

## Különböző kőszilárdító szerek hatása sóskúti durva mészkőre

Pápay Zita

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, zita.papay@gmail.com

Török Ákos

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, torokakos@mail.bme.hu

**ÖSSZEFOGLALÁS:** Három sóskúti durva mészkő változat szilárdítási kísérleteit mutatja be a cikk. A hengeres próbatesteket kovasav-észter alapú, Paraloid B72 és alifás uretán gyanta szilárdító szerrel telítve a kőzet fizikai tulajdonságainak változását követték nyomon a vizsgálatok. A testsűrűséget, az ultrahang terjedési sebességet, a húzószilárdságot mértük a kezeltlen és kezelt mintákon. A kísérletek alapján a kovasav-észter alapú anyagból vált ki a legnagyobb tömegszázaléknyi mennyiség mind a finomszemű, középszemű és durvaszemű kőzetváltozat vizsgálatakor, ugyanakkor a durvaszemű mészkő húzószilárdság igen jelentősen növelte az alifás uretán gyanta. A kőzetek porozitása és póruseloszlása fontos szerepet játszik a mészkövek kezelőszer felvételében és hatással van a kőzetszilárdítók hatékonyságára.

*Kulcsszavak:* durva mészkő, kőszilárdító szer, porozitás, műemlékvédelem

### 1 BEVEZETÉS

A műemléki épületekben található kőzetanyag számos elváltozást, tönkremenetelt mutat, amelyek az épületet érő különböző fizikai, kémiai és biológiai hatások következménye. Napjainkban egyre nagyobb szerepet játszanak az emberi hatások, melyek kémiai mállási folyamatok révén veszélyeztetik műemlékeinket Török (2003). Az esztétikai megjelenés változásán kívül a mállási folyamatok szilárdság csökkenést is eredményezhetnek. Az épületek restaurálási munkálatainál a nem megfelelő szilárdságú kőtömböket kőszilárdító szerek kezelik vagy kicserélik.

Jelen tanulmányban a kőszilárdításhoz leggyakrabban alkalmazott néhány kezelőszer hatását vizsgáltuk laboratóriumi körülmények között. A szerek hatását sóskúti durva mészköveken vizsgáltuk, mert Magyarországon ez a kőanyag az egyik legelterjedtebben használt építési kő. Az elmúlt századokban könnyű megmunkálhatósága és dekoratív megjelenése miatt számos műemléki ill. középületben került beépítésre. Durva mészkőből épült pl. a Mátyás-templom, az Országház, az Operaház, a Citadella és még számtalan épületünk. A kezelőszer és kőkonzerváló szerek laboratóriumi tesztelése és kőzetanyagon való kipróbálása a hazai gyakorlatban még kevésbé elterjedt. A korábbi tanulmányokban elsősorban az épületeken alkalmazott kőzettisztítási és kőjavítási módszerek (Horváth 1998, 1999) és néhány kezelőszer gyakorlati alkalmazásának bemutatását publikálták (S. Asztalos 1999). A kőkonzerváló szerek rövid leírását magyarul Roth (1997) adta meg, míg a hazai műemlékek tönkremeneteli módozatait és a konzerválás lehetőségeit Kertész (1988) foglalta össze. Konkrét alkalmazási javaslatokra készítettek vizsgálat sorozatokat Kertész et al (1989) és Hajpál (1998). Kőkonzerváló szerek hazai laborkísérleti alkalmazásáról napjainkban Ahmed et al (2006), Forgó et al (2006) és Pápay és Török (2006) számoltak be.

A durva mészkő próbatesteket laboratóriumi körülmények között szilárdító szerekkel kezeljük. A kísérleteinkkel azt kívántuk igazolni, hogy a különböző kezelőszer hogyan változtatják meg a mészkő tulajdonságait és ezek a tulajdonság változások, miképpen befolyásolják a durva

mészkelettartamát. Jelen cikkben e kísérlet sorozat első részét mutatjuk be, mely a légszáraz kőzetfizikai állapotban vizsgálja a szilárdító szerek hatását. A kőzet szöveti tulajdonságainak változatosságát úgy modelleztük, hogy három eltérő szövetű kőzettípust használtunk a kísérletekhez. A változások nyomán követésére a kezeletlen és kezelt mintákon mértük meg a próbatetek sűrűségét, ultrahang terjedési sebességét és szilárdságát. Ezen tulajdonságok változásából tudunk következtetni a különböző szilárdító szerek hatására a vizsgált kőzetváltozatokon.

## 2 VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

A vizsgálatokhoz a sóskúti bányából származó kőzettömböket használtunk fel. A kőzettömbökből 5 cm átmérőjű hengeres próbatetek készültek, melyek magassága szintén 5 cm volt. A különböző szövetű durva mészkelettömbből kifűrt mintákon régi és új magyar szabványok által előírt vizsgálatokat folytattunk a BME Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék Kőzetvizsgáló Laboratóriumában. A vizsgálatok megnevezését és a vonatkozó szabványok számát az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat Alkalmazott vizsgálatok és a vonatkozó szabványok

Vizsgálat	Szabványszám
Minőségjelző	MSZ 18282-4:1978
Ultrahang-terjedési sebesség meghatározása	MSZ EN 14579:2005
Nyílt porozitás	MSZ EN 1936:2000
Közvetett húzóvizsgálat	MSZ 18285-2:1979

A hengeres próbateteket roncsolás-mentes vizsgálatok alapján (testsűrűség, ultrahang terjedési sebesség) vizsgálati csoportokba soroltuk be minőségjelző értékeik alapján (ld. korábbi MSZ 18282-4). A próbatetek kezelésére három fajta eltérő alapanyagú szilárdító szert alkalmaztunk. A szilárdító szerek tulajdonságait a 2. táblázat tartalmazza. A mintákat laboratóriumi körülmények között légköri nyomáson telítettük a különböző kezelőszerekkel. Kezelt és kezeletlen mintákon mértük a próbatetek tömegét és az ultrahang terjedési időt, amelyből meghatároztuk a testsűrűség ill., az ultrahang terjedési sebesség változását.

2. táblázat Alkalmazott szilárdító szerek tulajdonságai

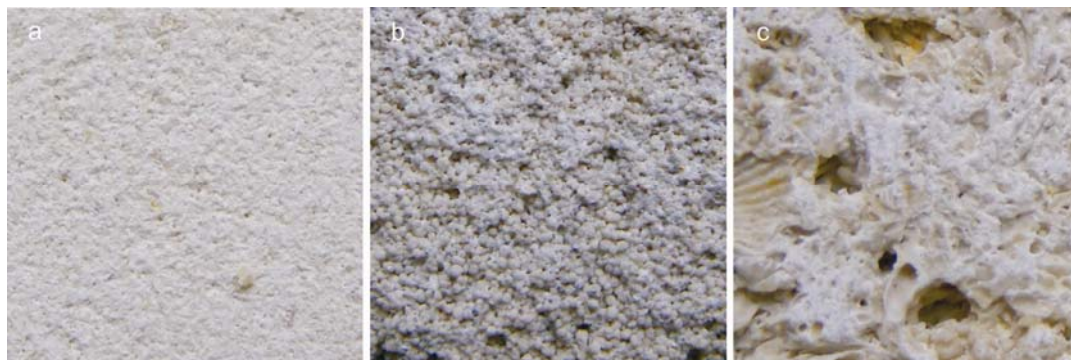
Kezelőszert	Oldószert	Hatóanyag tartalom	Sűrűség [g/m <sup>3</sup> ]
Kovasav-észter	alifás szénhidrogén	ca. 20 m%	0,79
Alifás uretán gyanta	aromatol	50 m%	0,93
Paraloid B72	nitrohigító	4 m%	0,85

Kísérleteink során megállapítottuk a mintaanyag nyílt porozitását víztelítéssel eljárásal. A kőzetanyag felületi szilárdságnak változását duroszkópos méréssel, visszapattanási érték alapján határoztuk meg. A kőzetek húzószilárdságát közvetett húzóvizsgálattal állapítottuk meg. A kísérlet során az alkotója mentén párhuzamos nyomólapokkal terhelt hengeres próbatestet, a terhelő erő irányára megegyező átmérője mentén húzó igénybevételre megy tönkre (Gálos és Molnár, 1983).

## 3 KŐZETTÍPUSOK

A vizsgált kőzetanyag Sósokútról származó miocén korú, ún. 'oidos' durva mészkelett. A sóskúti mészkelettbánya Budapestre mindössze 20 km távolságra, nyugatra elhelyezkedő bánya termékei gyakran fellelhetők fővárosi műemlékek építőelemeként. A sóskúti kőfejtők anyaga már a középkortól kezdve díszítő- és építőköként szolgált. A kőfejtőből származó három különböző kőzettípust vizsgáltuk: egy finomszemű, egy közepszemű és egy durvaszemű kőzetváltozatot (1. ábra). A közepszemű és a durvaszemű változatokra jellemző, hogy bányanedvesen sárgásfehér

színűek, míg a finomszemű változat inkább fehéres színű. A finomszemű változat tömött szövetű, igen apró makro méternyi pórusokat tartalmaz (1a. ábra). Porozitás széles tartományban mozog 10-24 V% közötti értékeket mértünk. A középszemű változatban szabad szemmel is megfigyelhető nagyobb méretű, milliméteres pórusok jelennek meg (1b. ábra). A durvaszemű változatban is a több milliméteres pórusok, és a héjtöredékek figyelhetők meg. A közép- és durvaszemű változat porozitásának átlag értéke egyaránt 27 V%.



1. ábra. Finomszemű (a), középszemű (b) és durvaszemű (c) mészkő szövege

#### 4 KÖZEFIZIKAI TULAJDONSÁGOK VÁLTOZÁSA

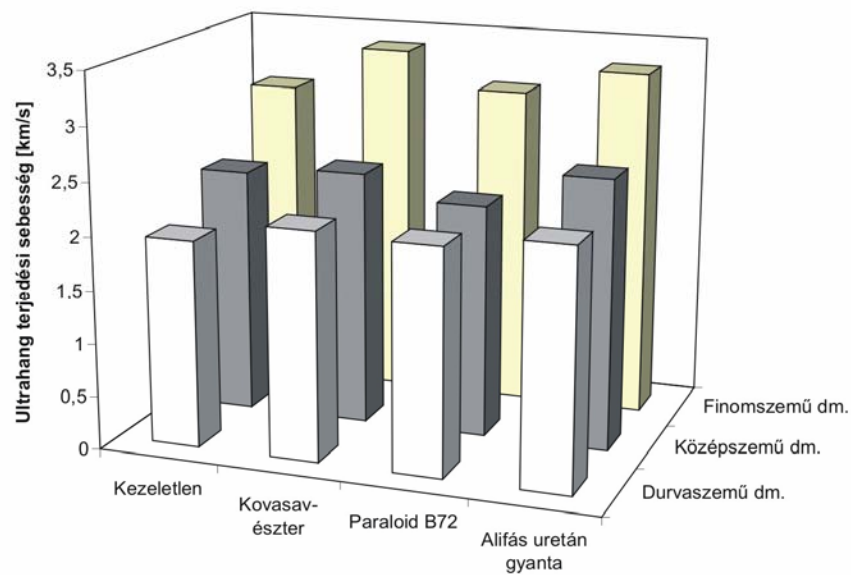
A kezelőszer hatására bekövetkező közetfizikai tulajdonságok változását leginkább a kezeletlen és a kezelés utáni próbatestek adatainak összehasonlításával lehet megítélni. A legfontosabb mért értékeket a 3. táblázat mutatja. A táblázatban a kezeletlen és kezelt mintacsoportok törés előtti testsűrűségét tüntettük fel. Meghatároztuk a kezelt minták kezelés előtti testsűrűségét. Ez alapján mindhárom közettípusnál, mindhárom kezelőszer hatására, nőtt a testsűrűség a közetben kivált szilárdító szer mennyiségének megfelelően.

A megszilárdult kezelőszer mennyisége a kovasav-észter alapú szilárdító szer esetében a legtöbb mindhárom közet típusnál: finomszeműnél 0,95 m%, a középszeműnél 1,72 m%, a durvaszeműnél 2,09 m%. A legkevesebb a Paraloid B72-es szerből kivált kezelőszer mennyiség: finomszeműnél 0,38 m%, a középszeműnél 0,43 m%, a durvaszeműnél 0,47 m%. Az alifás uretán gyanta értékei mindhárom esetben az előbbi értékek között található: finomszeműnél 0,67 m%, a középszeműnél 1,63 m%, a durvaszeműnél 1,70 m%. Más tendencia figyelhető meg az ultrahang terjedési sebességeket tekintve (2. ábra), ha a kezelt és kezeletlen mintákon mért értékeket összevetjük. Itt a legnagyobb változást a kovasav-észteres szilárdító helyett az alifás uretán gyanta okozta: finomszeműnél 12 %, a középszeműnél 9,5 %, a durvaszeműnél 14,89 %. Kivétel a finomszemű változaton mért érték, ahol a kovasav-észterrel kezelt mintacsoport ultrahang terjedési sebessége 14,7 %-kal nőtt. A legkisebb értékeket a Paraloid B72-vel végzett vizsgálatok során mértük: finomszeműnél 3,4 %, a középszeműnél -5,5 %, a durvaszeműnél 2,12 %. Felületi szilárdságok értékei között kiemelkedően jelentős az alifás uretán gyanta felületi szilárdság növelő hatása: finomszeműnél 20,8 %, a középszeműnél 140 %, a durvaszeműnél 44,4 %.

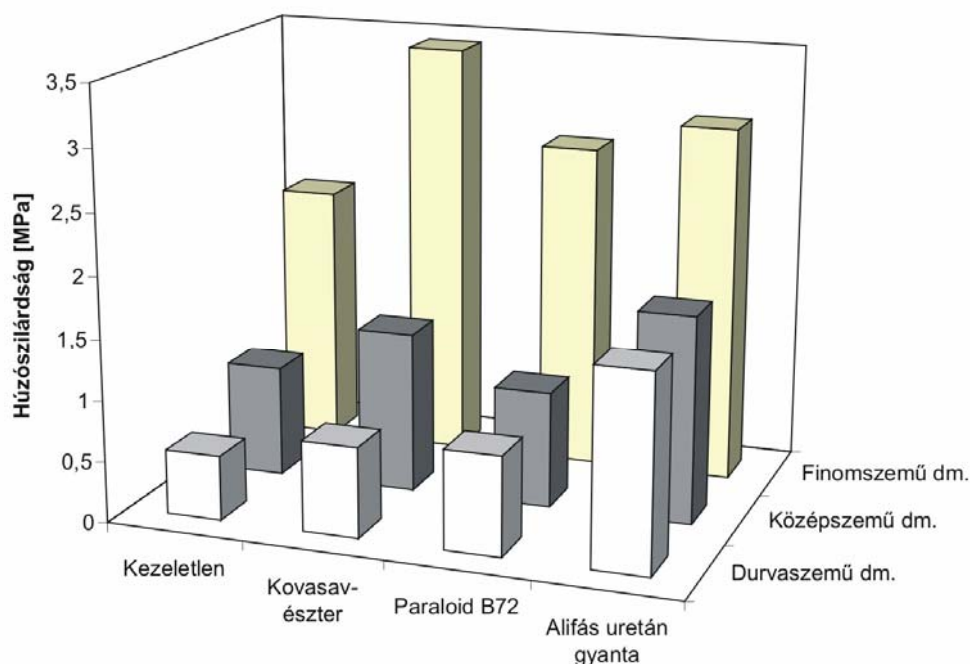
A kovasav-észteres szilárdító szer és a Paraloid B72 hatására mindhárom esetben közel azonos a kezeletlen és kezelt minták felületi szilárdsági értékei. Kivétel a Paraloid B72-vel kezelt középszemű mintacsoport, ahol a felületi szilárdság növekedése 100%. A húzószilárdsági értékek (3. ábra) nem mutatnak azonos tendenciát a felületi szilárdság értékeivel, de kisebb eltéréssel megfelelnek az ultrahang terjedési sebesség tapasztalataival. A legnagyobb húzószilárdság növekedést az alifás uretán gyantával kezelt mintákon mértük: finomszeműnél 37,6 %, a középszeműnél 86,8 %, a durvaszeműnél 302 %, kivételt itt is a finomszemű változat mutatott, ahol a kovasav-észteres szilárdító hatására 61 % szilárdság növekedést mértünk. Az ultrahang terjedési sebességekhez képest a durvaszemű változat húzószilárdsági értékei térnek el, ahol a Paraloid B72-es szerrel kezelt mintacsoport nagyobb szilárdság növekedést (52,8 %) mutatott, mint a kovasav-észterrel kezelték (39,6 %).

3. táblázat. A kezeletlen és a kezelt durva mészkő típusok mért fizikai tulajdonságai (testsűrűség  $\rho$ , ultrahang terjedési sebesség  $v$ , kivált kezelőszer mennyiség  $\Delta m$ , felületi szilárdság és húzószilárdság)

Kőzetanyag típus	Minta-csoport / kezelőszer	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$v$ [km/s]	$\Delta m$ [m%]	Felületi szilárdság [-]	Húzószilárdság [MPa]
Finom-szemű mészkő	Kezeletlen	1921	2,92	-	24	2,13
	Kovasav-észter	2003	3,35	0,95	24	3,43
	Paraloid B72	1887	3,02	0,38	25	2,68
	Alifás uretán gyanta	1923	3,27	0,67	29	2,93
Közép-szemű mészkő	Kezeletlen	1648	2,32	-	5	0,91
	Kovasav-észter	1720	2,40	1,72	6	1,32
	Paraloid B72	1649	2,19	0,43	10	0,95
	Alifás uretán gyanta	1725	2,54	1,63	12	1,70
Durva-szemű mészkő	Kezeletlen	1569	1,95	-	9	0,53
	Kovasav-észter	1596	2,15	2,09	9	0,74
	Paraloid B72	1607	2,12	0,37	9	0,81
	Alifás uretán gyanta	1598	2,24	1,70	13	1,60



2. ábra. Különböző mészkő változatok ultrahang terjedési sebességének változása kezelés hatására



3. ábra. Különböző mészkő változatok húzószilárdságának változása kezelés hatására

## 5 EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

A különböző kezelőszerek hatására a vizsgált durva mészkő típusok (finom-, középszemű és durvaszemű) testsűrűsége és ultrahang terjedési sebessége megnőtt. Azt már a korábbi tanulmányok is bemutatták, hogy a kőzet pórusrendszere befolyásolja és meghatározza a kőzetek viselkedését (Fitzner és Basten, 1992). Jelen vizsgálataink is alátámasztják ezt, hiszen megfigyelhető, hogy a kezelőszerek behatolása és a szilárdság növekedés mértéke nagy mértékben függ a kőzet szövetétől.

A kezelőszerek hatását összevetve azt tapasztaltuk, hogy a kovasav-észter tartalmú szer hatékony növelte a húzószilárdságot, míg a kőzet felületi szilárdságát tekintve jelentéktelen változást eredményezett, szemben a szintén hatékony uretán gyantával, amely jelentősen növelte mindhárom durva mészkő változat felületi szilárdságát. Az eredmények alapján egy kemény külső kéreg kialakulását valószínűsíthetjük, amit a törési kísérlet alatt tapasztalt robbanásszerű hanghatás is alátámaszt. A Paraloid B72 kezelés nem változtatta nagy mértékben az ultrahang terjedési sebesség értékét, de a szilárdsági értékekben (a felületi szilárdság nem jelentős változása mellett) mégis mérhető növekedést tapasztaltunk. Kivétel a középszemű változat, ahol a húzószilárdság nem, de a felületi szilárdság azonban jelentősen megnőtt, amiből a szer próbatesten belüli rossz eloszlására következtethetünk.

Mindezek alapján úgy tűnik, hogy a porózus karbonátos kőzeteknél inkább a kovasav-észter alapú szerek felhasználása vezethet jobb eredményekre, de a durvaszemű változatok esetében meg kell fontolni az alifás uretán gyanta alkalmazását. A kezelőszerek hatásának komplex elemzéséhez még további vizsgálatok szükségesek, melyek kiterjednek az időállósági folyamatok, a páraáteresztő képesség és a kőzetanyag pórusrendszerének pontos elemzésére.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatómunkában és a cikk megírásához szükséges vizsgálatok elvégzésében segített Árpás Endre László és Emszt Gyula. A kutatómunkát részben az OTKA (K63399) kutatási projekt támogatta.

## HIVATKOZÁSOK

- Ahmed, H., Török Á., Lőcsei J., 2006. Performance of some commercial stone consolidating agents on porous limestones from Egypt. In: Fort, R, Alvarez de Buego M., Gomez-Heras M. & Vazquez-Calvo C. (szerk.) Heritage Weathering and Conservation, Taylor & Francis/Balkema, London. Vol. II, 735-740.
- Fitzner B., Basten D., 1992. Gesteinporosität – Klassifizierung, meßtechnische Erfassung und Bewertung ihrer Verwitterungsrelevanz / Kőzetek porozitása – csoportosítás, mérési módszerek és a mállási folyamatokban játszott szerepének értékelése, Ernst & Sohn GmbH, 19-32.
- Forgó, L.Z, Stück, H., Maróthy, E., Siegesmund, S., Török Á., Rüdric, J., 2006. Materialverhalten von natürlichen and modellhaft konsolidierten Tuffen, Denkmalgestein Tuff, (Auras, M., Sneathlage, R. szerk.), Institut für Steinkonservierung, Mainz, Bericht Nr. 22, 65-75.
- Gálos M., Molnár I., 1983. Kőzetek húzószilárdsági vizsgálatának vizsgálattechnikai értékelése, Építőanyag, 35., 2., 71-77.
- Hajpál M. 1998., Az egri várszékesegyház romterületének diagnosztikai vizsgálata és helyreállítási javaslata, BME Szakmérnöki diplomamunka
- Horváth Z., 1998. Kőtisztítás. Kő és Gipsz, II, 3, 13-15.
- Horváth Z., 1999. Kőjavítás dióhéjban. Kő, III, 1, 10-12.
- Kertész P., 1988. Decay and conservation of Hungarian building stones, The Engineering Geology of Ancient Works, Monuments and Historical Sites, (Marinos P.G. és Koukis, G.C. szerk.), IEAG Conference Proceedings, Athens, Balkema, Rotterdam, II, 755-761.
- Kertész P., Marek I., Gálos M., 1989. Kutatási jelentés A jáki és zsámbéki műemléktemplom felújításával kapcsolatos kőkezelési eljárások összehasonlító kutatásáról, BME 204.019/87-0/89
- Pápay Z., Török Á., Kovasavészter kőszilárdítók hatása a durva mészkővekre, Építőanyag 58, 4, 102-106.
- Roth, M., 1997. Kőkonzerválás és a kővédőszerrel szemben támasztott követelmények. Építőanyag, 49, 1, 16-20.
- S. Asztalos É., 1999. A kő életének védelme, Kő, III, 1, 20-21.
- Török Á., 2003. Durva mészkőből épült műemlékek károsodása légszennyezés hatására. In: Török Á. (szerk.): Mérnökgeológiai Jubileumi Konferencia, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 287-301.