

## KÖRNYEZETI HATÁSVIZSGÁLAT

A Milliken Concrete Cloth® (Concrete Canvas®; CC) környezetvédelmi hatásvizsgálatában a CC vízkezelésének kezdeti szakaszában, valamint teljes hidratálását követően az anyagból származó csurgalékok mennyiségének mérését végeztük. A kísérleti program két szakaszból állt. 1. szakasz: A CC egy adott méretű és meghatározott szögben elhelyezett darabjára specifikus nyomással, ellenőrzött mennyiségű vizet locsoltunk. A lefolyó vizet összegyűjtve mértük annak összetevőit. 2. szakasz: a megszilárdult CC-n lefolyó víz szimulálásaként nagy mennyiségű vizet locsoltunk kikeményedett CC felületére, majd a csurgalékvizet összegyűjtve elemeztük az összetevőket.

### A KÍSÉRLETI PROGRAM

*1. szakasz: Ellenőrzött mennyiségű víz juttatása nyers (nem hidratált) CC szövetre.*

Nagy tekercs CC (CC8) belső szakaszából két 12"x12" (~30x30 cm) méretű mintadarabot - Minta „A” és Minta „B” - vágunk ki. A széleket kereskedelmi forgalomban beszerezhető szilikon ragasztóval szigeteltük. A vágott szél viselkedésének szimulálásához mindkét minta 4. szélét úgy szigeteltük, hogy 0,75" (~1,9 cm) illetve 1,5" (~3,8 cm) méretű nyílásokat hagytunk rajta. Végül, a vízkezelte anyagon a vágott szélek felhajlása miatt a nyílás az „A” mintán 1" (~2,5 cm), a „B” mintán 1,75" (~4,44 cm) lett. A nyitvahagyott szélek méretét a javasolt 1,57" (~4 cm) és 3,14" (~8 cm) helyett a nyílt részekben kifolyó cementkeverék mennyiségének csökkentése érdekében 0,75" és 1,5" -re redukáltuk. A ragasztó kötése után a mintadarabokat plexiből készített lejtős felületre rögzítettük, majd ezt az összeállítást kiömlésbiztos tartály belsejébe helyeztük (1. ábra). A vizsgálat céljának megfelelő nyomás alatti víztartályból (2. ábra) a nyomást 32-35 psi közt tartva 1,25 gallon (~4,73 l) desztillált vizet locsoltunk az anyagra.

A 3. ábra az elrendezés vízkezelését mutatja. A víz mennyisége az ASTM C1185 (15.4.2.1. Hő-Eső teszt - Tetőszerkezeteken) alapján lett meghatározva. A szabvány szerint egy átlagos eső 48 sq ft (~4,46 m<sup>2</sup>) felületen 60 gallon (~227 l) vízmennyiséget eredményez, ami 1 Sq.ft (1 négyzetláb = ~0,093 m<sup>2</sup>) felületre 1,25 gallont jelent. A víztartályban a nyomást légkompresszor biztosította. A locsolás alatt a vizet egyenletesen elosztatva az anyag teljes felületére permeteztük. Körülbelül 70 mp-et vett igénybe az 1,25 gallon desztillált víz nyomás alatti kijuttatása. A locsolást követően a lefolyt vizet a kémiai összetétel vizsgálatához zárt tartályban gyűjtöttük és tároltuk.

*2. szakasz: 3 gallon (~11,35 l) víz juttatása megszilárdult anyagra*

A csurgalékvizsgálat második fázisában nagy mennyiségű vizet locsoltunk megszilárdult anyagra. Az 1. fázis áztatása után, a lejtőre fektetett CC darabokat 23 C<sup>0</sup>-on, 50 % -os páratartalmú közegben 96 órán át tároltuk. A 96 órás szilárdulási fázis végeztével 3 gallon (~11,35 l) desztillált vizet (tartály teljes kapacitását) 32-35 psi nyomás tartásával locsoltunk a megszilárdult CC felületre. A locsolást követően a lefolyt vizet zárt tartályban gyűjtöttük és tároltuk a kémiai összetétel vizsgálatához.

### **Vegy elemzés:**

Az 1. fázisban a két mintadarabról lefolyt és összegyűjtött oldatokat elemeztük és a szilárd anyagokat vákuumos szűréssel szétválasztottuk. Ezután Röntgensugaras fluoreszcencia analízissel (RFA) mértük az elemeket; teszteredmények a 2. táblában. A 2. fázisban a két mintáról lefolyt és összegyűjtött oldat már tiszta volt, a vákuumszűrés alatt szilárd részecskék nem voltak láthatóak. Ezért, a szilárd anyagokra újabb RFA-t nem hajtottunk végre. Mindkét fázist követően a szűrt vizet két egyenlő részre osztottuk. Egyik részből hevítéssel és RFA technikával elemeztük az oldott részecskéket, míg a másik részben ICP-vel (Indukciósan csatolt plazmaégs gerjesztésű spektrométer) vizsgáltuk a nehézfém-tartalmat. Az oldott részek meghatározásakor kis mennyiségű desztillált vizet melegítettünk fel 100 C-ra.

A hevítéssel a víz elpárolog, a hátramaradó szilárd anyagok, mint az oldatban jelenlevő összes szilárdanyag súlyozott átlaga kalkulálhatók. Mindamellet, hogy a teszteredmények 100%-ot mutattak, a melegítés alatti súlyveszteség azt jelezte, hogy nem oldott részecskék is jelen voltak az anyagban. Az RFA szintén nem mutatott jelentős maradványokat. A nehézfémek méréséhez az oldatot a vizsgálati standardban előrt pH eléréséhez először savasítottuk, majd a végső oldaton végeztük az ICP-MS elemzést. Az ICP vizsgálat eredményeit a 4. táblázatban foglaltuk össze.



1. ábra A lejtős felületre rögzített, szélein szigetelt CC a zárt tartályban



2. ábra Nyomás alatti víztartály



3. ábra Concrete Cloth (Concrete Canvas) vízkezelése

## EREDMÉNYEK:

1. Táblázat: Desztillált víz és a szilárd anyagok meghatározása

	1. szakasz (12"x12")		2. szakasz (12"x12")	
Nyitott szél hossza	0,75* („A” minta)	1,5* („B” minta)	0,75* („C” minta)	1,5* („D” minta)
Kilocsolt víz mennyisége (Gallon)	1,25	1,25	3	3
Összegyűlt víz, összesen (Gallon)	0,79	0,82	lefolyás szimulálása - nincs meghatározva	lefolyás szimulálása - nincs meghatározva
Szeparált szilárdanyag (gramm)	12,384	8,232	<0,001	<0,001

\*A „B” mintából származó összegyűlt cementes anyag mennyisége valamelyest kevesebb volt, mint az „A” mintából gyűjtött. A jelenségnek két lehetséges magyarázata van: 1.) a mérőrendszer összeállítása alatt a Concrete Canvas® kezeléséből, vagy 2.) a Concrete Canvas® gyártása alatt keletkező sűrűségi eltérésekből adódhatott.

2. Táblázat:

Az eredeti cementkeveréken és az 1. fázisban szeparált szilárd részeken végzett RFA mérési eredmények

Analit	Nyers minta (CC-ből nyert cementpor)	1. fázis	
		„A” minta	„B” minta
SiO <sub>2</sub>	4,24	4,23	4,24
AlO <sub>3</sub>	39,43	29,19	28,63
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,58	14,7	15,61
CaO	36,85	27,38	27,25
MgO	0,6	0,56	0,58
SO <sub>3</sub>	0,13	0,11	0,12
Na <sub>2</sub> O	0,07	0,04	0,05
K <sub>2</sub> O	0,09	0,03	0,03
TiO <sub>2</sub>	1,8	1,68	1,78
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,15	0,15	0,16
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,27	0,25	0,27
SrO	0,02	0,02	0,02
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,17	0,11	0,11
ZnO	0,03	0,03	0,03
L.O.I. (950C)	0,95	21,29	20,67
Összesen	100,37	99,76	99,55

Az LOI (Izzítási veszteség) értéke a hidratált cement égetésekor mért százalékos tömegvesztés (~950 C<sup>0</sup>-on). Az izzítás során szén, víz és egyéb éghető anyagok vesznek el, amelyek százalékos tömegarány veszteségben kerülnek meghatározásra.

Az „A” és „B” mintáknál a hidratált anyagokon LOI (Izzítási veszteség) vizsgálatot végeztünk. A vízkezelt anyag izzításakor a kötött víz távozik el, azért ad az LOI magas értéket az „A” és „B” mintákra.

3. Táblázat: Oldott anyagok mennyiségének meghatározása

Fázis	Desztillált vizes minta	Tégely súlya (gramm)	Tégely és minta súlya (gramm)	Tégely hevítés után (gramm)	Oldott részecskék százaléka
1. Fázis	„A” minta	15,1504	16,0428	15,1500	< 0,045
	„B” minta	15,1467	16,1041	15,1461	< 0,063
2. Fázis	„C” minta	15,1820	16,2136	15,1791	< 0,282
	„D” minta	15,1239	16,0609	15,1213	< 0,278

Az összesen feloldódott szilárd anyag %-os értékét az olvasztott anyagok tömegének a minta tömegéhez viszonyított százalékos változékonysága adja.

Például az „A” mintára:  $((15.1504-15.1500)/(16.0428-15.1504))*100$

4. Tábla:

Az eredeti cementkeveréken, illetve a hidratálás alatt és azt követően lefolyt vízből mért csurgalék nehézfém-koncentráció értékek

Analit	RCRA TCLP Max. konc. (Határ- értékek) (mg/L)	Eredeti cement- keverék (vízkezelés nélkül) (mg/L)	1. fázis (vízzel locsolt 1 négyzetlábnyi CC)		2. fázis (vízzel locsolt 1 négyzetlábnyi kikeményedett CC)		Háttér- mérés desztillált vízzel	ICP detektálási határérték
			A minta (mg/L)	B minta (mg/L)	C minta (mg/L)	D minta (mg/L)		
Antimón (Sb)	1	0,04	0,06	0,06	BDL	BDL	BDL	< 0,01
Arzén (As)	5	0,36	0,06	0,06	BDL	BDL	BDL	< 0,04
Bárium (Ba)	100	0,089	0,22	0,2	0,12	0,14	0,24	
Berrilium (Be)	0,007	0,003	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	< 0,007
Kadmium (Cd)	1	0,007	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	< 0,001
Króm (Cr)	5	0,028	0,006	0,005	BDL	BDL	BDL	< 0,001
Ólom (Pb)	5	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	< 0,01
Higany (Hg)	0,2	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	< 0,001
Nikkel (Ni)	70	0,033	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	< 0,002
Szelén (Se)	1	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	< 0,01
Ezüst (Ag)	5	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	< 0,0003
Tallium (Tl)	7	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	< 0,02
pH (0-14)		11,1	11,11	11	9,21	8,86	7,32	

További meghatározások a 4. táblázat értelmezéséhez:

- BDL (below detection limit): kimutathatósági határérték alatt
- A feltüntetett pH értékek az oldatok pH értékei az ICP mérés előtt. Az 1,25 gallon (1. fázis) és a 3 gallon (2. fázis) desztillált víz kilocsolása után megfigyelt értékek.
- A lemosó vízen végrehajtott ICP bárium jelenlétét mutatja, ez nagy valószínűséggel a vizsgálat összeállításából ered. Ezért az 1. és 2. fázisban mért bárium értékek háttérértékeknek tekintendők.
- Az USA Környezetvédelmi Hivatala (EPA) Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) - Készletek fenntartása és helyreállítása törvénye az emberi egészséget és környezetet hivatott védeni, és toxikus szennyezettség maximum koncentráció értékeket ad meg. Az RCRA TCLP oszlop listázza az EPA határértékeket (1. oszlop).
- A desztillált vízből és/vagy a teszt összeállításából származó szennyezők kiértékelésre CC nélküli vizsgálati összeállításon lefolyó vízen végeztük az ICP vizsgálatot. Ezeket az eredményeket a "háttér-mérés" oszlopban tüntettük fel.

## MEGFIGYELÉSEK ÉS AZ EREDMÉNYEK ÉRTELMEZÉSE

1. Az első fázisban a CC kezdeti hidratációjában átlag 10 gramm cementkeverék veszett el az 1,4" nyitott 1 széllal meghagyott 1 négyzetláb méretű CC-ből. A 2. fázisban nem volt kiszűrt anyag, ami azt jelzi, hogy a vízkezelést követően nem távozott anyag, a minta nyitott széle ellenére sem.
2. A kimosódott anyagon végzett RFA ugyanazt a kémiai összetételt mutatta, mint a hidratálás előtt kivont cementkeveréken mértek.
3. Mindkét fázisban az oldott anyagok mennyisége kisebb volt, mint a szűrt víz 0,3 tömeg %-a. Ez a százalék nagyobb víz mennyiségével valószínűleg csökkenthető.
4. A lefolyó vizen végzett ICP vizsgálatok mindkét fázisban jelzik, hogy a csurgalék nehézfém koncentrációja a vízkezelés alatt és után legtöbb esetben kisebb, mint az eredeti cementkeverékből mért koncentráció. (Az eredeti cementkeverékből nyert minta egy korábbi vizsgálatban mutatott értékeit a 4. tábla 3. oszlopa mutatja, Eredeti Cementkeverék név alatt.) A kivételek az antimon és a bárium, melyeknél az 1. fázisban magasabb értékeket mértünk, mint az eredeti keverékből. A 2. fázisban hidratálást követően a koncentrációk nagyon alacsony szintre estek. A mért nehézfém koncentráció értékek messze az EPA határértékek alatt maradtak.
5. A környezetvédelmi szempontból fontos króm esetében a cementporból származó csurgalék koncentrációja magasabb, mint a hidratálás alatt és utáni csurgalékban mért koncentráció. A króm hidratálás alatt mért értéke némileg szintén magasabb értéket adott, mint a hidratálást követően nyert érték. Azonban a króm hidratálás alatt és azt követően mért csurgalék értékei is messze az EPA határértékek alatt voltak.
6. Antimon, arzén és króm esetében a koncentrációértékek az 1. fázis után a 2. fázisig csökkenni látszanak. Ez azt jelzi, hogy a megszilárdult CC képes ezeknek az elemeknek a csurgalékba oldódását az elemeknek a szilárd cementbe kötésével akadályozni.
7. Az RCRA TCLP (Resource Conservation and Recovery Act - Készletek fenntartása és helyreállítása törvény. Veszélyes és nem veszélyes szilárd hulladékok elhelyezésének törvénykezése. Toxicity Characteristic Leaching Procedure Analysis - Veszélyes anyagok kioldódását vizsgáló eljárás) alapvetően szilárd hulladékokra, a hulladék 3/8" -os darabokra aprított vizsgálatára vonatkozik. Ezért a cementkeverék-por mátrixon lefolytatott TCLP mérés a "legrosszabb eshetőség" -ként írható le; ezek az értékek a RCRA határértékek alatt voltak. A lefolyó víz egymásutáni vizsgálata szintén egyedülálló eset, amiben a cementpor egy része az erős locsolás hatására ki-, és lemosódott; ezek a TCLP értékek szintén a RCRA határértékek alatt voltak.
8. A 4. táblában megadott pH értékeket a hidratálatlan és hidratált CC egy négyzetlábnyi felületére locsolt (1,25 gallon az 1. fázisban, 3 gallon a 2. fázisban) és összegyűjtött vízre mérték. A nem laborban mért pH értékek különbözhetnek a fentiektől, mivel a hígítás semlegesíti a pH tartalmat. Például, ha az 1,25 gallon-nyi 11-es pH folyadékot 53,75 gallon pH semleges vízzel hígítjuk, 55 gallon (hordónyi) 9,4 pH-jú folyadékot kapunk. Hasonlóan, ha 3 gallon 9-es pH-jú folyadékot hígítunk hordónyi 55 gallonra, a kapott folyadék pH-ja 7,7 lesz.