

MARCAL FOLYÓ MIKROBIÁLIS ÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA A VÖRÖSISZAP KATASZTRÓFA TÜKRÉBEN

TESTING THE RIVER MARCAL MICROBIOLOGICAL STATUS IN THE MIRROR OF THE RED SLUDGE CATASTROPHE

TAKÁCS Krisztina

(ORCID: 0000-0002-9481-814X)

takacs.krisztina@uni-nke.hu

Absztrakt

Az emberiség és a technológia fejlődésével az ipari katasztrófák száma is megnövekedett a világon. Ezekről általánosságban elmondható, hogy az okozott kár kiemelkedően jelentős mértékű, illetve tömeges emberi sérülés vagy halálestet következik be.

Magyarország eddigi legnagyobb ipari szerencsétlensége a 2010. október 4-én bekövetkezett vörösiszap katasztrófa volt, mely azon kívül, hogy emberéleteket követelt, a környezetet is jelentősen károsította. A cikk elkészítésével célom volt, hogy bemutassam a hazánkban bekövetkezett vörösiszap katasztrófát, és annak környezetre gyakorolt pusztító hatásait. Írásomban, a Marcal folyóra összpontosítva célom volt kideríteni, hogy a vörösiszap súlyosan károsító hatása hogyan hatott az ökoszisztémára, különösen a mikroba-közösségekre.

Saját mintavételezésből származó adatokat feldolgozva egy átfogó képet szeretnék kialakítani a folyó jelenlegi állapotáról.

„A cikk az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-3-I-NKE-7 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült”

Kulcsszavak: ipari balesetek, vörösiszap katasztrófa, Marcal folyó

Abstract

With the development of humanity and technology, the number of industrial disasters has also increased in the world. Generally speaking, the damage caused is extremely significant, or massive human injury or death occurs.

The biggest industrial disaster in Hungary so far has been the red sludge catastrophe on October 4, 2010, which, in addition to demanding human lives, has also seriously damaged the environment.

With this article, I was aiming to introduce the red sludge catastrophe and its destructive effects on the environment. In my writing, focusing on the river Marcal, I was determined to find out how the severely damaging effects of red mud affected the ecosystem, especially for the microbial communities. By processing data from my own sampling, I would like to build a comprehensive picture of the current state of the river.

"This article was prepared by the Ministry of Human Resources with the support of New National Excellence Program UNKP-17-3-I-NKE-7"

Keywords: industrial accidents, red sludge catastrophe, river Marcal, microbial community

A kézirat benyújtásának dátuma (Date of the submission): 2018.04.11.

A kézirat elfogadásának dátuma (Date of the acceptance): 2018.06.01.

BEVEZETÉS

Az ipar folyamatos fejlődésének következményeként a civilizációs katasztrófák általi veszélyeztetettség is növekedett, amelybe beletartoznak az ipari, kémiai balesetek is. [1] Hazánk eddigi legsúlyosabb ipari szerencsétlensége 2010. október 4-én következett be Ajka térségében. A vörösiszap katasztrófa emberéleteket követelt, emellett pedig a környezetet is jelentősen károsította. Ezért is kell kiemelt hangsúly fordítani a kémiai biztonság, illetve az iparbiztonság tevékenységének körére, hiszen a 2012. január 1-én hatályba lépett iparbiztonsági jogi szabályozásban már kiemelt hangsúlyt kapnak az iparbiztonsági feladatok, mint például a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés, valamint a veszélyes áru szállítmányok, a létfontosságú rendszerek és létesítmények védelme is. [2]

Írásomban szót ejtek a kémiai biztonságról, illetve az iparbiztonság jelentőségéről, bemutatom az ehhez kapcsolódó jogszabályokat. Ismertetem a vörösiszap összetételét, a katasztrófa lefolyását, illetve a környezetre gyakorolt súlyos hatásait, mely többek között a Marcal folyót, és annak élővilágát is érintette.

A cikk elkészítésével célom volt, hogy felmérjem a Marcal mikrobiológiai állapotát a bekövetkezett szerencsétlenség után 7 évvel. Ezeket az eredményeket párhuzamba állítottam a Lajta folyóból vett vízminták eredményeivel, melyeket grafikonon szemléltetek. 1 éven keresztül, több mintavételi időpontban vizsgáltam a 2 folyó főbb bakteriológiai jellemzőit. Jelen tanulmány terjedelme nem tette lehetővé, hogy minden egyes paramétert megvizsgáljak, így csak a főbb indikátor mikroorganizmusokat néztem meg, amik a Coliform, E.coli és Pseudomonas aeruginosa. Ezen mikrobáknak a vízminőség ellenőrzésekor nagy szerepük van, jelenlétükből számos további, hasznos információt tudhatunk meg a folyók állapotáról. Ezen kívül megmértem még a folyók vizének pH-értékét is, a mintavétel idején a víz és a levegő hőmérsékletét is. Mindezek mellett feltüntettem még a két folyó vízállását a mintavételi időpontokban, hiszen ez is hatással lehet a mikroorganizmusok összetételére.

Mindezen vizsgálatokat azért is tartom fontosnak, hogy bemutassam milyen következményei voltak a vörösiszapnak, illetve milyen mértékben sikerült rekonstruálni a katasztrófa előtti állapotot a Marcal folyón.

KÉMIAI BIZTONSÁG, IPARBIZTONSÁG JELENTŐSÉGE

A veszélyes anyagok és készítmények káros hatásainak megfelelő módon történő azonosítása, megelőzése, csökkentése, elhárítása céljából megalkották a 2000. évi XXV. törvényt a kémiai biztonságról, mely a következőképpen definiálja a kémiai biztonság szókapcsolatot: „a kemizációból, a vegyi anyagok életciklusából származó, a környezetet és az ember egészségét károsító kockázatok csökkentését, elkerülését célul kitűző, illetőleg megvalósító intézmények, tevékenységek olyan összessége, amely egyidejűleg tekintetbe veszi a fejlődés fenntarthatóságának szükségességét.” [3]

Ez alapján elmondható, hogy a veszélyes anyaggal, illetve a veszélyes készítménnyel kapcsolatos tevékenységet úgy kell megtervezni és végezni, hogy a tevékenység az azt végzők és más személyek egészségét ne veszélyeztesse, a környezet károsodását, illetve szennyezését ne idézze elő, illetőleg annak kockázatát ne növelje meg, ugyanis egy esetlegesen bekövetkező veszélyes anyag baleset következményeinek felszámolása nehéz, összetett és költséges feladat. [4] A kárfelszámolást nehezíti, hogy a környezetbe jutott veszélyes anyag által szennyezett eszközöket, tereptárgyakat mentesíteni kell. [5]

A vörösiszap katasztrófa világított rá Magyarországon az iparbiztonsági jogszabályok felülvizsgálatának szükségességére, ugyanis a MAL Magyar Alumínium Termelő és Kereskedelmi Zrt. nem tartozott a vörösiszap katasztrófa bekövetkezésekor érvényes Seveso II. irányelv előírásait magába foglaló 18/2006. (I. 26.) Korm. rendelet hatálya alá, mivel a vörösiszap a jogszabály 1. mellékletében foglaltak szerint nem minősült veszélyes anyagnak,

ugyanis nehézfém tartalma a határérték alatt van. Azonban a vörösiszap veszélyességét és potenciális szennyező hatását elsősorban az erősen lúgos kémhatása képi. A Magyar Alumínium Termelő és Kereskedelmi Zrt. ajkai telephelyén bekövetkezett katasztrófa a jogszabály szigorítását indokolta, melynek eredményeként született meg a jelenleg érvényes a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. Törvény, valamint végrehajtási rendelete a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet. [3] A veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem definícióját a 2011. évi CXXVIII. törvény tartalmazza, miszerint: "egy adott üzemeltető irányítása alatt álló azon terület egésze, ahol egy vagy több veszélyes anyagokkal foglalkozó létesítményben - ideértve a közös vagy kapcsolódó infrastruktúrát is - veszélyes anyagok vannak jelen a törvény végrehajtására kiadott jog-szabályban meghatározott küszöbértéket elérő mennyiségben, és ennek alapján alsó vagy felső küszöbértékűnek minősül." [6] A 2011. évi CXXVIII. törvény, valamint a 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet a korábbi iparbiztonság szabályozását gyökereiben változtatja meg. Az új jogszabály újraértékeli a veszélyes ipari üzemek felügyeleti rendszerét, mely szerint a hatósági jogkört a hivatásos katasztrófavédelmi szerv gyakorolja. A katasztrófavédelem szervezetén belül megalakult az iparbiztonsági szakterület. [3]

Az iparbiztonsági feladatok ellátására létrehozott országos iparbiztonsági főfelügyelőség tevékenysége négy fő szakterületre terjed ki. Ezek a veszélyes üzemek felügyelete, a veszélyes áruk szállításának ellenőrzése, a kritikus infrastruktúrák védelme, valamint a nukleárisbalesetelhárítás szakterülete. [7]

VÖRÖSISZAP TULAJDONSÁGAI

A vörösiszap az alumíniumgyártás során, a bauxit magas hőmérsékleten és nyomáson történő lúgos – általában nátrium-hidroxidos – feltárása után visszamaradó melléktermék. Összetételét a kibányászott bauxit tulajdonságai és a kezelés során keletkező, illetve hozzáadott és visszamaradó anyagok határozzák meg. [8] [9] Nehézfém tartalma jelentős, ezt láthatjuk az 1. táblázatban is. Veszélyes hulladék, a bőrt az égési sérülésekhez hasonlóan kimarja. A lúgos hulladék a természetbe kerülve pusztítóan hat az élővilágra, de ennek a pusztításnak a következményei elsősorban rövid távon jelentkeznek. Az átlagos hazai talajokhoz képest 7-szeres a vörösiszap nehézfém-tartalma, a radioaktív elemek aránya pedig a talajokénak 10-20-szorosa. Azonban a nehézfémek a vörösiszapban szerencsére nehezen mobilizálható formában vannak jelen, így azokat az élő szervezetek csak nehezen tudják felvenni. A nevét az iszapszerű állagáról és a színéről kapta, amit a bauxitban jelenlevő vas-oxid okoz. Egy tonna timföld előállításakor 1,5-2 tonna vörösiszap keletkezik. Jellemzően 5-8 % nátronlúgot tartalmaz, pH-ja 12-13 körüli, azaz erősen maró tulajdonságú. [10]

A vörösiszap fő alkotóinak mennyiségét az 1. táblázatban láthatjuk. [8] [9]

Fő komponensek	Tömeg (%)	Fő komponensek	Tömeg (%)
Vas(III)-oxid (Fe ₂ O ₃)	33-40	Alumínium-oxid (Al ₂ O ₃)	15-19
Szilícium-oxid(SiO ₂)	10-15	Nátrium-oxid (Na ₂ O)	7-11
Titán-dioxid (TiO ₂)	4-6	Kalcium-oxid (CaO)	3-9
Vanádium(V)-oxid (V ₂ O ₅)	0,2-0,4	Foszfor-pentoxid (P ₂ O ₅)	0,5-1,0
Szén-dioxid (CO ₂)	2-3	Kén-trioxid (SO ₃)	0,8-1,5
Magnézium-oxid (MgO)	0,3-1,0	Fluor (F)	0,1-0,15
Szén (C)	0,15-0,20	Egyéb (ritkaföld) fémek	1>

1. táblázat A vörösiszap kémiai összetétele, Forrás:[10]

A vörösiszap toxikus fémeket és radioaktív elemeket is tartalmaz, amelyek a technológiai műveletek során ebben a melléktermékben dúsulnak fel. A radioaktív elemek koncentrációja a tipikus hazai talajokra jellemző értékekhez képest 10-20-szoros dúsulást mutat. [10]

KATASZTRÓFA BEMUTATÁSA, HATÁSA A MARCAL FOLYÓRA

A vörösiszapot tároló zagyterek leírása

Az ajkai timföldgyár zagyártározó kazettáiban 50 millió köbméter szürke és 30 millió köbméter vörösiszapot tároltak a környezeti katasztrófa előtt. Az I-V. jelű kazettákban erőművi salakot, illetve pernyét tárolnak. A feltöltés vastagsága több mint 10 méter. Fúrásokkal a talajvizet közvetlenül a feltöltés alatt érték el. A VI-IX.-jelű kazetták alatt 1–2 m vastag a néhol meglehetősen laza ártéri üledék kötörmelékes homok, kavicsos-kötörmelékes agyag, alatta 5–7 m vastag, durvaszemű homok, kavicsos homok települ. A durvább szemcséjű anyagok egykori mederüledékek. Az egyes üledékek vízzáró képessége erősen változó. A homokrétegek vízáteresztő képessége kisebb, mint a kavicsé. Az allúvium feküjének (ez a kazetták alatti, kőzetlisztes agyag) vízzárósága a homok-, illetve mészsók miatt változó, de szivárgási tényezője általában kisebb, mint 10^{-6} m/s. Ez alatt több 10 m vastag, gyakorlatilag vízzárónak tekinthető agyag települ. A talajvíz a vizsgált területen 1–4 m mélyen található, és a Torna patak völgye felé áramlik, fő áramlási iránya a Ny-i, valamint a dombokról déli irányú.

Magyarország eddigi legnagyobb következményekkel járó, 10 ember életét követelő, több, mint 800 ha területet érintett ipari katasztrófája 2010. október 04-én történt, amikor a MAL Zrt. tulajdonában lévő Ajkai Timföldgyár Kolontár és Ajka között létesített, 400×600 m-es vörösiszap tároló X. kazetta észak-nyugati sarkánál, nem pillanatszerű, hanem kb. 10-15 percig tartó folyamatos gátszakadás következett be. [11]

A vörösiszap katasztrófa bemutatása

A gátszakadás következtében a több mint egymillió köbméternyi zagy a Torna patak medrén keresztül elöntötte Kolontár, Devecser és Somlóvásárhely települések mélyebben fekvő részeit és mintegy 800 hektár területet árasztott el. Rövid idő alatt elmosta a környező falvakat, a hömpölygő iszap lakóházakat károsított, elöntötte az épületeket, autókat sodort el. Az erősen lúgos, maró hatású ipari hulladék körülbelül 40 négyzetkilométeren terült szét, felbecsülhetetlen gazdasági és ökológiai károkat okozva a Devecseri kistérségben. Az esemény következtében tíz ember meghalt, a sérültek száma több mint 150 fő. [12] Az áradat súlyos sérüléseket okozott a lakosság és a mentő erők körében egyaránt. A beömlési ponttól lefelé az erősen lúgossá váló víz a Tornán és a Marcalon gyakorlatilag letarolta az egész élővilágot, egyetlen baktérium, sőt, a vízinövények sem maradtak életben. [13]

A Marcal folyó vízminőségének védelme érdekében a vízügyi szakemberek irányításával a katasztrófát követő nap megkezdődött a kalcium-nitrát és magnézium-nitrát bejuttatása a folyóba. A Marcal védelmén túl a munkálatok a Duna szennyeződésének megakadályozása érdekében is kiemelkedően fontosak voltak. A védekezés fő célja az volt, hogy a Marcalba jutott nehézfém szennyezés a folyó medrében maradjon, és onnan a későbbiekben eltávolítható legyen. Ennek érdekében a Marcalon, több helyen fenékküszöb épült, hogy a duzzasztott térben a lelassult vízből a veszélyes iszap kiülepedjen. A pH további csökkentése érdekében bioecetsavas semlegesítést is alkalmaztak, az ecetsav adagolása két ponton történt, a duzzasztónál és a Koroncói hídnál. Továbbá a beavatkozási pontokon tovább folytatták a gipszrel való kármentesítést, amit a duzzasztással párhuzamosan kezdtek el. A gipsz bejuttatásának másik előnye az volt, hogy segítette a kiülepedést, a veszélyes anyag továbbjutásának akadályozását.

Ezt követően a víz tovább hígult a Rába, majd a Mosoni-Duna vizével és csak ezt követően került a Dunába 9.1-es pH-val. A szennyezés hullám levonulása után a pH érték fokozatosan visszaállt a természetes 8,5 körüli értékre, mivel a szennyezés utánpótlása megszűnt. [14]

A gyors és szakszerű beavatkozási munkálatoknak köszönhetően sikerült megakadályozni a Rába és a Duna súlyos lúgos kémhatású és nehézfém szennyeződését. [8]

Az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (továbbiakban: OKF) a vörösiszap katasztrófa másnapján a Magyar Tudományos Akadémia (továbbiakban: MTA) segítségét kérte az iszaptól elárasztott terület vizsgálatára, a károk meghatározására. Az MTA által felkért vegyészekből, ökológusokból, biológusokból és környezetvédelmi szakemberekből álló szakértői csoport 2010. október 5.-én utazott le először a katasztrófa helyszínére. A helyszínen majd laboratóriumi mérések útján megvizsgálták a katasztrófa által okozott károkat majd elkészítették gyorsjelentésüket és javaslataikat a legszükségesebb teendőkről.

Az MTA Kémiai Kutatóközpont Anyag- és Környezetkémiai Intézet (továbbiakban: MTA KK AKI), a Magyar Állami Földtani Intézet (továbbiakban: MÁFI) és egy független szervezet – a Bálint Analitika Kft.- munkatársai 2010.10.12-ig összesen 16 db., Kolontár és Devecser térségében összegyűjtött vörösiszap minta elemzését végezték el. A különböző helyekről vett minták elemzése alapján a tározóból kifolyt zagy pH-ja 11-14 között változott, ezért a vörösiszap a környezetre veszélyes anyagnak tekintendő.

A vörösiszap kiömlése óta eltelt időszakban nagyszámú mintavétel és elemzés történt. A szakértők a vörösiszap okozta környezeti károk részletes felméréséhez, a szennyezés terjedésének megállapításához további mintákat vettek, vizsgálatokat végeztek el. A vörösiszap lúgos tulajdonsága már ismert volt, de a nehézfém tartalma is komoly riadalmat keltett a nehézfémek bizonyított humán egészségügyi/toxikológiai és környezeti/ökológiai hatásai miatt. A minták nehézfém tartalma a 3. számú táblázatban látható. Elemanalitikai módszerekkel elvégzett laboratóriumi vizsgálatok során megállapították, hogy a vörösiszap a szennyvíziszapokra megengedett határértékeknél kisebb, esetenként jóval kisebb koncentrációban tartalmaz kadmiumot, krómot, higanyt, nikkelt, ólmot és cinket. Az arzéntartalom az MTA KK AKI Kolontár külterületén vett mintájánál és a Bálint Analitika Kft. által vizsgált mintáknál ugyancsak kisebb a szennyvíziszap határértékénél, az MTA KK AKI a gátszakadás közelében vett mintánál és a MÁFI által gyűjtött mintáknál az adott elemre vonatkozó határértéknél magasabb arzéntartalmakat mért.

Minták	Vörösiszap fémtartalma (mg/kg) szárazanyag						
	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Zn
MTA KK AKI 2010.10.05. (gátszakadástól 100 méterre)	135-144	n.d.	632-677	1,64-8,59	192-219	189-195	47,9-56,7
MTA KK AKI 2010.10.05. (Kolontártól 1km-re nyugatra)	33,4-35,7	n.d.	83,4-85,8	n.d.	64,3-73,1	43,2-53,9	36,8-43,6
Bálint Analitika 2010.10.05. gátszakadástól 30m-re vett iszap	43,6-44,5	2,30-2,42	689-721	0,54-0,67	281-289	80,9-83,2	142-155
Bálint Analitika 2010.10.05. gátszakadástól 50m-re vett iszap	27,9-32,3	0,24-0,34	57,6-74,5	0,18-0,28	26,3-36,4	7,52-11,8	64,2-77,9
MÁFI 2010.10.06. Kolontár/Devecser térségében vett 10 iszapminta adatai (határértékek)	81,6-131	0,82-1,44	360-694	0,61-2,83	143-322	96,2-177	108-172
MH HAVÁRIA 2010.10.05-i kolontári és devecseri minta átlaga	69-176	-	-	-	112-259	51-125	35-96
<i>Határértékek szennyvíziszapra</i>	<i>75</i>	<i>10</i>	<i>1000</i>	<i>10</i>	<i>200</i>	<i>750</i>	<i>2500</i>

Megjegyzés: n.d.: nem mérhető; -: nem mért elem

2. táblázat A vörösiszap fémtartalma[10]

Korábbi irodalmi adatok és kutatások alapján ismert, hogy a hulladék (minta) nehézfém tartalma akkor jelent valós környezeti veszélyt, ha a fémek kioldódnak a vörösiszaptól és ezáltal lehetővé válik, hogy az élő szervezetek könnyebben fel tudják azokat venni. A fémek kioldódását szabványos módszerek szerint szárított iszap mintákon, desztillált vizes, illetve ammónium-acetátos pufferben (pH=4,5) határozták meg. Vizsgálták a mintákban lévő arzén, kadmium, króm, higany, nikkel ólom és cink mennyiségét, illetve kioldódását. A mérési adatok alapján azonban megállapították, hogy az adott feltételek mellett a vizsgált fémek nem oldódnak ki a vörösiszaptól. [11]

A katasztrófát követően, 2010 októbere után még csak feltételezésként állították azt a szakemberek, hogy a szennyezés hullám levonulása után a pH érték minden bizonnyal fokozatosan visszaáll a természetes 8,5 körüli értékre az érintett folyókban, és amennyiben a szennyezés utánpótlása megszűnik az élővilág lassan és fokozatosan regenerálódik a felsőbb szakaszról és a mellékvízfolyásokból kiindulva. A mérgezés a közönséges és széles körben elterjedt fajok mellett a ritka és védett fajokat is érintett, így növelte a károsodás mértékét.

A vízi élővilágra a kiömlő vörösiszap nátronlúg (nátrium-hidroxid) tartalma volt közvetlen, igen súlyosan károsító hatással, hiszen ahogy már említettem, a beömlési ponttól lefelé az erősen lúgossá vált patak vizében bizonyosan minden élet elpusztult. A katasztrófa színhelyén mért magas pH érték nagyságrenddel meghaladja a tolerálható szintet, vagyis körülbelül ezerszer lúgosabb volt a víz, mint amit a vízi szervezetek egyáltalán elviselnek.

Különös módon a katasztrófa sokkal szembeötlőbb jele, a vizeket ijesztően vörösre festő iszap károsító hatása kisebb a nátronlúgénál. Az iszap szárazanyagának jelentős részét vízben oldhatatlan fém-oxidok teszik ki, melyek közül is legnagyobb arányban a vörös színért felelős vas(III)-oxid van jelen. Ez nem tekinthető mérgezőnek, bár a tömény iszappal terhelt vizek nyilvánvalóan felborítják a biológiai egyensúlyt, hiszen a sötét vízben leállnak a fotoszintézis

folyamatai. Az igen apró részecskékből álló iszap az állatvilágra is veszélyes, mert életfontosságú szerveket tömhet el. Amikor a szennyezés teljes mértékben levonul a folyókon, és a vörösiszap utánpótlása is megszűnik, a folyók regenerációja lassan megkezdődhet. [8]

MIKRÓBÁK JELENTŐSÉGE AZ ÉLŐVIZEKBEN

A felszíni vizek nem tartalmaznak kórokozó baktériumokat, azonban a háztartási szennyvizekkel kórokozó, patogén baktériumok is kerülhetnek a vizekbe. Ha ezek a kutakba vagy vezetékes vízellátásba kerülnek, közegészségügyi ártalmakhoz, járványokhoz vezetnek. A kórokozó mikrobák meghatározása alkalmasan megválasztott (steril) táptalajon történő tenyésztéssel valósítható meg. Ez azonban nagyon időigényes, illetve a kis baktériumszám esetén a kitenyésztés valószínűsége csak a feldolgozásra kerülő víz mennyiségével (esetleg 5-10 liter) növelhető. [1]

A baktériumok igazi indikátorok: jól jelzik a vízminőség változását. Szerves és szervetlen anyagokból építik fel sejtanyagaikat, vannak aerob fajok és anaerob fajok is. Az élővizekben jelenlevő baktériumok a rendszer tisztulási képességét is jellemzik. A baktériumok és a rendszerben jelen lévő többi mikroorganizmus nagyon szoros kölcsönhatásban vannak egymással. A rendkívül szoros és összetett hatás felelős a vízi környezetben bekövetkező változásokért. [14]

Jelen kutatásban azért is esett a választásom a Coliform, E.coli, illetve Pseudomonas aeruginosa vizsgálatára, hiszen a vízben való előfordulásukból számos további információt megkaphatunk.

A vizek fertőzöttségére a fekális szennyezést jelző és biztonságosan kimutatható kóli baktériumok (pl. Escherichia coli) meghatározása nyújt általános tájékoztatást. Ezek a baktériumok ugyanis megtalálhatók az ember és állatok bélcsatornájában, ahol az aerob, fakultatív anaerob normál baktériumflóra részét képezik, s nélkülözhetetlenek az emésztéshez. A szervezetbe a születéskor és az azt követő napokban, hetekben, szájon át jutnak be, s telepsznek meg elsősorban a vastagbélben. Az E.coli törzsek nagy része ártalmatlan, de néhány törzs patogén és hasmenéses megbetegedést okoz. Ezeket a törzseket speciális csoportokba sorolják virulencia tulajdonságaik, patogenitásuk mechanizmusa, az okozott klinikai tünetek és O:H szerocsoportjaik alapján. A bélcsatorna megbetegedésein kívül két jellegzetes kórképet okozhatnak még a patogén E.coli törzsek. Újszülöttekben, csecsemőkben súlyos, gyakran halálos agyhártyagyulladás tényezői bizonyos tokos (K-antigént hordozó) törzsek. Felnőttekben viszont az E. coli okozta húgyúti fertőzések száma tízszeresen is nagyobb lehet, mint az enterális megbetegedéseké. [15]

A betegség egyéb, jellemző tünetei a hasi görcsök, hirtelen fellépő vizes hasmenés, amely esetenként véres is lehet, valamint néha felléphet hányinger, hányás és láz is. A legtöbb beteg egy-két héten belül meggyógyul, de a fertőzés okozhat vérzéses vastagbélgyulladást (hemorrhágiás kólitisz), vérzékenységgel és vérrögképződéssel járó ún. trombotikus trombocytopéniás purpurát (TTP), vagy vesekárosodást, úgynevezett hemolitikus urémiás szindrómát (HUS) is, mely során a vérerek károsodása következik be. Ez a szövődmény a korábbi járványokban a fertőzöttek kb. 10 %-ában alakult ki, és elsősorban a gyermekeket veszélyeztette. [15]

Bár az Escherichia coli önmagában is lehet kórokozó, azonban általában nem maga a baktérium jelent egészség kockázatot, hanem megjelenése a vízben azt jelenti, hogy a kérdéses víz a közelmúltban valamilyen módon fekáliával szennyeződött. Ilyenkor megkísérlik az egyes betegségeket (hastífusz, kolera, dizentéria) okozó baktériumokat is kitenyészteni. A vizet a kóli-liter vagy a kóliszám alapján minősítik. A kóli-liter az a legkisebb vízmennyiség ml-ben, amelyből a kóli baktérium kitenyészthető. Ha 1 kólibaktérium található 100 ml vízben, akkor a víz tiszta, ha 10 ml-ben, akkor elég tiszta, ha 1 ml-ben, akkor gyanús, ha 0,1 ml-ben, akkor szennyezett, használatra alkalmatlan. A kóliszám a 100 ml vízből kitenyészthető

baktériumtelepek száma. Emellett szokásos még az 1 ml vízmintából 20 és 37°C-on tenyésztett baktériumszám meghatározása is. [15]

A kóliform baktériumoknak nevezzük az Enterobacteriaceae családnak a laktózt 30 °C hőmérsékleten bontó nemzetségeit (Klebsiella, Enterobacter, Citrobacter, Escherichia) melyek az állatok és az ember normál bélflórájának tagjai, ahol lényeges a vitamintermelésük és a kórokozó mikrobák antagonizálása, ezért élelmiszerekben való előfordulásuk esetén bélsár kontamináció lehetősége vetődik fel. [16]

A Coliform baktériumok megtalálhatóak a vizes élőhelyeken, a talajban és a növényzeten; és általában nagy számban vannak jelen a melegvérű állatok székletében. Míg ezek a baktériumok önmagukban általában nem okoznak súlyos betegséget, könnyen kitenyészthetők és a jelenlétük azt jelzi, hogy más, ürüleből származó kórokozók is jelen lehetnek. A coliform baktériumok az emberi szervezetbe kerülve hasmenést, hányást okoznak. Az E.coli ezek mellett okozhat még húgyúti fertőzést, epeúti fertőzést, illetve igen ritkán hashártya-gyulladást, tüdőgyulladást és csecsemőknél meningitist is. A Coliform baktérium elsősorban az általános bakteriális szennyezettség fokmérője. [17] [18]

A *P. aeruginosa* megtalálható a természetes vizekben, szennyvizekben, emberek, állatok bőrén is. Emberben bőrsérülésekhez, égéshez társuló fertőzéseket, kötőhártya-gyulladást (szennyezett úszómedencék, természetes vizek), közép- és belsőfül-gyulladást, csecsemőkben bélgyulladást, vérmérgezést okoz.

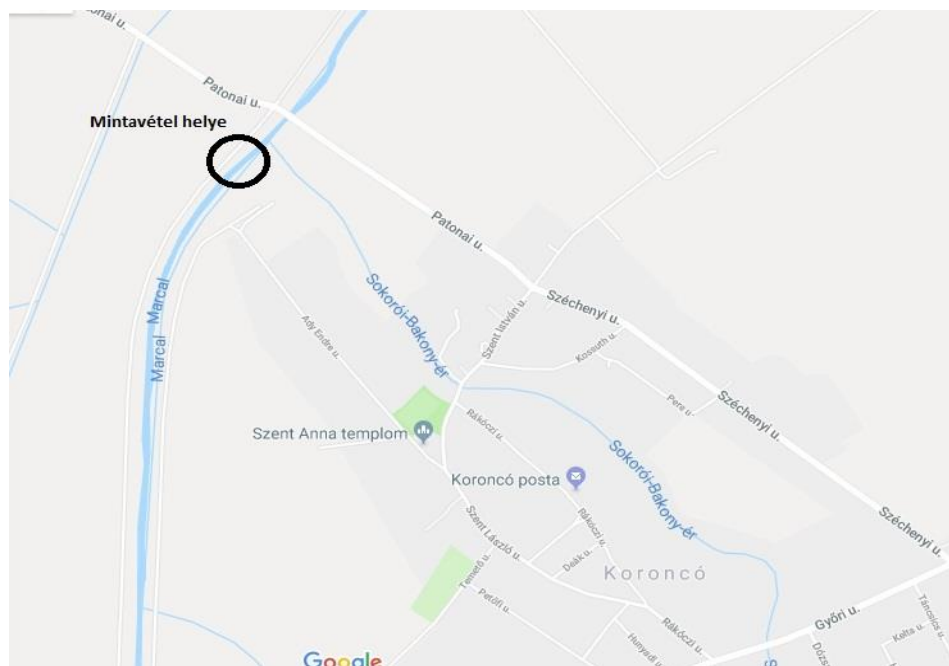
Jóllehet tipikus opportunista kórokozó¹, nagyszámú virulenciafaktora lehetővé teszi, hogy gyakorlatilag bármilyen szervet megfertőzzön kihasználva a védekező rendszerben lévő legkisebb lokális vagy szisztémás zavart is. A fertőzések forrása általában a környezet, tárgyak, de lehet a beteg saját flórája is. A fertőzés behatolási kapuja gyermekekben leginkább a bőr és az emésztőrendszer, idősekben a húgyutak. Sérülésekkel, elsősorban égések során jelentős fertőzés keletkezhet. Ritkábbak, de súlyos lefolyásúak lehetnek a szemfertőzések, fülfertőzések, szívbelhártya-gyulladás, agyhártyagyulladás. *Pseudomonas aeruginosa*-fertőzésre hajlamosító tényezők közül a következők a fontosabbak: előzetes, illetve ismételt antibiotikum-kezelés; párás, meleg, nedves környezet; csökkent immunitású állapotok. [19]

MINTAVÉTEL, ALKALMAZOTT VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

A vörösiszap katasztrófának súlyos környezetkárosító hatásai voltak, melyek többek között a Marcal folyónál is jelentkeztek. Mint ahogy már korábban is említettem, az erősen lúgos vörösiszap szinte a teljes élővilágot kipusztította a folyóból. A magas pH hatására nem csak az állatvilág, hanem a mikroorganizmusok is elpusztultak.

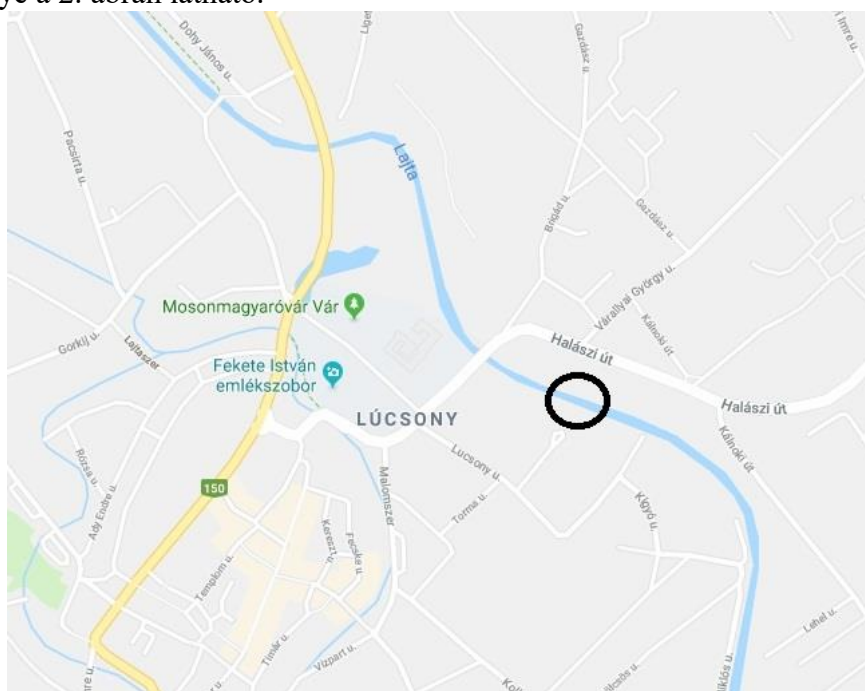
A fent említett feltételezéseket alapul véve, miszerint a folyók öntisztulása a katasztrófát követően megvalósul, mintákat vettem a vörösiszap szennyezéssel érintett Marcal folyóból. A mintavételezéssel az volt a célom, hogy felmérjem a folyó állapotát a katasztrófa után 7 évvel. A 2017-os évben 4 mintavétel történt, februárban, májusban, júliusban és októberben. A mintákat a Győrtől nem messze fekvő Koroncó településnél vettem le, ugyanis ennek határában húzódik a Marcal folyó. A vízmintákat, ahogy az 1. ábrán is látható, még a Marcal és a Sokorói-Bakony-ér torkolata előtt vettem a Marcalból.

¹ Az egészséges immunrendszerrel rendelkező szervezetben gyakran természetesen előfordul, de csak igen ritkán, illetve enyhe lefolyású betegségeket okoz, immunhiányos állapotban súlyos, gyakran végzetes kórfolyamot indíthat el. Ezt nevezzük opportunista fertőzésnek.



1.ábra Mintavétel helye a Marcal folyónál (forrás: Google Maps, a szerző kiegészítésével)

Összehasonlításként a Mosonmagyaróvár térségében található Lajta folyóból is vettem mintákat ugyanazokban az időpontokban, mint a Marcal esetében. A választásom azért a Lajta folyóra esett, mert hasonló vízhozamú és paraméterű folyó, mint a Marcal. A Lajtából való mintavétel helye a 2. ábrán látható.



2.ábra Mintavétel helye a Lajta folyónál (forrás: Google Maps a szerző kiegészítésével)

A mintavétel idején megmértem a víz és a levegő hőmérsékletét is. A vízminták steril üvegbe kerültek, melyeket a lehető leggyorsabban eljuttattam a vizsgáló laboratóriumba. A mikrobiológiai vizsgálatokat a Pannon-Víz Zrt. akkreditált Minőségvizsgáló Laboratóriumában végeztem el a labor munkatársainak közreműködésével. Minden egyes mintavételi időpontban 3 párhuzamosan és 2 ismétléssel dolgoztunk a hiteles eredmények elérése érdekében. Az egyes

mintáknál Coliform, E.coli, illetve Pseudomonas aeruginosa tartalmat vizsgáltunk, ezen kívül megmértük a pH-t is.

Az alkalmazandó módszerek kiválasztásánál talán az idő játssza a legnagyobb szerepet. Nem mindegy ugyanis, hogy például egy hirtelen bekövetkezett katasztrófahelyzetben, egy esetleges vízszennyezés során milyen hamar tudjuk kimutatni a szennyező anyagokat a vízből. A kémiai szennyezők kimutatásánál valamivel egyszerűbb a helyzet, ugyanis számos gyorseszteszt fejlesztettek ki, amivel percek alatt megkaphatjuk az eredményt. Ilyenek például a nitrit, nitrát, foszfát, kálium, klór, vas, réz kimutatására szolgáló tesztek, ahol leggyakrabban egy tesztesíket kell a vízbe belemeríteni és a kialakuló színt összehasonlítva a színskála valamelyik színével megkapjuk az eredményt. Ezek persze csak tájékoztató jellegű adatok, később szükséges lehet más laboratóriumi módszerekkel megerősíteni az eredményt. Azonban a gyorseszteszt tökéletesen alkalmasak arra, hogy nevükből adódóan is gyorsan, rövid idő alatt eredményt szolgáltatassanak, és mihamarabb megkezdődhessen a szennyező anyagok inaktiválása.

A mikrobiológiai módszereknél már nem ilyen egyszerű a helyzet, ugyanis a mikrobák szaporodásához, kifejlődéséhez idő kell. Valamilyen szinten fel lehet gyorsítani a kimutatásukat megfelelő, dúsított tápközeggel, de ezzel sem tudunk elérni azonnali eredményt.

Jelen vizsgálatok elvégzésénél nem a hagyományos tenyésztéses eljárásokat alkalmaztuk, hiszen azok mind a Coliform, E.coli, illetve Pseudomonas esetében minimum 72 órás inkubálási időt igényeltek volna, s csak ezután tudtuk volna telepszámlálásos módszerrel megadni az eredményt.

A levett mintáknál egy újabb vizsgálati módszert alkalmaztunk. A Coliform és az E.coli kimutatása Colilert 18 módszerrel történt, amikor is a vízmintából meghatározott mennyiséget pipettáztunk egy üvegbe majd adtunk hozzá steril vizet, illetve Colilert reagenst, mely különböző sókat, vitaminokat, cukrokat tartalmaz. Mindezt beletöltöttük egy tasakba, amit lezárás után 36°C-on 20 órán át inkubáltunk. A Coliform pozitivitást, ahogy az 1. képen is látszik, a sárga cellák jelzik.

A Coliform kimutatásánál a Colilert 18 módszer az orto-nitrofenil- β -D-galaktopiranosid (ONPG) β -galaktozidázal történő enzimatis bontásán alapszik. Az emzimaktivitás eredményeként a minta színtelenről sárgára változik. Az eljárás UV megvilágítást nem igényel. [20]



1.kép Coliform kimutatása Colilert módszerrel (Forrás: saját készítés)

Az E.coli esetében azonban a 4-metil-umbelliferil- β -D-glükuronid (MUG) β -glükuronidázal történő enzimatis bontásán alapszik. Az emzimaktivitás eredményeként a minta coliform pozitív, sárga buborékjai közül az E. coli pozitívok UV megvilágítás alatt kéken fluoreszkálnak. [20] A színes cellák száma alapján MPN módszer segítségével, egy statisztikai táblázatból kiolvasható az eredmény. A vízminta mennyiségétől függően az eredményeket 1,10,50 vagy 100 ml-re adtam meg.



2.kép E.coli kimutatása Colilert módszerrel (Forrás: saját készítés)

A *Pseudomonas aeruginosa* kimutatása Pseudalert módszerrel történt, mely hasonló elven működik, mint a fent említett Colilert. 38°C-on 24 órán keresztül inkubáltuk a tasakokat, majd utána megszámloltuk az UV fény hatására kék színnel fluoreszkáló pozitív buborékokat. Az eredményt pedig szintén MPN módszerrel adtam meg. [20]

A Colilert és Pseudalert módszerek hazánkban még nem elterjedtek, ugyanis meglehetősen drágák, viszont nagy előnyük a hagyományos tenyésztési módszerekkel szemben, hogy lényegesen rövidebb idő alatt kapunk eredményt. Ezekkel az eljárásokkal 1 napon belül kiértékelhetjük az eredményeket, míg a széles körben használt tenyésztési módszereknél az inkubálási idő ennél jóval több időt vesz igénybe.

A pH méréseket a WTW Multi 3430 gyártmányú Sen Tix 940-3 típusú hitelesített mérővel végeztem.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Jelen tanulmányban a 2017-es évben általam levett vízminták vizsgálati eredményeit mutatom be. 8 darab mintavétel történt a Marcal, illetve a Lajta folyóból. Megmértem a minták pH értékeit, illetve az egyes mintavételek idején a levegő és a víz hőmérsékletét is. Az átlagértékeket az 1. táblázatban láthatjuk.

Vizsgálat ideje	Marcal			
	pH	levegő hőmérséklete °C	víz hőmérséklete °C	vízállás (cm)
2017.01.09.	8,01	3	2,4	80
2017.02.13.	7,94	5	3,1	86
2017.03.22.	8,05	12	8,2	112
2017.05.16.	8,06	15	11,2	90
2017.07.17.	8,08	31	22,3	91
2017.09.04.	8,12	22	18,1	89
2017.10.31.	8,26	19	15,2	106
2017.12.11.	8,15	4	3,2	134

3. táblázat Marcal folyó vizsgálati értékei
(Összeállítva a saját vizsgálatok eredményei alapján)

Vizsgálat ideje	Lajta			
	pH	levegő hőmérséklete °C	víz hőmérséklete °C	vízállás (cm)
2017.01.09.	7,98	2	2,1	96
2017.02.13.	8,05	5	3,2	105
2017.03.22.	8,01	10	7,6	162
2017.05.16.	8,06	15	10,5	86
2017.07.17.	8,08	31	21,5	61
2017.09.04.	8,16	23	16,3	70
2017.10.31.	8,26	19	14,6	92
2017.12.11.	8,07	3	2,8	108

4. táblázat Lajta folyó vizsgálati értékei
(Összeállítva a saját vizsgálatok eredményei alapján)

Az elemzések alapján kijelenthető, hogy mind a két folyó pH értéke közel azonos a mintavételi időpontokban. A vörösiszap katasztrófa idején 13-nál magasabb értékeket is mértek a Marcalból, azonban ennek nyoma már nem észlelhető a folyónál.

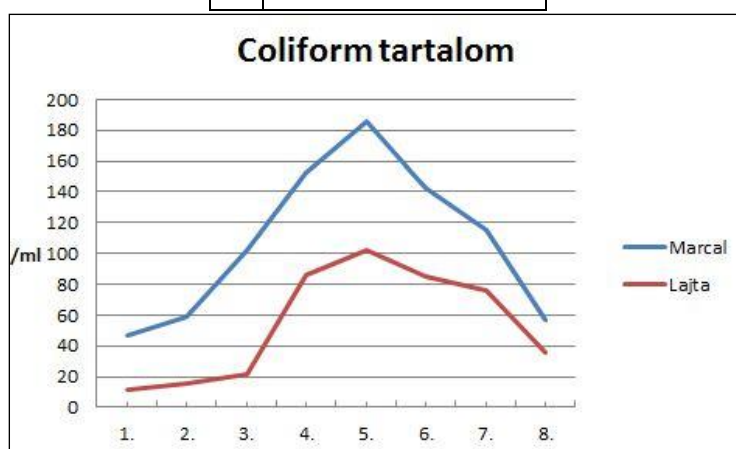
A mintavételi időpontokhoz hozzárendeltem a folyók vízállását is, melyhez a Belügyminisztérium Vízügyi Főigazgatóság, Vízügyi Honlapján megtalálható naprakész adatbázisa nyújtott segítséget. A csapadékosabb hónapokban, illetve hóolvadás idején értelemszerűen a folyók vízszintje is megemelkedik, a Lajta folyó esetében pedig 2017. március 20-22-ig I. fokú árvízvédelmi készültségi fokozatot rendeltek el a magas vízállás miatt. Ilyen esetekben az árvíz- és a belvízvédekezésről szóló 10/1997. (VII.17.) KHVM rendelet 13. § alapján az I. fokú készültség ideje alatt 12 órás nappali őrszolgálatot kell tartani, és a vízállásokat naponta meghatározott időközönként le kell olvasni, illetve jelenteni kell. [8]

A hóolvadás, illetve a hirtelen lezúduló csapadék a mikroorganizmusok számában is változást eredményezhet, hiszen ilyen esetekben a vízfolyás környezetéből, a talajból számos baktérium mosódhat bele a folyó vizébe. Mindezen tényezőkkel normál vízállás idején kell számolni, aszálykor nem.

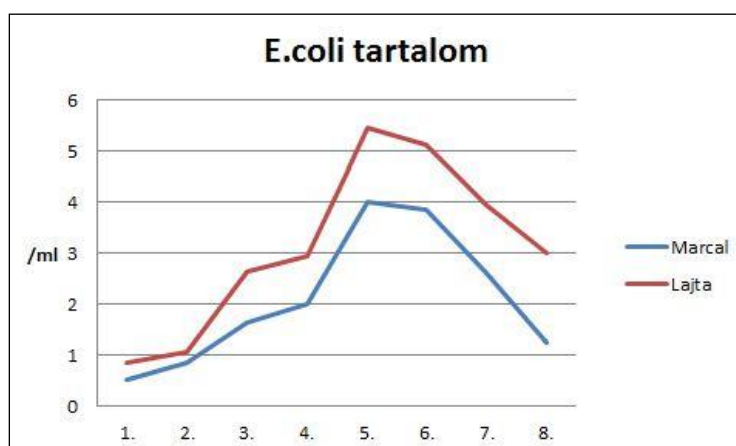
A mintákból mikrobiológiai paraméterek is vizsgáltam, melyek eredményei a következő ábrákon láthatóak.

Mintavételi időpontok:

1.	2017. január 9.
2.	2017. február 13.
3.	2017. március 22.
4.	2017. május 16.
5.	2017. július 17.
6.	2017. szeptember 04.
7.	2017. október 31.
8.	2017. december 11.



3. ábra Marcal és Lajta folyó Coliform tartalma (Összeállítva a saját vizsgálatok eredményei alapján)



4 ábra Marcal és Lajta folyó E.coli tartalma (Összeállítva a saját vizsgálatok eredményei alapján)



5.ábra Marcal és Lajta folyó *Pseudomonas aeruginosa* tartalma (Összeállítva a saját vizsgálatok eredményei alapján)

Összességében elmondható mind a Coliform, *E.coli* és *Pseudomonas* vonatkozásában, hogy a két folyó esetén hasonló tendenciát kaptam a mikrobák számát illetően. A melegebb hónapokban, illetve amikor már a folyók vize is felmelegedett, a mikroorganizmusok száma is megnövekedett. A téli, hidegebb időszakban a mikroorganizmusok számának csökkenése volt tapasztalható.

Mindenképp meg kell említeni, hogy ezek a vizsgálatok nem voltak teljes körűek, csak néhány paramétert emeltem ki a sok közül, amit vizsgáltam, viszont ezek megfelelő kiindulási alapot képeztek az összefüggések megállapításához.

A vizsgált paraméterek alapján az mindenképp kijelenthető, hogy a várakozásainknak megfelelően a Marcal folyó már nem mutatja a katasztrófa következtében kialakult negatív tulajdonságokat. A pH értékek és a mikrobiológiai jellemzők alapján egy teljesen „hétköznapi” folyóról beszélhetünk, amelynek sikerült kihevernie a vörösiszap katasztrófa súlyos környezetkárosító hatásait.

KÖVETKEZTETÉSEK

Hazánk eddigi legsúlyosabb ipari katasztrófája rávilágított arra, hogy mennyire sebezhető a környezet. A vörösiszap katasztrófa mellett, hogy emberéleteket is követelt, a környezetet is súlyosan károsította. A Marcal folyó élővilága szinte teljesen kipusztult.

A vizsgált paraméterek alapján azt elmondhatjuk, hogy a Marcal folyó esetében teljesen átlagos adatokat kaptam. Mindehhez persze hozzájárult az is, hogy a katasztrófa óta már eltelt 7 év, így a folyónak volt ideje a regenerálódásra. A vörösiszap katasztrófa jelentős ökológiai károkat okozott, de a gyors és példaértékű összefogás, a hatékony mentesítési beavatkozások a regeneráló folyamatokat felgyorsították, melynek következtében a folyó élővilága is újjáéledt.

ÖSSZEZÉS

Írásomban bemutattam a kémiai biztonság fogalmát az erre vonatkozó jogszabállyal együtt. Ehhez kapcsolódóan megemlítettem az iparbiztonság jelentőségét is, melynek egyik fő feladata a veszélyes üzemek felügyelete.

Ezen kívül bemutattam a vörösiszap összetételét, röviden ismertettem a katasztrófa súlyos környezetkárosító hatásait, ami többek között a Marcal folyót is érintette. Kíváncsi voltam a Marcal jelenlegi állapotára is, ezért vizsgálatokat végeztem el, melyek eredményeit a Lajta folyó eredményivel vettem össze. Térképen ábrázolva bemutattam a mintavételi helyeket, a mintavétel gyakoriságát, illetve az elvégzett vizsgálatok módszereit is.

Egy éven keresztül, több mintavételi időpontban vizsgáltam a két folyó egyes bakteriológiai jellemzőit, illetve a pH-t. Mindezek mellett feltüntettem a folyók vízállását, melyek hatással voltak a mikrobiológiai állapotra is.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] FÖLDI L., HALÁSZ L.: Környezetbiztonság, ISSN 2060-8047. Complex Kiadó Kft. Budapest, 2009
- [2] KÁTAI-URBÁN L.: Súlyos Ipari balesetek megelőzését és a felkészülést célzó jogintézmények egységes rendszerbe foglalása. Hadmérnök, IX 4 (2014), 94-105.
- [3] 2000. évi XXV. törvény a kémiai biztonságról
- [4] KUTI R.: Vegyimentesítőhely kialakításának követelményei, az eljárás személyi és technikai feltételei, Védelem- Katasztrófa- Tűz- És Polgári Védelmi Szemle XVIII.1. (2011) 27-30. p.
- [5] KUTI R., NAGY Zs.: Veszélyes anyag baleseteket követő vegyimentesítés eszközeinek optimalizálása, Műszaki Katonai Közöny XXVII. 4. (2017) 80-89. p.
http://hhk.archiv.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/PDF_2017_4sz/2017_4sz.pdf (Letöltés ideje: 2017. 11. 20.)
- [6] 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról
- [7] KÁTAI-URBÁN L. (szerk.): Iparbiztonságtan I.: Kézikönyv az iparbiztonsági üzemeltetői és hatósági feladatok ellátásához. Nemzeti Közszerzői és Tankönyvkiadó, 2013.
- [8] BELÜGYMINISZTERIUM ORSZÁGOS KATASZTRÓFAVÉDELMI FŐIGAZGATÓSÁG honlapja:
http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=lakossag_kolontar_vorosizsap
(Letöltés ideje: 2016.10.08.)
- [9] ÁLLAMI NÉPEGÉSZSÉGÜGYI ÉS TISZTIORVOSI SZOLGÁLAT Országos Tisztiorvosi Hivatal Kommunikációs Főosztály Közlemény, 2010.
http://www.katasztrofavedelem.hu/letoltes/lakossag/antsz_vorosizsap_info.pdf (Letöltés ideje: 2016.09.15.)
- [10] SCHWITZER F.: Katasztrófák tanulságai, stratégiai jellegű természetföldrajzi kutatások. Magyar Tudományos Akadémia, 2011.
- [11] VÁGFÖLDI Z.: A vörösiszap katasztrófa környezeti hatásai, kárelhárítási folyamata, alkalmazott módszerei. Hadmérnök VI. 1. (2011) 261-275.
- [12] Ajkai Vörösiszap-katasztrófa:
https://hu.wikipedia.org/wiki/Ajkai_v%C3%B6r%C3%B6siszap-katasztr%C3%B3fa
(Letöltés ideje: 2017.09.27.)
- [13] BÍRÓ R. és mtsi.: A Torna-patak bevonatalkotó kovaalgáinak kolonizációja a vörösiszap katasztrófa után. Magyar Hidrológiai Társaság XXX. Országos Vándorgyűlése. (2011) 1-9.o.
http://apps.arcanum.hu/app/hidrologia/view/HidrologiaiVandorgyules_2012_30/?pg=1117&layout=s (Letöltés ideje: 2017.11.05.)

- [14] BALLAGÓ Gy.: Katasztrófák- életünk részei, Vörösiszap katasztrófa. Védelem Tudomány. (2014) 0-40.o. <http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/485-katasztrofak-eletunk-reszei-vorosiszap-katasztrofa.pdf> (Letöltés ideje: 2017.02.15.)
- [15] DEÁK T.: Élelmiszer- Mikrobiológia. Mezőgazda Kiadó. 2006. 382.o.
- [16] BÍRÓ G.: Élelmiszer-higiéna. Agroinform Kiadó. 2014. 668.o.
- [17] ÁLLAMI ÉS NÉPEGÉSZSÉGÜGYI ÉS TISZTIORVOSI SZOLGÁLAT: Magyarország ivóvízminőségi rendszere, 2011. <http://oki.antsz.hu/files/dokumentumtar/ivoviz-minoseg-2011.pdf> (letöltve: 2017.04.12.)
- [18] ORSZÁGOS KÖZEGÉSZSÉGÜGYI KÖZPONT: Ivóvíz kiskaté, lakossági tájékoztató a gyakran ismételt kérdésekről, 2016. <http://oki.antsz.hu/files/dokumentumtar/kiskate-2016-03.pdf> (letöltés ideje: 2017.04.05.)
- [19] PÁL T.: Orvosi mikrobiológia tankönyve. Medicina Könyvkiadó Zrt. 2012. 544. o.
- [20] RESKÓNÉ DR. NAGY M., DÖMÖTÖR Sz.: Gyors vizsgálati módszerek a víz mikrobiológiai ellenőrzésében. Hungalimentaria- Budapest, 2015. [http://www.hungalimentaria.hu/Portals/0/doksik/2015%20EI%C5%91ad%C3%A1sok/mikrobi/mikrob Gyors vizsgalati modszer a viz mikrobiologiai ellenorzeseben Reskone Dr. Nagy Maria WESSLING.pdf](http://www.hungalimentaria.hu/Portals/0/doksik/2015%20EI%C5%91ad%C3%A1sok/mikrobi/mikrob%20Gyors%20vizsgalati%20modszerek%20a%20viz%20mikrobiologiai%20ellenorzeseben%20Reskone%20Dr.%20Nagy%20Maria%20WESSLING.pdf) (Letöltés ideje: 2016.02.16.)
- [21] BELÜGYMINISZTERIUM VÍZÜGYI FŐIGAZGATÓSÁG, Vízügyi Honlap: <http://edukovizig.hu/map/layout.html> (Letöltés ideje: 2017.12.28.)