

10 év távlatában: vörösiszap katasztrófa Kolontáron

In the perspective of 10 years: red mud disaster in Kolontár

Dr. KOPECSKÓ Katalin, egyetemi docens¹

¹Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszék,
1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3.
E-mail: kopecsko.katalin@epito.bme.hu
Tel: (36-1) 463-2238, Fax: (36-1) 463-2017
<http://gmt.bme.hu/>

ABSTRACT

On October 4, 2010, the red mud storage barrier X. of the Ajkai Alumina Factory of MAL Hungarian Aluminium Production and Trade Company. Hundreds of thousands of cubic meters of alkaline red mud flooded the closest village, Kolontár, then, moving on in the valley of the Torna stream, flooded the villages that got in its way. In order to solve the engineering issues that arose after the disaster, we received several tasks from the National Directorate General for Disaster Management. In this article, we would like to give a review of the results and lessons learned from our tasks 10 years ago.

KIVONAT

2010. október 4-én a Magyar Alumínium Termelő és Kereskedelmi Zrt. Ajkai Timföldgyára X. jelű vörösiszap-tározójának gátja átszakadt. Több százezer köbméter lúgos vörösiszap öntötte el Kolontárt, majd tovább haladva a Torna patak völgyében, elárasztotta az útjába kerülő településeket. A katasztrófát követő felmerülő mérnöki kérdések megoldásához az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóságtól több feladatot is kaptunk. Tíz év távlatában ezen feladataink eredményeiről és tanulságairól számolunk be ebben a cikkben.

Kulcsszavak: vörösiszap, Na-montmorillonit, dolomit, alkáli-karbonát reakció, mirabilit, thenardit

1. BEVEZETÉS

2010. október 4-én a Magyar Alumínium Termelő és Kereskedelmi Zrt. Ajkai Timföldgyára X. jelű vörösiszap-tározójának gátja átszakadt. Több százezer köbméter lúgos vörösiszap öntötte el Kolontárt, majd tovább haladva a Torna patak völgyében, elárasztotta az útjába kerülő településeket, Devecser és Somlósárhelyt, valamint további három település külterületét és termőföldeket is. A vörösiszap katasztrófának tíz emberélet esett áldozatul. A településeken okozott mérhetetlen károkon túlmenően a Torna patak, a Marcal, a Rába és a Mosoni-Duna élővizeit is veszélyeztette a lúgos anyag, emiatt a kormány 2010. október 6-án veszélyhelyzetet hirdetett Veszprém, Győr-Moson-Sopron és Vas megye területére. Ezt a különleges eljárásrendet a vörösiszap katasztrófa következtében keletkezett károk, a helyreállítást előkészítő településrendezési és engedélyezési eljárások lefolytatása indokolták [1].

2. A VÖRÖSISZAP

Az alumínium előállításának legelterjedtebb módszere a Bayer eljárás: először a tiszta alumínium-oxidot (timföld) előállítják elő a bauxitból, majd a fém alumíniumot nyerik ki elektrolízissel. Hazánkban jelenleg csak Ajkán folyik timföldgyártás, amelynek alapanyaga a gánti bauxit. A Bayer eljárásban a kiszáritott bauxitot homogenizálják, majd autoklávokban, megfelelő hőmérsékleten és

nyomáson, tömény nátrium-hidroxiddal nátrium-alumináttá alakítják. Az eljárás során keletkezett aluminátlúgot üleptéssel és szűréssel választják szét a szilárd fázisú résztől, a nagy vastartalmú vörösiszaptól. Az alumínium-hidroxidot az oldatból választják ki, majd további technológiai lépéseket követően az alumíniumot a timföldből állítják elő redukcióval. A felhasznált bauxit minőségétől függően 1 tonnányi timföld előállításakor 0,5-2,0 tonna vörösiszap keletkezik.

A vörösiszapban megtalálhatók mind a bauxit feltáratlan ásványos összetevői (vas- és titán-oxidok), mind a nátrium-aluminát oldat és a bauxitban előforduló egyes ásványok reakciójának kristályos termékei (nátrium-alumínium-hidroszilikátok, kalcium-alumínium-hidroszilikátok stb.), valamint amorf fázisok is. A vörösiszapban koncentráldódik a titán-dioxid és nagy jelentősége van a ritkafém tartalomnak is, ezért későbbi felhasználásig tározókban tárolják a nyersanyagot. A galliumot ma már a MAL Zrt. is kinyeri. A vörösiszapról a gyártási folyamat során a mosóvízzel minél több, a folyamatba visszaforgatható nátrium-hidroxidot igyekeznek visszanyerni. Ez a retürlúg.

A vörösiszapok oxidos és ásványos alkotói hasonlóak, az összetétel elsősorban a bauxitok összetételének és az előállítási módnak a függvénye. A vörösiszapok reológiai viselkedésének leírásával foglalkozott Nagy [2] a „Tixotrópia vizsgálata a geotechnikában” című MSc diplomamunkájában.

3. A VÖRÖSISZAP KATASZTRÓFÁT KÖVETŐ VIZSGÁLATAINK

3.1 Tározó alatti agyagréteg fázisanalitikai vizsgálata

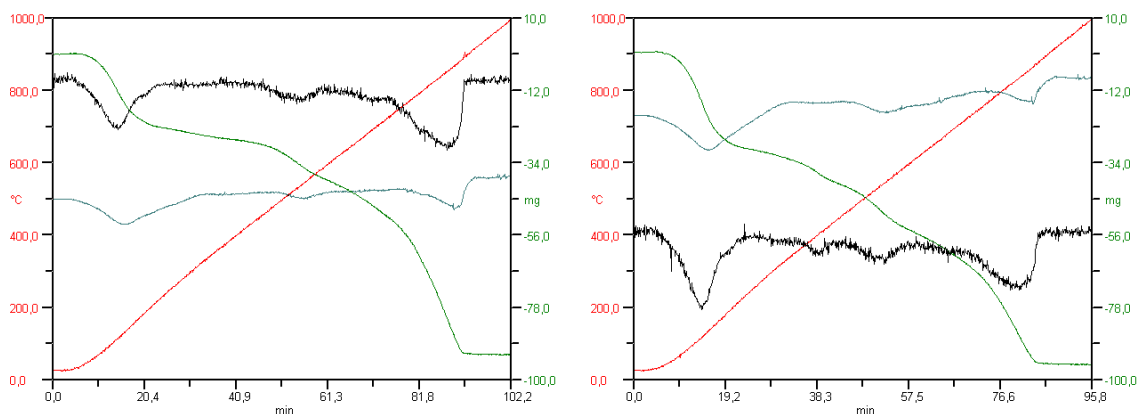
Az Ajkai Alumíniumipari Kft.-t a Hungalu Rt. privatizálta. A társaság a privatizáció óta többször átalakult (jelenleg MAL Magyar Alumínium Termelő és Kereskedelmi Zrt). A privatizációs szerződések környezetvédelmi előírásokat és kárelhárítási vállalásokat is tartalmaztak. Ebben figyelembe vették a vörösiszap anyag-tulajdonságait és elfogadták azt a tényt, hogy a felhalmozott vörösiszap tározók kárelhárítását a tározók helyben hagyásával kell megoldani. A kárelhárítási munkákkal kapcsolatosan részletesen rendelkeztek a már kiszáradt, régen lerakott vörösiszap tározókról, valamint a még üzemelő tározókról. Javaslatot dolgoztak ki annak érdekében, hogy további, vörösiszap-tárolásából származó szennyeződés ne kerülhessen a térség talajvizébe. Ebben a K-i és NY-i, már megépült függőleges vízzáró falakat a tározók É-i oldalán, az áthelyezett vasútvonal nyomvonalában javasolták összekötni. Meghatározták, hogy a mintegy 1900 folyóméter hosszú függönyfalat a Torna patak kavicsterasza alatti agyagrétegbe kell bekötni [3].

A vörösiszap katasztrófát közvetlenül követően a Torna patak eredeti nyomvonala és a tározó kitört sarka környezetéből, a kavicsterasz alatti agyagrétegből fűrt magmintából kaptunk egy-egy vizsgálati mintát a kékes-szürke agyagból, annak megállapítására, milyen ásványok alkotják a mintát. Ez a geotechnikai vizsgálatok alátámasztását szolgálta [4]. A mintaelőkészítés során észleltük, hogy az agyag lúgos kémhatású, pH értéke 10,3 volt. A mintákon röntgendiffrakció (XRD) és termoanalitikai vizsgálatokat végeztünk. A vizsgálatok legfontosabb eredménye, hogy a minta összes agyagásvány tartalmának nagyobb része Na-tartalmú duzzadó agyagásvány (Na-montmorillonit) (1. táblázat, 1. ábra). Ez a hosszú időn át ható NaOH lúgos oldat hatásának tulajdonítható, amely a döntően Ca^{2+} -tartalmú montmorillonit (Ca-montmorillonit) kation cseréjét okozta. A kation csere a montmorillonit geotechnikai viselkedésére nagy hatással van, ebben az esetben a nyírószilárdság csökkenését eredményezte [4].

1. táblázat Termoanalitikai vizsgálati eredmények, kavicsterasz alatti agyagrétegből fűrt két magmintából, Kolontár 2010. október (Vizsgálatokat végezte és értékelte: Kopecskó Katalin)

Ásványok	Magminta 1	Magminta 2
illit	5 – 6 %	6 – 7 %
klorit	9 – 6 %	6 – 10 %
montmorillonit - Na	39 – 40 %	51 – 52 %
össz. agyagásv. tartalom	52 – 53 %	64 – 69 %
kalcit	23,3 %	18,1 %
egyéb ásvány	kvarc, $Na_2CO_3 \cdot xH_2O$	kvarc, $Na_2CO_3 \cdot xH_2O$

A kation csere lehetőségét támasztja alá Wilson [5]: amennyiben a kation koncentrációja nagy az oldatban, ez növeli annak adszorpcióját és valószínűségét, hogy pl. a Na^+ -ionban gazdag oldatok kiszorítják a Ca^{2+} -ionokat. Fontos kérdés a montmorillonit lúgos körülmények között bekövetkező bomlása is, pl. a bentonit radioaktív, maró hatású hulladékok tárolására való felhasználása szempontjából [5]. Amennyiben a montmorillonit Na^+ és Ca^{2+} ionokat vegyesen tartalmazó rezervoárral érintkezik, duzzadása mérsékelt, kivéve, ha a Na^+ -koncentráció több nagyságrenddel nagyobb, mint a Ca^{2+} -koncentráció [6]. Mindezen szakirodalmi megállapítások alapján és vizsgálati eredményeinkkel alátámasztva, valamint az arra alapozott geotechnikai következtetések [4] birtokában megállapíthatjuk, hogy bár a függönyfal kialakítása megakadályozta a térség talajvizének további szennyeződését, a nagy NaOH lúgkoncentráció (Na^+ -ion koncentráció) a vízzáró agyagréteg tulajdonságaira, viselkedésére nagy hatással volt, ami a zagyagát állékonyságának változását előidézhette [4].



1. ábra

Termoanalitikai vizsgálatok, kavicsteraszt alatti agyagrétegből fűrt két magmintából, Kolontár 2010. október

3.2 Dolomit alkáli állóságának vizsgálata

A vörösiszap katasztrófát követően, a kiürült X-es tározó melletti tározókban levő folyadékoszlop magassága miatt további gátszakadástól tartottak. Ezért a tározókban levő vízszlop magasságának csökkentésével párhuzamosan Kolontár község védelmére védőgát építését kezdték meg. Ehhez a környékbeli, gátépítésre alkalmas kőzeteket kellett megvizsgálnunk, a kőzetzfizikai tulajdonságokon túl elsősorban alkáli állóságuk volt a kérdés.

3.2.1. Vizsgálati elvek

A dolomitok alkáli állóságának vizsgálata elsősorban dolomit anyagú zúzalékkal készült betonok esetén merülhet fel. Nagyobb agyagos-kovás tartalmú dolomitok, alkálidús cementek esetén a betonszerkezetekben már 1-3 éves korban duzzadást okoznak. A vizsgálatokra rendelkezésünkre bocsátott dolomitok és dolomit meddők a környezettel érintkezve kerülhetnek lúgos hatóanyag közelébe, ez tette indokolttá érzékenységük vizsgálatát.

Az alkáli-karbonát reakció kimutatása többféle elv szerint lehetséges. Az ASTM C 586-92 (ASTM C 586-05) [7] szabvány szerinti „kőzet-henger módszer, amely szerint az aktuális kőzet anyagából kialakított, legalább 28 napig 1N nátrium-hidroxid oldatban tárolt, előírt méretű próbatestek hosszváltozását mérik. Az esetek többségében azonban erre a vizsgálatra sem a kőzetanyag szemcsemérete, sem a hosszú vizsgálati idő miatt nincs mód. Az ASTM C 227-90 92 (ASTM C C 227-10) [8] szabvány a kőzet anyagából kialakított, megfelelő szemmegoszlású adalékanyaggal készített, gőzöléssel szilárdított betonhasábok hosszváltozásának mérését írja elő 6 hónapos korig. Előbbieknél lényegesen egyszerűbbek és gyorsabbak a kémiai, illetve petrográfiai módszerek.

Cseh és hazai kutatók [9,10] szerint azok a dolomitok, amelyeknek dolomitásvány ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) tartalma legalább 90 tömeg%, illetve kalcit (CaCO_3) tartalma legfeljebb 10 tömeg%, a tapasztalatok szerint minimális hajlamot mutatnak az alkáli-adalékanyag reakcióra. Az oxidos összetevőket tekintve a nem alkáli-érzékeny dolomitok esetén a kalcium-oxid (CaO) tartalomnak 30,4-

32,9 tömeg% között, a magnézium-oxid (MgO) tartalomnak 19,6-21,9 tömeg% között kell lennie. A duzzadásra nem hajlamos dolomitok savban oldhatatlan része 5 tömeg% alatti.

Szintén az oxidos összetétel és a savban oldhatatlan rész mennyiségéből vontak le következtetést amerikai kutatók [11], a CaO/MgO arányt és a sósavban oldhatatlan rész mennyiségét feltüntető értékelő diagram alapján.

A Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Richtlinie Alkalireaktion im Beton [12] eredetileg homokos kavicsra vonatkozik, és a kavics frakciókat illetően meglehetősen szabatos ásványtani elemzésen alapul. Hasonló vizsgálat elvégezhető dolomit esetén is, de erre vonatkozóan nálunk nincs gyakorlati tapasztalat [13]. Ugyanezen szabványnak a homok frakciókra vonatkozó része azonban lényegesen egyszerűbb: megfelelő koncentrációjú lúgoldatban kezelt adalékanyag frakciók aprózódásának vizsgálatán alapul. Előbbiekén kívül ismeretesek az alkáli-állóság vizsgálatára egyéb, különböző ideig és hőfokon végzett nátrium-hidroxid oldatos kezelések; az azonban megállapítható, hogy dolomitok alkáliállóságának vizsgálatára nincs egyértelműen elfogadott módszer.

3.2.2. Vizsgálati eredmények – Oxidos kémiai elemzés

A vizsgálatot dolomit és dolomit meddő mintákon végeztük el. Három dolomit meddő minta (2/I, 2/II és 2/III) esetén az eredeti állapotúak mellett mosott mintákkal is elvégeztük a vizsgálatot. Ehhez vizes mosással elválasztottuk a „tisztá” kőanyagot a vörös színű agyagos résztől, és az így nyert kőanyagot használtuk fel a vizsgálatokhoz. Az előkészített mintákon ezután nedves kémiai analitikai módszerekkel határoztuk meg a sósavban oldhatatlan rész mennyiségét, valamint a kalcium-oxid és magnézium-oxid tartalmat.

A [9] módszer a dolomitok alkáli-érzékenységét a CaO/MgO arány és a savas oldási maradék mennyisége alapján határozza meg. A vizsgált mintákra vonatkozó összetartozó értékpárokat a 2. táblázat tartalmazza, továbbá a 2. ábra szerinti értékelő diagramban is feltüntettük az egyes mintákra vonatkozó adatokat.

2. táblázat Dolomit minták CaO és MgO tartalmának aránya és sósavban oldhatatlan maradéka

Minta		CaO/MgO	Sósavban oldhatatlan maradék, tömeg%
jelle	vizsgált része		
Szőc dolomit átlagminta	teljes	1,66	0,92
Szőc dolomit depó	teljes	1,69	1,12
Deáki dolomit meddő (1)	teljes	1,61	12,09
Deáki dolomit meddő (2/I)	teljes	1,57	16,88
Deáki dolomit meddő (2/II)	teljes	1,77	34,04
Deáki dolomit meddő (2/III)	teljes	1,51	24,78
Deáki dolomit meddő (2/I):	mosott	1,53	0,61
Deáki dolomit meddő (2/II)	mosott	1,49	0,85
Deáki dolomit meddő (2/III)	mosott	1,47	0,73

3.2.3. Vizsgálati eredmények – DAfStb Alkali-Richtlinie [12] előírásain alapuló vizsgálat

A vizsgálathoz a szőci bánya négy falából vett mintát, valamint a szőci depóból vett dolomit mintát használtuk fel. Szárítást követően a szitálással szétválasztott 2/4 és a 8/16 mm-es frakciókat használtuk fel a [12] eljárás szerinti aprózódás vizsgálatához. A rendelkezésünkre álló anyagmennyiségtől függően 100, illetve 200 g mintát mértünk be frakciónként, majd háromszoros mennyiségű nátrium-hidroxid oldattal feltöltve, 1 órán át 90 °C-on tároltuk (főztük) az anyagokat. A 2/4 mm-es frakcióhoz 4 %-os, míg a 8/16 mm-eshez 10 %-os lúgoldatot használtunk. Kontrollként minden mintát, ugyanolyan körülmények között vízzel is kezeltünk, hogy az esetleges vizes főzés okozta mállást ki tudjuk szűrni. Tájékoztatóul a vizsgálatot 120 óráig, 75 °C-os tárolással is elvégeztük. A kezelés befejezése után a mintákat lúgmentesre mostuk, kiszárítottuk, majd a 2/4 mm-es frakciót 1 mm-es, a 8/16 mm-es frakciót 4 mm-es szitán átszitáltuk, majd a maradék tömeget lemértük.

3.2.4. A vizsgálati eredmények értékelése

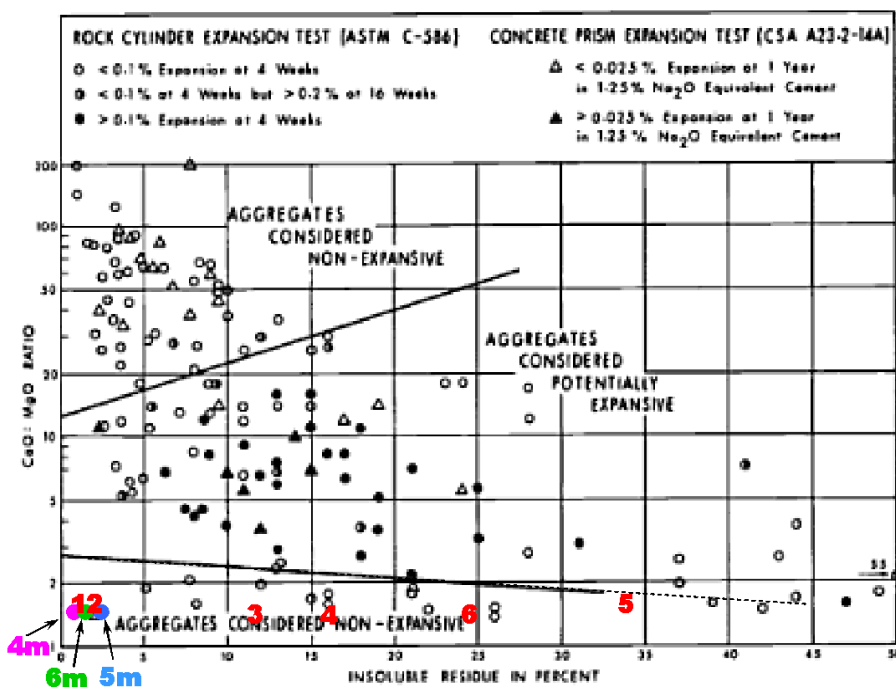
A bányából vett dolomit minták, valamint az I., II. és III. dolomit meddők mosott mintáinak kőzetanyaga, az oxidos kémiai elemzési adatokat figyelembe véve, dolomit-alkáli (alkáli-karbonát) reakcióra a [9] szakirodalom alapján nem érzékeny, a következők alapján:

- a minták savban oldhatatlan része 5%-nál kisebb,
- bennük a dolomit mennyisége 90% körüli, vagy annál nagyobb,
- a kalcit mennyisége pedig 10% körüli, vagy annál kisebb.

Hasonló eredményt kaptunk a 2. ábrán látható értékelő diagram alapján is, azzal a különbséggel, hogy a [11] szerinti értékelés alapján a viszonylag nagy sósavban oldhatatlan maradékkal rendelkező dolomit meddők is érzéketlenek az alkáli hatásra.

Az aprózódási vizsgálat eredményei szerint a négy bányafalból (1. jelű) és a depóból (2. jelű) vett minták 1 órás 90 °C-os kezelésre vízben nem, lúgos oldatban pedig maximum 0,2 %-os aprózódást mutattak. Utóbbi a [12] értékelése szerint megfelel a nem alkáli érzékeny dolomitokra megengedett $\Delta m < 0,5$ tömeg%-os fogyásnak. A tájékozódásul elvégzett, extrém hosszú ideig (120 óra) folytatott lúgos kezelés már közel 4 %-os aprózódást okozott, ennek a vizsgálatnak az eredménye azonban inkább csak összehasonlításra alkalmas. Eszerint a szőci bánya nagyobb szemcseméretű frakciói érzékenyebbek voltak a lúgos kezelésre, mint a 4 mm alatti részek.

Az új Kolontári kettős védőgát elkészültéről 2010. december 23-án adtak hírt a médiák.



2. ábra

Dolomit minták vizsgálati eredményének az alkáli-érzékenység [8] értékelő diagramjában,

- Minták jelölése: 1: Szőci dolomit átlagminta, 2: Szőci dolomit depó, 3: Deáki dolomit meddő (I),
 4: Deáki dolomit meddő (2/I), 5: Deáki dolomit meddő (2/II), 6: Deáki dolomit meddő (2/III),
 4m: Deáki dolomit meddő (2/I) mosott kőanyaga, 5m: Deáki dolomit meddő (2/II) mosott kőanyaga,
 6m: Deáki dolomit meddő (2/III) mosott kőanyaga

3.3 Kolontári és devecséri lakóházak építőanyagainak vizsgálata a várható károsodás megítéléséhez

A Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatósága 2010. októberében megbízta a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékét, hogy készítsen a vörösiszappal érintett építőanyagokkal kapcsolatosan szakvéleményt. A szakvélemény célja az ajkai vörösiszap-katasztrófa által szennyezett, kiválasztott lakóépületek építőanyagainak vizsgálata, valamint a vizsgálatok eredményeiből levonható következtetések a várható károsodások megítéléséhez. A vizsgálatokhoz Dr.

Halász Lajos (BM OKF) személyes iránymutatásai alapján Kolontáron és Devecserben vettünk helyszíni mintákat.

A Kolontár K 30 jelű ház kimosott alapjánál vastagon leülepedett, érintetlennek tűnő vörösiszap mintát gyűjtöttük be, mint koncentrált szennyező forrást (50. minta). A mintavétel során nem volt lehetőségünk eredeti vörösiszap mintát begyűjteni X-es tározóból (ennek megközelítését akkor a kockázatok miatt nem engedélyezték). A vörösiszap minta ICP-MS atomabszorpciós elemzéséből megállapítottuk, hogy a vizsgált 35 féle fém koncentrációja néhány elem esetében jelentősen meghaladta a 6/2009. (IV.14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendeletében meghatározott határértékeket (3. táblázatban vastagon szedett értékek) [16]. A határértékeket meghaladó fémkoncentrációk a következők voltak: arzén (As), kobalt (Co), króm (Cr), nikkel (Ni), valamint szelén (Se). Határértéket megközelítő értéket mutattunk ki kadmiumból (Cd). A vizsgált vörösiszap minta desztillált vízzel készített szűrletében (eluátumában) is vizsgáltuk a vízoldható komponenseket. A vizes szűrletben csak kis koncentrációkban jelentek meg a vizsgált fémek, értékeik nem közelítették meg a 6/2009. (IV.14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet [14] határértékeit.

A kiválasztott lakóépületek építőanyagainak 0-100 mm mélységből, különböző (0-20, 40-60, valamint 80-100 mm) mélységű részeiből vettünk furatpor mintákat, valamint magmintákat is begyűjtöttünk. Mind vörösiszappal érintett, mind érintetlen falazatokból vettünk mintát. Az építőanyagokon végzett ICP-MS elemzések alapján megállapítottuk, hogy a kijelölt és általunk megvizsgált lakóépületekből származó, szennyezett vizsgálati (építőanyag) minták egyike sem tartalmazott a vörösiszap szennyezés következtében megnövekedett toxikus fémszennyezést, különös tekintettel az arzén-, kobalt- vagy krómtartalomra.

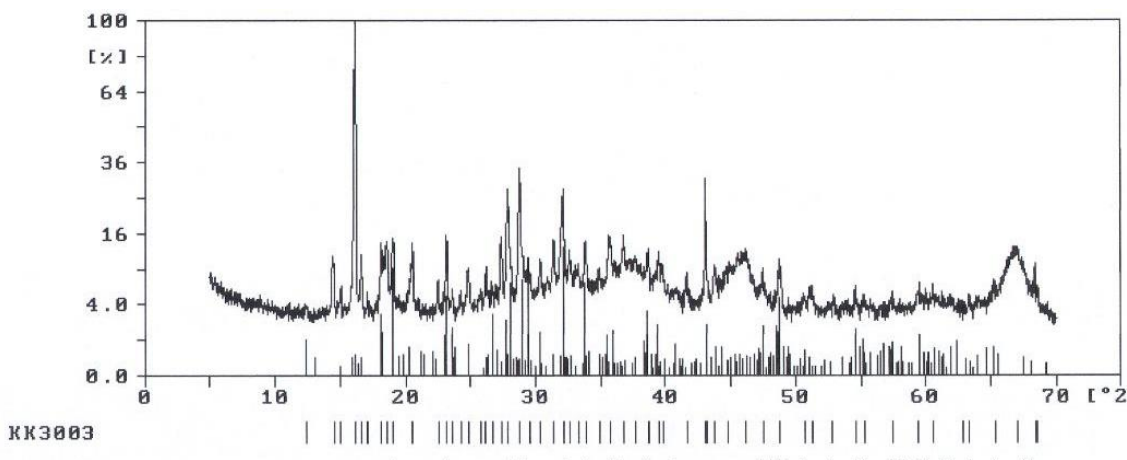
3. táblázat Kolontár K 30 lakóház kimosott alapjánál leülepedett vörösiszap elemzése (Ag – Zn) [16]

Elem	Koncentráció, mg/kg sz.a	Határérték*, mg/kg sz.a.	Elem	Koncentráció, mg/kg sz.a	Határérték*, mg/kg sz.a.
Ag	0,02	2	Mg	4110	
Al	55650		Mn	1990	
As	28,9	15	Mo	1,17	7
B	17,3	500	Na	37120	
Ba	32,3	250	Ni	155	40
Be	4,62		P	516	
Bi	1,09		Pb	49,5	100
Br	2,32		Rb	10,6	
Ca	39310		S	1840	
Cd	0,95	1	Sb	5,33	
Co	44,5	30	Se	1,03	1
Cr	395	75	Sn	0,76	30
Cu	40,9	75	Sr	181	
Fe	117900		Te	0,28	
Ga	13,3		Tl	0,12	
Hg	0,13	0,5	V	196	
K	1640		Zn	77,9	200
Li	33,8				

* 6/2009. (IV.14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelete alapján

A mintákon a tömegösszetételi és hidrotechnikai tulajdonságokon túl pH értéket és vízoldható nátriumion tartalmat vizsgáltunk. A vizsgált anyagok fizikai jellemzőinek (porozitás, vízfelvétel) és kémiai összetételének (pl. eredeti nátriumion tartalom) ismerete szükséges volt annak megítéléséhez, hogy a vizsgált minták alkalitása és nátriumion tartalma milyen mértékben változott. A felhasznált kő- és építőanyagok azonosítására termoanalitikai (TG/DTG/DTA) vizsgálatokat is végeztünk, a fugák, habarcs, beton szennyezettségét pedig rtg-diffrakció segítségével is vizsgáltuk.

Megállapításaink: a vörösiszapot gipsszel kezelték, majd a lakóépületekből történő eltávolítását nagy nyomású vízzel és szivattyúzással végezték. Ez az eljárás a szennyezéssel beszívódott sókat az adott építőanyag típusától és porozitásától függően vagy még mélyebb rétegekbe szállította, vagy a felületközelebi rétegekben éppen hígította (kimosta). Egyes 60-80 mm-es mélységű furatpor mintákból rtg-diffrakciós vizsgálattal vízoldható nátrium-vegyületeket mutattunk ki (elsősorban thénardit Na_2SO_4 , valamint mirabilit $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ és nátrit Na_2CO_3). A vörösiszappal érintett, megszilárdult cementkötésű építőanyagokban ettringitet ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) mutattunk ki, valamint a monoszulfát ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) hiányát. Az ún. másodlagos ettringit képződés duzzadással járó reakcióban, általában szulfát-utánpótlás, valamilyen szulfát-tartamú vegyület hatására jön létre, monoszulfátból. A katasztrófát követően a gipszet széleskörűen alkalmazták az élővilág védelme érdekében, a vörösiszap lúgos hatásának közömbösítésére. Ez eredményezte a Na_2SO_4 fázisok jelenlétét az érintett építőanyagokban. A falazatok felületén a falazatra merőlegesen – elsősorban nagy páratartalom mellett, pl. pincében, átnedvesedett épületekben beltérben – megjelent felszíni tús megjelenésű sókivirágzás a rtg-diffrakciós vizsgálatok alapján mirabilit ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) volt, míg a porózus építőanyagokban inkább a kristályvízmentes thénardit (Na_2SO_4) volt jelen (3-5. ábra). A porózus építőanyagokban a thénardit kristályosodási nyomása jelentős károsító hatással bír, korábban a kőzetek időállósági tulajdonságait is vizsgálták Na_2SO_4 kristályosítással [15]. Ennek eltávolítására szivató pakolások és sómegkötő vakolatok alkalmazását javasoltuk. A téglanyagon elvégzett szilárdsági vizsgálatok eredménye alapján megállapítottuk, hogy a vörös iszappal való érintkezés a szilárdságot nem befolyásolta.



3. ábra

*Falazat felületi sókivirágzásáról készült rtg-diffraktogram. Uralkodó ásvány: mirabilit ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
(a mintaelőkészítés során alumíniumoxidot kevertünk hozzá)
(Devecser, mintavétel: 2010.11.16.) [16]*



4. ábra

Kolontár, K30 jelű épület. Utcai szobák közfalának kidőlt része [16]



5. ábra

Kolontár, K30 jelű épület. A száradó iszapból, falazatból sók válnak ki [16]

3.4 Kiporzás veszélye

A vörösiszap víz- és lúgtartalmának csökkentése elsősorban a lúgtartalom timföldgyártásba való visszaforgatása érdekében fontos technológiai lépés. A zagyszűrésre általában szűrőpréseket alkalmaznak. 2009-ben a MAL Zrt. is beszerzett szűrőpréseket: a katasztrófát követően ez tette lehetővé az ún. száraz eljárásra való átállást. Az azt megelőző 50 évben az anyagot kizárólag hidraulikus módon juttatták ki a VI-X. lerakókhoz. A szűrőprések alól kikerülő vörösiszap nedvességtartalma 30-40%, és mint mindenhol a világban, ahol száraz eljárással dolgoznak, a továbbiakban nem a lúgómlés, hanem a kiporzás jelenti a veszélyt. Az iszapszemcsék megkötik a lúgot, így a keletkező vörös por lúgos kémhatású. A kiporzás nemcsak a környékbeli települések lakóépületeit, a gépkocsikat károsítja (elsősorban a felületkezelt, mázolt felületeket marja le), hanem légúti problémák előidézésével egészségügyi kockázatot is jelent. A kiporzást megakadályozására a tározók felszínét általában locsolják, majd rekultiválják. A sérült X. tározó esetében is meg kellett akadályozni a felületén kiszáradó anyag kiporzását. A X. tározó felszíne munkagépekkel hosszú ideig megközelíthetetlen volt, a tömegében lassan száradó zagy tixotróp jellege miatt. A kiporzás megakadályozására felkérték a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékét, hogy dolgozzunk olyan módszert, aminek a kivitelezése megvalósítható. A megoldás kulcsaként a habbeton takarásra esett a választás, amelynek elhelyezésére végül nem került sor: a tározóban maradt vörösiszapot kiszáradását követően a katasztrófa következtében keletkezett bontási törmelékkel fedték be.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen cikkben betekintést adtunk feladatainkról és vizsgálataink eredményeiről, amelyekkel a 2010-es magyarországi vörösiszap katasztrófát követően szembesültünk. Vizsgáltuk és meghatároztuk a X. tározó kitört sarka alatti agyagréteg ásványi összetételét a geotechnikai viselkedés alátámasztására; majd a környékbeli, védőgát építésére használható dolomitok és dolomit meddők tulajdonságait, különös tekintettel a dolomitok alkáli érzékenységére; továbbá egy komplex kutatási szakvéleményben összefoglaltuk Kolontár és Devecser kijelölt lakóépületein, építőanyagain végzett vizsgálataink eredményeit és az abból levonható következtetéseket, a várható károsodások megítéléséhez. Végezetül a kiszáradó X. tározó kiporzásának megakadályozására dolgoztunk ki javaslatot.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikket a vörösiszap katasztrófa áldozataira emlékezve, és köszönettel Édesapám (dr. Kopecskó Ernő állatorvos, Zánka 1930 – Szigliget 2001) emlékének ajánlom, akinek a pályája a devecseri általános iskolából indult.

HIVATKOZÁSOK

- [1] Szaló P., Bálint K., Barkóczi Zs., Bedő K., Gerzánics A., Halász L., Horváth B. és Juhász G. (2011): Építésügyi feladatok a 2010. évi katasztrófák után Borsod-Abaúj-Zemplén megyében és Devecser térségében. Építésügyi feladatok a 2010. évi katasztrófák után Borsod-Abaúj-Zemplén megyében és Devecser térségében. Kivételes helyzet – kivételes szabályozás. <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/terstat/2011/02/szalo.pdf>, letöltés időpontja: 2016. 02. 22.
- [2] Nagy, G. (2012): Tixotrópia vizsgálata a geotechnikában. MSc diplomamunka. p. 80.
- [3] A Kolontár melletti vörösiszap-tározó átszakadása miatt bekövetkezett környezeti katasztrófával kapcsolatos felelősség feltárását és a hasonló katasztrófák jövőbeni megakadályozását célzó országgyűlési vizsgálóbizottsága vizsgálatának eredményéről. Jelentés, Budapest, 2011. október 27. <https://www.parlament.hu/irom39/04795/04795.pdf>, letöltés időpontja: 2020. 05. 22.
- [4] Farkas József, Nagy László, Dudás Zsuzsanna (2013): A kolontári vörösiszap katasztrófa geotechnikai tanulságai. In: Szerk.: Nagy László, Takács Attila 3. Kézdi Konferencia. Budapest: BME Geotechnikai Tanszék, 2013. pp. 27-38.
- [5] Wilson, M.J. (2013), Rock forming minerals. Sheet silicates. Clay minerals. Published by the Geological Society. <https://books.google.hu/> pp. 221-225.
- [6] Segad, M., Jönsson, Bo; Åkesson, T. and Cabane, B. (2010): Ca/Na Montmorillonite: Structure, Forces and Swelling Properties. Langmuir 2010, 26, 8, 5782–5790, Publication Date: March 17, 2010, <https://doi.org/10.1021/la9036293>
- [7] ASTM C 586-05 Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Carbonate Rocks as Concrete Aggregates (Rock-Cylinder Method). Publisher: American Society for Testing and Materials
- [8] ASTM C 227-10 Test Method for Potencial Alkali Reactivity of Cement-Aggregate Combinations (Mortar-Bar Method). Publisher: American Society for Testing and Materials
- [9] Kazimir, J.: Karbonátos beton adalékanyag kémiai állandóságának vizsgálata. Építőanyag, 1978. 8.sz. 304-306.
- [10] Puskásné Hőgyes, I.: A dunántúli dolomitok alkalmassága építési célra, Építőanyag, 1978. 8.sz. 307-315.
- [11] M.A. Ozol: Alkali-Carbonate Rock Reaction, in: Significance of tests and properties of concrete and concrete-making materials, eds.: J.F. Lamond – J.H. Pielert (2006), ASTM International, pp. 410-425.
- [12] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Richtlinie Alkalireaktion im Beton (2001): DAfStb Alkali-Richtlinie - 2013-10 DAfStb-Richtlinie - Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie).
- [13] MÉASZ ME-04.19:1995 11. fejezet: Beton és vasbeton készítése. Alkáli-kovasav és alkáli-karbonát reakciónak ellenálló betonok, Bp. 1995.
- [14] 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről
- [15] MSZ-07-3114:1991 „Útépítési zúzott kőanyag” közlekedési ágazati szabvány
- [16] Vörösiszappal szennyezett, néhány kiválasztott kolontári és devecseri lakóház egyes építőanyagainak vizsgálata a várható károsodás megítéléséhez. Szakvélemény, 2010.12.23. BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék. Témavezető: Dr. Kopecskó Katalin