

Fügedi et al.: Miért tört el [Fügedi et al.: Why did it break?]

- 99 -

<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>

Miért tört el? – a kolontári baleset földtani okai

[Why did it break? – The geological antecedences of the Kolontár accident]

FÜGEDI UBUL¹, SZENTPÉTERY ILDIKÓ^{2*}, KALMÁR JÁNOS^{†3}, MÜLLER TAMÁS^{4,i}

1. nyugdíjas geokémikus (ORCID ID: [0009-0009-0646-0482](https://orcid.org/0009-0009-0646-0482));
2. nyugdíjas geológus
3. nyugdíjas ásványtanász,
4. geológus

* levelező szerző: e-mail: pasteurperc@gmail.com

Abstract. Hungary's worst industrial accident took place on October 4, 2010, shortly after noon, when the NW corner of the reservoir of the red mud embankment of the Ajka Alumina Refinery (between Ajka and Kolontár in Middle-West Hungary) failed. This so-called „Kolontár accident”, was the greatest catastrophe in the history of Bayer process for alumina production (Bánvölgyi, 2011). The tragedy at Kolontár comprises two phases, the breach in the northern wall of the 10th embankment and the 40-meter-wide rupture of the north-western corner. Ten residents lost their life due to the sudden release of the large amount of slurry containing bauxite residue. Keywords: contextual theology, anthropocene, Earth system science, planetary boundaries, climate collaps, human-nonhuman networks, ecofeminism, post-anthropocentrism, geocentrism.

Keywords: red mud, tailing dam, industrial catastrophe, caustic liquor, fine-grained sediment, clay minerals, ground water

Kétrészes összefoglalónk eme első részében a gát eltörésének okait mutatjuk be.

Bevezetés

2010. október 4-én, kevéssel dél után átszakadt az ajkai vörösiszap-tározó X. kazettájának északnyugati sarka. A Kolontár és Devecser településeken végigsöpörő árhullám tíz áldozatot követelt és jelentős anyagi kárt okozott (1. ábra), amit a szakszerűtlen intézkedések még súlyosbítottak is.

Opuscula Theologica et Scientifica 2024 2(2): 99-123.

A Wesley János Lelkészképző Főiskola Tudományos Közleményei

[Scientific Journal of John Wesley Theological College]

<https://opuscula.wjlf.hu> • ISSN 2939-8398 (Online)



<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>



1. ábra: A katasztrófa nyomai Kolontáron (Muhoray Á., 2020?)

A Bayer-módszerű timföldgyártás történetének legsúlyosabb szerencsétlenségét (Bánvölgyi, 2011) két, időben és jellegében is különböző folyamat idézte elő.

1. Eltört a X. kazetta északi fala előbb az északnyugati sarokban, majd a fal közepén. A kitört szakasz kissé megsüllyedt és a belső nyomás hatására kifelé mozdult, amitől meg is billent. A kitört blokk és az ép gátrészek határán kialakult repedésrendszereken elkezdett leürülni a tározó tartalma.

2. A kimozdulás utáni 5–10 percben az északnyugati sarok mintegy 40 méter széles fronton átszakadt. A leürülés kitöréssé erősödött.

Tanulmányunk jelen, első részében a gát eltörésének okait vizsgáljuk. Az északnyugati sarok átszakadásához vezető folyamatokkal a második részben foglalkozunk.

Elemzésünk nem vitairat, hanem elsősorban kutatási eredményeink bemutató jellegű összegzése. A más kutatócsoportok által elért eredményekre csak röviden, a szükséges mértékben hivatkozunk. A különféle helyeken (pl. a bulvársajtóban) publikált és az itt ismertetett folyamatoktól eltérő koncepciókkal, illetve spekulációkkal nem foglalkozunk.

<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>

Hogyan csöppentünk ebbe a munkába?

Már a tragédia utáni első beszámolókból nyilvánvalóvá vált, hogy a gát nagyrészt földtani jellegű problémák, folyamatok eredményeként szakadt át. Amint ez igazolódott is, a gát alatti földtani képződmények elváltozásai miatt tört el az építmény és főként a gátanyag közettani elváltozásai miatt szakadt át az északnyugati sarok. A Magyar Állami Földtani Intézet Környezetföldtani osztályának munkatársai számára nyilvánvaló volt, hogy az okok leginkább a földtani gyakorlatban megszokott módszerekkel tárhatók fel, ezért az osztály már a baleset másnapján kért kiszállást és gépkocsit a helyszín tanulmányozására. Ezt a kérelmünket igazgatónk azzal az indoklással utasította el, hogy „a baleset vizsgálata az Intézet éves tervében nem szerepel”.

A MÁFI-ból először a területileg illetékes Középhegységi osztály munkatársai (Marsi István, Koloszar László†) közelíthették meg a helyszínt – 3 nappal a tragédia után. A lezárt területre nem engedték be őket, de így is pótolhatatlan adatokat gyűjtöttek.

A Környezetföldtani osztályon azt tudtuk kihasználni, hogy az osztályvezetőnek volt egy Norvég Alap-os pályázata, amiből képes volt finanszírozni a terepmunkát és a kezdeti laborvizsgálatokat (először egy héttel a katasztrófa után jutottunk ki a helyszínre). Korlátozott lehetőségeinkből adódóan erőnket a gátszakadás okainak tisztázására összpontosítottuk. Véletlen szerencse, hogy velünk párhuzamosan a Budapesti Műszaki Egyetem kutatói (több csoport) példamutatóan rendszeres munkával kimutatták a tényezők másik csoportját, tehát a gát eltörésének okait.

Eközben az Intézethez befutottak az első hivatalos megrendelések. Ezek azonban – miként a későbbiek is – nem az okok feltárását, hanem a szennyeződés felmérését és a kárelhárítás megalapozását írták elő. A katasztrófa okait mindvégig szabadidőnkben, kollégáink önzetlen segítségére alapozva kutattuk.

Hamarosan láthatóvá vált, hogy munkánknak eredményei vannak, és egyre közelebb jutunk egyes folyamatok megismeréséhez. Ezért amikor a Norvég Alap pénze elfogyott, kollégáink ingyen, szívességből végezték el a további vizsgálatokat. Első eredményeinket konferenciákon ismertettük, ami után publikálási tilalmat rendeltek el. Emiatt az összefoglalóval meg kellett várnunk nyugdíjazásunkat.

A szövegben használt fogalmak jelentéséről

A katasztrófa sok tényező összejátszásának eredménye volt; ezek közül kizárólag a földtani jellegűekkel foglalkozunk. Ezt kellőképp indokolja, hogy a tragikus események két fő oka a gát, illetve alatta az ártéri rétegsor egyes anyagainak fokozatos elváltozása volt. Kompetenciánkon kívül esik annak vizsgálata, hogy ezek a kedvezőtlen folyamatok milyen tervezési, engedélyezési, építési hiányosságok, joghézagok stb. eredményei.

Az ismertetőnkben használt terminusok közül többet máshogy neveznek az egyes szakmák irodalmában, mint a köznyelvben és így a sajtóban. További félreértéseket okoz, hogy az egyes szakmák (műszaki és építésföldtan, timföldtechnológia stb.) szóhasználata



<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>

is jelentősen eltér. Ezért alább tisztázzuk, hogy a többértelmű fogalmakat ebben a szövegben milyen jelentéssel használjuk.

- Iszapnak az üledékföldtanban az álló-, illetve folyóvízből kiülepedő, zömmel 0,06–0,002 mm szemcseméretű laza üledéket nevezzük. A laza, törmelékes üledékek különféle szilárd kőzetekből alakulnak ki a felszíni mállás és az ezt követő, pl. folyóvízi áthalmazás következtében. E folyamatok együttes hatására ásványaik a felszínen, illetve ahhoz közel rendkívül stabilak, a természetben elő nem forduló anyagokra azonban érzékenyen reagálhatnak. A természetes úton képződött laza üledékek évmilliók alatt az ún. diagenézis (kőzetté válás) folyamatában alakulnak kőzetekké.
- A timföldgyártás hulladékaként visszamaradó vörös, részben szemcsés, részben kolloid állapotú szilárd anyag hagyományos neve a leíró jellegű vörösiszap (red mud) – átlagos szemcsemérete Szépvölgyi és Kótai (2011) szerint kb. 0,03 mm. A timföldtechnológiában ezt a terminust az utóbbi évtizedekben a genetikai jellegű bauxitmaradék (bauxite residue) fogalom váltotta fel. Jelen írásunkban ezt a bauxitmaradékot köznyelvi nevén, vörösiszapként említjük.
- A vörösiszap-tározót körülvevő, illetve tagoló gátakat eleinte földtöltéssel vették körül, majd kb. 1965-ben (Baksa Gy. szóbeli közlése) tértek át az úgynevezett salakpernye, azaz az ajkai hőerőmű szilárd halmazállapotú tüzelési maradéka, az ágysalak és a porleválasztó pernye keverékének használatára. A kőszén meddőjének eredeti ásványai a nagy hő hatására a legellenállóbb néhány százalék kivételével elbomlottak. A gyorsan lehűtött anyagnak nem volt ideje újra ásványokká kristályosodni, ezért tömegének döntő része amorf állapotú, úgynevezett kőzetüveg. Ezt a nagy CaO-tartalmú anyagot a vörösiszap-tározóval foglalkozó források jelentős része „szürkeiszapnak” nevezi, és ezt a terminust mi is átvettük. A szürkeiszapot hígzagyos technológiával juttatták fel az épülő gátra, ahol a törmelékszemszék a természetes diagenézishez hasonló folyamattal kőzetszerű tömeggé, egyfajta természetes betonná nőttek össze.
- Mivel a „természetes beton” terminust a belsőépítészetben egészen más jelentéssel használják, a gátak anyagát semleges terminussal cementkőnek nevezzük – ugyanezt a FUGRO CONSULT Kft. igazságügyi szakértői jelentése (FUGRO, 2012) és több más tanulmány is „pernye” néven említi. Ez a „cementkő” az előző pontban említett kőzetüveg hidratálódásával létrejövő, puccolánszerű anyag, amely a betonok kémiai osztályozása szerint nem a szilikát-, hanem az alumínátbetonok kötőanyagával analóg. Jelentős különbség, hogy az építőiparban használt szilikátbetonok pórusvizeinek pH-ja a kalcium-hidroxid fölöslege miatt általában 12,5 körül van (Balázs et al., 2017), a kolontári gátak fő ásványa, az ettringit viszont savas környezetben stabil.



<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>

- A különböző fémek hidroxidjai a bázisok (mint például a NaOH); e bázisok vizes oldatai a lúgok. A timföldtechnológiában feltárolúgnak az alumínium-oxihidrátok oldatba viteléhez használt, közel 10 tömegszázalék nátrium-hidroxidot tartalmazó oldattal egyenértékű nátrium-hidroxid-nátrium-aluminát oldatot nevezik. Az alumínium-hidroxid kikristályosítása után visszamaradó és ennél jóval hígabb, úgynevezett retúrlúgot visszajaratják további bauxit feldolgozására. A vörösiszapot kísérő folyadék NaOH-tartalma mindössze kb. 4 ezrelék (0,4 tömegszázalék) – ez timföldes szóhasználattal „víz”. Ez a folyadék maró hatású; a bőrfelülettel huzamosan érintkezve lúgmarást (caustic burning) okoz – a katasztrófa után ez vezetett több ember halálához. A két terminológia kibékíthetlensége miatt jelen írásunkban a lúgos folyadék (caustic liquor) megnevezést használjuk.
- Szélsőségesen különbözik az egyes (rész)tudományok „talaj”-fogalma. A köznyelvben talajnak azt a Föld felszínén települő, gyökerekkel többé-kevésbé átszőtt, viszonylag nagy humusztartalmú laza üledéket nevezzük, amelyből a növények vizet és ásványi sókat vesznek fel. Ebben az értelemben az ártéri üledéksornak az a legfelső tagja, amelyre a gátat építették, nem tekinthető talajnak; éppen ezért mellőzzük a műszaki földtanban bevett és szabatos, ám a köznyelvben félrevezető „talajtörés” szót is, az ártéri rétegsor tagjait pedig összefoglalóan laza üledékeknek nevezzük.
- A tározó építésével foglalkozó irodalomban a „kazetta” szó kétféle jelentésben használatos. Így nevezik:
 - egyrészt a tározó részmedencéit,
 - másrészt a tározót körülölelő gát építésénél a salakpernye ülepítésére kiépített medencéket.
- Jelen cikkünkben „kazetta” alatt mindvégig a tározó részmedencéit értjük; a gát építésénél ülepítő medencékről beszélünk.
- A MÁFI betűszó az ebben az időben még létezett Magyar Állami Földtani Intézetet jelöli. Nem sokkal az itt tárgyalt események után az Intézet szervezeti önállósága megszűnt; többszöri átszervezés és összevonás után Magyarország legelső kutatóintézetének maradáka jelenleg a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága (SzTFH) nevű hivatal része.
- A tragédia számos ok együttes hatásának eredménye volt. Ezek közül többre (pl. a katasztrófavédelmi terv hiányosságaira) ki sem térünk; ezeket más publikációk, illetve kéziratos jelentések (kiemelten a perhez készült szakértői vélemények) kellő gonddal taglalják. A földtani okokat és eredményeiket két független csoportra bontjuk: egyik csoportjuk eredménye az északi gát eltörése (két helyen), a másikké az északnyugati sarok átszakadása. A különbség



<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>

érezeltetésére a gát töréseit következetesen baleset, a sarok átszakadását pedig katasztrófa néven említjük.

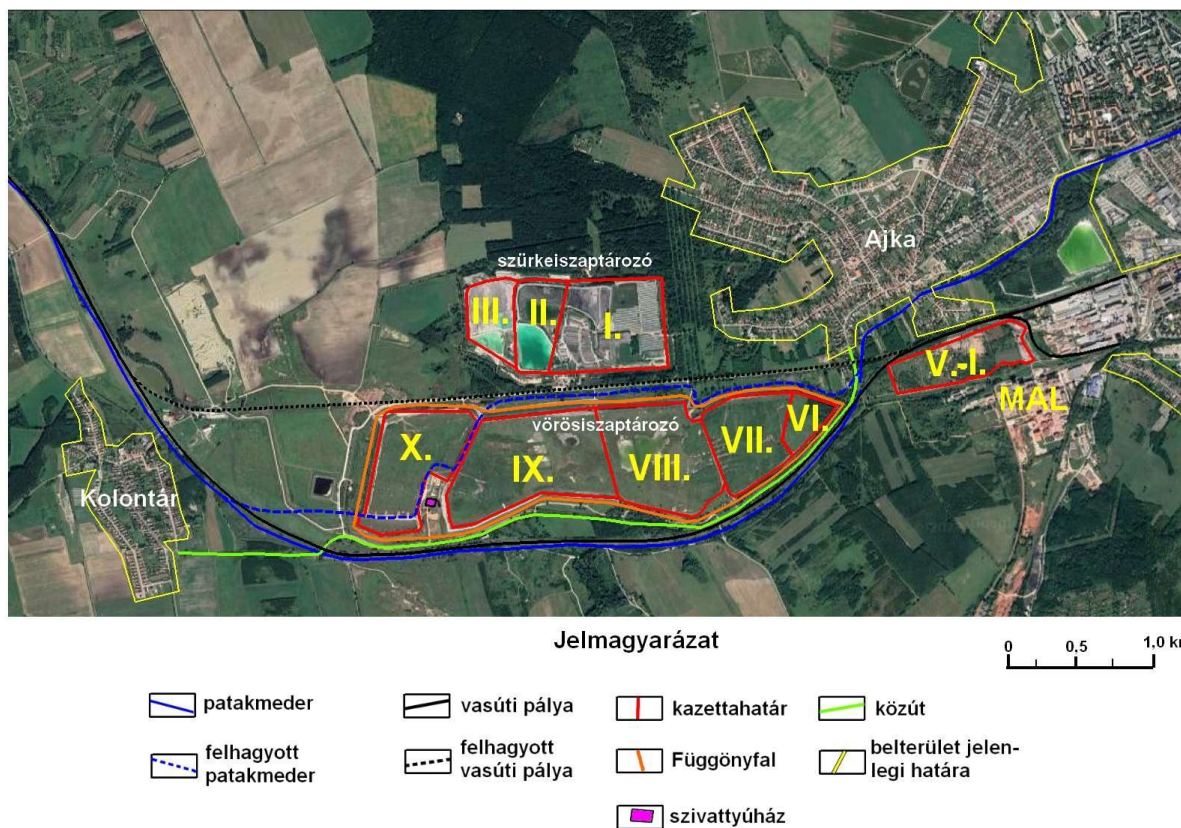
- Az általunk használt fogalomrendszerben a gát anyaga (az a bizonyos cementkő) egy mesterséges eredetű (antropogén) üledékes kőzet. Ebben az értelmezésben a kőzetté válás (diagenézis) a cement kötése – az a folyamat, amelyben a kőzetüveg kalcium-alumínium- és kalcium-szilícium-hidrátokká alakul. Ezért elsődleges ásványoknak a cement kötése közben keletkezőket nevezzük. Az ezeknél idősebb, átöröklött ásványok részint az egykori meddőközetek azon ásványai, amelyek a kazánban nem bomlottak le, részint azok, amelyek éppen az égéstérben, nagy hőfokon keletkeztek. A másodlagos ásványok az elsődlegesekből alakulnak ki a gát felépítése után a felszíni mállás és egyéb kémiai reakciók (például lúgkorrózió) eredményeiként. A reakciók gyorsasága és a gát évtizedes története miatt a katasztrófa idejére már szép számmal alakultak ki harmadlagos, sőt, negyedleges ásványok is, ezekről azonban (bármily érdekesek is) csak futólag emlékezünk meg.
- Az mBf rövidítés a Balti-tenger szintje fölötti magasság.
- Az Ajkai Timföldgyár és Alumíniumkohó Vállalatra és változó cégformájú jogutódaira többnyire egyszerűen csak Vállalat néven hivatkozunk.



<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>

A X. kazetta építésének előzményei és jogi környezete

1943–1968 között a timföldgyártás melléktermékeként keletkező vörösiszapot a Vállalat a gyár területén kialakított és földgáttal övezett I–V. kazettákban helyezte el (2. ábra).



2. ábra. A vörösiszaptározó és környezete [The disposal system of the Ajka Alumina Refinery (red mud, I–X.) and Ajka Power Plant (grey sludge, I–III.)]

1967-ben kezdték feltölteni a gyárteleptől nyugatra kiépített kazettákat:

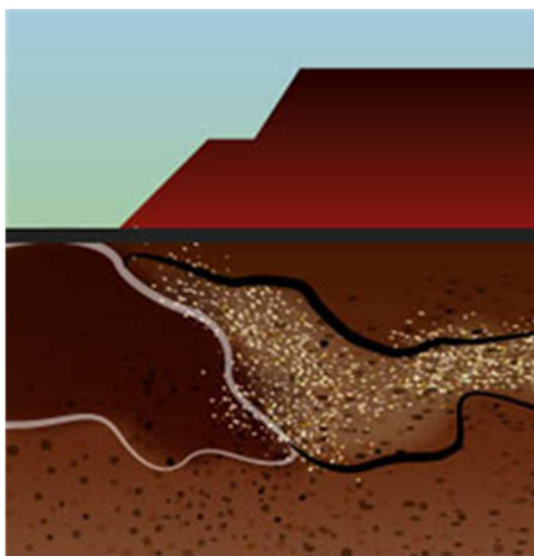
- a VI–VII. kazettát 1967–1974 között,
- a VIII. kazettát 1971–1997 között,
- a IX. kazettát 1980–2004 között (Horváth, Szüts, 2012).

1977. március 1-én a Vállalat megbízta a Mélyépítési Tervező Vállalatot (a továbbiakban: Mélyépterv), hogy készítsen tanulmánytervet arról, hogyan helyezték el a vörösiszapot a IX. kazetta feltöltése után. A Vállalat (a hatóságok és az aggódó lakosok képviselőinek hosszas vitája után) a gazdasági megfontolásoknak adott prioritást. Az új

<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>

tározótér helyéül a tiltakozásokkal nem törődve a IX. kazettához nyugatról csatlakozó „I” helyszínt jelölték ki.

1979–1980-ban a Vállalat megbízására Winkler Gusztáv, a BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszékének adjunktusa vizsgálta kollégáival a potenciális területeket. Az „I” helyszínről az ártéri üledékek laterális inhomogenitása (3. ábra) alapján valószínűsítette, hogy ha az új kazettát oda építik, annak északnyugati sarka előbb-utóbb át fog szakadni.

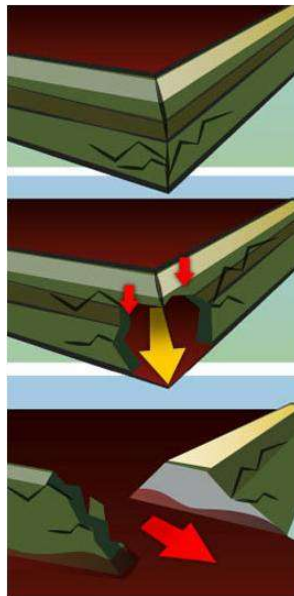


3. ábra: A Torna-patak árterén a törmelékes üledéksorba ékelődő agyaglencse
(Winkler et al., 1980, idézi Cs. K., 2010) [Clay lense in the flood-plain sediments]

Úgy vélte, hogy a folyamat buzgárosodással fog kezdődni. Ebben a modellben a gáttést alulról fölfelé haladva nyílt volna szét, a szakadás helyén boltozatos szerkezetek és kétoldalra hosszan széttartó, közel vízszintes repedésrendszerek alakultak volna ki (4. ábra).

Az elkészült jelentést leadták a Vállalatnak, ahol annak nyoma veszett; a bíróság előtt a jogutód MAL vezetői azt állították, hogy még csak nem is hallottak róla. Fentiek okán a jelentésre csak az annak egyes részleteit idéző újságcikkkel tudunk hivatkozni.

<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>



4. ábra: Az északnyugati sarok átszakadásának Winkler Gusztáv-féle modellje (Winkler et al., 1980, idézi Cs. K., 2010) [G. Winkler's model of disrupting of the northwest corner]

1980-ban elkészült először a tanulmányterv, majd az elvi vízjogi engedélyezési terv, amely egyúttal a beruházás környezetvédelmi szempontjait is taglalta (Mélyépterv, tervszám: 3021-40). Több szakértő szerint a jobb helykihasználás érdekében a kazettát (a korábbiakhoz hasonlóan) túl szögletesre tervezték; a sarkokban a lekerekítés görbületi sugara túl kicsi.

1980-ban a Közép-dunántúli Környezetvédelmi Felügyelőség (2010 óta Közép-dunántúli Környezetvédelmi Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség; a továbbiakban: Felügyelőség) felfigyelt arra, hogy a szigeteletlen fenekű kazettákból az ártéri üledéksorba szivárgó lúg elszennyezi a talajvizet (a kolontári ásott kutakban az összes oldott anyag koncentrációja elérte a 8000 mg/l-t). Ettől fogva a környék legfontosabb környezeti problémájának a talajvíz elszennyeződését tekintették.

1981. február 24-én a Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság (a továbbiakban: KÖVIZIG) 20.145/1981-es határozatával kötelezte a Vállalatot, hogy a vörösiszap tárolása miatt bekövetkezett talajszennyezést fokozatosan szüntesse meg. Az ehhez szükséges szakértői vélemény elkészítésével a Vállalat ismét a Mélyéptervet bízta meg.

1981. március 11-én a KÖVIZIG elvi vízjogi engedélyt adott a X. kazetta (akkori nevén: „I” kazetta) építésére és egyúttal ismét előírta a fentebb említett kárelhárítást.

1984 áprilisában az ALUTERV-FKI készítette el a X. kazetta elvi engedélyezési tervét.

1985 júliusában készítette el az ALUTERV-FKI a kazetta földmunkáinak műszaki leírását. Az eredeti tervek szerint a koronamagasság 235,5 mBf lett volna, tehát a tározóba több mint 40 m vastag vörösiszapot tölthettek volna.

<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>

1984 és 1988 között a vörösiszap-tározótól délre helyezték át az eredetileg attól északra, a vörösiszap-tározó és a hőerőmű szürkeiszap-tározója között húzódó vasútvonalat és a Torna-patak medrét (2. ábra).

1987-ben a talajvíz további szennyezésének megakadályozására előírták a létesítmény körül a teljes résfalazást a szivárgó vizet elvezető öv- és gyűjtőárkokkal. A résfal talpa a tározó gát alatti agyaglencsébe ágyazódva lezárta a csurgalékvizek útját (Ballagó, 2011). A tározó belső szigetelését nem írták elő.

1989-ben hagyta jóvá a Felügyelőség a kazetta építésének előzetes terveit. Ezek alapján 1990 januárjában elkezdődött az építkezés, de eleinte igen lassan haladt.

1990 januárjában fejezte be a Mélyépterv a (T.sz.: 3021-84) „Részletes geotechnikai szakvéleményt”. Ebben már csak max. 25 m magas gátak szerepelnek 1:1-es (a Ny-i gát külső oldalán 1:2-es) rézsűhajlással.

1991 végén a rendszerváltással veszteségesé vált Magyar Alumíniumipari Trösztöt (MAT) Hungalu Magyar Alumíniumipari Rt. néven részvénytársasággá szervezték (Pál és Németh, 1996). Az Állami Vagyonügynökség (ÁV) Rt. a cég egyes üzemeit bezárta, a többiekét 1995–1996-ban privatizálta.

1992 júliusában a kazetta tervezését a Mélyépterv Kultúrmérnöki Kft. fejezte be.

1993-ra csak a töltés alapozása készült el. Ennek építése előtt nem takarították le az ártéri rétegsor felső, legrosszabb talajmechanikai tulajdonságú és teherbírású tagjait (csak 30–100 cm-t tisztogattak le), hanem ezek tetejére építették a gátakat. Az alapozáshoz használt salakpernyét senki sem vizsgálta be. Az utólagos vízfelvétel miatt dobozredőkbe gyűrődött alap (5. ábra) máig jól megkülönböztethető a később épített gáttesttől. A munkálatokat a tervező folyamatosan felügyelte. Amint a bírósági tanúvallomásokból (hvg, 2012) kiderül, az építés mindvégig szakaszos volt, mert a hőerőműben kétféle szenet égettek. Ezek közül csak az ajkai szén salakpernyéjének mésztartalma volt megfelelő, a balinkai szénét nem tudták felhasználni.



<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>



5. ábra: Az északi fal kizökkent darabjának alja a tározó felől [The bottom of the off-moved fragment of the north wall] (Fügedi U., 2011. máj. 19.)

Ugyancsak 1993-ban a IX. kazetta mellett egy buzgár alakult ki. A biztonságos működés érdekében a Felügyelőség utasította a céget ennek sürgős megszüntetésére.

1995-ben ért véget az építkezés első szakasza; a gátakat addig 205 mBf-re építették meg.

1995-ben alakult a Magyar Alumínium (MAL) Kft., a jelenlegi MAL jogelődje. Eddigre a keleti és a déli oldalon egy-egy víznyelőt is kiépítettek. 1995. szeptember 7-én adták be engedélyezésre a második szakasz, tehát a 216,5 mBf-re magasztás terveit. A gátak magasztását 1997-ben kezdték el.

1997-ben a MAL Kft. felvásárolta az ugyancsak jogutód Ajkai Alumínium Kft.-t és vele a vörösiszap-tározót. A Kft. a '90-es évek második felében részvénytársasággá alakult (MAL Magyar Alumínium Termelő és Kereskedelmi Zrt.). Év végére teljesen megépült a X. kazetta északi fala; a másik két fal ekkor még kb. 3 méterrel alacsonyabb volt.

1998. XII. 3-án kezdték el a X. kazetta feltöltését. A vörösiszapot 1:5 arányban vízzel hígították és csőrendszeren, a gátak mentén körkörösén vezették be a tárolóba (6. ábra).

Ettől vörösiszap rakódott le a gát belső rézsűjére, és azt „kikenve” optimális esetben javította annak vízzáróságát. A védőkéreg darabjai a kazetta belső falán többhelyütt megőrződtek (5. ábra).

<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>



6. ábra: A beöntőcsövek és a 2010 nyarán elvégzett szintkiegyenlítő feltöltés

2001-re épült ki a tározót körülvevő résfal, az árkok és megfigyelő kutak rendszere:

- * a vízzáró agyagos feküig lehatoló függőleges függönyfal (7,4 km),
- * a függönyfal és a zagyatározó között kiépített övások (és gyűjtőmedence),
- * a talajvízszint-észlelő kutak rendszere a résfal mindkét oldalán.

Erről a 2006-os környezethasználati engedély elégedetten állapítja meg, hogy „a vörösiszap-tárolók környezetének állapota a függőleges lezárások kiépítésének következtében jelentősen javult”. Azt nem vették figyelembe, hogy a résfallal körbezárt területen nemcsak a talajvíz szintje emelkedik meg, de az egyre lúgosabb is lesz.

2003-ra megépült a X. kazetta déli oldalához, annak nyugati részén csatlakozó X/a kazetta (a katasztrófa után átmenetileg ebben helyezték el a timföldgyárban keletkező vörösiszapot).

2003 őszén az ajkai hőerőművet biomassza-tüzelésűre állították át (Jáger, 2011); salakpernyéje ettől kezdve nem volt alkalmas gátépítésre (nem kötött meg).

<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>

2004-re a visszaduzzasztott talajvíz pH-ja elérte a 13-at, az ártéri rétegsorban az agyagásványok bomlása gyorsult – ezt a jelenséget azonban csak közel fél évtizeddel később ismerte fel Gerritse és Thomas (2008).

2010. június 30. – augusztus 15. között a vállalat 30–100 cm magas szintkiegyenlítő feltöltéssel (6. ábra) megemelte a gát magasságát, mivel az 2001 és 2010 között különböző, jórészt a gáttestben lejátszódó folyamatok eredményeként több deciméterrel csökkent. A magasítás anyagát a szürkeiszaptározóból (2. ábra) termelték ki. A markolóval feltépett és kifejtett darabos-tömbös salakpernyét (7. ábra) a gáton leborították, majd tolólapos egyengetés után juhláb-hengerrel tömörítették. A szétterített anyagot vízzel permetezték. Mivel megőrizte laza, törmelékes szerkezetét, a rátöltés és az eredeti gáttest a baleset után készült képeken (6. ábra) jól megkülönböztethető.



7. ábra: Az erőmű zagyártározóján lerakott és a 2010 nyári gátmagasításhoz visszafejtett szürkeiszap [Grey sludge of the Ajka power plant used to the heightening of the dam in summer 2010] (Vatai J., 2010. nov. 5.)

A X. kazetta építését megalapozó határozatok és engedélyek

Az érdemi intézkedéseket megakadályozó hatásköri vitákat, a feladat és felelősség állandó el- és áthárítását kiválóan összegzi az alapvető jogok biztosának jelentése (Horváth és Szüts, 2012).

Opuscula Theologica et Scientifica 2024 2(2): 99-123.

A Wesley János Lelkészképző Főiskola Tudományos Közleményei

[Scientific Journal of John Wesley Theological College]

<https://opuscula.wjlf.hu> • ISSN 2939-8398 (Online)



<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>

A tározó minősítéséről már az 1980-as évektől vitatkoztak az érintett hatóságok (Veszprém Megyei Tanács, Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium majd Gazdasági és Közlekedési Minisztérium, a többször változó főhatóságú bányafelügyelet, illetve bányászati hatóság és a területileg illetékes jegyző).

A bányászati tevékenység fogalmát az 1993. évi XLVIII. törvény (Bányatörvény, 1993) csak közvetett módon határozta meg. Az uniós szabályozás helytelen átültetése, illetve a törvény nem megfelelő fogalomhasználata jogbizonytalansághoz, téves jogértelmezéshez és joghézagokhoz vezetett. Ezek eredményeként a bányászati hatóságok hatáskörük ellenére nem jártak el. A helyzetet bonyolította (Bánvölgyi Gy., szóbeli közlés), hogy feltöltés közben a kazetták jogilag még a technológia részei voltak, csak a feltöltés befejeztével váltak „tározóvá”.

Az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium utasítására az 1990-es években (saját korábbi, illetéktelenségét kimondó állásfoglalásával szemben) vízjogi létesítési engedélyt adó vízügyi hatóságon kívül egyetlen hatóság sem ismerte el engedélyező hatáskörét, emiatt az engedéllyel járó utólagos építéshatósági feladatokat sem látta el senki.

2009 decemberében újabb hatásköri vita alakult ki az engedélyező hatóságok között. Ennek eredményeként a VIII. és IX. kazetta magasítása érdekében kezdett építésügyi engedélyezési eljárás nélkül zárult le, hogy bármelyik hatóság megállapította volna illetékességét és érdemben eljárta volna.

A X. tározó falának átszakadása újabb hatásköri vitát generált, de az ebben résztvevők – a Közép-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség (a továbbiakban: Felügyelőség), a devecseri, az ajkai és a veszprémi jegyző, a megyei közigazgatási hivatal – ezúttal sem tudták tisztázni, melyikük tekintendő a tározó engedélyezésére és a katasztrófa következményeinek felszámolására hivatott építésügyi hatóságnak. Végül erre a Fővárosi Ítéltábla a Felügyelőséget jelölte ki.

Az ÉVM Építésügyi és Városfejlesztési Főosztályának állásfoglalására 1993–2002 között a KÖVIZIG-nek kellett a tározó létesítésére vízjogi engedélyeket kiadnia. Ehhez a tározót „vízilétesítménynek” definiálták. Az engedélyben foglaltak betartását, pl. a tározók állékonyságát, statikáját 2002 után egyetlen hatóság sem ellenőrizte.

- 1993. január 25. vízjogi létesítési engedély I. ütem (205,0 mBf magasságig) (terv alapján műszaki jellemzők leírása, paraméterek, felhasználandó anyag-igény)
- 1996. II. 20. vízjogi létesítési engedély II. ütem (216 mBf magasságig)
- 1998: környezetvédelmi működési engedély;
- 1999–2000: A 21/1999. (VII. 22.) KHVM-KöM együttes rendelet vízminőség-védelmi kárelhárítási terv készítését írta elő. Ezt a vállalat 2000-ben készítette el. A terv, amit rendszeresen aktualizálni kellett, tartalmazta egyebek között:

- a vörösiszap lerakásának és a rendkívüli események kezelésének személyi és tárgyi feltételeit,



<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>

- a folyamatos 24 órás figyelőhálózat üzemeltetését a kazetták gátjainak ellenőrzésével, a szivárgások, gátszakadások figyelésével és jelzésével (Jáger, 2011);
- 2001: A VI-X. kazetták környezetvédelmi rendszerének (függőleges résfallal lezárás-körbeépítés, teljes hossz: 7,4 km) vízjogi üzemeltetési engedélye;
- 2002. február 25. Vízjogi üzemeltetési engedély III. felügyeleti kategória (ötévente Vízig ellenőrzi). Ennek részeként engedélyes „köteles:
 - az engedélyben előírtak betartására
 - a hatósági ellenőrzés lehetőségének biztosítására
 - az üzemeltetett vízilétesítmény állagmegóvásáról, karbantartásáról rendszeresen gondoskodni” (Jáger, 2011).

A töltéshosszak:

- É: 657 m,
- Ny: 581 m,
- D: 269 m,
- K: 405 m.

Az É-i gát koronája és talpa is keskenyebb volt a többiénél.

- 2002: a VI-X. kazetták teljes körű környezetvédelmi felülvizsgálata (a 22/2001. KöM rendelet alapján);
- 2004: a Felügyelőség jóváhagyta a tározó egyedi hulladékgazdálkodási tervét;
- 2005. november: a vízminőség-védelmi kárelhárítási terv felülvizsgálata és módosítása;
- 2006: egységes környezethasználati engedély (2011-ig érvényes)
- 2009. január: a vízminőség-védelmi kárelhárítási terv felülvizsgálata és módosítása a 90/2007. (IV. 26.) korm. rend. alapján;
- 2009: a IX. kazetta üzemeltetésének meghosszabbítása;
- 2009: az egységes környezethasználati engedély módosítása: létesítési engedély a VIII. és IX. kazetta gátjának magasítására. (A gátak 7 m-es magasítása további 4 millió m³ (6,5 millió tonna) vörösiszap elhelyezését tette volna lehetővé).

A X. kazettában tárolt anyagok

A 29 ha területű X. kazetta teljes térfogata 4 200 000 m³, amiből a szabad kapacitás 2 913 000 m³. Ez vízszintes iszapfelszínnel, tehát a valóságostól távoli feltételekkel számolva körülbelül 6 232 000 tonna vörösiszap tárolását teszi lehetővé (Ballagó, 2011). 2003 végére alakították ki a X/a jelű kazettát, amelytől keletre áll a „retúrvíz” szivattyúháza. A katasztrófa után átmenetileg használt X/a kazetta 752 000 tonna (30% nedvességtartalmú) „tapadó szűrt lepény”, azaz 527 000 tonna vörösiszap befogadására volt képes.



<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>

A kazettát kétféle anyag töltötte fel: a vörösiszap és az azt lefedő, változatos neveken említett lúgos folyadék; utóbbi fő szerepe a vörösiszap kiporzásának megakadályozása volt. Ennek érdekében a folyadék szintjét a peremeken 50–80 cm magasan tartották. Mivel a betápláló pontok a gátfalak mentén voltak, az iszapfelszín a tározó közepe és a folyadék visszanyerésére szolgáló nyelők felé lejtett. E lejtésnek köszönhetően a kazetta közepén a folyadékmélység elérte a 7–8 m-t. A folyadék nemcsak a szilárd fázis tetején helyezkedett el, de teljesen át is itatta azt, amitől a vörösiszap mindvégig megőrizte zagy jellegét. E zagyban a folyadékfázis aránya a régebben felhagyott kazettákból nyert tapasztalatok alapján a felszín közelében 50–60 %, a mélyebb szinteken 30–40 % körül lehetett.

A X. kazettában tárolt vörösiszap kémiai összetétele a MAL-nak a gátszakadás után közzétett tájékoztatója szerint (Bánvölgyi, 2012):

- Fe_2O_3 40–45%,
- Al_2O_3 10–15%,
- SiO_2 10–15%,
- CaO 6–10%,
- TiO_2 4–5%,
- Na_2O (kötött) 5–6%.

Jellemző ásványai és ezek nominális kémiai összetétele:

- 40 % hematit Fe_2O_3 ,
- 20 % kankrinit $\text{Na}_6\text{Ca}_2[(\text{CO}_3)_2 | \text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,
- 8-8 % kalcit CaCO_3 és hidrogrosszulár $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3 \cdot (\text{OH})_4$,
- 6 % gibbsit $\gamma\text{-Al}(\text{OH})_3$,
- 5 % goethit FeOOH ,
- 3-3 % böhmit $\text{Al}(\text{OH})_3$, kvarc SiO_2 és perovszkit CaTiO_3 ,
- 2 % diaszpor $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

A baleset után – a hivatalos megrendelések részeként – a MÁFI laboratóriuma az előntésekben kiülepedett és részben hordalékkal kevert vörösiszaptól meghatározta egyes, a 6/2009. (IV. 14.) KvVM–EüM–FVM együttes rendelet 1. melléklete szerint toxikus nehézfémnek minősített elemek savoldható, a környezetvédelmi jogban „teljes elemtartalomnak” tekintett koncentrációit (1. táblázat). Ezek közül az As, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg mennyisége haladta meg a talajokra megadott szennyezettségi határértéket. Értékeiket a környék talajaira bizonyított háttérkoncentrációkkal összevetve állapítottuk meg, hogy a 3 cm-nél vastagabb előntéseket fel kell takarítani. Tőlünk függetlenül, más módszerekkel ugyanerre az eredményre jutott az MTA kutatócsoportja is.



<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>

1. táblázat *Toxikus nehézfémek koncentrációja az elöntésekben kiülepedett és hordalékkal keveredett vörösiszapban** [Toxic heavy metal concentrations in the red mud mixed with alluvial sediments]

Királyvizes 1. kör	As	Cd	Cr	Ni	Pb	Zn	Hg	pH
	mg/ kg	mg/ kg	mg/ kg	mg/ kg	mg/k g	mg/ kg	mg/kg	30% deszt. vízzel keverve
Vörösiszap-1 Kolontár	110	1,19	566	269	147	172	1,73	12,4
Vörösiszap-2 Kolontár	76,5	0,822	361	143	96,2	108	0,617	12,6
Vörösiszap-3 Kolontár	104	1,33	546	247	148	144	2,68	12,2
Vörösiszap-4 Kolontár	124	1,30	652	304	166	155	2,50	12,1
Vörösiszap-5 Kolontár	122	1,44	694	322	177	165	2,62	12,2
Vörösiszap-6 Kolontár	131	1,13	607	276	151	179	2,83	12,1
Vörösiszap-7 Kolontár	97,7	1,11	527	237	142	126	1,69	12,3
Vörösiszap-8 Devecser	95,6	1,29	542	252	147	148	1,67	12,0
Vörösiszap-9 Devecser	81,6	0,815	385	178	99	125	1,27	12,1
Vörösiszap-10 Devecser	103	1,29	537	247	146	150	1,65	12,1

* 2010. október 8., elemző: dr. Bartha András. As, Cd, Cr, Ni, Pb, Zn – királyvizes kioldással mobilizálható; Hg – feltárás nélküli, direkt AAS meghatározás.

Ezek a gyors vizsgálataink a kárelhárítás megalapozását szolgálták; a kiömlött vörösiszap kémiai összetételét azóta nagyon sokan vizsgálták nálunk jóval részletesebben, változatos kivonatoló szerekkel (Mayes et al., 2011, Burke et al., 2012 stb.).

Szépvolgyi és Kótai (2011) szerint a vörösiszap jellemző kémiai összetétele:

- Fe_2O_3 – $37,0 \pm 2,6$ %
- Al_2O_3 – $14,3 \pm 1,6$ %
- SiO_2 – $20,0 \pm 2,7$ %
- CaO – $7,7 \pm 2,5$ %
- TiO_2 – $3,8 \pm 0,5$ %
- Na_2O – $4,8 \pm 1,3$ %
- MgO – $0,53 \pm 0,2$ %

Az ajkai vörösiszapban az általuk jellemzőnek írtnál több a vasoxi-hidroxid és kevesebb a szilíciumdioxid.

A vörösiszap-hordalék keverék ásványos összetételét (2. táblázat) vizsgálva megállapítottuk, hogy az egyrészt a különböző helyekről származó bauxitok eltérő

<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>

összetétele, másrészt az áthalmazódásokkal járó szeparálódás, de főleg a hordalék változó arányú bekeveredése miatt meglehetősen változékony.

2. táblázat Az elöntésekben kiülepedett és hordalékkal keveredett vörösiszap

ásványos összetétele (%)*

Mintasza m	illit	kaolinit	kvarc	diaszpor	kalcit	dolomit	hematit	goethit	kankrinit	anatáz	rutil	katoit	gipsz	szodalit	gibbsit	böhmít	Kristályos fázis összege	Amorf
3.	6	4	42	2	6	3	8	1	9	1	1	4	2			2	91	9
5.	10	6	13		5	3	23	1	18	2	1	4		4		3	93	7
7.	7		4	4	3	2	30	5	25	1	2	9	1		1	1	95	5
11.		2	7	4	8	1	35	3	21			4			3	3	91	9
16.	6	6	13	4	6	5	23	2	22	1	3	4			1	1	97	3

* 2010. december 9. elemző: Kovács-Pálffy Péter, Kónya Péter

A két adatsorból (MAL, illetve MÁFI) becsülhető az egyes mintákban a vörösiszap és a hordalék keveredésének aránya.

A következő fázisban azt vizsgáltuk, hogy ez az iszap, illetve iszappal kevert „talaj” milyen kategóriájú hulladéklerakóban helyezhető el. A különböző módszerekkel kivonatolt fémtartalmakat a hulladéklerakással, valamint a hulladéklerakóval kapcsolatos egyes szabályokról és feltételekről szóló. 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet 2. mellékletével összevetve megállapítottuk, hogy az arzén és a molibdén mért koncentrációi miatt nemcsak az iszap, de még az iszappal kevert „talaj” is csak „C” kategóriájú (veszélyes hulladék lerakására szolgáló) hulladéklerakón tárolható. (E szempontból mellékes, hogy ez az irracionális, a Kárpát-medence földtani sajátosságait figyelmen kívül hagyó határértékrendszer folyománya – Kerék et al., 2011, Tolmács et al., 2015 stb.).

A vörösiszapot kísérő **lúgos folyadék** jellemző összetétele:

4,6 g/l összes Na₂O, (3,7 g/l kausztikus Na₂O),
1 g/l Al₂O₃; pH 13.

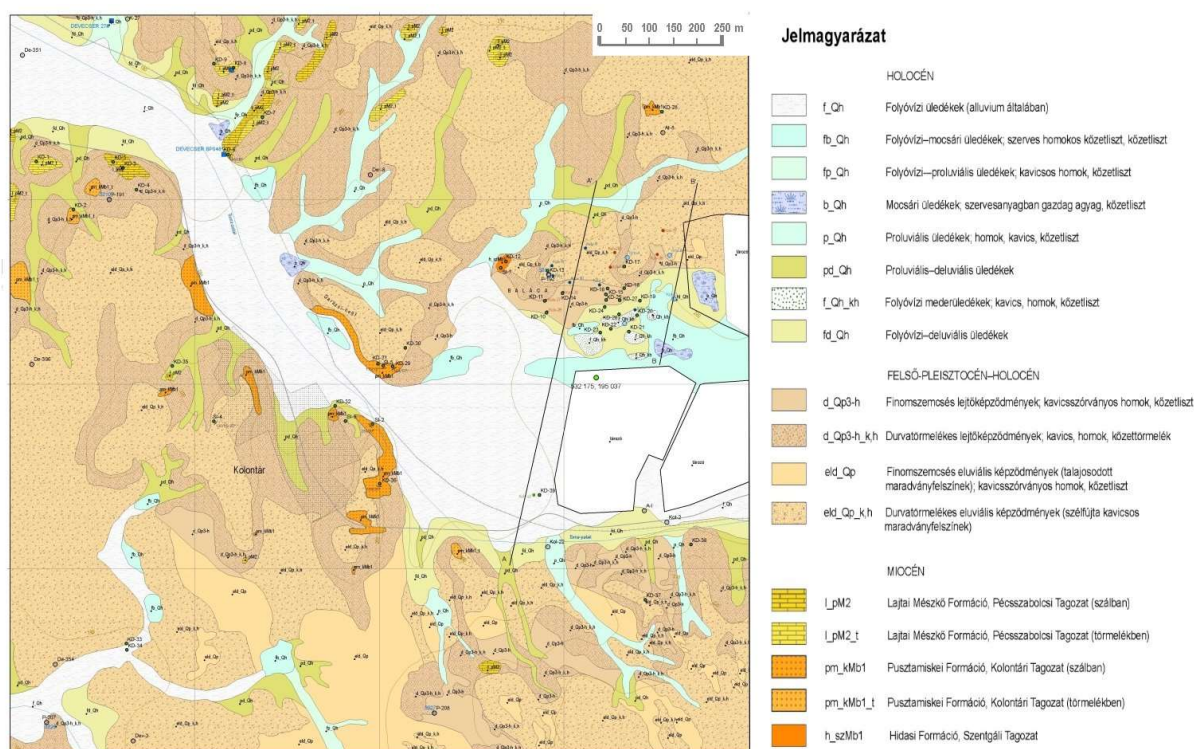
Ez 0,4 tömegszázalék (0,1 mól/l) NaOH-oldattal egyenértékű. A vörösiszap-hányón a kísérő folyadék ún. kausztikus nátrontartalma a levegő széndioxidjával reagálva hosszabb idő alatt számottevő mértékben nátrium-karbonáttá alakul.

<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>

A Pannon Egyetem a gátszakadás napjától folyamatosan vizsgálta az elfolyt oldat minőségét. A gátszakadás napján mért legnagyobb pH érték 12,87 volt.

A gát eltöréséhez vezető folyamatok

Az észlelési földtani térkép (8. ábra) és a fúrások alapján szerkesztett földtani szelvények (9. ábra) szerint a Torna-patak K felől Ny-ra enyhén lejtő völgye a vizsgált területen középső-miocén aleuritos, homokos, kavicsos, majd főként agyagos képződményekbe vágódott (Marsi I. et al., 2012). A patak völgy a X. kazetta területén kb. 1 km széles. É-i szegélyén (B–B' földtani szelvény) pleisztocén–holocén finomszemcsés deluviális képződmények (kavicszórványos homok, kőzetliszt) sávja húzódik. Ezt idősebb, finomszemcsés eluviális–deluviális képződmények (kavicszórványos homok, kőzetliszt), majd tovább, a völgyvállon durvatörmelék eluviális képződmények (szélfújta kavicsos maradványfelszín) követik. A völgy mélyebb részében nagyon fiatal, konszolidálatlan, mészsómentes folyóvízi–mocsári üledékek (homok, kőzetliszt), illetve szervesanyagban dús mocsári képződmények (kőzetliszt, agyag) jelzik, hogy a közelmúltban ez a patakmeder még aktív volt (a kazetta É-i fala alatt, lásd B–B' földtani szelvény). A sok szervesanyagot tartalmazó, finomszemű üledékek mészsómentesek, a homokok mésztartalma jelentős.



Opuscula Theologica et Scientifica 2024 2(2): 99-123.

A Wesley János Lelkészképző Főiskola Tudományos Közleményei

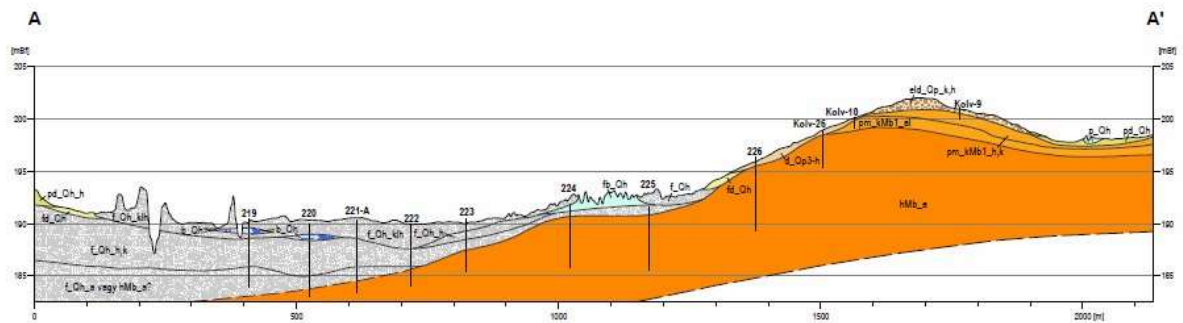
[Scientific Journal of John Wesley Theological College]

<https://opuscula.wjlf.hu> • ISSN 2939-8398 (Online)



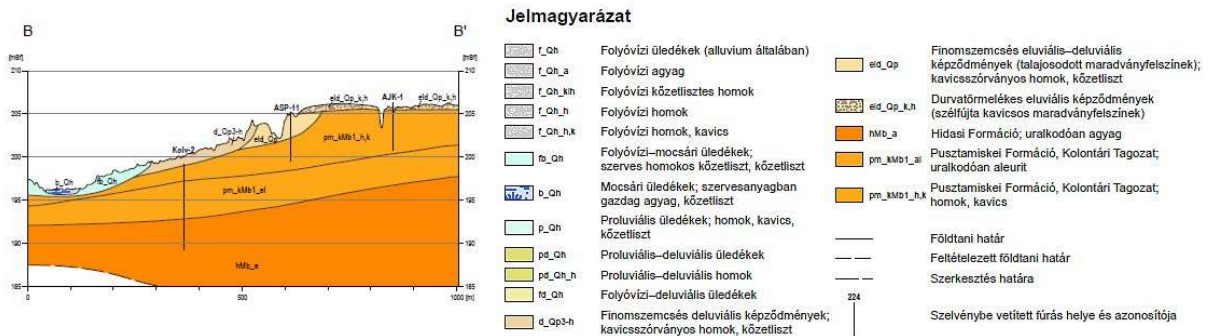
<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>

8. ábra. A környék földtani észlelési térképe [Geological field map of the environment] (Marsi et al., 2012)



Jelmagyarázat

	Folyóvízi üledékek (alluvium általában)		Finomszemcsés eluviális–deluviális képződmények (talajosodott maradványfelszínek); kavicszórványos homok, kőzetliszt
	Folyóvízi agyag		Durvtörmelék eluviális képződmények (szélfújta kavicsos maradványfelszínek)
	Folyóvízi kőzetlisztes homok		Hidasi Formáció; uralkodóan agyag
	Folyóvízi homok		Pusztamiskei Formáció, Kolontári Tagozat; uralkodóan aleurit
	Folyóvízi homok, kavics		Pusztamiskei Formáció, Kolontári Tagozat; homok, kavics
	Folyóvízi–mocsári üledékek; szerves homokos kőzetliszt, kőzetliszt		Földtani határ
	Mocsári üledékek; szervesanyagban gazdag agyag, kőzetliszt		Feltételezett földtani határ
	Proluviális üledékek; homok, kavics, kőzetliszt		Szerkesztés határa
	Proluviális–deluviális üledékek		Szelvénybe vetített fúrás helye és azonosítója
	Proluviális–deluviális homok		
	Folyóvízi–deluviális üledékek		
	Finomszemcsés deluviális képződmények; kavicszórványos homok, kőzetliszt		



Jelmagyarázat

	Folyóvízi üledékek (alluvium általában)		Finomszemcsés eluviális–deluviális képződmények (talajosodott maradványfelszínek); kavicszórványos homok, kőzetliszt
	Folyóvízi agyag		Durvtörmelék eluviális képződmények (szélfújta kavicsos maradványfelszínek)
	Folyóvízi kőzetlisztes homok		Hidasi Formáció; uralkodóan agyag
	Folyóvízi homok		Pusztamiskei Formáció, Kolontári Tagozat; uralkodóan aleurit
	Folyóvízi homok, kavics		Pusztamiskei Formáció, Kolontári Tagozat; homok, kavics
	Folyóvízi–mocsári üledékek; szerves homokos kőzetliszt, kőzetliszt		Földtani határ
	Mocsári üledékek; szervesanyagban gazdag agyag, kőzetliszt		Feltételezett földtani határ
	Proluviális üledékek; homok, kavics, kőzetliszt		Szerkesztés határa
	Proluviális–deluviális üledékek		Szelvénybe vetített fúrás helye és azonosítója
	Proluviális–deluviális homok		
	Folyóvízi–deluviális üledékek		
	Finomszemcsés deluviális képződmények; kavicszórványos homok, kőzetliszt		

9. ábra. Földtani szelvény az A–A' és B–B' vonal mentén [Stratigraphical cross-sections through A–A' and B–B'] (Marsi et al., 2012)

Teraszszintek nyomokban sincsenek, és ennek oka Marsi et al. (2012) szerint az lehet, hogy a Torna-patak völgyében húzódó jobbos oldaleltolódásos zóna máig aktív. A törés mentén rendszeresen kipattannak kisebb rengések, ezek azonban jelentéktelen; az északi fal eltöréséhez érdemben nem járulhattak hozzá (FUGRO, 2012).

Opuscula Theologica et Scientifica 2024 2(2): 99-123.

A Wesley János Lelkészképző Főiskola Tudományos Közleményei

[Scientific Journal of John Wesley Theological College]

<https://opuscula.wjlf.hu> • ISSN 2939-8398 (Online)



<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>

A gát eltörésének fő oka az volt, hogy a résfallal visszaduzzasztott, 13-hoz közeli pH-jú talajvíz teljesen átáztatta a gát alatti kövér agyagot. A duzzadó agyagásványokat a lúgos oldat mintegy fél évtized alatt elbontotta, és ettől az üledék szilárdságának nagy részét elveszítette (Kertai, 2012). Ezeket a folyamatokat a periratok, egyebek közt a perhez készült szakértői vélemények részletesen bemutatják; ehelyütt nem ismételjük.

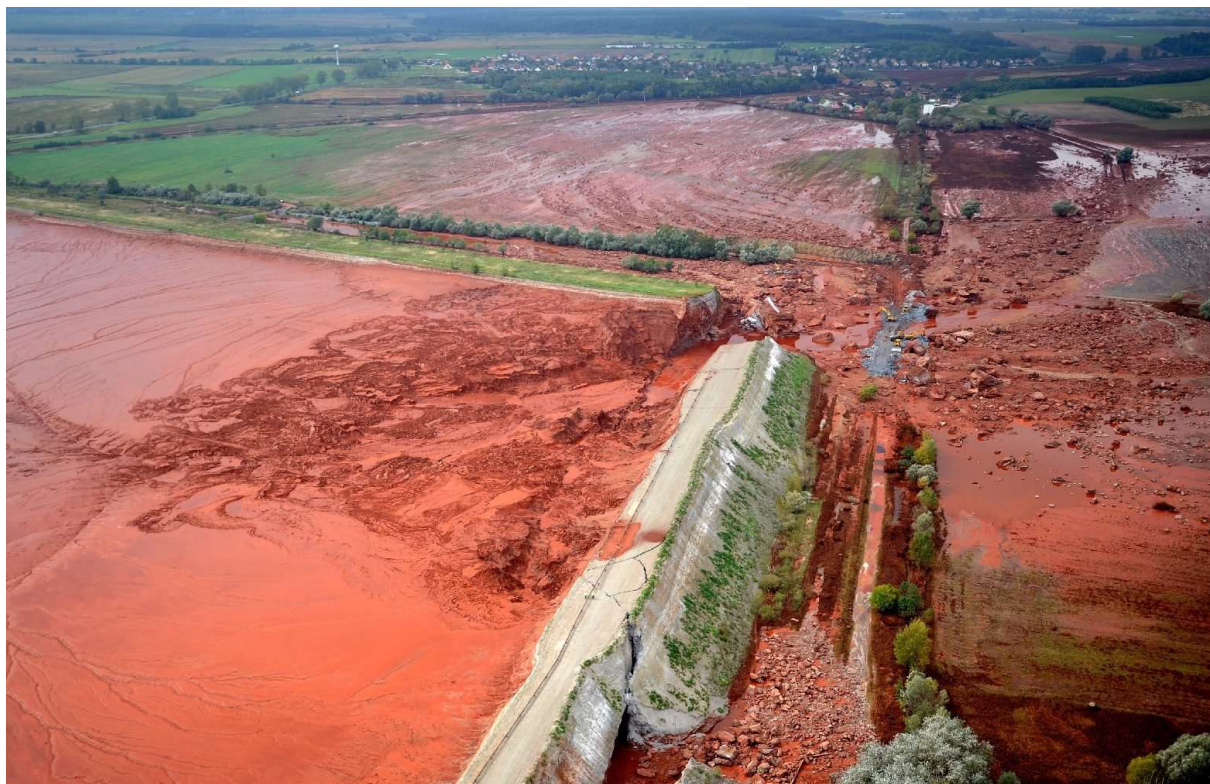
A pH>12 tartományban a NaOH az agyagásványok kálium-tartalmát nátriumra cseréli. A duzzadó és a nem duzzadó agyagásványok is rosszul kristályosodott alumoszilikátokká alakulnak. Csökken a megmaradt duzzadó agyagásványok kristályon belüli duzzadása és az ozmotikus duzzadás is; mindkét tényező növeli az üledék vízáteresztő képességét (Németh és Sipos, 2010).

Az üledék fokozatosan hígfolyós, kotu állagú anyaggá alakult. A folyamatot Gerritse és Thomas (2008) és az őket követő szerzők nyomán részletesen ismerteti a perhez készült szakértői jelentés (FUGRO, 2012). A 2000-es évekig úgy gondolták, hogy a duzzadó agyagásványok lúgos bontásához a közeget hevíteni kell. Éppen 2010-ben publikálta Gates és Bouazza (idézi Németh és Sipos, 2010), hogy nagyon lúgos NaOH-oldat hatására az agyagásványok már szobahőmérsékleten is rosszul kristályosodott, víztartalmú alumoszilikátokká és víztartalmú karbonátokká alakulnak. Az, hogy ez korábban nem volt nyilvánvaló, annak tudható be, hogy a reakcióban nemcsak az oldat lúgossága (a pH) számít, hanem a bázis jellege is: az agyagásványok hevesebben reagálnak a NaOH-dal, mint a KOH-dal, utóbbival pedig jobban, mint a Ca(OH)₂-dal.

A hordképességét veszítő egykori agyagos üledék fölött a merev gáttest mindinkább afféle hídként állt, ahogy alátámasztása megszűnt. Amikor már nem tudta önsúlyát megtartani, az északnyugati sarokban megrepedt, illetve eltört, és a repedésen elkezdett kiáramlani a lúgos folyadék. Ennek feszítő hatására a gát még egy helyen, az északi fal kb. harmadánál eltört. A kitört szakasz az elbontott agyag laza bomlástermékeibe esett. A kazettában tárolt zagy nyomására a kitört darab kifelé mozdult, és közben (FUGRO, 2012) mintegy 0,83 fokkal elfordult: az északi fal törésénél kevesebb, mint egy, az északnyugati saroknál több mint négy métert mozdult kifelé. A kimozduló szakasz és a helyben maradt gáttest súrlódása mindkét oldalon klasszikus virágszerkezetű – az elmozdulás irányába, tehát kifelé szétnyíló – törésrendszert hozott létre. Az északi fal közepén ez a szerkezet (10. ábra) jól tanulmányozható maradt, az északnyugati sarokban azonban megsemmisült, amikor a sarok átszakadt. Ennek okait és mechanizmusát összegzésünk következő részében ismertetjük.



<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>



10. ábra. Virágszerkezetű törésrendszer az északi fal közepén és a kimozdult szakasz
[Flower structure system in the middle of the north wall and the off-moved section of the dam]
(MTI/H, Szabó Sándor)

Köszönetnyilvánítások

Az, hogy egyáltalán foglalkozhattunk a fentebb tárgyalt kérdésekkel, a MÁFI környezetvédelmi osztály akkori vezetőjének, Jordán Győzőnek köszönhető. Ugyancsak messzemenően támogatta munkánkat utóda, Vatai József. Ők ketten nemcsak a feltételeket biztosították, de maguk is aktívan részt vettek a munkában (Jordan et al., 2011 stb.). Sokat köszönhetünk a MÁFI középhegységi osztályán dolgozó kollégáinknak – főleg Koloszár Lászlónak†, Marsi Istvánnak És Selmeczi Ildikónak† – akik már előttünk fel tudták keresni a helyszínt. Pótolhatatlanul értékes dokumentációkat készítettek, alapvetően fontos mintákat gyűjtöttek és ők kezdték rekonstruálni a katasztrófa körülményeit.

További jelentős segítséget kaptunk Chikán Gézától, aki ez időben a MÁFI igazgató-helyettese volt és Németh Tamástól, az MTA főtítkárától. Nemcsak támogatták munkánkat, de tevéleg részt is vettek az eredmények bemutatásában (Chikán et al., 2011).

Kiemelkedően sokat köszönhetünk a MÁFI laboratóriumában dolgozó kollégáinknak: Ballók Istvánnénak, Bertalan Évának, Budai Tamásnak, Kónya Péternek, Kovács-Pálffy Péternek és még többeknek. Több fontos fényképet Varga Renáta készített.

Opuscula Theologica et Scientifica 2024 2(2): 99-123.

A Wesley János Lelkészképző Főiskola Tudományos Közleményei

[Scientific Journal of John Wesley Theological College]

<https://opuscula.wjlf.hu> • ISSN 2939-8398 (Online)



<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>

A gát eltörésének okait döntően a Fugro kft. vezetői és munkatársai tárták fel; az ezzel foglalkozó fejezetben az ő eredményeiket foglaljuk össze minimális változtatásokkal.

Az ELTE kutatói közül főleg Weiszburg Tamás és Szabó Csaba segített.

Kiemelt köszönet Bánvölgyi Györgynek, aki folyamatosan konzultálva mindvégig aktívan támogatta munkánkat.

A releváns adatok egy része nem publikus, vagy korlátozottan hivatkozható. Szerzőiktől rengeteget tanultunk; eredményeink közösnek tekintendők.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1.] 21/1999. (VII. 22.) KHVM-KöM. együttes rendelet a vízminőségi kárelhárítással összefüggő üzemi tervek készítésének, karbantartásának és korszerűsítésének szabályairól.
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99900021.KHVéstxtreferer=99500057.TV>
- [2.] 22/2001. (X. 10.) KöM rendelet a hulladéklerakás, valamint a hulladéklerakók lezárásának és utógondozásának szabályairól és egyes feltételeiről
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A0100022.KOMéstxtreferer=A0400045.BM>
- [3.] 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet a hulladéklerakással, valamint a hulladéklerakóval kapcsolatos egyes szabályokról és feltételekről.
- [4.] <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0600020.kvv>
- [5.] 90/2007. (IV. 26.) Korm. rend. a környezetkárosodás megelőzésének és elhárításának rendjéről, <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0700090.kor>
- [6.] 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
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0900006.kvv>
- [7.] Balázs L. Gy., Kausay T., Kopecskó K., Nemes R., Nehme S. G., Lublós É., Józsa Zs., Arany P. (2017): Betonok oldódásos korróziója szakirodalmi áttekintés 1. rész: A vizek és folyadékok kémhatása, keménysége, agresszív széndioxid-tartalma. – Vasbetonépítés 2017(3): 59.
- [8.] Ballagó Gy. (2011): Katasztrófák – életünk részei. Vörösiszap katasztrófa. Kézirat: p. 40. <http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/485-katasztrofak-életünk-részei-vorosizap-katasztrófa.pdf>
- [9.] Bánvölgyi Gy. (2011): Failure of the embankment of a red mud pond in Hungary: The most serious accident of the Bayer process. – ICSOBA Newsletter(4): 36–53.
- [10.] Bánvölgyi, Gy. (2012): The red mud pond dam failure at Ajka (Hungary) and subsequent developments. ICSOBA Newsletter 2012(7): 14–23.
- [11.] Bányatörvény, (1993): 1993. évi XLVIII. törvény a bányásatról.

Opuscula Theologica et Scientifica 2024 2(2): 99-123.

A Wesley János Lelkészképző Főiskola Tudományos Közleményei

[Scientific Journal of John Wesley Theological College]

<https://opuscula.wjlf.hu> • ISSN 2939-8398 (Online)



<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>

<https://njt.hu/jogszabaly/1993-48-00-00.72>

- [12.] Burke I.T., Mayes W.M., Peacock C.L., Brown A.P., Jarvis A.P. és Gruiz K. (2012): Speciation of Arsenic, Chromium, and Vanadium in Red Mud Samples from the Ajka Spill Site, Hungary. – Environmental Science és Technology 2012 46(6): 3085–3092. <https://doi.org/10.1021/es3003475>
- [13.] Chikán G., Németh T., Fügedi U., Szentpétery I., Vatai J., Józsa J., Baranya S., Marsi I. (2011): A kolontári baleset geológus szemmel. – Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT), XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia. Gyergyószentmiklós előadásai, 11–15.
- [14.] Cs.K. (2010): Harminc éve tudták, hogy veszélyes a tározó. – Blikk 2010. okt. 25. <https://www.blikk.hu/aktualis/harminc-eve-tudtak-hogy-veszelyes-a-tarozo/96ekt2y>
- [15.] FUGRO Consult Kft. (2012): Kiegészített Igazságügyi Szakértői Vélemény a MAL Zrt X. számú vörösiszap kazetta 2010. október 4. napján történt tönkremenetele okainak és körülményeinek részletes feltárásáról és tisztázásáról. – Kézirat, Budapest.
- [16.] Gates, W.P., Bouazza, A. (2010): Bentonite transformations in strongly alkaline solutions. – Geotextiles and Geomembranes 28(2): 219–225.
- [17.] Gerritse, R., & Thomas, G. (2008, September). Transport of bauxite residue leachate through clay liners of storage impoundments: A synthesis of experimental and simulated data. In 8th International Alumina Quality Workshop (pp. 154-161).
- [18.] Horváth L. K. és Szüts K. (2012): Az alapvető jogok biztosának Jelentése az AJB-843/2012. számú ügyben. – Kézirat.
- [19.] HVG: Megint egy ember, aki nem érzi magát felelősnek a vörösiszap-katasztrófáért. – hvg.hu, 2012. november. 27. https://hvg.hu/itthon/20121127_vorosizsap_per
- [20.] Jáger Z. (2011): Vörösiszap katasztrófa. A „vörösiszap” katasztrófa és a végrehajtott feladatok értékelése, az illetékes kirendeltség szempontjából. – Kirendeltség-vezetők konferenciája. Balatonföldvár, 2011. március 16–18.
- [21.] Jordan Gy., Fügedi U., Bartha A., Vatai J., Tóth Gy., Murati J., Szentpétery I., Konya P., Gaburi I., Tolmács D. Müller T. (2011): The red mud catastrophe in Kolontár, Hungary: applying geology. – European Geologist(32): 9–14.
- [22.] Kerek B., Fügedi U., Jordan Gy., Vatai J., Müller T. (2011): Environmental Geochemistry and Health Issues in Hungary. – Ecoterra 29: 33–36.
- [23.] Kertai I. (2012): Szakértői vélemény a MAL Zrt X. számú vörösiszapkazetta gátszakadásának okairól. – Budapest, kézirat.
- [24.] Marsi I., Selmeczi I., Koloszar L., Vatai J., Szentpétery I., Magyar Á., Róth L. (2012): Geologic mapping and environmental analyses in the vicinity of the



<https://doi.org/10.59531/ots.2024.2.2.99-123>

- damaged red sludge reservoir at Kolontár. – Central European Geology 55(3): 307–328. <https://doi.org/10.1556/ceugeol.55.2012.3.5>
- [25.] Mayes W.M., Jarvis A.P., Burke I.T., Walton M. és Gruiz K. (2011): Trace and rare earth element dispersal downstream of the Ajka red mud spill, Hungary. – In: Rűde R.T., Freund A., Wolkersdorfer Ch. (Eds.): “Mine Water – Managing the Challenges” Proceedings of the International Mine Water Association Congress 2011. – RWTH Aachen, Aachen.
http://www.mwen.info/docs/imwa_2011/IMWA2011_Mayes_321.pdf
- [26.] Muhoray, Á. (2020?): Tájékoztató a vörösiszap katasztrófa következményei felszámolásáról, a helyreállítás-újjaépítésről.
<https://docplayer.hu/860990-Tajekoztato-a-vorosizsap-katasztrofa-kovetkezmenyei-felszamolasarol-a-helyreallitasujjaepitesrol.html>
- [27.] Németh T., Sipos P. (2010): Agyagok viselkedése erősen lúgos közegben. Rövid összefoglalás a vörösiszap-lerakás kapcsán. – Kézirat, MTA Geokémiai Kutató Intézet.
- [28.] Szépvölgyi J., Kótai L. (2011): Az ajkai vörösiszap-ömlés. Első rész: A vörösiszap képződése, tulajdonságai és tárolása. – Magyar Kémikusok Lapja, 2011(11): 2–8. URL: http://real-j.mtak.hu/8516/1/2011_1.pdf
- [29.] Tolmács D., Kerék B., Fügedi U., Müller T. (2015): Trace Element Deficiencies in Hungarian Soils: Realization and Treatment Options. – In: Csicsek Gábor és Kiss Ibolya (szerk.): XI. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, 2015. május 6–9. tanulmánykötete. Szentágothai János Szakkollégium Pécs: 167–177.

Összefoglaló. A kolontári katasztrófa volt a magyar ipartörténet és egyúttal a Bayer-módszerű timföldgyártás több mint évszázados történetének legsúlyosabb balesete. Az eseményt két szakaszra bontjuk: az elsőben két helyen eltört az ajkai timföldgyár vörösiszap-tározójában a X. kazetta északi fala, a másodikban a kiáramló lúgos folyadék egy 40 m széles fronton átszakította a kazetta ÉNY-i sarkát. Az árhullámszerűen kiáramló lúgos folyadék (eleinte pH = 13) tíz embert ölt meg. Kétrészes összefoglalónk első részében gát eltörésének okait mutatjuk be.

ⁱ A szerzők az egykori Magyar Állami Földtani Intézet munkatársai voltak

