

302935



# ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari  
Tudományos Egyesület  
folyóirata

**11**

XXXIII. ÉVFOLYAM  
BUDAPEST, 1981. NOVEMBER  
EPITAA 33 (11) 401—440 (1981)

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. Lőcsei Béla

Riesz Lajos

Száder Rudolf

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Dr. Tóth Kálmán

Dr. Träger Tamás

Vajda László

### TARTALOM

<i>Dr. Szabó János:</i> A szilikátipari energiatakarékosság tudományos alapjai . . . . .	401
<i>Kertész Pál:</i> A közettani elemek rendszere, mint az építési kőanyagok tulajdonság-meghatározó szerkezete . . . . .	406
<i>Beke Béla:</i> Erőhatások bunkerekben II. . . . .	415
<i>Mattyasovszky Zs. Tamás – Bálint Pál:</i> Gyártmánytervezés, a fokozott hőszigetelő-képességű téglá kialakításának elvei . . . . .	423
<i>Fodor Péterné:</i> Alumínium (III) -oxid tartalom meghatározása szilikátokban fotometrális módszerrel . . . . .	429
<i>Kozma Béla – Bánsághy Zsuzsanna:</i> Különböző oxidokkal kevert kálföldpát hevítő mikroszkópos vizsgálata . . . . .	433
Adatlapok . . . . .	439
Konferencia hírek . . . . .	405
Kitüntettjeink . . . . .	432
Lapszemle . . . . .	437

### СОДЕРЖАНИЕ

<i>Д-р Сабо, Я:</i> Научные основы экономии энергии в силикатной промышленности . . . . .	401
<i>Кертес, П.:</i> Система петрографических элементов, как структура, определяющая свойства строительных каменных материалов . . . . .	406
<i>Беке, Б.:</i> Влияние сил в бункерах II. . . . .	415
<i>Матьяшовски, Ж. Т. – Балнт, П.:</i> Развитие продукции, принципы создания кирпича с повышенной теплоизоляцией . . . . .	423
<i>Фодор, П-не:</i> Определение содержания окиси-алюминия (III) в силикатах фотометрическим методом . . . . .	429
<i>Козма, Б. – Бансаги, Ж.:</i> Испытание калиевого полевого шпата, смешанного с различными окислами с помощью нагревательного микроскопа . . . . .	433

### INHALT

<i>Dr. Szabó, János:</i> Wissenschaftliche Grundlagen der Energieeinsparungen in der Silikatindustrie . . . . .	401
<i>Kertész, Pál:</i> Das System der desteinskundigen Elemente, als die eigenschaftsbestimmende Struktur der Baugesteine . . . . .	406
<i>Beke, Béla:</i> Kraftwirkungen in Bunkern. II. . . . .	415
<i>Mattyasovszky, Tamás, Zs. – Bálint, Pál:</i> Produktenwurf, Grundsätze der Ausgestaltung des Ziegels mit erhöhter Wärmedämmung . . . . .	423
<i>Fodor, Márta:</i> Bestimmung des Aluminium (III)-oxidgehaltes in Silikaten durch photometrisches Method . . . . .	429
<i>Kozma, Béla – Bánsághy, Zsuzsanna:</i> Erhitzungsmikroskopische Untersuchung, mit verschiedenen Oxyden vermengter Kailfeldpate . . . . .	433

### CONTENTS

<i>Dr. Szabó, János:</i> Scientific Base of Energy Savings in the Silicate Industries . . . . .	401
<i>Kertész, Pál:</i> The System of Petrographical Units as the Property-Controlling Structure of Building Stones . . . . .	406
<i>Beke, Béla:</i> Forces in Bins, II. . . . .	415
<i>Mattyasovszky, Zs. Tamás – Bálint, Pál:</i> Design Principles of Bricks with Super Thermal Insulation . . . . .	423
<i>Fodor, Péterné:</i> Photometric Determination of Al-O- in Silicates . . . . .	429
<i>Kozma, Béla – Bánsághy, Zsuzsanna:</i> Investigation of Potash Feldspar Mixed with Different Oxides in a Heating Microscope . . . . .	433

## A szilikátipari energiatakarékosság tudományos alapjai\*

D R. SZABÓ JÁNOS államtitkár

Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium, Budapest

A XIII. Szilikátipari és Szilikát-tudományi Konferencia két nagy témakör megvitatását tűzte napirendjére:

1. összefüggések a szilikátipari anyagok, ill. termékek szerkezete és tulajdonságai között
2. környezetkímélő és energiatakarékos technológiai eljárások

A két téma között tulajdonképpen szoros kapcsolat van, hiszen eredményes környezetkímélő és energiatakarékos technológiát a szilikátanyagok szerkezetének ismeretében, tudományos módszerekkel lehet kialakítani.

A hetvenes években kezdődő energiaválság hatására az energiagazdálkodás, a felhasznált energiahordozók szerkezetének megváltoztatása – a szénhidrogén energiahordozók arányának csökkentése – az energiatakarékos technológiák és termékek alkalmazása terén világszerte intenzív fejlesztő munka kezdődött. Különösen fontos volt ez olyan országokban, ahol az energiahordozók jelentős részét importálják.

A nemzetközi energiahelyzet, – nevén nevezve – az energiaválság ismert a konferencia igen tisztelt résztvevői előtt. Bárhonnan jöttek is a

szakemberek, a szilikátipar egyik fő kérdése mindenütt az energiatakarékosság. Amellett „tartós” témának is ígérkezik, minden bizonnyal az ezredfordulón is kiemelt téma lesz az energiakérdés.

Az elmúlt néhány évben mindenütt sokat foglalkoztunk az energiatakarékosság kérdésével, részeredményeket is értünk már el, de a lényegi, a tudományos módszerekkel végzendő munka tulajdonképpen még előttünk van.

Magyarországon az épületek, építmények létrehozása és rendeltetésszerű használata, a népgazdaság összes energiafelhasználásának mintegy 40%-át köti le. A szilikátipar is jelentős energiafogyasztó, az összes energiafelhasználásból mintegy 5%-kal részesedik. Mindezek alapján nálunk is a műszaki fejlesztési politikában és annak realizálását elősegítő tudományos kutatásban és fejlesztésben az energiatakarékos építés – és üzemeltetés – a korszerű energiatechnológiai eljárások alkalmazása kiemelt feladat.

Összehasonlítva az építőanyagipar termelés-növekedési és energiafelhasználási adatait, illetve 1980/75. évi indexét, megállapítható, hogy a 25,1%-os termelésnövekedéshez 13,8% energiafelhasználás növekedés járult, vagyis 1% termelésnövekedés 0,6%-os energiafelhasználás növekedéssel volt elérhető.

\* A XIII. Szilikátipari és Szilikát-tudományi Konferencia megnyitásán elhangzott előadás

Ezt az eredményt az elmúlt években végrehajtott fejlesztési intézkedések, ezek között mindenek előtt a korszerű gyártástechnológiák bevezetése útján lehetett biztosítani.

Az utóbbi 15 év során létesült jelentős új termelő kapacitások technológiai tüzelőanyagként legtöbb esetben olajat vagy földgázt alkalmaztak, sőt a 60-as évek második felében számos meglévő szénttüzelésű termelőberendezésnél is áttértek olaj- vagy földgáztüzelésre.

A korszerű technológia korszerű energiahordozóval párosult, ami a termékre vetített kedvező energiafogyasztási értékben jelentkezett. Néhány példa fentiek jellemzésére: a cement fajlagos hőfelhasználása 1975–80 között 100%-ról 83,15%-ra, az égetett mész 93,20%-ra, az üvegipari termékek 85,72%-ra, az egészségügyi kerámia 89%-ra csökkent. Kivételt képeznek a téglaiipari termékek, ahol a berendezések korszerűsödése az élőmunkaigény csökkentése, az új korszerűbb termékek előállítása – vékonyfalú, nagy üregtérfogatú, jobb hőszigetelőképeségű falazóanyagok gyártására való áttérés – a gyártási energiafelhasználás növekedését hozta magával, így pl. égetett téglá és cserép esetén 106,2%-ra emelkedett a fajlagos hőfelhasználás.

Az előttünk álló években az energiaárak további növekedésével kell számolnunk és emiatt fokozott mértékben kell a műszaki fejlesztést a gazdaságossági követelményekkel összhangba hozni, egyes esetekben a gazdaságossági kérdéseket előtérbe helyezni.

A tudományos-technikai forradalom és az energetika kapcsolatának újabb változata lép fel, amelynek néhány fontosabb hazai és külföldi célkitűzése:

- a költséges és bizonytalan import kőolajtermékektől való függetlenítés,
- a hazai energiaforrások (nálunk barnaszén) nagyobb arányú hasznosítása,
- az energiahordozókkal való nagyobb fokú takarékoság.

A szilikátiparra korlátozva a célkitűzéseket

- új, korszerűbb technológiák bevezetésével kell a gyártási energiaigényt csökkenteni,
- új, korszerű, kisebb energiaigényű termékeket kell kikísérletezni,
- a meglévő technológiák hatékonyságát kell fokozni, a termelőkapacitások jobb kihasználásának biztosításával. Ennek üzemszervezési feltételeit az állásidők csökkentésére, az üzemfenntartási, karbantartási, üzemzavarelhárítási és javítási munkák hatékony szervezésére irányuló intézkedések segítik elő.

Megállapítható, hogy ezek a célkitűzések az elmúlt tervidőszakban is iránymutatók voltak, s a jelenlegi időszerejük arra utal, hogy egy hosszabb műszaki-gazdasági folyamat részesei vagyunk.

Hangsúlyozom, hogy az alkalmazott alapvető korszerű technológiák hozzásegítették az építőanyagipar egyes ágazatait az élenjáró nemzetközi színvonal eléréséhez, azonban ez a tény nem csökkenti, hanem növeli erőfeszítéseinket az újabb energiamegtakarítási lehetőségek feltárására, illetve azok megvalósítására.

A kutatás-fejlesztés irányát egyrészt az építőanyagiparban alkalmazott *nyersanyagok* keverési, szárítási, bomlási, reakciókinetikai, olvasztási, zsugorítási folyamatai hatékonyságának növelésében kell meghatározni.

A cementiparban egyik nyersanyagvonatkozású feladat a kémiai összetétel olyan beállítása, amely adott célra a legkedvezőbb kémiai és ásványtani összetételű – adott minőségű – cementet eredményezi. Itt a feladat a korszerű folyamatirányítás megvalósítása, amely következtében a klinkerminőség egyenletessé válik, a szilárdsági értékek változása szűk tartományra korlátozódik.

A másik tényező a reakcióképesség kérdése. Ez szorosan összefügg a fajlagos energiafelhasználással. A reakcióképesség növelése érdekében olyan nyersanyagösszetételre kell törekedni, amely a  $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$  rendszer legalacsonyabb hőmérsékleti pontján bittosítja az égetést.

Nem elhanyagolható terület az őrléssel való aktiválás sem. Az anyagásványok minőség-vizsgálata az égethetőségi tulajdonságok megismerését, illetve az alkalmazhatósági területek meghatározását szolgálják.

A kvarc reakcióképességének növelése is az égethetőség javítását szolgálja.

Technológiaiilag legérdekesebb, energetikailag leghasznosabb szerepe az *olvaszópont csökkentő anyagoknak* és a *mineralizátoroknak* van, amelyeknek közös hatása abban áll, hogy a klinkerképző reakciók hőmérsékletét lecsökkentik, egyes esetekben a klinkerásványok kialakulását elősegítik.

Az  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  csökkenti az olvasadék fázis olvaszópontját, növeli folyósságát, megkönnyíti és gyorsítja a klinkerásványok kikristályosodását. Vastartalmú adalékanyag szükséges a nyersanyag megfelelő kémiai összetételének beállításához, vagyis a forgókemence üzemi viszonyai közötti biztonságosan elérhető égetési hőmérséklet kialakításához.

Szovjet kutatók  $\text{CaCl}_2$  2–3%-os adagolásával az égetési hőmérsékletet jelentősen, több mint 200 °C-kal csökkentették egy új cementfajtánál, az alinit cementnél.

A *durvakerámia iparban*, a korszerűbb durvakerámiai termékek gyártásához nagyobb agyag-ásványtartalmú, több finom szemcsét és kevesebb ún. szennyező v. káros alkatrészt tartalmazó agyagokra van szükség.

A szilikátkémiai, röntgendiffrakciós, termoelektromos, elektronmikroszkópiai módszerek fokozottabb alkalmazása járulhat hozzá a hazai téglanyagok jobb megismeréséhez és energiatakarékos felhasználásához. Továbbá, ki kell terjeszteni a kutatásokat a téglagyagok szilárdfázisú reakcióinak tanulmányozására is, különös tekintettel a téglaszilárdság alakulására, valamint egyéb jellemzők (pl. fagyállóság) meghatározására.

A *hőszigetelő anyagok* gyártásának fejlesztése az energiamegtakarítás egyik legalapvetőbb eszköze.

Tudományos megalapozottsággal kell a szilikát- vagy műanyaghab alapú szigetelőanyagok gyártásának fejlesztését eldönteni. A két hőszigetelő anyag gazdaságosságának elemzésénél tekintetbe kell venni azt a tényt is, hogy a műanyaghab alapú, hőszigetelő anyagot szénhidrogénekből állítják elő, így gyártási energiatar-  
talmuk igen nagy.

Várhatóan az ásványi- és üvegyapot termékek fogják a hőszigetelő anyagok alapvető fajtáját képezni.

A nyersanyag forrásokat, a viszonylag magas műszaki színvonalú gépi berendezéseket, a termelés és a termékfelhasználására is kiterjedő, kedvező műszaki-gazdasági paramétereit figyelembevéve, ezeket az anyagokat a távlati fejlesztésben is kiemelkedő fontosságúaknak kell tekinteni.

A *bazaltgyapot* gyártásnál az olvasztás optimalizálása, illetve az optimális nyersanyagösszetétel meghatározása segíti elő a termékválaszték bővítést és a gyártmányfejlesztést, az energiatakarékos-  
ságot.

A finomkerámiaiparban a kaolinok kémiai összetétele határozza meg az égetés során tanúsított viselkedést. Rendkívül fontosak ezen kívül a morfológiai tulajdonságok, amelyek meghatározzák a szárítási folyamatok sebességét. Ezen tulajdonságok a formázhatóságon keresztül a gyárthatóságot, a rendszerbe bevitt víz mennyiségével pedig a teljes gyártósor energiaigényét nagymértékben befolyásolják.

Az *üvegipar* területén a hőfelhasználás csökkentése érdekében a nyersanyag granulálási eljárás kidolgozását és bevezetését kell mielőbb megoldani.

Az építőanyagipar energiafogyasztásának kutató tevékenységgel történő csökkentése mellett a másik járható út a nagy energiaigényességű termékek helyett *kevesebb energiát felhasználó* technológiákkal gyártott *termékek* előtérbe helyezése.

Ilyen irányú tudatos lépések már történtek, de napirenden levő feladat az energiatar-  
talmak szerinti, illetve helyettesítésre vonatkozó kategorizálási rendszer kidolgozása.

A *gyártási technológiák* továbbfejlesztési kérdéseit is érinteni kell, amelyeknek a változott nyersanyagjellemzőkhöz és a tüzelőanyagváltóztatás körülményeihez kell alkalmazkodniok.

A gyártási technológiák továbbfejlesztésénél alapvető szempont lesz az

- új nyersanyagbázishoz, – amelynek felkutatása is napirendi kérdés – és
- a tüzelőanyagstruktúra változásához

alkalmazkodó megoldások kidolgozása úgy, hogy a fajlagos energiafelhasználás és a termékminőség negatív irányban ne változzék.

Az új égetőrendszerek kialakításánál meghatározó körülmény lesz a nyersanyagok hőkezelése elméleti hőszükségletéhez – ami klinkerégetésnél a jelenleg használt nyersanyag összetétel alapján 1800 kJ/kg klinker, síküveg olvasztásnál 1680–2500 kJ/kg üveg a téglarégetésnél 330–630 kJ/kg termék – közelítő megoldások keresése, égető berendezések konstruálása.

A jövőben az elektromos energiával való üvegolvasztással majd a klinkerégetéssel is számolni kell. Erre a nap, víz, szél és atomerőművek kiépítése fog reális alapot teremteni.

Az energiaválság által előidézett, a meglévő hazai fűtőanyag készletekhez való alkalmazkodás, vagyis az energiastruktúra változás a *gyártó berendezésekkel szembeni követelményeket* is jelentősen módosítja.

A technológiai berendezések tervezésénél növekvő hangsúlyt kap

- hőátadás intenzifikálása (pl. nyílt lángú finomkerámiai rendszerek, közvetlen fűtési szárítók)
- aerodinamikai tökéletesítések (hulladékhők keringetéssel való hőkihasználása)
- új tüzeléstechnikai megoldások (pl. oxigénbefúvatásos égetés), új tüzelőszerkezetek, az égési feltételek javítására (olaj- víz emulzió, olaj) szén vízgőz elegy égetése,

- rendszertechnikai (számítástechnikai) elemzés, a folyamatok energetikai optimalizálása,
- a hőkezelő berendezések hőterhelésének növelése az égéstér csökkentésével (Maerz akna-kemence, gyorsító kerámiai kemencék) vagy a hőmérséklet növelésével (pl. olvasztásos klinkerégetés).

Így alakul ki a tudomány és technológia szoros kapcsolata, ami energiacsökkentésben testesül meg. E kapcsolat teremtette meg a gyorsító, magas hőmérsékleten égető, egysorban égető kerámiai kemencéket, az előkalcinátoros, lebegtetős klinkerégető kemencéket.

Az építőanyagipar technológiai fejlesztésével párhuzamosan kell fejleszteni a háttérpart is. Így el kell érni

- korszerű szénkeverő és szénórló berendezések megteremtését
- korszerű acélösszetételek kidolgozását órlótestek és kopásnak kitett alkatrészek számára (figyelembevétel itt is az előállítási energia-tartalmakat)
- korszerű kenőanyagok összeállítását
- korszerű tűzálló anyagok kidolgozását és gyártását.

Az építőanyagipari energiamegtakarítási kutatások nem szűkíthetők le a fajlagos energiafelhasználás csökkentésének részfeladataira, hanem azokat rendszerszemlélet alapján kell értelmeznünk a teljes építőipari folyamatra, vagyis az építésben felhasználásra kerülő összes anyag előállítása, szállítása, építéshelyi előkészítése, bedolgozása, továbbá az épületek üzemeltetése során az energiafelhasználás együttes maximális csökkentését kell elérni.

Az építőanyagokat energiagazdálkodás, vagy ha úgy tetszik energiatakarékosság szempontjából kétféleképpen célszerű vizsgálni:

1. az építőanyag előállításához szükséges hőmennyiség meghatározásával. Ezt MJ/m<sup>3</sup>-ben lehet kifejezni, vagy jellemzőbb a szükséges szerkezeti vastagság pl: falvastagság – figyelembevételével számítva MJ/m<sup>2</sup>-ben megadni.
2. Az adott építőanyagból kialakított épület üzemeltetési – fűtési – energiamentiségét a fizikai jellemzőkből számítani, vagy kísérleti épületen mérni.

Vizsgálatokat végeztünk különböző építőanyagokból (tömörtéglából, gázbetonból, szendvics-szerkezetből, stb.) kialakított falszerkezetekkel, ahol a falszerkezet előállításához és az épület üzemeltetéséhez szükséges energiaráfordításokat számítottuk ki. Meglepő eredmények adódtak:

mellőzve a részleteket, csupán egyetlen anyagot – a gázbetont – és egyetlen szerkezetet – szendvicspanelt – emelném ki, mint energiagazdálkodás szempontjából hatékony anyagot, ill. szerkezetet.

Fel kell hívni a figyelmet, hogy energiatakarékosság szempontjából döntőbb az üzemeltetési, fűtési energiaráfordítás, hiszen az épületet legalább 50 évre tervezzük és addig fűtjük, s ezzel nagyságrendekkel nagyobb veszteségek, illetve megtakarítások érhetőek el, mint az épület egyszeri megvalósításához szükséges energiaigény esetén. Mégsem hanyagolható el az építőanyag előállításához szükséges hőenergia ráfordítás sem, mert az egyszerre jelentkezik az építéskor, s bizony százezer lakás/év esetén már itt is számottevőek az energiaráfordítások, illetve az elérhető megtakarítások, ha kevés energiát igénylő építőanyagokat használunk fel.

Az OMFB megbízásából részletesebb vizsgálatot végzünk „az építőanyagok és épületszerkezetek energiataralmának meghatározására”, amikor a kisméretű téglától kezdve, a különféle betonokon át, az acélig szinte minden építőanyagot meghatározzuk az energiataralmát a gyártás, a szállítás és a beépítés során, majd a különböző anyagokból kialakított épületszerkezetek energiataralmát számszerűsítve elemezzük a különböző építésmódokat (falazott, paneles, könnyűszerkezetes) energiataralom, energiatakarékosság szempontjából. A folyamatban levő vizsgálat minden bizonnyal újszerű adatokat szolgáltat majd az energiatakarékosságra. E munkabizottságban építőanyagipari és építőipari szakemberek vesznek részt, példázva a szilikáttudomány és építéstudomány feltétlen szükséges kapcsolatát, egymásra utaltságát.

A hulladékanyagok felhasználásának növelése a kedvező környezetvédelmi hatások mellett igen jelentős közvetlen, vagy közvetett energiamegtakarítást eredményezhet. A hidraulikus cement kiegészítő adalékanyagok – főként pernye – nagyobb arányú felhasználásával a cement energiataralma csökkenthető. 100 ezer tonna pernye adalékként történő bevitelével mintegy 10 ezer tonna fűtőolajnak megfelelő energia takarítható meg.

Célszerű az adalékanyag mennyiség további növelési lehetőségének a vizsgálata, hogy az esetleges káros hatások, mint pl. a fagyérzékenység kiküszöbölhetőek legyenek.

Közvetett energiamegtakarítás nyerhető a korszerű falszerkezetek, falazóanyagok, hőszigetelő vakolatok, szigetelőanyagok alkalmazásával is.

A jövő feladata tehát az, hogy az energiatakarékosságot ne csak a nagy fogyasztó iparágakon — így a szilikátiparon — kérjük számon, hanem valamennyi ágazat segítsen az energiatakarékosságban, így az anyagszállítás, a felhasználás, sőt a kész épület üzemeltetője is. Eredményes akkor lesz az energiagazdálkodásunk, ha a teljességre törekszünk. Egyetlen példa erre az 1 kg cement szállítása gépkocsin 50 km távolságra a cement égetéshez szükséges energiának további 5%-át igényli. Amit nyerünk korszerű berendezéseink révén, könnyen elveszthetjük a „vám” a szállításnál, továbbá a nem energiatakarékos felhasználás során.

Tehát komplex energiatakarékosság szemlélet kialakítására van szükség a jövőben.

A téma fontossága miatt az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium az építő- és építőanyagipari energiagazdálkodás javítására célprogramokat dolgozott ki, s ennek keretében 5 évre meghatározta a kutatás-fejlesztés fő területeit. Az ÉVM az energiaracionalizálás támogatására az 1975–80 évek között felhasznált összegnek a háromszorosát irányozta elő az 1981–1985. időszakra.

#### Összegezve:

– A szilikátipari energiagazdálkodás nagyon összetett, bonyolult téma, ezért feltétlen szükség van nemzetközi *együttműködésre*: az információcserétől a közösen végzett kutatásokig minden eszközt igénybe kell venni, hogy eredményt érjünk el. Tulajdonképpen ezt a célt szolgálja a XIII. Szilikátipari és Szilikáttudományi Konferencia is.

– A szilikátipari energiagazdálkodásban számottevő eredményt elérni ma már csak korszerű, tudományos módszerekkel lehet az ipari szakemberek közreműködésével. A *tudomány és ipar kapcsolata* elengedhetetlen követelmény e témában.

– Az energiagazdálkodás területét *szélesíteni kell*: az anyaggyártás mellett az anyag szállítására, az épülettervezésre, a kivitelezésre, sőt az épület üzemeltetésére is ki kell terjeszteni. Ha a részterületeken elért eredmények szuperponálódnak, akkor lesz eredményes az energiagazdálkodás.

– Az energiagazdálkodás hatékonyságának növeléséhez szükséges a *szilikáttudomány és az építéstudomány szoros* kapcsolatának a megteremtése. Mindkét tudományág eredményeket ért el külön-külön, de a jövőben nemcsak utólag kell felhasználni a két ágazatban elért eredményeket, hanem a két tudományág együttműködésére, közösen végzett kutatásaira van szükség. Biztos vagyok benne, hogy hatékonyabb lesz akkor az energiagazdálkodás.

Bizom abban, hogy a konferencia hozzájárul a szilikátipar energia gondjainak megoldásához és ehhez a nagy munkához gondolatokat ad. Remélem, hogy vendégeink a konferencián hasznos tapasztalatokat szereznek, s mi is a további munkánkhoz.

*Д-р Сабо. Научные основы экономии энергии в силикатной промышленности*

*Dr. Szabó, János: Wissenschaftliche Grundlagen der Energieeinsparungen in der Silikatindustrie*

*Dr. Szabó, János: Scientific Base of Energy Savings in the Silicate Industries*

## Konferencia hírek

### „Modern Kerámiatechnológia” 5. Kongresszusa

A „Modern kerámiatechnológia” 5. kongresszusát 1982. jún. 14-18 között rendezik, Lignano Sabbiadoroban (Olaszország).

A kongresszus fő témaköre:

Kerámiai porok: előállítás, feldolgozás és zsugorítás.

A *témakör*: Természetes nyersanyagok, hulladékanyagok, melléktermékek.

A1 – Feldolgozás, dúsítás

A2 – Tulajdonságok

A3 – A nyersanyagok tulajdonságainak hatása a feldolgozásukra.

A4 – Mikroszerkezet. (A késztermék fázisösszetétel és a nyersanyagtulajdonságok kapcsolata.

*B témakör*: Szintetikus nyersanyagok

B1 – Előállítási módszerek

B2 – Tulajdonságok

B3 – A por jellemzők és a feldolgozási viselkedés kapcsolata

B4 – Mikroszerkezet.

Hivatalos nyelvek olasz, angol, német, francia, spanyol.

*Előzetes jelentkezés*: 1981. okt. 31.

*Előadásra való jelentkezés* 1981. okt.

31. a jelenkezéssel egyidejűleg 10-20 soros rövid összefoglalót kell beküldeni. 1981. dec. 31-ig közlik az előadás elfogadását. A végleges előadás szöveget angol nyelven kell 1982. márc. 1-ig beküldeni.

Információ és beküldési cím:

5° CIMTEC

P. O. Box. 174

48018 Faenza — Italy

# A kőzettani elemek rendszere, mint az építési kőanyagok tulajdonságmeghatározó szerkezete\*

K E R T É S Z P Á L

Budapesti Műszaki Egyetem, Ásvány- és Földtani Tanszék

Az építési kőanyagok sajátos helyet foglalnak el a szilikátipari anyagok között, amelyeknél általában megszoktuk, hogy szerkezetük technológiánkkal céljainknak megfelelően alakítható. Ebben a megfontolásban a szilikátipari anyagok tekintetében is jelentősen módosult az utóbbi években a „szerkezet” fogalma és ma már általában közvetlenül a mikroszerkezetet, az anyagszerkezeti tulajdonságokat nevezzük szerkezetnek. A szerkezetalakítás fogalmába e területen beletartozik a megfelelő, adott esetben többekéves hibátlan kristályszerkezetek létrehozása (vagy például üvegnél ennek teljes kerülése), valamint a kristályok térbeli kifejlődésének, egymáshoz való kapcsolatának szabályozott kialakítása. Egy-egy termékfajtán belül a szerkezeti elemek, fázisok jellege csak kisebb mértékben, változik, az önálló anyagi elemek száma korlátozott, mivel a kiinduló anyagok és a technológia egy rendszeren belül hasonlóak.

A kőanyagok a kőzettani keletkezés szerinti gazdag variációkban jelennek meg. Mind a kiinduló természeti anyagok, mind az abból kőzetet alkotó, ha szabad mondani „technológiai” folyamatok igen nagy változatosságúak. Ezért a kőzetekben az anyag rendeződés törvényszerűségei is igen széles spektrumot alkotnak, ami a kőanyagok szerkezetének egységes tárgyalását is nehezíti. Ennek megfelelően bonyolultabbá válik a szerkezet és más tulajdonságok közötti összefüggések kimutatása is.

Ehhez csatlakozik még az a jelentős különbség, hogy a kőzetnél gyakorlatilag sohasem ismerjük az anyag kezdeti szerkezetét, kezdeti állapotát, amit más anyagoknál magunk hozunk létre, hanem csak egy hosszú, sok millió, esetleg száz-

millió éves változási, úgynevezett mállási folyamat által kialakított, módosított pillanatnyi formáját.

Az építési kőanyagoknál a szerkezet mellett sajátos a műszaki szempontból mértékadó kőzet-tulajdonságok igényelt sora is. Az elmúlt években Magyarországon már megjelent „építési kőanyagok” szabványsorban is kifejezésre került, hogy a kőzetek időjárási vagy más hatások okozta változásai sokkal nagyobb szerepet játszanak a minősítésben és értékelésben, mint akár a kőzetekhez legközelebb álló betonok esetében.

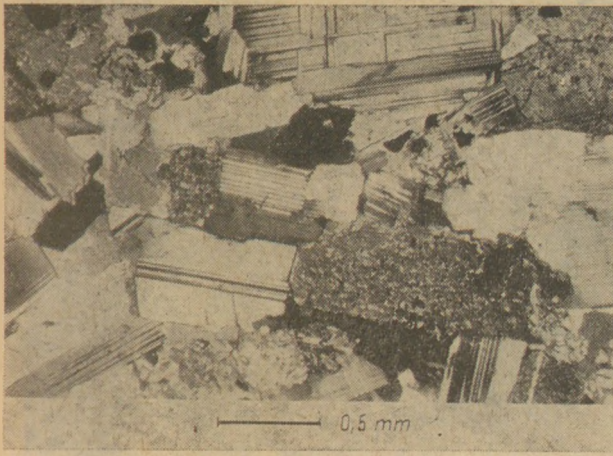
Ez a változott állapotú kőzet az, amelynek tulajdonságai és szerkezete közötti összefüggéseket azok építési anyagként való célszerű kiválasztása és értékelése végett vizsgálnunk kell. A tulajdonságok közül a szilárdsági és időállósági jellegűek a legfontosabbak, a kő-kavics szekció ülésen egyéb tulajdonságokkal kapcsolatban is számos eredménnyel ismerkedhetünk meg.

## A kőzetmodell

A kőzetekben az egyéb szilikátipari anyagokhoz hasonló jelleggel csak akkor értelmezhetjük a szerkezet, struktúra fogalmát, ha azt egy valamennyi kőzetfajtára érvényes kőzettani szemléletű kőzetmodellel fejezzük ki. A kőzetmodell általánosan a kőbánya vagy akár az egész földkéreg nagyságrendjére is értelmezhető, de vizsgálódásunkban kizárólag az építési kőanyagot jellemző folytonos, összefüggő, kőzettanilag homogén kőzetdarabra, próbatestre, kőzettömbre vonatkoztatjuk.

A kőzetmodellben anyagszerkezeti jellegük és a kőzetszövetben betöltött szerepük alapján modellelemeket különböztetünk meg. E modellelemeket a hagyományos kőzettan csak részben

\* A XIII. Szilikátipari és Szilikáttudományi Konferencián elhangzott bevezető plenáris előadás



1. ábra. Mélységi kőzet (diorit) fénymikroszkópos képe

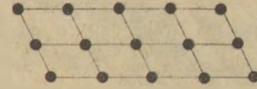
használta fel a kőzetek jellemzésére, habár minden elem kapcsolatos a kőzettanban alkalmazott fogalmi rendszerrel.

A kőzetmodell a kőzetet olyan térelemnek tekintti, amely kristályos vagy alkattan kőzetalkotók időleges vagy rögzített összekapcsolódása, kötése révén alakul ki, a kőzetszövet által megszabott térbeli elrendeződésben.

A modellelemek a hagyományos kőzettani fénymikroszkóppal nem minden esetben választhatók széjjel (1. ábra), vagy nem is határozhatók meg,

**KŐZETALKOTÓK:**

kristályos kőzetalkotó ásvány



alkattan szilárd kőzetalkotó (kristályelemek szabálytalan kapcsolódása)



alkattan kőzetalkotó (teljes rendezetlenség, pl. kőzetüveg)

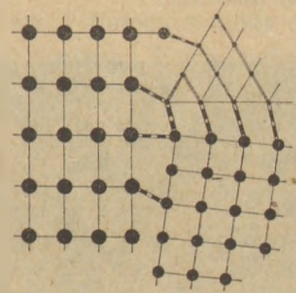


pórus hajszálrepedéssel



**KÖTÉSEK:**

anyagszerkezeti kötés



időleges kötés

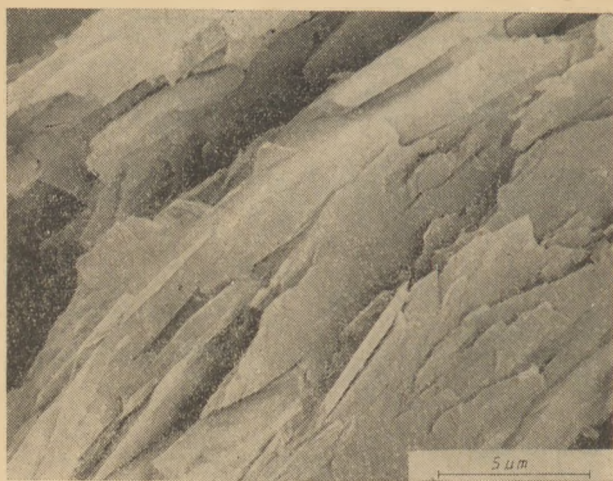


2. ábra. A kőzetmodell elemeinek anyagszerkezeti jellege

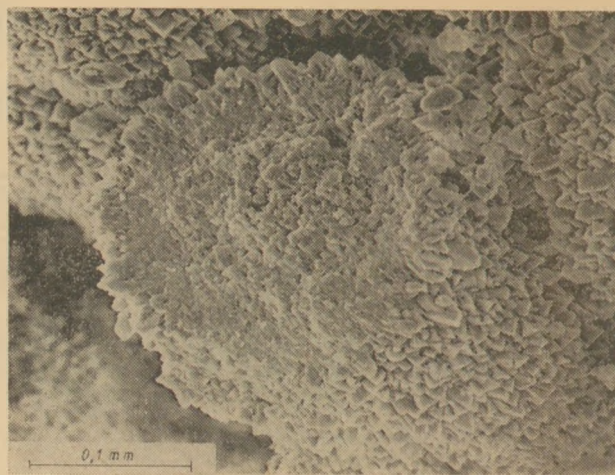
A kőzetmodell elemei – a folytonos kőzettömbben

1. táblázat

A MODELLELEM JELLEGE	anyagszerkezet, kifejlődés	példa	
KŐZETALKOTÓ	kristályos (ásvány)	kvarc gránitban törmelék szemcse homokban agyagásvány agyagban	
	alkattan	szilárd	kőzetüveg önállóan obszidiánként más kőzetalkotókkal riolitban alapananyag tömött mészkőben kötőanyag homokkőben
		üreges	pórus vízzel vagy levegővel kitöltve bármely kőzetben hajszálrepedés vízzel vagy levegővel kitöltve bármely összeálló kőzetben
	kristályos vagy alkattan szilárd	ősmaradvány bármely üledékes kőzetben	
KÖTÉS	anyagszerkezeti kapcsolat közvetlen szemcsekötés közvetett (kötőanyagos) kötés	bármely összeálló kőzetben ragasztott szövetű összeálló kőzetekben (homokkőben, breccsában)	
	időleges kapcsolat súrlódásos kapillárisos elektrosztatikus	száraz homokban nedves homokban agyagban	



3. ábra. Kristályos kőzetalkotók fillitben (pásztázó elektronmikroszkópos kép, SZIKKTI)



5. ábra. Pórusok durva mészkőben, kalcitkristályok halmazai között (pásztázó elektronmikroszkópos kép, SZIKKTI)



4. ábra. Üveges, alkattan kőzetalkotó perlitben (pásztázó elektronmikroszkópos kép, SZIKKTI)



6. ábra. Hajszálrepedéses pórus alkattan kőzetalkotók között (pásztázó elektronmikroszkópos kép, SZIKKTI)

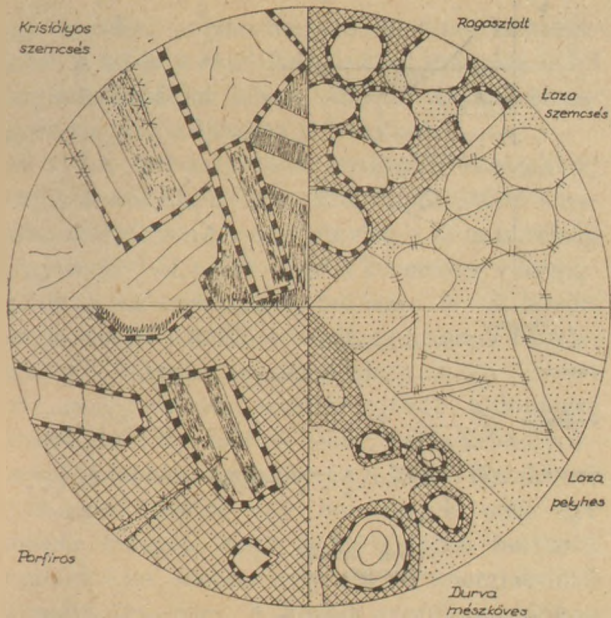
ezért a kőzettan ezekről csak az újabb műszerek (főleg a pásztázó elektronmikroszkópia) fejlődésével tudott ismereteket szerezni.

A kőzetmodell (1. táblázat, 2. ábra) a hagyományos felfogástól egyrészt abban különbözik, hogy a kőzetalkotókat anyagszerkezeti rendezettségük alapján két csoportba, a kristályos (3. ábra) és az alkattan (4. ábra) kőzetalkotók csoportjába osztja, másrészt pedig abban, hogy a vizsgálati módszereinkkel még ma is nehezen kimutatható kötési tulajdonságokat hangsúlyos, mértékadó modellemnek tekintik. A kőzetmodell elemeinek anyagszerkezeti viselkedése egyébként egyértelműen következik a kémiai (például ionos) kötések elemei között ismeretes törvényszerűségekből (Asszonyi – Gálos – Kertész – Richter, 1980).

A kőzetalkotókat a hagyományos felfogás általában kötött és ideális kristályszerkezetű ásvá-

nyoknak tekintette és a meghatározott – vagy csak az eredő kémiai összetétel alapján feltételezett – ásványok ismert tulajdonságait vélte érvényesnek a kőzet egészének viselkedésére. A kőzetmodellben a határozott – esetleg rács-hibákkal terhelt – kristályszerkezetű, többé vagy kevésbé mállott ásványoktól elkülönítjük az alkattan kőzetalkotókat, amelyek belső szerkezete határozatlan (kőzetüveg) vagy csak alap-tételemeiben rendezett (pl. karbonátos alapanyag).

A feszültségeloszlás, energiavezetés vagy mállás szempontjából különleges jelentőségű pórusokat (5. ábra) e kőzetmodell alkattan kőzetalkotójának tekinti: az izometrikus pórusokat és azok szerepét térfogati arányuk szerint véve figyelembe, míg a hajszálrepedéses pórusoknál (6. ábra) azok jelentősége fajlagos felületekkel lehet arányos.



7. ábra. Néhány kőzet-szövettípus a modellelemek alapján (a 2. ábra jelölésével)

A különböző kőzet-szöveteket (7. ábra) aszerint választjuk szét, hogy e modellelemek közül melyek és milyen módon jelennek meg, melyek meghatározóak a kőzetfizikai, műszaki kőzet-tulajdonságok szempontjából. A kőzet-szövetek két főcsoportját – az összeálló és a laza kőzetek szöveteit – éppen az választja el, hogy a kőzet-elemek közötti kötések rögzítettek, állandóak-e vagy pedig csak időlegesen, érintkezések.

A kötések mindig kőzetalkotók határfelületei között alakulnak ki, a fénymikroszkópos vizsgálatok során ezek kiterjedés nélküli határvonalaként jelennek meg (1. ábra), önálló szerepük nem tűnik elő. A pásztázó elektronmikroszkópia lehetővé tette a kötések lefutásának, kifejlődésének tüzetes vizsgálatát, egyes esetekben a kötést biztosító mikrokristályok megfigyelését is (a 8. ábrán közvetlen kvarc-kvarc érintkezés esetén, homokkőben.)

Az összeálló kőzetek anyagszerkezeti kötése két kőzetalkotó határfelületén ritkán közelítik meg az ideális atomkötés állapotát, ezért e kötési felületek gyakran e kőzetek hibahelyei, akár közvetlenül a szilárdság, akár pedig a mállási hatások érvényesülése szempontjából. E kötések általában az ideálistól eltérő atomtávolsággal alakulnak ki és így viszonylag csekély energiaköltséssel megbonthatók. Ez a sajátosság teszi a kötéseket különlegesen figyelemre méltóvá a zúzott kőhalmazok tönkremeneteli folyamatában.

E modellelemek jelenlétét, hiányát, szöveti rendszerét tekinthetjük ama fogalom megfelelőjének, amelyet a szilikátipari anyagoknál szer-

kezet kifejezéssel jelöltünk és amelyek elemzése e konferencia egyik főtémája. Ez a „szerkezet” azonban állapotfüggő, függ a pórusok lég- vagy vízkitöltésétől, a víztartalmi állapot mind a kőzetalkotók, mind a kötések tulajdonságait is változtathatja.

E modellelemek lényegében azok a kőzettani sajátosságok, amelyeknek a műszaki tulajdonságokkal való összefüggéseit évtizedek óta kutatjuk, az összefüggés feltételezése egyidős a műszaki kőzettannal, de az összefüggések kimutatása még ma is bizonyos mértékig vitatott. A többi szilikátipari anyagnál törekedhetünk arra, hogy egy összefüggés-vizsgálatnál a ható tényezők közül egyet változtassunk csak, a kőzetek tulajdonságait befolyásoló elemek számát csak kiválasztással korlátozhatjuk. Ezért nehézséget jelent olyan vizsgálat-sorozatot összeállítani, amelyben csak egy kőzettani modellelem változik, még bonyolultabb egy olyan nagyobb elemszámú homogén próbatestcsoportot kialakítani, amely megfelel 2–3 tényező egyidejű változásának egyértelmű matematikai kimutatására.

Az újabb összefüggés-kutatások eredményei már túlmennek a klasszikus kőzettani adatok leírásifelsorolási rendszerén és a modellelemeket vagy azok kombinációit elemezve bizonyítják, hogy egy adott esetben melyek a mértékadó modellelemek és mely tulajdonságok meghatározó jellegűek. A feladat kőzetfizikai elemzésével gyakran előzetesen is eldönthető, hogy a feltételezett összefüggés fennállhat-e, egy vizsgálat-sorozat eredményének kőzetfizikai ellenőrzés nélküli matematikai értékelése helytelen eredményekhez is vezethet, ahogy azt a későbbi példákban is láthatjuk.



8. ábra. Kvarc-kristályok kötődése hárshegyi homokkőben (pásztázó elektronmikroszkópos kép, SZIKKTI)

Az összefüggéseket legtöbbször a tömegeloszlási, és szilárdsági, ritkábban az időállósági tulajdonságokra szoktuk értelmezni.

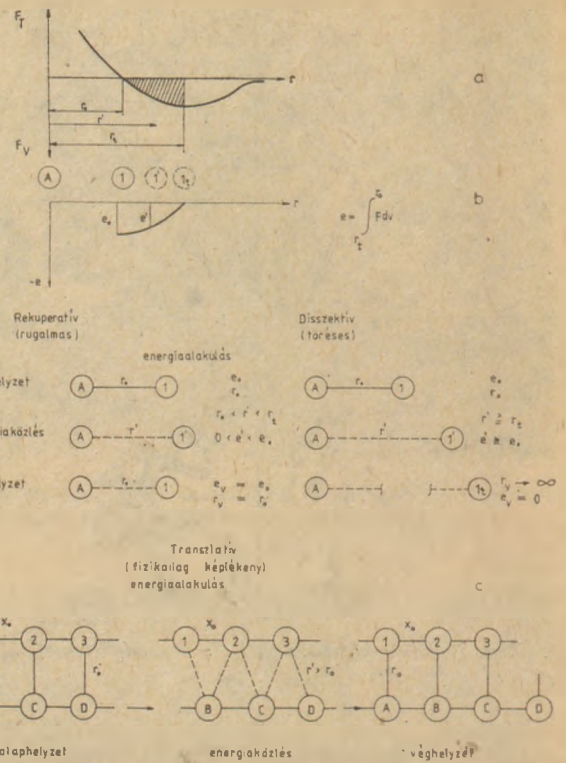
A tömegeloszlási adatok a kötések térfogatának elhanyagolhatósága miatt a kőzetalkotók adataiból közvetlenül számíthatók, az ilyen összefüggés-vizsgálatok eredménye általában egyértelmű.

## Energiaelvű szemlélet

A szilárdsági tulajdonságokkal kapcsolatos összefüggésvizsgálatokban a kőzeteket mostanáig általában feszültségi, szilárdsági adatokkal jellemeztük, habár egyéb szilikátipari anyagoknál, zúzott halmazoknál már régebben bebizonyosodott a mechanikai munka vagy az energiamérleg hasznossága. A kőzetelemzéseknél a bányászati kőzetmechanikából kiindulva is egyre inkább térnyer az energiaelvű mechanikai elemzés, vizsgálva a közölt energia alakulását.

Az elsősorban időbeli alakváltozási folyamatokat vizsgáló reológiai elemzések megállapítják, hogy a közölt potenciális energia egy része tárolódik és visszanyerhető (rekuperálható), más része pedig felemésződik, disszipálódik, de a tárolt és disszipálódott energia viszonyát az alakváltozás jellegéhez kötik (Asszonyi – Gálos – Kertész – Richter, 1980), és ezért így nincs lehetőségünk közvetlenül a kőzettani tényezőkre, modellelemek figyelembevételére. Ezen irányban való további munkáinkhoz szükséges az energiaalakulás elemzése az atomkötések nagyságrendjéig, hogy a modellelemek szerepét tisztázhassuk.

E szempontból az energiaalakulás három fő jellege különböztethető meg. A kőzetalkotókban vagy kötésekben elhelyezkedő, ideális állapotú atomkötések egyensúlyi távolságát energiaközléssel megváltoztatjuk. Egy bizonyos intervallu-



9. ábra. Az energiaalakulás jellege az atomkötések törvényszerűségeiben

- a) vonzó ( $F_T$ ) és taszító ( $F_V$ ) erők változása az A-1 atomok távolsága ( $r$ ) függvényében  
 $r_0$  egyensúlyi,  $r_t$  szakadási,  $r$  közbülső,  $r_v$  végső atomtávolság  
 b) az atompár felbontásához szükséges energia az atomtávolság függvényében  
 $e_0$ : kötési (rács) energia,  $e'$  az  $r'$  atomtávolságú kötés felbontásához szükséges energia,  $e_v$  energia a végállapotban  
 $x_0$ : rács távolság

mon belül az elmozdulással energia tárolódik és elvileg teljes egészében visszanyerhető (9. ábra).

Ezt az intervallumot túllépve egy kritikus energiakvantummal a kötés disszektív módon felbomlik, a közölt energia hő- és rezgési energiává alakul, disszipálódik. Egy ideális kristály rácsenergiája a valamenyi atomkötésének felbontásához szükséges energia. A rácsenergia az energiaközlés megszűnte után vagy változatlan marad,

2. táblázat

Az energiaalakulás főbb fajtái a modellelemekben

Energia alakulás jellege	Alap-helyzet		energiaközlés		Vég-helyzet		
	rács	közölt energia	atom-táv	visszanyert	disszipált energia	rács-	
REKUPERATÍV (rugalmas)	$e_0$	$e' < e_0$	kritikus távon belül $r' < r_t$	$e = e'$	$e_D = 0$	$e_v = e_0$	
DISSZEKTÍV (töréses)	$e_0$	$e' > e_0$	kritikus távon $r' \cong r_t$ túl	$e = 0$	$e_D = e'$	$e_v = 0$	
TRANZSLATÍV (fizikailag képlékeny)	$e_0$	$e' < e_0$	elemi távval eltolva $r' = r_0$	$e < e'$	$e_D = e - e'$	$e_v = e_0$	

vagy az adott helyen megszűnik, törés következik be. A törés, a rács hibák és ezek mozgása helyi energiadiSSIPációt jelent, ami az anyagi összefüggés megszakadásához is vezethet.

A kötés felbontásához közlendő (disszekatív) energia annál kisebb a maximálisnál, mennél nagyobb mértékben tér el a tényleges atomtávolság az egyensúlyitól, ezért reped a kőzetüveg viszonylag kis energiamennyiség hatására is. A közölt energia további hatását tehát az atomok tényleges térbeli helyzete is megszabja.

Az energiaközlés szempontjából különleges a kristálytani transláció esete; egyes kristályokban (pl. kősóban, agyagásványokban, fémekben) az energiaközléssel úgy bonthatjuk meg egy atompár kötését, hogy a szomszédos helyzetű atommal újra azonos helyzetű és energiaszintű kapcsolat jön létre. A közölt energia egy része az átalakításnál felemészthető, de a rácsenergia értéke végülis változatlan marad.

A kőzetelemekben ennek alapján a közölt energia alakulását a következők szerint osztályozhatjuk (2. táblázat, 9. ábra);

**Rekuperatív** ("rugalmas") az energiafelvétel akkor, ha a közölt energia az atomkötés távolságát nem növeli egy kritikus határon túl, a rácsenergia az energiaközlés és rekuperáció után eredeti értékére áll vissza.

**Disszipáló** az energiafelvétel egyrészt akkor, ha a közölt energia az atomkötések disszekatív felbontására használódik fel, az elmozdulás szakadásos, disszekatív, energia nem tárolódik: a rácsenergia az adott helyen megszűnik.

**Transzlatív** a disszipáló energiafelvétel akkor, ha az anyagszerkezeti elmozdulások után a rácsenergia változatlan, de az elmozduláshoz energia emészthető fel.

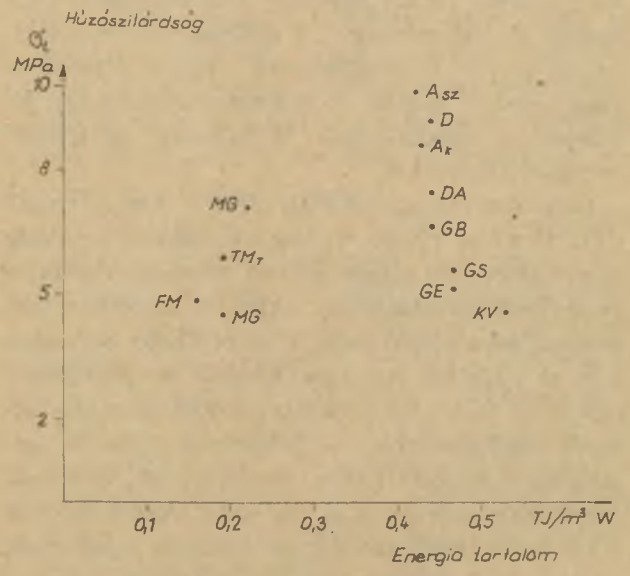
A kőzet helsejében egyidejűleg lehetséges a rekuperatív, transzlatív és disszekatív energiafelvétel, a disszekatív és transzlatív energia hő- és rezgési vesztesége a disszipált energia. A reológiai használatos modellelemek közül a rugó a rekuperatív, a dugattyú nagyjából a transzlatív és a súrlódó test pedig a disszekatív energiafelvételnek felel meg. A reológiai a disszekatív és transzlatív alakváltozások külön nem észlelhető összességét tekintjük képlékeny alakváltozásnak.

A kőzet tönkremeneteli folyamatában az energiavezetés egyenlensége is szerepet játszik, a feszültségeloszlás egyenlőtlen kialakulásához hasonlóan (Kertész, 1970). E szempontból is szinguláris elemek a pórusok, hajszálrepedések és kötések, hasonlóan a kőzettömegek tagoló felületeihez.

Az energiaelvű szemléletből következően a kőzet szilárdsági viselkedésére jellemzőnek tekinthető a kőzet energiataralma, a rácsenergiák eredője. Ennek értékét kőzetalkotóként ideális kristályokat feltételezve ki is számíthatjuk, habár nincs lehetőségünk az idealizált állapottól való eltérés (pl. mállás) figyelembe vételére, ezenkívül nem számítható a kőzetalkotók közötti kötés energiája sem, mint az energiataralmat helyileg csökkentő tényező. Az energiataralom számítása tehát egy olyan kőzetre vonatkozik, amely ideális anyagszerkezetű kőzetalkotókból áll, amelyek határfelületei mentén a kötés energiaszintje nem alacsonyabb, mint a szomszédos ásványban.

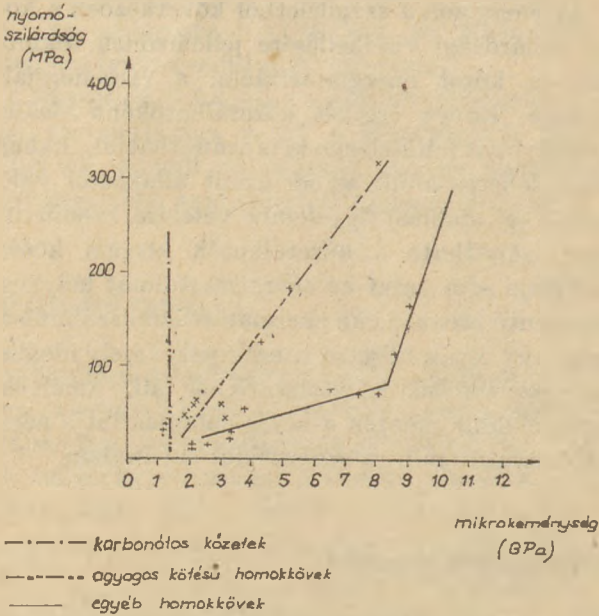
### Összefüggések elemzése

Az energiataralom értékeit Tanszékünkön (ÁFT, 1980) végzett vizsgálatok alapján a viszonylag kevés vizsgálati hibával terhelt húzószilárdság adataival hasonlítjuk össze (10. ábra). Egymástól jól elkülönül a karbonátos jellegű üledékes és átalakult kőzetek (tömött és forrásvízi mészkő, márványok) mezeje a kovasavas jellegű magmás és átalakult kőzetek (gránitok, andezitek, dácit, kvarcitpala) mezejétől. Így a kőzetcsoportok elválasztására e módszer alkalmas. Egy kőzet-



10. ábra. Összefüggés kőzetek számított energiataralma és húzószilárdsága között

GE, GB, D, DA, Ar, MG, KV, FM, TMr	GS	gránitok (Emeljanovszk, SzU, Strzegom, PL) gabbro (SzU) dlorit (Jablonica-Ploce, YU) dácit, Szob andezitek (Karancs, Szanda) márvány, Gostivar, YU kvarcit, Alta, N forrásvízi mészkő, Süttő tömött mészkő, Tardos
------------------------------------	----	--



11. ábra. Összefüggés kőzetek mikrokeménysége és nyomószilárdsága között, Calembert et. al., 1980 nyomán

csoporton belül az energiatartalom számítható értéke sokkal kisebb mértékben változik, mint a húzószilárdság. Így az elvileg azonos alkotókból álló kőzetek tulajdonságai az energiatartalommal még nem hozhatók közvetlen összefüggésbe.

A modellelemek szilárdsági tulajdonságait összesítve fejezi ki a mikrokeménység, ha a mikroszkópi méretű terhelőfejjel egy kőzetfelületen kellő számú mérést végzünk. A mikrokeménység értékével tanszéki vizsgálataink szerint lineárisan függ össze a kopás. A mikrokeménység így jól kifejezi a kőzetalkotók és kötések mértékadó energiatartalmát is.

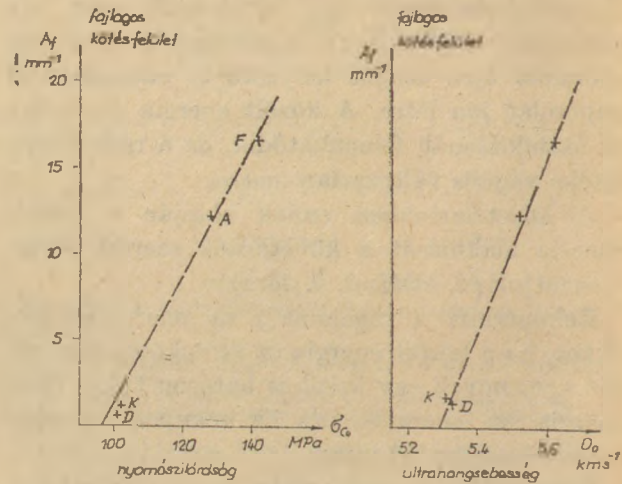
Calembert és szerzőtársai (1980) vizsgálatából (11. ábra) az tűnik ki, hogy a mikrokeménység nem egyformán alkalmazható minden kőzetfajta összefüggéskutatásaiban. Ahol a kőzetben két jellegzetesen eltérő jellegű kőzetalkotó helyezkedik el (például agyagos kötésű homokkőben), egy – a kötőanyag, illetőleg a kötés energiaszintjével meghatározott – határérték fölött a szilárdság-mikrokeménység összefüggést változott regressziós egyenes jelzi. Ez a határérték egyben a kötőanyag térfogatos gyakoriságára is jellemző.

A kőzetalkotók gyakorisága (térfogati aránya) és a szilárdsági tulajdonságok közötti összefüggés ritkán igazolható közvetlenül. Ennek oka az is, hogy e kőzetalkotók nem közvetlenül térfogati gyakoriságuk arányában vesznek részt a teherviselésben (azaz energiafelvételben), sőt az is bizonyítható, hogy egyes, a környezetükhöz képest

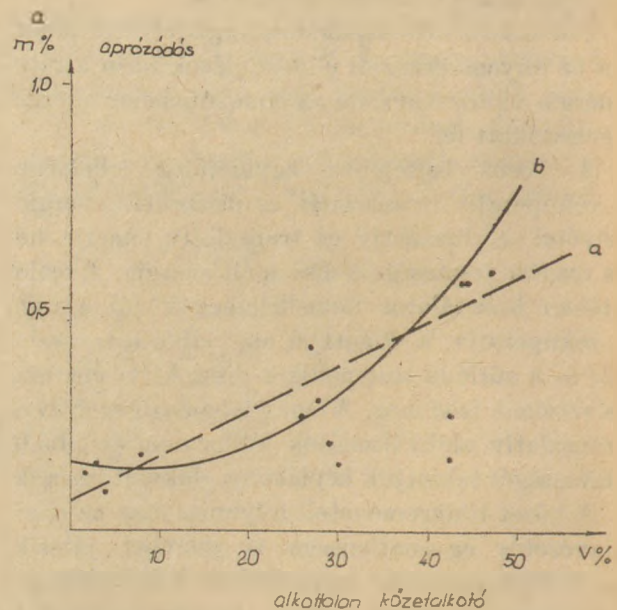
merev kőzetalkotók a disszekatív törésre annál inkább hajlamosak, mennél inkább csökken gyakoriságuk (Kertész, 1970).

A szemnagysággal való szilárdsági összefüggések is régóta vitatottak, Onodera és szerzőtársai (1980) a szemnagyságot a fajlagos kötésfelülettel fejezve ki lineáris összefüggést észlelt mind a nyomószilárdságra, mind az ultrahangsebességre vonatkozóan (12. ábra).

Ez az összefüggés igazolni látszik a kőzetalkotók közötti kötésnek, mint önálló modellelemnek szerepét az összefüggésekben.



12. ábra. Összefüggés gránitos kőzetek fajlagos kötésfelülete és kőzetfizikai tulajdonságai között, Onodera et. al., 1980 nyomán



13. ábra. Összefüggés homokkővek alkattan kőzetalkotóinak tekinthető kötőanyaga és fagy- okozta aprózódása között, Henningsen, 1980 nyomán

a: a szerző regressziós egyenese  
 b: a szerző adataiból számított másodfokú parabola

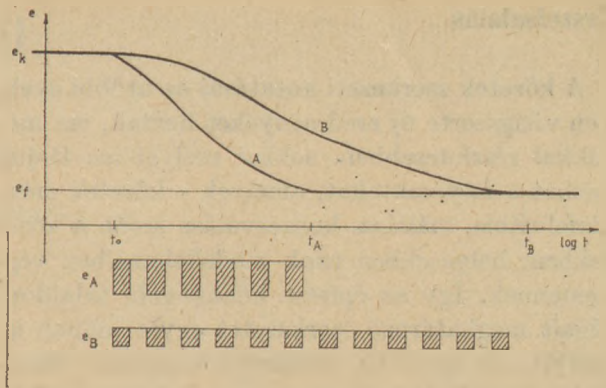
Már közvetlenül a kötőanyag, mint önálló kőzetalkotó elemzését láthatjuk Henningsen (1980) kísérleteiben, aki homokkő agyagos kötőanyagának térfogati gyakoriságát hasonlítja össze a fagyasztás okozta aprózódással, ami lényegében mechanikai igénybevételt jelent. 15 kőzet elemzése alapján (13. ábra) arra a következtetésre jut, hogy az összefüggés lineáris, a kötőanyag nélküli homokkő aprózódása elvileg a legkisebb. Ez nem teljesen felel meg a homokkövekről alkotható kőzetfizikai képnek, mivel a kötőanyag elsősorban mint kötőelem lényeges. Ha más nem teszünk, mint ugyanezt az adatsort másodfokú parabolával közelítjük, a kőzetfizikai szemléletnek jobban megfelelő eredményt kapunk, amely szerint a minimális aprózódás a kötőanyag határozott, 8,2 V% körüli értékénél következik be. A kötőanyag további csökkenése már a kötés leromlásához, azaz az aprózódás növekedéséhez vezet. Kötőanyag nélkül a homokkő már homokká változik.

Ezeket a szilárdsági jellegű összefüggéseket áttekintve már megállapítható, hogy a kőanyagok szerkezetét kifejező kőzetmodell elemei bizonyíthatóan megszabják a kőzetek viselkedését és így ezeket jogosan tekintjük egyenértékűnek a struktúra fogalmával. A kőzetek mállásával, időállóságával kapcsolatos vizsgálódásainkban és a konzerválhatósággal kapcsolatban e modell-elemek időbeli változásait kell elemeznünk.

A mállás olyan folyamat, amelynek során az eredetileg keletkezési körülményei által megszabott energiaszintű kőzet egy minimális energiaszint felé törekszik, amely kőzeteknél a földfelszínen a laza kőzetek, talajok energiaszintje. A környezeti (időjárás) folyamatok energiaközlései a kőzetben helyi anyagszerkezeti és vegyi átalakulásokat hoznak létre, a helyi viszonyok szabják meg azt is, hogy a kőzetek a végállapotot milyen módon és milyen közbenső lépésekkel érik el (14. ábra).

A magyar szabványok időállósági változási jellemzői ezen energiaszintcsökkenés valamilyen mértékét fejezik ki, az előírt időállósági modellhatások mállási energiakvantumoknak tekinthetők. A kőzet mállása során aszerint változik a kőzettani jelleg, hogy elsősorban a kötések mentén vagy a kőzetalkotók belsejében csökken-e meghatározó mértékben az energiaszint.

A mállási folyamatokkal közölt energia nem tárolódik, hanem arra fordítódik, hogy az eredeti rácsenergiánál alacsonyabb energiaszintű módosulatok válnak időlegesen és helyileg stabilissá (kémiai mállás) vagy teljes mértékben disszektív



14. ábra. Kőzetek energiataralmának ( $e$ ) változása a mállás hatására

- A, B: azonos kőzeteket változtató különböző intenzitású mállási hatások  
 $t$ : idő  
 $e_k$ : a kőzet keletkezési körülményeinek, a felszíni körülményeknek megfelelő energiataralom  
 $e_f$ : mállási energiakvantumok (pl. évenkénti fagyások száma)  
 $e_A, e_B$ : a kőzet felszínre kerülésének időpontja  
 $t_0, t_A, t_B$ : a mállási végállapot elérésének időpontja

energiafelvétellel bomlanak fel a kötések (fizikai mállás). Egyes esetekben nagyobb energiaszintű új elemek képződnek (pl. gipsz a mállási kéregben), ami az energiaeloszlás egyenletlensége miatt további mállás okozója lehet.

A kőzetfizikai szempontból disszektív fizikai mállás igen érdekes jelenségét figyelték meg egyes potsdami márványszobrokon NDK-beli szakemberek. A mállási folyamatokkal fellazított, kalcitok közötti kötésekre algák és gombák képesek – egy szobor teljes keresztmetszetében – betelepülni; részükre kedvező körülmények között élettevékenységük a kötések olymértékű fellazulását okozhatja, hogy a kőzet rázkódásra a kötési felületükön elválasztott kalcitkristályok laza halmazává válik. Ez a jelenség kísérletileg reprodukálható; a hasadási felületekbe e szervezetek sohasem épülnek be.

A konzerválás során a további mállási folyamatot igyekszünk korlátozni. A víztaszító kezelésekkel a legfontosabb mállási energiahordozót, a vizet tartjuk távol a kőzetfelülettől, a szilárdító kezeléssel új, magasabb energiaszintű modell-elemet hozunk létre. Az elektronmikroszkópi felvételeken jól láthatók a konzerválószerkezetek vagy bevonatként, ahol a repedések, szakadások hasznossága vagy káros volta még vitatott, vagy a kőzetalkotók érintkezési felületein ragasztó-kötő hatást biztosítva.

A mállás, időállóság és konzerválhatóság megítélésakor tehát a kőzet eredeti, szerkezetét kifejező modellelemait nem tekinthetjük állandónak, figyelembe kell vennünk e modellelemek változásait, vagy új modellelemek létrejöttét is.

## Összefoglalás

A kőzetek szerkezeti kutatásai az utóbbi években világszerte új eredményeket hoztak, ma már sokkal részletesebben, sokkal mélyebben látjuk azokat a folyamatokat, amelyek e kőzetek energiafelvétele, mállása, konzerválása során a kőzetekben, helyesebben azok modellelemeiben végbemennek. Így az építési kőanyagok tulajdonságait meghatározó szerkezetet egyre jobban ismerjük, de további, sokirányú szakember munkáját igénylő kutatásokra egyre inkább szükség van.

## IRODALOM

- Asszonyi Os. – Gálos M. – Kertész P. – Richter R.:* A kőzetmechanika anyagszerkezeti és reológiai alapjai. Veszprém, 1980.
- Calembert, L. – Popescu, C. – Popescu, M. – Schroeder, C.:* Relation entre les caractéristiques géologiques des matériaux rocheux et les qualités mécaniques des agrégats routiers Bull. Int. Ass. Engineering Geology No 22 de. 1980 pp 167 – 172
- Henningsen D.:* Relationsheep between petrography and texture of rocks and their properties as road material Bull. Int. Ass. Engineering Geology No 22 dec. 1980 pp 191 – 193
- Kertész P.:* Kőzetfizika, Budapest 1970. p. 216.
- Onodera, T. F. – Asoka Kumara H. M.:* Relation between texture and mechanical properties of crystalline rocks Bull. Int. Ass. Engineering Geology. No 22 dec. 1980 pp 173 – 177

*Kertész Pál:* A kőzettani elemek rendszere, mint az építési kőanyagok tulajdonságmeghatározó szerkezete

Építési kőanyagként használatos kőzetek sajátosságai az anyagszerkezet fogalmának átfogó értelmezését kívánják meg, amihez egy jól felépített kőzetmodell útján nyílik lehetőség. A kőzetmodell és az ahhoz tartozó modellelemek tekinthetők a kőzetszöveggel együtt ama alapfogalom megfelelőjének, amit a szilikátipari anyagoknál szerkezet névvel foglalunk össze.

E modellelemek elemzése akkor vezet az összefüggések felismeréséhez és jellemzéséhez, ha kiválaszthatók a vizsgált tulajdonság(ok) szempontjából mértékadónak tekinthető modellelemek. E modellelemek (pl. kőzetalkotó, kötés) a mállás (vagy más folyamat) hatására maguk is változhatnak, így összefüggések mindig csak egy pillanatnyi, tényleges állapotra vonatkoztathatók.

A kőanyagok szempontjából legfontosabb szilárdsági sajátosságokat legáltalánosabban az energiaalakulás alapján lehet értelmezni, de hasonló eredményekre jutunk feszültségelemzéssel is.

A bemutatott példák bizonyítják vagy bemutatják az összefüggéseket más esetekre (például energiatartalom-szilárdság, mikrokeményesség-szilárdság, fajlagos kötésfelület-szilárdság, fagy-okozta aprózódás – agyagos kötbanyag gyakorisága) is.

A helyesen megválasztott modellelem(ek) valamint a kőzetfizikai sajátosságok közötti összefüggés bizonyított; így a többi szilikátipari anyaghoz hasonlóan a kőanyagoknál is tulajdonságmeghatározó a (kőzettani adatokkal kifejezhető) szerkezet.

*Кертес, П.:* Система петрографических элементов, как структура, определяющая свойства строительных каменных материалов

Особенности пород, используемых в качестве строительных каменных материалов, требуют обобщающего определения понятия структура материала, для чего

необходима хорошо построенная модель породы. Модель породы и относящиеся к ней элементы вместе с текстурой породы представляют собой то основное понятие, которое для строительных материалов получило название структура. Анализ этих элементов модели только тогда может привести к опознанию взаимосвязей и их характеристике, если могут быть выбраны такие элементы модели, которые являются определяющими с точки зрения испытываемого свойства (свойств). Эти элементы модели (например, составляющие породы, связи) сами также могут изменяться под влиянием выветривания (или других процессов), поэтому зависимости всегда относятся только к одному мгновенному, действительному состоянию. Зависимости между правильно выбранными элементами модели (лей) и физическими свойствами породы были доказаны; таким образом структура является определяющим свойством каменных материалов, так же как и это имеет место в случае материалов силикатной промышленности.

*Kertész Pál:* Das System der petrographischen Elemente, als die eigenschaftsbestimmende Struktur der Baugesteine.

Die Eigenschaften der zur Bauzwecke verwendeten Gesteine verlangen die umfassende Auslegung des Begriffes der Struktur des Stoffes, die ein gut aufgebautes Gesteinmodell ermöglicht. Das Gesteinmodell und sein Elemente mit der Textur gemeinsam kann als Geeignete jenes Grundbegriffes betrachtet werden, der bei den silikatischen Stoffen mit der Name „Struktur“ zusammengefasst wird.

Die Analyse der Modellelemente führt nur in jenem Fall zu der Erkenntnis und der Charakterisierung der Zusammenhänge, wenn die massgebende Modellelemente hinsichtlich der geprüften Eigenschaften ausgewählt werden können. Diese Modellelemente (zB. Gesteinkomponent, Bindung, Verwitterung-, oder andere Vorgänge) können auch in sich ändern, so die Zusammenhänge immer nur auf den tatsächlichen Zustand bezieht werden können. Die wichtigsten Festigkeitseigenschaften können im allgemeinen auf Grund der Energieumwandlung ausgelegt werden, aber ähnliche Ergebnisse bekommt man mit der Spannungsanalyse. Die erörterten Beispiele beweisen, oder zeigen die Zusammenhänge zwischen den Energiegehalt – Festigkeit, Microhärte – Festigkeit spezifischen Bindungsoberflächen – Festigkeit.

Der Zusammenhang zwischen den gesteinsphysikalischen Eigenschaften und den gut ausgewählten Modellelement ist bewiesen, so die Struktur ist eigenschaftbestimmend bei den Gesteinen ähnlicherweise, wie bei den anderen silikatischen Stoffen.

*Kertész, Pál:* The System of Petrographical Elements as the Property Controlling Structure of Building Stones

The proper characterisation of building stones requires an overall consideration of material structure which in turn needs a well defined rock model. The rock model, with its model elements and texture can be defined as the structure of the rock, similarly to other industrial silicates. The analysis of the rock model yields workable connexions only if the property-controlling model elements can be properly selected. A further limitation consist in the fact that some model elements (e. g. rock constituents and their bond) may even change by various external factors, e. g. ageing thus connexions can be related to a momentarily existing actual state.

Most general strength properties can be interpreted in terms of energy changes, but similar results can be obtained by stress analysis too. Examples are shown also for other connexions, e. g. energy content vs. strength, microhardness vs. strength, specific bond area vs. strength, frostinduced comminution vs. frequency of argillaceous bond.

Connexions between (properly selected) model elements and rock-physical properties can be considered as established; consequently the property-controlling unit is structure (expressed in terms of petrographical data) similarly to other industrial silicates.

# Erőhatások bunkerekben II.

BEKE BÉLA

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

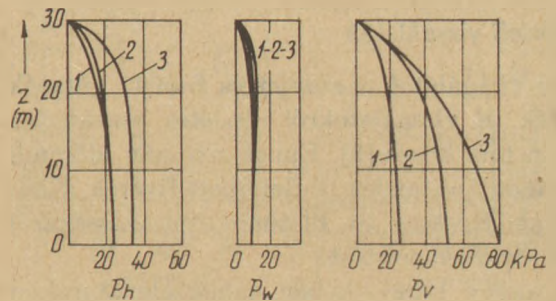
## 1. Bevezetés

E tanulmány I. részében (Építőanyag 1981. 9. sz.) bemutattuk a szemcsés anyagok által nyugalmi-tárolási állapotban a falakra gyakorolt erőhatások meghatározására szokásos számítási eljárásokat. Megállapítottuk, hogy függőleges falú tartályok (silók) tekintetében a Janssen által már 1895-ben levezetett képletek képezik ma is a szilárdsági méretezés alapját, míg ferde falú, kúpos, piramidális, ék alakú tartályokra (a szoroson vett bunkerekre) általánosan elfogadott és szabványosított képletek napjainkig sem ismeretesek. Legjobbnak Walker számítási eljárását találtuk.

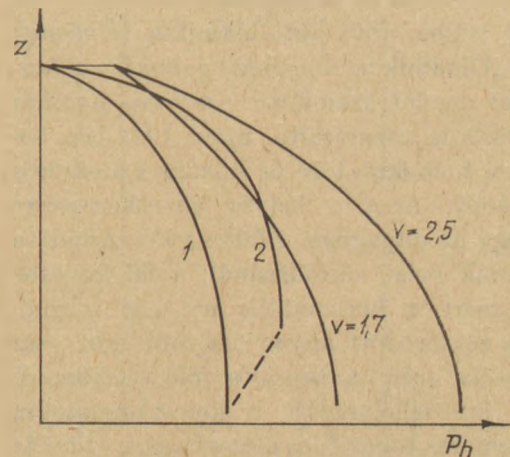
A szemcsés anyag mozgási állapotában, töltéskor, de különösen ürítéskor a számítottnál jóval nagyobb erők lépnek fel. Erre a 30-as – 40-es évek fordulóján terelődött a figyelem, amikor a szilárdságtani ismeretek egyéb területeken való bővülése az addig szokásos biztonsági szorzók csökkentésének irányzatát hozta magával és ez a silók-bunkerek tömeges tönkremenetelére vezetett. Schwedes többször hivatkozott monográfiájában [1] Pieper könyvéből véve [2] ezt több példával szemlélteti.

Az 1. ábrán a  $p_h$ ,  $p_w$  és  $p_v$  horizontális, falmenti és vertikális nyomás Janssen szerint számított, valamint töltési és ürítési állapotban mért értékét hasonlítja össze. Nyugvó anyagnál az  $\Delta z$  vastagságú réteg boltozatosan támaszkodik, nyitáskor pedig a fenéknomás és vele  $p_v$  csökken. Az egyensúly fenntartásához  $p_w$  megnő és a  $\text{tg} \varphi_w = p_w/p_h$  falsúrlódási tényező közel állandósága miatt  $p_h$  is megnő.

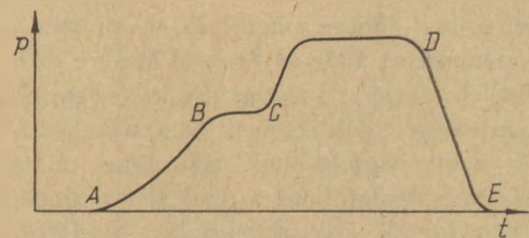
A 2. ábra a horizontális nyomás Janssen szerinti, a mért, valamint az 1,7 és 2,5 biztonsági tényezőkkel a méretezés alapjául szolgáló érté-



1. ábra.  $p_h$ ,  $p_w$  és  $p_v$  összehasonlítása 1: Janssen 2: töltés 3: ürítés



2. ábra.  $p_h$  értékei 1: Janssen 2: mért  $v$ : biztonsági szorzó



3. ábra. A silónyomás időbeli lefolyása A isotóp behelyezés B töltés vége C ürítés kezdete D belépés a konikus részbe E kilépés

keket hasonlítja össze. Látható, hogy 1,7-szeres biztonsági szorzó elégtelen.

A 3. ábra (ugyancsak Schwedes könyvéből) Handley és Perry (1965) izotópos vizsgálatai alapján a nyomás időbeli lefolyását ábrázolja töltési-tárolási-ürítési állapotban.

A problémára időrendben először sorozatos modell és üzemi mérésekkel igyekeztek fényt deríteni, a hatvanas évektől kezdődően elméleti vizsgálatok kerültek előtérbe, de a méretezés egzakt módja mindaddig nem ismeretes.

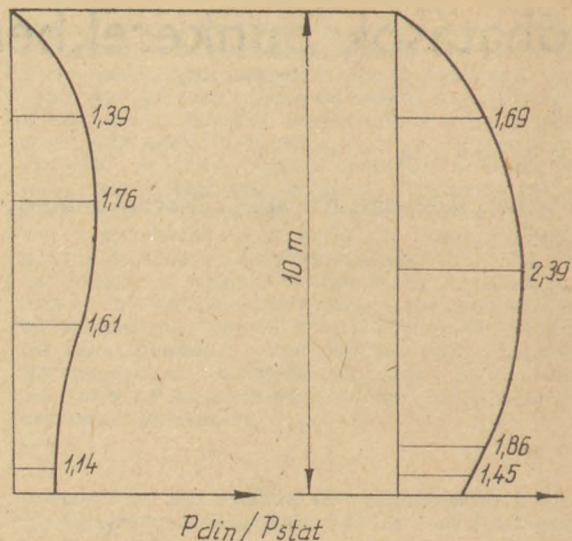
A tartályban uralkodó nyomás mérésére megfelelően behelyezett membrán dobozok szokásosak, különböző szellemes kijelzésekkel. Ennek ismertetésével itt nem foglalkozunk.

## 2. Kísérleti vizsgálatok

Az első vizsgálatokat szovjet és francia kutatók végezték. E vizsgálatokról részletes beszámolót Turitzin tett közzé [3]. Ennek nyomán időrendi sorrendben Tahtamiev, a Reimbert fivérek, Kim, valamint Kovtun és Platonov munkásságáról adunk rövid ismertetést.

Tahtamiev 1938–39-ben gabonaelevátorokon végzett mérései során [4] a siló ürülés két fajtáját különböztette meg; midőn az ürülő töltet közvetlenül hat a silófalra, amit dinamikus folyásnak és midőn az ürülés az anyag által képzett aknában megy végbe, amit antidinamikus folyásnak nevezett. „Dinamikus” folyásnál gabonára a Janssen képlet szerint számított vízszintes nyomás 2–3-szorosát is konstataálta, majd 1941-ben betonsilókban homokra 1,65 és búzára 1,35-szörös szorzót talált. Arra a helyes következtetésre jutott, hogy az anyagnak a falon való súrlódása kisebb annak belső súrlódásánál, a fal kevésbé támaszt, azért a horizontális nyomás megnő, továbbá a tömörödött anyag nagyobb erőt vesz fel. Javasolta ezért a beömlés fölé ernyőszerű lyukacsos lap elhelyezését a keresztmetszeten belüli egyenletes tömörödés elősegítésére. Ő tehát egyértelműen az „antidinamikus” folyás mellett foglalt állást.

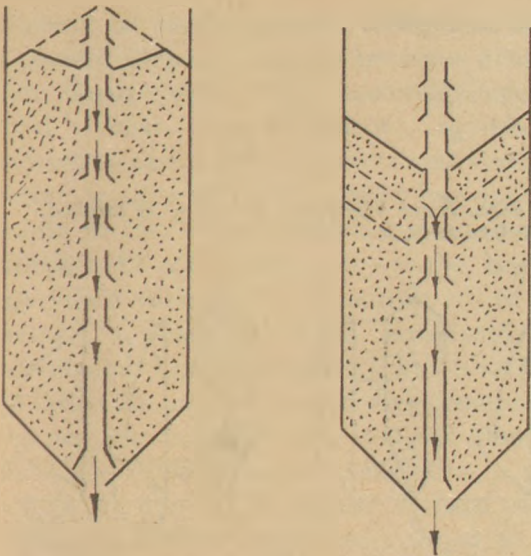
Nem mulasztható el már itt a megjegyzés: ma ezeket tömeg- illetve magfolyás néven ismerjük és Jenikének az 1960-as évektől kezdve közzétett elmélete alapján a folyás uralhatósága, elakadásmertessége, boltozódások és aknák keletkezése és azok beömlésének elkerülése miatt egyértelműen a tömegfolyást tartjuk elrendőnek. Később látni fogjuk, hogy a magfolyás a szilárdsági méretezés szempontjából is több bizonytalanságot rejt magában.



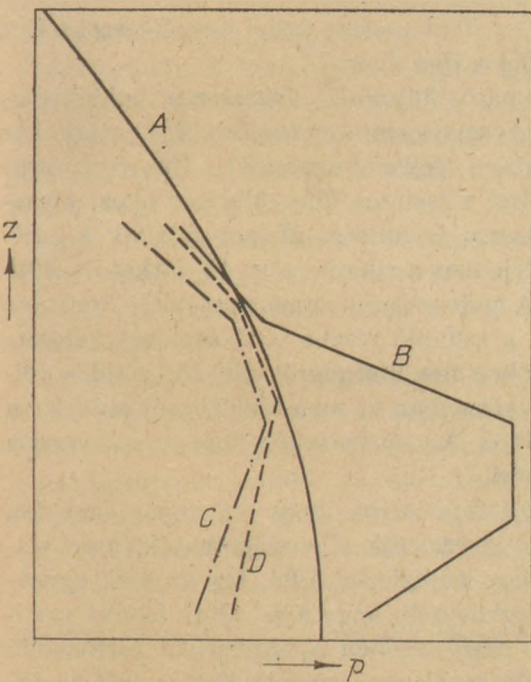
4. ábra. Reimbert kísérletei. A statikus és dinamikus nyomás szorzószáma

Franciaországban vasbeton gabonasilókon felül és a bunkerátmenet helyén függőleges repedések keletkeztek. A Reimbert fivérek ezt követően 1941–1943-ban különböző alakú és méretű modellsilókon végezték első kísérleteiket, ezeket továbbiak követték és számos közleményük jelent meg [5]. Legfőbb megállapításuk, hogy a Janssen képlet a főleg ürítéskor fellépő dinamikus hatásokkal nem számol. Ezenfelül a  $\lambda$  silónyomástenyező (a vízszintes és függőleges nyomás viszonyozáma) a silóban nem állandó, hanem a magasság mentén változó. A nyomás függ a siló alakjától is, amire a hidraulikus rádiusz nem egyértelműen meghatározó. A dinamikus hatások sokszor ütésszerűen lépnek fel. Erre a ma is elfogadható magyarázatot adják: a szemcsés halmaz egyensúlyi helyzetét boltozati hatás biztosítja. Az alsó nyílás nyitásakor a folyás megindulásakor alul üreg keletkezik, a boltozat tekintélyes ütést is kifejtve beszakad. A 4. ábra Reimbert 1953-ban ismertetett két kísérletének eredményeként mutatja be a dinamikus és statikus nyomás viszonyozáma magasságmenti változását. A mérést 10 m magas, 4×4 méteres négyzetszelvényű búzasilón végezték, az eredmény láthatóan labilis. A már mozgásban levő anyag állapotában a folyadékhoz közeledik, ami a horizontális nyomás növekedésével jár. Érdekes és tanulságos, a gyakorlatban el nem terjedt javaslatuk szerint a siló tengelyében lyukasított lefolyócsövet kell elhelyezni, amiben a lefolyás végbemegy, a szemcsés anyag nagy tömege pedig statikus állapotban marad (5. ábra).

Kim 1948-tól 1953-ig végezte kísérleteit, ugyancsak gabonasilókon [6]. Akár Tahtamiev, ő is



5. ábra. Ürités lyukasztott központi lefolyócsövön

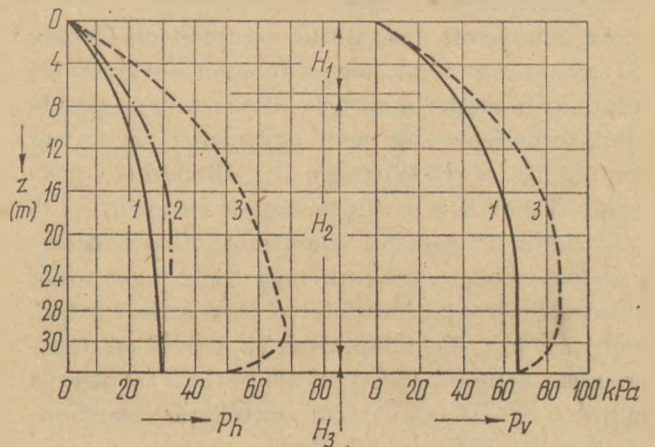


6. ábra. Kim kísérletei. Magyarázat a szövegben

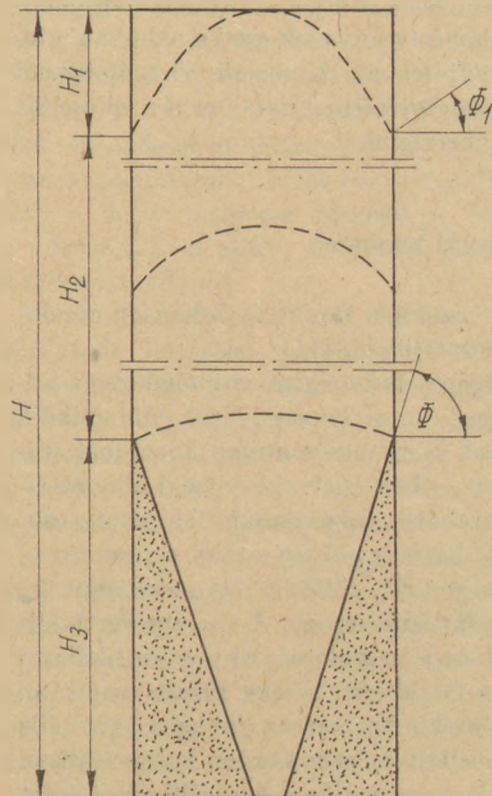
a folyás két típusát állapította meg és a kémény-szerű lefolyás mellett foglalt állást. A siló belsejében több magasságban a falra fagyűrűket épített be, ezzel az anyagnak falmenti süllyedését gátolva az anyag anyagon csúszott. Egy  $5,5 \text{ } \varnothing \times 33 \text{ m}$ -es gabonasiló ürítésekor tapasztalt  $p_h$  értékeket a 6. ábra mutatja be: A jelzéssel a Janssen féle nyomások, a B jelzésű vonal akkor adódott, mikor a falon kb. 20 mm-es repedések keletkeztek, ahol az anyag kifolyt, C. jelzés: 9 belső torlasztó fagyűrű, D pedig a teljes magasságban beállított 1 m-es rácson való oldalsó kifolyás görbéje. Ez utóbbi esetben a tömeg túlnyomó része

statikus állapotban maradt és a görbe eléggé egyezik a Janssen szerintivel. Érdekes megoldása;  $3 \text{ m } \varnothing \times 30 \text{ m}$ -es silókból  $6 \times 6$ -ot blokkba épített és az adódó  $5 \times 5$  kéményen  $1,3 \text{ m}$  távközön  $0,25 \times 0,25 \text{ m}$ -es nyílásokon az ürítés a kéményekbe történt.

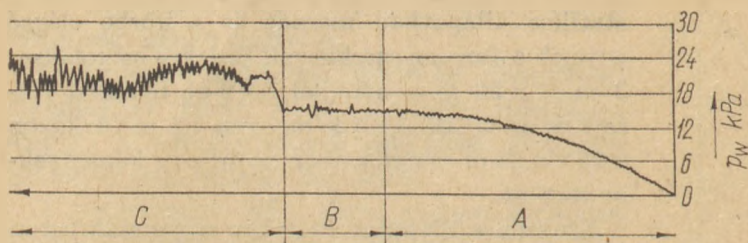
Kovtun és Platonov 1959-ben ugyancsak beton gabonasilókon végeztek kísérleteket [7]. Egy mérésorozatok eredményét a 7. ábra mutatja. Fontos megjegyezni, hogy a nyomások erősen



7. ábra. Kovtun és Platonov kísérletei, a horizontális és vertikális nyomás silómélység menti változása. 1: Janssen, 2: töltés, 3: ürítés



8. ábra. Az előbbi kísérleti siló leürüléskor.  $\Phi_1$  rézsűszög,  $\Phi$  belső súrlódás szöge (az alsó  $H_3$  szakaszon a töltet felveszi a nyomást)



9. ábra. Šmid kísérletei. A töltési, B tárolási, C ürítési szakasz

pulzáltak, az ábrán a médian értékek vannak fel-tüntetve. Az alsó  $H_3$  szakaszon az anyag fellazult kifolyása már nem fejt ki dinamikus hatást. Ezt mutatja be a 8. ábra.

Az ismertetett vizsgálatok eredményeit Geniev [8] azzal magyarázta, hogy a Janssen féle levezetés kiinduló feltételei nem helytállóak: a keresztmetszeti terheléeloszlás nem egyenletes, az anyag tömörödik, vagyis sűrűsége sem állandó (4–5% -ot növekszik) és a súrlódási szög is változik.

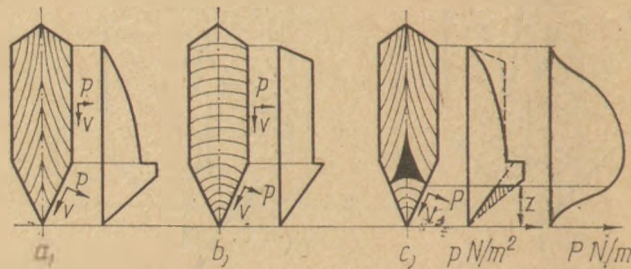
Turitzin itt röviden ismertetett alapos összefoglalása mellett utalunk még Šmid ugyancsak változatos és saját kísérleteivel kiegészített tanulmányára [9]. Megállapításai az előzőkkel összhangban vannak. A folyási állapotban talált erős pulzáció egyetlen nyomási mértékszám megadását lehetetlenné teszi (9. ábra).

A felsorolt vizsgálatok jórészt oda irányultak, hogy a silótöltet zömét nyugvási állapotban tartásák, az ürülés pedig szűk aknán menjen végbe. Ez lehetséges volt a túlnyomórészt vizsgált gabonasilóknál, kohézív anyagok esetén azonban a lefolyás elakadt volna. Korszerű vizsgálatoknál a teljes bunkerkeresztmetszet mozgási állapotát kell figyelembe venni.

### 3. Tömegfolyású bunkerek

Az itt következőkben Jenike és Johanson gondolatmenetét követjük [10] [11].

Zárt kifolyónyílású üres tartály *töltéskor* a növekvő súlyerő és a becsapódások dinamikája következtében a szemcsés anyag kontrahál (tömörödik), kezdetben aktív feszültségi állapot áll elő. A kontrahálás fokozatosan fal menti csúszásra vezet, ha valamely pontban a nyomás  $p$ , fellép a  $v = p \operatorname{tg} \Phi_w$  súrlódási nyomás, ahol  $\Phi_w$  az anyag falsúrlódási szöge. A tartály vertikális részében (silóban) a szemcsés anyag vertikálisan tömörödik, a feszültségi állapot pasztikus-aktív. A szűkülő bunkerrészben az anyag a vertikális kontrakció mellett csúszás közben horizontálisan is kontrahál, a pasztikus határállapotot zárt kifolyónyílás mellett nem érheti el, ezért feszültségi állapota itt elasztikus-aktív. A főfeszültségek



10. ábra. Nyomásviszonyok a: töltéskor b: stacioner folyáskor c: a folyás megindulásakor

irányai az ábra szerint közel függőlegesek. Ezt tünteti fel a 10/a ábra.

Folyamatos folyásnál, *ürítéskor* a bunkerrészben az anyag vízszintesen tömörödik-kontrahál és függőlegesen fellazul-expandál. Ez vízszintes, vagy közel vízszintes főfeszültséget okoz, pasztikus-passzív feszültségi állapot fejlődik ki, felfelé kiterjedhet a silórészre is. Ez látható a 10/b ábrán. A  $p$  feszültség hamarosan eléri konstans értékét, a szűkülő részbe való átmenet keresztmetszetében feszültségugrás áll elő, majd a tölcser (a valóságban ki nem alakítható) csúcsában 0-ra süllyed. A  $v$  súrlódási nyomás természetesen itt is kíséri.

Vegyük figyelembe, hogy az anyag mozgása lassú, az inerciaerők elhanyagolhatók, azaz stacioner állapot tételezhető fel. Így az erők egyensúlya megköveteli, hogy a fal által felvett vertikális erő összességében a bunkerban tartózkodó anyag súlyával legyen egyenlő. Ezt az erőt az ábrán a  $p$  vonala által bezárt terület jelképezi. Összehasonlítva az a) és b) ábrát megállapítható, hogy a b) ábrán a hengeres részhez tartozó terület nagyobb és következésképpen a kúpos részhez tartozó kisebb. A hivatkozott tanulmányban [10] ennek matematikai taglalása is megtalálható.

Rátérünk azon jelenségek vizsgálatára, amelyek a *kifolyó nyílás nyitásakor* jelentkeznek. A nyílás felett az anyag fellazulva függőlegesen expandál. A bunkerrészben a folyás vízszintes kontrakciót követel, azaz a feszültségállapot passzívvá alakul, a főfeszültségek a bunkerszelvényt átboltozzák. A folyási állapotba átmenet fokozatosan terjed felfelé, a c) ábrán  $z$  magasságot ért el. Efelőtt az anyag még mozdulatlan és aktív

állapotú, az ábrán sötétített térfogat az aktívból a passzív állapotba átmenő tranzien্স állapotban van. Összerajzolva a két feszültségállapot nyomási vonalát, a straffozott rész egyikhez sem tartozik, a tárolt anyag súlya viszont közel változatlan, az egyensúly tehát megkívánja egy a straffozott terület által képviselt nyomásnövekedés felléptét. Ez oly gyorsan megy végbe, hogy mint egy felfelé vándorló P koncentrált erő és természetesen a velejáró  $P \operatorname{tg} \Phi_w$  súrlódóerő vehető számításba. Ez a konvergens részben az ábrából jól láthatóan növekvő, a hengeres (hasábos) részben nagysága megállapodik. A P erőt (dimenziója N/m) megfelelő léptékben hozzáadva p vonalához, a c) ábra jobb oldalán látható eloszlást kapjuk. A passzív állapot nem terjed át a silórészre, ha az átmenet keresztmetszetében a szabad folyás nem itt tárgyalt feltételei fennállnak. Ekkor ebben a keresztmetszetben e terhelés mint állandó koncentrált erő működik.

Összefoglalva: a konvergens részben a feszültségi állapot csak pasztikus-passzív lehet, míg a hengeres részben lehet pasztikus-aktív és pasztikus-passzív is, az aktívból a passzívba átmenet időpontjában pedig elasztikus.

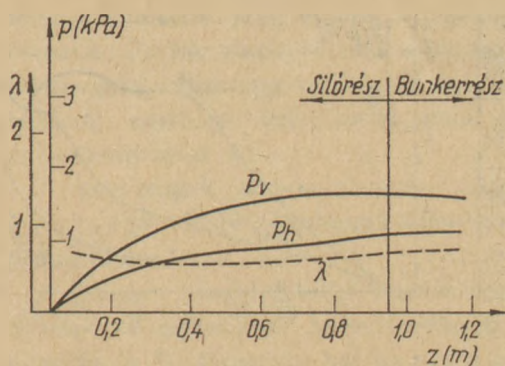
Hoppe és Eisenhart-Rothe [12] alapos mérésekkel és megfontolásokkal ellenőrizték a Janssen képlet és a Jenike – Johanson féle megállapítások érvényességét.

Töltési állapotra vonatkozik a 11. ábra, a bunkerrész hajlásszöge  $20^\circ$  volt. A hengeres részben a Janssen szerinti ellaposodó nyomáseloszlás helytállónak bizonyult. A  $\lambda$  silónyomástényezőt (a horizontális és vertikális silányomás viszonyozsáma) azonban a Janssen féle és a Jenike – Johanson által is elfogadott, a Rankine féle aktív feszültségállapotra jellemző  $\frac{1 - \sin \Phi}{1 + \sin \Phi}$  helyett Pieper nyomán

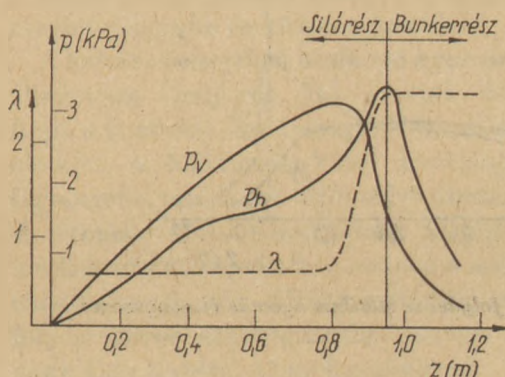
[2] a talajmechanikából vett, elméletileg le nem vezethető  $1 - \sin \Phi$  földnyomással találták egyezőnek. (A Rankine féle levezetésben a támfal kifelé illetve befelé elmozdul.)

A nyitási állapotra a Jenike-Johanson megfontolások voltak igazolhatók, a bunker-siló átmenet szelvényében a feszültségi állapot ugrás-szerűen, koncentrált erő működése mellett vá t át a bunker passzív feszültségállapotába, ahol a Rankine féle  $\lambda = \frac{1 + \sin \Phi}{1 - \sin \Phi}$  tényező elfogadható pontossággal érvényesnek bizonyult.

Folyási állapotban modellkísérletekben vizsgálták a siló geometriai kialakításának befolyását is, ezért bővülő szakaszt is iktattak be. A hengeres silórészben a vertikális nyomás az



11. ábra. Nyomásviszonyok modellsiló statikus állapotában



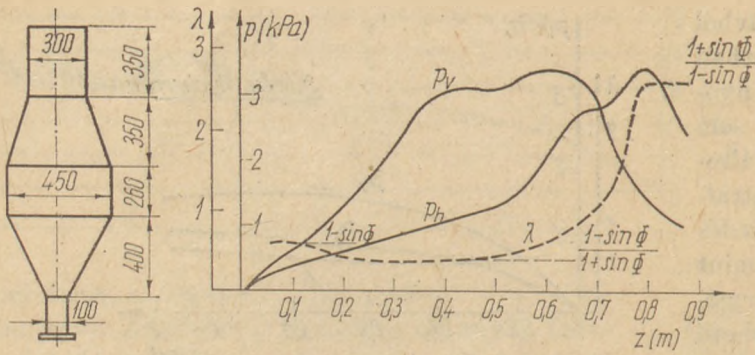
12. ábra. Nyomásviszonyok modellsiló folyási állapotában

átmeneti szelvény fölött, a horizontális nyomás az átmeneti szelvényben érte el maximumát (12. ábra). A 13. ábrán bővülő-szűkülő szelvényű bunkerban a vertikális nyomás változásai ugyancsak megelőzték a horizontális nyomásait.  $\lambda$  változása nagyon érzéketesen jelzi a feszültségállapotot; a felső hengeres részben a földnyomás, a bővülő részen aktív, a szűkülő részen passzív a feszültségállapot.

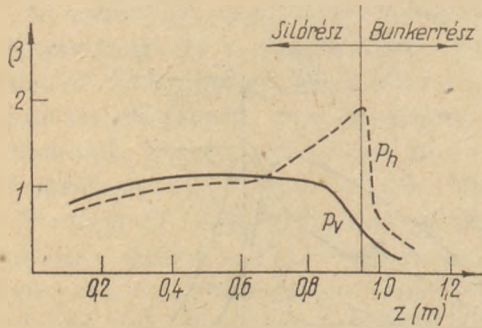
A Jenike-Johanson féle hirtelen átmenetű szabályos lefolyású nyomáseloszlások némileg korrigálандók. Ez a szemcsés anyagnak a folyadékotól eltérő természetében leli magyarázatát, izotropia nem tételezhető fel, az anyagoszlopban törések-csúszások helyben és időben szabálytalan egymásutánban követik egymást.

A nyitáskor a konvergens részben Jenike szerint végigfutó nyomásnövekedés helyett ők a folyási állapot azonnali fellépését észlelték.

A folyamatos folyás állapotában a statikus állapothoz képest modellkísérleteikben megállapított nyomásnövekedés  $\beta$  viszonyozsámát a 14. ábra mutatja, érdemlegesen csak a vízszintes nyomás növekszik. A kétszeres szorzozszám üzemi méretre való átvihetősége egyelőre nem fogadható el általános érvényűnek.



13. ábra. Bővülő-szűkülő modellsiló és nyomásviszonyai



14. ábra. A folyási és statikus nyomás viszonyozása

#### 4. Magfolyású bunkerek

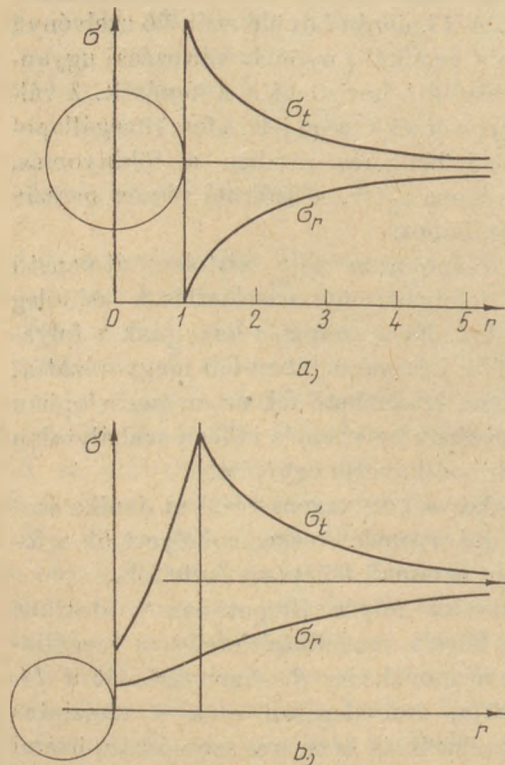
Jenike és Johanson tanulmányukban magfolyású bunkerekkel csak igen röviden foglalkoznak [10]. A nyomásugrás természetesen csakis a mozgó anyaghányadban lép fel és így a falra való hatás tompítottan jelentkezik. Ha azonban a lefolyó mag felfelé kiterjed, felül már a tömegfolyásra vonatkozó megfontolások érvényesek.

A magfolyás okozta erőhatások kérdésével tudományos alapossággal ugyancsak Hoppe és Eisenhart-Rothe említett tanulmánya [12] foglalkozik. Alapgondolatuk: „bunker a bunkerben”. Első megjegyzésük: a magfolyás nem feltétlenül axiálszimmetrikusan alakul ki. Különösen vonatkozik ez arra a nem ritka esetre, ha a kifolyónyílás excentrikusan helyezkedik el. Ebben az esetben a bunkerpalást hajlításra van igénybevéve, amire aligha van méretezve. Sok silókárosodás volt ezzel megmagyarázható.

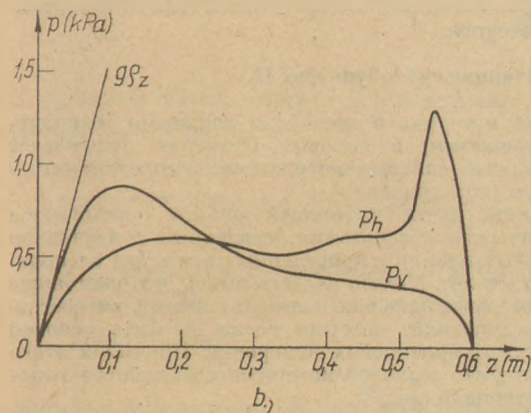
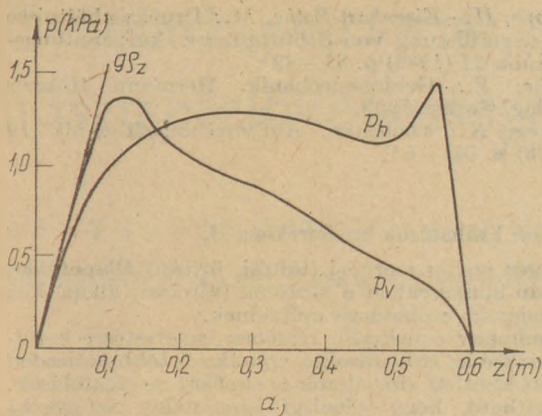
Elméleti megfontolásaikban a kőzetmechanikából indulnak ki, a nyugvó anyaghányadra átadott erőhatásokra a bányászati aknamélyítés analógiáját alkalmazzák. Egy kőzetben mélyített akna körül tangenciális és radiális feszültségek lépnek fel. A tangenciális feszültségek az aknától távolodva növekszenek, a radiális feszültségek csökkennek, aszimptotikusan közeledve a megbontatlan kőzet feszültségi állapotához. Ideálisan elasztikus kőzet esetén ez a 15/a ábrán látható. Valóságban a kőzet megbontása az akna köré egy plasztikusnak tekinthető gyűrűt alakít ki, ekkor a feszültségeloszlás a 15/b ábra szerinti [13]. A feszültségek képletei a vonatkozó irodalomban megtalálhatók.

Töltési állapotra e szerzők is elfogadják a Janssen féle képleteket.

Folyási állapotra a feszültségek 40 és 20 cm magátmérő mellett a 16. ábra szerint alakultak.  $\lambda$  értékei a várakozásnak megfelelően a magasság mentén  $1 - \sin \Phi$ -ről  $\frac{1 + \sin \Phi}{1 - \sin \Phi}$ -re növekedtek.



15. ábra. Radiális és tangenciális feszültségek kőzetben mélyített akna körül. a: elasztikus b: plasztikus állapot



16. ábra. Magfolyású modellsiló nyomásviszonyai a: 40 cm b: 20 cm Ø

A szerzők megkísérelték a közetmechanika képleteit mérési eredményeikkel egyeztetni. A 17. ábrán egy 30 cm átmérőjű magfolyású zóna számított (szakadozott vonal) és mért (teljes vonal) értékei vannak feltüntetve. A görbék menete a módszert igényesnek jelzi.

Az ismertetett tanulmány úttörő jellegénél fogva különös figyelmet érdemel, de modellkísérletei eredményeinek üzemi méretekre való átvitele egyelőre inkább minőségi, mint mennyiségi tájékoztatást nyújt.

## 5. Záró megjegyzések

A bunkerekben működő erőhatások számszerű meghatározására csakis a függőleges falú (henger, hasáb) silókra és ott is csak a nyugvó, tárolási állapotra ismerünk képletet, a Janssen félet, amely 1895-ből származik, bizonyos fenntartásokkal ma is ez használatos és képezi a szabvány-előírások alapját. Ferde falú bunkerekre és bármilyen alak mellett az anyag mozgási (töltési és folyási) állapotára nézve a 40 év óta folyó alapos kísérleti és elméleti kutatómunka ellenére,

mint kifejtettük, még mindig a tapogatódzásnál tartunk. Ennek alapvető oka a szemcsés anyag inhomogén, anizotrop volta, ami a működő erőhatások egyelőre számítással nem követhető változásait idézi elő.

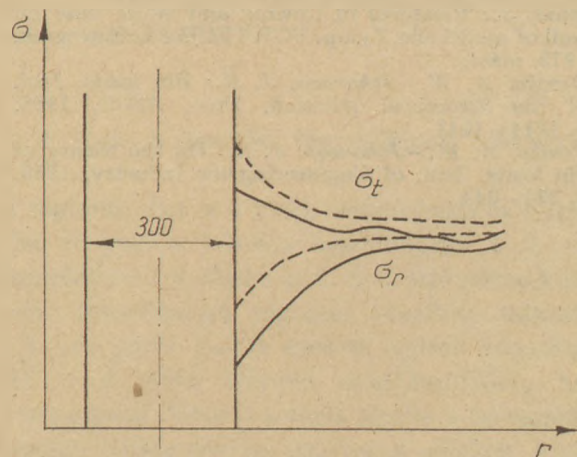
A nehézségek alapos elemzése megtalálható Pieper egy újabb közleményében [14]. Ezek némelyike:

A Janssen féle képletek levezetésében kiinduló feltétel az egyenletes keresztmetszeti terheléloszlás. A fal támasztó hatása azt a gondolatot ébreszti, hogy középen nagyobb a terhelés. Sajátos és meg nem magyarázott módon mérésrel ennek ellenkezője derült ki: a fenéknyomás a fal mentén nagyobb és középen kisebb.

A halmaz belsejében uralkodó nyomások folyási állapotban hely és idő szerint hullámzóak (l. pl. a 9. ábrán). Szilárdsági méretezésnél érthető okokból a hullámozás külső burkolóját veszik figyelembe, amint ezt több előző ábrán is láttuk. A nyomási görbe által bezárt terület azonban a töltet súlyát képviseli és miután a lassú mozgás okozta inerciaerők elhanyagolhatók, az átlagos folyási görbe szükségszerűen azonos a töltési, vagy akár tárolási állapot görbéjével.

A hely szerint erősen ingadozó nyomások kis mérődobozoknál jobban megmutatkoznak, minél nagyobb a doboz felülete, annál jobban letompítja a hullámozást, vagyis közelíti az átlagot. Ez modellméréseknél jól igazolódott, nagy silókban azonban ilyen mérések végrehajtása (pl.  $m^2$  nagyságú dobozokkal) nehézkes és költséges. A modellkísérletek eredményeinek üzemi méretekre való megbízható átszámítására eljárás nem ismeretes.

A halmazsűrűség értéke is szerepel minden képletben. Ez természetesen a tömörödés időbeli



17. ábra. 30 cm Ø magfolyású zóna tangenciális és radiális feszültségei. Számított (szakadozott) és mért (teljes vonalú) értékek

lefolyasától függ. A tömörödés törvényszerűségei ugyancsak nem ismertek, rázással, vagy a nyomás növelésével 10 és 30% közötti sűrűsége-növekedéseket mértek. Gyengén tömörödik pl. a kvarchomok, erősen a cement vagy nedves kavics, sokszor olyannyira, hogy csak vésővel volt megbontható. A tömörödést befolyásolja a belső súrlódás és a falsúrlódás, mindkettő ugyancsak hely- és időfüggő.

Összefoglalólag megállapítható, hogy az egyes országok szabványelírásaiban lefektetett, ma még érvényes méretezési módszerek a valóságos viszonyokat nem tükrözik és egyelőre nem vagyunk abban a helyzetben, hogy olyan megbízható előírásokat adjunk, mint amelyen a szerkezeti anyagokra érvényesek.

## IRODALOM

- [1] *Schwedes, J.*: Fließverhalten von Schüttgütern in Bunkern. Verlag Chemie, 1968. p. 1 – 331
- [2] *Pieper, K. – Wenzel, F.*: Druckverhältnisse in Silozellen. W. Ernst und Sohn, Berlin, 1964
- [3] *Turitzin, A. M.*: Dynamic pressure of granular material in deep bins. Jnl. of the Structural Division, Proc. ASCE (1963) p. 49 – 73
- [4] *Bernstein, M. S.*: Rasztsot konstrukcii s odnosztoronnimi szijazjami. Gosztrojizdat, Moszkva, 1947, p. 85
- [5] *Reimbert, M.*: Recherches nouvelles sur les efforts exercés par les matières pulvérulentes ensilées sur les parois des silos. Annales, Inst. Techn. du Bâtiment et des Travaux Publics, Ser. I. No. 11, mai 10, 1943, p. 1 – 48  
*Reimbert, M.*: Suppression dans les silos lors de la vidange. Travaux 38 nov. 1954, p. 780 – 784  
*Reimbert, M. és A.*: Silos- Traité Theorique et pratique, Edition Eyrolles, Paris, 1956. p. 52
- [6] *Kim, V. S.*: Davlenija zerna i szoverzensztvovanije konstrukcii sziloszov zernovih elevatorov. Kleboizdat, Moszkva, 1959.
- [7] *Kovtun, A. P. – Platonov, P. N.*: Davlenije zerna na sztenki sziloszov elevatorov. Mukomolno elevatornaja promislennoszt. Vol. 25. No. 12. 1959 p. 22 – 24
- [8] *Genijev, G. A.*: Voproszi dinamiki szipucejszi szredi. Sz. Ú. Ép. Tud. Ak. Tud. Közl. 1958 2 p. 114
- [9] *Smid, J.*: Pressures of flowing and static sand on wall of model silo. Symp. POWTECH 73, Harrogate, 1973. márc.
- [10] *Jenike, A. W. – Johanson, J. R.*: Bin loads. Jnl. of the Structural Division, Proc. ASCE, 1968. p. 1011 – 1041
- [11] *Jenike, A. W. – Johanson, J. R.*: On the theory of bin loads. Jnl. of Engineering for Industry, 1969. p. 339 – 344

- [12] *Hoppe, H. – Eisenhart-Rothe, M.*: Druckverhältnisse bei der Silierung von Schüttgütern. Aufbereitungs-Technik 21 (1980) p. 81 – 89
- [13] *Mohr, F.*: Gebirgsmechanik. Hermann Hübner Verlag, Goslar, 1963.
- [14] *Pieper, K.*: Silolasten. Aufbereitungs-Technik 19 (1978) p. 541 – 547

### *Beke Béla*: Erőhatások bunkerekben II.

A szemcsés anyag mozgási (töltési, ürítési) állapotában a silókban-bunkerekben a statikus (tárolási) állapotához képest nagyobb erőhatások működnek.

A tanulmány e második részében ismertetésre kerülnek az ezekre az erőhatásokra vonatkozó több évtizeden át végzett kísérleti vizsgálatok és elméleti megfontolások. Megállapítható, hogy jelenlegi ismereteink az egzakt szilárdsági méretezés alapjául szolgáló előírások összeállítására még nem elegendők. Ennek oka főleg abban rejlik, hogy a szemcsés anyag nem tekinthető homogén-izotrop közegnek.

### *Beke B.* Влияние сил в бункерах II.

Зернистый материал в состоянии движения (наполнения, опорожнения) в силовых бункерах испытывает более сильные силовые по сравнению со статическим состоянием (при хранении).

Во второй части настоящей работы описываются и теоретические обоснования, связанные с изучением этих силовых влияний, проведенных в течение нескольких десятков лет. Можно сделать вывод, что настоящие знания являются пока еще недостаточными для составления предписаний, которые могли бы быть основой для экзактных прочностных замерений. Причиной этого является то, что зерновой материал не является гомогенно-изотропной средой.

### *Beke Béla*: Bunkerbelastungen. II.

In den Silos-, und Bunkern wirken höhere Kräfte im Bewegungszustand (Füllung, Leerung) des körnigen Stoffes im Vergleich mit dem statischen (Lagerungs-) Zustand. In diesem zweiten Teil des Aufsatzes werden die auf diesen Kraftwirkungen bezüglichen, mehr Jahrzehnt lang durchgeführten Untersuchungen und theoretischen Überlegungen dargelegt.

Es kann festgestellt werden, dass die gegenwärtigen Kenntnisse für die Zusammenstellung der zu exakter Festigkeitsdimensionierung dienenden Vorschriften noch nicht genügend sind. Es ist dadurch beurteilt, dass der körnige Stoff, als ein homogenes, isotropes Medium nicht betrachtet werden kann.

### *Beke, Béla*: Forces in Bins, II.

Forces in silos and bins are higher when the granular material is moved (during filling or discharge) than in its stationary state (storage). In this second part of the study these force effects are dealt with by theoretical assumptions and by experiments carried out for several decades. Our present knowledge does not enable the prescriptions of exact guidelines for bin dimensioning. Difficulties in designing are primarily due to the fact that granular materials cannot be considered as homogeneous and isotropic substances.

# Gyártmánytervezés, a fokozott hőszigetelőképeségű téglakialakításának elvei\*

MATTYASOVSKY ZS. TAMÁS – BÁLINT PÁL

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Az épületek fűtési energia felhasználását három tényező befolyásolja:

- a transzmissziós hőveszteség,
- a szellőztetés okozta hőveszteség és
- a fűtés hatásfoka.

A transzmissziós hőveszteség – a fal hőszigetelőképeségétől függően – az épület falán átmenő hőmennyiség.

A fal hőszigetelőképeségét a *hőátbocsátási tényezővel* jellemezhetjük, jele  $k$  és mértékegysége  $W/m^2K$ . A hőátbocsátási tényező

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + R + \frac{1}{\alpha_e}}$$

összefüggés segítségével számítható, ahol

- $\alpha_1$  a belfelület hőátadási tényezője,  $W/m^2K$ ,
- $\alpha_e$  a külsőfelület hőátadási tényezője,  $W/m^2K$ ,
- $R$  a hővezetési ellenállás,  $m^2K/W$ .

A *hővezetési ellenállás* az

$$R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n}$$

összefüggésből számítható, ahol

- $d$  a fal egyes rétegeinek vastagsága,  $m$
- $\lambda$  a fal egyes rétegeinek hővezetési tényezője,  $W/mK$ .

## 1. A falazatra vonatkozó új hőtechnikai előírások

Az MSZ-04. 140/2-79 jelű építésügyi ágazati szabvány szerint a hőátbocsátási tényezőnek,  $k$ -nak megengedett legnagyobb értéke [1]

1981. januártól  $0,85 W/m^2K$ ,

\* Kaposvárott a MINŐSÉG, GAZDASÁGOSSÁG, ÉRDEKELTSÉG című szakmai szemináriumon (1981. március 26-27) tartott előadás első része

1986. januártól  $0,70 W/m^2K$ .

Az 1969-ben kiadott DIN 4108-ban előírt (a hőtechnikai méretezések során alapul veendő) értékek [2] figyelembevételével a 15 mm vastag belső és 20 mm vastag külsővakolattal ellátott különböző hővezetési tényezőjű és vastagságú téglafal számított hőátbocsátási tényezőjét az 1. ábra szemlélteti. Az ábrából megállapítható, hogy a kétoldalt vakolt tömör kisméretű téglafalazat esetén az I. ütem előírását kb. 76 cm vastag és a II. ütem előírását kb. 96 cm vastag téglafal elégíti ki.

Amennyiben két oldalt hagyományos minőségű habarccsal ellátott 30 cm vastag téglafallal kívánjuk elérni az előírt hőtechnikai értékeket, az 1. ábra szerint a vakolat nélküli téglafal hővezetési tényezőjének  $0,8 W/mK$  helyett  $0,317$  illetve  $0,25 W/mK$ -nek kellene lennie. Mivel a „ $k$ ” összefüggésben  $\alpha_1$  és  $\alpha_e$  előírt értékek, a fal hőátbocsátási tényezője csak az  $R$  növelésével csökkenthető. A hővezetési ellenállás növelhető a fal vastagságának növelésével vagy a falazóanyag (tégla, beton, stb.) hővezetési tényezőjének csökkentésével.

## 2. A téglakialakítás hővezetési tényezőjének csökkentése

A téglafal, illetve a téglakialakítás testsűrűsége és hővezetési tényezője közötti összefüggést a 2. ábra szemlélteti. A 2. ábrán az 1. és 2. jelű görbe különböző testsűrűségű téglából készített falazatra, a 3. jelű görbe száraz égetett téglára vonatkozik [3]. A 2. ábra alapján megállapítható, hogy a hővezetési tényező a téglakialakítás illetve a fal testsűrűségének csökkenésével arányosan csökken. A téglakialakítás hővezetési tényezője tehát a gyártmány testsűrűségének csökkentésével javítható.

A téglá testsűrűsége a következő módon csökkenthető:

- megfelelő üregméretű és üregelosztású üreges áru gyártásával és
- a téglá égetett anyaga vagyis a „cserép” pórustartalmának növelésével.

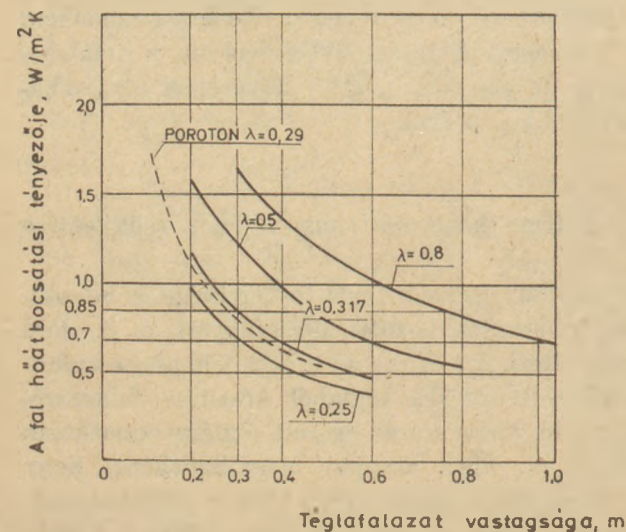
Figyelemmel kell lenni azonban az üregek alakjára, méretére, elosztására, irányára, az összes üregtérfogat arányára: a pórusok méretére, jellegére (nyitott, zárt, gömbalakú, stb.), arányára.

Európában nincs egységes álláspont, hogy melyik téglatípus a legalkalmasabb; Belgiumban és a latin országokban csak a vízszintes üregű téglát, NSZK-ban és Ausztriában túlnyomórészt a függőleges üregű téglát gyártják, Észak-Európa tengerparti területein a tömör kisméretű téglá használatos, Svájcban a „cserép” porozitásának növelése a „cserép”-szilárdságcsökkenése miatt nem terjedt el [4].

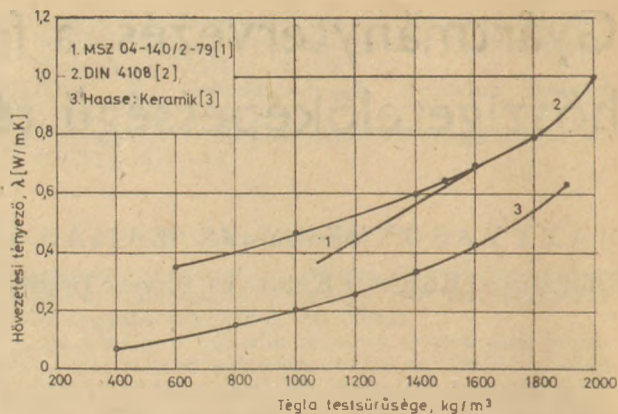
## 2.1 Az üregméret és üregelosztás hatása

Számos kutató – Bykov [5], Lamer [6], Sirhal [7], Reinders [8], Szabó [4] foglalkozott a borda és a légrés vastagság, a bordák és az üregsorok számának hatásával a téglá hővezetési tényezőjére.

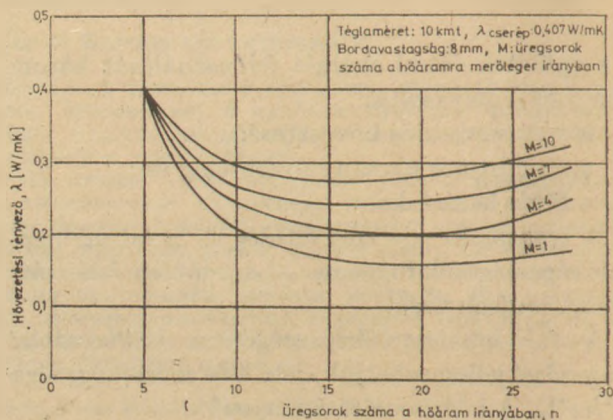
Mivel a nyugvó levegő hővezetési ellenállása nagyobb mint az ugyanolyan vastag cserép hővezetési ellenállása, törekedni kell a hőáram útját minél több légréssel (üregsorral) megszakítani. Túl nagy méretű üreg esetén már nincs nyugalomban a levegő, konvekció lép fel az üregben; széles és túl vékony légrés esetén pedig a meleg bordá-



1. ábra. Vakolt egyrétegű téglafal hőátbocsátási tényezője a téglá hővezetési tényezőjének és a téglafal vastagságának függvényében



2. ábra. A téglafal, valamint a téglá hővezetési tényezője és a téglá testsűrűsége közötti összefüggés



3. ábra. Az üregsorok számának hatása a hővezetési tényezőre

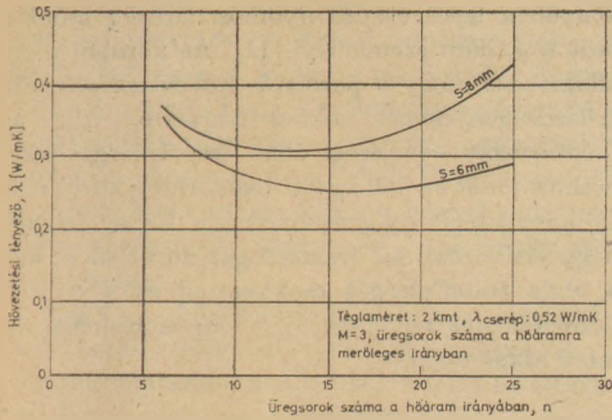
ról a hidegebb borda felé sugárzó hő hatása is érvényesül. Függőleges üregű téglánál, nagy, széles légrés esetén a habarcs az üregbe folyik és ezzel romlik a téglá hővezetési tényezője, valamint főlegesen nő a habarcsfelhasználás. Ezért meg kell találni az optimális üregméretet és üregalakot.

Reinders [8] vizsgálta a hőáram irányába eső (n) és a hőáramra merőleges irányba eső (M) (széles és vékony) üregsorok számának (3. ábra) és az üregsorokat elválasztó bordák vastagságának (4. ábra) hatását a téglá hővezetési tényezőjére.

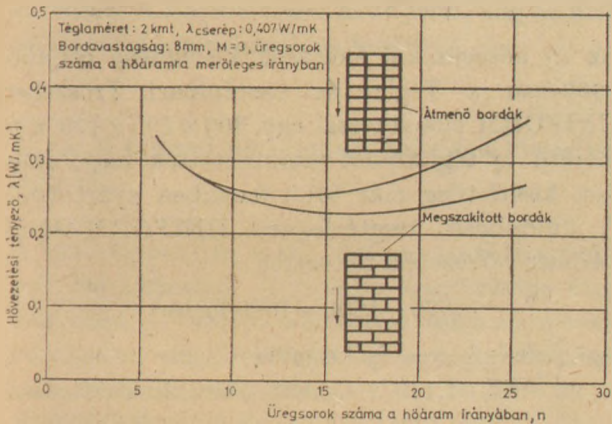
A 3. ábrából megállapítható, hogy a hőáram irányában az üregsorok számának növelése először csökkenti, majd növeli a téglá hővezetési tényezőjét, továbbá minél kevesebb a hőáramra merőleges irányban az üregek száma annál kedvezőbb a téglá hővezetési tényezője.

A 4. ábra jól szemlélteti az üregsorokat elválasztó bordák vastagságának a hatását.

A hőáram irányával párhuzamos bordák az 5. ábra szerint végig egyvonalba esőek vagy megszakítva eltoltak lehetnek. A megszakítással meghosszabbodik a hőáram útja és ezzel javul



4. ábra. A borda vastagság (s) és az üregecsorok számának hatása a hővezetési tényezőre



5. ábra. A hőáram irányába eső bordák elosztásának hatása a hővezetési tényezőre

a téglát hővezetési tényezője. Ezt bizonyítja Reinders [8] mérése alapján az 5. ábra.

A szovjet, francia, cseh, német, svájci [5. – 8.] mérések eredményeként a következők állapíthatók meg:

- a hőáram irányába eső üregecsorok számának döntő befolyása van a téglát hővezetési tényezőjére. Az optimális üregecsorszám függ a „cserép” hővezetési tényezőjétől, a borda vastagságtól és a téglát méretétől. A 30 cm vastag fal esetében 11 – 14 az optimális üregecsor;
- a téglát hővezetési tényezője a bordavastagsággal arányosan változik;
- a hőáram irányával párhuzamos bordák megszakításának és eltolásának jelentős hatása van az 1000 kg/m<sup>3</sup> testsűrűséget meghaladó gyártmányok esetében. A „fokozott hőszigetelő képességű” (FHK) téglafelések esetén a hatás kismértékű. A borda megszakítás, eltolás a szárítás során előnyös;
- a fogónyílások rontják a hővezetési tényezőt;
- az egyenlőtlen bordavastagság, amely esetenként a dugók eltolódása miatt lép fel, rontja a hővezetési tényezőt;

- a hosszirányú bordarepedés összeköti az üregeket és ezzel rontja a hővezetési tényezőt;
- az üregecsorosság csökkentésének határt szab a szájnylás készítés lehetősége;
- homorú vágási felület növeli a falazóhabarcs vastagságát és ezzel rontja a fal hővezetési tényezőjét;
- az üreg keresztmetszete méret növelésének határt szab a falazóhabarcs üregekbe folyásának a veszélye;
- az 1969. évi DIN 4108-ban a számításnál alapul veendő aránylag nagy hővezetési tényező értékek a korábban gyártott téglák helytelen üregecsorosságának a következményei [9]. Helyes ürege méret, üregecsorosság és ürege arány esetén a hővezetési tényező 20 – 30%-os csökkentése várható.

Az üregecsor téglát hőtechnikailag akkor a legkedvezőbb, ha

- a borda vastagsága 6 – 8 mm,
- a külsőfal vastagsága a bordavastagság 1,5-szerese (a külsőfal vastagságának növelése előnyös a vágással és rázkódással szembeni ellenállás, a deformáció csökkentése szempontjából),
- az üregecsorossága
  - függőleges üreg esetén < 15 mm,
  - vízszintes üreg esetén < 12 mm,
- a fal síkjával párhuzamos üregecsorokat, légréseket legfeljebb 3 összekötő borda szakítja meg,
- az összes ürege térfogat a teljes téglát térfogatának 45 – 50%-a.

## 2.2 A cserépporozitás hatása

A tömör – üregecsor nélküli téglát – hővezetési tényezője a téglát testsűrűségének csökkenésével, illetve porozitásának növelésével csökken.

A cserép porozitását nagymértékben befolyásolja

- az agyag finomeloszlású karbonáttartalma,
- pórusképző adalék alkalmazása, kismértékben befolyásolja [10]
- a megmunkálási víz aránya,
- a szárítás sebessége,
- az égetés hőmérséklete.

Adalék nélkül, a finomeloszlású 20 – 25% karbonáttartalmú képlékeny és nagy képlékenységgű agyagok égetett cserépének testsűrűsége már 1600 kg/m<sup>3</sup> körül lehet. Ilyen agyagból 45 – 50% üregecsor fogattal – külön adalék nélkül – 800 – 900 kg/m<sup>3</sup> testsűrűségű lehet a gyártmány.

Az 1. táblázatban felsorolt pórusképző adalékok jellegüktől függően különböző mértékben növelik a cserép porozitását és különböző mértékben csökkentik a termék szilárdságát. A pórusképző adalékanyag

1. táblázat

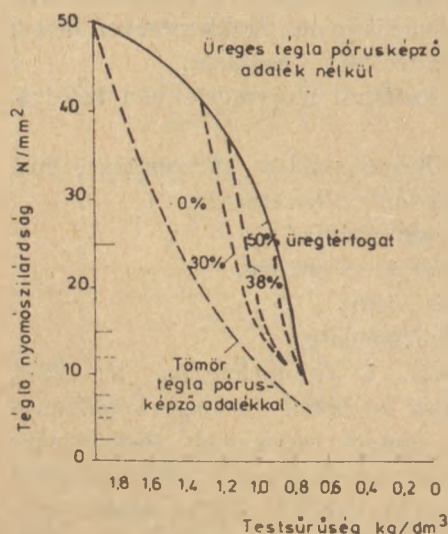
Pórusképző adalékok

Pórusos ásványi anyagok	Duzzasztott perlit Duzzasztott vermikulit Kovaföld
Égésnél távozó alkotókat tartalmazó anyagok	Nagy $\text{CaCO}_3$ tartalmú kőzet Szénbánya meddő Porszén, szénpor, kokszipor Szálló hamu Fűrészporszén Rizshéj Papíriszap (30% organikus) Derítőföld Szalma, stb.
	Habosított polisztirolgyöngy

- egyenletesen, jól legyen elkeverhető,
- formázás után térfogatát ne növelje,
- a szárítás folyamán minél kevesebb és kisebb mikrorepedést okozzon,
- előkészítése ne legyen túl költséges.

### 3. A testsűrűségcsökkentés hatása a téglanyomószilárdságára

Hőtechnikai szempontból a bordáknak minél vékonyabbnak és a „cserép”-nek minél porózusabbnak kellene lennie. Az üregtérfogat és a porozitás növelés okozta testsűrűség csökkenés függ-



6. ábra. A téglanyomószilárdsága és testsűrűsége közötti összefüggés

vényében bekövetkező nyomószilárdság csökkenést a 6. ábra szemlélteti [11]. Az ábrából megállapítható, hogy a porozitás növeléssel elérhető szilárdságcsökkenés sokkal nagyobb, mint az üregtérfogat növeléssel elért testsűrűségcsökkenéskor, továbbá  $700 \text{ kg/m}^3$  testsűrűség körül már túl kicsi a téglanyomószilárdsága. Ez azt jelenti, hogy elsősorban az üregtérfogat növelésével kell a téglanyomószilárdságát csökkenteni és a cserépporozitásának növelését csak kiegészítésként célszerű alkalmazni.

### 4. A fokozott hőszigetelőképeségű téglavárható hővezetési tényezője

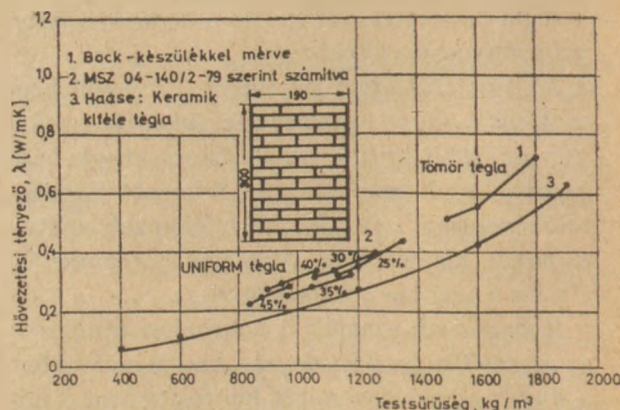
Az új hőtechnikai előírások kielégítése céljából 1980-ban a Téglai és Cserépipari Trösztben UNIFORM elnevezéssel egy  $300 \times 190 \times 190 \text{ mm}$  méretű új téglatípust szerkesztettek meg, amelyet kísérletileg már több üzemben gyártottak. A különböző üregtérfogatú UNIFORM-téglák várható hővezetési tényezőit

$1500 - 1600 - 1800 \text{ kg/m}^3$

testsűrűségű „cserép” esetére

- az MSZ 04.140/2 szerint számításon alapuló eljárással és
- elektromos modellkísérlettel határoztuk meg a SZIKKTI Durvakerámia és Szigetelőanyag Osztályán [12].

A számítással kapott eredményeket a 7. ábrán a 2. jelű öt görbe szemlélteti. Az elektromos modell kísérlettel meghatározott értékek 0–8%-kal voltak kisebbek mint a számítással kapott értékek. A „tömörtégla” jelű görbén az  $1500, 1600$  és  $1800 \text{ kg/m}^3$  testsűrűségű tömörtéglák Bock-készülékben mért – a számításon alapuló és az elektromos modellkísérletnél alapul vett – hővezetési tényezőit láthatjuk.



7. ábra. Az UNIFORM téglák hővezetési tényezője

Fokozott hőszigetelőképeségű téglából készített fal hővezetési tényezője és hőátbocsátási tényezője

Tégla test-sűrűsége kg/m <sup>3</sup>	A téglafal hővezetési tényezője W/mK	Falvastagság mm		
		300	365	490
		Hőátbocsátási tényező W/m <sup>2</sup> K		
1000	0,39	1,02	0,87	0,68
900	0,36	0,96	0,82	0,64
800	0,33	0,89	0,76	0,54
700	0,30	0,83	0,70	0,54

700 – 1000 kg/m<sup>3</sup> testsűrűségű téglából készített fal hővezetési tényezője a DIN 4108 1979. és 1980. évi tervezete szerint

A téglatestsűrűsége kg/m <sup>3</sup>	A DIN 4108 – 1969	A DIN 4108 – 1980
	szerint a téglafal hővezetési tényezője W/m <sup>2</sup> K	
700	0,38	0,30
800	0,41	0,33
900	–	0,36
1000	0,47	0,39

A 7. ábrából megállapítható, hogy a téglahővezetési tényezője jó üregkialakítás esetén gyakorlatilag csak a téglatestsűrűségétől függ és független attól, hogy a testsűrűségcsökkenést az üregtér fogatarány vagy a „cserép” porozitásának növelése okozza-e. (Az UNIFORM-40 esetében a rosszabb hővezetési tényező értéket a szimmetrikus középső két üreg sor és a túl vastag külső fal okozza).

Ezért – a hővezetési tényező szempontjából – a fokozott hőszigetelőképeségű téglákat nem az üregtér fogatarány hanem csak a téglatestsűrűség szerint szabad csoportosítani. Annál is inkább mert a szájnylás és a magok kopásával arányosan csökken a téglaregterfogata és ezzel a testsűrűsége. A testsűrűséget könnyebb, míg az üregtér fogatarányt nehezebb ellenőrizni.

### 5. Az új falazati hőtechnikai előírások kielégítése téglával

A szabványokban a fal hőátbocsátási tényezőjének számításához – a téglatestsűrűsége függvényében – előírt hővezetési tényező értékek lényegesen nagyobbak, mint a téglaregterfogata hővezetési tényező értékei.

A különbség oka, hogy

- a falazóhabarcsnak nagyobb a hővezetési tényezője, mint a téglának,
- a téglák hővezetési tényezője bordarepedés, nagy bordavastagság, dugóelhajlás miatti bordavastagodás miatt nagyobb mint a hibátlan tégláknak,
- dugókopás miatti bordavastagodás és üregtér fogatarány csökkenés miatt romlik a téglahővezetési tényezője,
- helytelen üregelosztás és üregkialakítás esetén az azonos testsűrűségű téglahővezetési tényezője rosszabb mint az új fokozott hőszigetelőképeségű téglának,
- homorú vágási felület és a megengedettnél nagyobb üregkeresztmetszet esetén falazóhabarcs-arány nagyobb az elméletinél.

A 2. fejezetben és az előbbiekben leírtak figyelembevételével kialakított idommal, gondos gyártástechnológia és falazás esetén, csökkenthető a téglafal hővezetési tényezője. Ezt tükrözi, hogy az NSZK-ban a DIN 105/2 és a DIN 4108 legújabb átdolgozása alkalmával három új könnyűtégla minőség –  $w_1$  –  $w_2$  –  $w_3$  – bevezetését javasolják [9]. A 2. táblázat a  $w_1$  minőségű könnyűtégla hővezetési tényezőjét és az ezekből készített különböző vastagságú falak hőátbocsátási

tényezőjét tartalmazza. A 2. táblázatban és a DIN 4108 korábbi kiadásában [13] szereplő hővezetési tényező értékek összehasonlíthatók a 3. táblázat segítségével. A 3. táblázatból megállapítható, hogy a fokozott hőszigetelőképeségű téglalkalmazásával és gondos falazással a téglafal hővezetési tényezője az eddigiekhez viszonyítva kb. 20%-kal csökkenthető.

A könnyű téglák csak abban az esetben sorolhatók pl. a  $w_1$ -minőségi csoportba, ha

- az üreg sorok száma,
- a téglatestsűrűségéhez kötött maximális „cserép”-testsűrűség,
- a hőáram irányába eső összes bordavastagsága

megfelel a DIN 105/4 előírásainak.

Időközben az MSZ 04.140/2 – 79 jelű építésügyi ágazati szabvány 6.2 pontja a következőkkel egészült ki [14]: Családi házaknál megengedhető az olyan építészeti megoldás is, amelynél az épület valamely homlokzati fala a követelményt nem elégti ki, de az épület teljes homlokzati felületére – homlokzati felületek összegére – a következő követelmény teljesül;

$$k_{mf}' = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K, illetve } 1986\text{-tól } 1,5 \text{ W/m}^2\text{K.}$$

Ez a kiegészítés azt jelenti, hogy amilyen mértékben lehetséges pl. a nyílászáró szerkezetek okozta transzmissziós hővesztést csökkenteni, olyan mértékben növelhető – a  $k_{mf}$  érték határára belül – a téglafal  $k$  hőátbocsátási tényezője.

Mivel az UNIFORM-45 téglá üregekszámára (13), üregtérfogataránya (45%) (az összes borda vastagságának kivételével) megfelel a DIN 105/4 tervezet előírásának, így az UNIFORM-45-ből készült falazatok a 2. táblázatban közölt hővezetési tényező értékeket meg fogják közelíteni. Ezért és az MSZ 04.140/2 szabvány 6.2 pontjának kiegészítése révén adott lehetőségek kihasználásával, az UNIFORM 45 típ. téglá alkalmazásával – esetleg falvastagság növeléssel – kielégíthető lesz az MSZ 04.140/2 szabványnak a hőátbocsátási tényezőre vonatkozó előírása.

#### IRODALOM

- [1] MSZ – 04. 140/2 – 79 Épületek és épülethatárolószervezetek hőtechnikai számításai. Hőtechnikai méretezés (Építésügyi ágazati szabvány)
- [2] DIN 4108 (1969) Wärmeschutz im Hochbau
- [3] Haase, Th.: Keramik. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Lipese 1970.
- [4] Swyter, H. – H.: 1. Weltkongress der Ziegelindustrie – Ein Resümee über die Referate und Diskussionen Ziegelindustrie International 1979. 1. 8.
- [5] Bykow, M. A. és társai: Az ürege téglá hatásának növelése a keresztmetszet alakjának optimalizálásával Sztroityelnje Materialü 1977. 8. 14.
- [6] Lamer, P.: Amélioration de l'isolation thermique des briques creuses. Les briques G., Industrie Ceramique 1976. 7/8. 697.
- [7] Sirhal, H. – Toman, E.: Festigkeit und Wärmedämmfähigkeit der Ziegelblöcke und des Ziegelmauerwerkes in Abhängigkeit von der Gestaltung und Gliederung der Querschnittsfläche Die Ziegelindustrie 1968. 11/12. 273.
- [8] Reinders, R.: Möglichkeiten zur Verbesserung der Wärmedämmung durch Optimierung der Querschnittgestaltung und Verwendung wärmedämmenden Mörtels Ziegelindustrie International 1975. 3. 10.
- [9] Schellbach, G.: Wärmedämmende Aussenwandkonstruktionen aus Ziegeln. Heutiger Stand und künftige Entwicklungsrichtungen. Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1981. 14.
- [10] Bálint – Mattyasovszky: A téglá tömörsége a nyersanyagtulajdonságok és a gyártástechnológia függvényében: a XIII. SILICONF-on elhangzott előadás (1981).
- [11] Pels Leusden, C. O.: Voraussetzungen für die Herstellung grossformatiger Wärmedämmziegel. Vermeidung von Produktionsfehlern. Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1977. 277.
- [12] Bálint, P. – Mattyasovszky Zs. T. – Kutassy, L.: Új hőtechnikai előírásoknak megfelelő falazóanyagok kifejlesztése című SZIKKTI Kutatási jelentés 1980. július (Részjelentés)

- [13] DIN 4108 Teil 4. (1979) Wärmeschutz im Hochbau. Wärmeund feuchteschutztechnische Rechenwerte (Tervezet)
- [14] Az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium 22/1981. számú közleménye az MSZ – 04. 140/2 szabvány egyes előírásaitól való eltérés engedélyezéséről, továbbá a szabvány kiegészítéséről. Építésügyi Értesítő 1981. 10. (április 24.) 216.

#### *Mattyasovszky Zs. Tamás – Bálint Pál: Gyártmánytervezés, a fokozott hőszigetelésű téglá kialakításának elvei*

Az épületek fűtési energiaigényének csökkentése érdekében az épülethatároló szerkezetekre vonatkozólag hazánkban is új, az eddiginél szigorúbb hőtechnikai előírásokat léptettek életbe. Ennek kielégítéséhez új, fokozott hőszigetelőképeségű téglagyártmányokra van szükség. Szerzők az új követelmények kielégítéséhez összefoglalták a gyártmánytervezés legfontosabb szempontjait, s a fokozott hőszigetelőképeségű „UNIFORM” téglá várható hőtechnikai jellemzőit ismertették.

#### *Матвьяшовски, Ж. Т. – Балнт, П.: Развитие продукции, принципы создания кирпича с повышенной теплоизоляцией*

В интересах снижения расхода энергии для отопления зданий в Венгрии вступили в силу более строгие предписаний в отношении теплотехнических свойств ограждающих конструкций зданий. Для удовлетворения этих требований необходимы кирпичные изделия, обладающие повышенной теплоизоляционной способностью. Авторы обобщили важнейшие факторы, определяющие проектирование развития продукции с учетом новых требований, а также описывают теплотехнические характеристики, ожидаемые для кирпича с повышенной теплоизоляционной способностью „УНИФОРМ”.

#### *Mattyasovszky Zs. Tamás – Bálint, Pál: Produktenwurf, Grundsätze der Ausgestaltung des Ziegels mit erhöhter Wärmedämmung.*

Im Interesse der Ermässigung des Heizungsenergiebedarfes wurden auch in Ungarn im Vergleich mit den bisherigen strengere wärmetechnische Vorschriften bezüglich der Trennwänden der Baukonstruktionen eingeführt. Die Erfüllung deren benötigt Ziegelprodukte mit erhöhter Wärmedämmfähigkeit. Zu diesem Zweck wurden die wichtigsten Gesichtspunkte des Produktentwurfes zusammengefasst und die zu erwartende wärmetechnische Parameter des „UNIFORM“-Ziegels mit erhöhter Wärmedämmfähigkeit dargelegt.

#### *Mattyasovszky, Zs. Tamás – Bálint, Pál: Design Principles of Bricks with Super Thermal Insulation*

New Hungarian standards specify more severe thermo-technical requirement for walling materials (to decrease heating losses). These require new brick types, design principles of which are described in the paper. Using these principle the UNIFORM brick, of super thermal insulation was developed and characteristics described.

# Alumínium(III)-oxid tartalom meghatározása szilikátokban fotometriás módszerrel

FODOR PÉTERNÉ

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

## Bevezetés

Szilikátok kémiai összetételének ismeretéhez az alumínium tartalom meghatározása mindennapi feladatként jelentkezik. Mérésére különböző módszerek ismeretesek, melyek időigénye és pontossága igen eltérő.

Szilikátipari laboratóriumokban széles körben, általánosan elterjedt az alumínium *tömegszerinti* meghatározása [1, 2]. Az ammónium-hidroxiddal, vagy urotropinnal végzett leválasztásnál nagy gondot kell fordítani az oldat pH-jának pontos betartására. Az alumíniummal együtt az oldatban levő többi fém (Fe, Ti, Zr, stb.) oxidjai is leválnak, így ezeket más módszerekkel külön meg kell határozni. A minta  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalmát számítással határozzuk meg. A tömegszerinti eljárás  $< 1\%$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalom meghatározására csak tájékoztató jellegű. A tapasztalatok szerint, tömegszerinti eljárásnál akkor kapunk pontosabb eredményeket, ha a lecsapott és kimosott  $\text{R}_2\text{O}_3$  csapadékot sósavban ismét feloldjuk és a leválasztást megismételjük. A módszer nagyon időigényes és miután a csapadék izzítását  $1200^\circ\text{C}$ -on, 30 percig kell végezni, jelentős energiát is igényel. A tömegszerinti eljáráshoz hasonlóan elterjedtek a *komplexometriás* eljárások [2, 3]. Az esetek többségében szükség van a zavaró ionok eltávolítására, ami a meghatározás idejét jelentősen megnöveli, viszont nagyobb, mint  $10\%$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalom mérésére megbízhatóan alkalmazható.

Az utóbbi években a laboratóriumok műszerezettségével nő a lehetősége annak, hogy az alumínium-meghatározásokat *röntgenfluoreszcens* (RFA), *atomabszorpciós* (AAS), illetve a reakcióhő mérésén alapuló *termometriás* műszerekkel végezzük [4, 5, 6]. Ezek a berendezések viszonylag drágák, így különösen a kisebb gyári laboratóriumok részére még nem elérhetők.

Szilikátipari nyersanyagok és késztermékek, mint pl. homok, mészkeő, máz, fritt, üveg  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalma általában  $0,1-2\%$  között változik. Meghatározása sem a tömegszerinti, sem a komplexometriás módszerrel nem végezhető el a kívánt pontossággal.

Szükséges volt ezért a különböző *fotometriás módszerek* közül [7–10], a céljainknak legjobban megfelelőt kiválasztani, optimalizálni a mérési körülményeket, megvizsgálni a mintaoldatban jelenlévő kationok esetleges zavaróhatását.

A továbbiakban a solochrom-cyanin-R reagenssel, fotometriás módszerrel végzett alumínium (III)-oxid meghatározás során szerzett tapasztalatainkat ismertetjük.

## Kísérleti rész

### *A meghatározás elve*

Az alumínium-ion solochrom-cyanin-R reagenssel, ammónium-acetátos közegben,  $\text{pH} = 5,5-6$ -nál, színes komplexet képez, mely  $540\text{ nm}$ -nél fotometrálható.

A leggyakrabban előforduló zavaró fémionok (Fe, Mn) maszkírozása tioglikolsavval történik.

Elvégeztük a méréseket néhány olyan fémion jelenlétében is, melyek ritkán, de előfordulhatnak a vizsgált anyagtípusokban. Megállapítottuk, hogy Cu, Zn, Cd, Co, Ni még 10-szeres felesleg esetén sem zavarja a meghatározást. Ha a minta nagyobb, mint 1:1 arányban tartalmaz cirkont, akkor a későbbiekben ismertetett módszer nem alkalmazható. Ez a gyakorlatban nem jelentett problémát, mert az ilyen típusú mintákban az alumínium tartalom általában nagyobb, mint  $10\%$  és ennek meghatározására a fotometriás módszer a nagy hígítás miatt nem célszerű.

## A meghatározáshoz szükséges vegyszerek és készülék

Feltárákeverék. Készítése: keverjük össze 88 g vízmentes nátrium-karbonátot ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) és 12 g bórsavat ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )

sósav (HCl), 1 + 1 hígítású oldat

EDTA-oldat, 5 g/l

solochrom-cyanin-R-oldat, 0,75 g/l

ammónium-acetát, kb. 40%-os oldat

tioglikolsav, 1 + 199 hígítású oldat

alumínium-standard oldat, „a” jelű (1 mg  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{cm}^3$ )

készítése: 1,00 g 110 °C-on kiszáritott, alt. tisztaságú  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -t tárjunk fel Pt-tégelyben 5–10 g feltárákeveréssel. Oldjuk fel kb. 20–30  $\text{cm}^3$  sósavban, öntsük 1000  $\text{cm}^3$ -es mérőlombikba és desztillált vízzel töltjük jelig. A standard oldatot műanyag edényben kell tárolni.

alumínium-standard oldat, „b” jelű (0,1 mg  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{cm}^3$ )

készítése: mérjük az „a” jelű oldatból 25  $\text{cm}^3$ -t 250  $\text{cm}^3$ -es mérőlombikba és desztillált vízzel töltjük jelig. Frissen kell készíteni!

alumínium-standard oldat, „c” jelű (0,005 mg  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{cm}^3$ )

készítése: mérjük a „b” jelű oldatból 25  $\text{cm}^3$ -t 500  $\text{cm}^3$ -es mérőlombikba és desztillált vízzel töltjük jelig. Frissen kell készíteni!

vak-oldat, „a” jelű,

készítése: 5 g feltárákeveréket oldjunk fel 60  $\text{cm}^3$  sósavban, hűtsük le, majd 500  $\text{cm}^3$ -es mérőlombikban desztillált vízzel töltjük jelig.

vak-oldat, „b” jelű,

készítése: mérjük az „a” jelű vak-oldatból 10  $\text{cm}^3$ -t 250  $\text{cm}^3$ -es mérőlombikba és desztillált vízzel töltjük jelig.

fotométer, melynek optikai rendszere lehetővé teszi a mérést 540 nm hullámhosszon. (Vizsgálatainkat a Magyar Optikai Művek „Spektromom 410 digitális abszorpciómérő készülékkel végeztük).

## A meghatározás menete

### 1. Hitelesítő görbe készítése

#### 1.1 0–1,0% $\text{Al}_2\text{O}_3$ tartalom meghatározása

A „c” jelű alumínium-standard oldatból mérjük 0–5–10–15–20–30–40  $\text{cm}^3$ -t 250  $\text{cm}^3$ -es mérőlombikokba. Adjunk hozzá 20  $\text{cm}^3$  „a” jelű vak oldatot, 10  $\text{cm}^3$  tioglikolsav-, 25  $\text{cm}^3$  solochrom-cyanin-R- és 20  $\text{cm}^3$  ammóniumacetát oldatot. Az összehasonlító oldatba a tioglikolsav helyett 5  $\text{cm}^3$  EDTA-oldatot mérjük.

#### 1.2 1,0–10% $\text{Al}_2\text{O}_3$ tartalom meghatározása

Az oldatokat az előzőekben leírtak szerint, de 20  $\text{cm}^3$  „b” jelű vak oldattal készítjük.

Az 1.1 és 1.2 pont szerint elkészített oldatok mérését 15 perc állás után 1 cm-es követtában, 540 nm hullámhosszon végezzük. Az összetartozó extinkció-koncentráció értékekből kiszámítjuk a hitelesítő görbe egyenletét. Új reagensoldatok készítésekor mindig új hitelesítő görbét kell készíteni.

### 2. Mintaoldat előkészítése a méréshez

Az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalom meghatározását a szilícium(IV)-oxidot már nem tartalmazó törzsoldatból végeztük. A szilícium(IV)-oxid elválasztása ismert módon, dehidratálással, vagy hidrogén-fluoridos elfüstöléssel történt [2]. Utóbbi esetben gondosan ügyelni kell a fluor maradéktalan eltávolítására, mert jelenléte negatív hibát okoz [10]. A törzsoldat készítéséhez 110 °C-on kiszáritott mintából 0,5–1,0 g-t mértünk be.

#### 2.1 0–1,0% $\text{Al}_2\text{O}_3$ meghatározása

Vegyünk ki a törzsoldatból 20  $\text{cm}^3$ -t (max. 0,2 mg  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -t tartalmazó részt) két 250  $\text{cm}^3$ -s „A” és „B”-vel jelölt lombikba, és adjunk hozzá annyi desztillált vizet, hogy térfogata kb. 100  $\text{cm}^3$  legyen. Mérjük az „A” lombikba 10  $\text{cm}^3$  tioglikolsav-oldatot, a „B” lombikba 5  $\text{cm}^3$  EDTA-oldatot, majd adjunk mindkét lombikba 25  $\text{cm}^3$  solochrom-cyanin-R oldatot és 20  $\text{cm}^3$  ammónium-acetát oldatot. Töltjük jelig desztillált vízzel a lombikokat. 15 perc állás után mérjük az „A” oldat fényelnyelését „B”-hez viszonyítva, 1 cm-s küvettában, 540 nm hullámhosszon.

#### 2.2 1,0–10% $\text{Al}_2\text{O}_3$ meghatározása

Vegyünk ki a törzsoldatból 20  $\text{cm}^3$ -t és hígítsuk desztillált vízzel 500  $\text{cm}^3$ -re. A vizsgálatokat a hígított törzsoldatból végezzük az 2.1 pontban leírtak szerint. A kiértékelés a hitelesítő görbe adataiból számolt egyenlettel történik. Az alumínium(III)-oxid tartalmat tömeg %-ban az alábbi képlettel számítjuk:

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = \frac{m_1 \cdot H}{m \cdot 10}, \text{ ahol}$$

$m_1$  a hitelesítő görbe egyenletéből számolt  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tömege (mg)

$m$  a törzsoldat készítéséhez bemért minta tömege (g)

$H$  hígítás

Különböző anyagtípusok  $Al_2O_3$  tartalmára kapott eredmények

Minta jele	fotometriás módszer			kémiai elemzés		
	$Al_2O_3$ %	szórás ( $\pm s$ )*	százalékos szórás ( $\pm s\%$ )	$Al_2O_3$ %	szórás ( $\pm s$ )	százalékos szórás ( $\pm s\%$ )
cement-ny. liszt (1)	3,10	0,020	0,68	3,19 <sub>1</sub>	0,090	2,87
cement-ny. liszt (13)	1,85	0,016	0,86	1,70 <sub>1</sub>	0,085	5,0
selypi üzemi cementiszap	2,40	0,021	0,88	2,47 <sub>1</sub>	0,11	4,45
váci ólomüveg	1,06	0,018	1,69	1,60 <sub>1</sub>	0,077	4,81
fehérváresurgói homok	0,72	0,021	2,94	0,65 <sub>2</sub>	0,028	4,35
pécsváradai földpátos homok	9,21	0,080	0,84	9,08 <sub>2</sub>	0,08	0,93
parádi ólomüveg	0,19	0,005	2,56	0,21 <sub>2</sub>	0,007	3,33
tokodi opálüveg	5,19	0,059	1,12	4,98 <sub>2</sub>	0,035	0,71
füstszerű üveg	0,41	0,007	1,72	0,38 <sub>2</sub>	0,11	2,89
kristályüveg	0,41	0,006	1,46	0,41 <sub>2</sub>	0,017	4,15
mészködara	0,072	0,004	5,55	0,27 <sub>1</sub>	0,012	4,44
				n.d. <sub>2</sub>	—	—

Megjegyzés: 1 – tömegszerinti meghatározás, 2 – komplexometriás meghatározás

## Kísérleti eredmények értékelése

A módszer ellenőrzésére meghatároztuk néhány nemzetközi és hazai standard minta alumínium (III)-oxid tartalmát. Az eredményeket az 1. táblázatban foglaltuk össze. A mérési eredmények jól megközelítették a megadott értékeket: A 2. táblázatban különböző anyagtípusok  $Al_2O_3$  tartalmára kapott eredményeket és azok százalékos szórását foglaltuk össze. A fotometriás módszerrel kapott eredmények mellett a táblázat tartalmazza, a más (pl. tömegszerinti, térfogatoss) módszer-

rel kapott elemzési adatokat is. Vizsgálataink során minden mintából hét meghatározást végeztünk. A meghatározás a várakozási időt is beleértve kb. 25–30 percet vesz igénybe.

A tömegszerinti ill. komplexometriás eljárásnál gyorsabb, megfelelően pontos és megbízható mérési eredmények indokolták, hogy a módszert laboratóriumunkban bevezettük és rutinszerűen alkalmazzuk.

## IRODALOM

- [1] Erdey László (1960): A kémiai analízis súlyszerinti módszerei. II. kötet. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- [2] Tamás Ferenc (1970): Szilikátipari laboratóriumi vizsgálatok. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- [3] Sajó István (1962): Komplexometria. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- [4] Tráger Tamás (1978): Röntgenszínkép-elemzési módszer egyes szilikátipari nyersanyagok vizsgálatára. Tudományos Ülésszak közleményei, SZIKKTI.
- [5] Price, W. J. (1977): Atomabszorpciós spektrometria. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- [6] Sajó István (1971): Termometria. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- [7] Upor Endre (1978): Fotometriás nyomelemzési módszerek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- [8] Tyihonov, V. N. (1966): Zs. Anal. Him. 21. 829 (1966)
- [9] Tyihonov, V. N. (1971): Analiticheszkaja himija aljuminijija, Nauka, Moszkva.
- [10] Bennett, H., Reed, R. A. (1971): Chemical methods of silicate analysis. Academic Press, London.

Fodor Péterné: Alumínium(III)-oxid tartalom meghatározása szilikátokban fotometriás módszerrel.

Az  $Al_2O_3$  tartalom meghatározását, a lúgos feltárás, illetve hidrogénfluorid elűstölés után kapott törzsolatból, solochrom-cyanin-R reagenssel, 540 nm hullámhosszon végeztük. A zavaró ionok maszkírozása tioglikolsavval történt.

A meghatározás ideje: 25–30 perc.

A meghatározás százalékos szórása, a minták alumínium-tartalmától függően 1–5% között változott.

1. táblázat

Nemzetközi és hazai standardminták  $Al_2O_3$  tartalma

Minta jele	Standard érték %	fotometriás módszer		
		%	szórás ( $\pm s$ )*	százalékos szórás ( $\pm s\%$ )
SKÜ-II. kvarehomok	0,50	0,55	0,014	2,57
BCS 314 szilikátégla	0,77	0,74	0,007	0,95
BCS 381 bázikus salak	0,67	0,67	0,007	1,05
NBS 89 Pb-Ba üveg	0,18	0,14	0,005	3,57
NBS 91 opálüveg	6,01	6,23	0,014	0,23
klinker standard 1. (Bélapátfalva)	4,34	4,35	0,026	0,60

\* szórás és százalékos szórás számítása az

$$s = \pm \sqrt{\frac{\sum(\bar{x} - x_i)^2}{n-1}}$$

$$s\% = \frac{\pm s \cdot 100}{\bar{x}} \text{ képlettel történt}$$

**Fodor, P-ne: Определение содержания окиси-алюминия (III) в силикатах фотометрическим методом**

Определение  $Al_2O_3$  производилось щелочным сплавлением, или же фтористо-водородной вытяжкой, из точного раствора с реагентом солохром-цианин-R при длине волны 540 нм. Максировка мешающих ионов осуществлялась с помощью тиогликолевой кислоты. Время определения: 25—30 минут.

Процентный разброс определения в зависимости от содержания алюминия составляет 1—5%.

**Fodor, Márta: Bestimmung des Aluminium(III)-oxyd-gehaltes in Silikaten durch photometrisches Method.**

Die Bestimmung des  $Al_2O_3$  - Gehaltes wurde aus einer nach basischem Aufschluss, sowie einem Ausrauchen mit HF erhaltenen Stammlösung mittels Solochrom -

Zyanin - R Reagenten, bei einer Wellenlänge von 540 nm durchgeführt.

Die Maskierung der störenden Ionen geschieht durch Tio - Glykol - Säure.

Die Zeitdauer der Bestimmung beträgt ungef. 25 - 30 Min. Das prozentuale Streuen ändert sich zwischen 1 - 5% abhängig von dem  $Al_2O_3$  - Gehalt.

**Fodor, Péterné: Photometric Determination of  $Al_2O_3$  in Silicates**

Determination was done from the stock solution, obtained after basic attack or its residue aft hydrofluoric acid treatment. The reagent was Solochrom-cyanine R, wavelength 540 nm. Disturbing ions were masked by thioglycolic acid. Accuracy of the method (depending on the  $Al_2O_3$  content of the sample) 1 - 5%. Time requirement: 25 - 30 mins.

## Kitüntetettjeink

A Magyar Népköztársaság  
Elnöki Tanács  
nyugállományba vonulásuk alkal-  
mából  
BODA Lászlónak, a CM Tatabányai  
Gyár igazgatójának,  
FEHÉR Józsefnek a Somogy-Zala  
megyei Téglaiipari Vállalat igaz-  
gatójának  
a MUNKÁÉRT  
arany fokozata  
kitüntetését adományozta.  
Az építésügyi és városfejlesztési  
miniszter az 1981. évi „ÉPÍTŐK  
NAPJA” alkalmából eredményes  
munkájukért  
„KIVÁLÓ MUNKÁÉRT”  
kitüntetését adományozta.  
BORBÉLY Csabának  
az Északdunántúli Téglá és Cse-  
répipari Vállalat igazgatóhelyet-  
tesének,  
BORBÉLY Ferencnek  
a Gránit Csiszolókorong és Kő-  
edénygyár gyáregységvezetőhe-  
lyettesének,  
CSÁNYI Lászlónak  
az Északdunántúli Téglá és Cse-  
répipari Vállalat üzemvezetőjé-  
nek,  
Dr. DOLEZSAI Károlynak  
a Szilikátipari Központi Kutató

és Tervező Intézet osztályvezető-  
jének,  
FÓRIS Ferenc  
a Szilikátipari Központi Kutató  
Tervező Intézet osztályvezető  
helyettesének  
ILLÉS Lászlónak  
a Cement és Mészművek Váci  
Gyára üzemvezetőjének  
KATÓ Aladárnak  
az Északdunántúli Téglá és Cse-  
répipari Vállalat főművezetőjé-  
nek  
KELEMEN Istvánnak  
Üvegipari Művek csoportvezető-  
jének  
Dr. LEPSÉNYI Tamásnak  
az Építésügyi és Városfejlesztési  
Minisztérium osztályvezetőjének  
Dr. NAGY Gézának  
Miskolci Nehézipari Műszaki  
Egyetem adjunktusának  
NAGY Jánosnak  
CEMŰ Bélapátfalvi Gyár osz-  
tályvezetőjének  
Dr. NAGY Károlynak  
a Veszprémi Vegyipari Egyetem  
adjunktusának  
ŐSZ Mihálynak  
az Orosházi Üveggyár osztály-  
vezetőjének

PÉTER Gyulának  
a Finomkerámiaipari Művek lé-  
tesítmény főmérnökének  
PETRÁS Jánosnak  
a FIM Romhányi Építési Kerá-  
miagyár osztályvezetőjének  
SÁNDOR Józsefnek  
a Salgótarjáni Síkúveggyár gyár-  
tástechnológusának  
SZABÓ Józsefnek  
a Somogy Zala megyei Téglá és  
Cserépipari Vállalat csoportveze-  
tőjének  
SZÁDER Rudolfnak  
az Üvegipari Művek szaktanács-  
adójának  
SZI Márton Antal  
a Dél-dunántúli Kőbánya mű-  
vezetőjének  
SZOKOLAI Sándornak  
Kavicsbánya Vállalat igazgató-  
jának  
SZÓKUP Károlynak  
a Parádi Üveggyár üzemvezető-  
jének  
SZORGALMAS Mihálynak  
az Eternit Azbesztcementipari  
Vállalat osztályvezetőjének  
A kitüntetéshez gratulál és jó  
egészséget kíván a  
Szilikátipari Tudományos  
Egyesület

# Különböző oxidokkal kevert kálicföldpát hevíthető mikroszkópos vizsgálata

KOZMA BÉLA\* – BÁNSÁGHY ZSUZSANNA\*\*

\*FIM Alföldi Porcelángyár, Hódmezővásárhely

\*\* Szilikátipari Központi Kutató Intézet, Budapest

## Bevezetés

Viszonylag nagy hőtágulási együtthatóval rendelkező fém-kerámia kompozíció kerámiai komponensének előállításához tanulmányoztuk a különböző földpát és oxid rendszerek viselkedését.

Ebben a cikkben ezen rendszerek olvadási viselkedését tárgyaljuk, hevíthető mikroszkóppal végzett vizsgálatok alapján. A hevíthető mikroszkóppal nyert eredmények értékelése nem egységes a szakirodalomban: mérik a fényképezett területet, a próbatest magasságát, szélességét, ezek arányát (1, 2, 3, 4). A minták olvadási viselkedésének összehasonlítására a grafikus módszerekből továbbfejlesztett értékelést alkalmaztuk.

## Kísérleti rész

### Vizsgálati és értékelési módszer

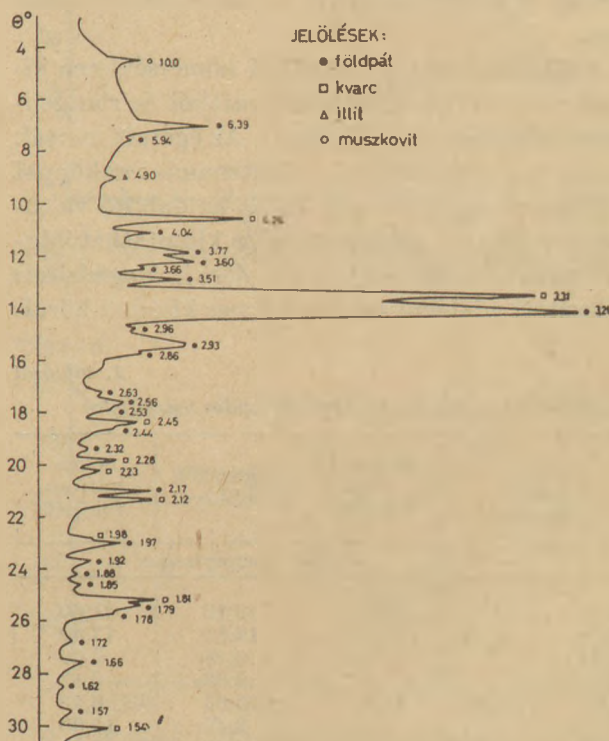
A vizsgálatokat Leitz-Wetzlar típusú hevíthető mikroszkóppal 10 K/perc felfűtési sebességgel végeztük. A vizsgált minták őrlésfinomságát 60 mikrométeres szitán max. 0,5% szitamaradék jellemzi. Az olvadási viselkedés összehasonlítására az árnyképek magasság/szélesség hányadosát ( $m/sz$ ) számítottuk ki.

Ábráinkon az  $m/sz$  arány és a magasság ( $m$ ) változását ábrázoltuk a hőmérséklet függvényében. A 293 K-en mért értékek képviselik a vonatkozási alapot. A magasság/szélesség arány (folytonos vonal) és a magasság (szaggatott vonal) változásának együttes ábrázolása szemléletes képet nyújt a hevítés során az anyagban bekövetkező változásokról. A két görbe információ-tartalma kiegészíti egymást: az  $m$  görbe kifejező a zsugorodásra az olvadás kezdetéig, míg az  $m/sz$

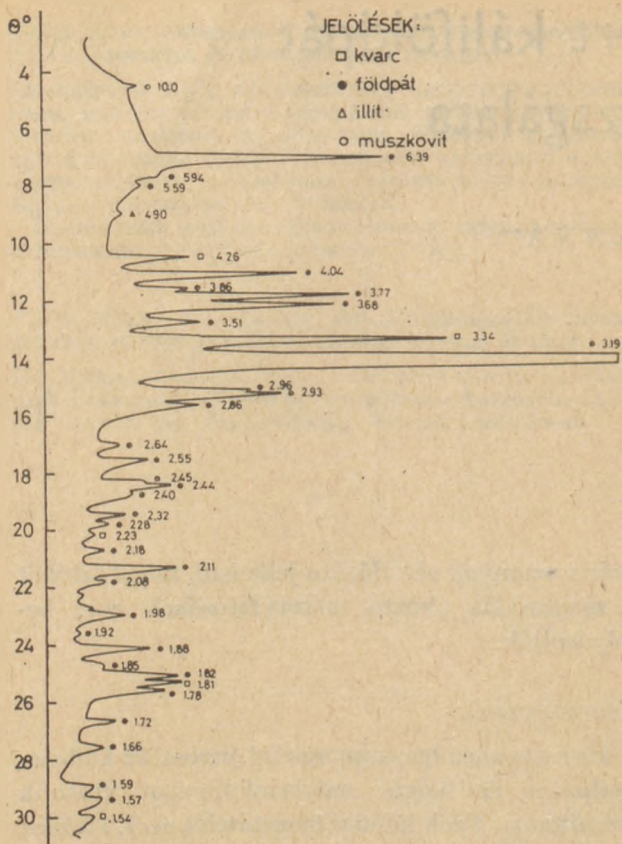
arány az anyag olvadására jellemző, mivel értékét a zsugorodás okozta méretváltozások nem befolyásolják.

### Nyersanyagok:

A kísérletekhez bázisanyagként jugoszláv káliumföldpátot és bolgár nátriumföldpátot vettünk számításba. Ezek kémiai összetételét az 1. táblázat tartalmazza. A kémiai összetételből látható, hogy a jugoszláv földpát nem tisztán káliumföldpát, hanem jelentős mennyiségű nátronföldpátot — albitot — tartalmaz, valamint meglehetősen magas a kvarc tartalma is.



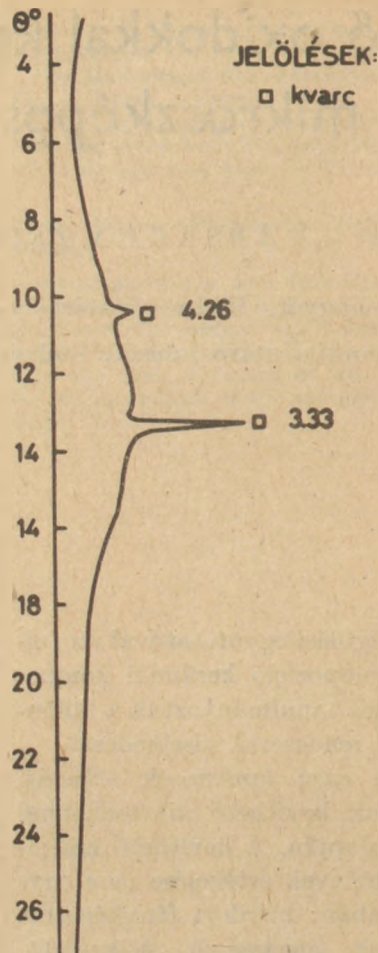
1. ábra. Jugoszláv káliumföldpát röntgenogramja



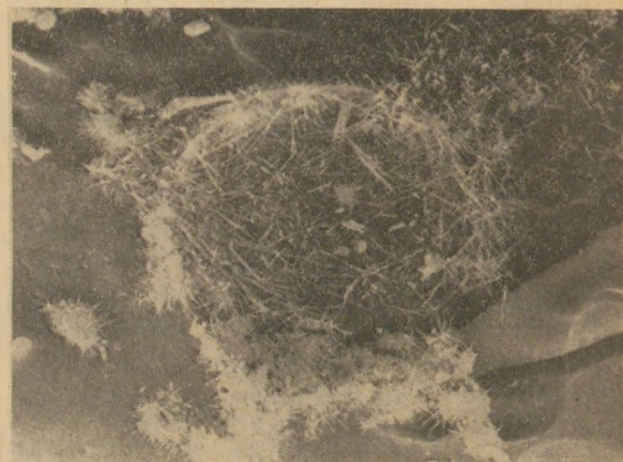
2. ábra. Bolgár nátriumföldpát röntgenogramja

A bolgár nátriumföldpát összetétele jól megközelíti az elméleti nátriumföldpát összetételét. Mindkét anyag röntgendiffrakciós vizsgálata alapján látható (1., 2. ábra), hogy a földpát mellett kvarc, muszkovit és kevés illit is jelen van.

A földpátokat 1523 – 1533 K hőmérsékleten kiégetve az anyag kristályos kvarcból és röntgenamorf alkotókból áll (3. ábra). Az égetett minták maratott preparátumát elektronmikroszkóppal (SEM) is megvizsgálva a mullit különböző változatait találtuk a röntgenográfias kimutathatóságánál kisebb mennyiségben (4. ábra). Megfelelően választott adalékokkal és alkalmas kísérleti körü-



3. ábra. 1523 – 1533 K-en égetett földpátok röntgenogramjai



4. ábra. Tűalakú mullit a káliumföldpátban

1. táblázat

A különböző megvizsgált földpátok oxidos összetételei

oxid alkotók	elméleti káli-földpát	jugoszláv kálföldpát	bolgár nátron-földpát
	oxid mennyiségek %		
SiO <sub>2</sub>	64,80	73,10	71,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,50	14,85	17,40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	0,28	0,09
MgO	—	0,08	0,13
CaO	—	0,64	0,22
Na <sub>2</sub> O	—	2,45	10,00
K <sub>2</sub> O	16,70	7,90	0,36

mények mellett nagyobb mennyiségű mullit képződhet, amely hasznos anyagi alkotóként vehető számításba.

Ismeretes, hogy a káliumföldpát inkongruensen (1413–1443 K között) olvadva leucitot és nagy viszkozitású olvadékot ad, a nátriumföldpát

viszont kongruens olvadásponttal, 1391 K-en viszonylag kevésbé viszkózus olvadékot képez. A kísérletekhez használt adalékok: analitikai tisztaságú MgO, CaO, TiO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO, MoO<sub>3</sub>, SnO<sub>2</sub>, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> és kereskedelmi minőségű ZrSiO<sub>4</sub>.

Az adalékokat 10 s% mennyiségben kevertük a földpátokhoz és 1523 – 1533 K hőmérsékleten kétórás hőntartással égettük.

*Az olvadási viselkedés hevíthető mikroszkópos tanulmányozása*

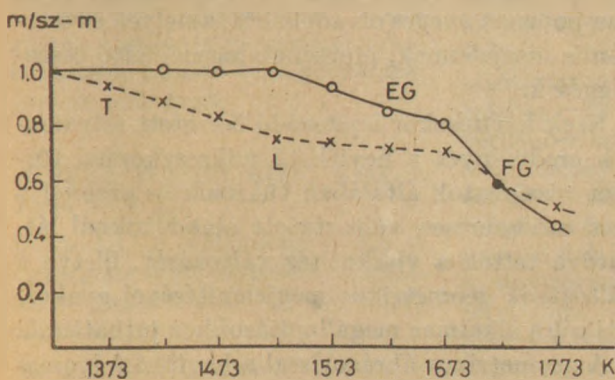
A hevítési diagramok menetét tekintve a káliföldpát (kfp) esetében (5. ábra) a görbék magasabb hőmérséklettartományt fednek át és lassúbb lefutásúak mint a nátronföldpátnál (6. ábra), s ezen túlmenően tömörödési, lágyulási jellemzőkben is különbség jelentkezik.

Az adalékolt káliföldpát minták hevítési görbéi lefutási jellegük szerint csoportosíthatók. Ezekből a továbbiakban csak felsorolt csoportokból egy-egy jellemző diagramot a 7–9. ábrákon láthatunk a földpátoknál már ismertetett szerkesztési móddal. A hevített minták karakterisztikus pontjait a 2. táblázat tartalmazza.

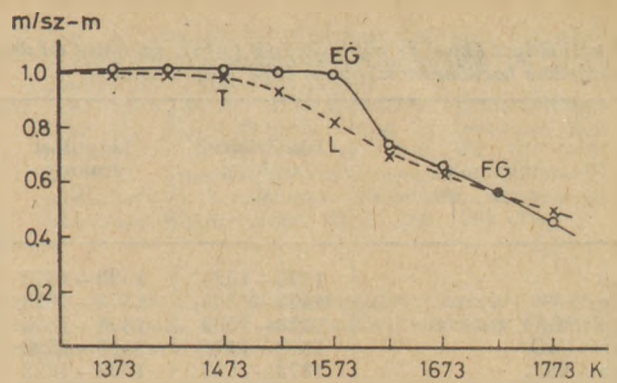
A káliföldpát (kfp) + TiO<sub>2</sub>, kfp + ZrO<sub>2</sub>, kfp + MoO<sub>3</sub>, kfp + SnO<sub>2</sub>, kfp + La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> minták hosszan elnyúló, az alacsonyabb hőmérsékleti szakaszban kitartó majd fokozatosan ereszkedő, de általában egyenletes menetű görbével jellemezhetők (7. ábra).

A káliföldpát (kfp) + Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, kfp + NiO, kfp + ZnO, kfp + ZrSiO<sub>4</sub> próbák hevítési görbéi szintén hosszú szakaszon ereszkedőek, viszont kisebb-nagyobb lépcsőzetességet is mutatnak (8. ábra).

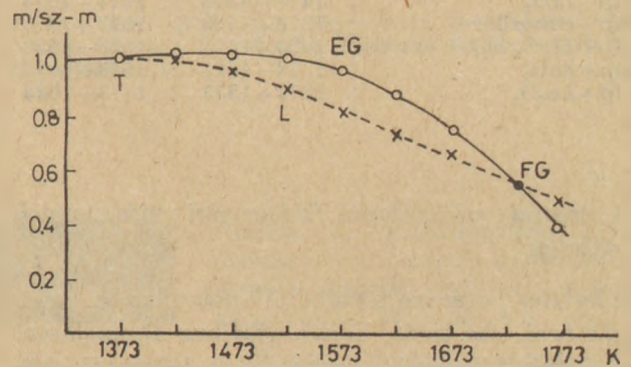
A káliföldpát (kfp) + MgO és kfp + CaO vizsgálati anyagok hevítési görbéi a többtől eltérően gyors lefutásúak különösen az utóbbinál szembe-tűnően (9. ábra).



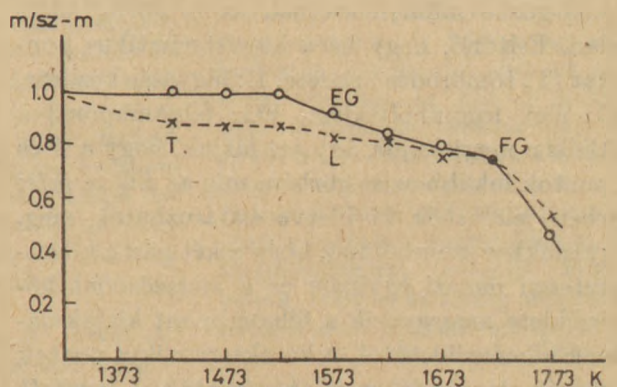
5. ábra. A káliumföldpát hevítőmikroszkópi görbéi



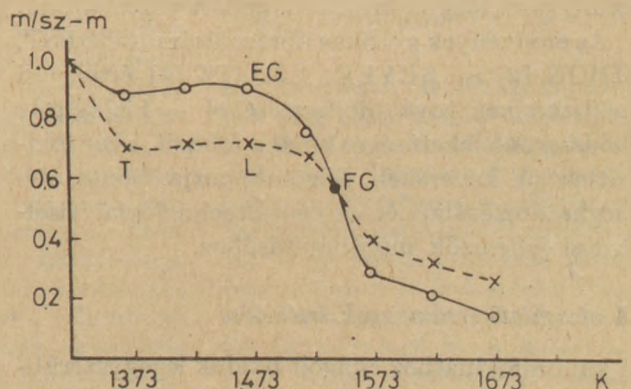
6. ábra. A nátriumföldpát hevítőmikroszkópi görbéi



7. ábra. Ón-oxid tartalmú káliumföldpát hevítőmikroszkópi görbéi



8. ábra. Cink-oxid tartalmú káliumföldpát hevítőmikroszkópi görbéi



9. ábra. Kálium-oxid tartalmú káliumföldpát hevítőmikroszkópi görbéi

A kálijöldpát (kfp) és nátronföldpát (nfp), valamint adalékokkal kevert kálijöldpát viselkedése hevítőmikroszkóppal 1773 K-ig vizsgálva

anyagok	tömörödési szakasz K	lágyulási szakasz K	élek legömbölyödése K	félgömbpont K	
				képi	grafikus
kfp	1373 – 1523	1523 – 1673	1623	1723	1723
nfp	1473 – 1573	1573 – 1623	1573	1673	1693
kfp + MgO	1373 – 1523	1473 – 1573	1573	1623	1633
kfp + CaO	1273 – 1473	1473 – 1523	1473	1533	1553
kfp + TiO <sub>2</sub>	1373 – 1523	1523 – 1623	1573	1673	1703
kfp + Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1423 – 1573	1573 – 1673	1623	1733	1773
kfp + NiO	1373 – 1523	1523 – 1673	1623	1733	1733
kfp + ZnO	1423 – 1573	1573 – 1673	1573	1723	1733
kfp + ZrO <sub>2</sub>	1473 – 1573	1573 – 1673	1623	1723	1573
kfp + cirkozil	1373 – 1523	1523 – 1673	1623	1733	1733
kfp + MoO <sub>3</sub>	1423 – 1523	1523 – 1623	1673	1733	1733
kfp + SnO <sub>2</sub>	1373 – 1523	1523 – 1673	1623	1743	1743
kfp + La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1373 – 1573	1473 – 1623	1573	1723	1693

A mérési eredmények feldolgozási módszerének értékelése

A hevítés hatására történő állapotváltozást mint már arról szó esett, kettős grafikus ábrázolással kívántuk kifejezni a *m/sz* és *m* jellemzők hőmérséklet függvényében.

A vizsgált rendszerekben az *m/sz* viszonyt kifejező görbe minden esetben az *m* görbe felett halad. Feltűnő, hogy ha a karakterisztikus pontokat (*T*: tömörödés kezdete, *L*: lágyulás kezdete, *EG*: élek legömbölyödése, *FG*: félgömbpont) a görbéken megjelöljük úgy azt látjuk, hogy a *T* és *L* pontok inkább az *m* görbén, míg az *EG* az *m/sz* görbén jelölhető ki illetve határozható meg. Ugyanakkor szembe tűnő, hogy a két görbe következetesen metszi egymást és a metszéspont hőmérséklete megegyezik a félgömbpont kialakulásának hőmérsékletével. A karakterisztikus pontok a görbék alapján jól meghatározhatók. A hevített minták képi értékelését – amit egyébként párhuzamosan minden esetben elvégeztünk – főleg az *EG* pont meghatározásánál kellett végrehajtani.

Az eredmények grafikus ábrázolására – OBST, SIMON [2] és BEYER, LENITZ [4] értékelési módszereinek továbbfejlesztésével – kialakított módszerünk lehetőséget kínál a földpát, akár földpátbázisú keverékek félgömbpontja pontosabb meghatározásához és az égetéstechnológiai viselkedési jellemzők megállapításához.

A vizsgálati eredmények értékelése

A káliumföldpáthoz adagolt oxidok legegyszerűbben – formálisan – a Seger felfogás szerint lehetnének értékelhetők hevítési görbéiket tekintve.

Így a ZrO<sub>2</sub>, MoO<sub>3</sub>, SnO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrSiO<sub>4</sub> mint hálózatképző illetve savanyú oxidok alakítják a hevítési tulajdonságokat.

NiO és ZnO valamint a CaO és MgO pedig – RO típusú oxidként – az előbbiektől eltérő szerepet játszanak a földpát hevítési tulajdonságának befolyásolásában.

Az adalékok hatása végül is a következőképpen összegezhető: a Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrSiO<sub>4</sub>, SnO<sub>2</sub> határozottan csökkentették, a NiO, ZnO, MoO<sub>3</sub> észlelhetően csökkentették, a TiO<sub>2</sub>, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> megfigyelhetően növelték, a MgO, CaO pedig határozottan növelték a kálijöldpát olvadákonyságát. Az égetett mintákban meghatározó a röntgenamorf fázis.

Az előbbi csoportosítás lényegében egy módosított földpátüveg kémiai összetétele és fizikai tulajdonsága – ez esetben viszkozitása – közötti összefüggésre utal. Ismeretes, az is, hogy a földpát üvegek viszkozitása összefüggésben van a szerkezettel, amelyet viszont az összetétel meghatároz. A szilikátüvegben az egy hálózatalkotó atomra jutó oxigénatomok száma és a viszkozitás között fontos összefüggések ismeretesek. Sokkomponensű üveges olvadékokra, amelyek ez esetben is megjelennek, nincsenek használható összefüggések.

Ezek hevítésekor lejátszódó összetett folyamatok eredményét a hevíthető mikroszkóppal történt vizsgálatok általában tükrözik és ezeknél a nem módszeresen változtatott olvadékoknál láthatóvá tették a viszkozitás változását, illetve a változások geometrikus megjelenítésével gyakorlati célra alkalmas megállapításokhoz juthattunk.

A geometrikus ábrázolással a hevítési folyamatot jellemző görbék karakterisztikus pontokkal

intervallumokra oszthatók. A pontoknak megfelelő hőmérsékletek jelezték mind a földpát, mind a földpátbázisú keverékek olvashatóságát. A földpát kimutatott kvarctartalma valamennyi mintánál a magasabb hőmérsékletek felé tolta a karakterisztikus pontokat. A vizsgált minták szűkebb összehasonlításait a lágylási intervallumok megjelölése teszi lehetővé, s ebben a szakaszban a viselkedés már az olvadt állapotú fázis viszkozitásával van összefüggésben.

## IRODALOM

[1] Zapp, F., Domagala, I.: Das Schmelzverhalten von Feldspaten im Erhitzungsmikroskop. *Keram. Ztschr.* 6, 10, 505–507 (1954)

- [2] Obst, M., Simon, I.: Untersuchung von Feldspaten mit der erhitzungsmikroskopischen Methode. *Keram. Ztschr.* 22, 5, 209–214 (1970)
- [3] Radczewski, O. E.: Mikroskopische Untersuchungen über das Schmelzverhalten von keramischen Feldspaten. *Ber. dt. Keram. Ges.* 47, 6, 351–357 (1970)
- [4] Beyer, E., Lanitz, W.: Erhitzungsmikroskopische Untersuchungen keramischer Rohstoffe, Massen und Glasuren, *Silikatechnik* 23, 6, 200–204 (1972)

*Козма, В.—Ванцагу Ж.: Испытание калиевого полевого шпата, смешанного с различными окислами с помощью нагревательного микроскопа*

*Kozma, Béla—Bánsághy, Zsuzsanna: Erhitzungsmikroskopische Untersuchung, mit verschiedenen Oxyden vermengter Kalifeldspate*

*Kozma, Béla—Bánsághy, Zsuzsanna: Investigation of Potash Feldspar Mixed with Different Oxides in a Heating Microscope*

# Lapszemle

## CEMENT AND CONCRETE RESEARCH, Elmsford, 1980. 6. sz.

Stuart, E. D.—Anderson, D. A.—Cady, P. D.: *Pernyét és szuperplasztifikálószeret tartalmazó portland-cement-habarcsonokon végzett nyomószilárdsági vizsgálatok.* 823–832. old.

Két különleges, vízszükségletet csökkentő plasztifikálószernek a pernyét tartalmazó cementhabarcsonok nyomószilárdságára és rugalmassági modulusára gyakorolt hatását vizsgálták. Az eredmények szerint a habarcsszilárdság-javító kémiai plasztifikálószernek hatékonysága a felhasznált cement pernyetartalmával arányosan csökken. Nagyobb szilárdság nem érhető el, vagy túlságosan kicsi ahhoz, hogy a drága kémiai plasztifikálószer alkalmazását indokolná. A szilárdsági eredmények a habarcsonok azonos bedolgozhatóságára vonatkoznak.

## CEMENT WAPNO GIPS, Krakko, 1980. 8—9. sz.

Derdacka, A.—Malolepszy, J.: *A mesterséges salak aktiválása alkáliával — salakcement —.* 217–220. old.

Az alkáli aktivátorok hatása a különböző kémiai összetételű mesterségesen előállított salakok szilár-

dulási folyamatára. Melilit sorból származó és anortit típusú salakokat használtak fel. Aktivátorként nátriumhidroxidot és nátriumkarbonátot alkalmaztak. A salak és az aktivátorok közötti reakció fokát, valamint az aktivátorok hatását a salak szilárdulására vizsgálták. A mesterséges salak szilárdságát az aktivátor típusa, valamint a próbatest hőkezelési módja befolyásolja. Az anortit típusú savanyú salakok esetében a legjobb aktivátor a nátriumhidroxid.

Derdacka-Grzymek, A.—Stok, A.: *Cement nélküli pernye-kötőanyag.* 220–222. old.

A nátriumhidroxiddal aktivizált pernyékből készült cementnélküli kötőanyag jellemzése. Az előállított kötőanyag kötési és szilárdulási folyamata számos tényezőtől függ, többek között a pernye aktív alkotórész tartalmától és azok egymáshoz viszonyított arányától. A pernyében levő oldódó aktív alkotórész mennyisége függ az üvegösszetételétől, a kristályos fázis, főleg mullit fázis defektusának fokától, valamint a vas, mész és kén mennyiségétől és azok előfordulási formájától. A pernye aktivitását bizonyos mértékben befolyásolja az elégtelen szén mennyisége, azaz aprószemű koks és pernye szerkezete is.

Gustaw, K.—Roszczynialski, W.: *Cement őrlése minipebs típusú malmokban flotanól felületaktív anyag adagolásával.* 226–230. old.

A flotanól felületaktív anyag adagolásának hatása az őrlési folyamatra laboratóriumi és ipari minipebs típusú malmokban. A flotanól módosítja a megkötött cement tulajdonságait, a kötőanyag szilárdságát növeli. Az első 12 óra alatt lelassítja az alit és a tri-kalciumaluminát hidratációját, és az adott idő elteltével ezek a fázisok nagyon erősen reagálnak a vízzel. Ezenkívül bizonyították a flotanól pozitív hatását a cement őrlésre és tulajdonságaira, valamint kimutatták, hogy ez az anyag alkalmazható cement őrlésnél minipebs típusú malmokban intenzifikátor anyagként.

Stabrawa, S.: *TANDEM kemencéből származó kohósalak felhasználhatósága betongyártáshoz.* 233–234. old.

80% üvegfázist tartalmazó kohóból származó salak kémiai összetétele. E kohósalak jó fagyállósággal rendelkezik. A készített betonkeverékek — melyekben a 0–20 mm-es frakciót kohósalakkal helyettesítették — jó tulajdonságokkal mutatott. A beton jó bedolgozhatósága miatt alkalmazható építkezésnél a Stetter szivattyú is. A kohósalak teljes értékű adalékanyag a beton gyártásánál, és helyettesíthető vele a hiánycikket képző betonadalékok.

Roszczyński, W.: *Puccolán anyagok felhasználhatósága a cementiparban.* 238–242. old.

A diatomaföld, kovaföld, pernye, valamint a réz és acél gyártásánál keletkező salak aktív adalékanyagként való felhasználásának kutatási eredményei a cementiparban. Ezek az anyagok eredményesen használhatók fel a cementiparban jó minőségű puccolán, kohósalak, salákpuccolán, valamint szulfátálló cementek előállításánál. A cement gyártásánál alkalmazott aktív adalékanyagok osztályozását, kémiai összetételét, valamint az adalékokkal készült cement szilárdságát táblázatok mutatják.

**CEMENTBULLETIN, Wildeg,**  
1981. 13. sz.

*Színes árnyalatú beton.* 1–8. old.

A látszó-beton felületek természetes szürke színe egyhangú, hideg, semleges hatású. A modern építéssel az építőanyagok, épületfelületek változatosabb alakú, felületi struktúrájú és lehetőleg színesebb kiképzésre törekszik. Reprezentatív épületek anyagában színezett látszóbeton felülete különösen tetszetős, esztétikus. A beton színezésére alkalmas festékpigmenteket Svájcban a zürichi Bayer AG cég állítja elő. Színes betonfelületekkel díszített kereskedelmi, oktatási, egészségügyi, és lakóépületek bemutatása tíz ábrán.

**KUNSTSTOFFE IM BAU, München,**  
1981. 1. sz.

Doppler, C. W.: *Hő és hangszigetelés kemény műanyagokkal a padlófűtésnél.* 4–6. old.

1981 óta érvényes a fokozottabb hőszigetelési követelmény, amely 1983-tól tovább szigorodik. A födémekre előírt legnagyobb hőátbocsátási koefficiens  $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Ez 60 mm vastag műanyaghabbal kielégíthető.

A fokozott követelményhez 10–12 cm-es műanyaghab szükséges. Általában  $20 \text{ kg/m}^3$ -es műanyaghabot használnak a padlószigeteléshez. Lépéshanggátlás céljaira 20–25 mm vastag rugalmas habot

használnak. A falak mellett a födémeknél elválasztó csíkokat kell beépíteni. A profilozott műanyaghabok alkalmasak a fűtőcsövek szigetelésére.

**DIE NATURSTEIN-INDUSTRIE,**  
Baden-Baden, 1981. 1. sz.

Rauch, H.: *Kőkitermelés és feldolgozás.* 13–16. old.

A kőzetelőfordulás nagyságának meghatározása geoelektromos méréssel és magfúrással. A bányatető lefedésének módszerei. A meddőanyag elhelyezése. A nagylyukú robbantás szempontjai. Az optimális bányafal-magasság, fúrólyukátmérő és robbanóanyag megválasztása. Homlokrakodók és hidraulikus kotrók előnyei és hátrányai a lerobbantott halmaz rakodása során. Az elő- és utántörési technológiában alkalmazott aprítógépek méretezése a feladott anyag és a késztermék szemmagysága szerint. Nemeszualék előállítása.

**PCA RESEARCH AND DEVELOPMENT BULLETIN,**  
Philadelphia, 1979. RD 067.01 M

Abrams, M. S.: *Szervetlen anyagok viselkedése tűzben.* 1–36. old.

A viselkedés az idő-hőmérséklet összefüggéstől függ. A hőhatás megváltoztatja a szilárdsági, rugalmassági és termikus tulajdonságokat. A szerkezetek viselkedésének vizsgálatánál lényeges a hőmérséklet-eloszlás ismerete. Különböző betonoknál, acéloknaál, tégláknál, gipsznél, azbesztcement lapoknál stb. ismertetik a fenti tulajdonságok változásait. A szervetlen anyagokból készült szerkezetek tűzben való viselkedésének becslésére szolgáló módszer. Részletes adatok néhány konkrét tűzeset kapcsán a becslésre vonatkozó ismeretek felhasználhatóságáról.

**PCA RESEARCH AND DEVELOPMENT BULLETIN,**  
Phidalphia, 1978. RD 066

Litvin, A. – Belliston, H. W.: *Hangátadási veszteség betonfalakon.* 1–9. old.

Bár a betonfalak általában kielégítik a hangszigetelési követelményeket, a kísérletek szerint viszonylag olcsó módszerekkel, így hangszigetelő lapokkal, gipszbevonattal, lényegesen javítani lehet a hangszigetelést. 152 és 203 mm vastag öntöttbetonból  $203 \times 203 \times 406$  mm méretű könnyűbeton elemekből készült falakat vizsgáltak az ASTM E 90, ill. ASTM E 413 szerint és 63-ig terjedő STC-értékeket kaptak. Más szerzők adatait is közlik.

**SPRECHSAAL Coburg,** 1981., 1. sz.

Ibrahim, D. M. – El-Adly, T. M. N.: *A mésztartalom hatása az agyagtéglák kivirágzására.* 22–25. old.

A téglák kivirágzását elsősorban az oldható sók okozzák. Elméleti megfontolások alapján magasabb égetési hőmérsékleten az anyag kalciumkarbonát tartalma elbomlik, és a levegő és füstgázok kéndioxidjával és kéntrioxidjával kalciumszulfáttá alakul. A kísérletek alapján a nagy mészkőtartalmú agyagok jobban hajlanak kivirágzásra. Ilyen esetekben homok adagolásával csökkenthető a CaO/SiO<sub>2</sub> arány, ami a kivirágzási hajlamot csökkenti. Az oldható sók mennyisége az égetési hőfok növelésével csökken. Nagyobb tömörségű téglák kivirágzási hajlama nagyobb.

Petersen, H. H.: *Új irányzatok az elektrosztatikus portalanításban: az utcaszélesség növelése, előfeltöltés és lüktetéses gerjesztés alkalmazása.* 19–28. old.

Az új tervezési elveket Japánban széleskörűen alkalmazzák. Az elektrofilterekben az ún. utcaszélességet az eddigi 200–300 mm-ről 400–600 mm-re növelik, és az alkalmazott feszültséget arányosan emelik. Az elektrofilterek teljesítménye nem változik, azonban a beruházási költségek csökkennek és karbantartásuk könnyebbé válik. Nagy fajlagos ellenállású porok leválasztására USA-ban és Japánban kifejlesztették a kétfokozatú leválasztókat, és sikeresen alkalmazzák a lüktetéses gerjesztést, mellyel a részecskék feltöltődését és az árameloszlást megjavították, valamint lehetővé vált az áram szabályozásának függetlenítése a feszültségtől.

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet nyersanyag adatlap		
Sorszám .....	CSASZOVJÁRI AGYAG	Kiadás éve 1979.....

Készült a SZIKKTI Finomkerámia Osztályán

Összeállította: *Szilágyi László*

1. Lelőhely: Szovjetunió

2. Földtani és teleptani jellemzés:

3. Mintavétel: 1977. szeptember 6. Zsolnay Porcelángyár Pécs

Vizsgálati szám: ÉN 1514

4. Kémiai analízis (%)

	izz.v.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
1.	9,45	53,54	31,78	1,25	1,09	0,62	0,59	1,41	0,30	
2.	9,54	54,56	30,18	1,37	1,16	0,68	0,58	1,89	0,39	0,09
3.	11,91	51,15	33,03	1,09	0,44	ny	1,35	0,43	0,43	

1. SZIKKTI 1977. október, 2. SZIKKTI 1967. május,  
3. Kőbányai Porc. 1977. ápr. 30.



## 7. Ásványi összetétel: %

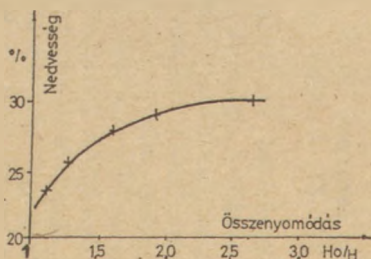
kaolinit	23
illit	7
kvarc	11
Rtg amorf	59

## 8. Fizikai tulajdonságok:

metilénkék felület ..... 66 ..... m <sup>2</sup> /g	metilénkék adszorpció kolinmetriáson mérve
vízgőzadszorpció ..... 4,3 ..... %	telített NaCl oldat fölött 48 óra alatt
sűrűség 21 °C-on 2,560 ..... g/cm <sup>3</sup>	MSz 12785/2-72
iszapolási maradék > 200 μm ..... 12 ..... %	MSz 12787/2-72

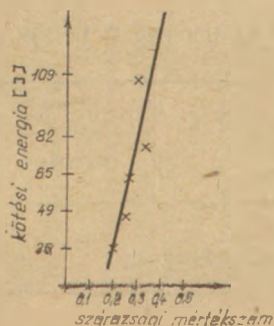
## 9. Reológiai vizsgálatok: nem bontható

Szárz- anyag %	Elektrolit %	I S Z A P	
		viszkózitás mPas	
		16 sec <sup>-1</sup>	1310 sec <sup>-1</sup>

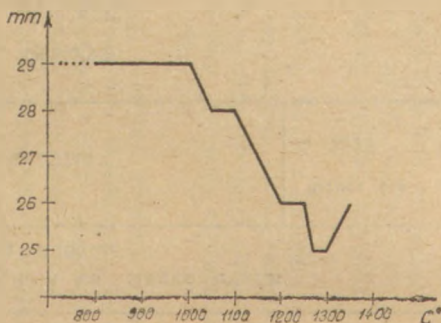
10. Képlékenység Pfefferkorn szerint  
Pfefferkorn szám: 31

## 11. Száradási érzékenység

Alviset szerint



## 12. Hevítőmikroszkópi zsugorodás



13. Kerámiai tulajdonságok: Próbatési készítés. MSz 12788 /3-72

nyers állapotban

		Formázási mód	
		plasztikus	sajtolt
megmunkálási víztartalom	%	25	
száradási zsugorodás	%	7,9	
száraz hajlításiilárdság	MPa	6,6	
nyers testsűrűség	g/cm <sup>3</sup>	1,850	

égetett állapotban Felfűtési sebesség: 150 C°/óra Hőntartás: 2óra

	dimenzió	Égetési hőmérséklet °C				
		1000	1100	1200	1300	1400
Égetési zsugorodás	%	1,7	4,6	7,5	6,4	3,5
Sűrűség	g/cm <sup>3</sup>	2,697	2,648	2,645	2,633	2,588
Vízfelvétel	%	8	3	2	3	4
Testsűrűség	g/cm <sup>3</sup>	2,01	2,01	2,22	2,30	2,05
Porozitás (nyílt)	%	16,1	6,9	4,4	4,7	8,3
Hajlításiilárdság	MPa	33	44	49	36	28
Szinkordináták MOMCOLOR N° 112787 készülék	x	0,330	0,326	0,335	0,335	0,323
	y	0,335	0,334	0,343	0,340	0,334
	Y	71,44	73,15	59,32	48,85	56,61

14. Tűzállóság PK .....152..... MSz 394-66

---

*A szerkesztésért felel:*

Dr. Székely Ádám

*Szerkesztőség:*

Budapest VI., Anker köz 1 – 3. 1368

Telefon: 226-497

*Felelős kiadó:*

Siklósi Norbert

*Kiadja:*

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

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

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a 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: negyedévre 57,- Ft, félévre 114,- Ft, egyes szám ára 19,- Ft.

Megjelenik havonként

81/1024. Franklin Nyomda, Budapest

Felelős vezető: Mátyás Miklós igazgató

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

Ára: 19,— Ft