



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
VEGYÉSZMÉRNÖKI ÉS BIOMÉRNÖKI KAR

---

## **Pórusos anyagok az építőiparban**

Pórusos anyagok beadandó esszé

**Horváth Szilvia**

**Vegyésszmérnök MSc hallgató**

# Tartalom

<b>1. Építőanyagok</b> .....	3
1.1 <i>Építőanyagok csoportosítása</i> .....	3
<b>2. Építőanyagok tulajdonságai</b> .....	3
2.1 <i>Építőanyagok tulajdonságainak csoportjai</i> .....	3
2.2 <i>Tömegeloszlással kapcsolatos tulajdonságok</i> .....	4
<b>3. Pórusosság szerepe a különféle építőanyagok tulajdonságaira</b> .....	4
3.1 <i>Betonok fogalma, előállítása, porozitás hatása a szerkezetre</i> .....	4
3.1.1 <i>A beton fogalma</i> .....	4
3.1.2 <i>Beton előállítása, cement megszilárdulási folyamata</i> .....	4
3.1.3 <i>A beton és a porozitás [3]</i> .....	6
3.1.4 <i>Porozitás befolyásolása a víz cement tényezővel</i> .....	7
3.1.5 <i>Összefüggés a beton porozitása és a nyomószilárdsága között</i> .....	8
3.1.5 <i>Frissbeton levegőtartalmának hatása a beton tartósságára</i> .....	9
3.1.6 <i>Pórusok és a hőszigetelés</i> .....	11
3.1.7 <i>Betonok felhasználása</i> .....	11
3.2 <i>Kerámiák és a porozitás</i> .....	11
3.2.1 <i>Kerámia fogalma</i> .....	11
3.2.2 <i>Kerámiák előállítása</i> .....	11
3.2.3 <i>Kerámiák jellemzési módszerei</i> .....	12
3.2.4 <i>Kerámiák porozitása az építőiparban</i> .....	12
3.3 <i>Polimer habok előállítása, pórusosság előnyei</i> .....	13
3.3.1 <i>Polimer habok fogalma</i> .....	13
3.3.2 <i>Polimer habok előállítása</i> .....	13
3.3.3 <i>Polimer habok jellemzése</i> .....	14
3.3.4 <i>Polimer hab pórusosság, felhasználás</i> .....	15
<b>4. Összefoglalás</b> .....	15
<b>5. Irodalomjegyzék</b> .....	15

# 1. Építőanyagok

## 1.1 Építőanyagok csoportosítása

Az építőanyagok már az őskor óta folyamatos fejlődésen mentek keresztül és ez a fejlődés még napjainkban is tart, hiszen ez modern társadalmunk egyik elengedhetetlen kelléke. Az építőiparban történő kutatásokban sokféle csoportosítást használhatnak, azonban én ezek közül egyet szeretnék kiemelni. Eszerint megkülönböztetünk 4 féle építőanyag csoportot, melyek az alábbiak:

- Alapvető építőanyagok: ezek a mindenki által jól ismert anyagok már régóta vagy kevésbé régóta fontos szerepet töltenek be az építkezések során. Ilyenek a fák, kőzetek, kerámiák, üvegek, egyszerű műanyagok.
- Összetett építőanyagok: szálerősítésű anyagok, betonok, habarcsok, aszfaltok, szigetelő anyagok.
- Kötőanyagok: kötőanyagoknak nevezzük azokat az anyagokat, amelyek kémiai vagy fizikai folyamatok hatására képesek folyékony vagy pépszerű állapotból szilárd állapotba átalakulni, szilárdságukat általában fokozni és a hozzájuk kevert szilárd anyagokat (adalék-anyagokat) összeragasztani. Megkülönböztetünk szervetlen kötőanyagokat (mész, cement, gipsz) és szerves kötőanyagok (bitumen, kátrány).
- Módosító anyagok: kötést befolyásoló adalékszerek (gyorsítók, késleltetők), tömörséget befolyásoló adalékszerek és technológiai adalékanyagok (képlékenyítők, folyósítók, zsalueválasztók)

Ezen csoportok tanulmányozása elkerülhetetlennek látszik, ha szeretnénk megismerkedni az építőanyagokkal, azok szerkezetével, valamint felhasználási lehetőségeikkel. [1]

## 2. Építőanyagok tulajdonságai

### 2.1 Építőanyagok tulajdonságainak csoportjai

Abban az esetben, ha építkezni szeretnénk, fontos tudnunk, hogy az általunk választott építőanyagok milyen tulajdonságokkal rendelkeznek, annak érdekében, hogy megtudjuk alkalmasak-e a kívánt szerep betöltésére. Ezeket a tulajdonságokat/jellemzőket alapvetően 6 csoportba soroljuk [1]:

- A **kémiai tulajdonságok** meghatározzák a kész építőanyagok összetételét, ami fontos szerepet játszik az anyag környezettel szemben való ellenálló képességében, kinézetében, hővezetésében, mechanikai tulajdonságaiban.
- Az olyan **fizikai** tulajdonságok, mint tömeg, tömegeloszlás, sűrűség, porozitás satöbbi olyan fizikai jellemzőket határozhatnak meg, mint szilárdság, keménység vagy akár a hang és hőszigetelési képesség.
- Az **alakváltozási** tulajdonságok az anyag deformációval szembeni ellenállását, alakíthatóságát jellemzik. Ezek a rugalmassági modulus, szívóosság, rugalmas alakváltozás, maradó alakváltozás.
- Az **alakíthatóság** megmutatja mennyire feldolgozható, formálható az adott anyag (kovácsolhatóság, faraghatóság, formázhatóság).

- A **tartósság** tulajdonságából következtethetünk arra, hogy az adott építmény mennyi ideig lesz használható állapotban, vagyis a funkcióit teljes mértékben mennyi ideig képes ellátni.
- Speciális tulajdonságok például az esztétikai megjelenés, szín és felületi struktúra.

## 2.2 Tömegeloszlással kapcsolatos tulajdonságok

A fent felsorolt tulajdonságok közül szeretném kiemelni a fizikai tulajdonságokat és azokból is a tömegeloszlással kapcsolatos mennyiségeket. A tömegeloszlással kapcsolatos tulajdonságok rendkívül sok mérőszámmal jellemezhetők. Ezek az anyagsűrűség, testsűrűség, halmazsűrűség, térfogati sűrűség, tömörség, halmaztömörség, porozitás, összporozitás, pórustartalom. Az itt felsorolt tulajdonságok mindegyike az anyagokkal és azok sűrűségeivel áll valamilyen kapcsolatban. Ezzel szemben mindegyik tulajdonságból, valamilyen szemszögből más információt nyerhetünk. [1]

Ezen adatok, valamint a fajlagos felület ismeretében egy pórusokkal rendelkező anyagot könnyedén jellemezhetünk és megtudhatjuk milyen helyeken, területeken és milyen körülmények között alkalmazhatjuk. Azonban meg kell jegyeznünk, hogy még így sem kapunk biztosan teljes képet az építőanyagunkról, tehát további jellemzési módokat is figyelembe kell vennünk az esetleges tervezések során. [1]

## **3. Pórusosság szerepe a különféle építőanyagok tulajdonságaira**

Az építőiparban, mint azt korábban már említettük igen sokféle és változatos építőanyagot használnak. Ezek közül az anyagok közül egyesekben igen nagy szerepet játszik az anyag pórusossága. Ilyenek például a talán legnagyobb mennyiségben használt betonok, a kerámiák, a polimer habok, de még a fémhaboknak is előnyös tulajdonságokat adhat a pórusos szerkezet. A továbbiakban ezen anyagokat és azok viszonyát a pórusossággal szeretnénk részletesebben áttekinteni.

### 3.1 Betonok fogalma, előállítása, porozitás hatása a szerkezetre

#### *3.1.1 A beton fogalma*

A beton egy összetett mesterséges építőanyag, amelyet kötőanyag, víz, adalékanyag és esetleg adalékszer keverékéből állítanak elő. Készítéskor lágy, alakítható, majd kötőanyag és a víz között meginduló fizikai és kémiai folyamatok hatására előbb megköt, majd fokozatosan szilárdul és mesterséges kővé alakul. [1]

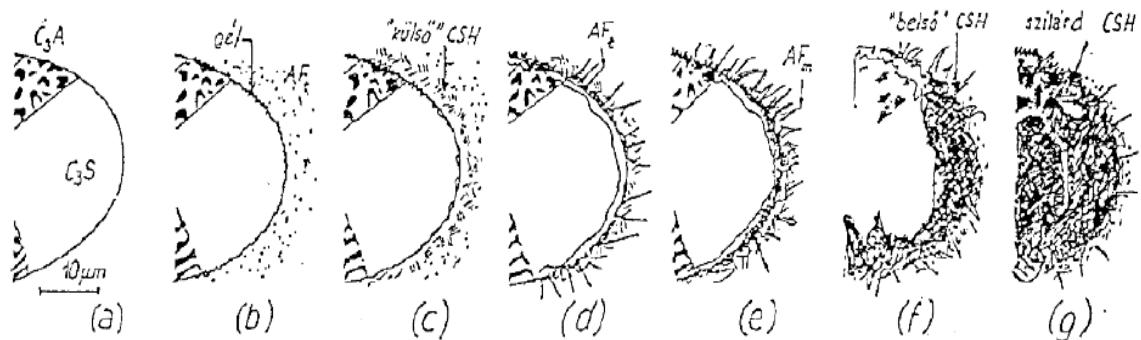
#### *3.1.2 Beton előállítása, cement megszilárdulási folyamata*

A hagyományos értelemben vett betont, meghatározott arányú portlandcement, adalékok (homok, kavics) és víz összekeverésével készítik, homogenizálják, formázzák, öntik tömörítik. Mivel a homok és a kavics is szilikátásvány, ezért a felületükön lévő terminális Si-OH csoportokat a cement hidratációs hője/reakcióentalpiája felaktiválja. Ezáltal ugyanúgy oxigénhidas –Si-O-Si- kötésekkel létesítenek 1-1 vízmolekula kilépésével, mint a hidraulikus tulajdonságú cementáló anyagok.[2]

A lejátszódó folyamatokat jól szemlélteti az 1. ábra, melynek jelöléseinek értelmezését az 1. táblázatban foglaltam össze.

1. táblázat Az 1. ábrához tartozó jelölésjegyzék [2]

Jelölést takaró molekula	Jelölése a rajzon
CaO	C
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A
SiO <sub>2</sub>	S
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F
H <sub>2</sub> O	H
Kalcium-szilikát-hidrát	CSH
Ettringit	AF <sub>t</sub>



1. ábra Cement megkötődésének lépései [2]

Az 1. ábra a) részében még a hidratálatlan szemcsét láthatjuk az összes többi ásvánnyal, ami körbeveszi azt.

b) A víz hozzáadásával a trikálcium-aluminát (C<sub>3</sub>A) molekulák vízmolekulák felvételével hidratálódnak, majd leadásával „átrendeződnek” és reagálnak a kalcium-szulfáttal létrehozva a kalcium-szilikát-hidrátokat(CSH). A felületen amorf, aluminátban dús gél és rövid ettringit pálcikák képződnek.

c) A vízhozzáadás után 10 órával a C<sub>3</sub>A és az AF<sub>t</sub> pálcika-hálón külső kalcium-szilikát-hidrát (CSH) terméket képez, a szemcsefelület és a hidratált héj között körül-belül 1 μm méretű rés marad.

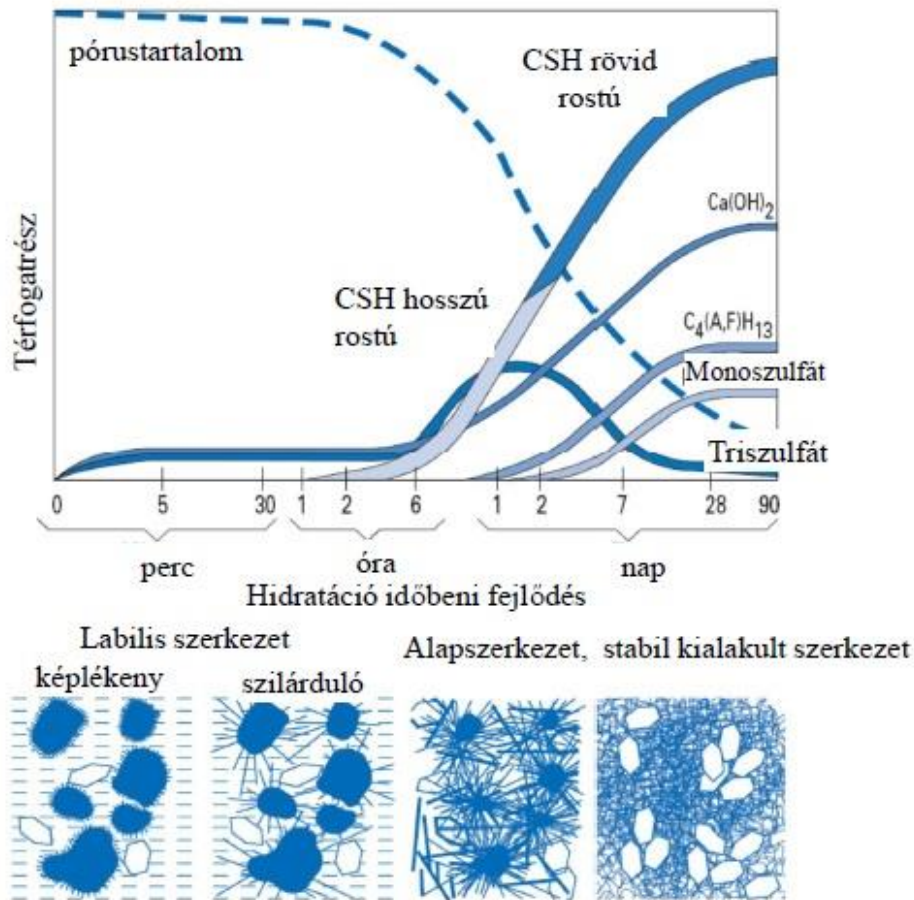
d) A vízhozzáadás után 18 órával a trikálcium-aluminát (C<sub>3</sub>A) és az ettringit pálcikák között egy másodlagos reakció játszódik le, mely során hosszú ettringit pálcikák alakulnak ki és a trikálcium-szilikát (C<sub>3</sub>S) hidratációja következtében egy belső kalcium-szilikát-hidrát (CSH) termék is képződik.

e) 1-3 nap múlva a trikálcium-aluminátból(C<sub>3</sub>A) AF<sub>t</sub> és hexagonális AF<sub>m</sub> keletkezik, a belső kalcium-szilikát-hidrát (CSH) termék folyamatos keletkezése mellett, ami folyamatosan csökkenti a hidratálatlan szem és hidratált héj távolságát.

f) 14 nap múlva elegendő belső kalcium-szilikát-hidrát (CSH) termék képződik, ahhoz, hogy a szemcse és a héj közötti tér kitöltődjön a külső kalcium-szilikát-hidrát(CSH) termék pedig szálásabbá válik.

g) Évek múlva a hidratálatlan részből kalcium-szilikát-hidrát(CSH) keletkezik.[2]

Ezen folyamatok lejátszódása során a betonban található pórusok térfogata és mennyisége a 2. ábrán látható görbe lefutása alapján csökken.



2. ábra Pórustartalom változása a cement megkötése során

### 3.1.3 A beton és a porozitás [3]

A betonok fizikai tulajdonságai elsősorban a porozitástól, a pórusok méretétől és azok eloszlásától függenek. A hagyományos betonokban általában gélpórusok és kapilláris pórusok képződnek.

Gélpórusoknak nevezzük azokat a pórusokat, amelyek a cement-gélben lévő és a mikrokristályos hidrat termék közti teret alkotják, amely a cement és a víz reakciója során jön létre. A gélpórusok átmérője 1-10 nm közötti.

A kapilláris pórusok a beton testtérfogatának azt a részét képezik, amelyet nem töltött ki a hidratáció során létrejött többlet cementtérfogat, tehát kapilláris pórusoknak nevezzük azokat a pórusokat, amelyek a kémiai vízigényen felül adagolt víz elpárolgása után keletkező hajszálcsöves rendszert alkotják.

A beton porozitása alatt, a szilárduló vagy megszilárdult beton térfogategységében lévő folytonossági hiányt értjük, ami kapillárisok, légbuborékok és légzárványok formájában alakulhat ki. A megszilárdult beton porozitása teljes hidratáció mellett a frissbeton levegőtartalmától és a felesleges víz mennyiségétől függ. A frissbeton levegőtartalma az alábbiaktól függ:

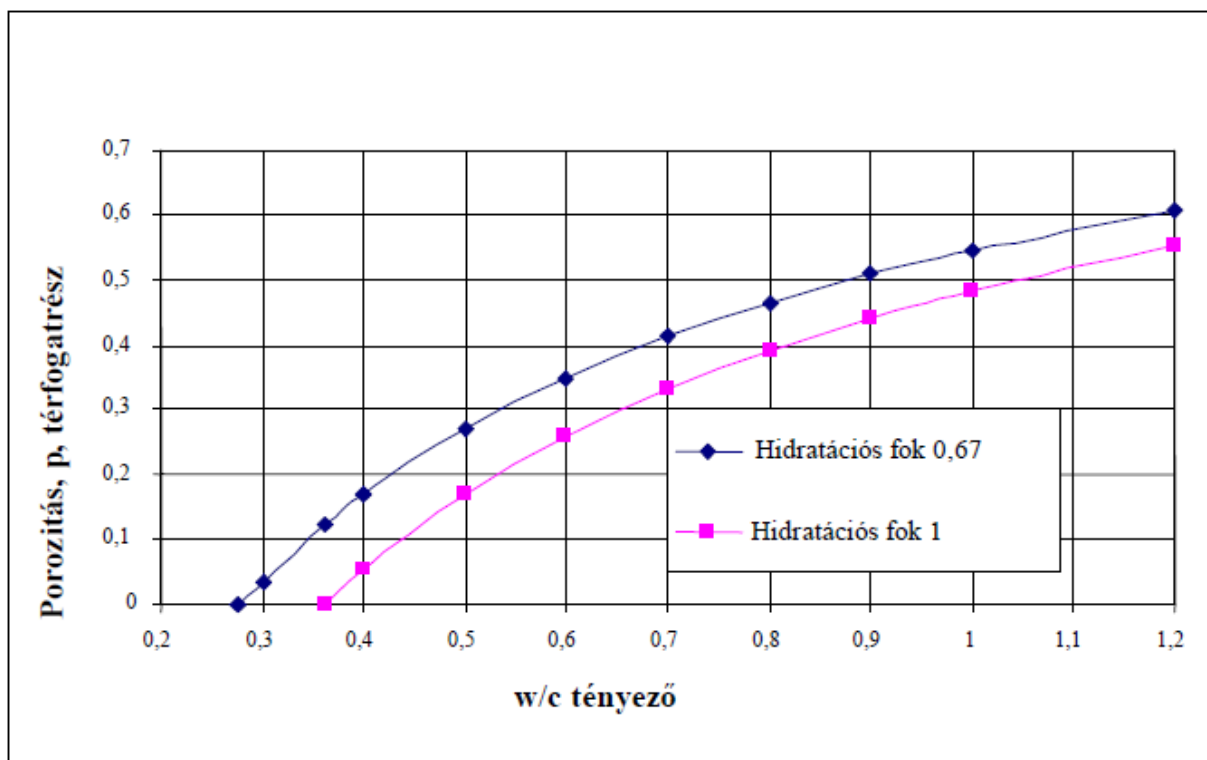
- a beton telítettségétől
- a tömörítés mértékétől
- az adalékanyag minőségétől (adalékanyag porózussága, adalékanyag alakja és felület érdessége)
- az adalékszerrel mesterségesen bevitt légpórusok (légbuborékok) tartalmától (légpórus képzők alkalmazása esetén)

A megszilárdult beton porozitása a felsorolt tényezőkön kívül még az alábbiaktól is függ:

- a víz-cement tényezőtől (végső forma szabad víz mennyiségétől)
- a hidratációs foktól (a beton korától, az érlelés hőmérsékletétől és a környezet nedvességtartalmától)
- az alaktól, tehát a fajlagos felülettől
- a tárolás módjától
- a párolgástól és párolgás sebességétől

### 3.1.4 Porozitás befolyásolása a víz cement tényezővel

A portlandcement (PC) megkötéséhez, a kémiailag szükséges víz mennyiségét,  $v/c = 0,20 - 0,23$  értékűre becsülik. Az ilyen beton azonban nem bedolgozható, a mindennapi gyakorlatban a víz-cement tényező elérheti a 0,6 értéket is. A nagyteljesítményű és nagy szilárdságú beton készítésekor általában a 0,30 – 0,35 érték tartására törekszenek.[2] Ez érthető abból a szempontból, hogy a víz-cement tényező értékének növelésével nő a pórusok által elfoglalt térfogatrész is. Ezt a 3. ábra is jól szemlélteti.[3]

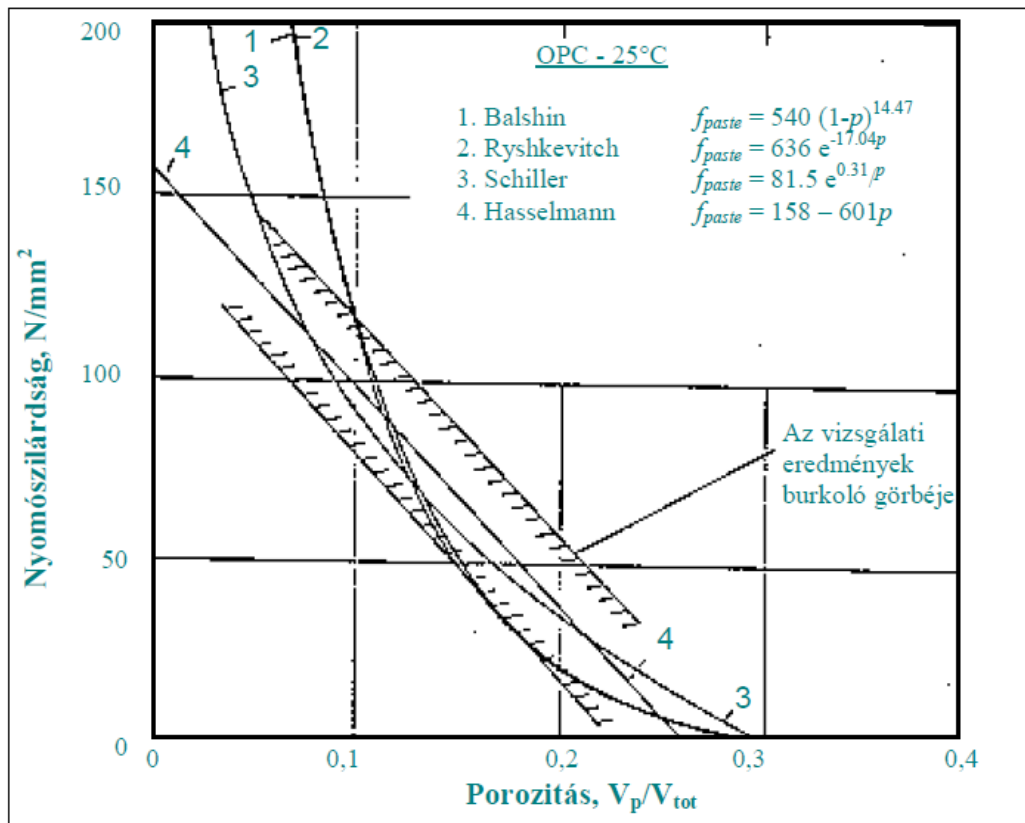


3. ábra Porozitás változása a víz-cement tényező növelésével

### 3.1.5 Összefüggés a beton porozitása és a nyomószilárdsága között

A beton jellemzésére szolgáló egyik legfontosabb mérőszám a betonok nyomószilárdsága, elsősorban igénybevételük jellege miatt. Egy beton jelölésében első helyen a beton jellemző legkisebb nyomószilárdsága szerepel. A szilárdság szerinti osztályozás alapja a 28 napos nyomószilárdság 150 mm átmérőjű, 300 mm magas hengereken, illetve 150 mm élhosszúságú kockán mért, az 5% alulmaradási valószínűséghez tartozó jellemző értéke N/mm<sup>2</sup>-ben.

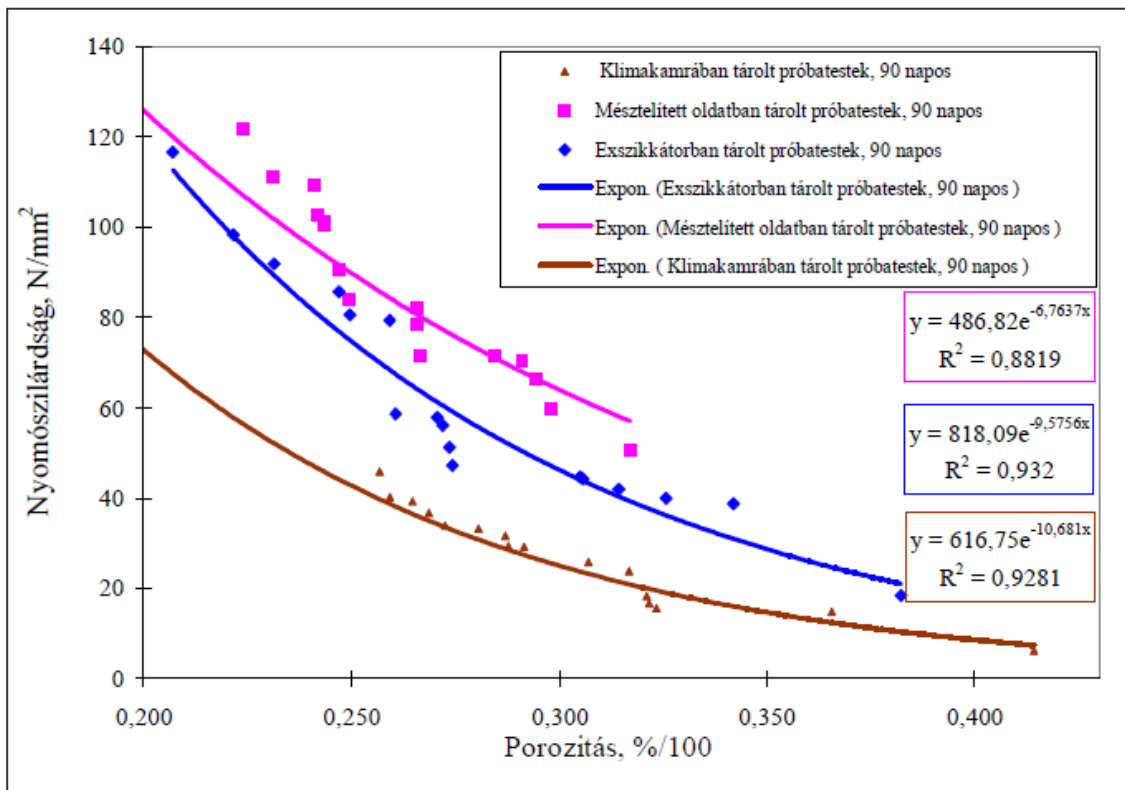
Többek között ezek miatt is fontos, hogy összefüggést találjunk a betonok porozitása és a nyomószilárdsága között. Erre a kérdésre többen is keresték a választ és különböző összefüggésekre jutottak. Ennek összefoglalása látható a 4. ábrán. [3]



4. ábra A beton porozitásának és nyomószilárdságának összefüggése egyes kutatók szerint

A cementkő kapillaris rendszerének kialakulása legjobban a víz-cement tényezőtől függ, amely a beton tartósságának szempontjából döntő jelentőséggel bír, melyet a 3. ábrán is láthatunk. A pórustartalom időbeni mértéke a hidratációtól függ. A hidratáció azonban csak addig megy végbe, amíg víz jut a cementhez. A hidratáció mértéke tehát lényegesen függ a kezelési és tárolási feltételektől, vagyis az utókezeléstől. Az erre való vizsgálatok eredményeit szemlélteti az 5. ábra.



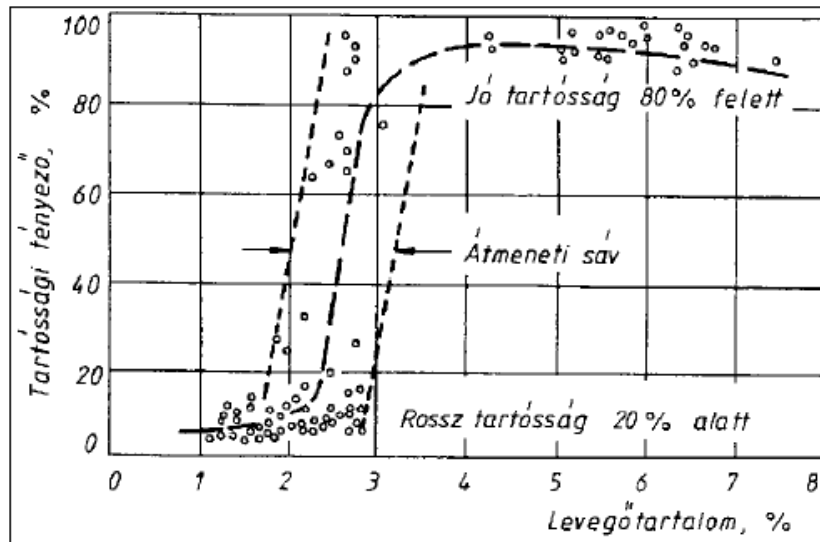


5. ábra Porozitás és nyomószilárdság összefüggés különböző tárolási feltételek mellett

Megállapíthatjuk tehát, hogy a betonok nyomószilárdsága exponenciálisan csökken a porozitásuk növekedésével, azonban ezt különböző tárolási feltételek biztosításával enyhíteni/korrigálni tudjuk. A porozitást pedig főként a víz-cement tényezővel tudjuk befolyásolni, valamint különböző tömörítési eljárásokkal.

### 3.1.5 Frissbeton levegőtartalmának hatása a beton tartósságára

A frissbeton levegő tartalmának nagy hatása van a tartósságára. Ennek vizsgálatára a beton fagygal szembeni ellenállására jellemző tartóssági tényezőjének változását figyelték a frissbeton levegőtartalmának függvényében. Tartóssági tényező a dinamikus rugalmassági modulus csökkenését jelenti 300 fagyasztási ciklus hatására az eredeti értékhez viszonyítva százalékban.

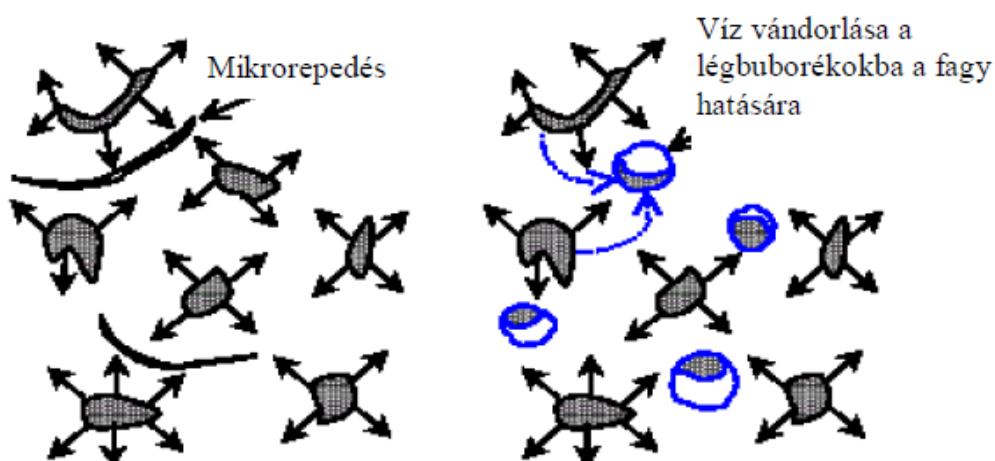


6. ábra A beton tartóssági tényezője a frissbeton levegőtartalmának függvényében

A fagyasztás során a víz megszilárdul és ez a megszilárdulási folyamat a víz térfogatának növekedését eredményezi. Ez a térfogat növekedés pontosan 9 %-os szokott lenni. A víz térfogat-növekedésének hatására a még meg nem fagyott víz hidraulikus nyomás alá kerül, és megindul a víz áramlása az üres pórusokba, telítetlen üregekbe. A hidraulikus nyomás rövid távolságon belül nem tud lecsökkenni, akkor olyan nagy nyomás alakulhat ki a cementkőben, amely már repedést okoz.[3]

Az téli fagyban az utak sózása ellenére is gondot okozhat a pórusok hiánya, mivel a sózás a betonnak csak a felső rétegét éri és a só kisebb koncentrációban van jelen a beton belsejében elhelyezkedő vizekben. Emiatt a közbenső réteg fagyása és a kialakuló hidraulikus nyomás folytán, amely az átfagyott rétegen keresztül nem tud csökkenteni, a felső vékony réteg leválik. Ez a szilárdsági tényezők romlásához vezet.

Ezt a hatást csökkenteni lehet légpórusképző adalékszerekkel, azonban korábban említett okokból a légpórustartalomnak nem szabad meghaladnia a 4 maximum 6 térfogatszázalékot.



7. ábra A fagy által létre hozott hidraulikus nyomás a betonban

### *3.1.6 Pórusok és a hőszigetelés*

Mindezen felül érdemes megemlíteni, hogy a beton előállítása során létrejövő zárt pórusoknak szerepe van az épületek hőszigetelésében is, azonban ennek biztosítására sok esetben további anyagokat is segítségül hívunk. Ilyen anyag például az üvegyapot, vagy a hőszigetelő üveg.

### *3.1.7 Betonok felhasználása*

A beton napjainkban az egyik legsokrétűbben felhasznált építőanyag. Járdáktól kezdve, épületek alapjain és födémein keresztül egészen egy hatalmas felhőkarcoló tartószerkezetig. A beton felhasználása gyakorlatilag minden területen előfordul, ahol építési tevékenység folyik. Felhasználás módja szerint lehet: alapbeton, tömegbeton, útbeton, vízépítési beton, szerkezeti beton, feszített beton, látszó beton. A felhasználási terület függvényében különleges betonokat alkalmazunk, mint például a kopásálló, vízzáró, fagyálló, hőszigetelő betonok.

A legalapvetőbb felhasználási terület az épületek alapozása. A beton magas nyomószilárdsággal rendelkezik, képes felvenni, elviselni, és az alatta lévő talajra juttatni, illetve azon eloszlatni az épület súlyát károsodás nélkül. Biztosítja az épület együttdolgozását, egyenletes mozgását, süllyedését (ha van). Talajvíz esetén a megfelelő technológiával, vízzáró betonlemezről készítik el az épület alapozását, mely egyrészt védi az épület belsejét a talajvíz káros hatásaitól, másrészt megfelelő tömeg esetén biztosítja az épületet felúszás ellen. A beton teherelosztó és szerkezetvédő felületként működik járdák, szigetelésvédő és aljzatbetonok esetében. Az előző alkalmazások, illetve födémlemezek, gerendák, áthidalók, oszlopok és még sok egyéb felhasználási terület szempontjából nagyon előnyös tulajdonság, hogy megfelelő zsaluzat esetén gyakorlatilag bármilyen geometriai formában előállítható építőanyagról van szó. Ugyanakkor mivel nem rendelkezik saját geometriával a zsaluzat használata általában elengedhetetlen betonozáskor. [1]

## *3.2 Kerámiák és a porozitás*

### *3.2.1 Kerámia fogalma*

A kerámia egy olyan ipari termék, melyet természetes szilikátos nyersanyagok, elsősorban agyagok formázása és ezt követő izzítása útján állítanak elő. Az építőiparban felhasznált kerámiákat majdnem kizárólag agyagból égetik, míg a nem agyag alapúakat a kohászat, a vegyipar, elektromos ipar, híradástechnika, vákuumtechnika, átviteltechnika és a rakétatechnika használja fel.

### *3.2.2 Kerámiák előállítása*

A kerámiák előállítása során 5 fő lépést különböztetünk meg:

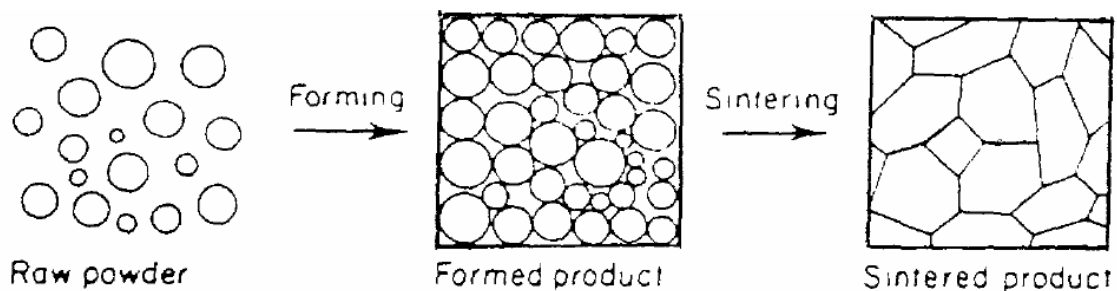
- Nyersanyag megválasztása
- Nyersanyag előkészítése
- Formázás
- Szárítás
- Égetés

Nyersanyag megválasztása: a késztermék tulajdonságait döntő mértékben befolyásolják a nyersanyag tulajdonságai. Ezért ki kell választani a célnak legmegfelelőbb anyagot.

Nyersanyag előkészítése: a nyersanyag előkészítése során kitermelik a megfelelő nyersanyagot és a megfelelő szemcseméret elérése érdekében őrlik, vagy egyéb technológiákkal csökkentik a szemcsék méretét és érik el a megfelelő részecske méret eloszlást. Ezután a porok jellemzése a részecske méret megoszlással, a morfológia és az összetétel megadásával történik.

Formázás: a formázás során történik az anyag tömörítése. Ez lehetséges egytengelyű száraz sajtolással, izosztatikus sajtolással, préssel, formaöntéssel és fröccsöntéssel is. Ekkor az anyag megkapja végső formáját, de végső méreteit még nem, hiszen az a hőkezelés során a zsugorodás következtében változik. Formázás során alakul ki az anyagban a pórusszerkezet, mely nagyban függ a szemcsék méretétől és a formázás típusától is.

Szárítás, égetés: szárítás után az anyagot magas hőmérsékleten hőkezelik. Ezzel megtörténik a végső tulajdonságok kialakítása, a forma rögzítése, a végső fizikai-, kémiai- és mikroszerkezet kialakítása.



**8. ábra** Kerámia előállításának főbb lépései és befolyásuk a szerkezetre

### 3.2.3 Kerámiák jellemzési módszerei

A kerámiákat gyakran használják szerkezeti anyagként és ilyenkor olyan általánosan használt mechanikai tulajdonságokkal jellemzik őket, mint a rugalmassági modulus, a keménység, valamint a törési szilárdság, ezen belül is hajlítoszilárdsággal, szakítoszilárdsággal és nyomási szilárdsággal. A kerámiák alapvetően az őket összetartó kovalens kötések miatt igen merev anyagok. Ezen felül a bennük kialakuló pórusrendszerek is befolyásolják ezen szilárdsági jellemzőiket.

### 3.2.4 Kerámiák porozitása az építőiparban

Mivel a kerámiák porozitása meghaladja a betonokét és a pórusokban található levegőnek a hővezetési tényezője nagyon kicsi ezért a kerámiák és abból gyártott falazóelemek jó hőszigetelő képességgel rendelkeznek. Előfordul, hogy ennek fokozására az előállítás során falisztet, fűrészport esetleg polisztirol gyöngyöket kevernek és ezeket hőkezelés során kiégetik hátrahagyva maguk után a pórusokat. De felhasználják őket födemelekként, külső falburkolóként és tetőcserépként is.

### 3.3 Polimer habok előállítása, pórusosság előnyei

#### 3.3.1 Polimer habok fogalma

A polimer hab fogalma alatt olyan kétfázisú rendszert értünk, amelyben statisztikus eloszlású, változó méretű gázbuborékok találhatók polimer mátrixba ágyazva.

#### 3.3.2 Polimer habok előállítása

A habszerkezetű polimerek többféle eljárással állíthatók elő. Az egyik legelterjedtebb módszer során, valamilyen gázt egyenletesen diszpergálunk a polimer fázisban és igyekszünk a diszperzót stabilan tartani. A habosodás során három fő részfolyamatot különböztetünk meg. A buborék kialakulása, iniciálása az első lépés. A buboréknak több forrása lehet, a leggyakoribb iniciálási módszerek a következők:

- a polimerben oldott gáz a hőmérséklet emelésével vagy a nyomás csökkenésével kioldódik és létrehozza a buborékot
- alacsony forráspontú folyadékot oldanak a polimerben és a fenti módszerek egyikével viszik gázfázisba
- kémiai reakcióból származó gáz habosítószerként hat
- hőmérséklet hatására elbomló vegyületet kevernek a polimerbe és a fejlődött gáz, rendszerint nitrogén vagy szén-dioxid, szolgál habosítóanyagként

A kialakult habszerkezet a habosító anyag mennyiségétől, a polimer tulajdonságaitól és a habosítási technológiától függ. A második fő lépés a buborék növekedése, melyet termodinamikai és kinetikai tényezők határoznak meg. A termodinamikai tényezők közül a legfontosabbak a cella belsejében és azon kívül uralkodó nyomás különbsége, a határfelületi feszültség és a cella mérete, illetve a határfelület nagysága. A kinetikai tényezők közül a polimer oldat vagy ömledék viszkozitása a döntő tényező. A harmadik lépésben pedig stabilizáljuk a buborékokat. Ennek két fontosabb módszere van. A polimer viszkozitásának növelése hűtéssel vagy térhálósítási reakciókkal. Túl nagy habosítóanyag koncentráció, illetve a polimer viszkozitásának túlságosan kis értéke a cellák egyesüléséhez, a hab összeeséséhez vezet. [4]



9. ábra Polimer habosítási eljárásai

A 9. ábrán látható a habosítási eljárások három fő csoportja.

A polimer habok előállítására rendkívül sok eljárást ismerünk. A habosított termékek egy jelentős részét a poliuretán habok teszik ki. Ennek oka ezek nagyfokú változatossága, miszerint hajlékony és kemény habok is előállíthatók belőlük. A poliuretán habok két fő komponense az izocianát és a poliól. A két reagens poliaddíciós reakciójának lejátszódása során, a reakció fajtájából kifolyólag melléktermék nem keletkezik, ami előnyös a későbbi feldolgozás szempontjából. A kiinduló anyagokat (diizocianát és poliól) egy erre alkalmas keverőfejjel

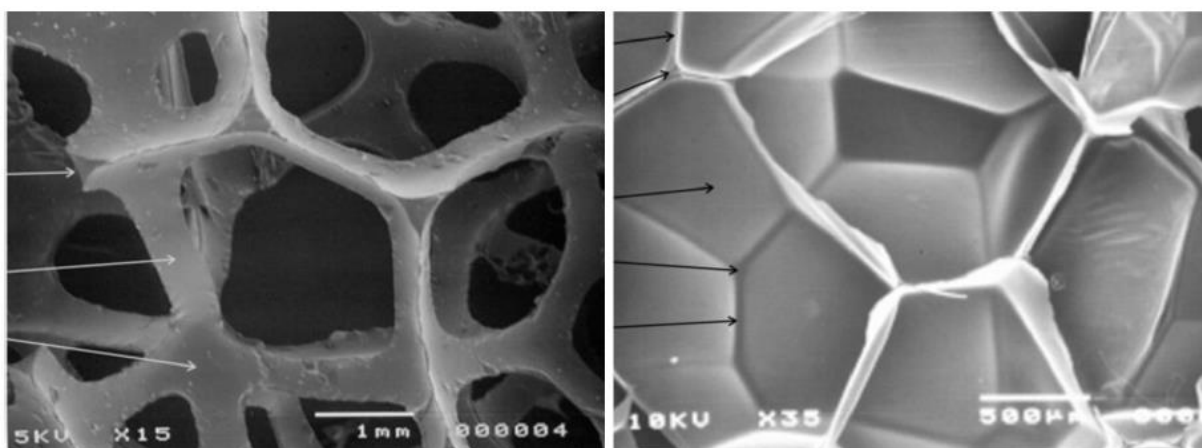
összekeverik, majd a keveréket egy egyenletes sebességgel haladó szalagra viszik fel, ahol a hőmérséklettől függően felhabosodik az anyag. [5]

A poliuretán mellett a polisztirolt használják a legnagyobb mennyiségben habok előállítására. A polisztirol habot közismertebb nevén hungarocelnak is hívjuk. A polisztirol habtermékeket több módszerrel állíthatják elő. Az eljárások közül az extrudált lemezek és lapok, az expandált PS blokkok, valamint a szerkezeti habok gyártása a legfontosabb. A habosított blokkokat alacsony forrponú folyadékot, általában pentánt tartalmazó PS gyöngyből állítják elő. A pentánt a polimerizáció során oldják a polisztirolba. A habosítást két lépésben végzik. Az 5-8% pentánt tartalmazó gyöngyöket melegítéssel, általában gőzzel előhabosítják, majd érlelik. A habosítás második lépésében az előhabosított szemcséket alumínium szerszámba töltik, majd gőzzel felmelegítik. A melegítés hatására a szemcsék tovább habosodnak és összeolvadnak. A habosítás után vízhűtéses alakrögzítés következik, majd a terméket eltávolítják a szerszámból. Az így kapott hab kiváló hőszigetelő képességet mutat, jól alakítható, és egészségre, környezetre nem veszélyes [5]

### 3.3.3 Polimer habok jellemzése

A habokat többféle módon osztályozhatjuk:

- Szerkezet szerint megkülönböztetünk nyílt pórusú habokat, amelyekben a cellák többsége egymással érintkezik és zárt pórusú habokat, ahol a cellák egymástól függetlenek. Ha a cellák falai impermeábilisak, valamennyi gázt tartalmaz. Léteznek vegyes szerkezetű habok is, ahol nyitott és zárt szerkezet is előfordul egy terméken belül.
- A habok feloszthatók tulajdonságaik, viselkedésük szerint is. Ez utóbbi szempontból három csoportra oszthatók: hajlékony vagy rugalmas habok; kemény habok; és szerkezeti-, vagy integrál habok. Az első két csoport közötti átmenet folytonos. A kemény és lágy habok közös jellemzője, hogy sűrűségük nagyon kicsi, általában 0,02 és 0,2 g/cm<sup>3</sup> között van. A szerkezeti habok minden esetben kemények és sűrűségük nagyobb, mint 0,3 g/cm<sup>3</sup>. Jellemző rájuk, hogy tömör héjszerkezettel és habosított maggal rendelkeznek.



10. ábra SEM felvételek különböző habszerkezetű anyagokról [5] (bal) nyitott cellás PU hab (28 kg/m<sup>3</sup>); (jobb) zárt cellás LDPE hab (24 kg/m<sup>3</sup>)

A polimer habokat akárcsak a polimereket jellemezhetjük még szakítóvizsgálatokkal, hajlítóvizsgálatokkal, különböző törési vizsgálatokkal, melyek során legtöbbször modulus értékeket kapunk, ami az anyag deformációval szembeni ellenállását adja meg. Az előzőekben

felsoroltak mellett még a polimerekre jellemző hőmérséklettartományokkal is jellemezhetjük a polimer habjainkat.

### 3.3.4 Polimer hab pórusosság, felhasználás

A szerkezeti habok habosított magrésze és a nem habosított héjrésze is a gyártási folyamat során alakul ki. A magrész alacsony sűrűségű hab, mely a héj felé közeledve egyre több, és kisebb cellából áll, melyek fala egyre vastagabb lesz. A héjhoz közeledve csökken a cellák száma, a termék fala pedig nem habosodott. A habosítatlan felület kellően kemény és szilárd, míg a termék merevségét és kis tömegét a habosított magrész biztosítja. A struktúrhabokkal az egyenletes eloszlású habokhoz képest mechanikailag sokkal jobb termékeket készíthetünk, mely lehetővé teszi, hogy a műanyagokat autóalkatrészként is használhassuk. [5] Ez is bizonyítja a pórusosság pozitív hatását, az anyag tulajdonságára.

A már említett PS és PUR habokat egyaránt használják az építőiparban. A PUR habokkal ajtók és ablakok rögzítését végzik. Ennek köszönhetően a rögzített ajtók és ablakok remek hő- és hangszigetelő tulajdonságokkal bírnak a pórusos hab jelenléte miatt. A polisztirolból pedig olyan homlokzati hőszigetelő rendszert gyártanak, amely réteges, és funkciója a teherhordó falszerkezet, valamint az épület belső terének megóvása az időjárás viszontagságaival szemben, kiemelten érintve a hőhatásokkal szembeni védelmet.

## 4. Összefoglalás

A vizsgált építőanyagok alapján elmondható, hogy az anyagok előállítása során a pórusok képződése szabályozható, valamint egyes esetekben a pórusok képződésének teljes elkerülésére a lejátszódó reakciók, mechanizmusok, alkalmazott eljárások miatt nincs lehetőség. A pórusok nagy mennyiségben rontják a szilárdsági tulajdonságokat, azonban ha szabályozzuk mennyiségüket, elrendezésüket az anyagban akkor kihasználhatjuk a jelenlétük előnyös oldalait is. Annak tekintetében, hogy kis mennyiségben még nem okoznak nagy romlást a szilárdsági tulajdonságokban, azonban rossz hő- és hangvezetésük miatt jó hő- és hangszigetelést biztosítanak az anyagoknak igen előnyösnek bizonyul jelenlétük egy épület szigetelése során. Ezekon felül a betonok és betonokból készült építmények faggyal szembeni tartósságában, a repedések keletkezésének megakadályozásában is nagy szerepet játszik.

Összefoglalásként elmondható, hogy a pórusos anyagokban található pórusok méretének, pórusok mennyiségének és azok eloszlásának megfelelő szabályozásával kedvező tulajdonságokat kölcsönözhetünk a felhasznált építőanyagainknak.

## 5. Irodalomjegyzék

[1] Dr. Pankhardt Kinga, PhD. Kovács József, Építőanyagok, TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. Szakkönyvkiadó, (2013)

[2] Szalay Tibor, A vasbetonszerkezetek időállóságának kulcsa a betonstruktúra minőségére, (2002)

[3] NEHME Salem Georges, A beton porozitása, PhD értekezés, (2004)

[4] Pukánszky Béla, Móczó János, Műanyagok, Typotex kiadó, (2011)

[5] Dogossy Gábor, Polimer habok, Porózus szerkezetek, ResearchGate, (2015)