerves eredetű, tömör III/1. jelű genetikai típusba sorolt dolomit (I. tábla 3. kép) lemezesen orientált, eltérő méretű kristályokból tevődik össze.

A meszes, tömör IV/1. jelű dolomitra (I. tábla 4. kép) a kisebb-nagyobb méretű szemcsehalmazok változása jellemző. A határozott élű, romboéderes kristályformák helyenként jól megfigyelhetők.

A „tisztá” vegyi, sejtes II/3. jelű genetikai típusba sorolt dolomit (I. tábla 7. kép) hasonlóan lemezes orientációjú, mint az I. tábla 3. képen látható, csak annál nagyobb méretű kristályokból áll és porózusabb szerkezetű.

A hőforrás-tevékenység hatására bontott „tisztá” vegyi, II/4. jelű dolomit (I. tábla 8. kép) rendkívül tömör kristálytextúrájú, az egyes kristályszemcsehatárok alig kivehetők [4, 1, 2, 3].

#### Elsődleges és másodlagos keletkezésű dolomit finomszerkezete

A dolomitok finomszerkezeti kutatása során egy elsődleges és egy másodlagos (hidrotermás metasomatózis révén keletkezett) dolomitot energiadiszperz mikroszondával is vizsgáltunk [3]. A natúr töretfelület morfológiai és mikroszonda vizsgálata alapján, a következő információkat nyertük.

Az elsődleges dolomit jellemző töretfelületét a II. tábla 9–12. kép szemlélteti. Ezeken megfigyelhető a dolomit alapra (o) ráépült, illetve helyenként fel-

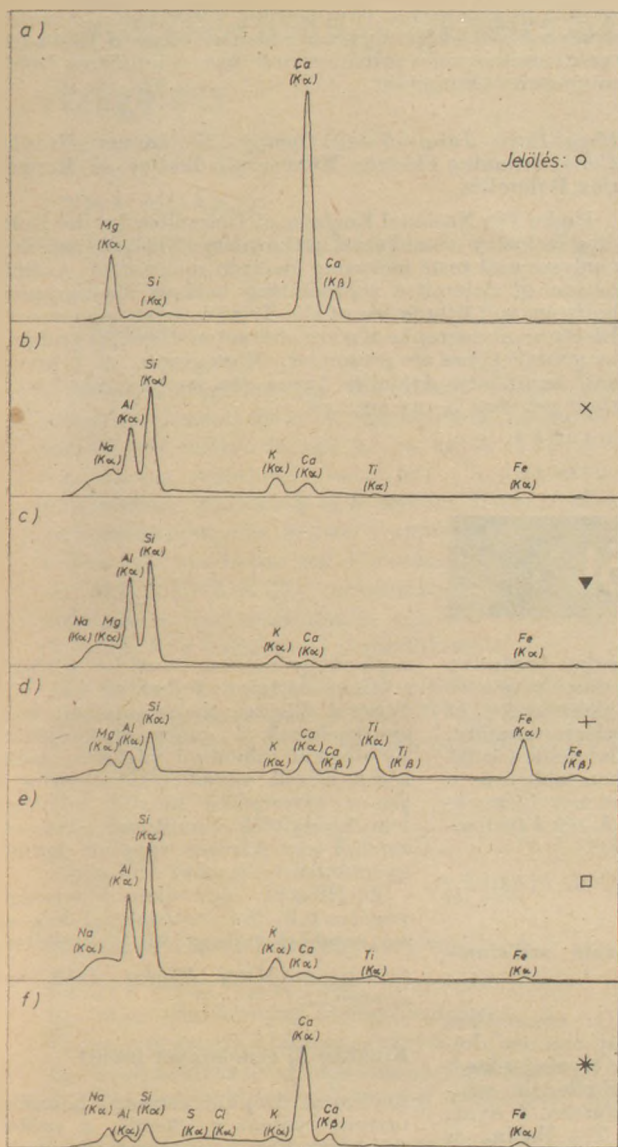
dúsuló földpát (x). A dolomitos részek viszonylagos homogenitására utal, hogy a csiszolat és a töretfelület elektronsugaras mikroanalízise (1. ábra) során a Ca/Mg csúcsarány csak kis mértékben tér el. A földpát összetétele rendkívül változó, ahogy ezt a különböző helyekről (II. tábla 12. kép) felvett röntgenspektrumok (1. ábra) is szemléltetik. A földpátban nagy területeken jellemzőek a szabályos, viszonylag nagy alumínium-oxid tartalmú gömbszerű alakzatok.

A másodlagos dolomit lényegesen heterogénebb textúrájú, mint az elsődleges. E dolomit töretfelületének jellegét a III. tábla 13–16. képei és a 2. ábra görbéi szemléltetik. A töretfelület és a csiszolat mikroszonda vizsgálata egyaránt az egyes kristályszemcsék nagymértékű összetételi inhomogenitására utal (2/a-b. ábra). A vastartalom általában a „rücskös” törési felületeken (▼) (III. tábla 14. kép és 2/c. ábra) mutatható ki.

A dolomitmátrixba beépült kalcit (+) (2/d. ábra) jellemző lekerekedett morfológiáját a III. tábla 15. képe mutatja. A környezetében megfigyelhető repedések alapján, az alaptextúrát fellazítja és ezzel magyarázható, hogy a törés során könnyen kiszabadul és a felületen gömbformájú alakzatként jelentkezik.

A III. tábla 16. képen látható földpát (□), sok esetben rárétegződött a dolomitos alapra. Az ehhez tartozó röntgenspektrumban (2/e. ábra) a Ca és az Mg jelenlétére utaló csúcsok, a karakterisztikus röntgensugárzás viszonylag nagy gerjesztési mélysége miatt, az alaphól származnak.





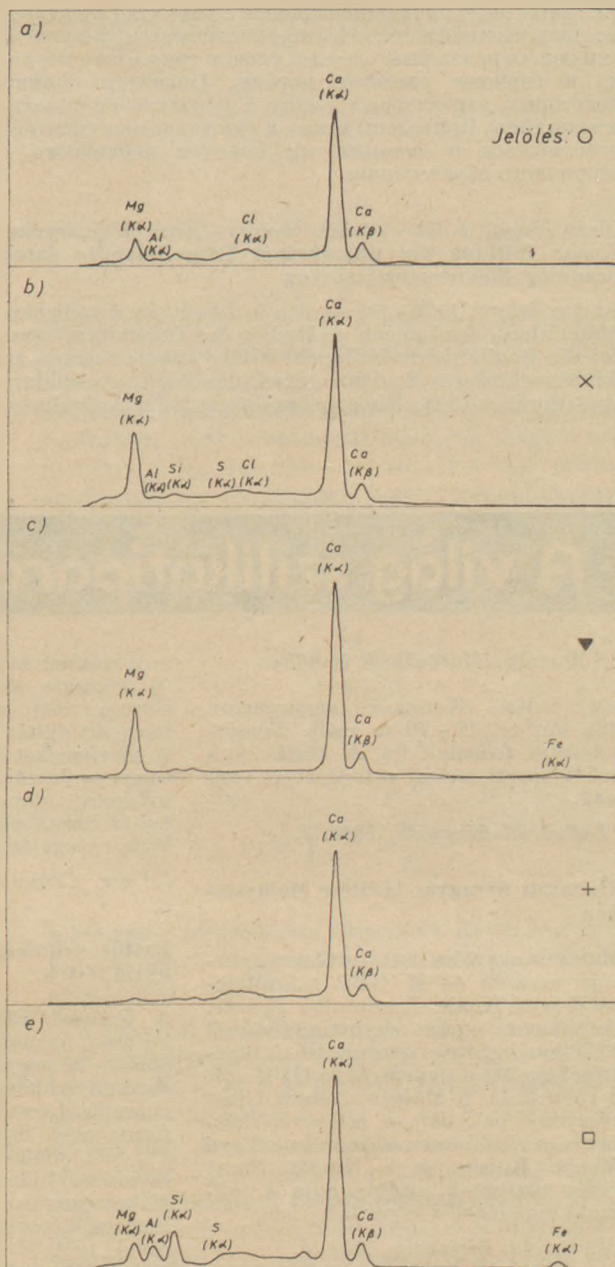
1. ábra

2. ábra

A közölt vizsgálatok is alátámasztják, hogy a különböző genetikájú dolomitok egymástól eltérő finomszerkezeti sajátosságokkal rendelkeznek, melyek kutatására a bemutatott módszer eredményesen alkalmazható.

## IRODALOM

- [1] Hegyiné Pakó J. – Vitális Gy. – Wojnárovits L.-né: Középlunántúli triász dolomitok pásztázó elektronmikroszkópi vizsgálata. *Építőanyag*, XXXI. 8. 1979. 306 – 312.
- [2] Hegyiné Pakó J. – Vitális Gy. – Wojnárovits L.-né: Északmagyarországi triász dolomitok pásztázó elektronmikroszkópi vizsgálata. *Építőanyag*, XXXII. 5. 1980. 188 – 192.
- [3] Hegyiné Pakó J. – Vitális Gy. – Wojnárovits L.-né: Adatok a Mecsek hegységi anizusi dolomitok finomszerkezet kutatásához. *Építőanyag*, XXXIII. 8. 1981. 302 – 307.
- [4] Hegyiné Pakó J. – Wojnárovits L.-né: Dolomitok scanning elektronmikroszkópi vizsgálata. *Építőanyag*, XXIX. 11. 1977. 453 – 456.



- [5] Vitális Gy. – Hegyiné Pakó J.: A Magyar-középhegység triász dolomitjainak genetikai típusai. *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat*, 113. 12. 1980. 813 – 818.

Hegyiné Pakó Júlia – Vitális György – Wojnárovitsné Hrapka Ilona: Magyarországi triász dolomitok pásztázó elektronmikroszkópi vizsgálata

Az 1976 – 80. években készített országos építőipari dolo-  
mitkataszter keretében a részletes anyagvizsgálatok so-  
rán, a triász időszak különböző rétegtani szintjeit és kőzet-  
kifejlődéseit reprezentáló dolomitokból számos elektron-  
mikroszkópi vizsgálatot végeztünk. Néhány jellemző kő-  
zet felvételét, a genetikai típusok szerint csoportosítva  
mutatunk be. Ezek közül egy elsődleges és egy másodla-  
gos keletkezésű dolomit elektronmikroszkópi felvételéhez  
tartozó röntgenspektrumokat is közöljük.

Хедине, П. Ю. – Виталии, Дь. – Войнаровитичне, Х. П.:  
Испытания венгерских триасовых доломитов с по-  
мощью сканирующего электронного микроскопа

В рамках подготовки государственного катастера доло-  
митов для строительной промышленности в 1976–80



г.г., нами было проведено большое количество электронно-микроскопических испытаний доломитов, репрезентирующих различные слоистые уровни триасового периода и периоды развития пород. Показаны снимки некоторых характерных пород в разбивке на генетические типы. Приведены также и рентгеновские спектры, относящиеся к доломитовым породам первичного и вторичного образования.

*Frau Hegyi, Júlia – Vitális, György – Frau Wojnárovits, Ilona: Prüfung der ungarischen Trias-Dolomite durch Scanning Elektronenmikroskop*

In den Jahren 1976 – 80 wurden in Laufe der detaillierten Materialuntersuchungen im Rahmen des Dolomitkatasters für die Bauindustrie zahlreiche SEM-Untersuchungen an den verschiedenen Schichten der Dolomitstein-Ausbildungen durchgeführt. Einige charakteristische Aufnahmen

werden in genetischer Gruppierung vorgeführt. Darunter werden SEM Aufnahmen und dazu gehörende Röntgenspektrumlinie eines primären und eines sekundären Dolomitgesteines mitgeteilt.

*Hegyi-Pakó, Júlia – Vitális György – Wojnárovits-Hrapka Ilona: Scanning Electron Microscopic Testing of Hungarian Dolomites*

Under the National Register of Dolomites for the Building Industry (established in the years 1976 – 80) detailed analyses and tests including electron microscopic examination of dolomites representing various stratigraphic horizons and lithofacies of the Triassic were carried out. Electron micrographs of some characteristic rocks grouped by genetic types are presented. Micrographs of primary and secondary dolomite types are supplemented with their relevant X-ray spectra.

## A világ szilikátiparából

### Új ilmenit előfordulások Indiában

Az indiai Konkan tengerparton 436 km<sup>2</sup>-en 12–20 m mély ilmenit-készletet fedeztek fel. A készletek a sekély parti részen a tengerben vannak.

(*Industrial Minerals*, 1984. 3.)

### Úsztatott üvegyár bővítése Malaysiában

Malaysia egyetlen úsztatottüveg gyártója további 44 M GBP ráfordítással bővíti Kuala Lumpur-i gyárát. Az üzem japán együttműködéssel 1973-ban kezdte el a termelést. A bővítéssel együtt a gyárra 76 M GBP volt a ráfordítás. A Malaysiai Sheet Glass részvényeinek 51%-a malaysiai kézben van. A fennmaradó részen a Toyo Menka Kaisha és a Nippon Sheet Glass osztoztak, utóbbi adja a műszaki segítséget a létesítményhez.

(*Industrial Minerals*, 1984. 3.)

### Új szervezetet alapítanak a félvezető-kristály gyártók

A japán és amerikai GaAs, GaP és InP félvezető kristályokat előállító cégek munkacsoportot hoztak létre, hogy állandó információcserével segítsék a gazdaságos gyártást és a piac észszerű megoldozását. A csoport tagjai a következők, Showa Denko, Shin-Etsu Handotai, Sumitomo Metal Industries, Sumitomo Electric, Dow Mining, Hitachi Cable, Furukawa Electric, Mitsubishi Metal, Mitsubishi Monsanto.

(*Amer. Ceram. Soc. Bull.* 1984. 2.)

### Előregyártott kerámia háztartási elemek Japánban

A japán Misawa Homes PALC márkanévvel (precastable autoclaved lightweight ceramic = előre önthető

autoklávban kezelt kissúlyú kerámia). új kerámia anyagot hozott piacra előregyártott elemek készítésére és háztartási építési technológia számára. A házelemeket előre felszerelik a szükséges nyílászáró szerkezetekkel és a villamos, valamint vízes szerelvényekkel és vezetékekkel is. A cég a technológia exportját is tervezi.

(*Amer. Ceram. Soc. Bull.* 1984. 2.)

### Kettős sajtóvalással készülő szilícium-nitrid testek

A General Electric Co szerződéses kutatás formájában új eljárást dolgozott ki nagy meleg nyomószilárd-ságú és oxidálásnak jól ellenálló szilícium-nitrid testek gyártására. A nyers formatestet Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-ből 7% BeSiN<sub>2</sub> és 7% SiO<sub>2</sub> adalék hozzáadásával kevert masszából hidegen sajtoltják, majd 2,2 MPa nyomáson N<sub>2</sub> gázban 2115 °C hőmérsékleten égetik 20–30 percen át, majd 1990 °C hőmérsékleten és 6,9 MPa nyomáson 20 percig tartják a formatesteket. Így az elméleti sűrűséget 99,4%-ban elérő testsűrűségű anyagot nyernek.

(*Amer. Ceram. Soc. Bull.* 1984. 2.)

### Szuperkemény vágószerszámok a japán elektronikai iparban

Eddig Japánban az ultraprecíz megmunkáláshoz polikristályos vágóélfű gyémánt vágókorongokat használtak. A Sumitomo Electric Industries Ltd. kb. 1 karát nagyságú műgyémánttal kialakított, egy ponton vágó szerszámot kíván forgalomba hozni, míg a Hitachi Ltd. 1984 közepétől köbös bórinitridből gyártott vágókorongokat gyárt. A Sumitomo által gyártott polikristályos gyémánt/bronz vágókorongokat Sumidia márkanévvel árusítják alumínium, réz vágására és hajtóművek, valamint autókalkatrészek megmunkálására.

Az Uchida cég 0,5 µm-es nagy-

ságú műgyémántszemesékből kialakított szerszámot fejlesztett ki. (A General Electric szerszámaiban levő gyártmányok 6 µm-es átmérőjűek.) Az optikai minőségű vágáshoz szükséges késélfű vágószerszámokba a 6 µm-es szemeséből készült vágóélek nem kielégítőek. Sumitomo 1984. közepétől egy karátos egy pont hatású gyémántszerszámokat árul majd.

A Hitachi cég tükrös fényességű vágásra 0,2–0,4 pontossággal dolgozó esztergakést fejleszt ki bórinitridből.

(*American Metal Market*, 1983. november 21.)

### Kínában új cementgyár indult

A Kínai Népköztársaság Liaoning tartományában megkezdte a próbagyártást a Benxi cementmű új gyártósora. Az előkalcinálóval ellátott forgókemence kapacitása 1200 tonna klincker/nap és ez a kapacitás 150%-kal növelhető.

(*Industrial Minerals*, 1984. 2.)

### Áresökkentés Közél-Keleten

A Qatar National Cement Co és az Al-Shoala Cement (330 és 300 kt/év cementgyártási kapacitással) 15%-kal csökkentették eladási árakat. Az áresökkentést az európai, japán és egyiptomi szállítók dömpingáron bonyolított exportja kényszerítette a két vállalatra.

(*Industrial Minerals*, 1984. 2.)

### Új magnéziatípus a piacon

A Martin Marietta Basic Products új-fajta, 99,6%-tisztaságú magnéziát gyárt dolomitos mészből. A termék állandóbb minőségű, mint a korábban ismert magnéziafajták. A gyártmányt „Magchem” márkanéven forgalmazták.

(*Industrial Minerals*, 1984. 2.)



# A duzzasztott agyagkavics betonok rugalmassági modulusának vizsgálata

TOMA MURAD

Építéstudományi Intézet, Budapest

## 1. Bevezetés

A betonok rugalmassági modulusát számos kutató vizsgálta elméleti úton. A rugalmassági modulus változását két módon fejezik ki: az egyik HANSEN [1] dolgozatára vezethető vissza, aki a betont kétfázisú rendszernek tekintette és a cementkő-váz, valamint az adalékanyag-váz fázisok rugalmassági modulusai-ból vezette le a beton rugalmassági modulusát. A másik MACKENZIE [2] tanulmányán alapul, aki az anyagok pórustartalmának elméleti összefüggését dolgozta ki a rugalmassági modulusával.

A betont két fázisból álló rendszerként vizsgáló elméletek egyik csoportja DANTU [3], KAPLAN [4] és HANSEN [1] munkái alapján az alábbi kifejezéseket szolgáltatotta:

$$\frac{1}{E_{b1}} = \frac{V_a}{E_a} + \frac{1-V_a}{E_{ck}}$$

$$E_{b2} = V_a \cdot E_a + (1-V_a) \cdot E_{ck}$$

Ebben, és a következő képletekben:

$E_b$  = a beton rugalmassági modulusa, N/mm<sup>2</sup>  
 $V_a$  = az adalékanyag térfogataránya  
 $V_{ck}$  = a cementkő térfogataránya  
 $E_a$  = az adalékanyag rugalmassági modulusa, N/mm<sup>2</sup>  
 $E_{ck}$  = a cementkő rugalmassági modulusa, N/mm<sup>2</sup>

Újabb vizsgálatok alapján HIRSCH [5] az

$$\frac{1}{E_{b3}} = 0,5 \cdot \left( \frac{V_a}{E_a} + \frac{1-V_a}{E_{ck}} \right) + 0,5 \cdot \left( \frac{1}{V_a \cdot E_a + (1-V_a) \cdot E_{ck}} \right)$$

kifejezést dolgozta ki, amely lényegében a fenti két kifejezés összevonása.

COUNTO [6] az alábbi összefüggést találta megfelelőnek:

$$\frac{1}{E_{b4}} = \frac{1-V_a}{E_{ck}} + \frac{1}{\frac{(1-V_a)}{V_a} \cdot E_{ck} + E_a}$$

Újabb POPOVICS [7] vizsgálta az

$$E_s = V_a \cdot E_a + V_{ck} \cdot E_{ck} \text{ számtani és az}$$

$$E_h = \frac{1}{\frac{V_a}{E_a} + \frac{V_{ck}}{E_{ck}}} \text{ harmonikus}$$

átlagokból képzett számítási eredmények és a vizsgálati adatok összefüggését. A számtani átlag azt az

esetet tételezi fel, amikor a két fázisban az egyen-gelyű nyomás hatására az *alakváltozások* (könnyű-beton), a harmonikus átlag azt az esetet, amikor a *feszültségek* (normálbeton) azonosak. A vizsgálatok azt mutatták, hogy a számtani átlag túl magas, a har-monikus átlag túl alacsony rugalmassági modulus-t eredményez a ténylegesen mért értékekhez képest. POPOVICS bizonyította, hogy az összetett átlag, azaz

$$E_s = A_1 \cdot E_s + A_2 \cdot E_h = A_1 \cdot (V_a \cdot E_a + V_{ck} \cdot E_{ck}) + \frac{A_2}{\frac{V_a}{E_a} + \frac{V_{ck}}{E_{ck}}} \text{ ill.}$$

$$\frac{1}{E_h} = \frac{A_1}{E_s} + \frac{A_2}{E_h} = \frac{A_1}{V_a \cdot E_a + V_{ck} \cdot E_{ck}} + A_2 \left( \frac{V_a}{E_a} + \frac{V_{ck}}{E_{ck}} \right)$$

kifejezések megfelelően választott  $A_1$  és  $A_2$  felvételével ( $A_1 + A_2 = 1$ ) a mérési eredményekre illeszkedő összefüggést jelentenek.

A felsorolt összefüggésekből számítható rugalmas-sági modulusokat  $E_{ck} = 100$  ill. 20,  $E_a = 20$  ill. 100, továbbá  $V_a = 0; 0,3; 0,5; 0,7$  és 1 felvételével az 1. táblázatban foglaltuk össze, ill. az 1. ábrán szerkesz-tettük meg. Az ábrából leolvasható, hogy az  $E_{b2}$  ada-tok szerint a cementkő és az adalékanyag rugalmas-sági modulusának a hatása teljesen azonos, az  $E_{b1}$  és az  $E_{b2}$  adatok szerint a rugalmassági modulus el-ső-sorban a kisebbik rugalmassági modulusal rendel-kező fázis határozza meg, de az mindegy, hogy ez a fázis a cementkő-e, vagy az adalékanyag-e.

Az  $E_{b4}$ -re vonatkozó adatok szerint a cementkő rugalmassági modulusa nagyobb hatású a beton ru-galmassági modulusára, mint az adalékanyag rugal-massági modulusa. Ez ellentétben áll számos, a szak-irodalomban található adattal.

Könnyűbeton esetében általában  $A_1 > A_2$ . Az  $E_{b5} = E_s$  értékeket (POPOVICS)  $A_1 = 0,6$  és  $A_2 = 0,4$  felvételével számítottuk.

A MACKENZIE [2] modellből kiindulva többek között HELMUTH és TURK [8], FELDMAN és SEREDA [9], az

$$E_b = f(V_1)$$

ahol  $V_1$  = a beton levegőtartalma, dm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

kifejezést alkotta meg, ill. FAGERLUND [9] az

$$E_b = f(V_{1kr})$$



1. táblázat

A rugalmassági modulus számítására ajánlott összefüggések összehasonlítása

| Eck | Ea  | Va  | E <sub>b1</sub> | E <sub>b2</sub> | E <sub>b3</sub> | E <sub>b4</sub> | E <sub>k1=0,6</sub> |
|-----|-----|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| 100 | 20  | 1   | 20              | 20              | 20              | 20              | 20                  |
|     |     | 0,7 | 26,3            | 44              | 32,9            | 37,1            | 36,9                |
|     |     | 0,5 | 33,3            | 60              | 42,9            | 52,1            | 49,3                |
|     |     | 0,3 | 45,5            | 76              | 56,9            | 70,1            | 63,8                |
|     |     | 0   | 100             | 100             | 100             | 100             | 100                 |
| 20  | 100 | 1   | 100             | 100             | 100             | 100             | 100                 |
|     |     | 0,7 | 45,4            | 76              | 56,9            | 56,2            | 63,8                |
|     |     | 0,5 | 33,3            | 60              | 42,9            | 41,9            | 49,3                |
|     |     | 0,3 | 26,3            | 44              | 32,9            | 32,1            | 36,9                |
|     |     | 0   | 20              | 20              | 20              | 20              | 20                  |

kifejezéssel mind a beton szilárdságának, mind a rugalmassági modulusának megközelítésében azt az ún. kritikus pórustartalmat ( $V_{1kr}$ ) határozza meg, amely mellett a betonnak minimális (de még mérhető) szilárdsága, ill. rugalmassági modulusa van.

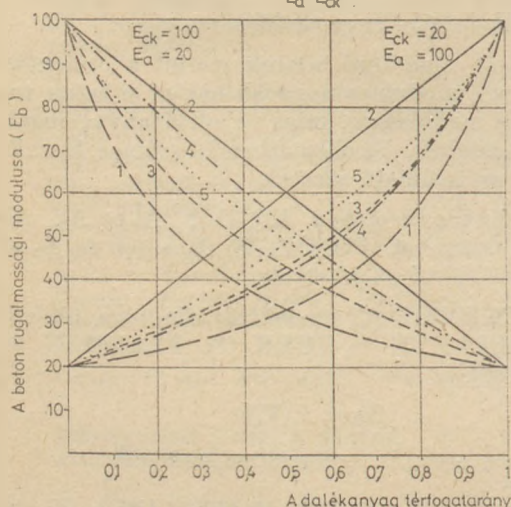
A kísérletek eredményei szerint a betonok rugalmassági modulusa elsősorban a következő tényezők-től függ:

- a beton szilárdsága és valamennyi, a beton szilárdságát befolyásoló tényező
- az adalékanyag fajtája, rugalmas és szilárdsági tulajdonságai
- a beton levegő-, ill. pórustartalma.

Az irodalmi adatok szerint a könnyűbetonok rugalmassági modulusa növekszik, ha [10]

- a könnyűbetonok szilárdsága és testsűrűsége nő
- a beton idősebb korú
- növekszik a cementhabarcs tömörsége (pl. kvarchomok alkalmazásával)

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad \frac{1}{E_b} &= \frac{V_a}{E_a} + \frac{1-V_a}{E_{ck}} & \textcircled{3} \quad \frac{1}{E_b} &= 0,5 \left( \frac{V_a}{E_a} + \frac{1-V_a}{E_{ck}} \right) \\ & & & \cdot 0,5 \left( \frac{V_a}{E_a} + \frac{1-V_a}{E_{ck}} \right) \\ \textcircled{2} \quad E_b &= V_a \cdot E_a + (1-V_a) \cdot E_{ck} & \textcircled{4} \quad \frac{1}{E_b} &= \frac{1-V_a}{E_{ck}} + \frac{1}{\frac{V_a}{E_a} + E_{ck}} \\ \textcircled{5} \quad E_b &= 0,6 (V_a E_a + V_{ck} E_{ck}) \cdot \frac{V_a}{E_a + E_{ck}} \end{aligned}$$



1. ábra. Irodalmi adatok a beton rugalmassági modulusára

- a betont hosszú időn át tárolták nedvesen
- növekszik a vizsgálatkor a terhelés sebessége
- a terhelés mértéke a beton szilárdságához viszonyítva kicsiny.

PAUW [11] és SCHÄFFLER [12] kísérleteik eredményei alapján az alábbi kifejezésekhez jutottak el:

$$\text{SCHÄFFLER: } E_b = 6000 \cdot \gamma^{\frac{3}{2}} \cdot R^{\frac{2}{3}} \text{ kp/cm}^2$$

$$\text{PAUW: } E_b = 33 \cdot \gamma^{\frac{3}{2}} \cdot R^{\frac{1}{2}} \text{ psi}$$

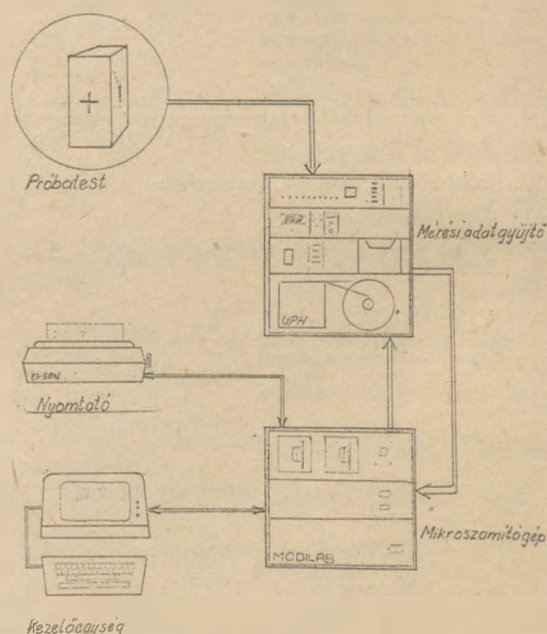
ahol  $\gamma$  = a beton testsűrűsége, kg/m<sup>3</sup> ill. lb/cuft  
R = a beton nyomószilárdsága, kp/cm<sup>2</sup> ill. psi

## 2. Elvégzett vizsgálatok és a vizsgálati eredmények értékelése

Az Építéstudományi Intézetben kísérleteket végeztünk duzzasztott agyagkavics adalékanyagokkal a könnyűbetonok rugalmassági modulusának a megállapítására. A kísérletekhez kétféle adalékanyagot használtunk, az egyik csehszlovákiai keramzit, a másik osztrák LECA agyagkavics volt. Az előző szemalakja szabálytalan, hengeres, az utóbbié gömbölyded, szabályos. Kötőanyagként váci 450 pc-t, továbbá a betonkeverékek készítéséhez az Öntődei Vállalat által előállított, élesen osztályozott (0–2 mm-es) frakciókat alkalmaztunk.

A vizsgálat során előállított betonkeverékek változó paraméterei megegyeznek a [13] alatti közleményben foglaltakkal. Az összetételeket úgy választottuk meg, hogy a bevezetőben említett valamennyi befolyásoló tényező (mind a betonösszetétel, mind az utókezelés és a vizsgálati módszer) szerepeljen.

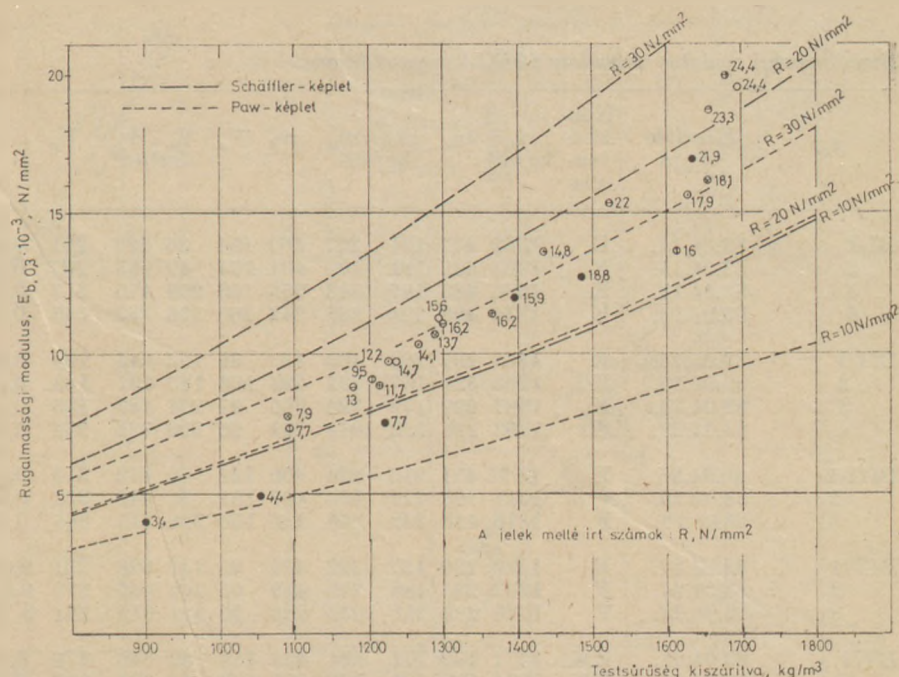
Valamennyi betonkeverékből 3–3 db 15 cm élhosszúságú kocka- és 10×10×40 cm-es hasábróbatesteket állítottunk elő a szilárdság és a rugalmassági modulus vizsgálatára. A rugalmassági modulus a betonok 28–40 napos korában állapítottuk meg. A mé-



2. ábra. A rugalmassági modulus vizsgálatánál alkalmazott berendezések és az adatfeldolgozás módja



3. ábra. Keramzit-adalékanyaggal készített betonok rugalmassági adatai



rés adatait ON-LINE módszerrel rögzítettük. A 2. ábra mutatja be a vizsgálat során alkalmazott berendezéseket és az adatfeldolgozás módját.

Az agyagkavicsbetonok összetételét és a rugalmassági modulusok mért értékeit a 2.-3. táblázatok

tartalmazzák. Az eredményeket több szempont alapján kíséreltük meg feldolgozni és értékelni.

Mindenekelőtt megvizsgáltuk, hogy a PAUW [11] és a SCHÄFFLER [12] által kidolgozott összefüggések alkalmasak-e az  $E_{b,0.3}$  mértékadó rugalmassági

Rugalmassági modulus vizsgálata (keramzit betonok)

2. táblázat

| Jel    | Készítés napja | Konzisztencia | $\gamma_k$<br>kg/m <sup>3</sup> | $m_a$ | $m_w$<br>kg/m <sup>3</sup> | $m_b$ | $m_a$ | $V_c$ | $V_b$<br>dm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> | $V_a$ | $V_p$ | X     | $R_{ay}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $E_{b0}$<br>MPa | $E_{b0.3}$<br>MPa | $\mu_{0.5}$ |
|--------|----------------|---------------|---------------------------------|-------|----------------------------|-------|-------|-------|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------------------------------|-----------------|-------------------|-------------|
| AI/1   | 83.02.14.      | K             | 1407                            | 480   | 192                        | 351   | 384   | 155   | 133                                      | 555   | 311   | 0,400 | 14,00                         | 9 081           | 9 844             | 0,213       |
| 2      | 83.02.14.      | K             | 1180                            | 502   | 169                        | 108   | 401   | 162   | 41                                       | 581   | 291   | 0,337 | 8,60                          | 7 958           | 8 676             | 0,236       |
| 3      | 83.02.14.      | K             | 1613                            | 474   | 218                        | 635   | 286   | 153   | 240                                      | 414   | 346   | 0,460 | 18,40                         | 10 797          | 11 848            | 0,212       |
| 4      | 83.02.15.      | K             | 1817                            | 480   | 211                        | 934   | 192   | 155   | 354                                      | 278   | 350   | 0,440 | 22,20                         | 13 658          | 14 956            | 0,259       |
| AII/1  | 83.02.15.      | K             | 1371                            | 287   | 191                        | 508   | 385   | 93    | 194                                      | 558   | 246   | 0,666 | 15,10                         | 10 339          | 11 592            | 0,234       |
| 2      | 83.02.15.      | K             | 1229                            | 330   | 173                        | 286   | 440   | 107   | 108                                      | 638   | 234   | 0,524 | 10,80                         | 7 598           | 8 435             | 0,253       |
| 3      | 83.02.16.      | K             | 1605                            | 289   | 193                        | 834   | 289   | 93    | 316                                      | 419   | 260   | 0,668 | 15,50                         | 14 129          | 14 013            | 0,195       |
| 4      | 83.02.16.      | K             | 1763                            | 281   | 199                        | 1096  | 187   | 91    | 415                                      | 271   | 274   | 0,708 | 15,00                         | 14 951          | 14 127            | 0,183       |
| AIII/1 | 83.02.16.      | F             | 1393                            | 465   | 213                        | 342   | 373   | 150   | 130                                      | 541   | 329   | 0,458 | 17,70                         | 10 030          | 10 025            | 0,262       |
| 2      | 83.02.22.      | F             | 1229                            | 509   | 204                        | 109   | 407   | 164   | 41                                       | 590   | 327   | 0,401 | 12,70                         | 8 220           | 8 570             | 0,238       |
| 3      | 83.02.22.      | F             | 1783                            | 464   | 229                        | 904   | 186   | 150   | 342                                      | 270   | 364   | 0,494 | 21,40                         | 15 106          | 15 877            | 0,178       |
| AIV/1  | 83.02.25.      | F             | 1377                            | 290   | 189                        | 512   | 386   | 94    | 194                                      | 560   | 345   | 0,652 | 12,90                         | 11 216          | 10 611            | 0,238       |
| 2      | 83.02.25.      | F             | 1238                            | 329   | 186                        | 285   | 438   | 106   | 108                                      | 635   | 246   | 0,565 | 8,5                           | 8 126           | 8 372             | 0,231       |
| 3      | 83.02.28.      | F             | 1763                            | 277   | 219                        | 1082  | 185   | 90    | 410                                      | 293   | 293   | 0,791 | 14,20                         | 14 640          | 14 337            | 0,177       |
| AV/1   | 83.02.28.      | KK            | 1413                            | 487   | 179                        | 357   | 390   | 157   | 135                                      | 565   | 300   | 0,368 | 17,80                         | 12 173          | 12 644            | 0,262       |
| 2      | 83.02.04.      | KK            | 1207                            | 515   | 174                        | 106   | 412   | 160   | 40                                       | 597   | 300   | 0,339 | 10,50                         | 9 241           | 8 678             | 0,248       |
| 3      | 83.02.04.      | KK            | 1843                            | 492   | 197                        | 957   | 197   | 159   | 363                                      | 286   | 340   | 0,400 | 26,40                         | 22 316          | 20 740            | 0,176       |
| AVI/1  | 83.03.07.      | KK            | 1399                            | 301   | 158                        | 538   | 402   | 97    | 202                                      | 582   | 216   | 0,525 | 15,50                         | 12 549          | 12 526            | 0,224       |
| 2      | 83.03.07.      | KK            | 1075                            | 290   | 146                        | 252   | 387   | 94    | 96                                       | 561   | 198   | 0,504 | 7,80                          | 8 952           | 9 188             | 0,234       |
| 3      | 83.03.11.      | KK            | 1788                            | 293   | 159                        | 1141  | 195   | 95    | 432                                      | 283   | 238   | 0,543 | 17,40                         | 12 530          | 16 825            | 0,158       |
| AVII/1 | 83.03.11.      | K             | 917                             | 116   | 92                         | 286   | 423   | 37    | 108                                      | 613   | 77    | 0,793 | 3,60                          | 4 135           | 5 582             | 0,179       |
| 2      | 83.03.14.      | K             | 1151                            | 171   | 126                        | 427   | 427   | 455   | 162                                      | 619   | 132   | 0,737 | 7,50                          | 7 390           | 8 574             | 0,200       |
| 3      | 83.03.14.      | K             | 1354                            | 226   | 152                        | 558   | 418   | 73    | 211                                      | 605   | 184   | 0,673 | 12,50                         | 11 029          | 11 050            | 0,201       |
| 4      | 83.03.18.      | K             | 1475                            | 278   | 173                        | 694   | 330   | 90    | 263                                      | 478   | 232   | 0,622 | 15,40                         | 14 856          | 14 545            | 0,213       |
| 5      | 83.03.18.      | K             | 1580                            | 327   | 178                        | 804   | 271   | 106   | 305                                      | 393   | 260   | 0,544 | 17,20                         | 14 214          | 15 054            | 0,199       |
| 6      | 83.03.21.      | K             | 1746                            | 383   | 383                        | 954   | 234   | 124   | 361                                      | 339   | 280   | 0,457 | 22,90                         | 16 900          | 18 747            | 0,200       |



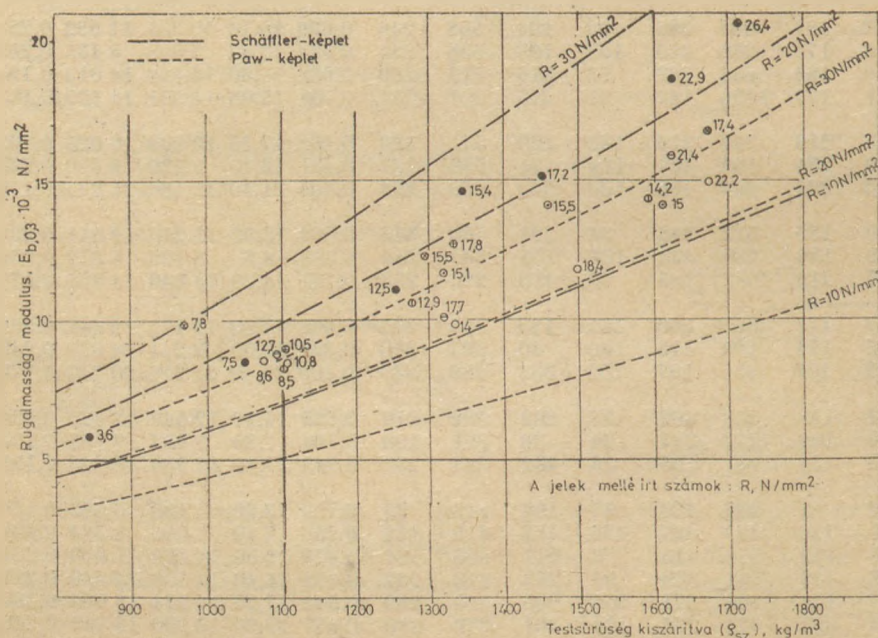
Rugalmassági modulus vizsgálata (LECA-anyagú betonok)

| Jel    | Készítés napja | Konzisztencia | $\gamma_k$<br>kg/m <sup>3</sup> | $m_c$ | $m_w$<br>kg/m <sup>3</sup> | $m_h$ | $m_a$ | $V_c$ | $V_h$<br>dm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> | $V_a$<br>dm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> | $V_p$ | X     | $R_{ny}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $E_{b0}$<br>MPa | $E_{b0,3}$<br>MPa | $\mu_{0,5}$ |
|--------|----------------|---------------|---------------------------------|-------|----------------------------|-------|-------|-------|------------------------------------------|------------------------------------------|-------|-------|-------------------------------|-----------------|-------------------|-------------|
| BI/1   | 83.04.11.      | K             | 1362                            | 477   | 191                        | 227   | 467   | 154   | 86                                       | 623                                      | 291   | 0,400 | 15,60                         | 10 419,70       | 11 303            | 0,255       |
| 2      | 83.04.11.      | K             | 1303                            | 509   | 191                        | 106   | 494   | 164   | 40                                       | 663                                      | 297   | 0,375 | 14,70                         | 9 009,70        | 9 010             | 0,244       |
| 3      | 83.04.13.      | K             | 1586                            | 485   | 197                        | 548   | 356   | 156   | 208                                      | 475                                      | 317   | 0,406 | 22,00                         | 15 548,10       | 15 441            | 0,266       |
| 4      | 83.04.13.      | K             | 1834                            | 496   | 208                        | 888   | 242   | 160   | 336                                      | 232                                      | 345   | 0,419 | 24,40                         | 21 010,10       | 19 661            | 0,181       |
| BII/1  | 83.04.15.      | K             | 1351                            | 297   | 168                        | 403   | 483   | 96    | 152                                      | 644                                      | 204   | 0,566 | 14,10                         | 10 063,90       | 10 304            | 0,204       |
| 2      | 83.04.15.      | K             | 1293                            | 321   | 157                        | 292   | 523   | 103   | 110                                      | 697                                      | 193   | 0,489 | 12,20                         | 9 478,70        | 9 744             | 0,260       |
| 3      | 83.04.20.      | K             | 1567                            | 299   | 179                        | 724   | 365   | 97    | 274                                      | 487                                      | 235   | 0,599 | 14,80                         | 13 053,60       | 13 623            | 0,213       |
| 4      | 83.04.20.      | K             | 1763                            | 296   | 182                        | 1044  | 241   | 96    | 396                                      | 321                                      | 253   | 0,615 | 17,90                         | 15 181,20       | 15 641            | 0,219       |
| BIII/1 | 83.04.25.      | F             | 1368                            | 471   | 213                        | 224   | 460   | 152   | 85                                       | 613                                      | 311   | 0,452 | 16,20                         | 10 851,00       | 11 125            | 0,244       |
| 2      | 83.04.25.      | F             | 1311                            | 498   | 222                        | 104   | 487   | 161   | 39                                       | 649                                      | 324   | 0,446 | 13,00                         | 7 519,80        | 8 898             | 0,214       |
| 3      | 83.04.26.      | F             | 1816                            | 483   | 232                        | 865   | 236   | 156   | 328                                      | 315                                      | 365   | 0,480 | 23,30                         | 17 934,20       | 18 760            | 0,225       |
| BIV/1  | 83.04.27.      | F             | 1349                            | 289   | 197                        | 392   | 471   | 93    | 149                                      | 628                                      | 231   | 0,682 | 9,50                          | 7 298,00        | 9 081             | 0,224       |
| 2      | 83.04.27.      | F             | 1237                            | 295   | 188                        | 296   | 485   | 95    | 102                                      | 647                                      | 219   | 0,637 | 7,70                          | 7 545,00        | 7 424             | 0,196       |
| 3      | 83.04.28.      | F             | 1775                            | 293   | 211                        | 1032  | 239   | 95    | 391                                      | 319                                      | 281   | 0,720 | 16,00                         | 14 776,50       | 13 674            | 0,164       |
| BV/1   | 83.04.28.      | KK            | 1377                            | 492   | 171                        | 234   | 480   | 159   | 89                                       | 640                                      | 274   | 0,348 | 16,20                         | 10 676,70       | 11 446            | 0,251       |
| 2      | 83.04.29.      | KK            | 1324                            | 523   | 181                        | 109   | 511   | 169   | 41                                       | 681                                      | 290   | 0,346 | 11,70                         | 9 264,50        | 8 938             | 0,236       |
| 3      | 83.04.29.      | KK            | 1796                            | 491   | 186                        | 879   | 240   | 158   | 333                                      | 320                                      | 321   | 0,379 | 24,40                         | 18 296,70       | 19 974            | 0,185       |
| BVI/1  | 83.05.06.      | KK            | 1356                            | 297   | 170                        | 404   | 485   | 96    | 153                                      | 647                                      | 205   | 0,572 | 13,70                         | 10 182,80       | 10 743            | 0,208       |
| 2      | 83.05.06.      | KK            | 1203                            | 296   | 156                        | 270   | 481   | 96    | 102                                      | 614                                      | 189   | 0,527 | 7,90                          | 6 865,90        | 7 839             | 0,206       |
| 3      | 83.05.09.      | KK            | 1771                            | 301   | 163                        | 1062  | 245   | 97    | 402                                      | 327                                      | 235   | 0,542 | 18,10                         | 15 701,90       | 16 175            | 0,210       |
| BVII/1 | 83.05.09.      | K             | 989                             | 112   | 108                        | 274   | 495   | 36    | 103                                      | 660                                      | 70    | 0,964 | 3,40                          | 3 818,20        | 4 014             | 0,187       |
| 2      | 83.05.09.      | K             | 1150                            | 157   | 120                        | 479   | 479   | 51    | 149                                      | 639                                      | 104   | 0,764 | 4,40                          | 5 121,80        | 4 964             | 0,170       |
| 3      | 83.05.10.      | K             | 1325                            | 206   | 140                        | 512   | 467   | 67    | 194                                      | 623                                      | 147   | 0,680 | 7,70                          | 7 267,30        | 7 618             | 0,182       |
| 4      | 83.05.10.      | K             | 1516                            | 273   | 163                        | 680   | 400   | 88    | 258                                      | 533                                      | 205   | 0,597 | 15,90                         | 11 639,60       | 12 004            | 0,219       |
| 5      | 83.05.11.      | K             | 1610                            | 319   | 173                        | 793   | 325   | 103   | 300                                      | 433                                      | 241   | 0,542 | 18,80                         | 11 763,60       | 12 844            | 0,235       |
| 6      | 83.05.11.      | K             | 1763                            | 372   | 185                        | 928   | 278   | 120   | 352                                      | 371                                      | 277   | 0,497 | 21,90                         | 17 934,20       | 16 250            | 0,224       |

modulus meghatározására. A beton testsűrűségének és nyomószilárdságának a függvényében a 3.–4. ábrákon feltüntettük a PAUW, ill. a SCHÄFFLER által közölt képletek alapján meghatározható görbék és összehasonlítottuk az általunk mért adatokkal. Az ábrákból látható ezeknek a képleteknek erősen

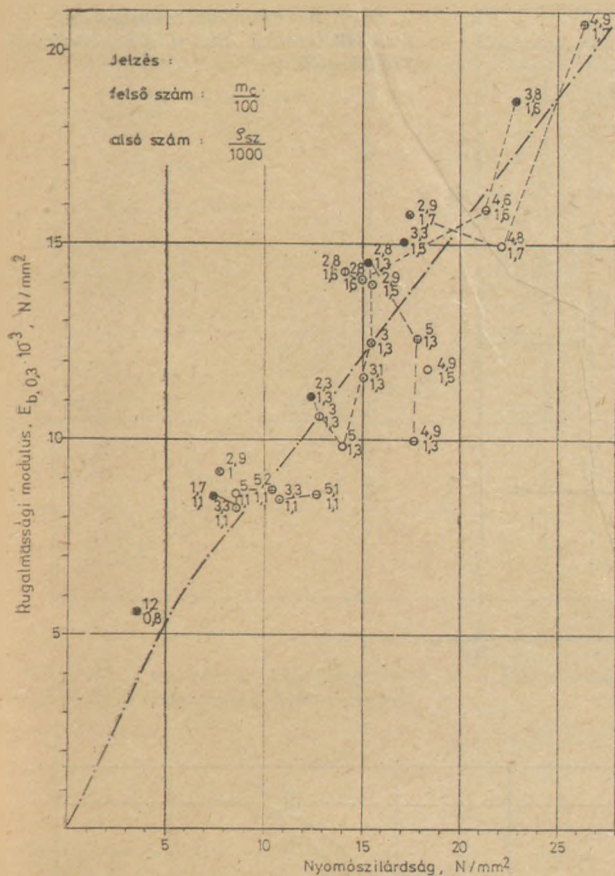
közelítő volta, pl. az 1300–1400 kg/m<sup>3</sup> testsűrűségű betonokon mért rugalmassági modulusok egyáltalán nem illeszkednek a megfelelő görbékre.

Megvizsgáltuk a betonok nyomószilárdságának és rugalmassági modulusának az összefüggését is a testsűrűségtől függetlenül az 5.–6. ábráknak megfelelően.



4. ábra. LECA-adalékanyaggal készített betonok rugalmassági adatai



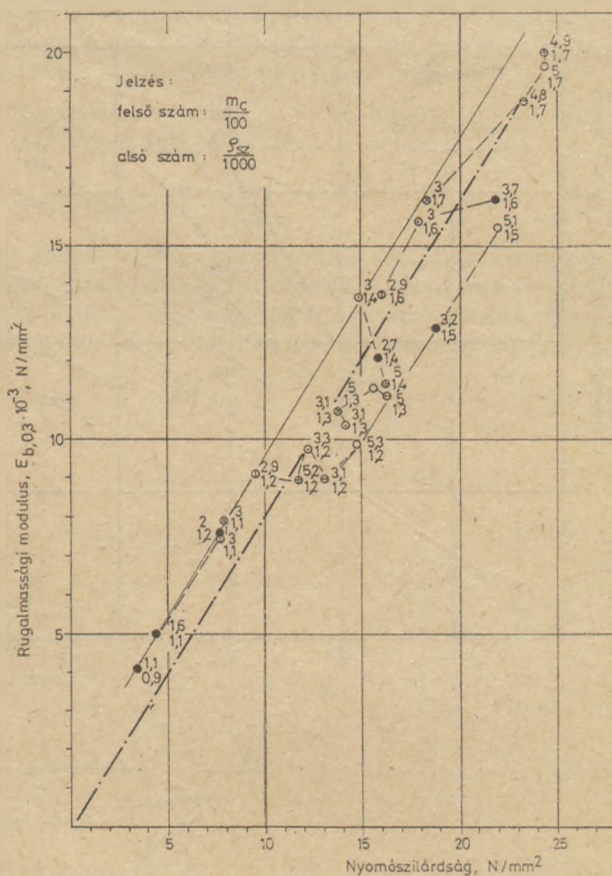


5. ábra. Keramzit-adalékanyaggal készített betonok adatai

Vitathatatlan, hogy a betonok nyomószilárdságának a növekedésével nő a rugalmassági modulus is, tehát tendenciájukban az ismert összefüggések első közelítésként elfogadhatók, de az ábrákból az is kitűnik, hogy pl.: a cementtartalom hatása sem elhanyagolható: adott nyomószilárdság mellett általában a nagyobb cementtartalomhoz kisebb rugalmassági modulus tartozik.

Minthogy az 5. és 6. ábrákon egyaránt látható, hogy a betonösszetétel hatása nem hanyagolható el, ezért vizsgálatainkat ebben az irányban folytattuk. Ezért a cementtartalom függvényében szerkesztettük meg a 7.–8. ábrákon a rugalmassági modulus változását. Azt találtuk, hogy a konzisztencia és a cement: homok arány az a két paraméter, amelynek a függvényében a rugalmassági modulusok rendeződni látszanak. Ezeken az ábrákon csak az volt zavaró, hogy folyós konzisztenciával nagyobb rugalmassági modulusok adódtak, mint képlékenyvel vagy kissé képlékenyvel ugyanolyan cement: homok arány mellett és ez nem tekinthető helytállónak. Azért nem tudtuk elfogadni ezt az összefüggést, mert folyós konzisztencia esetén a vízpárolgásból visszamaradó levegőtartalom mindenképpen nagyobb kell legyen adott cement- és homoktartalom mellett, mint kissé képlékeny konzisztencia esetén.

Minthogy a cementtartalom és a homok:cement arány növekedése egyúttal a testsűrűség növekedését is jelenti, újból visszatérünk azokhoz a paraméterekhez, de nem a szilárdságot (mint SCHAFFER



6. ábra. LEC A-adalékanyaggal készített betonok adatai

és PAUW), hanem a betonösszetételt választottuk további paraméterként. Azt tételeztük fel tehát, hogy az agyagkavics betonok rugalmassági modulusa

$$E_{b, 0,3} = f(\gamma, m_c, m_h, m_a, m_w) \text{ vagy}$$

$$E_{b, 0,3} = f(\gamma, V_c, V_h, V_a, V_w) \text{ vagy}$$

$$E_{b, 0,3} = f(\gamma, V_p)$$

ahol  $\gamma$  = a beton testsűrűsége, kg/m<sup>3</sup>

$m_c, m_h, m_a, m_w$  = a beton cement-, finomhomok-, adalékanyag- és víztartalma, kg/m<sup>3</sup>

$V_c, V_h, V_a$  és  $V_p$  = a cement, a finomhomok, az agyagkavics és a cementpép térfogata, dm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

függvénykapcsolatok valamely alakjával kifejezhető.

A cikk szűkreszabott terjedelme miatt mellőzzük valamennyi zsákutca ismertetését, amelyet bejártunk s csak a vizsgálódásunk végeredményét ismertetjük.

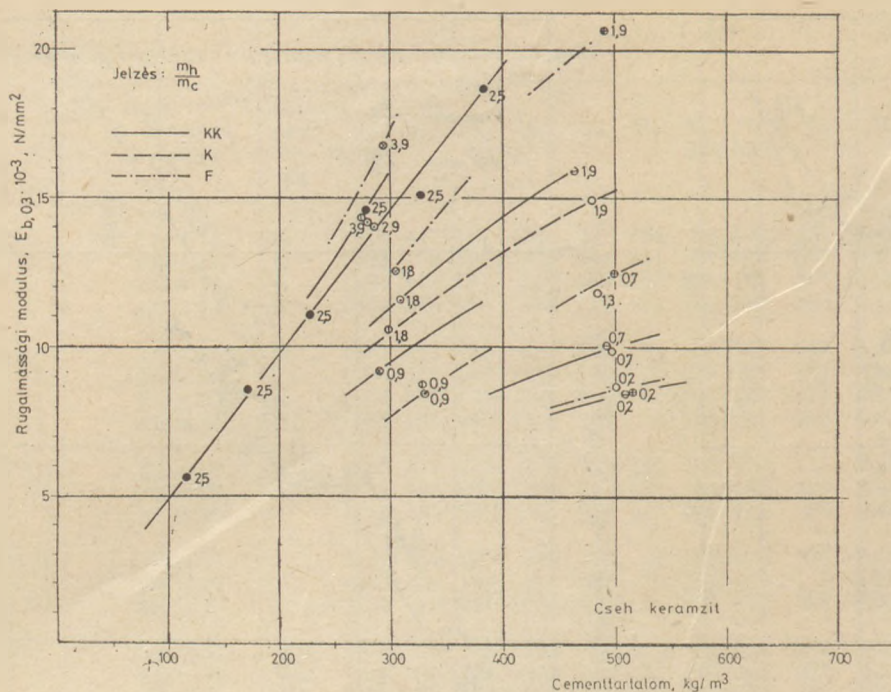
Az eredmények különböző paraméterek függvényében való feldolgozása azt mutatta, hogy  $m_c + m_h$  függvényében a rugalmassági modulus — első látásra meglepő módon — negatív kitevőjű exponenciális összefüggéssel fejezhető ki, azaz

$$E_{b, 0,3} = \xi e^{-(m_c + m_h)}$$

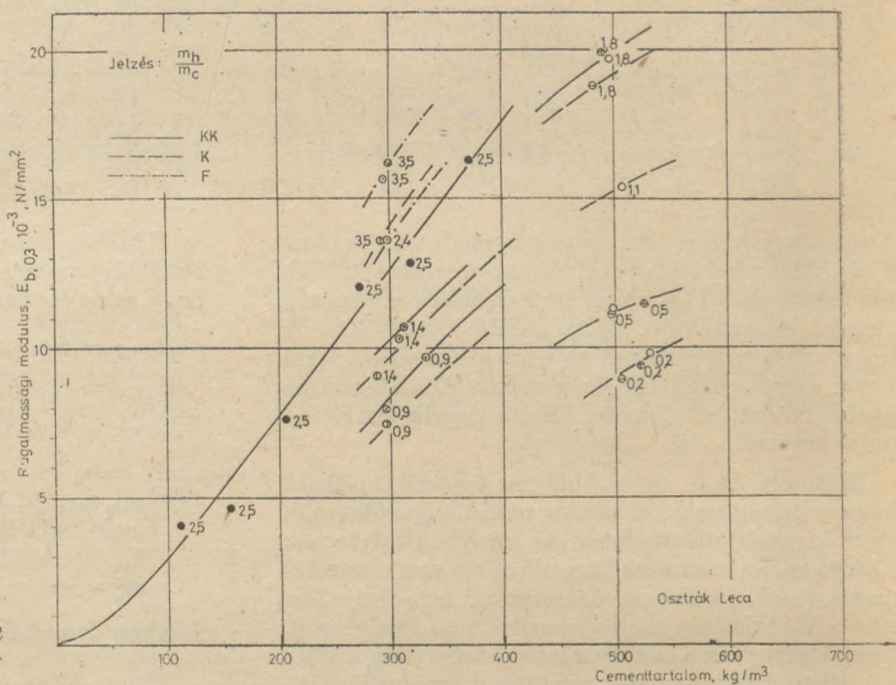
ahol  $m_c + m_h$  t/m<sup>3</sup> dimenziójú. Ezután a vizsgálati eredményekből számítható

$$\xi = \frac{E_{b, 0,3}}{e^{-(m_c + m_h)}}$$





7. ábra. Keramzit-adalékanyaggal készített betonok adatai a konzisztencia függvényében



8. ábra. Leca-adalékanyaggal készített betonok adatai a konzisztencia függvényében

szorozótényező. Ezt a szorozótényezőt ismét különböző paraméterekkel összefüggésben (szilárdság, levegőtartalom, stb.) ábráztuk s végül a készítési testsűrűséggel való szoros korrelációját állapítottuk meg. Ezeket a korrelációkat keramzitra a 9., Leca anyagára a 10. ábrák mutatják.

Az ábrák szerint  $\xi$  a testsűrűséggel hatványfüggvény szerint változik, ezért egyszerű módon számíthatóvá vált a következő kifejezés:

$$\begin{aligned} \text{keramzit betonra:} & \quad \xi = 8,4 \cdot \gamma_k^{3,5} \\ \text{LECA anyagú betonra:} & \quad \xi = 6,0 \cdot \gamma_k^{4,1} \end{aligned}$$

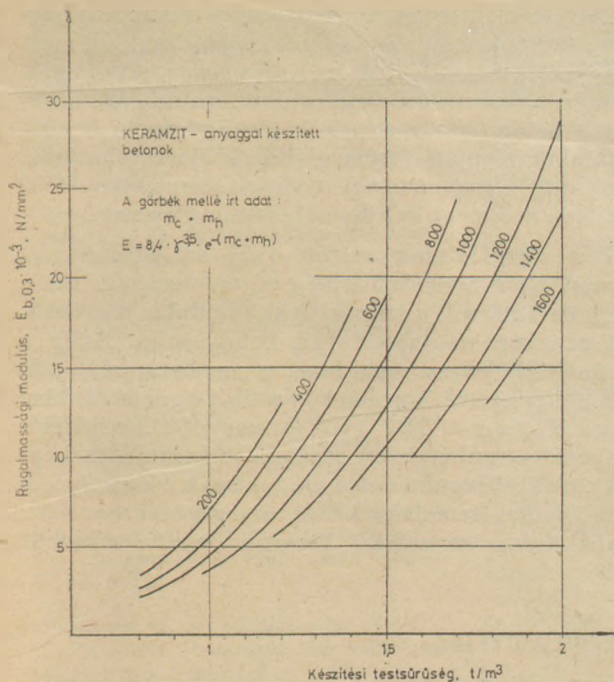
Ebből a mértékadó rugalmassági modulus:

$$\begin{aligned} \text{keramzit betonokra:} & \quad E_{b,0.3} = 8,4 \cdot \gamma_k^{3,5} \cdot e^{-(m_c + m_h)} \\ \text{LECA anyagú betonokra:} & \quad E_{b,0.3} = 6,0 \cdot \gamma_k^{4,1} \cdot e^{-(m_c + m_h)} \end{aligned}$$

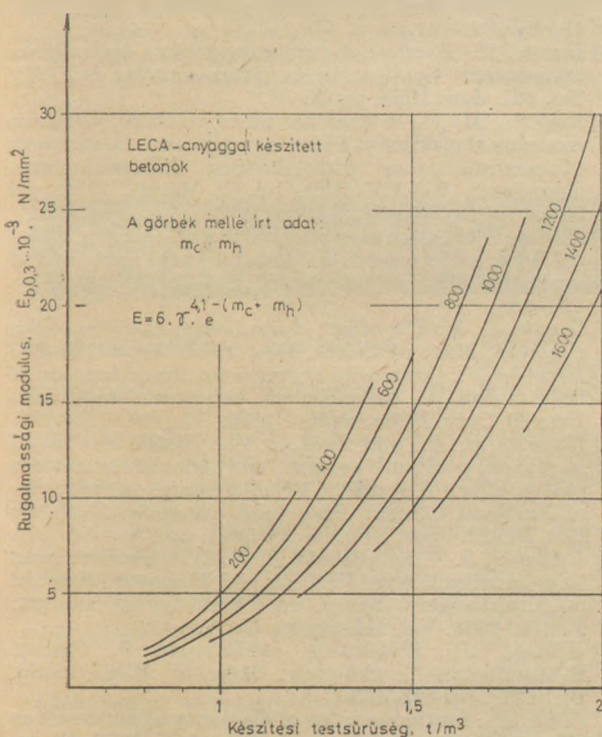
Az ezekből a kifejezésekből számítható diagramok jól megegyeznek a 11. és 12. ábrákkal.

Az exponenciális kifejezés negatív kitevője azzal magyarázható, hogy adott testsűrűség mellett annál nagyobb a beton levegőtartalma, annál kevésbé van tömörítve, mennél nagyobb a cement + homok mennyisége. Ha pl.: 1200 kg/m<sup>3</sup> készítési testsűrűség





9. ábra. A keramzitbeton testsűrűségének és összetételének összefüggése a rugalmassági modulussal



10. ábra. A LECA-beton testsűrűségének és összetételének összefüggése a rugalmassági modulussal

mellett  $m_c + m_h = 400 \text{ kg/m}^3$ , akkor kb.  $140 \text{ dm}^3/\text{m}^3$  a cement + homok térfogata, következésképpen csak kifogástalan tömörítés mellett lehet  $1200 \text{ kg/m}^3$  készítési testsűrűséget elérni. Ugyanakkor  $800 \text{ kg/m}^3$  cement + homok mennyiség mellett csak tömörítés nélkül, lazán beöntve lehet ugyanezt a testsűrűséget biztosítani.

A fenti kifejezésekből meghatároztuk a rugalmassá-

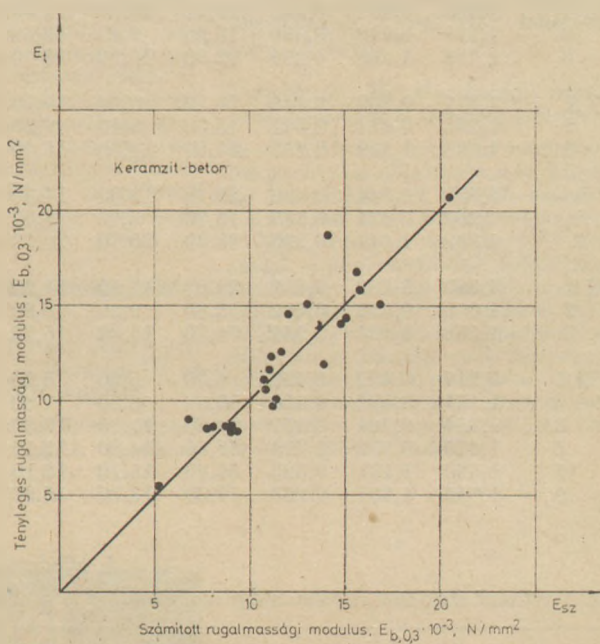
gi modulusok  $E_{b,0.3}$  számított értékeit és összevetettük a ténylegesen mért  $E_{b,0.3}$  értékekkel. A 11. és a 12. ábrák, valamint a 4. és 5. táblázatok bizonyítják a szoros korrelációt; a korrelációs tényező értékei:

keramzit betonokra:  $r = 0,92$

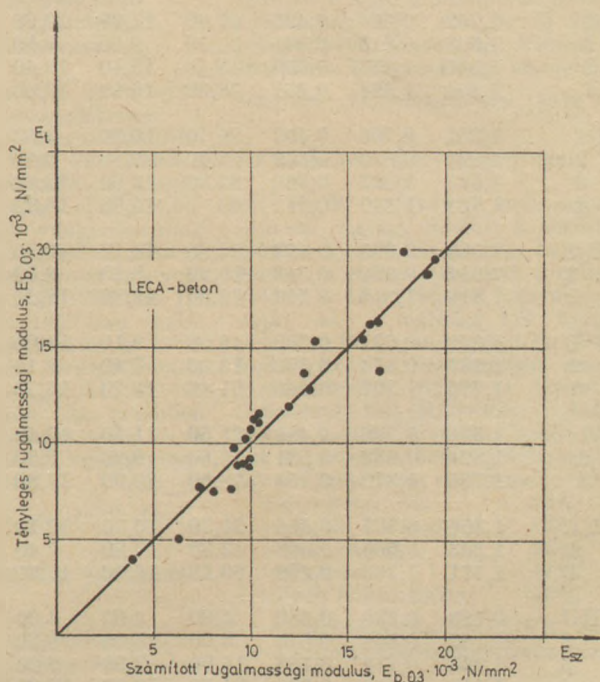
LECA-anyagú betonokra:  $r = 0,97$

### 3. Összefoglalás

Az Építéstudományi Intézetben vizsgálatokat végeztünk duzzasztott agyagkavics adalékanyagú betonok rugalmassági modulusának a meghatározására. Eredményeink szerint az általánosan használt PAUW és



11. ábra. A keramzitbeton számított és tényleges rugalmassági modulusának összefüggése



12. ábra. A LECA-beton számított és tényleges rugalmassági modulusának összefüggése



4. táblázat

Keramzitbetonok számított rugalmassági modulusa

| Jel    | $\gamma_k$<br>t/m <sup>3</sup> | $m_c + m_h$<br>t/m <sup>3</sup> | $-(m_c + m_h)$ | $\xi$ | $E_{b\ 0,3}$ | $E_{0,3\ sz.}$ |
|--------|--------------------------------|---------------------------------|----------------|-------|--------------|----------------|
| AI/1   | 1,407                          | 0,831                           | 0,436          | 22,60 | 9,80         | 11,30          |
| 2      | 1,180                          | 0,610                           | 0,543          | 16,00 | 8,70         | 8,20           |
| 3      | 1,613                          | 1,109                           | 0,330          | 35,90 | 11,90        | 14,00          |
| 4      | 1,817                          | 1,414                           | 0,243          | 61,50 | 15,00        | 17,00          |
| AII/1  | 1,371                          | 0,795                           | 0,452          | 25,60 | 11,60        | 11,10          |
| 2      | 1,229                          | 0,616                           | 0,540          | 15,60 | 8,40         | 9,00           |
| 3      | 1,605                          | 1,123                           | 0,325          | 43,10 | 14,00        | 13,70          |
| 4      | 1,763                          | 1,377                           | 0,252          | 56,10 | 14,10        | 14,90          |
| AIII/1 | 1,393                          | 0,807                           | 0,446          | 22,50 | 10,00        | 11,40          |
| 2      | 1,229                          | 0,618                           | 0,539          | 15,90 | 8,60         | 9,10           |
| 3      | 1,783                          | 1,368                           | 0,255          | 62,30 | 15,90        | 15,90          |
| AIV/1  | 1,377                          | 0,802                           | 0,448          | 23,70 | 10,60        | 10,90          |
| 2      | 1,238                          | 0,614                           | 0,541          | 15,50 | 8,40         | 9,30           |
| 3      | 1,763                          | 1,359                           | 0,257          | 55,80 | 14,30        | 15,20          |
| AV/1   | 1,413                          | 0,844                           | 0,430          | 29,40 | 12,60        | 11,60          |
| 2      | 1,207                          | 0,621                           | 0,537          | 16,20 | 8,70         | 8,70           |
| 3      | 1,843                          | 1,449                           | 0,235          | 88,30 | 20,70        | 20,70          |
| AVI/1  | 1,399                          | 0,839                           | 0,432          | 29,0  | 12,50        | 11,20          |
| 2      | 1,075                          | 0,542                           | 0,582          | 15,80 | 9,20         | 6,80           |
| 3      | 1,788                          | 1,434                           | 0,238          | 70,70 | 16,80        | 15,70          |
| AVII/1 | 0,917                          | 0,402                           | 0,669          | 8,30  | 5,60         | 5,20           |
| 2      | 1,151                          | 0,598                           | 0,550          | 15,60 | 8,60         | 7,80           |
| 3      | 1,354                          | 0,784                           | 0,457          | 24,20 | 11,10        | 10,80          |
| 4      | 1,475                          | 0,972                           | 0,378          | 38,50 | 14,60        | 12,10          |
| 5      | 1,580                          | 1,131                           | 0,323          | 36,60 | 15,10        | 13,10          |
| 6      | 1,746                          | 1,337                           | 0,263          | 17,30 | 18,80        | 15,20          |

5. táblázat

LECA-betonok számított rugalmassági modulusa

| Jel    | $\gamma_k$<br>t/m <sup>3</sup> | $m_c + m_h$<br>t/m <sup>3</sup> | $e-(m_c + m_h)$ | $\xi$ | $E_{b\ 0,3}$ | $E_{0,3\ sz.}$ |
|--------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------|-------|--------------|----------------|
| BI/1   | 1,362                          | 0,704                           | 0,495           | 22,80 | 11,30        | 10,20          |
| 2      | 1,303                          | 0,615                           | 0,541           | 16,70 | 9,00         | 9,50           |
| 3      | 1,586                          | 1,033                           | 0,356           | 43,40 | 15,40        | 13,40          |
| 4      | 1,834                          | 1,384                           | 0,251           | 78,30 | 19,70        | 19,60          |
| BII/1  | 1,351                          | 0,700                           | 0,497           | 20,70 | 10,30        | 9,90           |
| 2      | 1,293                          | 0,613                           | 0,542           | 18,00 | 9,70         | 9,20           |
| 3      | 1,567                          | 1,023                           | 0,360           | 37,80 | 13,60        | 12,80          |
| 4      | 1,763                          | 1,340                           | 0,216           | 60    | 15,60        | 15,90          |
| BIII/1 | 1,368                          | 0,695                           | 0,499           | 24,80 | 11,10        | 10,50          |
| 2      | 1,311                          | 0,602                           | 0,548           | 16,20 | 8,90         | 9,60           |
| 3      | 1,816                          | 1,348                           | 0,260           | 72,20 | 18,80        | 19,20          |
| BIV/1  | 1,349                          | 0,681                           | 0,506           | 18,00 | 9,10         | 10,00          |
| 2      | 1,237                          | 0,564                           | 0,569           | 13,00 | 7,40         | 8,10           |
| 3      | 1,775                          | 1,325                           | 0,266           | 51,40 | 13,70        | 16,70          |
| BV/1   | 1,377                          | 0,726                           | 0,488           | 23,50 | 11,50        | 10,40          |
| 2      | 1,324                          | 0,632                           | 0,531           | 16,80 | 8,90         | 9,80           |
| 3      | 1,796                          | 1,370                           | 0,254           | 78,60 | 20,00        | 17,80          |
| BVI/1  | 1,356                          | 0,701                           | 0,496           | 21,70 | 10,70        | 10,10          |
| 2      | 1,203                          | 0,566                           | 0,568           | 13,80 | 7,80         | 7,40           |
| 3      | 1,771                          | 1,363                           | 0,256           | 63,20 | 16,20        | 16,20          |
| BVII/1 | 0,989                          | 0,386                           | 0,680           | 5,90  | 4,00         | 4,00           |
| 2      | 1,150                          | 0,551                           | 0,576           | 8,60  | 5,00         | 6,30           |
| 3      | 1,325                          | 0,718                           | 0,488           | 15,60 | 7,60         | 9,00           |
| 4      | 1,516                          | 0,953                           | 0,386           | 31,00 | 12,00        | 12,00          |
| 4      | 1,610                          | 1,112                           | 0,329           | 38,90 | 12,80        | 13,10          |
| 6      | 1,763                          | 1,30                            | 0,273           | 59,50 | 16,30        | 16,60          |

SCHÄFFLER képletek segítségével a rugalmassági modulusokat nem lehet megbízhatóan becsülni, mert a rugalmassági modulusot csak részben határozza meg a beton nyomószilárdsága, nagyobb hatása van azonban a beton összetételének és tömörségének. A vizsgálataink alapján exponenciális kifejezést határoztunk meg a rugalmassági modulus számítására, ahol a kitevő a cement és a homoktartalom összege.

Bár vizsgálataink szerint [13] az agyagkavics szemalakja a nyomószilárdság egyenletességére nincs jelentős hatással, a rugalmassági modulus ingadozását azonban nagymértékben befolyásolja. Amíg a nyomószilárdságra vonatkozóan meghatározott előbecslő képleteink korrelációja a tényleges értékekkel  $r = 0,95$  és  $r = 0,97$  volt (a nagyobb korrelációs tényezőt a szabálytalan szemalakú keramzitra kaptuk), addig a rugalmassági modulusnak a korrelációja gömbölyded szemalakú LECA anyag esetén  $r = 0,97$ , szabálytalan szemalakú keramzit esetén  $r = 0,92$  volt.

## IRODALOM

- [1] Hansen, C. T.: Influence of aggregate and voids on modulus of elasticity of concrete, cement mortar and cement paste. Journal of the ACI. 1965. 2. pp 193–216
- [2] Mackenzie, J. K.: The elastic constants of a solid containing spherical holes. Proc. of Phys. Soc. 683. 1950. pp 2.–11.
- [3] Dantu, P.: Étude des contraintes dans les milieux hétérogènes. Application au béton. Annales de l'ITB. No. 121. Jan. 1958. pp 55–77.
- [4] Kaplan, M. F.: Ultrasonic pulse velocity, dynamic modulus of elasticity, Poisson's ratio and the strength of concrete made with thirteen different coarse aggregate. RILEM Bull. No. 1. March. 1959. pp 58–73.
- [5] Hirsch, T. J.: Modulus of elasticity of concrete affected by elastic moduli of cement paste matrix and aggregate. Journal of the ACI. Vol. 59. 1962. pp 427–451
- [6] Counto, U. J.: The effect of the elastic modulus of the concrete. Mag. of Concr. Res. 1964. 9. pp 128–137
- [7] Popovics, S.: Composite averages for the estimation of the moduli of elasticity of composite materials. Drexell Univ. Philadelphia. 1980.
- [8] Helmuth, R. A.: and Turk, D. H.: Elastic moduli of hardened portland cement and tricalcium silicate pastes, effect of porosity. Proc. of Symp. on Structure of Portland Cement Paste and Concrete. Highway Res. Board. Spec. Rep. no 90. 1968. pp 135–144
- [9] Feldman, R. F. and Sereida, P. J.: Written discussion to a contribution by Verbeck and Helmuth. Proc. of 5th International Symp. on Chemistry of cement. Tokyo. 1968. Vol. III. pp 36–44
- [10] Újhelyi, J.: Statikusok kézikönyve 9. fejezet. Könnyűbeton Szerkezetek. Műszaki Könyvkiadó. Bp. 1974. pp 398–403
- [11] Pauw, A.: Static modulus of elasticity of concretes as affected by density. Journal of the ACI. 1960. 12. pp 679–687
- [12] Schaffler, H.: Elastizität und Prismendruckfestigkeit von Leichtbeton im besonderen Gas und Schaumbeton. Betonstein-Ztg. 1954. 10. pp. 423–434
- [13] Újhelyi, J. – Murad, T.: Duzzasztott agyagkavicsbetonok nyomószilárdsága. Építőanyag. Bp. 1984. nyomtatás alatt

Томы, М.: Испытание модуля упругости бетонов с заполнителем из вспученного глиняного гравия

Toma, Murad: Die Prüfung des Elastizitätsmoduls von gedehnten Tonschotter-Betone

Toma Murad: Modulus of Elasticity of Keramsite Containing Concrete



## SZTEKLO I KERAMIKA, Moszkva, 1984. 3. sz.

Szaakjan, E. R. – Badaljan, M. G. – Danieljan, A. Sz.: *Habüveggranulátum perlitkőzetekből*

Fagyálló, kémiailag stabil, hő- és hangszigetelőképes habüveg granulátum előállításához a nyersanyagkeverék perlitporból, nátriumhidroxidból és gázképzőadalékból áll. Tányér-granulátoron 7–12% nedvességgű granulátokat 0,6–10 mm átmérővel készítettek, majd laboratóriumi forgókemencében duzzasztották 800–1000 °C között. A termék tulajdonságainak függése az összetételtől és a hőkezeléstől. A granulátok főbb paraméterei. (3–4. old.)

Obuhova, G. B. – Rüscsenko, M. J.: *A különböző összetételű kerámia nedvesítése mázolvadékkal*

A kerámiai alaptest összetétele és részben az üvegfázis mennyisége hatással van az olvadás folyamataira és a máz nedvesítőképeségére, továbbá a mázbevonat minőségére. Minőségi mázbevonat előállításához nemcsak a jó nedvesítés szükséges, hanem a máz-

olvadás folyamatában fokozatos átmenet a lágyulástól olvadásba. (25–26. old.)

## GLASS, Redhill, 1984. 4. sz.

–: *A veszélyes azbeszt hulladék megsemmisítésének megoldása*

Az azbeszt hulladékok tárolása egészségügyileg veszélyes, ezért az angol KTG cég kidolgozta a szabadalmaztatott Vitrifex eljárást, amellyel az azbeszt hulladék átalakítható veszélytelen, tárolásra alkalmas anyag formájába. A Vitrifex eljárás szerint az azbeszt hulladékot összekeverik üveghulladékkal és más anyagokkal, ezt a keveréket üvegolvasztó kemencében megolvasztva üveggé alakítják. Ez veszélytelen anyag, beépül az azbeszt az üvegbe és így bárhol tárolható (117–125. old.)

## CERAMIC INDUSTRY, Boston, 1984. 2. sz.

Olmstead, L. C.: *Kemencekocsi felépítmény tervezés és szerkezet segíti az energiafelhasználás hatékonyságát.*

Törekvések vannak a kerámiaipari kemencekocsik tömegének csökken-

tésére és az energia megtakarítás elérésére. Az üreges kerámiai termékek égetésével csökkenthető a kemencekocsi felépítményének tömege. Meghatározandó a kocsi becsült tömeg csökkentése, a hőmérséklet, az égetési ciklus, az alagút hossza, az égetendő áru tömege és a hőmérséklet a kocsi alatt. A kemencekocsi felépítményében felhasználható hőlékésálló tűzállóanyagok műszaki jellemzőinek ismertetése. Az üreges, sajtolt, könnyű tűzállóanyagok gyártási lehetőségei. (32–33. old.)

Lonero, R. M.: *Kis tömegű kemencekocsik javítják a kemence teljesítményt*

A tűzálló kerámiai szálak nagy hőmérsékleteken is alkalmazhatók különböző formákban. A tűzálló szálak hőkapacitása kicsi, hőszigetelőképesége kiváló, könnyen szerelhető és kis tömegű. A kemencekocsi felépítményében a nagy tömegű tűzállóanyag jelenléte részben helyettesíthető tűzálló szállal. Új kemencekocsi konstrukciónak és a tűzálló szál laptermékek alkalmazásának ismertetése. A tűzálló kerámiai szállal épített kemencekocsik esetében a kemencét újra kell szabályozni. (36–37. old.)

# A világ szilikátiparából

## Foszfátüveg villamos szigetelőnek

A Sandia National Laboratories új foszfátüveget fejlesztett ki Albuquerque-i üzemében. Az üveg összetétele alacsonyabb hőmérsékleten történő fém-üveg összeforrasztást tesz lehetővé, mint a hagyományos szilikát-üvegekkel. A villamos szigetelőként használható üveg alkalmazási területeihez tartoznak a vákuumsőgyártás és kábelcsatlakozók is.

(*Industrial Minerals*, 1984. 2.)

## Állóképes, nem csepegő tűzállóhabarcs

Több mint három évtized fejlesztési munka után újtípust, nem csepegő, állóképes tűzállóhabarcsat fejlesztette ki gyártmányválasztékát a göttingeni (NSZK) Refratechnik GmbH. Az új terméket elsősorban a cementipar számára fejlesztették ki, de mindenütt alkalmazható, ahol szilikátos masszát kell függőleges falazatokba, vagy födémekbe (fej fölött) bedolgozni. A szárazon megkevert habarcsot víz-üveggel keverik és így a cementgyártó forgókemencék forgatás nélkül falazhatók.

(*Zement-Kalk-Gips*, 1984. 1.)

## Négymillió négyzetméternél több csempetermelés a Szovjetunió legnagyobb kerámiaüzemében

A Szlavja Kerámiaüzem a Szovjetunió legnagyobb kerámiaüzeme. A kombinátot 1954-ben létesítették több régi, részben már 1900 óta működő kerámiaüzem összevonásával, amely üzemek 1926-ban kezdtek el a csempégyártást. A második világháborúban lerombolt üzem újjáépítésekor 1984-re egymillió m<sup>2</sup> csempégyártást irányoztak elő, de az üzem már 1956-ban 1,4 millió m<sup>2</sup>-t termelt. 1960-ban újabb csempégyártó egység létesült és 1970-ben felújították a régi csempéüzemet, amely most már négymillió m<sup>2</sup>-nél több csempét termel. Az üzemben 4000 dolgozót foglalkoztatnak és a csempégyártás mellett egészségügyi kerámiát is gyártanak.

(*Ceramic Industry News*, 1983. dec.)

## Téglagyárakat vásárolt a Szovjetunió Csehszlovákiából

A Pragoinvest és a Prommasimport szerződést kötött, melynek értelmében a cseh fél 13 téglagyárat szállít a Szovjetunióba egyenként 30 millió db téglajév kapacitással. A szerződés ér-

teke 42 M Rbl. A szállításra 1984–85 időszakban kerül sor. Az új üzemek telephelyül Kievet, az Ukrán és a Moldávai Köztársaságot szemelték ki.

(*Ceramic Industry News*, 1983. dec.)

## Az NDK kerámiai nyersanyagai

Az NDK szilikátos nyersanyagait (homok, agyag, kaolin) a Kombinat Silikatrohstoff Kemmlitz bányássza. Ezeket a nyersanyagokat 5 mélyművelésű és 16 külfejtésű bányában termelik ki. A vállalat két üzemben dolgozza fel az anyagokat és 1100 főt foglalkoztat. A kerámiaipar számára Kemmlitz-ben (Oschatz körzet) és Salzmünde-ben (Halle körzet) dúsítják a nyers kaolint. A mosott kaolin 36%-a jut exportra. A belföldi felhasználás a következőképpen oszlik meg:

|                    |     |
|--------------------|-----|
| finomkerámiák      | 29% |
| műszaki kerámiák   | 12% |
| papírgyártás       | 35% |
| vegyipar           | 11% |
| egyéb felhasználás | 13% |

A kaolint Meka, BZ, OKA, Wolfka és Eka márkajelzéssel forgalmazzák. (H. W.)

(*Ceramic Industry News*, 1983. december)



## Szabadalmi vita az optikai szál körül

A Corning Glass Works panaszt nyújtott be a Nemzetközi Szabadalmi Bizottsághoz, hogy a Sumitomo Electric Industries (Japán) és fiókcége a Sumitomo Electric USA olyan optikai szálakat importálnak az USA-ba, amely két Corning szabadalomba is ütközik. Corning már Kanadában nyert szabadalmi pert és most az USA-ban is megkísérli peres úton megvédeni szabadalmi jogait. A két vitatott szabadalom arra vonatkozik, hogy tiszta vagy adalékos szilíciumdioxiddal burkolnak optikai szálakat és a kikészített szál gyártási módszerét is javítják. Az optikai szál felhasználás még korlátozott, de nagy jövője van a terméknek. 1983-ban kb. 339 100 km optikai szálakat használtak fel 120 M USD értékben. Sumitomo fokozta ezen termék gyártását és agresszív módon behatolt az USA piacra. Corning szerint a Sumitomo visszatámasztotta licencajánlatukat, de a Corning cég által megvizsgált Sumitomo mintákból megállapítható volt a szabadalom bitorlás. Corning ezeket a szabadalmait eddig az USA-ban és külföldön is licencbe adta különféle vállalatoknak. Az ügy tárgyalásának kezdete nem várható 1985 április előtt, mert az előkészítő vizsgálatokat egy évre méretezik.

(*Industrial Minerals*, 1984. 5.)

### Ellentétes vélemények az NSZK üvegszáligényének kérdésében

A Wacker Chemie véleménye szerint az NSZK több optikai szálakat tudna felhasználni, mint a kilátásba helyezett termelés. A Siemens igazgatósági tagja, Dr. Hans Baier korábban úgy nyilatkozott, hogy amennyiben az NSZK kormánya nem járul hozzá az

öt potenciális üvegszálgyártó közös vállalkozásához (a kartell törvény alapján), az egyes cégek külön indított gyártása egyrészt nem volna gazdaságos, másrészt túlkínálathoz vezetne. Harald Seelurg, a Wacker Chemie igazgatósági tagja szerint a Berliner Glasfabrik és a Wacker külön-külön 100 000 km/év üvegszálgyártása összesen csak 700 km kábelt jelentene, ami nagyon kevés a német összигényhez képest. A Wacker Chemie akár Japánból is megvenné a szabadalmat, és a gyártást leányvállalatánál, a Chemitronic GmbH., Burghausen cégnél kezdené el. Jelenleg a már csak a szilikonborítású üvegszál jöhet számításba. Ez a bevonóanyag viszont a Wacker szilíciumgyártásánál képződik. A Wacker szerint egy 100 000 km/év teljesítményű üvegszálüzem létesítésének költsége nem éri el a 150 M DEM értéket.

(*Handelsblatt*, 1984. jún. 8 – 9.)

### A kerámiatermékek eladásának növekedését jósolják az USA-ban

Az Electronics Monthly 1983 októberi száma tanulmányt közölt az USA kerámiaipari piacról. Eszerint 1987-ben az eladások meghaladják a 6,3 Mt-t és 1995-ben a 8,1 Mt-t. A legkisebb forgalom 1982-ben volt 4,7 Mt mennyiséggel. A tűzállóanyagok, amelyek valaha kerámiaipar mennyiségi termelésének 80%-át tették ki, 1982-ben csupán 62%-át adták, részarányuk 1995-ben várhatóan 45% lesz. Ennek fő oka a kis sűrűségű tűzállóanyagok térhódítása, valamint a vas- és acélkohászat visszaesése. A kerámiaipar második legnagyobb ágazata az üvegyártás 1995-re 2,1 Mt-ra fut fel. Az elektronikai kerámiáktól 1995-ig évi 4,3% növekedéssel számolva 668

kt/év termelést várnak az 1995-ös évben

(*Amer. Ceram. Soc. Bull.* 1984. 2.)

### A Német Cementipari Kutatóintézet környezetvédelmi munkái

A Német Cementművek Egyesületét 1948-ban alapították újra Düsseldorfban, ez az egyesület három korábban alapított egyesület munkáját folytatja, melyek a II. Világháború alatt kénytelenek voltak megszakítani tevékenységüket. A három egyesület: Német Portlandcementgyártók Egyesülete (1877), Német Vasportlandcementművek Egyesülete (1902) és Német Nagylvasztócementművek Egyesülete (1913). A Cementipari Kutatóintézetet a Német Cementművek Egyesülete tartja fenn és bízta meg az iparág számára fontos kutatómunkák elvégzésével.

1983-ban az intézet 12 M DEM költségvetési összeggel gazdálkodott, ami az NSZK cementiparának 1983. évi 3,7 Mrd DEM forgalmát tekintve jelentős összeg.

A fő kutatási téma a cementégetés gáz- és porkibocsátásának csökkentése és a kadmium teljes problémakörének tisztázása. Foglalkozik az intézet a munkahelyek „humanizálásával” és a baleseti veszély csökkentésével. Ez utóbbi témakör kutatási költségeihez az egyes üzemek közvetlenül is hozzájárulnak és a költségek 40%-át fedezik.

A Német Cementművek Egyesületének 1983-ban 39 cementgyártó a tagja (1982-ben 42), amely 71 üzemet tart fenn (1982-ben 74). A foglalkoztatottak száma 12 549 (1982-ben 12 720).

(*Handelsblatt*, 1984. jún. 6.)



*A szerkesztésért felel:*

Dr. Székely Ádám.

*Szerkesztőség:*

Budapest VI., Anker köz 1 – 3. 1368

Telefon: 226-497

*Felelős kiadó:*

Siklósi Norbert

*Kiadja:*

Lapkiadó Vállalat. Budapest VII., Lenin krt. 9 – 11. 1073

Telefon: 221-285. Levélcím: Postafiók 223. 1906

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a hírlapkészbesítő postahivataloknál, és a Posta Központi Hírlap Irodánál (Budapest, V., József nádor tér 1, 1900) közvetlenül, vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 25–96 162 pénzforgalmi jelzőszámlára. Előfizetési díj: negyedévre 75,—Ft félévre 150,—Ft, egyes szám ára 25,—Ft.

Megjelenik havonként



84/1927 Franklin Nyomda, Budapest

Felelős vezető: Mátyás Miklós Igazgató

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





RACIONÁLIS  
VÁLASZFALÉPÍTÉS

# ALBAFALBÓL

Gipsz-perlit ill. pernye-gipsz válaszfallapunkból eddig több mint 1,5 millió m<sup>2</sup>-t használtak fel az országban közületi és lakásépítéseknel. A hagyományos két oldalt vakolt válaszfallal szemben négyszer olyan gyorsan falazható.

Vakolást nem igényel, készítés után 1,5 órával tapétázható, festhető, csempézhető.

Mérete: 666 × 500 × 100 mm

666 × 500 × 80 mm

333 × 500 × 80 mm

Ára telepünkön gépkocsira rakva:

8 cm vastag lap 180 Ft/m<sup>2</sup>

10 cm vastag lap 225 Ft/m<sup>2</sup>

Részletes felvilágosítást adunk  
a következő telefon számon:

13-557/330 mellék, 14-351/420 mellék.



ALBA REGIA  
ÁLLAMI ÉPÍTŐIPARI VÁLLALAT  
IPARI FŐMÉRNÖKSÉG  
8000 SZÉKESFEHÉRVÁR,  
SEREGÉLYESI U. 84.

## VÁLASZFALAT ALBAFALBÓL!