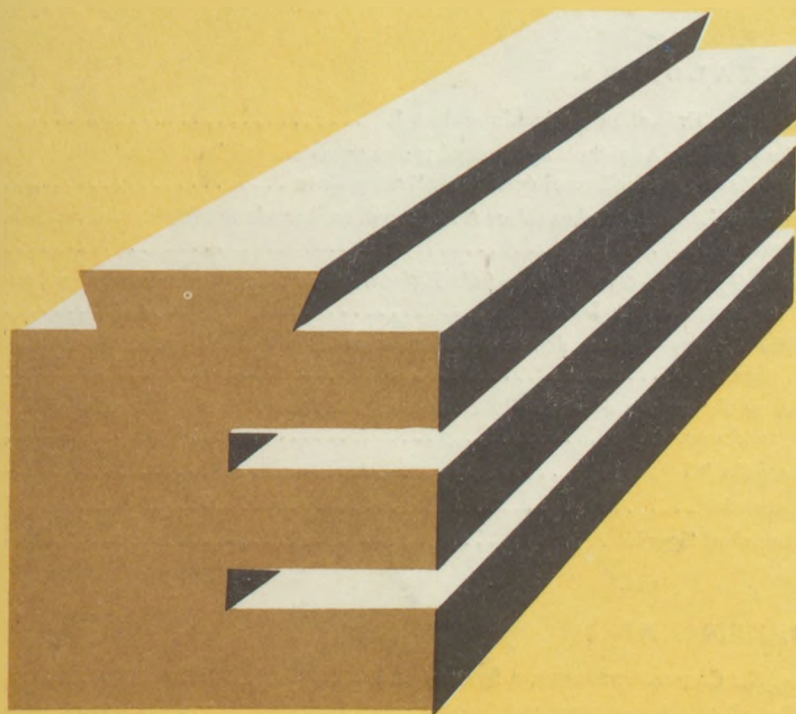


302 935



# ÉPÍTŐANYAG

9

A Szilikátipari  
Tudományos Egyesület  
folyóirata

**9**

XXXIII. ÉVFOLYAM  
BUDAPEST, 1981. SZEPTEMBER  
EPITAA 33 (9) 321—360 (1981)

# ÉPÍTŐANYAG

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

Szerkesztőbizottság:

elnöke:

Dr. Talabér József

felelős szerkesztő:

Dr. Székely Ádám

tagjai:

Dr. Bálint Pál

Dr. Beke Béla

Bretz Gyula Károly

Csáktornyai Béla

Dr. Csizi Béla

Dr. Grofcsik Elemér

Hajnal Lajos

Dr. Jilek József

Dr. Kolostori János

Dr. Kovács Róbert

Lenkei György

Dr. Lócsei Béla

Riesz Lajos

Száder Rudolf

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Dr. Tóth Kálmán

Träger Tamás

Vajda László

## XXXIII. ÉVFOLYAM, 9. SZÁM. SZEPTEMBER

### TARTALOM

<i>Beke Béla</i> : Erőhatások a bunkerekben I. ....	321
<i>Dódony István</i> : Adalékolt agyagásványok nagy hőmérsékletű termékeinek transzmissziós elektronmikroszkópos (TEM) vizsgálata ....	330
<i>Beregszászi József – Bohus Géza</i> : A kőbányai robbantások kőzetaprító hatásának fokozása ....	336
<i>Botkai Gyuláné – György Józsefné</i> : Egészségre ártalmas munkahelyi porok gyűjtési és vizsgálati módszere ....	338
<i>Balázs György – Arany Piroska – Ostermann Lajos</i> : Heterogéncementek gőzölhetősége ....	343
<i>Kausay Tibor</i> : Az építési célú homok és kavics nyersanyagok minősítő vizsgálati rendszere ....	335
Tecargilla '81 .....	335
Lapszemle .....	329, 352, 359
Szabadalmi figyelő .....	360

### СОДЕРЖАНИЕ

<i>Beke, Б.</i> : Силовые влияния в бункерах. I .....	321
<i>Додоньи, И.</i> : Исследования высокотемпературных продуктов глиняных минералов, содержащих добавки, с помощью электронного микроскопа (ТЭМ) .....	330
<i>Берегсаци, Й. – Бохус, Г.</i> : Повышение порододивмельчающего влияния при взрывах в карьерах .....	336
<i>Боткаи, Дь. – Дьердь, Й-не</i> : Отбор и испытание вредных для здоровья промышленных пылей .....	338
<i>Балаж, Дь. – Арань, П. – Остерманн, Л.</i> : Пропариваемость гетерогенных цементов .....	343
<i>Каушай, Т.</i> : Система качественного испытания строительных песков и гравия ...	353

### INHALT

<i>Beke, Béla</i> : Bunkerbelastungen I. ....	321
<i>Dódony, István</i> : Transmissions-elektronenmikroskopische (TEM) Untersuchung der Produkte dosierter Tonmineralien hoher Temperatur .....	330
<i>Beregszászi, József – Bohus, Géza</i> : Erhöhung der Zerkleinerungswirkungen bei Sprengungen in Steinbrüchen .....	336
<i>Frau Botkai, K. – Frau György, I.</i> : Sammeln, – und Untersuchungsmethod der gesundheitschädigenden Flugstaube in Arbeitsplätzen .....	338
<i>Balázs, György – Arany, Piroska – Ostermann, Lajos</i> : Dampfbarkeit heterogener Zemente .....	343
<i>Kausay, Tibor</i> : Qualifizierungsprüfmethod für die zu Bauzwecke dienenden Sand-, und Kiesrohstoffe .....	353

### CONTENTS

<i>Beke, Béla</i> : Bin Loads, I. ....	321
<i>Dódony, István</i> : Examination of High-Temperature Products of Doped Clay Minerals by TEM .....	330
<i>Beregszászi, József – Bohus, Géza</i> : How to Increase Comminution Effectivity of Quarry Blastin .....	336
<i>Botkai, Gyuláné – György, Józsefné</i> : Collection and Examination of Hazardous Flue Dusts .....	338
<i>Balázs, György – Arany, Piroska – Ostermann, Lajos</i> : The Steam Curing Ability of Heterogeneous Cements// .....	343
<i>Kausay, Tibor</i> : Qualification System of Sand and Gravel for Building Purposes .....	353

# ÉPÍTŐANYAG

## Erőhatások bunkerekben I.

BEKE BÉLA

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet

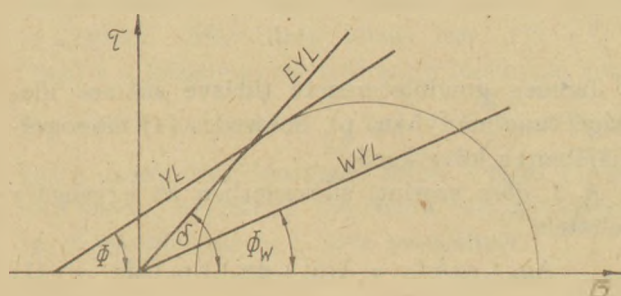
E tanulmány tárgyát csakis a szemcsés anyag tárolási, vagyis statikus állapotában működő erőhatások képezik. Az anyag mozgási (töltési, de főleg ürítési) állapotában jelentkező, ma még le nem zárt vizsgálatok tárgyát képező dinamikus erőhatások a később közölteendő második részben kerülnek ismertetésre.

### 1. Bevezetés

Bunkerekben tárolt szemcsés anyagok mozgásviszonyairól, összefoglaló tanulmány jelent meg a közelmúltban az Építőanyag-ban [1]. Jelen tanulmány célja a bunkerekben fellépő erőhatások ismertetése és ezzel a bunkerfalak szilárdsági méretezésére iránymutatással szolgálni.

A bunkerekben tárolt szemcsés anyagok mechanikájával csak az utolsó 2–3 évtizedben foglalkoztak tudományos alapossgal, tételeit a talajmechanika már ismert tételeire építették fel. Talajok-földtömegek és szemcsés halmazok mechanikai tulajdonságai minőségileg azonosnak foghatók fel, bár a talajok szilárdsága kb. 2 nagyságrenddel nagyobb. Maga a talajmechanika is modern tudományág, bár alaptételei igen régi keletűek. Ezek a Coulomb féle súrlódási törvény (1785), az aktív és passzív feszültségi állapot Rankine féle leírása (1865) és a feszültségi állapotok Mohr körökkel való ábrázolása (1882). Szemcsés anyagok mechanikájára vonatkozó megfontolások ezért kívánatosak teszik a talajmechanika idevágó fejezetének tanulmányozását, pl. Kézdi tankönyve [2] alapján.

Nem mulasztható el annak megemlítése, hogy a rendelkezésre álló széleskörű irodalomban a szereplő súrlódási szögek jelölése nem egyöntetű és ezért zavartkeltő, pl.  $\delta$  az egyes szerzőknél más és más szöveget jelent. A következőkben — bárhonnan is származzanak a képletek, az anyag belső súrlódására  $\Phi$ , a falsúrlódásra  $\Phi_w$ , az effek-



1. ábra. A kohézió szemcsés anyagra vonatkozó  $\sigma$ - $\tau$  összefüggés, YL az anyag folyási helye, EYL az effektív folyási hely, WYL a fal folyási hely

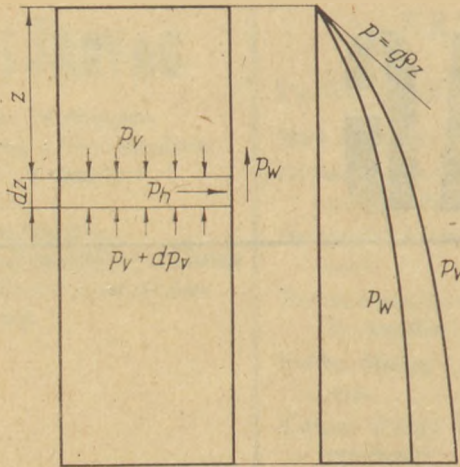
tív súrlódás szögének jelölésére pedig  $\delta$ -t használunk, magyarázatul az 1. ábra szolgál.  $\rho$ -val az anyag sűrűségét jelöljük.

A nomenklatúra is megjegyzést kíván. Összhangban a külföldi irodalommal a függőleges falú (hengeres vagy hasábos) tartályokat silónak, ferde falú, vagyis kúp, gúla vagy ék alakúakat bunkernek (angolul hopper, németül Bunker) fogjuk nevezni. Gyűjtőnévként angolul a „bin”, németül „Bunker” szó használatos, más híjján a bunker megnevezést mi is használjuk gyűjtőnévként.

### 2. Függőleges falú silókban fellépő erőhatások

#### 2.1. Jansen képlete

Függőleges falú silókban tárolt szemcsés anyagok által kifejtett erőhatásokra Janssen már 1895-ben vezetett le képletet [3], amely bizonyos módosításokkal ma is az érvényes előírások alapját képezi, annak kifejezett hangsúlyozásával, hogy a főleg ürítéskor jelentkező dinamikus hatásokkal nem számol. Ezek figyelembevételére a különböző méretezési előírásokban biztonsági szorzókat szerepeltetnek.



2. ábra. Silóterhelés egyensúlyi feltételei Janssen szerint [3] [4]

Janssen gondolatmenete (idézve számos idevágó tanulmányban, pl. Schwedes [4] monográfiájában) a következő;

A 2. ábra szerinti silószeletben az egyensúly feltétele

$$A p_v + g \rho A dz = A(p_v + dp_v) + p_w U dz \quad (1)$$

ahol  $A$  a siló keresztmetszete,  $U$  a palást kerülete,  $p_v$  a függőleges nyomás,  $p_w$  a falsúrlódási nyomás,  $\rho$  a szemcsés anyag sűrűsége,  $g$  a nehézségi gyorsulás és  $z$  a felülről, vagyis az anyagszinttől lefelé mért függőleges koordináta – és a következőkben  $x$  a vízszintes koordináta,  $p_h$  a horizontális nyomás.

Az (1) differenciálegyenlet megoldása érdekében Janssen a következő állandókat vezeti be:

$\text{tg } \Phi_w = p_w/p_h$ , a falnyomási viszony;  $\Phi_w$  egyenlőnek vehető a nyírócella kísérlettel megállapított falsúrlódási szöggel; a falsúrlódási tényező (itt falnyomási viszony) jelölése sokszor  $\mu_w$ ;

$\lambda = p_h/p_v$ , a silónyomási tényező, a horizontális és vertikális nyomás viszonyszáma, amire nézve az alább ismertetendő Rankine féle, az aktív ill. passzív képlékenységi feszültségi állapot tényezője ad felvilágosítást;

$k = p_w/p_v = \lambda \text{tg } \Phi_w$ , a falmenti és az anyag belsejében uralkodó vertikális nyomás viszonyszáma.

Az (1) differenciálegyenlet megoldása

$$p_v = \frac{g \rho A}{U \lambda \text{tg } \Phi_w} \left[ 1 - \exp \left( - \frac{U \lambda z \text{tg } \Phi_w}{A} \right) \right]$$

$$p_h = \lambda p_v \quad (2)$$

$$p_w = \lambda p_v \text{tg } \Phi_w$$

A nyomásértékek tehát a bunker mélysége mentén a mélységgel való arányos növekedéstől a falsúrlódás támasztó hatása következtében elmaradva a negatív exponenciális függvény értelmében nőnek. Legnagyobb értéküket  $z = \infty$  mellett érik el, ezek a következők;

$$p_{v\infty} = g \rho A / U \lambda \text{tg } \Phi_w$$

$$p_{h\infty} = g \rho A / U \text{tg } \Phi_w \quad (3)$$

$$p_{w\infty} = g \rho A / U$$

$A/U$  a keresztmetszet hidraulikus rádiusza, értéke pl. hengeres vagy kvadratikus silóra  $D/4$ ,  $D$  nyílású, igen nagy (határtalan)  $L$  hosszúságú keresztmetszetre  $DL/2(D+L) \rightarrow D/2$ , más keresztmetszetre  $D/2$  és  $D/4$  közötti.

A méretezés alapjául a különféle előírásokban különböző biztonsági tényezőkkel megnövelt (2) képletek szolgálnak, amint erre később még visszatérünk.

## 2.2. A képlékeny állapot Rankine féle tényezői

A (2) és (3) képletekben szereplő  $\lambda$  nyomásviszony értékét általában a félvégtelen, függőleges fallal támasztott, vízszintes vagy ferde síkokkal határolt földtömegeknek az önsúly hatására beálló feszültségi állapotát leíró Rankine féle elmélet alapján veszik figyelembe. Kézi nyomán [2] ezt a következők szerint ismertetjük;

Ha nincs kohézió, a törési feltétel  $\tau = \sigma \text{tg } \Phi$ . A nyugalmi állapot megváltozásához a földtömegnek oldalirányban kell expandálnia vagy komprimálnia.

Expanzió előáll pl. a támaszfal eltávolodásakor. Miután a súly nem változik,  $\sigma_z$  főfeszültség is változatlan marad, a vízszintes  $\sigma_x$  addig csökkenhet, míg a főfeszültségek különbségének növekedésével a Mohr kör eléri a Coulomb egyenest, előáll a  $\lambda_a$  nyomásviszony, a földtömeg minden pontjában a csúszás állapotába, a Rankine féle aktív feszültségi állapotba kerül. A 3. ábrán a nyugalmi helyzetet a kisebb, a törési helyzetet a nagyobb Mohr kör jelzi. Az ábráról leolvasható

$$\sin \Phi = \frac{1/2 (\sigma_z - \sigma_x)}{1/2 (\sigma_z + \sigma_x)}$$

vagyis

$$\lambda_a = \frac{\sigma_x}{\sigma_z} = \frac{1 - \sin \Phi}{1 + \sin \Phi} = \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\Phi}{2} \right) \quad (4)$$

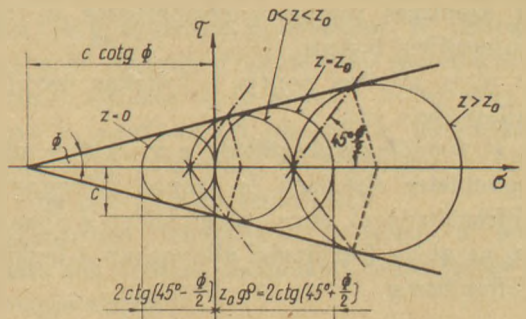
Kompresszió esetén a  $\sigma_x/\sigma_z$  nyomásviszony növekszik, a Mohr kör átmérője csökken.  $\sigma_x = \sigma_z$  esetén ponttá zsugorodik – ez a hidrosztatikai feszültségállapot, a nyomás minden irányban

azonos – majd a kompresszió növekedésével  $\sigma_x$  lesz nagyobb, a növelés ismét a Mohr kör érintésig lehetséges, bekövetkezik a Rankine féle passzív feszültségi állapot, itt érvényes

$$\lambda_p = \frac{\sigma_x}{\sigma_z} = \frac{1 + \sin \Phi}{1 - \sin \Phi} = \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\Phi}{2} \right) \quad (5)$$

Az aktív és passzív földnyomás Rankine féle feszültségállapota a talaj – esetünkben a szemcsés anyag – egyensúlyának két határhelyzetét jelenti. Mindkét esetben a teljes tömeg pasztikus, vagyis törési állapotba kerül, végtelen sok egymással párhuzamos csúszólap alakul ki, hajlásuk a 4. ábrán szemléltethető. A hidrosztatikus állapotot jelző pont a két Mohr kör érintkezési pontja, itt  $\sigma_x = \sigma_z = zq$ .

Kohéziós földtest esetén  $\tau = \sigma \operatorname{tg} \Phi + c$ , az anyag húzófeszültségeket is felvehet. Az önsúlyból származó függőleges feszültség itt is  $\sigma_z = zq$ , az eh-



5. ábra. Kohéziós földtest feszültségi állapota [2]

hez, mint főfeszültséghez expanzió esetén tartozó, a Coulomb egyenest érintő Mohr kör a vízszintes tengelyt a negatív oldalon metszi, vagyis a kisebbik főfeszültség húzás lesz. Ha  $z = 0$  (vagyis a felszínen) az egyirányú húzásnak megfelelő kört kapjuk.  $z_0 = \frac{2c}{g\rho} \operatorname{tg} \left( 45^\circ + \frac{\Phi}{2} \right)$  mélységben a vízszintes főfeszültség zérus, a talaj (szemcsés anyag) egyirányú nyomásra van igénybevéve. A viszonyokat az 5. ábra szemlélteti.

### 2.3. A Janssen képlet taglalása és Walker elemzése

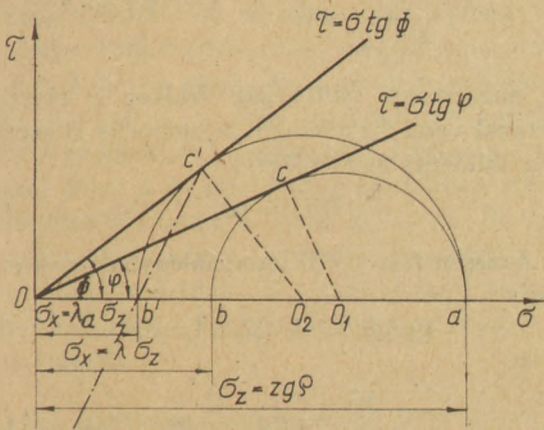
A Janssen féle gondolatmenet sem falmenti, sem a siló belsejében való anyagelmozdulással nem számol és így csakis tárolási állapotra vonatkozatható. Régebben – a 30-as, 40-es években – erre nem voltak tekintettel, aminek számos siló tönkremenetele volt a következménye (l. erre vonatkozóan a DIN 1055/1964 sz. alább ismertetett szabványt).

A (2) és (3) képletekben szereplő  $\lambda$  nyomásviszonyt a Rankine féle aktív ill. passzív feszültségi állapotot figyelembe véve

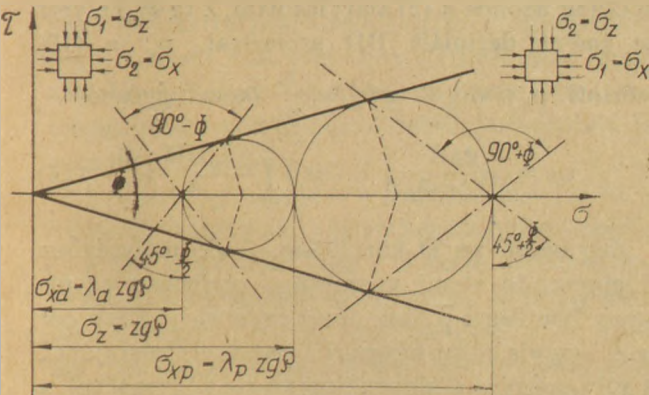
$$\lambda = \left( \frac{1 - \sin \Phi}{1 + \sin \Phi} \right)^{\pm 1} \quad (6)$$

értékkel lehet számításba venni. A nyugalmi – tárolási állapot vagy töltést, vagy ürítést követően állhat elő. Az első esetben függőleges a tömörödés és nyilván függőleges a főfeszültség, a másik esetben az ürülés a falhoz támaszkodást enyhíti, vagyis mindkét esetben a Rankine féle aktív feszültségi állapottal találkozunk. Ez adja egyébként a nagyobb nyomásértéket, vagyis a nagyobb biztonságot. A szerteágazó irodalomban is egyöntetűen a (4) képlet használatos.

A Janssen képlet ezenfelül a következő, a valószínűságot legfeljebb csak közelítő feltételezésekre épül [5];



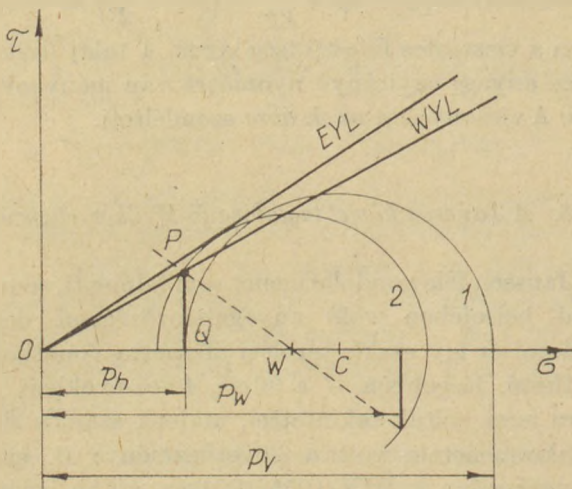
3. ábra. A Rankine féle aktív feszültségi állapot  $\sigma - \tau$  ábrája.  $\Phi$  pasztikus,  $\varphi$  tetszőleges elasztikus állapotot jelöl,  $c' - b'$  a csúszólap iránya [2]



4. ábra. A Rankine féle aktív és passzív feszültségi állapot [2]

- a szemcsés anyag kohéziómentes és teljes tömegében izotróp
- a réteg minden pontja a kritikus feszültségi állapotban van
- a  $p_v$  függőleges feszültség a vízszintes síkban egyenletes eloszlású és azonos a legnagyobb főfeszültséggel, ennek megfelelően a vízszintes  $p_h$  az aktív feszültségi állapotban a legkisebb főfeszültség.

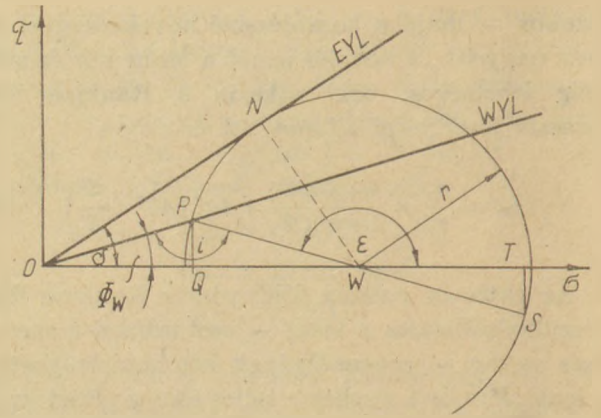
Az elmondottakból következik, hogy a fellépő nyírófeszültségek miatt a falnál a főfeszültség a függőleges irányhoz képest elferdül, vagyis a függőleges feszültség nem állandó és a középtől távolodva fokozatosan megy át a számított  $p_v$ -ből  $p_w$ -be, értéke közepén a legnagyobb. E kérdés egzakt vizsgálata Walker-től származik. A Mohr körök geometriáján alapuló számítását a következők szerint ismertetjük (6. ábra) [6];



6. ábra. Siló terhelése Walker szerint 1 kör közepén, 2 kör a fal mentén [6]

A középtengelyben nincs nyírófeszültség, a vízszintes feszültség pedig marad a legkisebb főfeszültség (Q pont). A falnál viszont feltehetően a normál feszültség továbbra is egyenlő a  $p_h$  vízszintes feszültséggel, de ez már nem a legkisebb főfeszültség, mert a falsúrlódás függőleges nyírófeszültséget ébreszt, a fal folyási helyen Q felett levő P pont jelzi a falmenti feszültséget. A  $\delta$  hajlású effektív folyási helyet (Coulomb egyenes) érintő, P ill. Q ponton átmenő Mohr körök jellemzik a két szélsőséges feszültségi állapotot, az átlagos függőleges feszültség a tengelymenti és a falmenti közé esik.

A helyzetet a 7. ábra világítja meg [6];  $PW = r$ ,  $OW = r/\sin \delta$ ,  $PW/\sin \Phi_w = OW/\sin i$ ,  $i = \arcsin \frac{\sin \Phi_w}{\sin \delta}$  és ebből  $\varepsilon = \Phi_w + \arcsin \frac{\sin \Phi_w}{\sin \delta}$ , továbbá



7. ábra. A Mohr kör a fal közelében [6]

$OW = r/\sin \delta$ ,  $WT = r \cos \widehat{TWS} = -r \cos \varepsilon$ , végül

$$p_w = OW + WT = r \left( \frac{1}{\sin \delta} - \cos \varepsilon \right) \quad (7)$$

$$\tau_v = PQ = r \sin \varepsilon = B p_w \quad (8)$$

ahol

$$B = \frac{\sin \varepsilon}{\frac{1}{\sin \delta} - \cos \varepsilon} = \frac{\sin \varepsilon \sin \delta}{1 - \cos \varepsilon \sin \delta} \quad (9)$$

$p_v$  sugármenti változását Walker D eloszlási szorzóval veszi figyelembe, átlagértéke D szorzóval a falmenti feszültség:

$$D \bar{p}_v = p_w \quad (10)$$

A Janssen féle (1) differenciálegyenletnek ezek után

$$g \rho A dz = A d\bar{p}_v + U \tau_v dz \quad (11)$$

illetve

$$\frac{d\bar{p}_v}{dz} = g \rho - \frac{U}{A} \tau_v \quad (11/a)$$

felel meg. Ennek megoldása

$$\bar{p}_v = \frac{g \rho A}{U B D} \left[ 1 - \exp \left( -\frac{U B D}{A} z \right) \right] \quad (12)$$

alakilag azonos a (2) alatt látottal,  $\lambda \operatorname{tg} \Phi_w$  helyett az imént definiált BD szorzóval.  $p_w$  a (10) szerinti,  $p_h$  pedig a  $\operatorname{tg} \Phi_w = \frac{\tau_v}{p_h}$  összefüggésből

$$p_h = \frac{g \rho A}{U \operatorname{tg} \Phi_w} \left[ 1 - \exp \left( -\frac{U B D}{A} z \right) \right] \quad (13)$$

Még hátravan D körülírása. Kellő mélységben elhelyezendő elemi vastagságú szeletben az átlagos függőleges  $\bar{p}_v$  feszültség egyensúlyi állapotot ér el, vagyis súlya egyenlő a palást nyíróerejével. A súly arányos a hidraulikus sugár négyzetével, a felület a sugárral, így  $p_w$  is arányos a hidraulikus sugárral. Ha  $\Phi_w$  közelít  $\delta$ -hoz, D értéke kevéssé

marad el 1-től, míg durva fal esetén 0,6-ig is csökkenhet.

A BD szorzat Walker számításai szerint pl.  $\Phi = 50^\circ$  belső súrlódás esetén  $\Phi_w < 40^\circ$  esetén gyakorlatilag egyenlő  $\lambda \operatorname{tg} \Phi_w$ -vel,  $\Phi_w = 45^\circ$  esetén BD 10%-kal,  $\Phi_w = 50^\circ$  esetén 20%-kal nagyobb (az értékpárok 0,146–0,133 és 0,189–0,158). Különösen durva silófaltól eltekintve tehát a Janssen és a Walker szerinti számítás azonos igénybevételi értékeket szolgáltat. Walker javasolja durva fal esetében a  $\lambda$  nyosásviszonyra a fal közelében a

$$\lambda = \frac{1 - \sin^2 \Phi}{1 + \sin^2 \Phi} \quad (14)$$

képletet használni.

Függőleges falú silók méretezésére évtizedeken át bizonyos biztonsági szorzókkal a Janssen képletet használták. Az elméleti szilárdságtani ismeretek bővülése a legkülönbözőbb méretezési eljárásokban a biztonsági szorzók csökkentésének tendenciájával járt. Ez a csökkentési irányzat silókra alkalmazva az akkoriban épített silók sorozatos tönkremenetelére, megroppanására vezetett. Ezért a 30-as, 40-es évek fordulóján főként szovjet és francia intézetekben sorozatos mérési és kísérleti vizsgálatokat folytattak, amelyeket főleg a 60-as évektől kezdődően mélyreható elméleti tanulmányok követtek, de tudományos egzaktsággal a kérdés napjainkig sem tekinthető lezártnak. E vizsgálatokról összefoglaló tájékoztatást egy későbbi tanulmány fog tartalmazni.

#### 2.4. A silóméretezésre vonatkozó DIN előírások

A dinamikus hatások egzakt meghatározására szolgáló képletek hiányában a még jelenleg is érvényes DIN 1055 Blatt 6 (1964) [7] az alkalmazhatóság tekintetében számos fenntartással él.

A szabvány prizmatikus és cilindrikus, függőleges falú tartályokra szorítkozik, megjegyezvén, hogy a ferde falú tartályok kérdése még tisztázatlan. A tárolt szemcsés anyagra vonatkozó megszorítás; a kohézió a belső-súrlódáshoz képest elhanyagolható.

A szabvány alapjául a Janssen féle (2) és (3) képletek szolgálnak, a következő kiegészítésekkel;

A  $\Phi_w$  falsúrlódási szög a  $\Phi$  belső súrlódási szög hányadaként veendő számításba, és pedig szemcsés anyagnál ( $> 0,20$  mm) töltésnél 0,75, ürítésnél 0,60 szorzóval, porokra ( $< 0,06$  mm) a szorzó 1.

A  $\lambda = p_h/p_v$  silónyomásviszony javasolt nagysága töltésnél 0,50, ürítésnél 1, –.

A mértékadó terhelések a következő esetekben lépnek fel;  $p_v$  töltéskor,  $p_h$  ürítéskor,  $p_w$  ürítéskor. Végtelen silómagasság feltételezése esetén a töltési és ürítési terhelés  $p_w$ -re azonos. Boltozódás beomlása  $p_v$  emelkedését okozza, a silófenékre a számított  $p_v$  kétszerese, de legfeljebb a hidrosztatikus gőz veendő számításba.

Excentrikus fenéknyílás esetében a fenéknyílásra tükrözötten megnövelt keresztmetszet a méretezés alapja.

A silócellák levegőzése szemcsés anyagnál  $p_h$ -ra hatásos, az a befúvási nyomással megnövelendő. Poroknál  $p_h$  növekedését nem észlelték.

A silófenék fölött 1,2 átmérő, de legfeljebb 0,75 H magasságtól lefelé lineárisan nullára csökkenő  $p_h$ -val lehet számolni.

Aerációs anyagkeringetésű homogenizáló silók esetében végül  $p_h = p_v = 0,6$  gőz, illetve a Janssen féle érték közül a nagyobbik veendő figyelembe.

Összehasonlítás céljából még megadjuk, hogy szovjet előírások szerint  $p_h$ -ra hengeres silóknál az alulról mért 0,15 H–0,65 H magasságban, négyzetes és téglalap metszetű silókban 0–0,65 H szakaszban a 2 dinamikus szorzó veendő számításba [8].

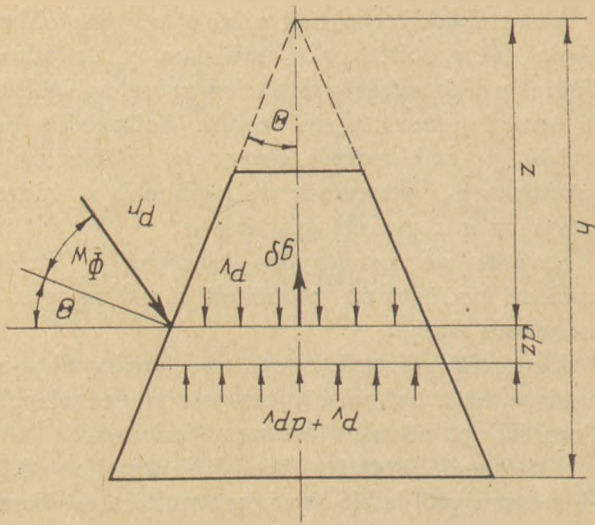
### 3. Ferde falú bunkerekben fellépő erőhatások

E fejezetben a kúp, gúla vagy ék alakú bunkerekben fellépő erőhatásokkal foglalkozunk. Az itt következőkben a korábbtól eltérően a z függőleges koordinátát a csúcstól alulról mérve számítjuk. E problémát elméletileg és modellkísérletekkel számos kutató vizsgálata, de – mint a DIN szabvány bevezetése is kiemeli – általánosan elfogadott, illetve a gyakorlat által egyértelműen igazolt számítási mód még nem ismeretes.

Schwedes monográfiájában Lee idevonatkozó legkorábbi megfontolását ismerteti [4] [9], amely a Janssen féle gondolatmenet általánosításával egyértelmű. Jelölje (8. ábra)  $\Theta$  a fal függőlegestől mért hajlását,  $p_r$  a reakciónyomást, amelynek iránya a vízszinteshez  $\Theta + \Phi_w$ , ez felbontható  $p_{rv}$  vertikális és  $p_{rh} = p_h$  horizontális összetevőkre, vagyis  $p_{rv} = p_r \sin(\Theta + \Phi_w) = p_h \operatorname{tg}(\Theta + \Phi_w)$  és a függőleges irányban az egyensúlyi egyenlet:

$$-A d p_v - g_0 A d z + p_h \operatorname{tg}(\Theta + \Phi_w) U d z = 0 \quad (15)$$

A (15) differenciálegyenlet megoldása, ha  $p_v$  értéke  $z = 0$  helyen, vagyis a csúcspan 0 és  $z = h$  helyen  $p_{v0}$  vagyis szabad felszín esetén szintén 0;



8. ábra. Ferde falú bunker terhelése Lee szerint [4] [9]

$$p_v = \frac{g \rho z}{C-1} \left[ 1 - \left( \frac{z}{h} \right)^{C-1} \right] + p_{v0} \left( \frac{z}{h} \right)^C \quad (16)$$

és

$$C = \frac{2\lambda \operatorname{tg}(\theta + \Phi_w)}{\operatorname{tg} \theta} \quad (17)$$

A (17) egyenlethez megjegyzendő, hogy a keresztmetszet leszűkülése a Rankine féle passzív állapotra, vagyis a  $\lambda$  silónyomásviszony (5) szerinti értékére utal. Számpéldák azonban akár  $\lambda_a$ -val, akár  $\lambda_p$ -vel számolva C-re és vele  $p_v$ -re sok esetben valószerűtlen értékekre vezetnek. C 1-nél kisebb, vagy akár negatív értéke nem eleve kizáró, mert ekkor a (16) egyenlet első tagjának két tényezője negatív.

Aóki [5] és Walker [6] is foglalkoztak a nyomás meghatározásával, az egyensúlyi differenciálegyenlet másként való felírásával. Érdekes módon  $p_v$ -re a (16) képlettel azonos képlethez jutnak, de a C állandó értéke náluk nagyon is eltérő.

A következőkben erősen lerövidítve Walker levezetését mutatjuk be annak kiemelésével, hogy a falsúrlódás figyelembevétele eleve tömegfolyású bunkert tételez fel. (Magfolyás esetén az anyag anyagon mozdul el, erre vonatkozó körülményes megfontolások egy későbbi tanulmány tárgyát fogják képezni.)

Az egyensúlyi egyenletet Walker (15)-höz hasonlóan így írja fel;

$$A g \rho dz + A d\bar{p}_v = U \tau_v dz \quad (18)$$

$\tau_v$  meghatározására itt is a Mohr kör geometriai elemzését használja (9. ábra)

$$\tau_v = r \sin 2(\theta + \beta)$$

$$p_w = OC + CT = \frac{r}{\sin \delta} - r \cos 2(\theta + \beta)$$

$$\tau_v \text{ nyilván arányos } p_w\text{-vel, ez pedig } \bar{p}_v\text{-vel, így} \quad (19)$$

$$\tau_v = BD \bar{p}_v$$

B és D jelentése ugyanaz, mint volt a silókra vonatkozó megfontolásoknál. Az ábrából levezethető, hogy

$$B = \frac{\sin \delta \sin 2(\theta + \beta)}{1 - \sin \delta \cos 2(\theta + \beta)} \quad (20)$$

ahol

$$\beta = \frac{1}{2} \left( \Phi_w + \arcsin \frac{\sin \Phi_w}{\sin \delta} \right) \quad (21)$$

Ezek után a (18) differenciálegyenlet így alakul;

$$\frac{d\bar{p}_v}{dz} = \frac{U}{A} BD \bar{p}_v - g \rho \quad (18a)$$

és megoldása a (15)-nél is szereplő peremfeltételekkel

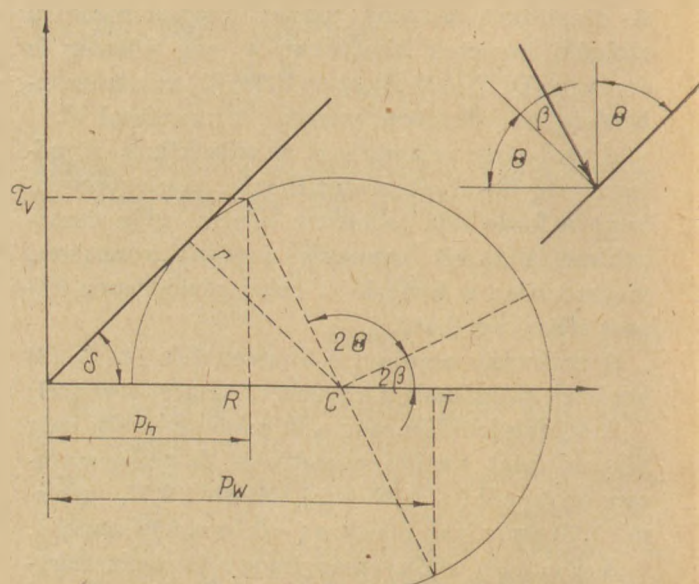
$$\bar{p}_v = \frac{g \rho z}{C-1} \left[ 1 - \left( \frac{z}{h} \right)^{C-1} \right] + p_{v0} \left( \frac{z}{h} \right)^C \quad (22)$$

feltűnően egyező a (16) egyenlettel, de C eltérő;

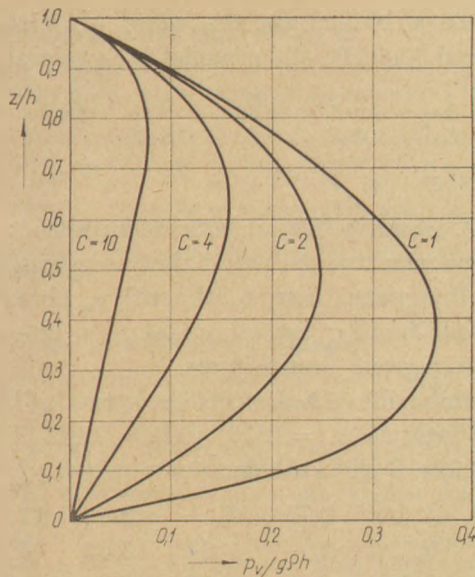
$$C = 2 BD / \operatorname{tg} \theta \text{ ill. } C = BD / \operatorname{tg} \theta \quad (23)$$

az első érték axiálszimmetrikus, a második ék alakú bunkerra érvényes.

$p_v$  mélységmenti változása a C paraméter függvénye. A függvény menetét a 10. ábra mutatja [5] [6], a Jenike által feltételezett [10]



9. ábra. Bunker feszültségi állapota a fal mentén [6]



10. ábra.  $p_v$  magasságmenti változása  $C$  különböző értékei mellett [6]

lineáris változástól nagyon is eltérő. De fennáll az arányosság az alsó csúcs közelében, ahol  $z \ll h$ , itt (18) és (22) egyaránt egyszerű alakot ölt:

$$p_v = \frac{g\rho z}{C-1} \quad (24)$$

A ferde falú bunkerben működő erőhatásokra Jenike sokszor idézett alapvető munkájában [10] levezetés nélkül diagramsorozatot közöl. A  $\delta$  effektív súrlódási szög 30, 40, 50, 60 és 70° értékére külön-külön lapon adja meg az axiál-szimmetrikus és a síkfolyású bunkerekre a  $\sigma'/\gamma B$  dimenzió nélküli számot,  $\gamma = g\rho$  a fajsúly (11. ábra). A 12. ábrán példaként bemutatjuk a  $\delta = 50^\circ$ -ra, konikus-axiál-szimmetrikus bunkerra vonatkozó diagramot. A 11. ábra szerint

$$\tau' = \sigma' \operatorname{tg} \Phi_w \quad (25)$$

a falmenti, korábban  $p_w$ -vel jelzett falmenti nyomás. Az eddigiekben  $p_v$ -vel jelzett függőleges nyomás nagysága nyilván

$$p_v = \sigma' \sin \theta \quad (26)$$

Jenike e módszere az erőhatásokat alulról felfelé növekedően veszi arányosnak, ami, legalábbis a felszín közelében, természetesen lehetetlen.

#### 4. Egybeépített siló-bunker

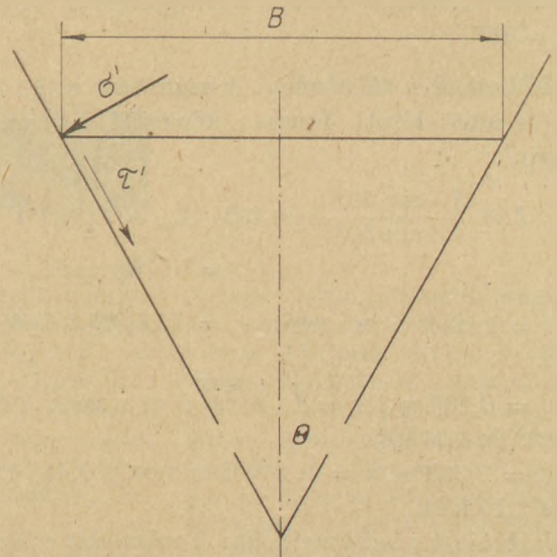
A szemcsés anyagokat feldolgozó különböző munkagépek (törő, szárító, malom stb.) felett többnyire alul leszűkülő bunkertoldattal ellátott

silókkal találkozunk. Az itt működő erők a (16) vagy (22) képlettel számíthatók ki, ha  $p_v$  helyébe a Janssen féle (2) képlettel kiszámított silónyomást helyettesítjük.

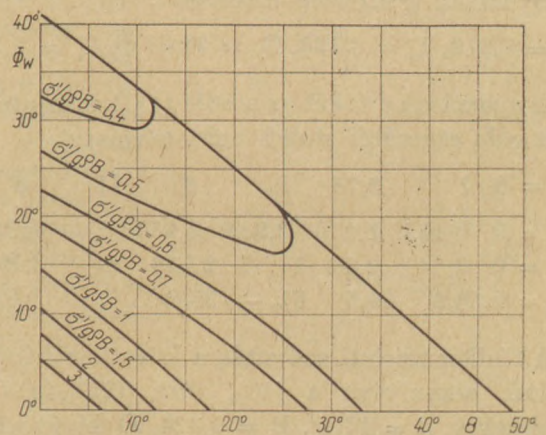
A 10. ábra annyiban módosul, hogy a görbe felül nem 0-ról, hanem a silónyomás értékéről indul.

#### 5. Számpélda

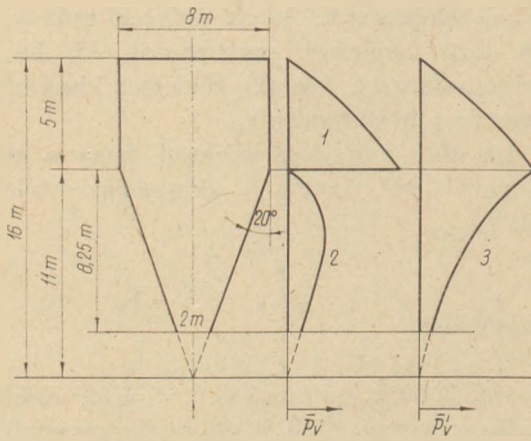
Vegyünk  $1300 \text{ kg/m}^3$  sűrűségű,  $\delta = 50^\circ$  effektív súrlódású anyaggal feltöltött axiál-szimmetrikus, kvadratikus keresztmetszetű, alul bunkertoldatú silót. A négyzet oldala  $B = 8 \text{ m}$ , a függőleges falú rész magassága 5 m, a bunkerrész hajlása a függőlegeshez  $\theta = 20^\circ$ , a kifolyónyílás oldala 2 m, kiadódik a bunkerrész magasságára 8,25 m,



11. ábra. A bunkerfalra ható erők Jenike szerint [10]



12. ábra.  $\sigma'/\gamma B$  értékei  $\delta = 50^\circ$  esetén [10]



13. ábra. Vertikális nyomás változása Walker képletével számítva 1: siló, 2: bunker, 3: teljes tartály

a csúcsig való meghosszabbítással együtt 11 m (13. ábra). Az anyag  $\Phi$  belső súrlódását – kis kohéziót feltételezve –  $\delta$ -val egyezően  $50^\circ$ -ra vesszük és közepesen sima falra gondolva legyen  $\Phi_w = 15^\circ$ .

**Erőhatások a silórészben:** A számítást a (2), (3) és (4) alatt látott Janssen képlettel végezzük. Kapjuk:

$$\lambda = \frac{1 - \sin 50^\circ}{1 + \sin 50^\circ} = 0,133, \quad p_{v\infty} = 715 \text{ kPa}$$

$$(\text{=} 7,15 \text{ kp/cm}^2)$$

és  $z = 1, 2$  és  $5$  m esetén  $p_v = 12,5, 25,5$  és  $60,5$  kPa.

$$p_h = 0,133 p_v, \quad z = 1, 2 \text{ és } 5 \text{ m esetén } 1,66, 3,39 \text{ és } 8,05 \text{ kPa}$$

$$p_w = 0,268 p_h, \quad z = 1, 2 \text{ és } 5 \text{ m esetén } 0,44, 0,91 \text{ és } 2,16 \text{ kPa}$$

**Erőhatások a bunkerrészben:** A számítást először a Lee féle (16) és (17) képlettel végezzük el, a passzív mellett az aktív feszültségi állapotot is figyelembe véve. Passzív feszültségi állapotban nyilván a horizontális  $p_{hp} = \lambda_p p_{vp}$  lesz a siló falát túlnyomóan igénybevevő terhelés.

$$\lambda_p = 7,519, \quad \lambda_a = 0,133, \quad C_p = 28,91 \text{ és } C_a = 0,511$$

A nyomások értékét az alábbi táblázat mutatja (z a gúla csúcsától alulról mért távolság):

z	0	1	2,75	5	8	11	m
$p_{vp}$	0	0,457	1,256	2,284	3,655	0	kPa
$p_{hp}$	0	3,44	9,44	17,17	27,48	0	kPa
$p_{va}$	0	58,6	69,5	61,-	35,2	0	kPa

A Walker szerinti számítás a következőképpen alakul, alapulvéve a (20), (21), (22) és (23) képleteket:  $\beta = 17,4^\circ$ ,  $B = 0,924$ ,  $D$  felvéve 1-re és  $C = 5,08$ , ezekkel az átlagos vertikális nyomás

magában a bunkerrészben, majd  $\bar{p}_v$  jelzéssel a felül ható  $60,5$  kPa silónyomást is figyelembevéve

z	0	1	2,75	5	8	11	m
$\bar{p}_v$	0	3,1	8,6	15	18,25	0	kPa
$p_v$	0	3,1	8,6	16,2	29,7	60,5	kPa

A 13. ábrán a Walker szerint számított vertikális nyomások vannak léptékhelyesen berajzolva. Meg kell jegyezni, hogy a falmenti  $p_w$  ábrázolásánál a siló-bunker csatlakozásakor a szögeltérés feszültségugrást eredményez.

A Jenike féle 12. ábráról leolvastva  $\sigma'/g\rho B = 0,55$  vagyis  $\sigma' = 0,55$ ,  $g\rho B = 7,014$  B kPa,  $p_v = 2,398$  B kPa, táblázatosan

z	0	1	2,75	5	8	11	m
B	0	0,728	2,-	3,64	5,82	8	m
$p_v$	0	1,74	4,79	8,73	13,96	19,19	kPa

Említésre érdemes: szokásos az az egyszerű számítás, mintha a tartály vízzel lenne töltve, azaz a nyomás minden irányban  $9,81 z$  kPa (z felülről számítva), a fal támasztó hatása figyelmen kívül marad. Példánkban  $z = 0$  esetén, vagyis a siló felszínén  $p = 0$ , a silórész alján  $z = 5$  m és  $p = 49$  kPa, a bunker kifolyó nyílásnál  $z = 13,25$  m és  $p = 130$  kPa. Vízfeltételt számításba véve tehát – tárolási állapotra számítva – a silórész vertikális nyomásától eltekintve biztonsággal járunk el. Ha pedig a fennálló  $\rho = 1300$  kg/m<sup>3</sup> sűrűséggel számolunk, épp a DIN 1055/1964 előírás boltozat beomlási biztonsági nyomásához jutunk.

Megállapítható, hogy a legvalószerűbb értékeket – mindenkor a statikus állapotot tekintve – a Walker féle számítás adja. Tanulmányában ennek igazolására mérési eredményeket is bemutat.

## IRODALOM

- [1] Beke, B.: Anyagmozgatás bunkerekben. Építőanyag 32 (1980) p. 407–422
- [2] Kézdi, A.: Talajmechanika I. Tankönyvkiadó 1969. pp. 314–326 és 420–439
- [3] Janssen, H. A.: Versuche über Getreidedruck in Silozellen. Zeitr. VDI 39 (1895) p. 1045–1049
- [4] Schwedes, J.: Fliessverhalten von Schüttgütern in Bunkern. Verlag Chemie, 1968. p. 1–331
- [5] Aoki, R.: Stresses of powders and granular materials in bins and hoppers. Theoretical and Applied Mechanics 26 (1976) University of Tokyo Press p. 9–23
- [6] Walker, D. M.: An approximate theory for pressures and arching in hoppers. Chemical Engineering Science 21 (1966), p. 975–997
- [7] Lasten in Silozellen DIN 1055 Blatt 6 (1964)
- [8] Turitzin, A. M.: Dynamic pressure of granular material in deep bins. Jnl. of the Structural Division, Proc. ASCE (1963) p. 49–73
- [9] Lee, C. A.: Hopper design up to date. Chemical Engineering 1963. april p. 75–78
- [10] Jenike, A. W.: Storage and flow of solids. Bull. No. 123 of the Utah Engineering Experimental Station 1964 (rev. 1970) p. 1–198

### Beke Béla: Erőhatások bunkerekben I.

Silókban nyugalmi állapotban tárolt szemcsés anyagoknak a falra gyakorolt nyomására Janssen már 1895-ben levezetett máig is használatos képletet. E képlet a töltéskor, de főleg ürítéskor fellépő erőhatásokkal nem számol és e kérdés mindaddig nincs egzakt módon tisztázva. Ugyancsak nem lezárt még a ferde falú bunkerekben tárolt szemcsés anyagok által gyakorolt nyomás kérdése. Erre vonatkozóan Lee és Walker megfontolásai kerülnek bemutatásra. A dinamikus hatásokkal későbbi tanulmány fog foglalkozni.

### Beke, B.: Силовые влияния в бункерах. I.

Для определения давления на стену, оказываемого зернистыми материалами, которые находятся в бункере в спокойном состоянии, Янссеном была предложена в 1895 г. формула, которая применяется и в настоящее время. Эта формула не учитывает влияние сил, имеющее место при заполнении, и главным образом при опорожнении бункеров, и этот вопрос до сего времени невыяснен полностью. Не решенным является также вопрос влияния зернистых материалов, хранящихся в бункерах с наклонными стенками. В отношении этого приводятся соображения Ли и Валкера. Динамические влияния будут освещены в следующей статье.

### Beke, Béla: Bunkerbelastungen I.

Bezüglich des Druckes, den die in Ruhelage gespeicherten Schüttgüter auf die Seitenwände der Silos ausüben, leitete Janssen bereits im Jahre 1895 eine, auch gegenwärtig noch gebräuchliche Formel ab. Diese Formel läßt jedoch die, während dem Auffüllen und hauptsächlich des Abzuges der gespeicherten Güter auftretenden Beanspruchungen außer Acht und diese Frage wurde bisher nicht eindeutig geklärt. Gleichsam wurde auch die Frage der, bei der Speicherung der Schüttgüter in Silos mit schiefen Seitenwänden auftretenden Druckbeanspruchungen noch nicht endgültig Abgeschlossen. Diesbezüglich werden die Überlegungen von Lee und Walker erörtert. Die dynamischen Auswirkungen sollen in einer späteren Arbeit behandelt werden.

### Beke, Béla: Bin Loads, I.

A formula was derived in 1895 by Janssen, describing the pressure of granular materials stored in a stationary state in silos. However this formula is not exact and disregards dynamic loads of filling and particularly of discharge. The pressure exerted by granular substances in bins with oblique walls is not settled either. Lee and Walker's method on this topic are discussed in detail, while dynamic effects will be presented in the next part of this study.

## Lapszemle

### GLASS, Redhill, 1980. 11. sz.

Carbol, V.—Johansson, I. G.—Smmingsköld, B.: *Energiamegtakarítás új üvegösszetételekkel.* 408—412. old.

Az üvegek olvasztási hőmérséklete a szilícium-dioxid tartalom növekedésével növekszik, ennek csökkentése az alkáli és az üvegmódosítók mennyiségének növelésével valósítható meg. Ólomkristály- és kristályosodott üvegek olvasztásához kísérletileg olyan üvegösszetételt dolgoztak ki, amely 100 °C-kal csökkenti az olvasztási- és kidolgozási hőmérsékleteket. Így jelentős energiamegtakarítás érhető el. Lab. olvasztások és vizsgálatok, a kísérleti és összehasonlító üvegösszetételek kém. és fiz. jellemzői. Új szintenítő anyagok.

Pitt, R.: *Nefelin-szienit az üvegipar kiváló nyersanyaga.* 415—416. old.

Az üveg- és kerámiai ipar értékes nyersanyaga a nefelin-szienit. Kitermelhető előfordulás Kanadában és Norvégiában található. A norvég Sternoy szigeti előfordulás adatai, szennyező ásványai, kitermelt

mennyiség és a bányászat módszerei. A kibányászott kőzetet több lépcsőben őrlik, osztályozzák és forgódobban szárítják. Továbbőrléssel és osztályozással a szemcseméretet 0,5 mm alá, mágneses leválasztókkal a vastartalmat 0,1% alá csökkentik. Minőségellenőrzés.

Loewenstein, K. L.: *A hulladék üvegszál újrahasznosítása.* 419—421. old.

A folyamatos üvegszál gyártásban a megolvasztott üveg 10—25%-a a gyártástechnológia különböző lépcsőiben hulladék formájában jelenik meg. Nagyon jelentős az üvegszál hulladék, amelyet eddig vízzel feliszapolva elhagyott bányákba vagy bányagödörökbe szivattyúzzák. A boroszilikát üvegszálak gyártásánál az értékes bórt használják fel. Több eljárást dolgoztak ki és szabadalmaztattak a bórtartalmú üvegszál hulladékok üvegipari nyersanyagként való hasznosítására. Szabadalmi leírások.

Mitchell, D. V.: *Teller száraz gáztisztító rendszer — új megközelítés a kemencéből eltávozó gáz kezelésére.* 438—440, 443. old.

A Teller száraz gáztisztító rendszer az üvegipari olvasztókemencék eltávozó gázainak hatékony tisztítására alkalmas. A gázokkal eltávozó szilárd részecskéket, fluordokat, bór vegyületeket, arzén-trioxidot és kén-trioxidot a legszigorúbb környezetvédelmi előírásokat kielégítő mértékben leválasztja. A Teller rendszer európai alkalmazásainak tapasztalatai eltérő minőségű üvegek olvasztásakor. A Teller rendszerben leválasztott anyagok már nem mérgezőek, ezért számos célra felhasználhatók.

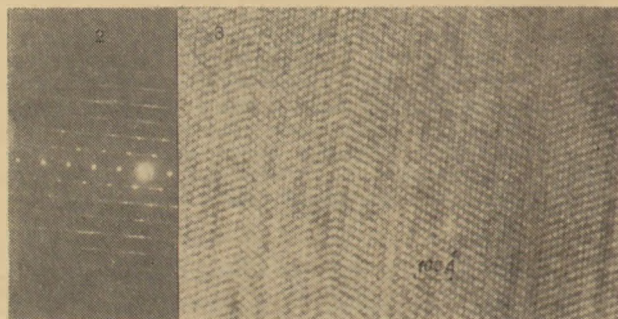
# Adalékolt agyagásványok nagyhőmérsékletű termékeinek transzmissziós elektronmikroszkópos (TEM) vizsgálata

DÓDONY ISTVÁN

ELTE Ásványtani Tanszék

## Bevezetés

A kerámiák és cementek fázisainak TEM vizsgálata az elmúlt évben már önálló szekcióban szerepelt az Európai Elektronmikroszkópiai és Analitikai Konferencián (Hága 1980). A vizsgált témák a kutatási eredmények közvetlen ipari hasznosítását célozták. Feltételezzük, hogy a jövőben az alkalmazott TEM további rohamos terjedésére számíthatunk. A technológiai fejlődést idővel egyre nagyobb mértékben befolyásoló tényezővé válik a TEM alkalmazása.



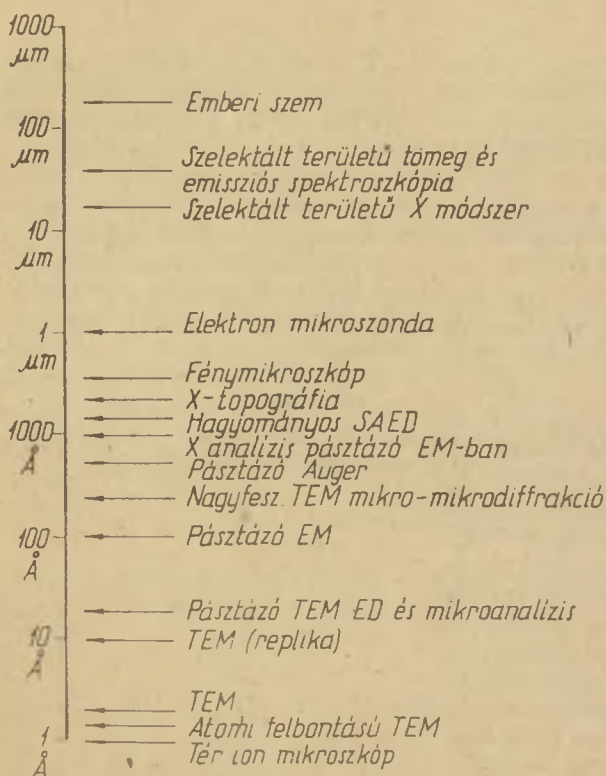
2-3. ábra. Stilpnomelán [010] vetületben. Szelektált területű elektrondiffrakció (SAED) [2], rácsképp [3.].

Más anyagvizsgálati módszerekkel való összehasonlításban a TEM nagy előnye a rendkívüli mértékű területi szelektivitás a vizsgált minta kristálytani tulajdonságaiban. A TEM mm – Å ( $10^{-7}$  mm) mérettartományban alkalmazható. 1978-tól csúcskészülékeken az egyedi (!) mozgó (!) nehéz atomok (pl. Au, Th) vizuális megfigyelése is lehetséges. Az 1. ábrán az anyagvizsgálat néhány eszköze felbontóképességben összehasonlítható (Thomas 1979).

A módszer részletes leírását kézikönyvekből tanulmányozhatjuk [pl. Wenk (1976), Thomas 1979)].

A 2., 3. ábra a TEM-os felvételek teljesítő-képességét példázza egy stilpnomelán [010] vetületén. A diffrakciós felvétel a minta  $0,3 \mu\text{m}$  ( $< 300$  elemi cella) átmérőjű területéről ad egykristály-diffrakciós képet. A nagyfelbontású felvételen (kb.  $6 \text{ \AA}$ -os pont-pont feloldással) megnézhetjük a minta kristályszerkezetét a (010) vetületben. J. M. Thomas, D. A. Jefferson vizsgálatai szerint a politip módosulatok összetétele egymástól különbözik. Így a rácsképp a kémiai összetétel változását is megadja.

Jelen munkában a porcelán és portlandklinker cement egyes kristályos fázisainak reális szerkezetét kívánjuk néhány példán keresztül bemutatni. (Az alapanyagként használt királyhegyi-kaolinit szerkezeti problémáit is érintjük.) A reális szerkezet változékonyságának következményeként



X: röntgen  
SAED: szelektált területű elektron diffrakció  
TEM: transzmissziós elektron mikroszkóp  
(Thomas, G., 1977, után)

1. ábra. Az anyagvizsgálatban használt egyes eszközök felbontási határai

pedig a rutin röntgen pordiffrakciós módszerrel végezhető minőségi és mennyiségi vizsgálatok korlátaira utalunk. A kerámiai anyagokat, cementeket alkotó fázisok általában olyan kis-méretűek, és/vagy annyira nem egykristályszerkezetűek, hogy a még kevésbé közvetett módszernek számító röntgen pordiffrakciós technika alkalmazása is feltételezésekre szorul. Néhány ezen feltételezések közül;

- Az agyagásványok „ismert” kristályszerkezete (atomkoordináták) helyes.
- A kristályhibák nem módosítják a diffraktogramot.
- Az alapvonal magasság és a 4 Å körüli széles púp az amorf komponens mennyiségétől függ.

A hazai TEM vizsgálatok ásványtani alkalmazásának súlypontjában sokáig morfológiai megfigyelések álltak. Az itt bemutatott kristályokkal a transzmissziós elektronmikroszkópia jelentőségét szeretnénk hangsúlyozni az anyagok mélyebb megismerésében.

### Vizsgálati anyagok

Alapanyagainak királyhegyi kaolin (50% kvarctartalommal), szegi kaolin, valamint füzérradványi illit voltak. Adalékanyagul kalcit, kvarc, kálföldpát szolgált.

Eddigi vizsgálatainkban a következő rendszereket tanulmányoztuk [Bognár, Dódony, Lovas (1980)];

1. Kaolinit – kalcit
2. Kaolinit – kvarc – kalcit
3. Illit – kalcit
4. Illit – kvarc – kálföldpát

A különböző alapanyagú mintáknál azonos izzítási hőmérsékleteket alkalmaztunk (1000 – 1400 °C).

Az 1 – 3. minták összetétele ( $K_2O$  nélkül);

- a)  $5CaO + Al_2O_3 + 2SiO_2$
- b)  $6CaO + Al_2O_3 + 2SiO_2$
- c)  $4CaO + Al_2O_3 + 2SiO_2$

A 4. minta komponenseinek tömegaránya; 2 : 1 : 1

### Vizsgálati módszerek

Minden mintáról röntgendiffraktogram készült.

A TEM vizsgálatokhoz az achát mozsárban etanol alatt porított anyag szuszpenziójából amorf szén lyukhártyára cseppentettünk. Az alkohol elpárolgása után az elektronmikroszkópban

a hordozóhártya lyukain átfekvő szemcséket vizsgáltuk. Morfológiai megfigyelésekhez az anyag friss törési felületéről, illetve az izzított minta felszínéről szén replikát készítettünk.

JEOL JEM – 100U valamint dönthető – forgatható goniométerrel ellátott JEOL JEM – 100CX típusú transzmissziós elektronmikroszkópot használtunk. Az elérhető pont-pont felbontás határa 4,5 Å volt.

Az egyes kristályok orientációját diffrakciós jellemzőit a szelektált területű (minimum 0,3  $\mu m$  átmérő) elektrondiffrakciós képek beállításával, készítésével és értékelésével határoztuk meg. A kristály reális szerkezeti sajátosságai szerint készítettünk amplitudó kontraszt ill. fázis kontraszt (rácskép) felvételeket. Az alkalmazott legnagyobb elektronoptikai nagyítás 250 000  $\times$  volt.

### Vizsgálati eredmények

Elsőként a kaolinit szerkezetével kapcsolatos megoldatlan kérdésekről szólunk.

Az irodalomban általánosan elfogadott triklin szerkezeti modellt – eddigi tapasztalataink szerint – egy elektrondiffrakciós felvétel sem igazolta. A triklin rács alapvető sajátossága, hogy a diffrakciós felvételen minden (hkl) rácssík-seregnek megvan a diffrakciós megfelelője (reflexiója). A 4. ábrán a királyhegyi kaolin egy szemcséjéről készült (001) egykristály elektrondiffrakciós kép látható. Megfigyelhetjük, hogy a (h00)\* reflexiókból a  $h = 2n$ , a (0k0)\*-ból a  $k = 2n$ , és a (hk0)\*-ból a  $h + k = 2n$  típusúak jelennek meg (ahol  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ ). Az ilyen ún. szisztematikus kioltásokkal jellemezhető kristály minimális szimmetriája monoklin C centrál lehet, de triklin semmiképpen sem.



4. ábra. (001) kaolinit, Királyhegy SAED képe

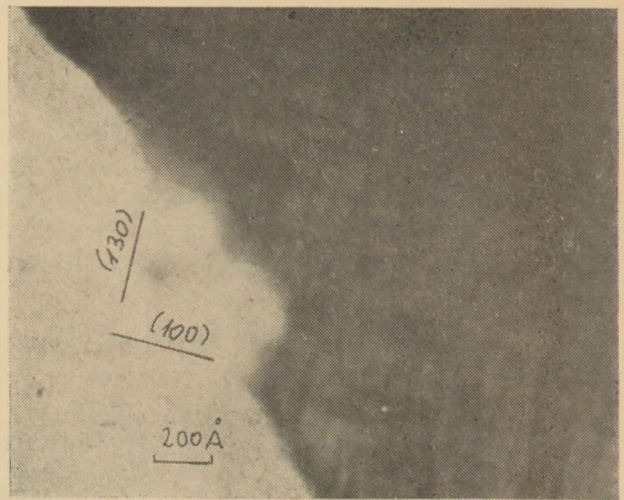
A kaolinit szerkezet ismerete fontos termikus átalakulásainak megértéséhez, és minősítéséhez (irányításához).

Az illites porcelán modell-anyag 1200 °C-on izzított mintájának röntgendiffraktogrammján a mérhető  $d_{hkl}$  értékek után csak kvarc határozható meg kristályos fázisként (az intenzitás arányok eltérőek a kvarcétól), bár számos kis intenzitású csúcs nem azonosítható. A szén replikákon nem volt kvarcra utaló morfológiai bélyeg. A szelektált területű elektrondiffrakciós (SAED) felvételeken kvarc nem volt kimutatható. A SAED felvételek egy ismeretlen szerkezetű kristályt mutatnak. Rácsállandói;  $a_0 = 7,47 \text{ \AA}$ ,  $b_0 = 13,56 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 5,4 \text{ \AA}$  (?).

Szimmetriája; C centrált, rombos, álhexagonális. E kristály  $d_{hkl}$  készlete a kvarc  $d_{hkl}$  értékeit is tartalmazza. Így értelmezhetők a röntgendiffraktogram kvarcétól eltérő intenzitás-arányai.



5. ábra. Új  $\text{SiO}_2$  fázis (001) SAED felvétele



6. ábra. Ikerhatárok az  $\text{SiO}_2$  fázisban



7. ábra. Az új  $\text{SiO}_2$  fázis (010) (110) és (110) rácscikkjainak képe

Az 5. ábra a fenti kristály (001) irányú SAED felvételét mutatja. A diffrakciós foltok + alakja a kristály orientált rendezetlenségét jelzi. A 6. ábrán jól látható, hogy (100) és (130) síkokkal párhuzamosan a mátrixtól eltérő kontrasztot adó 10–100 Å-ös szélességű ikerlamellák rendszere okozza a diffrakciós folt „csóváit” (streak). A 7. ábra nagyobb nagyításban láthatóvá teszi a kristály (010), (110) és (110) rácscikkjait ( $\sim 2 \times 3,34 \text{ \AA}$  – v.ö. kvarccal). A kristályok összetétele  $\text{SiO}_2$ -hoz közeli lehet. A K és Al kiindulási aránya még megengedi, hogy  $\text{SiO}_2$  módosulatnak tekintsük e fázist. A Buerger (1942) által leírt tridimit összetétele pl.  $\text{NaCaAl}_3\text{Si}_{15}\text{O}_{36}$ .

Az illites alapanyagú minták gyakran megjelenő fázisai a leucit, kaliofillit és a különböző



8. ábra. Trikalszilit, (001), SAED

kalszilit-módosulatok. Kimutatásuk, jellemzésük röntgen pordiffraktogramok alapján körülményes, bizonytalan.

E fázisok leírása is nagy biztonsággal elvégezhető SAED és nagyfelbontású TEM felvételek alapján.

A 8. ábra egy trikalszilit-kristály  $c_0$ -tengelyével párhuzamos elektronsugárral előállított – SAED felvétel. A szisztematikus kioltások nem rács-szimmetriától származnak. A direkt rácsképek tárják fel a kristály ikerszerkezetét. Az ikresedés (310) tükörsík szerinti, az összenövési sík a (310) és (010) lehet. A 9. és 10. ábra képet ad a kalszilit-szemcse reális kristályszerkezetéről.

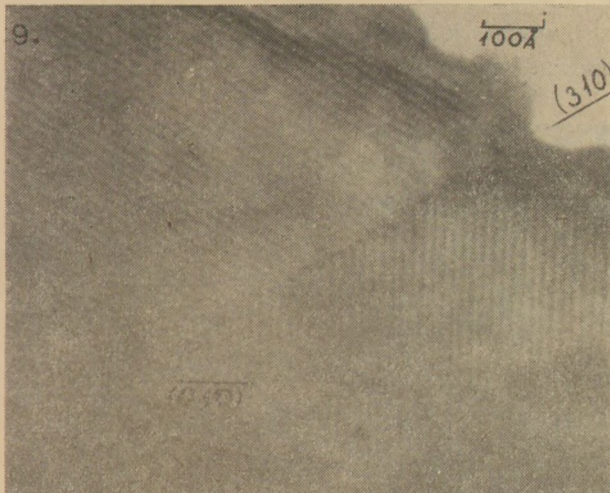
A 11. ábra szintén kalszilit-kaliofilitet mutat. Az  $a_0$  periódus-értékekből látszik, hogy már néhány száz Å hosszon a kaliofilit-kalszilit sor módosulatai hiánytalanul megjelennek. E módosulatok a K : Ca arány különbségein túl a Si – Al

rendezettségben különböznek egymástól. Az ilyen anyag minőségileg különbözik a „tiszta” fázisok egyszerű fizikai keverékétől, még röntgendiffraktogramban is.

A TEM alkalmazhatóságának további példáit a Ca-aluminátok és a Ca-szilikátok közül választottuk.

A trikalcium-aluminát ( $C_3A$ ) különböző szerkezetű módosulatai csak kevésbé ismertek. Takeuchi, Nishi (1980) négy szerkezetet határozott meg. A JCPDS (ASTM) rendszerben szereplő egy (8–5) kártya adatai alapján a minőségi meghatározásuk is bizonytalan. TEM-ban kristályonként meghatározható a módosulat, sőt a kristályon belüli inhomogenitások is jellemezhetők.

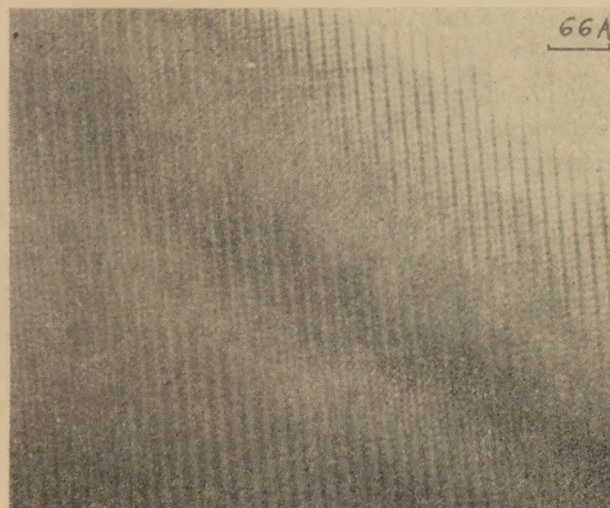
A 12. ábra (110) vetületben mutat egy  $P2_1/a$  tércsoportú kristályról készített rácsképet.



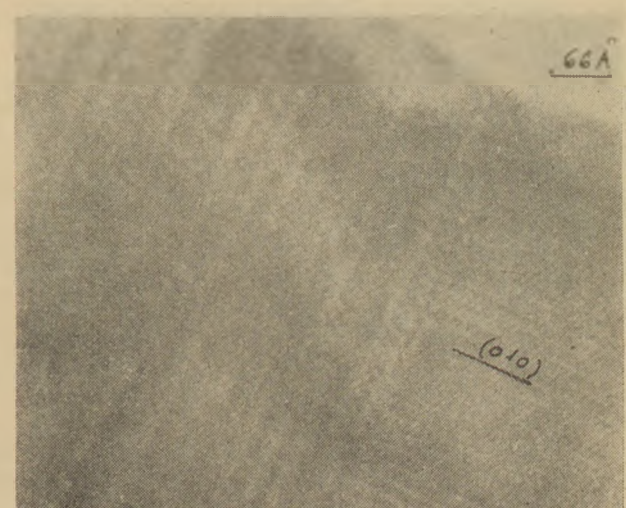
9. ábra. Trikalszilit ikerszerkezetének rácsképe



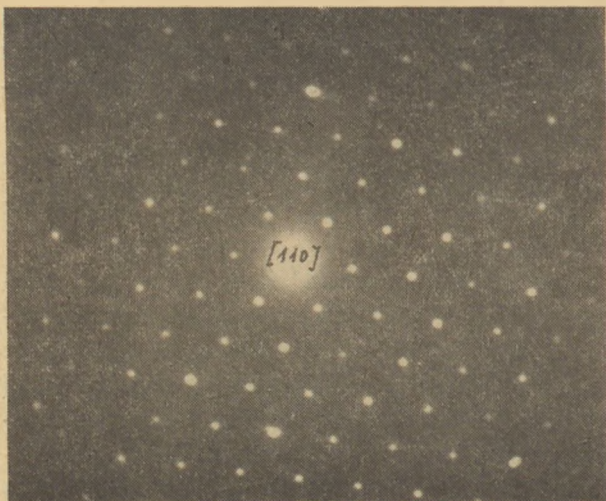
11. ábra. Kalszilit-kaliofilit kristály rácsképe



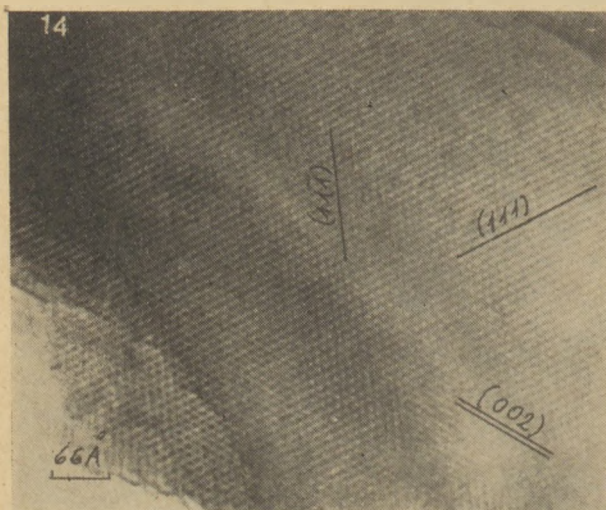
10. ábra. Trikalszilit ikerszerkezetének rácsképe



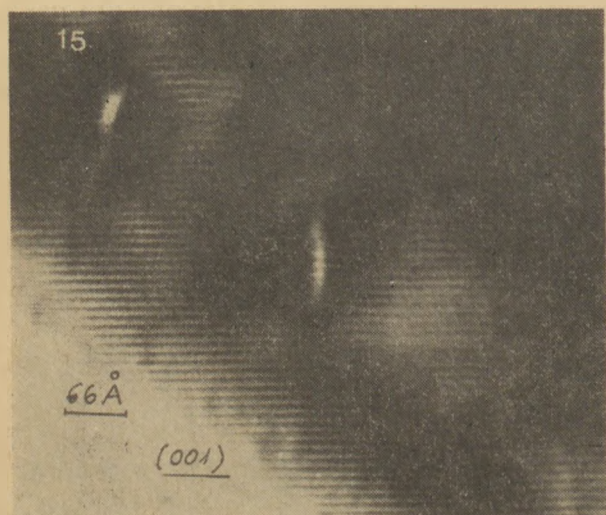
12. ábra.  $P2_1/a$  tércsoportú  $C_3A$  (110) vetületben



13. ábra.  $C_3A$  SAED felvétele



14. ábra.  $C_3A$  (111), (111), (200) rácssíkjaiknak képe

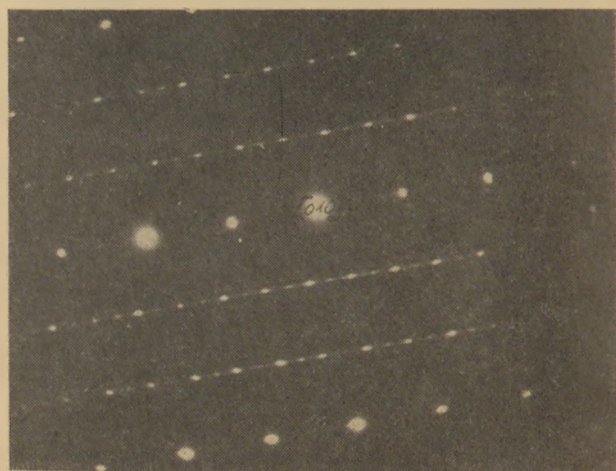


15. ábra. Hibonit rácsképe

A 13. ábrán látható SAED-felvétel egy, az irodalomban még nem szereplő  $C_3A$  szerkezetet reprezentál – a köbös ( $a_0 = 15 \text{ \AA}$ ) alapszerkezethez viszonyítva – (110) orientációban. Eddigi adataink arra elegendők, hogy kimutattuk, a köbös  $C_3A$   $d_{hkl}$  értékeinek egy csoportjával (hkl-ben h, k, l vagy csak  $2n$ , vagy csak  $2n+1$ , ahol n egész szám) jellemezhető a kristály, valamint nem írható le az eddig ismert szimmetriákkal és rácállandókkal ebben az összetételben. A 14. ábra ennek a kristálynak az (111), (111) és (200) rácssíkjaikat mutatja.

A hibonit ( $CA_6$ ) kristályai az amorf fázis egy megjelenési formájának képét adják. A 15. ábra a  $CA_6$  (001) rácssíkjaikról készült. Az általában  $1000 \text{ \AA}^2$ -nél kisebb keresztmetszetű amorf „szigetek” a kristály  $R = (001)$  típusú diszlokációihoz kötődnek. A szemcse orientációja (210).

A rankinit ( $C_3S_2$ ) tartalmú minta röntgenadatai szintén megengedik az amorf fázis felételezését. A TEM-vizsgálatok alapján megállapítható, hogy az „amorf jelleget” a rankinit [100] irányú rendezetlensége okozza.

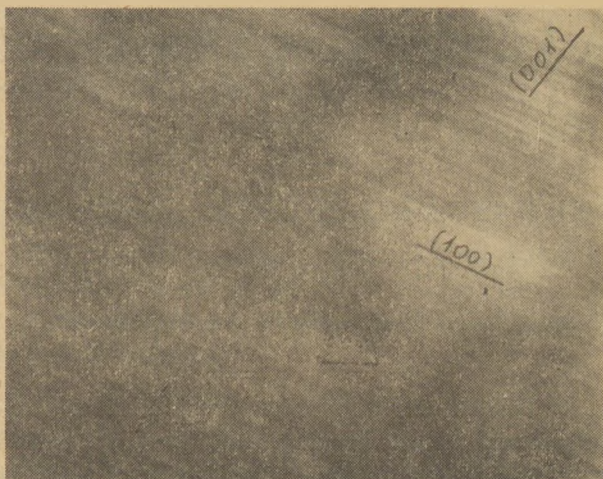
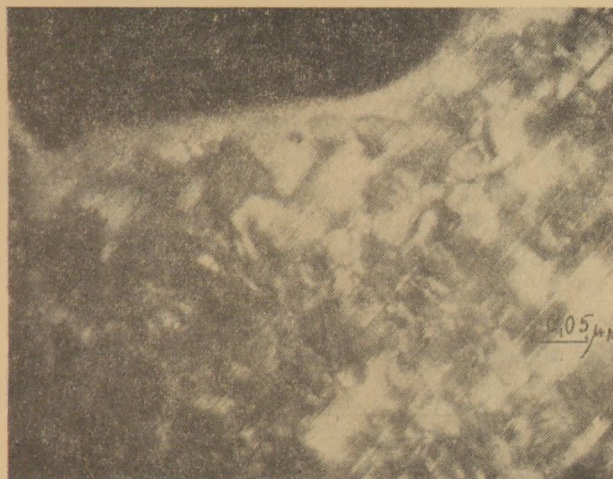


16. ábra.  $C_3S$  (010) SAED felvétele

A 16. ábra (010) zónatengellyel párhuzamos elektronnyalábbal készült SAED-felvétel. A  $P2_1/a$  tércsoportú kristály (100) szerinti ikresedéssel részben rombossá alakul. Ez okozza az [100] irányú folytonos szórását („amorf jelleget”). A 17. ábra kisebb (200 000X) nagyításban az (100) rácssíkok lokális eloszlását, míg a 18. nagyobb felbontásban a (001) rácssíkokat is megfigyelhetővé teszi.

A fentiek után megállapítható hogy;

- A TEM alkalmas vizsgálati módszer a kerámiai anyagok és cementek fázisainak pontos meghatározására, jellemzésére.



17–18. ábra. A 16. ábra kristályának reális szerkezete

– A TEM segítségével választ kaphatunk minden olyan kérdésre, ami az anyag kristály szerkezeti, kémiai sajátosságaitól függ.

#### IRODALOM

- [1] Buerger (1942): Science, 95, 21  
 [2] Lukesh and Burger (1942): Am. Mineralogist, 26, 143  
 [3] Takéuchi, Y. Nishi, F. and Maki J. (1980): Zeitschrift für Krist. 152, 314, 259–309  
 [4] Thomas, G.; Goringe, M. J. (1979): Transmission Electron Microscopy of Materials, John Wiley and Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto  
 [5] Thomas J. M., Jefferson D. A., et al. (1979); Chemica Scripta, 14, 167–179  
 [6] Wenk H. R. (ed.) (1976): Electron Microscopy in Mineralogy, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.

- [7] Bognár L., Dódonny I., Lovas Gy. (1980): A CaO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub> szilárdfázisú, rendszer ásványtani vizsgálata, Jelentés a 24–3–131 sz. Állami pályázatról.  
 [8] Dódonny, I. (1980): Kutatási jelentés I., II. 756–Kf–122/80.

*Додоньи, И.: Испытания высокотемпературных продуктов глиняных минералов, содержащих добавки, с помощью электронного микроскопа (ТЭМ)*

*Dódonny, István: Examination of High-Temperature Products of Doped Clay Minerals by TEM*

*Dódonny, István: Transmission-elektronenmikroskopische (TEM) Untersuchung der Produkte dosierter Tonmineralien hoher Temperatur*

## „TECNARGILLA 1981” kiállítás

A „TECNARGILLA 1980”, igen nagysikerű kiállítás után néhány hónappal meghirdették az 1981-es kiállítást, amelyet 1981. október 13-tól 18-ig rendeznek Ríminiben. Ez a dátum egybeesik a Bolognában, október 11–18 között rendezendő nemzetközi építés-iparosítási kiállítás (SAIE) időpontjával. Ezt azért szervezték így, hogy a lehető legnagyobb számú résztvevő látogathassa meg a TECNARGILLA-t.

A kereskedelmi szektorok a következő újdonságokkal szerepelnek a kiállításon:

- Tűzálló- és agyagipari üzemek, gépek és tartozékok
- Kerámia- és építőipari üzemek, gépek és tartozékok

- Egészségügyi berendezések és művészeti kerámiákat gyártó ipari üzemek, gépek és tartozékok
- Fűtőrendszerek és tartozékok
- Sűrített levegő előállító üzemek
- Anyagmozgató és csomagoló üzemek, gépek
- Nyersanyagok és féltermékek
- Termelés irányító és ipari kutatási laboratóriumi berendezések
- Vezérlő berendezések, környezetvédelmi és balesetmegelőző berendezések

Azon túlmenően, hogy a „TECNARGILLA 1981” a kerámia- és téglaiipari gépek terén felmerülő igény és ellátás igen fontos kereskedelmi találkozóhelye, aktív szerepet játszik a tudományos problémák megvitatásában és kutatási eredmények hasznosításában

# A kőbányai robbantások kőzetaprító hatásának fokozása

BEREGSZÁSZI JÓZSEF\* – BOHUS GÉZA\*\*

\* Déldunántúli Kőbánya Vállalat, Nagyharsány

\*\* Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc

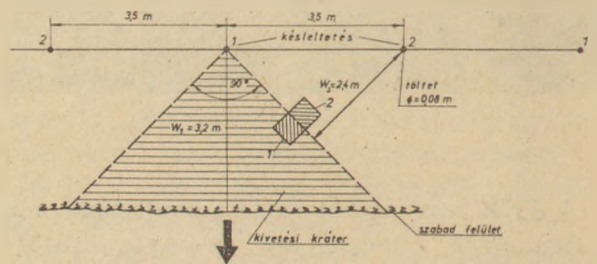
A kőbányákban legjobban elterjedt nagyfúrólyukas robbantástechnológia általában megfelelő szemcseszerkezetű készletet biztosít a további feldolgozáshoz. Elkerülhetetlen azonban, hogy a tömbös kifejlődésű kőzetekben a fojtás előtti kőzetrészekből és a lyukak elferdülése miatt egymástól távol került töltetek közötti tömegekből olyan méretű tömbök is keletkezzenek, amelyek nem adhatók fel az előtőrre. Műszaki és gazdasági számítások szerint akkor tekinthető jónak egy robbantás, ha a méreten felüli tömbök össz-tömege nem haladja meg a robbantott kőzet tömegének 4...6%-át. [1]

A méreten felüli tömbök (ún. „batárok”) másodlagos aprítása („batározása”) munkaigényes, költséges és veszélyes művelet. Ha az utóaprítást nagyteljesítményű hidraulikus kalapácsolókkal (ún. „batározó gépekkel”) végzik, akkor a munkaigényesség és veszélyesség kisebb mértékű, viszont a költségek akkor is magasak. A helyes megoldás; úgy végezni a robbantásokat, hogy a másodlagos aprításra kerülő tömbök aránya minél kisebb legyen.

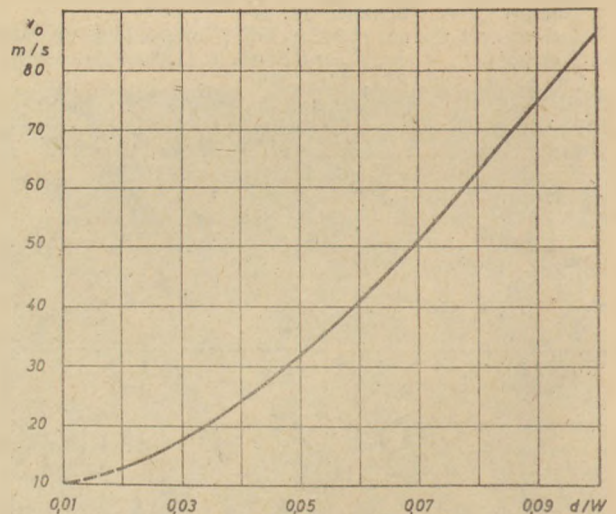
Tanulmányunkban a Déldunántúli Kőbánya Vállalat nagyharsányi üzemének robbantásvezetője által kidolgozott és a Nehézipari Műszaki Egyetem Bányaműveléstani Tanszékén ellenőrzött, a másodlagos aprításra kerülő tömbök arányát csökkentő robbantási módszert mutatjuk be.

A robbantástechnológia módosítása azon a felismerésen alapul, hogy amennyiben egy töltetsoron belül a szomszédos töltetek eltérő kőzetelőtétet győznek le, akkor különböző lesz a robbantás hatására kimozduló kőzetdarabok kezdeti sebessége, s a kőzetdarabok emiatt eltérő mozgási energiájának egy részét törési célra használhatjuk fel.

Egy töltetsorban a páronként korábbi és későbbi időfokozatok alkalmazása során normális kráterképződésnél az 1. ábrán bemutatott nagyharsányi példánál a következő előtét-viszonyok alakulnak ki;



1. ábra. A robbantólyuk tengelyére merőleges irányú metszet



2. ábra. A kőzetdarabok kezdősebességének változása  $d/W$  függvényében

$$W_1 = 3,2 \text{ m,}$$

$$W_2 = 2,4 \text{ m.}$$

A [2] tanulmány szerint a kőzetdarabok kezdősebessége a töltetátmérő ( $d$ ) és az előtét hányadosa szerint változik (2. ábra). A bányában alkalmazott  $d = 0,08$  m-es töltetátmérő alapján meghatározott viszonyszámoknál.

$$\frac{d}{W_1} = 0,025\text{-höz} \quad v_1 = 15 \text{ m/s,}$$

míg a

$$\frac{d}{W_2} = 0,033\text{-hoz} \quad v_2 = 19 \text{ m/s}$$

kezdősebesség tartozik.

Az 1. ábrán szaggatottan jelzett vonal mentén elhelyezkedő szomszédos 1 jelű kőzetdarab  $v_1 = 15$  m/s kezdősebességgel, a 2 jelű kőzetdarab  $t_{késl.} = 20 \dots 50$  ms múlva  $v_2 = 19$  m/s kezdősebességgel indul meg és nagy valószínűséggel

$$t = \frac{t_{késl.} \cdot V_2}{v_2 - v_1} = \frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot 19 \text{ m/s}}{19 \text{ m/s} - 15 \text{ m/s}} = 0,24 \text{ s}$$

idő múlva találkoznak.

A kőzetdarabok találkozásáig a darabok legfeljebb

$$s = 15 \text{ m/s} \cdot 0,24 \text{ s} = 3,6 \text{ m}$$

távolságra jutnak [ $s_1 = v_1 \cdot t = s_2 = v_2(t - t_{késl.})$ ]. Mivel mindkét – azonos méretűnek feltételezett – darabra azonos nehézségi erő és légellenállás hat, így ezekkel az erőkkel külön nem számolunk. Ebben a távolságban tehát az ütközés pillanatában kb.  $v = 4$  m/s különbség áll fenn a kőzetdarabok sebessége között. A  $v$  sebességkülönbség

$$E_{mozg.} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

mozgási energiát képvisel.

A mozgási energia meghatározásához meg kell becsülni a mozgó kőzetdarabok méreteit. Ehhez is a [2] tanulmányban található egy összefüggést, amely szerint a nagytömbös kőzet robbantásakor várható, közelítőleg téglatest alakú kőzetdarab átlagos élhosszúsága;

$$X_k = 1,2 \cdot (d \cdot 2,6)^{2/3} \text{ m.}^*$$

$d = 0,08$  m töltetátmérőhöz

$$X_k \approx 0,43 \text{ m}$$

élhosszúság tartozik. Egy ilyen élhosszúságú,  $\rho = 2700$  kg/m<sup>3</sup> sűrűségű kőzetdarab tömege;

$$m = 0,43^3 \text{ m}^3 \cdot 2700 \text{ kg/m}^3 = 215 \text{ kg.}$$

A darab energiája;

$$E_{mozg.} = \frac{1}{2} \cdot 215 \text{ kg} \cdot 4^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 1720 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1720 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Az ütközésnél  $k = 0,7$  értékű rugalmassági tényezőt feltételezve maradandó alakváltozást okoz;

$$\Delta E = k^2 \cdot E_{mozg.} = 0,7^2 \cdot 1720 \text{ N} \cdot \text{m} \approx 850 \text{ Nm.}$$

Az aprításmélethez ismert, hogy a kőzetek a terhelés irányába eső méretnek legfeljebb  $\varepsilon = 0,001$ -ed részét bírják el maradandó alakváltozás nélkül; ennél nagyobb alakváltozás törést idéz elő. Az  $X_k = 0,43$  m méretű kőzetdarabot tehát

$$X_k \cdot \varepsilon = 0,43 \text{ m} \cdot 0,001 = 4,3 \cdot 10^{-4} \text{ m-ig}$$

lehet roncsolásmentesen összenyomni. A 850 Nm nagyságú energia ekkora úthosszon

$$P = \frac{\Delta E}{X_k \cdot \varepsilon} = \frac{850 \text{ Nm}}{4,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}} \approx 2 \cdot 10^6 \text{ N}$$

erővel nyomja össze a kőzetet.

Mivel az ütközés nem azonos méretű szabályos kockákon történik, így felületüknek csak egy igen kis részére hat a fenti  $P$  erő. Feltételezhető, hogy a közelítőleg

$$F \approx 6 \cdot X_k^2 = 6 \cdot 0,43^2 \text{ m}^2 = 1,1 \text{ m}^2$$

felületű kőzetdarabok felületüknek legfeljebb 1%-án ütköznek, ahol

$$\sigma \approx \frac{P}{0,01 \cdot F} \text{ N/m}^2$$

feszültség ébred. Számszerűen

$$\sigma \approx \frac{2 \cdot 10^6 \text{ N}}{0,01 \cdot 1,1 \text{ m}^2} \approx 1,8 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2 = 180 \text{ MPa.}$$

A mészkövek – és közöttük a nagyharsányi mészkő – törőszilárdsága ( $\sigma_D$ ) általában kisebb 180 MPa-nál, így a levegőben való ütközés hatására a továbbapritás igen valószínűen bekövetkezik teljesen ép, tömbös kifejlődésű mészkőben.

Amennyiben figyelembe vesszük azt is, hogy a kőzetben mindig található hibahelyek (litolklázisok, az előző robbantás hátrahatása, stb.), melyek a repedések kiinduló pontjai megállapíthatjuk, hogy e hibahelyek hatására lényegesen lecsökken a kőzet szilárdsága és akár egy nagyságrenddel is megnő az újabb repedések kifejlődésének lehetősége.

## IRODALOM

- [1] Bohus G. Robbantás külfejtésben. NIM – TK jegyzet. Esztergom, 1979. p. 72.
- [2] A robbantástechnológia és a szeizmikus hatás felülvizsgálata a DÉLKŐ nagyharsányi bányüzemében. Az NME Bányaműveléstani Tanszék kutatási jelentése, Miskolc, 1980. dec. p. 36.

*Берегаси, Й.—Вохус, Г.: Повышение породозмельчающего влияния при взрывах в карьерах*

После описания метода, разработанного для улучшения первичного измельчения пород при технологии взрыва большими буровыми скважинами, авторы расчётами подтверждают, что ударяющиеся друг с другом в воздухе куски породы подвергаются дальнейшему измельчению.

*Берегаси, Й.—Вохус, Г.: Erhöhung der Zerkleinerungswirkungen bei Sprengungen in Steinbrüchen*

Nach der Beschreibung eines Verfahrens zur Verbesserung der primären Gesteinszerkleinerung bei Großbohrlochsprengungen, wird durch Berechnungen erwiesen, daß die, in der Luft aneinanderprallenden Gesteinsstücke eine weitere Zerkleinerung erfahren.

*Берегаси, Й.—Вохус, Г.: How to Increase Comminution Effectivity of Quarry Blasting*

A method was elaborated for increasing the effectivity of large-borehole blasting in quarries. Calculations show that rock particles colliding midair are further comminuted.

# Egészségre ártalmas munkahelyi szállóporok gyűjtési és vizsgálati módszere

BOTKAI GYULÁNÉ – GYÖRGY JÓZSEFNÉ

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

## Bevezetés

A szilikátiparban felhasználásra kerülő alapanyagok, többek közt kvarcot is tartalmaznak, így azok a munkafolyamatok, melyek során ilyen anyagok kerülnek feldolgozásra és melyek porképződéssel járnak szilikózisveszélyesek lehetnek. A munkahelyek levegőjében maximálisan megengedhető portartalmat egészségügyi normák szabályozzák.

A hatásos szilikózis elleni küzdelem előfeltétele a belélegzett levegő porkoncentrációjának, a szilikózisveszély szempontjából fontos kvarc- illetve kvaremodifikációk és szemcsenagyság tekintetében pedig – az egészségre legártalmasabb – 0,3–5  $\mu\text{m}$ -es szemcsetartomány ismerete. Megjegyzendő, hogy a norma szerinti porkoncentráció és kvarctartalom értékek is erre a tartományra vonatkoznak.

A munkánk során két feladatot oldottunk meg. Egyrészt a munkahelyek levegőjéből vett szállóporminták gyűjtését és szelektálását – külön a veszélyes (< 5  $\mu\text{m}$ ) és veszélytelennek tekinthető porfrakcióra – másrészt az így leválasztott szállóporok kvarctartalmának mérését.

## A porok egészségkárosító hatása és annak megítélése

A szilikátipari üzemek szállóporát inhomogén, polidiszperz rendszernek kell tekinteni, melyben a diszpergált részecskék eltérő sűrűségűek és nagyságúak. Részvételi arányuk a szállóporban rendkívül tág határok között változik, amely számos tényezőtől függ. Tudjuk, hogy a szilikogén porok okozta elváltozások helye a tüdőalveolusok körzete. Sok vizsgálati adat ellenére még ma sincsen véglegesen tisztázva az alveolusokban bekövetkező pordepozíció jelleggörbéjének alakulása.

A munkahelyi polidiszperz szállópornak a durvább szemcsékből álló része a felső légutakon megakad és csak egy meghatározott hányada

hatol be a tüdőalveolusokba. A porrészecskéknek a felső légutakon való leválasztódása vagy az alveolusokba történő bejutása nem az optikai átmérőjüktől, hanem az aerodinamikai átmérőjüktől függ. Ennek alapján a koniméteres szemcse-számlálásnál használt optikai határszemcse fogalmát, az 5  $\mu\text{m}$ -t, aerodinamikai átmérővel megadott jelleggörbe váltotta fel, amelyet johannesburgi effektivitási görbének is szokás nevezni.

Az új felismerések nyomán fejlesztették ki, többek között hazánkban is, az ún. porgravimétereket, amelyek már működésükben a porinhalálás jelenségét utánozzák, és az effektivitási görbének megfelelően szeparálják a szállóport veszélyes és veszélytelen frakciókra.

Magyarországon még a jelenleg érvényben levő szabványok a munkahelyeken megengedhető maximális porkoncentráció mértékét – koniméterrel mérve –  $\text{db}/\text{cm}^3$ -ben adják meg, a kvarctartalom függvényében.

## Szállópor mintavétel gyakorlati nehézsége

A szállópor 5  $\mu\text{m}$  alatti frakciójának kvarctartalom-meghatározását rendkívüli módon megnehezíti, hogy míg ülepedett por kis porexpozíciójú helyeken is rendszerint bőven áll rendelkezésre és a későbbiekben ismertetett műszerelrendezéssel minden esetben sikerül a röntgendiffrakciós vizsgálathoz szükséges mennyiségű 5  $\mu\text{m}$  alatti frakció leválasztása, addig ilyen mennyiségű szállópor gyűjtése esetenként nehézséggel jár. Összehasonlító méréseket végeztünk arra vonatkozóan, hogy a dolgozó közvetlen közelében gyűjtött ülepedett por 5  $\mu\text{m}$  alatti frakciójának kvarctartalmát azonosnak tekinthetjük-e a dolgozó légzési zónájában gyűjtött szállópor 5  $\mu\text{m}$  alatti frakciójának kvarctartalmával. Az esetek legnagyobb százalékában az ülepedett por kvarctartalma kevesebbnek adódott, mint a szállóporé. Néhány minta vizsgálati eredményét az 1. táblázatban fel is tüntettük. Ez a tény az egyes anyagok ill. komponensek eltérő szemcsenagyságával, fajsúlyával,

## Ülepedett- és szállóporok kvarctartalma

Mintavétel helye	Ülepedett por kvarctartalma [%]		Szállópor kvarc- tartalma [%]	
	Teljes porhalmaz	5 µm alatti porfrakció	Teljes porhalmaz	5 µm alatti porfrakció
Alföldi Porcelángyár				
– nyersárú tisztító	21	8	34	11
– nyersanyag bemérő	20	9	17	14
Herendi Porcelángyár				
– retusálók	18	7	27	14
– mázazás előtti leporolás	–	–	15	9
Ajkai Üveggyár				
Keverőház – anyagbetöltő	14	6	–	–
– szitaszint	22	8	–	–
– hűtőszalagnál	8	4	–	–
Salgótarjáni Öblösüveggyár				
Keverőház – homokszárító	36	24	–	–
Samottüzem	–	–	19	13

aprózódási hajlamával, lebegési tulajdonságával, az üzemi légállapot változásaival magyarázható. Ülepedett porok vizsgálatakor a minta kvarctartalma erős helyi és időbeli változást mutat. Egy munkafolyamat ill. munkahely szilikózisveszélyességi besorolása abban az esetben egyezik meg a valósággal, amennyiben a dolgozó légzési zónájában gyűjtött szállóporból végzik a kvarc (ill. kvarcmodifikációk) meghatározását.

1968–69-től kezdődően a szilikátipari munkahelyek szilikózisveszélyességi besorolása SFI-rendszerű készülékekkel a munkahelyeken gyűjtött respirábilis szállópor röntgendiffrakciós vizsgálata alapján történt. A szükséges mintamennyiség gyűjtése a fenti készülékkel a legtöbb esetben 16–19 órát vett igénybe mérési helyenként, a por mennyiségétől és szemcseméret eloszlásától függően. A mintavételezés hosszú ideje és a gyakorlati nehézségek nem voltak arányban azokkal az előnyökkel, amit az így gyűjtött minta megbízhatósága jelentett.

Mivel a por kvarctartalma a szilikózisveszélyesség elbírálásának egyik faktora, egészségügyi és gazdasági szempontból egyaránt fontos a vizsgálati adatok megbízhatósága mellett annak száma is. Ezért vált szükségessé olyan módszer keresése, amely gyors mintavételezést tesz lehetővé és nagyon kis mennyiségű minta elegendő a kvarctartalom meghatározásához, így ezzel megteremtve az üzemi sorozatmérés lehetőségét.

Ezt az igényt támasztja a vizsgálatokkal szemben a gyakorlat is, amely a vizsgálati adatokra támaszkodva állapítja meg esetenként a porlejárás szükségességét, annak módját és sorrendiségét.

## Szállópor mintavétel jelenlegi gyakorlata

A mintavételezés idejének jelentős lerövidítését, így a mérések számának, pontosságának növelését, a tényleges szállópor kvarctartalmának meghatározását tette lehetővé az a módszer, hogy a szállóport Sartorius Gravikon készülékkel gyűjtjük. A készülék a filter ellenállásától függően 20–40 m<sup>3</sup> levegőt szív át óránként. A légtér por-koncentrációjától függően 4–8 órás üzemeltetés alatt gyűjthető annyi szállópor a dolgozó légzési zónájában, melyből a kvarctartalom meghatározásához szükséges mennyiségű 5 µm alatti porfrakció leválasztható.

Sartorius Gravikkonnal gyűjtött szállóporból az 5 µm alatti porfrakció leválasztását SFI készülékkel végezzük. A tüdőre veszélytelennek tekinthető frakció elválasztása elutriátorban történik. Az elutriátor 12,5 cm hosszú előleválasztó, melynek lamellái 0,085 cm távolságra (h) vannak egymástól. A szabad áramlási keresztmetszet 34,7 cm<sup>2</sup>, 8,33·10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/s térfogatáram esetén a levegő sebessége az elutriátor lemezei között:

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{833,3}{34,7} = 24 \text{ cm/sec} \quad 1.$$

Re < 0,1, és gömbalakú részecskéket feltételezve az ülepedési sebesség Stokes-törvény alapján

$$w = \frac{2 g r^2 (\rho_2 - \rho_1)}{9\eta} \quad 2.$$

ahol

g = nehézségi gyorsulás (cm/s<sup>2</sup>)  
r = részecske sugara (cm)

$\rho_2$  = az anyag sűrűsége (g/cm<sup>3</sup>)  
 $\rho_1$  = ülepítő közeg sűrűsége (g/cm<sup>3</sup>)  
 $\eta$  = az ülepítő közeg dinamikus viszkozitása (g/cm s)

esetünkben

$r = 2,5 \cdot 10^{-4}$  cm  
 $\rho_2 = 2,65$  g/cm<sup>3</sup> (kvarc por)  
 $\rho_1 = 0,0013$  g/cm<sup>3</sup>  
 $\eta = 181 \cdot 10^{-6}$  g/cm s

(2) összefüggés alapján

$$w = 0,2 \text{ cm/s}$$

a 0,085 cm távolságú lamellák között az ülepítési idő:

$$t = v = \frac{0,85}{0,2} = 0,425 \text{ s} \quad (3)$$

A lamellák között áramló levegő sebességét figyelembe véve az 5  $\mu\text{m}$ -es részecskék kiüledésének távolsága

$$s = v \cdot t = 24 \cdot 0,425 = 10,2 \text{ cm} \quad (4)$$

A hatásos elválasztás érdekében a készüléken nem célszerű óránként 3 m<sup>3</sup>-nél több levegőt át-szívítani.

Kisebb térfogatáram esetén várható, hogy az adott elutriátor hosszon az 5  $\mu\text{m}$ -es, vagy az annál kisebb részecskék is kiülednek, mielőtt a mintatartót elérnék.

Három, különböző térfogatáram esetén a mintatartón felfogott porfrakció szemcseméret eloszlását a 2. táblázat mutatja. A légmennyiség növelésével párhuzamosan növekszik a legfinomabb porfrakció részaránya, miközben nem nő az 5  $\mu\text{m}$ -nél nagyobb részecskék hányada.

2. táblázat

SFI készülékben leválasztott porfrakció szemcse méret-eloszlása

Szemcseméret [ $\mu\text{m}$ ]	A frakció mennyisége [%]		
	Befúvott légmennyiség [l/h]		
	800	1100	1500
<1	21,9	27,6	31,9
1-2	30,2	35,8	34,9
2-3	20,8	18,1	17,1
3-4	14,6	8,6	9,2
4-5	7,4	5,0	4,1

Méréstechnikailag kétségtelenül előnyös lenne, ha a szállóport már a mintavételezés során szelektálnánk, külön a veszélyes és a veszélytelennek tekinthető porfrakcióra.

Mindaddig azonban, amíg nem áll rendelkezésre olyan üzemi pormérő eszköz, amely a szállópor szelektálásán túlmenően, előírt idő alatt kiértékelhető mintamennyiség összegyűjtését nem teszi lehetővé, az ismertetett módszert megfelelő pontosságúnak és gyorsnak találjuk szállóporok 5  $\mu\text{m}$  alatti frakciójának szétválasztásához kvarctartalom-meghatározás céljából.

### Infravörös módszer alkalmazása a kvarctartalom meghatározására

Jelenleg szállóporok kvarctartalmának meghatározását röntgendiffrakciós módszerrel végzik.

Tekintettel arra, hogy a vizsgálatok céljára rendelkezésre álló szálló-porminták mennyisége rendkívül kicsi (néhány mg) sem analitikai, sem röntgendiffrakciós módszer nem alkalmazható kellő pontossággal.

Munkánk célja a továbbiakban, olyan vizsgálati módszer kifejlesztése volt, amely lehetővé teszi a kvarctartalom meghatározását kis mintamennyiség esetén is.

Korábbi saját tapasztalataink, valamint néhány irodalmi hivatkozás alapján, fenti cél elérésére az infravörös spektrofotometriás módszer látszott a legalkalmasabbnak. A módszer anyagszükséglete: max 2 mg.

A kvarc infravörös abszorpciója éles, jól mérhető maximumként jelentkezik a 798 cm<sup>-1</sup>-es hullámhossznál (1. ábra), másrészt az egészségre legártalmasabb 0,3-5  $\mu\text{m}$ -es szemcsefrakció az infravörös módszer szempontjából ideális szemcseméretnek tekinthető. Nem elhanyagolandó az a tény, hogy a módszer gyors, 8 óra alatt legalább 10 minta párhuzamos vizsgálata végezhető el.

### A vizsgálat kiviteli módja

Szilárd porból két módon, infravörös áteresztő ablakok között általában parafinolajban szuszpendálva, vagy valamilyen infravörös áteresztő anyaggal összekeverve a mintát, nyerhetünk infravörös spektrumot.

A minta jellegéből adódóan a KBr-os pasztillázási technika alkalmazása mellett döntöttünk. Ennek során a mintát KBr-al, mint pasztillázó anyaggal intenzíven elkevertük. A minta pontos beméréséhez mikromérleget használtunk. A keverékben a por mennyisége 0,2% volt a KBr-hoz viszonyítva.

A KBr-t erősen higroszkópos hajlama miatt közvetlenül felhasználás előtt, finomra porított állapotban 120 °C-on kiszáritottuk.

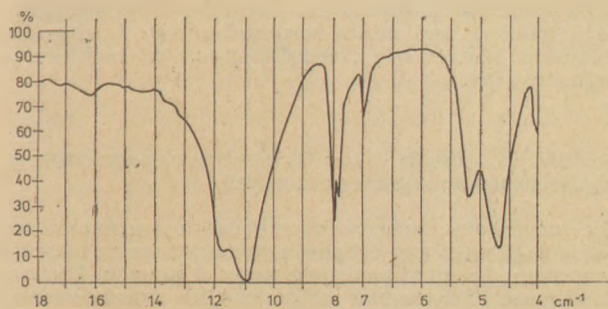
A homogenizált minta + káliumbromid keverékből 0,25 g-os beméréssel 1,3 cm átmérőjű tablettát préseltünk 600 MPa nyomással, vákuum egyidejű alkalmazásával. A maximális nyomáson tartás ideje 2 perc volt.

Tekintettel arra, hogy kvantitatív módszer kidolgozását tűztük ki célul, a pontosság érdekében a bemért porkeverékből sajtolt pasztillákat a sajtolás után újból visszamértük, az esetleges súlyvesztés meghatározása érdekében.

### A hitelesítés céljára szolgáló kvarcpor előállítás és mérés UR-10 spektrofotométerrel

Tudva azt, hogy a csúcsabszorpciokat a szemcseméret befolyásolja, érdekes volt megvizsgálni azt, hogy a hitelesítésre szánt kvarcpor, ilyen (0,3–5  $\mu\text{m}$ ) szemcsemérete, hogyan hat a 798  $\text{cm}^{-1}$ -es hullámhosszú kvarcabszorpcióra.

Polidiszperz, nagy tisztaságú kvarclisztből szakaszos ülepítéssel választottuk ki a különböző (így 4–5., 3–4., 2–3., < 2  $\mu\text{m}$  és < 1  $\mu\text{m}$ ) részecskeméreteket. Vízfürdőn való beszárítás után 1100 °C-on kiizzítottuk.



1. ábra. A kristályos kvarc infravörös abszorpciós spekttuma

0,5% mintát tartalmazó KBr-os keverékből készült pasztilla átérésztését, tiszta KBr pasztillához viszonyítva UR-10 készülékkel mértük. A spektrumokat a 700–900  $\text{cm}^{-1}$  hullámszámok közt regisztráltuk. A felvételt a következő műszeradatokkal készítettük:

- regisztrálási sebesség: 50  $\text{cm}^{-1}/\text{min}$
- írásidő: 32 cm
- regisztrálási mérték: 32 min/100  $\text{cm}^{-1}$
- rés: 4
- erősítés: 5

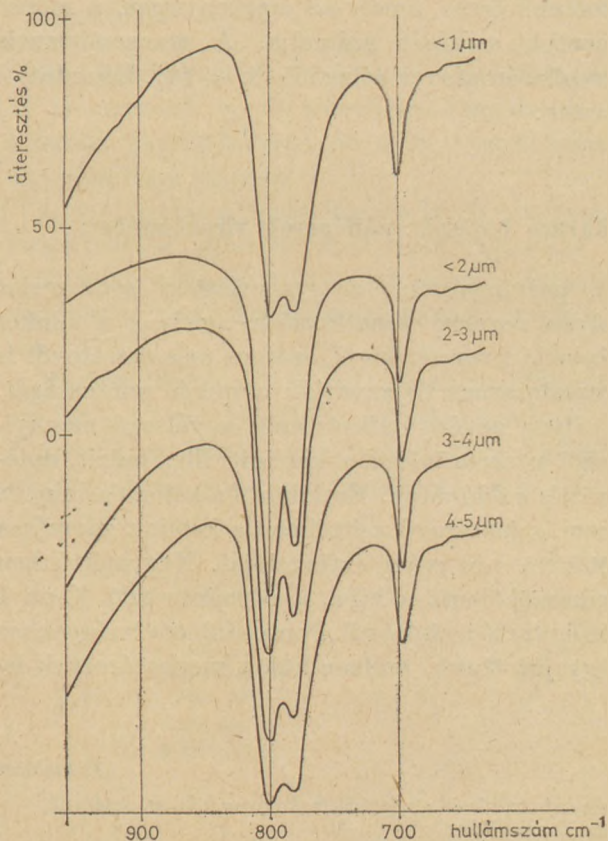
### Tiszta kvarcporral kapott kísérleti eredmények és értékelésük

A 2. ábrán a kvarc-sávmaximumok szemcse nagyságától való függését mutatjuk be.

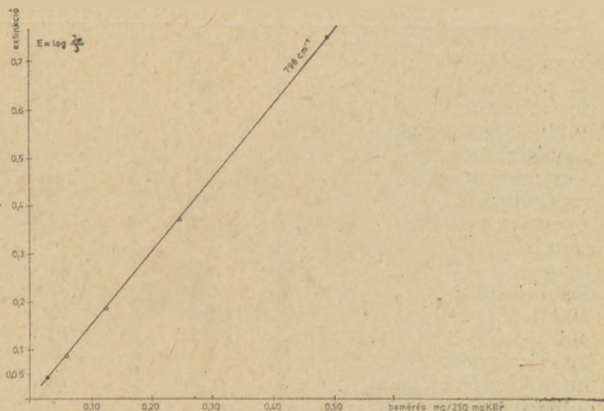
Látható, hogy a csúcsextrinkció a szemcseméret csökkenésével nő, 1–2  $\mu\text{m}$  között maximális

értékű, 1  $\mu\text{m}$ -nél kisebb szemcsék esetén újra csökken. Hitelesítés céljára, tehát az 1–2  $\mu\text{m}$ -os szemcsefrakciót használtuk.

A következőkben azt vizsgáltuk, vajon találunk-e egyenes arányt az általunk választott 798  $\text{cm}^{-1}$ -es abszorpciós sáv és a különböző kvarckoncentrációk között. Ezért a KBr-hoz, különböző koncentrációkban (15,625  $\mu\text{g}$ , 31,25  $\mu\text{g}$ , 62,5  $\mu\text{g}$ , 125  $\mu\text{g}$ , 250  $\mu\text{g}$  és 500  $\mu\text{g}$ ) mértünk a standard kvarcból. Minden koncentrációhoz tartozó keve-



2. ábra. A kvarc sávmaximumok szemcse nagyságtól való függése



3. ábra. Kvarc kiértékelő egyenes

rékből 3 db pasztillát készítettünk és a megadott paraméterek mellett felvettük az infravörös spektrumot. A kiértékeléshez az alapvonal módszerrel használtuk, az alapvonalat  $825\text{ cm}^{-1}$ -es sávnál az abszcisszával párhuzamosan húztuk.

A 3. ábra az extinkció-koncentráció közti összefüggést mutatja. Látható, hogy az extinkció a koncentrációval arányos, az adott feltételek között  $0,5\text{ mg kvarc}/250\text{ mg KBr}$  koncentrációig érvényes, elvégezhető ezzel a sávval az ismeretlen kvarckoncentráció meghatározása.

A kalibrációhoz számítógépes programot állítottunk össze, amely az érzékenységet, a mérési pontok szórását számolja. A transzmittencia meghatározás rel. átlag hibája  $< 1\%$ . Kimutatási határ:  $0,5\%$ .

### Zavaró hatások szállóporok vizsgálatában

A porvizsgálatok a gyakorlatban rendszerint olyan porokra vonatkoznak, amelyek a minket érdeklő kvarcon kívül, számos más összetevőt is tartalmaznak és zavarják a mérés pontosságát.

Ilyen ásványi alkatrészek a változó mennyiségű kvarcon kívül, a kaolinit, illit, kalcit, dolomit és a földpátok. Ezek közül a kalcit és dolomit nem, számottevő mértékben a kaolinit zavarja a  $800\text{ cm}^{-1}$ -es csúcs extinkcióját. Nagymértékben kiküszöbölhető a hiba, a porminta  $800\text{ °C}$ -on 1 óráig tartó izzításával. Pontosabb eredményekhez úgy jutottunk, amikor külön meghatároztuk is-

3. táblázat

Az infravörös és röntgendiffrakciós mérési eredmények összehasonlítása

A minta neve és származási helye	Kvarc-tartalom [%] infravörös	Kvarc-tartalom [%] Röntgendiffrakció
Betonútépítő Vállalat		
1. sz. minta	14	13
2. sz. minta	12	13
Alföldi Porcelángyár		
agyagbetöltés	10	8
tányérkorongozó	6	4
zsengélt áru	8	8
nyersáru tisztítás	11	11
Herend		
máz	42	43
leporolófülke	28	26
300	14	13
400	12	12
Ajkai Üveggyár		
homokbetöltési szint	9	10
Romhány		
csempeprépor	15	13

mert kaolintartalmak által okozott zavarást és ezt korrekcióba vettük a kvarctartalom számításkor.

A koncentráció meghatározás hibája  $30\%$  kvarctartalom esetén  $5\text{ rel}\%$ .

A 3. táblázat néhány nagyobb mennyiségben rendelkezésre álló szállóporminta szabad kvarctartalmát mutatja, a röntgendiffrakciós módszerrel egybevetve.

Megállapítható, hogy az infravörös módszer az  $5\text{ }\mu\text{m}$  alatti frakció kvarcmeghatározására a pontosság, az anyag és időfelhasználás tekintetében jól alkalmazható.

### I R O D A L O M

Gade M. – Luft F. (1963): Staub, 23. 7. 354 – 358.  
Soda R. (1960): Bull. Nat. Ind. Health Bd 4. 29 – 43.  
Vékény H. (1980): Munkavédelem 7 – 9. 11 – 14.

Botkai Gyuláné – György Józsefné: Egészségre ártalmas munkahelyi szállóporok gyűjtési és vizsgálati módszere.

Módszert dolgoztunk ki, az egészségre ártalmas munkahelyek levegőjéből vett szállóporminták gyűjtésére és a  $< 5\text{ }\mu\text{m}$  szemnagyság leválasztására. Lehetővé vált az infravörös kvarcmeghatározás alkalmazásával kismennyiségű (néhány mg) minta sorozatelemzése. A vizsgálati adatokra támaszkodva, megállapítható a porelhárítás szükségessége.

Боткай, Дь. – Дьердь, Й-не: Отбор и испытание вредных для здоровья промышленных пылей

Был разработан метод, открывающий возможность для отбора вредных для здоровья промышленных пылей и отделения фракций размером менее 5 микрон. Имеется возможность, применяя инфракрасный анализ кварца, производить серийный анализ маленьких по массе проб (несколько мг). На основании результатов испытаний можно определить необходимость устранения пылеобразования.

Frau Botkai, K. – Frau György, I.: Sammeln, — und Untersuchungsmethod der gesundheitschädigenden Flugstaube in Arbeitsplätzen.

Es wurde ein Method für das Sammeln der aus der Luft gesundheitschädigender Arbeitsplätze entnommenen Flugstaubmuster und für das Abtrennen der Korngrösse unter  $5\text{ }\mu\text{m}$  ausgearbeitet. Es wurde die Durchführung der Serienanalyse einiger mg. Probe mit der Anwendung der Infrarot-Quarzbestimmung ermöglicht. Auf Grund der Prüfungsergebnisse kann die Nötigkeit der Staubverteidigung festgestellt werden.

Botkai, Gyuláné – György, Józsefné: Collection and Examination of Hazardous Flue Dusts

A method was elaborated which enables the collection of dusts from the atmosphere of hazardous working sites, with the simultaneous enrichment of the  $5\text{ m}$  size fraction. The serial examination of small (less than milligram) samples is possible by the infrared determination of quartz. The necessity of dust protection can be decided by examination data.

# Heterogéncementek gőzölhetősége

BALÁZS GYÖRGY\* – ARANY PIROSKA\* – OSTERMANN LAJOS\*\*

\* Budapesti Műszaki Egyetem Építőanyagok Tanszék

\*\* Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium, Műszaki Fejlesztési Főosztály

## 1. Bevezetés

Az ÉVM Műszaki Fejlesztési Főosztálya megbízásából az Építőanyagok Tanszéken elvégzett kutatást az indokolja, hogy a cementgyárak és az előregyártott termékeket előállító gyárak tájékoztatása szerint napjainkban a gőzöléssel szilárdított betonokhoz sokkal több heterogéncementet használnak fel, mint tiszta portlandcementet.

Igaz ugyan, hogy nemzetközi viszonylatban is élenjáró volt az 1954-ben kiadott „MI 6–54 Műszaki irányelvek a beton gőzölésére” c. előírás. Majd azt követően elmélyült elméleti és technológiai kutatások foglalkoztak a kérdéssel, mind hazánkban, mind külföldön. Továbbá az ÉTI, a SZIKKTI és az Építőanyagok Tanszék összehangolt kutatásai alapján elkészítették a kiadott előírás korszerűsítésére vonatkozó javaslatot, de az nem nyert jóváhagyást. Végül a gyakorlatban dolgozó szakembereknek elsősorban az ÉSZKMI 19–77 K. 18. fejezete (Gőzérlelt betonok) nyújt útbaigazítást. Ezek az irányelvek már magukban foglalják a korábbi évek kutatásainak és gyakorlati tapasztalatainak az eredményeit, de az adatok eléggé általánosak, mivel az új MSZ 4702 szabvány szerinti cementekkel nem végeztek módszeres gőzölési kísérleteket. Továbbá az irányelv nem említi a pernye-portlandcemente- ket és nem ad iránymutatást a gőzölés hatás- fokára sem.

Ezért indokoltak alábbiakban ismertetett kísér- letek, amelyeknek célja adatszolgáltatás az ÉSZKMI 19–77 K. 18. fejezetében foglaltak kiegészítéséhez és pontosításához.

## 2. A kísérlet leírása

### 2.1 A kutatáshoz felhasznált anyagok

A kísérleteket

váci 450 Rpc,

váci 450 pc tiszta portlandcementekkel és

váci 350 kspc 20,

hejőcsabai 350 kspc 20,

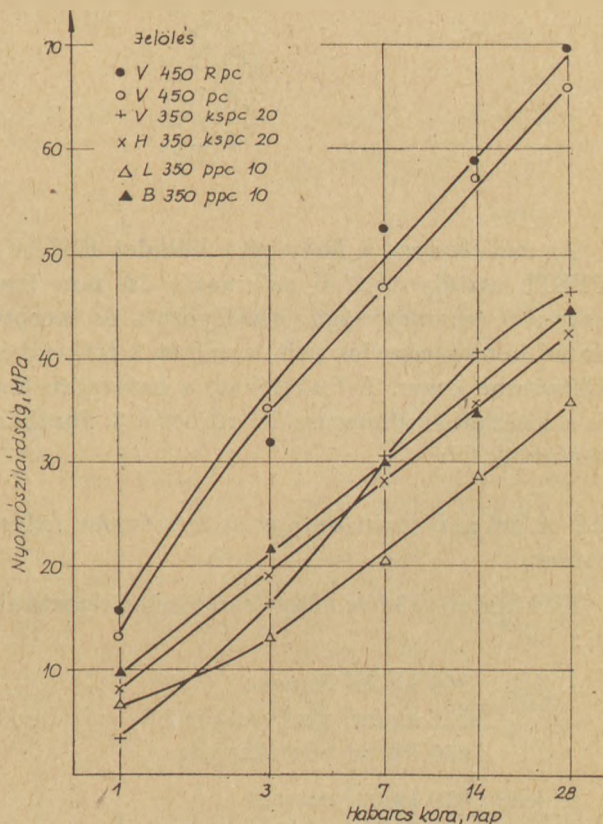
látatlani 350 ppc 10,

beremendi 350 ppc 10 heterogéncementekkel végeztük el.

Még használnak – ritkábban – gőzölésre ppc 20 cementeket is, de lehetőségeinek csak fenti kutatást engedték meg, és ezek vizsgálatának van elsődleges szerepe.

A papírzsákban tanszékre szállított cementeket megérkezésük után azonnal műanyagzsákba is beletettük, hogy ne romoljanak és vizsgálatukat, valamint a betonkísérleteket azonnal megkezdtük.

Meghatároztuk a vizsgált cementek MSZ 523 szerinti szabványos fizikai tulajdonságait (1. és 2. ábra, 1. táblázat) valamint kémiai összetételét és a homogén cementek ásványi összetételét (2. táblázat).



1. ábra. A cementek szabványos nyomószilárdsága a habarcos kora függvényében

1. táblázat

A cementek kötési ideje órlelési finomsága, térfogatállandósága

Jellemző	V 450 R <sub>pc</sub>	V 450 pc	V 350 k <sub>spc</sub> 20	H 350 k <sub>spc</sub> 20	L 350 ppc 10	B 350 ppc 10
Kötési idő óra, perc kezdeté vége	2 óra 36 30'	26 45' 46 15'	36 30' 56 15'	36 45' 56 50'	46 20' 56 50'	46 05' 5 óra
Sűrűség, g/cm <sup>3</sup>	3,129	3,098	3,04	3,08	3,00	3,02
Fajlagos felület Blaine szerint, cm <sup>2</sup> /g	3740	3500	2976	3420	2500	3020
Szitamamaradék, % 0,2 mm-es szitán 0,1 mm-es szitán	0 2,2	1,5 4,5	0 7,75	0,2 3,2	1,8 10,2	0,4 4,5
Térfogatállandóság (+ = térfogatállandó)	+	+	+	+	+	+

2. táblázat

A cementek kémiai és ásványi összetétele

Jellemző	V 450 R <sub>pc</sub>	V 450 pc	V 350 k <sub>spc</sub> 20	H 350 k <sub>spc</sub> 20	L 350 ppc 10	B 350 ppc 10
Izzítási veszteség, % HCl-ben oldhatatlan maradék	1,23 0,28	1,73 0,45	0,92 0,39	1,62 —	1,56 8,44	1,81 —
SiO <sub>2</sub> , %	20,32	20,82	24,03	23,76	23,89	23,78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	6,29	5,70	5,85	5,94	7,30	7,60
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	3,08	2,86	2,57	3,08	5,08	4,53
TiO <sub>2</sub> , %	0,29	0,28	0,26	—	0,31	—
CaO, %	64,20	63,08	60,56	60,25	57,67	56,90
MgO, %	1,74	1,91	2,55	2,20	1,94	1,02
K <sub>2</sub> O, %	0,72	0,63	0,70	—	0,43	—
Na <sub>2</sub> O, %	0,23	0,27	0,25	—	0,28	—
SO <sub>3</sub> , %	2,30	2,94	2,62	2,30	1,87	2,05
C <sub>3</sub> S, %	54,3	48,2	—	—	—	—
βC <sub>2</sub> S, %	18,0	24,4	—	—	—	—
C <sub>3</sub> A, %	11,6	10,6	—	—	—	—
C <sub>4</sub> AF, %	9,5	8,8	—	—	—	—
CaSO <sub>4</sub> , %	3,96	5,08	—	—	—	—

Az adalékanyag a Mélyépítő Vállalat ÉSZAK-PESTI osztályozójából származó, 16 mm legnagyobb szemnagyságú, osztályozott és mosott dunai homokoskavics volt, amelyet 3 frakcióból állítottunk össze. A frakciókat, a határgörbékét és a kísérleti szemmegoszlási görbét a 3. ábrában tüntettük fel.

## 2.2 A beton keverési aránya és természetes szilárdulása

Előkísérlettel 3 féle betonösszetételt dolgoztunk ki:

1. jelű 260 kg/m<sup>3</sup> cement  
155 kg/m<sup>3</sup> víz (v/c = 0,6)  
1950 kg/m<sup>3</sup> adalékanyag

2. jelű 310 kg/m<sup>3</sup> cement  
160 kg/m<sup>3</sup> víz (v/c = 0,52)  
1930 kg/m<sup>3</sup> adalékanyag

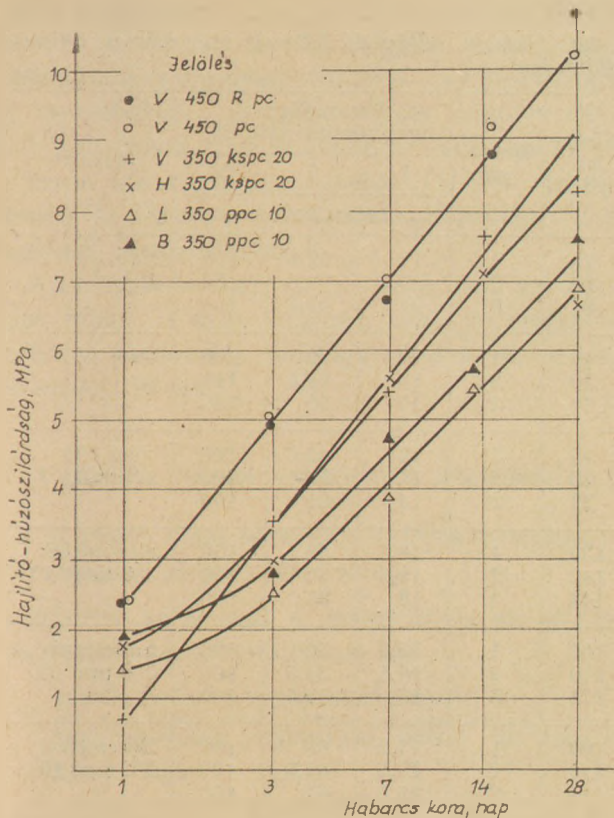
3. jelű 380 kg/m<sup>3</sup> cement  
170 kg/m<sup>3</sup> víz (v/c = 0,45)  
1870 kg/m<sup>3</sup> adalékanyag

A betont kézi erővel kevertük meg. Majd elkészítettük — háromrekeszes sablonokban — a 7,07 × 7,07 × 25 cm méretű hasábokat. A hasábokat kb. 3000 ford/perc rezgésszámú asztalvibrátoron 15 másodpercig vibráltuk. A bedolgozott betont másnapig a laboratóriumban kb. 20–23 °C hőmérsékletű helyiségben tároltuk. Akkor a hasábokat kizsaluztuk, 24 órás korban 3 db-ot megvizsgáltunk, míg a 7, ill. 28 napos korban megvizsgálandókat a vizsgálatig szobahőmérsékleten, mésztelített vízben tároltuk.

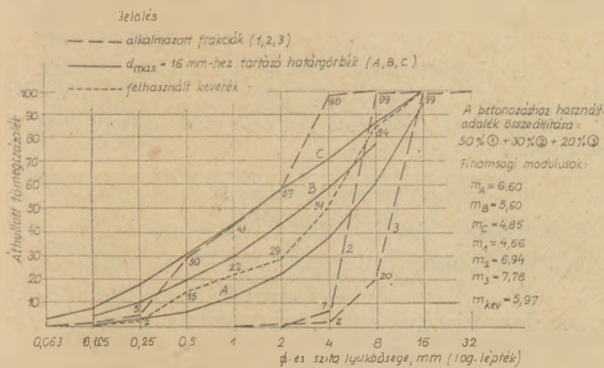
Keverés után meghatároztuk a friss beton konzisztenciamérőszámait (roskadás és terülés), majd bedolgozás után meghatároztuk a friss beton testsűrűségét. A terülés általában 37–39

A természetesen szilárduló betonok nyomószilárdságai

Kísérlet jele	Beton jele	Nyomószilárdság MPa			Cement
		1	7	28	
		napos korban			
79	1	6,3	21,6	34,5	Váci 450 Rpc
80	2	7,6	32,0	44,6	
81	3	10,6	36,5	50,5	
49	1	5,1	21,0	30,1	Váci 450 pc
50	2	6,7	27,1	41,5	
51	3	9,2	35,4	54,5	
19	1	3,2	12,0	26,4	Váci 350 kspc 20
20	2	4,3	18,5	35,6	
21	3	6,2	27,4	45,0	
139	1	4,4	13,0	22,4	Hejőcsabai 350 kspc 20
140	2	5,7	19,5	31,8	
141	3	6,7	23,0	35,3	
169	1	2,8	8,9	17,9	Lábatlani 350 ppc 10
170	2	4,2	13,6	25,4	
171	3	5,2	20,9	35,8	
109	1	4,0	15,2	23,1	Beremendi 350 ppc 10
110	2	5,4	20,6	30,5	
111	3	7,3	24,6	37,0	



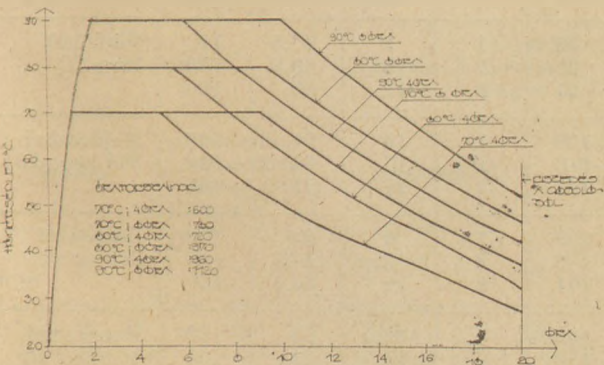
2. ábra. A cementek szabványos hajlítóhúzó-szilárdsága a habarcz kor függvényében



3. ábra. A betonozáshoz felhasznált adalékkeverék, az adalékfrakciók szemmegoszlási görbéi és a határgörbék

Természetesen szilárduló betonok hajlító-húzószilárdságai

Kísérlet jele	Beton jele	Hajlító-húzószilárdság, MPa			Cement
		1	7	28	
		napos korban			
79	1	1,03	4,56	6,45	Váci 450 Rpc
80	2	1,60	5,78	7,10	
81	3	2,00	6,72	7,65	
49	1	0,96	4,90	5,89	Váci 450 pc
50	2	1,31	5,50	6,67	
51	3	1,73	6,81	7,72	
19	1	0,43	2,82	4,90	Váci 350 kspc 20
20	2	0,85	3,90	6,43	
21	3	1,22	5,02	7,15	
139	1	0,70	2,70	4,44	Hejőcsabai 350 kspc 20
140	2	1,00	3,50	5,59	
141	3	1,41	4,66	6,20	
169	1	0,22	1,81	3,61	Lábatlani 350 ppc 10
170	2	0,58	2,70	4,75	
171	3	0,90	3,80	6,00	
109	1	0,75	3,55	5,92	Beremendi 350 ppc 10
110	2	1,09	4,44	6,96	
111	3	1,40	4,99	7,60	



4. ábra. A gőzölési diagramok

cm volt. A legkisebb cementtartalommal előfordult a 40–41 cm, a legnagyobbal a 35–36 cm is.

A vizsgálat során először 21 cm-es támaszközön, központos erővel terhelve meghatároztuk a hajlító húzó-szilárdságot, majd a hasáb eltört két darabján, 50 cm<sup>2</sup>-es nyomólappal terhelve meghatároztuk a nyomó (test) szilárdságot.

A szilárdságok átlagértékeit a 3. és a 4. táblázatban foglaltuk össze. A szilárdulási folyamatra jellemző viszonylagos szilárdságokat, amikor is a 28 napos szilárdságokat tekintettük 100%-nak, az 5. és a 6. táblázatok tartalmazzák.

### 2.3 Gőzölési kísérletek

#### Változó tényezők:

betonminőség: 3 féle általában. A hejőcsabai 350 kspc 20 cementtel készítettünk képlékeny betonokat is és azokat 2 órás pihentetéssel, 6 órán át gőzérleltük. E betonok összetétele csak a vízadagolásban tért el az 1–3 jelű betonokétól, nevezetesen

4 jelű beton:  $v/c = 0,68$

5 jelű beton:  $v/c = 0,60$

6 jelű beton:  $v/c = 0,55$

pihentetés: 2 óra általában, egyfajta cementtel 0,5 óra is

felfűtés sebessége: kb. 25 °C/óra

gőzölés (izotermikus érlelés) időtartama: 4 óra és 8 óra, a hejőcsabai kspc-20 és a beremendi ppc-10 cementtel 6 óra is

gőzölés hőmérséklete: 70, 80, 90 °C

lehűtés: a gőzölőben.

#### Változatlan tényezők:

adalékanyag a 3. ábra szerinti dunai homokoskavics

a próbatest mérete: 7×7×25 cm

betonkonzisztencia: az 1–3 jelű betonnak megfelelően egyféle, KK, egyfajta cementtel képlékeny is

a próbatest terhelése: a 2.2 fejezetben leírtak szerinti

a próbatest kora vizsgálatkor: 1 nap, 7 nap, 28 nap

a próbatestek száma vizsgálatkor: 3

a próbatestek tárolása: 1 napos utókezelés nélküli, 7 és 28 napos kb. 20 °C-os mézstelített vízben tárolva.

A gőzölés menetét a gőzölési diagramokban foglaltuk össze (4. ábra). A 4. ábra szerint a

5. táblázat

A természetesen szilárduló betonok viszonylagos nyomó-szilárdsága

Kísérlet jele	Beton jele	Viszonylagos nyomószilárdság, %			Cement
		1	7	28	
		napos korban			
79	1	18	62,5	100	Váci 450 Rpc
80	2	17	71,5	100	
81	3	21	72,5	100	
49	1	17	70	100	Váci 450 pc
50	2	16	65,5	100	
51	3	17	65	100	
19	1	12	45,5	100	Váci 350 kspc 20
20	2	12	52	100	
21	3	14	61	100	
139	1	19,5	58	100	Hejőcsabai 350 kspc 20
140	2	19,5	67	100	
141	3	19	65	100	
169	1	15,5	50	100	Lábatlani 350 ppc 10
170	2	16,5	54,5	100	
171	3	15	58,5	100	
109	1	17,2	66	100	Beremendi 350 ppc 10
110	2	17,7	67,5	100	
111	3	19,5	67	100	

6. táblázat

A természetesen szilárduló betonok viszonylagos hajlító-húzószilárdsága

Kísérlet jele	Beton jele	Viszonylagos hajlító-húzószilárdság, %			Cement
		1	7	28	
		napos korban			
79	1	16	71	100	Váci 450 Rpc
80	2	22	81	100	
81	3	26	88	100	
49	1	16,5	83	100	Váci 450 pc
50	2	19,5	83	100	
51	3	22,5	88	100	
19	1	9	57,5	100	Váci 350 kspc 20
20	2	13	60,5	100	
21	3	17	70	100	
139	1	16	61	100	Hejőcsabai 350 kspc 20
140	2	17	63	100	
141	3	21	71	100	
169	1	6	50	100	Lábatlani 350 ppc 10
170	2	12	57,5	100	
171	3	15	63,5	100	
109	1	12,5	60	100	Beremendi 350 ppc 10
110	2	15,5	64	100	
111	3	18,5	66	100	

felfűtés gyorsabb volt, mint amit az ÉSZKMI 19-77 K ajánl, de kb. megfelel annak, ami vékonyfalú szerkezetek gőzölésekor az üzemekben is tapasztalható. A feltáskásodás veszélye nem állt fenn, mivel a kis elemméret miatt a gőztér és a beton között, illetve a betonban nem alakulhatott ki lényeges hőmérsékletkülönbség. (Ezt mérésrel is ellenőriztük.)

A kísérleti eredményeket – azok nagy mennyisége miatt – nem közöljük, csak az értékelés során a tendenciák alátámasztására mutatunk be néhány ábrát.

### 3. A gőzölési kísérleti eredmények értékelése

#### 3.1 A gőzölés utáni betontulajdonságok szempontjából optimális gőzölési hőmérséklet

A gőzölés hatásának a megítélésére az alábbi viszonyszámokat számítottuk ki:

- a =  $\frac{\text{gőzölt beton 1 napos szilárdsága}}{\text{természetesen szilárduló beton 28 napos szilárdsága}}$
- b =  $\frac{\text{gőzölt beton 1 napos szilárdsága}}{\text{természetesen szilárduló beton 1 napos szilárdsága}}$
- c =  $\frac{\text{gőzölt beton 28 napos szilárdsága (v)}}{\text{természetesen szilárduló beton 28 napos szilárdsága}}$
- d =  $\frac{\text{gőzölt beton 28 napos szilárdsága (sz)}}{\text{természetesen szilárduló beton 28 napos szilárdsága}}$

A képletekben (v) a végig mésztelített vízben tárolt, (sz) a szabadban tárolt hasábokat jelenti. A szabadban tárolt hasábok a tárolás tartama alatt többször megáztak.

Az 1 napos szilárdság szempontjából optimális gőzölési hőmérsékleteket a 7. táblázatban foglaltuk össze.

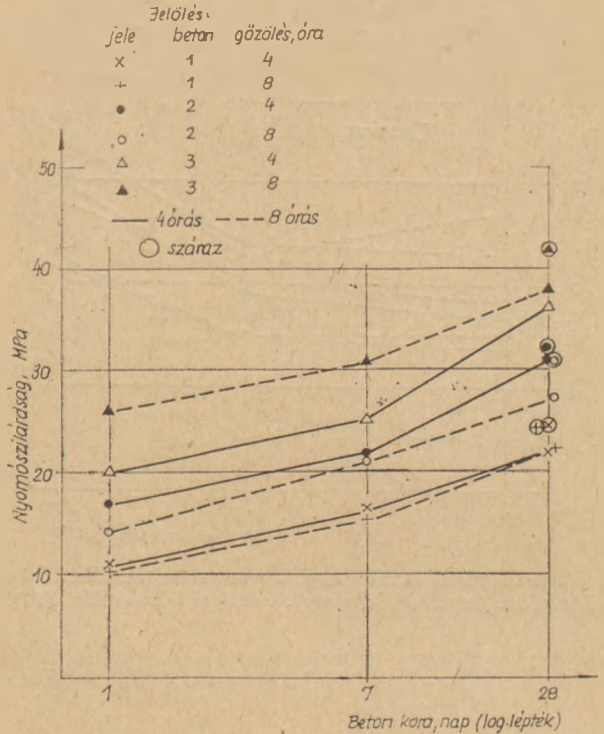
7. táblázat

A gőzölés optimális és megengedett legnagyobb hőmérsékletei (Húzó- és nyomószilárdságra)

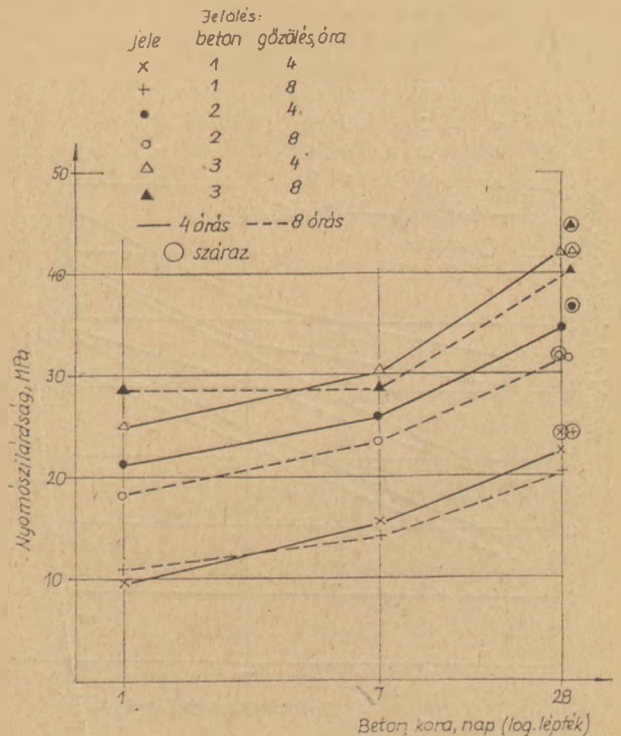
A cement		Optimális	Megengedett legnagyobb
fajtája	hidraulikus kiegészítő anyag tartalomra, %	hőmérséklet, °C	
450 Rpc 450 pc	—	70 – 80	90
350 kspc 20	20	80	90
350 ppc 10	10	80	90

### 3.2 A beton gőzölés utáni szilárdulása

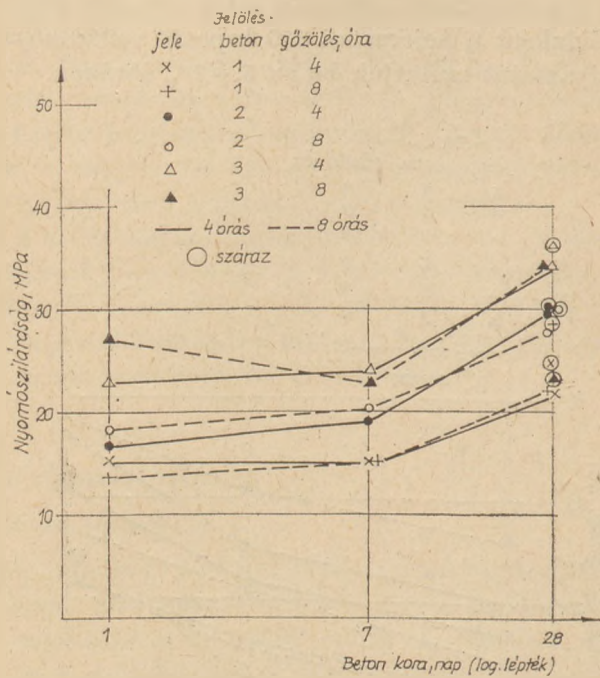
A gőzölés utáni szilárdulás sok tényezőtől függ. Példaként a hejőcsabai 350 kspc 20 szilárdulási folyamatát mutatjuk be az 5.-10. ábrákon.



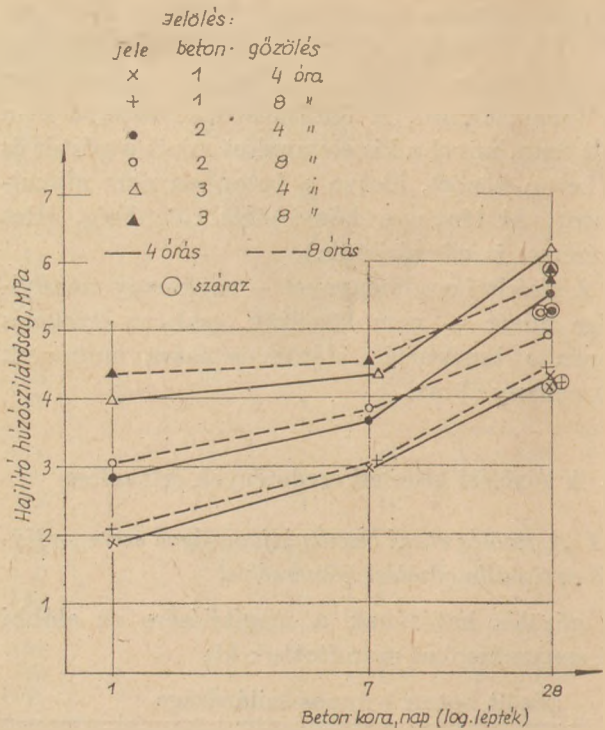
5. ábra. A gőzölt H 350 kspc 20 cementtel készített beton szilárdulása (nyomószilárdság). Gőzölési hőmérséklet 70 °C.



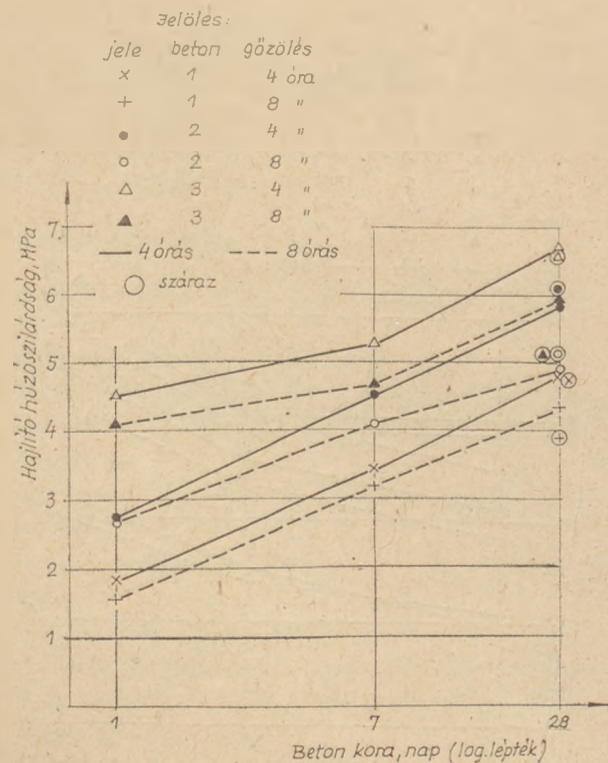
6. ábra. A gőzölt H 350 kspc 20 cementtel készített beton szilárdulása (nyomószilárdság). Gőzölési hőmérséklet 80 °C



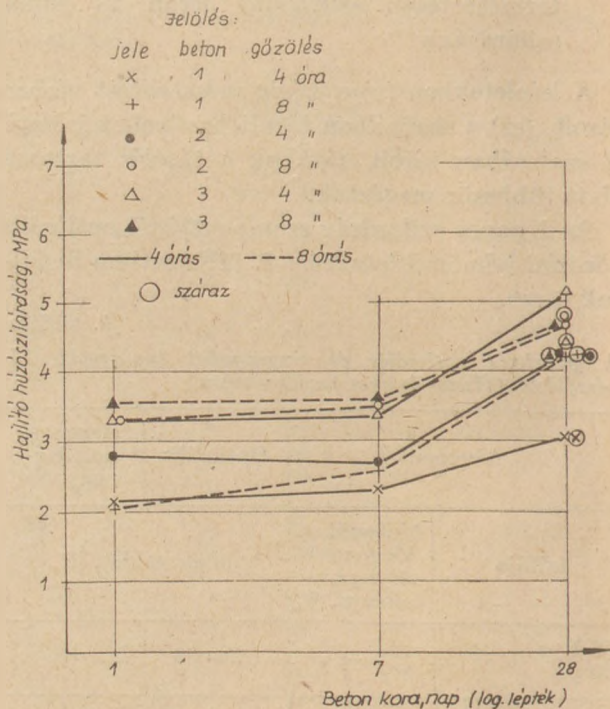
7. ábra. A gőzölt H 350 kspc 20 cementtel készített beton szilárdsága (nyomószilárdság). Gőzölési hőmérséklet 90 °C



8. ábra. A gőzölt 350 kspc 20 cementtel készített beton szilárdsága (hajlítóhúzó-szilárdság). Gőzölési hőmérséklet 70 °C



9. ábra. A gőzölt H 350 kspc 20 cementtel készített beton szilárdsága (hajlítóhúzó-szilárdság). Gőzölési hőmérséklet 80 °C



10. ábra. A gőzölt H 350 kspc 20 cementtel készített beton szilárdsága (hajlítóhúzó-szilárdság). Gőzölési hőmérséklet 90 °C

A kísérlet alapján a gőzérlelt beton 28 napos nyomószilárdságára az alábbi irányértékek figyelembevételét javasoljuk:

- 450 R, 450 pc-k használata és kedvező érlelési mód és optimális betonösszetétel esetén 85–95%-a kedvezőtlen érlelési mód és nem optimális betonösszetétel esetén 65–85%-a
- 350 kspc 20 használata, kedvező érlelési mód és optimális betonösszetétel esetén 90–110%-a kedvezőtlen érlelési mód és nem optimális betonösszetétel esetén 70–90%-a
- 350 ppc 10 használata, kedvező érlelési mód és optimális betonösszetétel esetén 100–120%-a kedvezőtlen érlelési mód és nem optimális betonösszetétel esetén 70–100%-a

A gőzérlelt beton viszonylagos hajlítóhúzó (húzó) szilárdsága 28 napos korban

- kedvező érlelési mód, optimális betonösszetétel és 450 Rpc használata esetén 70–85%-a
- 450 pc használata esetén 70–90%-a
- 350 kspc 20 és 350 ppc 10 használata esetén 90–100%-a
- kedvezőtlen érlelési mód, gondos utókezelés 350 kspc 20 és 350 ppc 10 használata esetén 60–90%-a
- kedvezőtlen érlelési mód, a nedves utókezelés hiánya esetén 40–60%-a

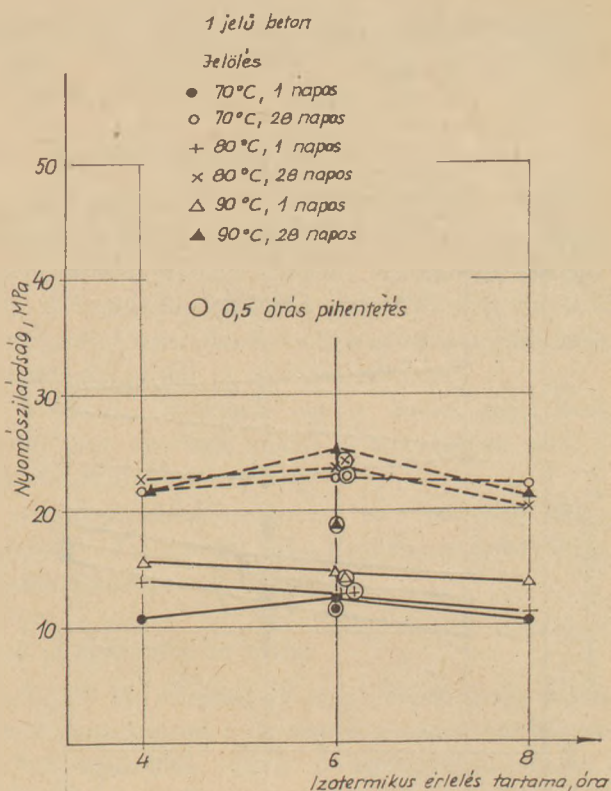
A kedvező érlelési mód az ÉSZKMI 19–77 18–441 fejezetében leírt gőzölést, az optimális gőzölési hőmérséklet betartását, 4–6 órás izotermikus érlelést, és a gőzölést befejezve a beton gondos nedves utókezelését jelenti.

Az optimális betonösszetétel közel péptelített (húzószilárdság esetén kissé túltelített), jól tömörített földnedves, illetve gyengén képlékeny betont jelent. A húzó (hajlítóhúzó) szilárdság vizsgálatakor ide értendő a beton nedves állapota.

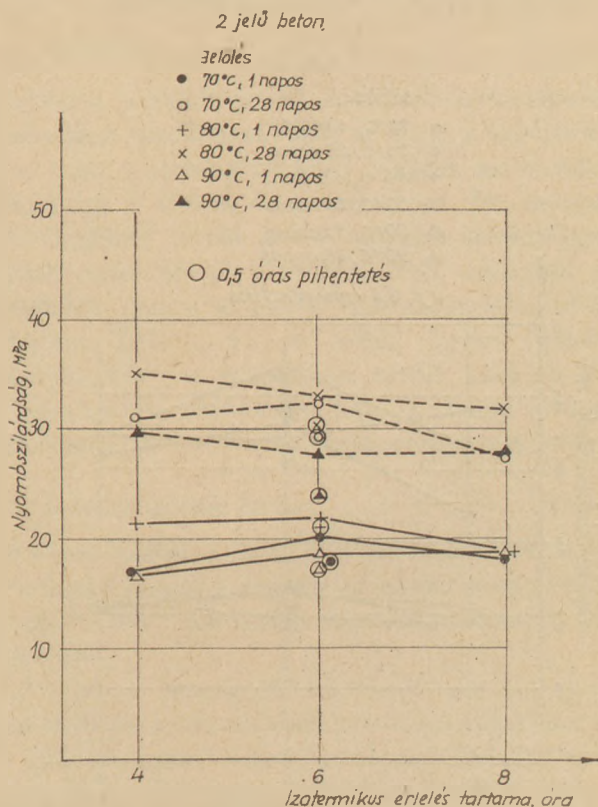
A kedvezőtlen érlelési mód rövid pihentetést, gyors felfűtést, az optimálistól eltérő érlelési hőmérsékletet, a gondos utókezelés hiányát, ezek egy részének, vagy valamelyikének együttes hatását jelenti.

### 3.3 Az izotermikus érlelés időtartama

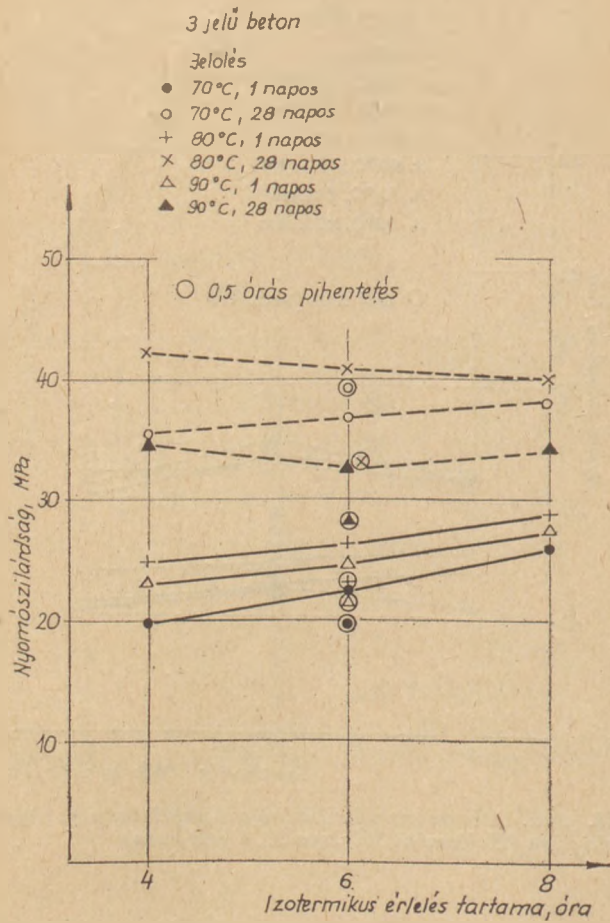
Az izotermikus érlelés időtartama változtatása 4–8 óra között – a vizsgálat körülményei között – nem befolyásolta alapvetően sem az 1, sem a 28 napos szilárdságot. Példaként a 11.–16. ábrákat mutatjuk be. Ennek okát abban látjuk,



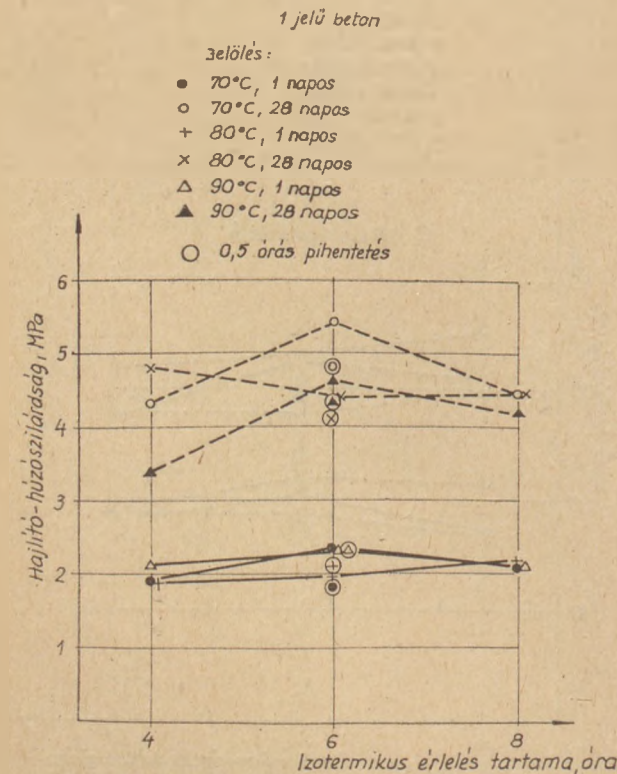
11. ábra. A beton nyomószilárdsága a gőzölés tartama függvényében (Hejőcsabai 350 kspc 20, 1 jelű beton)



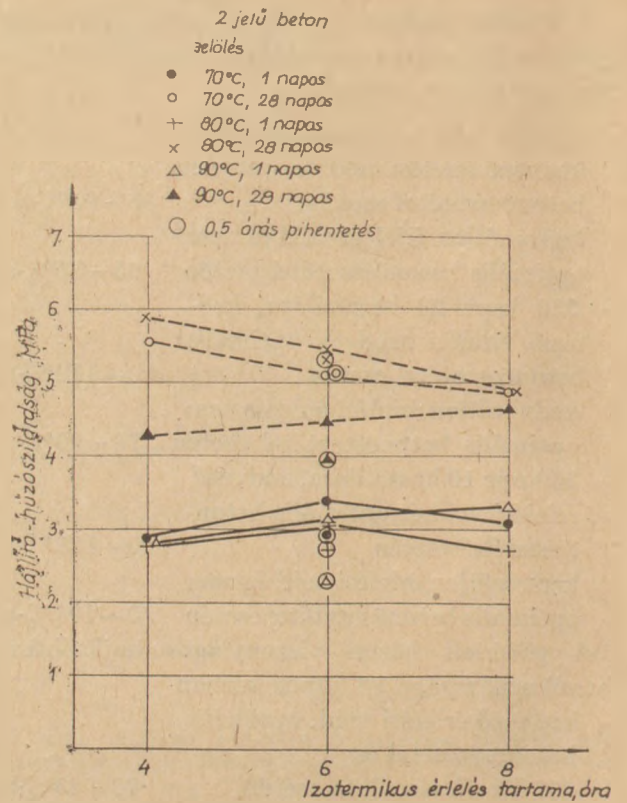
12. ábra. A beton nyomószilárdsága a gőzölés tartama függvényében (Hejőcsabai 350 kspc 20, 2 jelű beton)



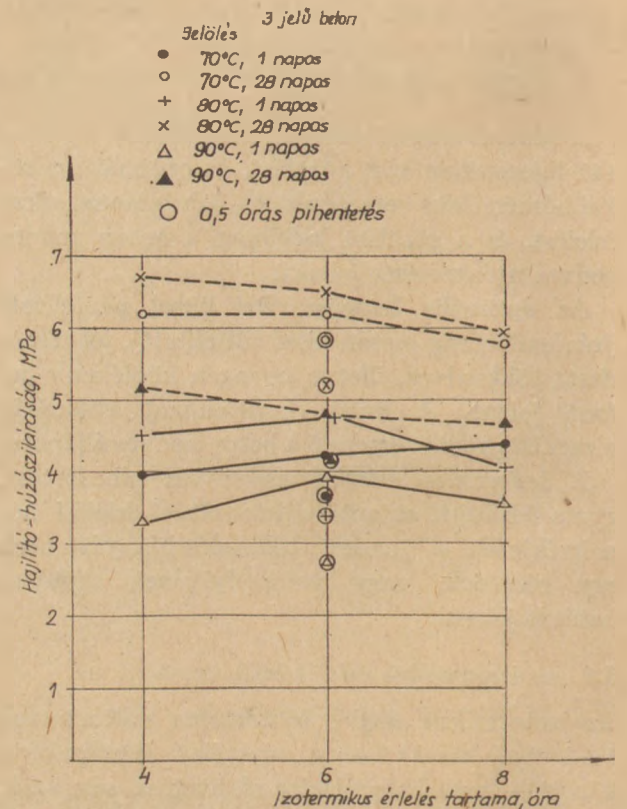
13. ábra. A beton nyomószilárdsága a gőzölés tartama függvényében (Hejőcsabai 350 kspc 20, 3 jelű beton)



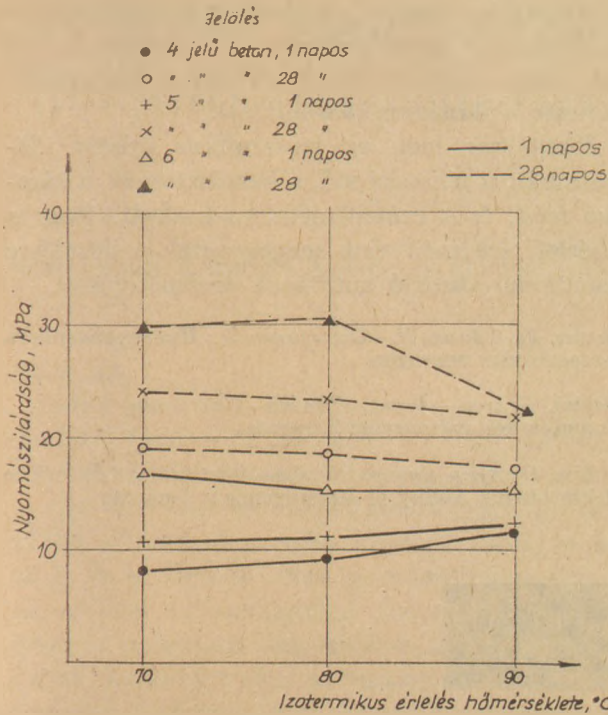
14. ábra. A beton hajlítóhúzó-szilárdsága a gőzölés tartama függvényében (Hejőcsabai 350 kspc 20, 1 jelű beton)



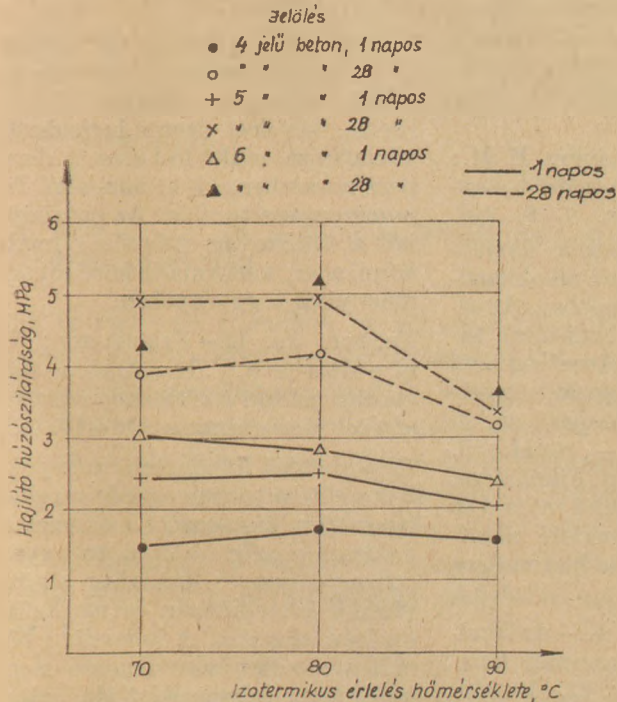
15. ábra. A beton hajlítóhúzó-szilárdsága a gőzölés tartama függvényében (Hejőcsabai 350 kspc 20, 2 jelű beton)



16. ábra. A beton hajlítóhúzó-szilárdsága a gőzölés tartama függvényében (Hejőcsabai 350 kspc 20, 3 jelű beton)



17. ábra. Képlékeny betonok nyomószilárdsága a gőzölés hőmérséklete függvényében (Hejőcsabai 350 kspc 20)



18. ábra. Képlékeny betonok hajlítóhúzó-szilárdsága a gőzölés hőmérséklete függvényében (Hejőcsabai 350 kspc 20)

hogy – különösen 80 és 90 °C érlelési hőmérséklet esetén – a gőzölés órafokszáma sem változott nagy mértékben (4. ábra).

### 3.4 A pihentetési idő hatása

A pihentetési időt lerövidítettük 2 órától 0,5 órára, arra a hejőcsabai 350 kspc 20 (11.–16. ábra) kevésbé volt érzékeny, mint a beremendi 350 ppc 10. A csökkenés mértéke nagyobb volt hajlítóhúzó, mint nyomószilárdság esetén és a gőzérlelés hőmérsékletének növekedésével nőtt.

Korábbi kutatások ezt a beton struktúra-romlására vezették vissza. Jelen esetben csak a mértékét határoztuk meg.

Hangsúlyozzuk, hogy ezt az eredményt földnedves betonnal kaptuk. Képlékeny betonnál e hatás fokozottan érvényesül.

### 3.5 A konzisztencia hatása

A 17. és 18. ábrából jól megítélhető, hogy mind az 1 napos, mind a 28 napos nyomószilárdságok közel egyenlők. Csak a legnagyobb cementtartalmú, 6 jelű beton 28 napos szilárdsága csökkent 90 °C érlelés esetén.

A hajlítóhúzó-szilárdságok is közel azonosak 70–80 °C esetén, de a 90 °C-on gőzölt 28 napos betonok szilárdsága minden esetben kisebb a 70–80 °C-on gőzölténél.

### 3.6 A tárolás hatása

Majdnem minden gőzölt betomból készítettünk szabadban tárolt hasábokat is. Mind a szilárdságok, mind a viszonylagos szilárdságok azt mutatják, hogy a vízben és a szabadban, kb. azonos hőmérsékletű térben tárolt betonok szilárdságai között csak annyi különbség van, amennyi a szórásból, illetve az eltérő nedvességi állapotból adódhat. (Példa, 5.–10. ábra). Persze hozzátesszük, hogy a szabadban tárolt hasábok is gondos nedves utókezelést kaptak (1 nap vízben tárolás) és ezen a nyáron rendszeresen megáztak.

### 3.7 A betonminőség hatása

Az adott esetben a beton minőségének a változása (1–3 jelű beton) a cementtartalom, és egyben a péptelítettség (porozitás) változását juttatja kifejezésre.

Általában megfigyelhető, hogy az 1 napos viszonylagos nyomószilárdság alapján általában a 2. jelű, 310 kg/m<sup>3</sup> cementtartalmú (közel áll a telítettséghez), a hajlítóhúzó szilárdság alapján pedig a 3. jelű, 380 kg/m<sup>3</sup> cementtartalmú (túltelített) beton a kedvezőbb.

#### 4. Összefoglalás

A kutatás során gőzölési kísérleteket végeztünk

- a váci 350 kspc 20,
- a hejőcsabai 350 kspc 20,
- a lábatlani 350 ppc 10,
- a beremendi 350 ppc 10,

valamint összehasonlításul

- a váci 450 Rpc, és
- a váci 450 pc

cementekkel azzal a céllal, hogy ennek alapján javaslatot tegyünk az ÉSZKMI 19–77 K 18. fejezetében előírtak finomítására.

A kutatás alapján javaslatot tettünk a gőzölés optimális és megengedhető hőmérsékletére (7. táblázat), a gőzölt beton 28 napos szilárdsága várható alakulására (3.2 fejezet).

Vizsgáltuk még az izotermikus érlelés időtartamát, a pihenési idő, a konzisztencia, a tárolási mód, és a cementtartalom hatását. Ezek a kísérleti eredményeink megegyeztek a gőzölésre vonatkozó hasonló kutatások eredményeivel.

*Балаж, Дь. – Арань, П. – Остерманн, Л.: Пропариваемость гетерогенных цементов*

*Balázs, György – Arany, Pirooska – Ostermann, Lajos: Dampfbarkeit heterogener Zemente.*

*Balázs, György – Arany, Pirooska – Ostermann, Lajos: The Steam Curing Ability of Heterogeneous Cements*

## Lapszemle

alapján a módszerek korszerűsítésével, hiányainak kiküszöbölésével kapcsolatos lehetőségek.

Berenstein, P. J. – Finkel, V. A. – Il'ina, V. P.: *Kerámiai lapok szinterezési kinetikája gyorségetésnél.* 11–12. old.

Burkolólapok és padlólapok szinterezési kinetikájának kutatása az égetési hőmérséklet – 960 és 1280 °C – és a hőtartási idő függvényében. Massaösszetételek. Az égetési feltételek függvényében a lapok zsugorodásának és vízfelvételének változása. Adatok az egysoros égetési rendszer paramétereinek kiválasztásához.

Abramjan, E. A. – Tulinov, B. M.: *Táblaüveg szilárdsága épületek fényáteresztő szerkezeteiben.* 6–8. old.

Nagyméretű táblaüvegek fényáteresztő szerkezetekénti alkalmazása, terjedése az építészetben. Az alkalmazási tényezők hatásának tanulmányozása. A szerkezetben levő üvegszilárdság határának nagyságára alapvetően két tényező, az idő és méret szerinti – rövid, ill. hosszú idejű terhelés kifejlődése, valamint a munkafelület mérete és nagysága – hat. Kísérleti számítással meghatározták a biztonságos feszültségértékeket.

Kvjatkovszkaja, K. K. – Anikusina, V. N.: *Matt, nyersmázak homlokzati burkolólapokra.* 12–13. old. Egyszeri gyorségetéssel előállított homlokzati burkolólapokra dato-

lit-koncentrátum alapú matt, nyersmázak kidolgozása. A legjobbnak ítélt mázak kémiai és nyersanyag összetétele, főbb fizikai tulajdonságai – fényesség, fagyállóság, szín, hőtágulási együttható stb. Cinkoxid hatása a mázbevonat kristályosodására és mattságára, a mázak kristályfázisai.

Mel'nikov, V. B. – Prozorov, E. N.: *Berendezés a technológiai kötőanyag fluidrétegben való eltávolítására.* 15–16. old.

Fröccsöntéssel formázott termék – pl. gyújtógyertya – kötőanyagának kiűzésére létesített fluidizációs, kísérleti üzemi berendezés vázlatrajza, működési elve. A diszperz abszorbens G-00 minőségű finomszemcsés timföld. Az öntvényből a kötőanyag-eltávolítás rendszerei a termékforma és kötőanyagmennyiség függvényében.

Fariton, Ja. G. – Fridrihszon, V. E. – Matveeva, V. K.: *Agyagos-szűlas anyagokban a kötőanyag mennyiségének meghatározása.* 16–17. old.

Agyagkötésű hőszigetelő anyagokban a kötőanyag mennyiségi meghatározására kidolgozott módszer. A módszer elméleti alapja az agyag adszorpciósan és kémiaileg kötött vizének eltávolításán és meghatározásán alapszik. A kémiaileg kötött víz mennyisége állandó meghatározott hőmérséklet-idő intervallumra. A vonatkozó meghatározás képletei. A módszer hibája 6%.

**SZTEKLO I KERAMIKA, Moszkva, 1980. 12. sz.**

Markov, E. P. – Csesznokov, A. G.: *Üvegipari nyersanyagkeverék receptura számítási módszereinek elemzése.* 3–4. old.

A nyersanyag recept szokásos számítása, a recepttel szembeni követelmények három fő csoportja. A nyersanyag készítés folyamatát leíró vektor-mátrix egyenlet, a keverékszámítására javasolt módszerek. A számítás eredményeként kapott adatok kritikai elemzése. Ezek

# Az építési célú homok és kavics nyersanyagok minősítő vizsgálati rendszere

K A U S A Y T I B O R

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

## Bevezetés

Az MSZ 18293–79 „Homok, homokos kavics és kavics” című szabvány az építési célú homok és kavics termékek minőségét szabályozza. Az MSZ 18293–79 tehát termékszabvány, amely a homok- és kavicsbányákat üzemeltető termelők és az ezekkel az anyagokkal dolgozó építőanyagipari és építőipari felhasználók közötti kereskedelmi kapcsolatnak, és ezáltal a bányászati termelői tevékenységnek képezi a műszaki alapját. E termelői tevékenységet azonban minőségi vonatkozásaiban nemcsak a felhasználói igények, hanem a feldolgozandó nyersanyag minősége is meghatározza.

A homok- és kavics kitermelés és feldolgozás nyersanyaga a túlnyomórészt kvarc és kvarcit szemcsékből álló természetes aprózódású laza törmelékes üledékes kőzet.

A homokok és kavicsok előfordulási helyükön tehát nyersanyagok, amelyek építési célú művelősége anyagtani szempontból ma még szabályozatlan. Ennek a kérdésnek a vizsgálatával a *Központi Földtani Hivatal* Intézetünket bízta meg. A munkát az *ÉVM 9. sz. Célprogram Bizottsága* koordinálta.

## A nyersanyag- és a termékminősítő vizsgálati rendszer kapcsolata

Az építési célú homokok és kavicsok az építőanyagipari termékek nyersanyagainak olyan sajátos típusát alkotják, amelyek – az építőanyagipari nyersanyagok nagy tömegétől eltérően – kémiai átalakítás nélkül válnak az építőanyagipar és az építőipar késztermékévé, félkésztermékévé. Termékké való feldolgozásuk a többi építési kőanyaggal ellentétben igen ritka kivételtől eltekintve még mechanikai átalakítást sem igényel.

Ez azt jelenti, hogy az építési célú homokok és kavicsok már nyersanyag állapotukban magukon hordozzák azokat a közvetlen ismérveket, ame-

lyek alapján majdani termékminőségük megítélhető. Ez adja a magyarázatát annak, hogy az építési kőanyag termékek bizonyos körének nyersanyagát képező homokok és kavicsok tulajdonság-jellemzői megegyeznek maguknak a termékeknek a jellemzőivel, és ezért a homok és kavics nyersanyagok minősítő vizsgálati rendszere az építőanyagipari nyersanyagok között szinte egyedülállóan szoros kapcsolatban áll a termékminősítő vizsgálati rendszerrel.

A homokok és kavicsok legfontosabb anyag-tani tulajdonsága a kőzettani összetétel, a szemmegoszlás, a szulfátszennyeződés, a kloridszennyeződés és zúzottkavicsok esetén a Los Angeles aprózódás, a kristályosítási ellenállással kifejezett időállóság, a szemalak. Ezek mind olyan tulajdonságok, amelyek a nyersanyagnak és a terméknek is sajátjai, mégis külön bonthatók aszerint, hogy reájuk a feldolgozási technológia miképpen hat és megismerésük az MSZ 18280–80 „Építési kőanyagok alapfogalmai, jelölések” című szabvány szerinti kőzetértékelés, termékértékelés, termékminősítés szempontjából mértékadó-e.

Tekintsük először a *termékminősítést*. A termékminősítés a termék vizsgálati eredményeinek és minőségi követelményeinek összevetése alapján döntés arról, hogy a homok és kavics termékminősége megfelelő-e, illetve mely MSZ 18293–79 szerinti minőségi osztályba sorolható. Ennek a kérdésnek az eldöntéséhez az agyag-iszap és agyagrög tartalom vizsgálatát is magába foglaló szemmegoszlás vizsgálatot, szerves szennyeződés, szulfáttartalom, kloridtartalom vizsgálatot és nedvességtartalom vizsgálatot, továbbá zúzottkavicsot tartalmazó, vagy tisztán abból álló termékek esetén kristályosítási, Los Angeles aprózódási és szemalak vizsgálatot is kell végezni. E vizsgálatok közül a Los Angeles és a szemalak vizsgálat eredményét a kavics aprítási technológiája döntő mértékben befolyásolja, a kristályosítási veszteség meghatározását pedig csak a zúzottkavics terméknek a zúzottkő termékkel való – egyébként gyakorlatilag többnyire a zúzott-

kavics javára eldőlő — összevetése indokolja, ezért ennek a három tulajdonságnak a vizsgálatával a nyersanyag kutatás fázisában általában nem szükséges foglalkozni. Ha a nyersanyag kutatás során a szemmegoszlás vizsgálatok eredményei arra mutatnak, hogy a kavicselőfordulás anyaga olyan durva szemeket is tartalmaz, amelyeknek törése a nyersanyag feldolgozásakor elkerülhetetlen, akkor a kutatási kihozatalból elkülönített durvaszemeken próbatörést kell végezni, és a szulfátos kristályosítási veszteséget, a Los Angeles aprózódási veszteséget és a szemalakot a próbatöreden kell meghatározni. A termékminősítő jellemzők közül a nedvességtartalom kifejezetten a feldolgozási technológiától függő tulajdonság, amelynek vizsgálatától a nyersanyag kutatás fázisában el kell tekinteni. Hasonlóképpen mellőzni lehet a szerves szennyeződések vizsgálatát is, mert a szennyeződés általában a kitermelést követően szokott fellépni.

A termékminősítés szempontjából tehát az agyag-iszap és agyagrög tartalom vizsgálatát is magába foglaló szemmegoszlás vizsgálat, a szulfáttartalom és a kloridtartalom vizsgálata képezik azon vizsgálatok körét, amelyeket a nyersanyag is feltétlenül szükséges elvégezni. Ezeknek a vizsgálatoknak az eredménye eleve meghatározza, hogy a nyersanyagból különböző technológiai megoldásokkal milyen homok és kavics termékfajta állítható elő.

A *termékértékelés* a termékminősítéstől annyiban különbözik, hogy ennek során a termékvizsgálati eredményeket nem a termék minőségi követelményeivel, hanem a felhasználási követelményekkel kell összehasonlítani, és dönteni arról, hogy a termék milyen célra használható fel, vagy valamely adott célra megfelelő-e. A termékértékelés vizsgálati köre tágabb lehet a termékminősítéshez elvégzendő vizsgálatokénál, jellegük azonban csak a konkrét és speciális építési feladat ismeretében határozható meg, így a nyersanyag kutatás fázisában ezek a kiegészítő vizsgálatok előre nem konkretizálhatók és eszerint a termékminősítésnél a nyersanyag vizsgálatokra mondottakat nem módosítják.

A *kőzetértékelés* a termékértékelésnél tágabb fogalom. Kőzetértékelés során nem a terméket, hanem az építési kőanyagként felhasználásra kerülő, bányabeli és nyitott feltárású lelőhelyekről, illetve kutatólétesítményekből származó homokot és kavicsot vizsgáljuk, és ennek eredménye alapján arról döntünk, hogy a jellemzett kőzetanyag valamely termék előállítására alkalmas-e, vagy mely építési célokra használható fel. A kő-

zetértékelés tehát a nyersanyag kutatás eszköze, a kőzetértékelő vizsgálatok pedig a nyersanyagok minősítő vizsgálati rendszerének részei. Eszerint a homok és kavics nyersanyagok minősítő vizsgálatára érvényesek azok a meghatározások, amelyek az MSZ 18280–80 és az MSZ 18282/2–78 „Építési kőanyagok mintavétele és vizsgálati rendszere. Mintavétel és vizsgálati terv kőzetértékeléshez” című szabványban az építési kőanyagok kőzetértékelésére vonatkoznak.

### A nyersanyag minősítő vizsgálati rendszerek

A homok és kavics nyersanyagok minősítő vizsgálati rendszerének fentiek szerint a nyersanyagok közettani összetétele, szemmegoszlása, szulfátszennyeződése és kloridszennyeződése, mint legfontosabb nyersanyagtulajdonságok kell az alapját képezzék. E tulajdonságok meghatározására irányuló vizsgálatok homok- és kavicsvagyon kutatás esetén egyszeri adatot szolgáltatnak a lelőhely anyagának műrevalóságáról, míg működő homok-, vagy kavicsbánya esetén a kőzetértékelést, illetve nyersanyag minősítést legalább három évenként meg kell ismételni.

A homokok és kavicsok *közettani összetételének* vizsgálata során a szemek színének, kifejlődésének, szövetének, ásványainak, mállottságának szabad szemmel, vagy kézi nagyítóval végzett közelítő vizsgálata alapján a vizsgálati halmazt közzettanilag megegyező részekre kell bontani és meg kell adni az egyes kőzetfajták szerinti szemcsék darabszámát és mennyiségét tömegszázalékban.

Az elemző közettani vizsgálatot a közzettanilag megegyező részhalmazok legalább két-két átlagos minőségű szemén kell elvégezni. Az elemző vizsgálat során lényegében ugyanazokat az ásvány- és közettani jellemzőket kell meghatározni, mint a közelítő vizsgálatnál, csak a vizsgálat eszközei a polarizációs közettani mikroszkóp, és szükség esetén a röntgendiffraktométer, a derivatográf, a kémiai elemző berendezések. Az elemző közettani vizsgálat térjen ki a kőzet szövetének, szöveti minimálfelületének, az ásványok mibenlétének, a hézagok jellegének, a mállottság fokának, a szemek várható időállóságának megítélésére. A közettani vizsgálatok rendjét az MSZ 18283–79 „Építési kőanyagok közettani vizsgálati rendje” című szabvány tartalmazza.

A *szemmegoszlás* vizsgálat során szítalási és ülepítési vizsgálatot kell végezni. A vizsgálat adjon

választ a teljes szemmegoszlásra, az agyag-iszap tartalomra és az agyagrögök mennyiségére.

A szemmegoszlás megismerésére teljes szitálási vizsgálatot kell végezni a  $0,063 \rightarrow 0,125 \rightarrow 0,25 \rightarrow 0,5 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 8 \rightarrow 12 \rightarrow 16 \rightarrow 24 \rightarrow 32 \rightarrow 48 \rightarrow 63 \rightarrow 96 \rightarrow 125$  mm négyzetes nyílású sziták alkalmazásával. A vizsgálati eredmények felhasználásával meg kell rajzolni a nyersanyag szemmegoszlási görbáját. A vizsgálatot az MSZ 18288/1-78 „Építési kőanyagok szemszerkezeti és szennyeződési vizsgálata. Szemmegoszlás vizsgálata szitálással” című szabvány szerint kell elvégezni.

Az agyag-iszap tartalmat mérőhengerben történő ülepitési vizsgálattal kell meghatározni, és az eredményt a 4 mm-nél kisebb szemekre vonatkoztatott térfogatszázalékban kell megadni. A vizsgálat során az MSZ 18288/2-78 „Építési kőanyagok szemszerkezeti és szennyeződési vizsgálata. „Szemmegoszlás vizsgálata ülepitéssel” című szabvány előírását kell követni.

Az agyagrögöket az agyag-iszap tartalomtól áztatással kell különválasztani. Az agyagrög  $20^\circ\text{C}$  hőmérsékletű nyugvó vízben 30 perces áztatás után sem esik szét. Mérete 8 mm-nél nagyobb. Az agyagrögök mennyiségét az egész próba tömegére vonatkoztatva tömegszázalékban kell megadni. Az agyagrög fogalmát illetően az MSZ 18293-79 szabvány intézkedik.

A szulfát jelenlétének kimutatását sósavas és bárium-kloridos próbával, a klorid jelenlétének kimutatását salétromsavas és ezüstnitrátos próbával kell végezni. A szennyezők mennyiségét tömegszázalékban kell megadni. A vizsgálatra az MSZ 18288/4-78 „Építési kőanyagok szemszerkezeti és szennyeződési vizsgálata. A vegyi szennyeződés vizsgálata” című szabvány intézkedik.

A vizsgálatok próbahalmazát az MSZ 18282/4-78 „Építési kőanyagok mintavétele és vizsgálati rendszere. Próbatetek és próbahalmazok előállítása és előkészítése vizsgálatra” című szabvány szerint kell előállítani.

A szemmegoszlási és szennyezettségi vizsgálatok eredménye alapján a homokok és kavicsok szemmegoszlási, minőségi és tisztasági osztályokba sorolhatók. A minőséget az agyag-iszap tartalom, a tisztaságot a szulfát-, klorid-, és agyagrögtartalom határozza meg. Ez a besorolás csak akkor végleges, ha a homok és kavics nyersanyag feldolgozás nélkül késztermékként kerül forgalmazásra. Ilyen s *nyerstermék*, amelynek szemmegoszlását a kitermelés során nem módosít-

ják, legfeljebb egy meghatározott szem nagyság feletti részét leválasztják. Ilyen lehet az *előírt szemmegoszlású termék* is, ha technológiai beavatkozás nélkül teljesíti a szemmegoszlási és tisztasági követelményeket. A *természetes szemmegoszlású termékek* minősége és tisztasága a mosás folytán, az *osztályozott termékek* szemmegoszlása, minősége és tisztasága a mosás és osztályozás folytán tér el a nyersanyag hasonló eredeti tulajdonságaitól. A *tört termékek* minőségét a Los Angeles aprózódás, a szulfátos kristályosítás és a szemalak is befolyásolja.

A homok és kavics nyersanyag tehát vagy minden lényeges technológiai beavatkozás nélkül kielégíti az MSZ 18293-79 szabvány nyersanyagokra, illetve előírt szemmegoszlású termékekre vonatkozó előírását és akkor ilyen terméként értékesíthető, vagy mosással és osztályozással előállítható belőle szabályozott szemmegoszlású, magasabb minőségi és tisztasági osztályú természetes szemmegoszlású, vagy osztályozott termék, esetleges aprítással tört termék.

A termékeknek szemmegoszlása, minősége és tisztasága szerint különböző termékosztályai vannak. A nyersanyagból előállítható termékek termékosztályai természetesen függvényét képezik a homok és kavics nyersanyag szemmegoszlásának, minőségének és tisztaságának. A gyártani kívánt termékosztályokra vonatkozóan a nyersanyag minősítő vizsgálatok eredményétől függően lehet határozatokat hozni. A termékosztályok szemmegoszlását a nyersanyag legnagyobb szem nagysága határozza meg, minőségük és tisztaságuk jobb lehet, mint a nyersanyagé. Az előállítható termékosztályok mennyiségi arányát ugyancsak a nyersanyag szemmegoszlása határozza meg.

### A nyersanyagok minősítése és szimbólumai

A nyersanyagok minősítését a nyerstermék és az előírt szemmegoszlású termékek minőségének követelményrendszerében helyes végezni.

Eszerint a homok és kavics *szemmegoszlása* vagy kötetlen, és akkor jele a legnagyobb szem nagyságtól függően  $\text{HN}-d_{\text{max}}-\text{X}$ , vagy  $\text{KN}-d_{\text{max}}-\text{X}$ , vagy pedig kielégíti az MSZ 18293-79 szabvány szerinti szemmegoszlási határgörbék követelményét, és akkor jele a legnagyobb szem nagyságtól függően  $\text{HN}-d_{\text{max}}-\text{I}$ ,  $\text{HN}-d_{\text{max}}-\text{II}$ ,  $\text{KN}-d_{\text{max}}-\text{I}$ ,  $\text{KN}-d_{\text{max}}-\text{II}$ . A HN jel a homok nyersanyagra, a KN jel a kavics nyersanyagra utal, a

$d_{\max}$  értéke 2, 4, 8, 12, 16, 24, 32, 48, 63, 96, 125 mm. Az X jel azt fejezi ki, hogy a nyersanyag szemmegoszlása nem esik a minősítő határgörbék közé. Ha a szemmegoszlás az „A” és „B” határgörbék közé esik, akkor a nyersanyag I., ha a „B” és „C” határgörbék közé esik, akkor a nyersanyag II. jelet kap.

A szemmegoszlással kapcsolatosan a méreten felüli rész ellenőrző szitájának lyukméretét és ezen a szitán fennmaradó szemek megengedett mennyiségét az MSZ 18293 – 79 szabvány 6. táblázata tartalmazza.

A homok és kavics nyersanyagok négy minőségi osztályba és három tisztasági osztályba sorolhatók be.

A minőségi osztályok követelményeit az MSZ 18293 – 79 szabvány 4. táblázata írja elő. Ha az agyag-izsaptartalom  $f = 3$  térfogat%, akkor a minőségi osztály jele P, ha  $3 < f = 6$ , akkor Q, ha  $6 < f = 10$ , akkor R, ha  $10 < f = 20$ , akkor S.

Az MSZ 18293 – 79 szabvány 5. táblázata szerint a TT jelű tisztasági osztályban az agyag-rögök mennyisége és az  $SO_4$ -ban kifejezett szulfát-tartalom 1 tömeg % alatt, a Cl-ben kifejezett kloridtartalom 0,2 tömeg % alatt, a T jelű tisztasági osztályban ugyanezek a jellemzők 2, illetve 0,4 tömeg % alatt kell legyen. A TO jelű tisztasági osztályban nincs követelmény.

A szemmegoszlási, minőségi és tisztasági osztályok figyelembevételénél például valamely 32 mm legnagyobb szemnagyságú, a megfelelő „A” és „B” határgörbék közé eső szemmegoszlású, 3 térfogat %-nál kisebb agyag-izsaptartalmú és a T tisztasági osztály követelményét kielégítő kavics nyersanyag jele:

KN – 32 – I – P – T

Ha ugyanennek a kavics nyersanyagnak a szemmegoszlása nem esik a legnagyobb szemnagyságúknak megfelelő határgörbék közé, akkor jele:

KN – 32 – X – P – T

A homok és kavics nyersanyagok minősítésének tehát a következő kombinációi lehetségesek:

Legnagyobb szemnagyság szerint előfordulhat 11 féle nyersanyag: HN 2, HN 4, KN 8, KN 12, KN 16, KN 24, KN 32, KN 48, KN 63, KN 96, KN 125.

A szemmegoszlás szerint előfordulhat 3 féle nyersanyag: X, I, II.

A minőségi osztály szerint előfordulhat 4 féle nyersanyag, P, Q, R, S.

A tisztasági osztály szerint előfordulhat 3 féle nyersanyag: TT, T, TO.

E négyféle szempont szerinti nyersanyag minősítés az építési célú homok és kavics nyersanyag minőségének  $11 \times 3 \times 4 \times 3 = 396$  változatát tartalmazza be.

Az így minősített homok és kavics nyersanyagok minősége vagy kielégíti a különböző építési célok valamelyikéhez tartozó követelményeket, vagy ha nem, akkor osztályozással és mosással, esetleg töréssel kell azokat az építőipari felhasználásra alkalmassá tenni.

## Építési követelmények

A nyersanyag értékesítés, vagy a feldolgozás módjának megválasztása során a következő építési követelményekre kell tekintettel lenni.

Beton adalékanyagként a szemmegoszlás tekintetében felhasználható minden olyan homok és kavics, amely az MSZ 18293 – 79 szabvány termékeinek szemmegoszlási követelményét kielégíti. A betonkészítéshez ténylegesen alkalmazásra kerülő szemmegoszlás megválasztása a beton szerkezetének függvényeként a szerkezet méretétől, a beton szilárdságától függően és összefüggésben a beton cementadagolásával, vízcementtényezőjével, konzisztenciájával, továbbá a betonkészítés módjával – hogy csak a legfontosabb körülményeket említsük, – vagy a vonatkozó műszaki irányelvekben lefektetett betonösszetételi lehetőségek valamelyikének alkalmazását, vagy egyedi tervezés tárgyát képezi. Ezért a szemmegoszlási követelményekre betonfajtánként általános érvényű konkrét előírás nem adható.

Szabály azonban, hogy az olyan különleges betonok, mint a nagyszilárdságú, vagy a kisalaktározású betonok I. osztályú szemmegoszlással készüljenek.

A beton adalékanyagként felhasználásra kerülő homok és kavics minősége és tisztasága a beton és vasbeton típusától és szilárdsági osztályától függően az 1. táblázat szerinti legyen.

Az útbeton pályaburkolatok adalékanyagának homokrésze P minőségi osztályba és TT tisztasági osztályba tartozzon.

A habarcs adalékanyaga a 4 mm alatti homok. A falazóhabarcsoknál 2 mm, vakolóhabarcsoknál 2,5 mm, simítóhabarcsoknál 1 mm, vízzáróhabarcsoknál 4 mm a homok megengedett leg-

A beton típusa és szilárdsági osztálya	Az adalékanyag	
	minőségi osztálya	tisztasági osztálya
	legalább	
Feszített beton	P	TT
B 400, vagy ennél szilárdabb beton	P	TT
B 140, vagy ennél szilárdabb beton	Q	TT
B 140-nél gyengébb beton	R	T
Útépítési sovány beton és kavicsos cementstabilizáció	R	T
Fagyálló, kopásálló, vízzáró beton	P	TT
Útbeton pályaburkolat	P	TT

2. táblázat

Követelmény a habarcs adalékanyagtól

A habarcs, útstabilizáció típusa	A homok	
	minőségi osztálya	tisztasági osztálya
	legalább	
Falazó, vakoló, simító, vízzáró cementhabarcs	P	TT
Mészhabarcs	Q	TT
Hidraulikus stabilizáció	R	T

nagyobb szemnagysága. Adott legnagyobb szemnagyság mellett vízzáróhabarcsokhoz durva I. osztályú szemmegoszlású, a falazó, vakoló, simító cementhabarcsokhoz II. osztályú szemmegoszlású, a mészhabarcsokhoz a II. osztályúnál is finomabb szemmegoszlású homokokat kell használni. A homok minőségi osztálya P, tisztasági osztálya TT legyen, de mészhabarcs esetén elég a Q minőség is.

A homok cement kötőanyagú, pernye és mész kötőanyagú, granulált kohósalak és mész kötőanyagú stabilizált útburkolatalap adalékanyaga lehet, ha minőségi osztálya R, és tisztasági osztálya T. (2. táblázat)

Az aszfalt adalékanyagul szolgáló homokkal és kavicsal szemben a 3. táblázat szerinti követelményeket támasztjuk. A bitumen kötőanyagú stabilizált útburkolatalap homokja, a bitumenes útalapréteg homokja és kavicsa R minőségi osztályú, és T tisztasági osztályú, az útpálya-szerkezeti kötőréteg homokja Q minőségi osztályú és T tisztasági osztályú, az útpálya-szerkezeti kopóréteg homokja és kavicsa P minőségi osztályú és TT tisztasági osztályú anyag legyen.

Az aszfalt típusa	Az adalékanyag	
	minőségi osztálya	tisztasági osztálya
	legalább	
Bitumenes stabilizáció	R	T
Bitumenes útalapréteg	R	T
Bitumenes kötőréteg	Q	T
Bitumenes kopóréteg	P	TT

Az építési célú homok és kavics tehát a fenti szemmegoszlási, minőségi és tisztasági tulajdonságokkal kell rendelkezzen. Ha a nyersanyag ezeknek híján van, akkor mosással, osztályozással, és esetleg töréssel kell a termékjavításról gondoskodni.

Végezetül megjegyzésképpen visszatérve az 1–3. táblázatokra kitűnik, hogy az építési követelmények szempontjából jelentős szerepet játszik a nyersanyag agyag-iszap tartalma, amelynek megítélése az utóbbi időben elvesztette egyértelműségét. Amíg ugyanis az építési-szerkezeti anyagnemekhez tartozó 3, 6 és 10 térfogat% agyag-iszap tartalom határértékek régóta elfogadottak és változatlanok, addig az MSZ 18288/2–78 vizsgálati szabvány hatályba lépésével a korábbi – az építési követelményekkel összhangban levő – MSZ 1991–67 „Természetes építési kövek és kőzúalékok vizsgálati módszerei” című szabvány 9.22 fejezete szerinti agyag-iszap tartalom vizsgálat módosult. Ezt nem követte – és nem is követheti – sem a termék követelmények, sem az építési követelmények módosítása, ami azért zavaró, mert kísérleteink szerint az a körülmény, hogy a mérőhengerbe nem 500 cm<sup>3</sup>, hanem 500 g anyagot kell tölteni, és a leolvasást nem 24, hanem egy óra múlva kell elvégezni, a vizsgálati eredmények jelentős megváltozását vonja maga után: például a 6 térfogat% agyag-iszap tartalmú anyag agyag-iszap tartalma átlagban 2 térfogat%-kal, azaz mintegy egyharmaddal nagyobb, mint eddig volt, elsősorban azért, mert 24 óra alatt az agyag-iszap réteg jobban összetömörödik, mint amennyi az ezidő alatt kiülepedő anyag térfogata.

A vizsgálati eljárás módosításával tehát nyersanyagaink és adalékanyag termékeink agyag-iszap tartalmát adminisztratív úton növeltük, mértékadó minőségét fiktív módon rontottuk, indokolatlan feszültséget teremtettünk az adalékanyag termelők és építéshelyi átvevők, sőt a beruházók és kivitelezők között is, hiszen például már az MSZ 4713/3–77 „A beton alapanyagai-

nak munkahelyi vizsgálata. Adalékanyag” című szabvány és az MI-04.19 – 81 „Beton és vasbeton készítése” című építésügyi ágazati irányelv is visszaül az MSZ 18288/2 – 78 és MSZ 18293 – 79 szabványokra.

Az ellentmondás különösebb következmények nélkül csak egy módon oldható fel: azonnali hatállyal vissza kell térni az MSZ 1991 – 67 szabvány 9.22 fejezete szerinti minősítő erejű agyag-iszap tartalom vizsgálatra, és az MSZ 18288/2 – 78 vizsgálati, valamint az MSZ 18293 – 79 termék-szabványt is haladéktalanul eszerint kell módosítani.

Csak ilyen értelmezés mellett helyes mindaz, amit cikkünkben a nyersanyagok agyag-iszap tartalmára vonatkozóan mondtunk.

## IRODALOM

[1] Gálos M. – Kertész P.: Megjelent az új kavicsszabvány. Építőanyag. 32. évf. 1980. 9. szám. 346 – 351 o.

*Kausay Tibor:* Az építési célú homok és kavics nyersanyagok minősítő vizsgálati rendszere.

A homokok és kavicsok olyan nyersanyagok, amelyek kémiai és az esetek többségében mechanikai átalakítás nélkül válnak az építőanyagipar és építőipar késztermékévé, illetve félkésztermékévé. A homokok és kavicsok így már nyersanyag állapotukban magukon hordozzák azokat az ismérveket, amelyekből majdani termékminőségük megítélhető. A homok és kavics nyersanyagok értékelését ezért a közettani összetétel, a szemmegoszlás, az agyag-iszap tartalom, az agyagrög mennyiség, a szulfát- és kloridtartalom alapján kell elvégezni. Ha a homok és kavics nyersanyag e vizsgálatok szerint nem rendelkezik a beton, habarcs, aszfalt készítéshez szükséges minőséggel, akkor mosással, osztályozással és esetleg töréssel kell a termékjavításról gondoskodni.

*Каушай, Т.:* Система качественного испытания строительных песков и гравия

Песок и гравий являются такими сырьевыми материалами, которые могут быть применены как готовые продукты или же полупродукты строительной промышлен-

ностью и промышленностью строительных материалов без химической, а в большинстве случаев и без механической переработки. Таким образом песок и гравий уже в виде сырьевых материалов обладают такими свойствами, на основании которых может быть определено их качество как готового продукта. В связи с этим оценка качества песков и гравия необходимо проводить на основании их минералогического состава, зернового распределения, содержания глиняного шлама, и содержания сульфата и хлорида. Если согласно проведенным испытаниям сырых песка и гравия выясняется, что они не обладают качеством, необходимым для изготовления бетона, раствора, асфальта, тогда путем мойки, классификации, а в некоторых случаях дробления необходимо позаботиться об улучшении их качества.

*Tibor, Kausay:* Qualifizierungsprüfmethod für die zu Bauzwecke dienenden Sand- und Kiesrohstoffe.

Die Sande und Kiese sind solche Rohstoffe, die im allgemeinen ohne chemische und mechanische Umwandlung zu einem Fertigprodukt, oder Halbprodukt der Baustoffindustrie werden. Die Sande und Kiese tragen an sich jene Kennzeichen schon in Rohstoffzustand, aus deren die zukünftige Produktqualität beurteilt werden kann.

Es ist die Auswertung der Sand – und Kiesrohstoffe auf Grund der geologischen Zusammensetzung, der Kornverteilung, des Gehaltes von Ton und Schlamm, der Menge von Tonschollen, des Gehaltes an Sulphat und Chlorid durchzuführen.

Hat der Sand – und Kiesrohstoff keine entsprechende Qualität für die Fertigung von Beton, Mörtel, Asphalt nach diesen Prüfungen, dann muss über die Produktverbesserung durch Waschen, Klassieren, eventuell Brechen gesorgt werden.

*Kausay, Tibor* Qualification System of Sand and Gravel for Building Purposes

Sands and gravels are raw materials which are used as final or intermediate products in the building- and/or building materials industry without chemical or (in the majority of cases) without physical treatment, thus their later characteristics as final materials can be judged even in their raw condition. For the complex evaluation of these materials the following properties must be determined: mineralogical-petrographical composition, particle size distribution, amount of fine (clay-silt) fraction and of clay lumps, percentage of sulfates and chlorides. If the results are unsatisfactory for a particular utilisation (e.g. for the manufacture of concrete, mortar or asphalt), the quality must be improved by washing, classification, eventually even by crushing.

## BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE CERAMIQUE,

Paris, 1980. 127. sz.

Vouillemet, M.—Tellier, C.—Juillard, M.: *Finonkerámiai anyagok szárítás alatti viselkedése.* 31—47. old.

Szárítási folyamatok körülményeinek optimalizálására vizsgálták szaniter és burkolólap termékeken, az azt befolyásoló paramétereket: határnedvesség-gradiens alakulása a szárításifok függvényében (BIGOT-görbe alapján), a hajlító terhelés alatti feszültség-alakváltozás görbéket. Az anyag valóságos nedvesség-gradiensének ismeretében a szárítás optimálisan irányítható, de az agyagosfázis összetételétől függően bonyolultabb lehet. A feszültség-szárítási fok egyeneseket szorpcióméterrel kapták. Fontos a víztárolás mechanizmusának ismerete is.

## CEMENT, Leningrád

Szergeev, G. G.—Nejman, R. M.—Iozefovics, V. N.: *Betonfalazási munkák végzése forgókemencékben.*

Klinkerégető forgókemencék lánczónájának bélelése monolitszerkezetű betonnal. Elért eredmények, tapasztalatok. Ajánlások a monolítbetonnal való bélelés kivitelezéséhez. Az alkalmazott betonkeverékek a következők voltak: 1. zúzott gránitkő-cement, 2. klinkerszemcsék-cement, 3. klinkerszemcsék-cement finomörlésű samottal, 4. samott-cement fémforgácsokkal, 5. samott-cement, 6. samott vízüveggel, 7. aluminátcementű és vízüvegkötésű samott-beton.

## CEMENT AND CONCRETE

RESEARCH, Oxford, 1980. 6. sz.

Toossi, M.: *Betonszilárdság változása a friss betonra kifejtett nyomás következtében.* 845—852. old.

Betonra, plasztikus állapotban kifejtett kis nyomás alkalmazásakor a viszonylagos betonszilárdságot kísérletileg meghatározták. Feltételezhető, hogy a betonra kifejtett kis nyomás okozhatja a beton szilárdsági változását a különböző rétegekben. A nyomásnak kitett és

ellenőrző betonpróbatetek közötti szilárdságbeli különbségeket különböző korosztályokban vizsgálták, egészen 1 éves korig. Eredmények szerint a nyomásnak kitett próbatetek szilárdulásában jelentős és állandó növekedés tapasztalható.

## CEMENTO HORMIGÓN,

Barcelona, 1980. 565. sz.

Lovet, P. P.: *A kelet-európai országok cementipara 1979-ben.* 1058—1070. old.

A kelet-európai országok cementtermelésének alakulása 1979 évben. A termelés 1979-ben 5,7 millió tonnával kisebb volt, mint 1978-ban. A termelés csökkent a Szovjetunióban és Lengyelországban. A cementtermelés, az egy főre jutó fogyasztás, az export-import alakulás, az egyes gyárak termelési adatai, új gyárak folyamatba lévő beruházásai és ezek jellemző adatai, a gyártástechnológiák változásai és a cementfelhasználás statisztikai adatai. Szovjetunió, Lengyelország, Románia, NDK, Csehszlovákia, Jugoszlávia, Bulgária, Magyarország és Albánia.

Melgar Oliver, M.—Diez Alvarez, L.: *Szén alkalmazása a spanyol cementiparban.* 1071—1097. old.

A spanyol cementiparban 1978 évben felhasznált energiahordozók 10%-a szén volt, az arány 1982-ben várhatóan 70%-ot eléri. A cementiparban felhasznált szén követelményei, fűtőérték, nedvesség, örölhetőség, szemcseméret eloszlás, illóréssz, kén. Cementgyártásban a szén alkalmazásának bevezetésére külön beruházás szükséges, ennek főbb technológiai részei, a szén fogadása, tárolása, szárítása, őrlése, adagolása és elégetése. Az örölt szénpor fontosabb jellemzői, a különböző malom típusok. Égetési paraméterek.

## CEMENTS, BÉTONS, PLATRES,

CHAUX, Párizs, 1980. 726. sz.

Petersen, I. F.—Smidth, F. L.: *Klinkerek porózus szerkezete és örölhetősége.* 276—301. old.

A klinkerörlés energiaszükségletének csökkenthetősége érdekében vizsgálták különböző (pormentes, portartalmú) klinker minták porozitásának, fajlagos felületének, folyékony fázisának, C3Si, C2Si kristályok finomságának, nyersanyagösszetételnek és szemcsenagyságnak összefüggéseit, ill. azok örölhetőségre gyakorolt hatását. Megállapítás: a C3S és C2S kristályok finomsága, a folyékony fázis, ill. a finom szemcsék csökkentése döntő paraméterek az örölhetőség optimalizálásánál. Vizsgálati módszerek: kvantitatív mikroszkópia, Blainekészülék.

Slomon, S.: *Helyi és félig centralizált portalanítási eljárás a Lafarge cég Teül-i cementüzemében.* 322—325. old.

A helyi, központi és félig-centralizált portalanítási megoldások jellemzőinek (megvalósítás, rugalmasság, biztonság, karbantartások, öszszegyűlt poroslevegő elszállításához szükséges energia, térfoglalás, megtisztított levegő recirkulációja, akusztikai kár, költség) kísérleti műszaki, gazdaságossági szempontból értékelt adatai. Legtöbb esetben a félig-centralizált portalanítás tűnik előnyösebbnek, a lehetőségeket azonban mindig mérlegelni kell.

Richter, G.: *Nagy befogadóképességű zsákok paletta — alátét — nélküli csomagolása.* 326—330. old.

A zsákok költséges alátétekkel való csomagolása, rakodása kiküszöbölésére, a német Möller cég, olyan hőre-zsugorodó polietilén-fólia külső és belső, burkolatot kísérletezett ki, amelyek a zsugorodással mintegy egymáshoz hegesztődnek s így a rakodásnál, tárolásnál, nyitott kocsiban, hajón való szállításkor is ellenállóak (nedvesség) tömörek. A német és holland cementüzemek műszaki és gazdaságosságra jellemző (teljesítmény, önköltség, megtakarítás stb.) adataival bizonyítják az eljárás előnyeit, az ábrákkal az egyes munkafázisok könynyítését.

# Szabadalom figyelő

T/19 238 *Berendezés üvegedények előállítására*

Üvegedények kettős fűvású módszerrel történő előállításához több üreggel ellátott és párosával elrendezett készrefűvő formák között ugyancsak több üreggel ellátott előformázó formát helyezünk el. Ebben nyakukkal lefelé egy-egy üregbe adagolt üvegből elődarabokat állítunk elő. A formában vákuumot létesítünk és ezzel kialakítjuk az üvegedény nyakát. Az elődarab belsejét bűvárdugattyúval és túlnyomással alakítjuk, a bűvárdugattyút visszahúzzuk és az üveget az előformázó formában mindaddig nyújtjuk, amíg az üveg az előformázó formát felülről lezáró terelő sapkával érintkezésbe nem jut. Ekkor az előformázó formát nyitjuk és az elődarabot váltakozva egy-egy készrefűvő formába helyezük át, ahol végleges alakjára hozzuk.

Az előformázó forma és a készrefűvő forma között az elődarab üreges belsejében légnymóást tartunk fenn. Az elődarabot áthelyező szerkezetnek nyakrészes formái vannak, amelyek ellenfűvúshoz szükséges nyomást létesítő egységgel, valamint léglökést vagy kis nyomást létesítő egységgel vannak ellátva. Utóbbiak rendeltetése, hogy az elődarabot léglökésekkel terheljük, mialatt az előformázó formából a készrefűvő formába visszük át és ezzel összecsuklástól megóvjuk. Az áthelyezés alatt léglökések alkalmazásának lehetősége az üvegformázó eljárásban lényeges lépés.

(Szabadalmi Közlöny, 1980., 85. k., 12. sz. 941. old.)

T/19 240 (51) *Eljárás és berendezés bázikus klinkeranyagok extrahálására és szűrésére*

A találmány szerinti eljárás különféle gyenge minőségű alumíniumhordozó ásványi nyersanyagokból előállított bázikus klinkeranyagok extrahálásának és szűrésének a javítására vonatkozik, amikor is az örölt vagy

egyébként is finom szemcseméretben képződött klinker- vagy salaktermékeket célszerűen folyamatos üzemmódban ellenáramban és több fokozatban vízzel vagy lúgos vizes oldattal extrahálják a gyártástechnológiai sor későbbi fázisából visszavezetett, főtömegében nátrium-alumíniumszilikát és/vagy kalcium-alumínium-szilikát csapadék jelenlétében és adott esetben a szűrőfelületre felvitt mészkőpor és/vagy alumínium-szilikát tartalmú szemcsés anyag jelenlétében szűrik. Az extrahálás és szűrés együttes folyamatában az extrahálható anyag és az extraháló oldószer érintkeztetésének az összideje a 60 percet nem haladja meg.

A találmány szerinti berendezés kilúgozó egységekből, szilárdanyagelválasztó egységekből ismeretes módon elrendezett több fokozatú extrakciós sorra van összekapcsolva amelyhez szilikát-csapadékleválasztó egység csatlakozik és ehhez adott esetben felzagoló egységen keresztül egy vagy több extrakciós fokozatban levő kilúgozó és/vagy szilárdanyag-elválasztó egységhez csatlakozó anyagtovábbító szervek vannak elrendezve.

(Szabadalmi Közlöny, 1980. 85. k., 12. sz. 942. old.)

(11) 176.156 *Porleválasztó előtét – berendezés, áramló gázokban diszpergált szilárd részecskék, előnyösen porszemcsék közötti agglomerálódás előidézésére*

(Szabadalmi Közlöny 1980. 85. k., 12. sz. 972. old.)

T/19 345 *Ciklon, főleg porleválasztáshoz*

A javaslat tárgya főleg porleválasztáshoz alkalmazható ciklon, amelynek beömlőnyílása, fedélen centrikusan elrendezett kivezetőcsöve és ezzel társított ventillátora van. A javaslat lényege, hogy a kivezetőcső a ciklon tengelyvonala körül elforgathatóan van kialakítva, valamint forgató-

hajtással van hajtókapcsolatban. Így a javasolt megoldás alkalmazásával kisebb energiafelhasználás, azaz kisebb hajtómotor mellett jobb portalanítási hatások érhetőek el. Ezzel a munkaminőség javítható, a beruházási és üzemeltetési költségek pedig csökkenthetők. Ezekben túlmenően a ciklon magassági méretei lényegesen kisebbek, mint az ismert megoldásoknál.

(Szabadalmi Közlöny, 1981., 86. k., 1. sz., 20. old.)

T/19 346 *Hosszú élettartamú, nagy hatásfokú szálasszerkezetű szűrőbetét, különösen gázok szűrésére*

A találmány tárgya hosszú élettartamú, nagy hatásfokú szálasszerkezetű szűrőbetét, amely szűrőbetétnek hullámosra hajtogatott felületű hengerpalástja van. A találmány azon a felismerésen alapszik, hogy az ismert szálasszerkezetű szűrőbetétek hatásfokának bizonytalansága kiküszöbölhető azáltal, hogy az eddigi véletlenszerű téreloszlás helyett egyenletes téreloszlást biztosítunk.

A találmánynak az a lényege, hogy a hullámos felületű hengerpalást hullámai között távtartó bordák vannak elrendezve.

(Szabadalmi Közlöny, 1981., 86. k., 1. sz., 20. old.)

T/19 411 *Eljárás és berendezés vízgőzáteresztőképesség mérésére*

A találmány tárgya eljárás és berendezés anyagok vízgőzáteresztő-képességének mérésére. Az eljárás során beállított hőmérsékletű és nedvességtartalmú atmoszférájú kamrában elhelyezett és oldható kötéssel rögzített próbatesttel ellátott mérőedények súlyváltozását a kamrába benyúló mérlegszerkezet révén magában a kamrában mérjük le, és adott esetben a súlyváltozást elektronmechanikus mérőátalakító segítségével villamos jellé alakítjuk.

A találmány szerinti berendezés több minta vízgőzáteresztő ké-

pességének azonos körülmények közötti folyamatos és gyors mérését teszi lehetővé, a mérőedény kialakítása pedig különböző vastagságú próbatestek többszöri vizsgálatát biztosítja. A berendezés kamrájának fedelében lyukak vannak kialakítva, melyeken a mérőedényekhez kapcsolódó felfüggesztő szálak vannak átvezetve. Méréskor a szálak a kamra felett elhelyezett mérleg teherfelvevő elemére vannak felfüggesztve.

(Szabadalmi Közlöny, 1981., 86. k., 1. sz., 34. old.)

T/19 389 *Eljárás bitumentartalmú építőipari kötőanyag előállítására*

A találmány tárgya eljárás szervesen diszperz szilárd anyagokat, így zúzalékot és homokot tartalmazó építőipari anyagok kötőanyagként felhasználható, bitumentartalmú építőipari kötőanyag előállítására bitumen, polietilén és/vagy polipropilén megolvasztásával és homogenizálásával, oly módon, hogy 0,1 – 24 közötti olvadási indexű és 108–130 °C krisztallit-olvadáspontú polietilént és/vagy 1,0 – 20 közötti olvadási indexű és 164–172 °C krisztallit-olvadáspontú polipropilént és/vagy ezeket főkomponensként tartalmazó anyagkeveréket alkalmazunk a bitumenre számítva 2 – 233 súly% mennyiségben és a kapott keveréket addig homogenizáljuk 250–310 °C közötti hőmérsékleten, amíg a homogén

keverék állandó hőmérsékleten mért viszkozitása – a polietilénnek és/vagy a polipropilénnek a bitumenben történő oldása után közvetlenül kapott keverék viszkozitásához képest – legalább 10–20%-kal nem csökken, majd – adott esetben – a homogenizálás – és kívánt esetben a homogenizált keverék tárolása – után további 150–320

°C-os bitument adunk a keverékhez olyan mennyiségben, hogy a poliolefinnek a bitumenre számított mennyisége 2–233 súly% legyen.

A találmány szerinti eljárással készült kötőanyag előnyösen felhasználható felépítőanyagok készítéséhez.

(Szabadalmi Közlöny, 1981., 86. k., 1. sz. 30. old.)

## EDZETT ÉPÍTÉSZETI ÜVEG

8-szoros biztonság

24 féle szín

SALGÓTARJANI SIKÜVEGGYÁR

SALGÓTARJÁN

Budapesti u. 29.

3104

Telefon: 11-655, 12-624

Telex: 229149

## HAVI ÜTEMES SZÁLLÍTÁS

A szerkesztésért felel:  
Dr. Székely Ádám

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

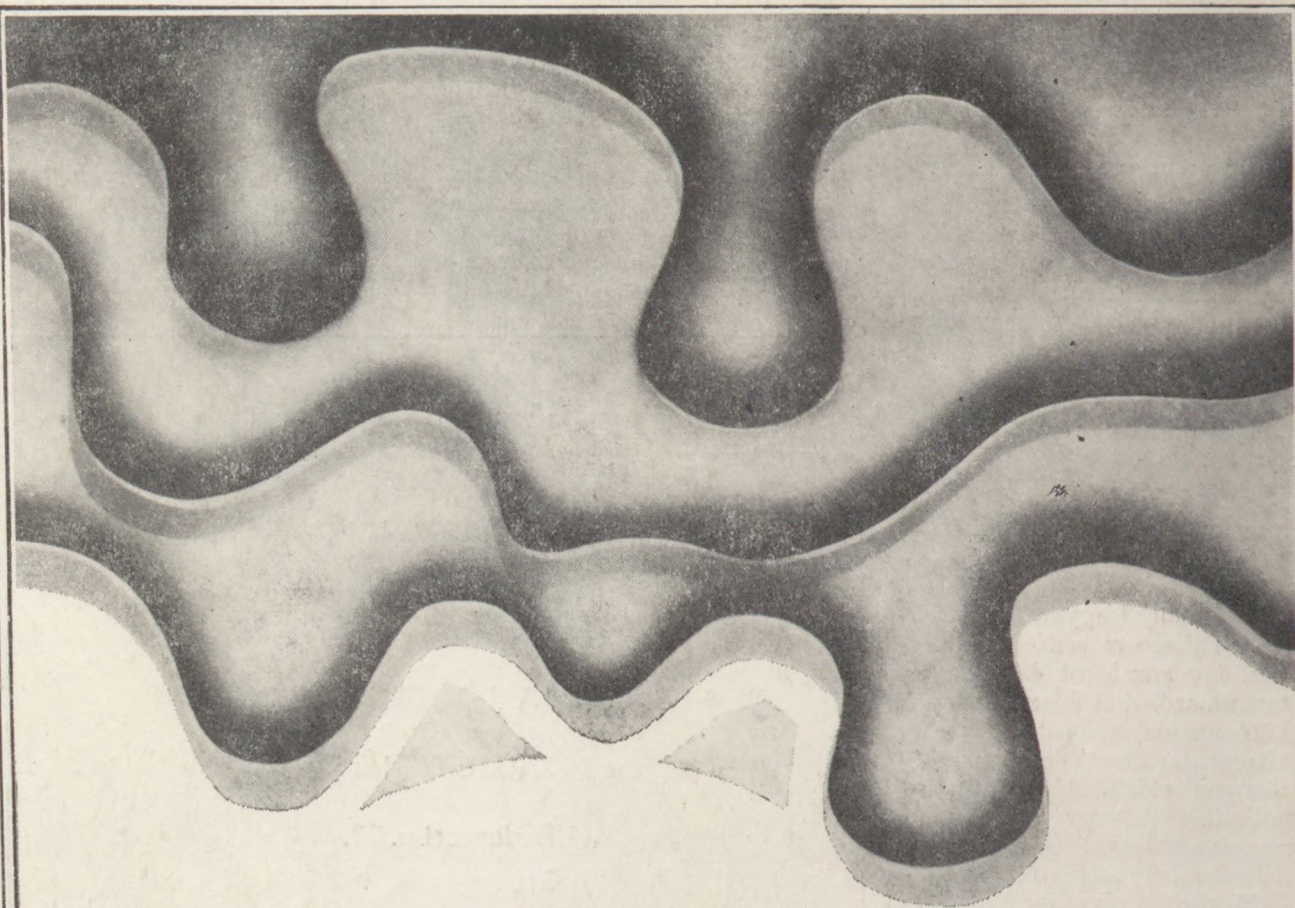
Felelős kiadó:  
Siklói Norbert

Kiadja:  
Lapkiadó Vállalat, Budapest VII., Lenin krt. 9–11. 1073  
Telefon: 221-285. Levélcím: Postafiók 223. 1906

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a hírlapkézbesítő postahivataloknál, és a Posta Központi Hírlap Irodánál (Budapest, V., József nádor tér 1. 1900) közvetlenül, vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 25–96162 pénzforgalmi jelzőszámára. Előfizetési díj: negy évre 57,- Ft, félévre 114,- Ft, egyes szám ára 19,- Ft.

Megjelenik havonként

81/971. Franklin Nyomda, Budapest  
Felelős vezető: Mátyás Miklós igazgató



Alkalmazza a  **Építőanyagipari Vállalat**  
**betonadalékszereit.**

A korszerű betonadalékszerekkel jelentős cement- és energiamegtakarítás érhető el.

**BARRALENT<sup>®</sup>** kötéseleltető hatású adalékszer

Alkalmazásakor: — megnö a beton bedolgozhatóságának ideje  
— a késleltető hatáson kívül csökken a hőfejlődés és a zsugorodás

**BARRA<sup>®</sup> FLUID** frissbeton szivattyúzhatóságát fokozó képlékenyítő

Alkalmazásakor: — javítja a beton bedolgozását a keverővíz mennyiségének változatlan hagyása mellett

**BARRA<sup>®</sup> FROST** fagysgátló

Adagolásakor: — felgyorsul a kezdeti szilárdulás és növekszik a hidratációs hő, amely biztosítja, hogy a beton illetve cementhabarcs  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig minőségi károsodás nélkül megkőssön.

**BARRAPLAST<sup>®</sup>C** képlékenyítő

A Barraplast C kloridmentes betonadalékszer, amely növeli a beton képlékenységét és javítja a bedolgozhatóságát, csökkentve a keverővíz igényét.

A fenti termékek megrendelhetők a KEMIKÁL Építési Vegyipari Vállalatban

Budapest, IX. Tagló u. 11—13.

Telefon: 336—930 Telex: 22—4272

