

NEHÉZFÉMSZENNYEZÉSEK KÖRNYEZETI MOBILITÁSA ÉS HUMÁNEGÉSZSÉGÜGYI KOCKÁZATA

Czikkely Márton

Összefoglalás

Napjainkban, az EU-tagság tekintetében is, egyre fokozódó figyelem kíséri a környezettudatos életmód elterjedését és a környezetvédelem fejlődését. A korábbi fosszilis energiaforrások helyett alternatív/megújuló energianyerő lehetőségeket használunk fel. A fokozatosan szigorodó jogszabályi előírásoknak köszönhetően a preventív környezetvédelmi technikák is folyamatos fejlődésben vannak. Az egyik ilyen terület a szennyvíztisztítás. Ez a ma már elterjedt módszer mind lakossági, mind ipari szinten történő tisztítás tekintetében is fejlettnak tekinthető. Európai uniós összehasonlításban nézve hazánk folyamatosan követi a nemzetközi szennyvíztisztítási technológiai fejlesztéseket. Ugyanakkor természetesen nem lehet figyelmen kívül hagyni, hogy Magyarország versenyképessége – a nemzetközi technológiai fejlesztéseket miként tudjuk hazánkban megvalósítani – nagyban függ az anyagi lehetőségektől is. Ha ezt is figyelembe vesszük, akkor árnyaltabb a kép, mert a hazai szennyvíztisztító telepek egy részében forráshiány miatt nem valósulnak meg idejében a szükséges technológiai fejlesztések. Ennek kiküszöbölésére rendelkezésre állnak hazai és európai uniós pályázati lehetőségek, melyek növekvő száma és az elérhető támogatások mértékének emelkedése is biztos alapja lehet a fejlesztéseknek.

Kulcsszavak: mobilitás, akkumuláció, nehézfémek, kockázatelemzés, humánegészségügy

JEL: F14

ENVIRONMENTAL MOBILITY AND HUMAN HEALTH RISK OF HEAVY METAL POLLUTIONS

Bevezetés

A nehézfémek környezeti mobilitása több tényező együttes hatásának eredménye. Jellemzően valamely komplex vegyület formájában kerülnek a környezeti elemekbe (Pahari & Chauhan, 2007). A (nehézfém) szennyezések egyik leggyakoribb módja, hogy valamely emberi tevékenység során keletkező szennyvizek, hulladékok útján a földtani közegbe, a felszín alatti vagy a felszíni vizekbe jutnak. Természetesen meg kell különböztetnünk a környezet terhelésével és a környezet szennyezésével járó kibocsátásokat. Eszerint környezetterhelést okozhat minden olyan szennyezőanyag környezeti elembe való jutása, mely az elem egyensúlyát felborítja, annak természetes összetételét megváltoztatja, ugyanakkor nem lépi át a jogszabályilag meghatározott B szennyezettségi határértéket (Papp, Kümmel, 1992). Ezeket a terhelési folyamatokat körültekintően kell kezelni, mivel a környezeti feltételek (esetleges további szennyezések) miatt a környezetbe jutott anyagok feldúsulhatnak, kémiaiag átalakulhatnak, így átlépve azt a küszöböt, mely a terhelést és a szennyezést egymástól elválasztja (Zhang, 2011).

1. Nehézfémek a környezetben

A nehézfémek feldolgozása során keletkező szálló por komoly egészségügyi és légszennyezési problémát okoz. Az apró (10 nm-nél kisebb) szemcsék szél általi mozgása és élőlények és emberek általi belélegzése egészség- és környezetkárosodáshoz vezethet (Kerényi, 1998).

A nehézfém-szennyezés szempontjából a világon legsúlyosabban érintett területként tartják nyilván Felső-Sziléziát valamint a Lengyelországban található Glogów környékét. Itt a vizekben a Cd, Mn, Zn és Pb koncentrációja a határérték (esetenként) több százszorosa. 1990-re, annyira súlyossá vált a környezetszennyezés mértéke, hogy Glogów egyes területeiről ki kellett a lakosságot költöztetni. A nehézfém-szennyezés súlyosságát fokozta, hogy a Ni és Cu egyidejű szennyezése esetén a két nehézfém erősítette egymás toxicitását (1. táblázat) (Kerényi, 1998).

	<i>Mn</i>	<i>Fe</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Cd</i>
Agyagpala	850	48000	19	68	45	95	0,13
Mészkö	700	15000	2	15	4	32	0,165
Gránit	325	20000	4	7	13	50	0,09
Gneisz	600	33000	13	26	23	65	0,10
Bazalt	1390	86000	48	134	90	100	0,10
Kontinentális kéreg	800	42000	19	45	35	69	0,10

1. táblázat. Különböző nehézfémek átlagos koncentrációi a kontinentális kéreg közetiben [ppm] (Farsang, 2011)

A szennyvizeket két nagy csoportra oszthatjuk: ipari valamint kommunális eredetű szennyvizekre. Ezenkívül léteznek más besorolási alapot figyelembe vevő csoportosítások is, de a leggyakrabban e két csoportról beszélünk (Öllös, 1995). Az ipari szennyvizek nehézfém-tartalma igen jelentős lehet, így tisztítatlanul a felszíni vizekbe engedve komoly környezetszennyezést, károsodást okozhatnak (Öllös, 1995).

2. A nehézfémek környezeti mobilitása

Az ipari szennyvizek nehézfém-tartalma több, jelenleg is alkalmazásban lévő ipari termelési technológia eredményeként jelentkezik. A kohászat, a vas- és acéltipar melléktermékei és szennyvizei háromlépcsős szennyvíztisztítást igényelnek, így nem elég a fizikai (mechanikai) és a biológiai tisztítás, szükséges a kémiai tisztítási fokozat alkalmazása is (Öllös, 1995). Ipari szennyvizekben a zavarosságot okozó lebegőanyag-tartalom és a finom szemcsés üledékanyagok jelenlétén kívül, magas koncentrációban található vas, mangán, réz, cink és kadmium.

A vízszennyező anyagok közül nem csupán a nehézfémek okozhatnak komoly környezetkárosodást, hanem a különböző szerves illetve szervetlen vízszennyező anyagok is. Sok esetben szénhidrogén-származékok, egyéb szerves molekulák (vagyis TPH-, PCB-, BTEX-vegyületek, valamint egyes esetekben növényvédőszer-maradványok) is kimutatható koncentrációban vannak (Földi, Halász, 2009; Szoboszlai, Kriszt, 2010). A vízszennyező anyagok közül a fémek és azok koncentrációja egyike a fontos paramétereknek. A fémkoncentráció alapján nem mindig tudunk pontosan következtetni a víz teljes fémkoncentrációjára, mivel egyes szerves anyagoknak köszönhetően a fémszerves komplexek képződése felgyorsul, így a fémek oldatban maradnak (Varga, 2000).

A környezet biológiai szereplői (növények, mikroorganizmusok) képesek a nehézfém felvételére, mely kelátképzés során történik. Ennek a következménye, hogy a nehézfémek akár teljes mennyiségben is eltűnhetnek a talajból vagy a természetes vizekből (fogalmazhatunk úgy, hogy kimutatási határ alatti mennyiségben maradnak meg). A biológiai nehézfémfelvétel következtében a biotomassza nehézfém-feldúsulása következik be.

Számos nemzetközi tudományos publikáció foglalkozik a környezeti elemeket ért nehézfémzennyezésekkel. Beck et al. (2002) a felszíni víztesteket érő Cd, Cu, Ni, Zn és Mn vizsgálatáról ír. Munkájuk során több helyről gyűjtöttek vízmintákat, melyek nehézfém-koncentrációját ICP-MS segítségével mérték. Arra a következtetésre jutottak, hogy a felszíni vizeket érő nehézfémzennyezések a víztestben nehezen akkumulálódnak (kivéve a halak táplálkozása révén történő nehézfémfelvételt). Kimutatták, hogy az esetek döntő többségében az üledékben jelentkezik a nehézfémzennyezés.

Daniela et al. (2002) Szicíliában, Palermóban vizsgálták a városi talajok nehézfém-szennyezettségének mértékét. Vizsgálataikkal bizonyították, hogy a nehézfémzennyezés jellemzően a Szicília partjaihoz közel eső tengeri hajózási útvo-

nalakhoz közel eső (part menti) területeken jelentkeznek, itt sok esetben a határérték többszörösét mérték. Bizonyították a hajózási útvonalak mentén történő nehézfém-szennyezés (vízszennyezés) valamint a part menti területek talajaiban mért nehézfém-koncentrációja közötti összefüggést. Eredményüket azzal indokolták, hogy a víztestek és a földtani közeg között szoros környezeti kapcsolat áll. A nehézfém-szennyezés terjedését a környezeti transzportfolyamatokkal magyarázták.

Griffiths és Lambert (2013) az UNSECO gondozásában megjelent vízgazdálkodási szakkönyvükben azt írják, hogy a felszíni víztestek szennyezésének jelentős része a közlekedés, valamint a humán tevékenységek következménye. Feltárták a kapcsolatot a felszíni és a felszín alatti víztestek szennyezése között. Bemutatták, hogy milyen környezeti transzportfolyamatok és kémiai átalakulások eredményeként történik a nehézfém-szennyezések „vándorlása” a különböző környezeti elemek között. Kapcsolódó információként megjegyezték, hogy a víztesteket érő nehézfém-szennyezések jelentős része a harmadik világbeli országokban jelentkezik, ahol az ipari technológiák elavultak, a közlekedési eszközök (autók, hajók, vonatok) szinte egyike sem felel meg a minimális állagelvárásoknak. A víztesteket érő szennyezések könnyen eléri a lakosságot is, így szerintük a világon több tízmillióra tehető azon emberek száma, akik kimondottan magas nehézfém-koncentrációjú ivóvizet fogyasztanak.

Luoma és Rainbow (2005) megjegyzik, hogy nehézfémek környezeti terjedésének alapját a könnyű kémiai átalakulási folyamatok okozzák. Leírják, hogy a nehézfémek többsége könnyen kerül komplex vegyületekbe, így a környezeti transzportja jelentősen javul, ezenkívül az ilyen formában kötött nehézfémek jelenléte nehezebben mutatható ki, mint a komplex formában nem lévő nehézfémeké.

Sastre et al. (2012) bemutatják, hogy az általuk vizsgált környezeti mintákban (talaj- és vízmintákban) a Cd, Cu, Pb és Zn koncentráció határérték feletti. A vízmintákban jelentkező koncentrációt azzal magyarázzák, hogy a szennyvíztisztítás során a nehézfém-tartalmat éppen csak a határérték alatti koncentrációra csökkentik, hiszen így a tisztított víz megfelel a befogadóba vezetés feltételeinek. Azonban a vízbe kerülve a nehézfém-koncentráció könnyen megnövekedhet, így szennyezést okozhat.

Roodbergen et al. (2008) Hollandiában vizsgálták a nehézfémek táplálékláncban történő megjelenését. Munkájuk során az ország egy nehézfémrel szennyezett és egy referencia (tiszt) területét választották mintának. Vizsgálataik alapján a nehézfémek könnyen megjelennek a táplálékláncban, mivel a szennyezett területeken nehézfém-tartalmat mértek a humán fogyasztásra szánt termékekben (mely a növényi akkumuláció illetve az állati táplálkozás következtében jelentkezhetett).

Ligetvári (2008) szerint a hidromelioráció részeként meghatározott vízminőség-javítás lehet az egyik kulcspontja a vízgazdálkodás környezetvédelmi aspektusának, így a nehézfém-szennyezés csökkentésének is. Hseu et al. (2002) kutatásukban üledék- és talajmintákkal dolgoztak, és a nehézfém-tartalmat vizsgálták. Eredményeikkel meghatározták az általuk vizsgált üledékben és talajban mért nehézfém-tartalom speciális roncsolási módját. Selling et al. (2008) munkájukban arról számoltak be, hogy az

általuk kidolgozott kétlépcsős anaerob lebontási technika jól működik a vizet érő nehézfémzennyezések esetén. Ez a kétlépcsős anaerob lebontási technika az általuk vizsgált anaerob mikroorganizmusok segítségével történik, mivel kutatásaikkal bebizonyították, hogy vannak olyan anaerob fajok, melyek a nehézfémet úgy képesek akkumulálni, hogy az nem befolyásolja fiziológiai folyamataikat.

Yu et al. (2009) arról számoltak be, hogy ha az *in situ* stabilizálás követi az *ex situ* komposztálást, akkor lehetővé válik a nehézfémzennyezett üledékek megtisztítása. Szerintük a komposztálás mint biodegradációs folyamat, alkalmas lehet üledékek megtisztítására. Vizsgálataik során kizárólag üledékeket vizsgáltak, így nem tértek ki más környezeti minták elemzésére. Zeng et al. (2004) vizsgálatai során négyféle lebontási folyamatot határozott meg nehézfémzennyezett komposztminták megtisztítására.

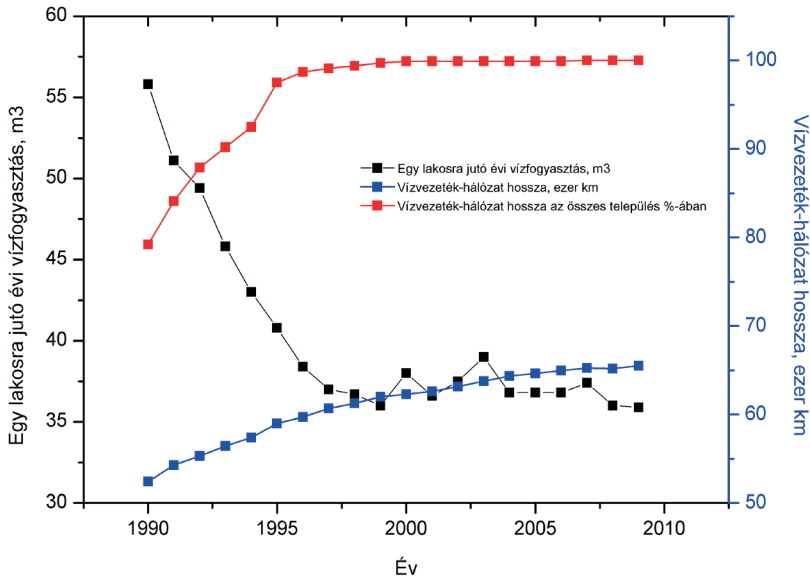
Nehézfémzennyezések az ipari forradalom óta jelen vannak a környezetben, de komolyabb vizsgálatuk és humánegészségügyi hatásuk felismerése a XX. században kezdődött. Az ipari termelés (főleg a régi, elavult technológiák) hatására mind időben, mind mennyiségben heterogén nehézfémzennyezések jelentkeznek. A környezeti elemek elszennyezése több évtizeden keresztül folyamatosan zajlott. A talaj bizonyos mértékig pufferként tud viselkedni (a talaj felső rétegében felhalmozódó nehézfémeket a talajásványok képesek megkötni), így a nehézfémzennyezések egy részét még képes elnyelni (Papp, Kümmel, 2005). Azonban hosszú idejű, vagy nagy mennyiségű szennyezés esetén a talaj annyira elszennyeződik, hogy csupán kármentesítési technológiák alkalmazásával lehet megtisztítani. A talaj fokozódó elsavanyodása esetén a szennyezésként benne lévő nehézfémek mobilizálódnak, és a talajvízzel vagy a talajoldattal nagy távolságokra is képesek eljutni (Szoboszlai, Kriszt, 2010). A termesztett növények képesek felvenni a nehézfémeket, sőt bizonyos növényfajok hiperakkumulációra is képesek (Szoboszlai, Kriszt, 2010), így a nehézfémek a táplálékláncba kerülve annak végpontjánál, az embernél is megjelennek.

A nehézfémek toxicitása kiemelt kérdés. A toxicitást alapvetően meghatározza a különböző enzimek aktivitása. A nehézfémek enzimekben könnyen megjelennek (pl. cinktartalmú fémenzimek). A kétértékű átmeneti fémek reakcióképessége meghatározó, például könnyen reakcióba lépnek a fehérjék aminocsoportjaival (Szoboszlai, Kriszt, 2010).

A nehézfémek problémát jelentenek a lakossági ivóvíz-szolgáltatásban is. Mivel az emberi fogyasztásra szánt vízmennyiség a felszíni vizeinkből származik, kiemelt figyelmet kell fordítani a lakossági ivóvízellátás problémamentes működtetésére. Ez alatt azt értjük, hogy a vízvezeték-hálózat kiépítettségét folyamatosan fejleszteni kell.

Az 1. ábrán látható a kiépített vízvezeték-hálózatok tulajdonságai Magyarországon az 1990–2010 közötti periódusban. Fontos megjegyezni, hogy 2000 és 2010 között a kiépített vízvezeték-hálózat hossza az összes település százalékában nem változott szignifikáns mértékben, ehhez képest a vízvezeték-hálózat km-ben kifejezett hossza folyamatosan növekedett.

Ez a lakosság megfelelő minőségű ivóvízzel való ellátásához elengedhetetlen, illetve nagyban hozzájárul a megfelelő higiéniai körülmények biztosításához is.



1. ábra. A kiépített vízvezetékek főbb mutatóinak alakulása Magyarországon

Forrás: Farsang, 2011

3. Ipari üzemek nehézfémzennyezései

Magyarországon és a világon több olyan ipari üzem van, melyek technológiai folyamatából nehézfém-tartalmú szennyvizek kerülnek ki. A leggyakoribb nehézfém-kibocsátó technológiák a vas- és acélgyártás, a kohászat, a bányászat (bár ez gyakorlatilag megszűntnek tekinthető hazánkban). Ezenkívül jellemző, hogy a galvanizálás, az akkumulátor- és elemgyártás folyamata, kokszolók, olvasztók illetve egyéb más ipari tevékenységek során is kerül nehézfém a technológiai vízbe (a szennyvízbe). A felsorolt ipari technológiák olyan tevékenységek, melyek szennyvize nem csupán nehézfémeket tartalmaz, hanem más környezetkárosító anyagokat is (pl. szervesanyag-maradványok, savak és lúgok, szerves szennyezők). Sok esetben a technológiai vizek magas hőmérsékletét is ki kell emelni (a hőszennyezés miatt).

Speciális esetet jelentenek az atomerőművek, melyek olyan szennyezett vizet bocsátanak ki, amely speciálisan az atomenergia-tevékenység során jelen lévő anyagokat

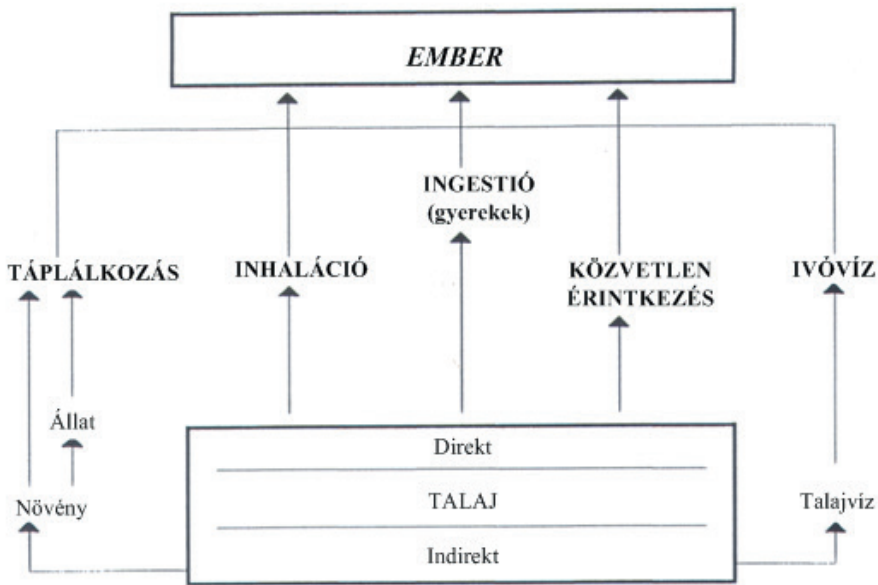
tartalmazza. Ilyen szennyezőanyagok a nagy mennyiségű radioaktív izotópok, bomlástermékek, a hőszennyezés, valamint az elhasznált fűtőelemek.

A bányászat környezetrombolással járó ipari tevékenység, mely sok európai országban korlátozott mértékű (pl. Magyarország), vagy megszűnt. Gazdasági szempontból az ipar számára sokáig az az egy cél volt fontos, hogy a földtani közegben rejlő ásványkincseket felszínre hozza (felszíni művelésű vagy mélyművelésű bányákkal). A bányászati tevékenység során – sok esetben – visszafordíthatatlan környezetrombolás és szennyezés történik. A bányák tevékenysége során felhasznált anyagokat és technológiai melléktermékeket meddők formájában (tájba illesztési szempontokat jó esetben figyelembe véve) a természeti környezetben helyezik el (pl. a Mátra meddőhányói). Amennyiben a meddőhányók szigetelése nem megfelelő, a nehézfémek, szervesetlen és szerves szennyezőanyagok a környezetbe jutnak, beszivárognak az esőáztatással a talajba, talajvízbe, így kilométerekre is eljuthatnak. A korábban már említett Roodbergen et al. (2008) és Hseu et al. (2002) által végzett vizsgálatok is bizonyították, hogy a nehézfémek környezeti mobilitása jelentős, és esetenként a táplálékláncba is bekerülnek.

4. A nehézfémek humánegészségügyi kockázata

A nehézfémzennyezések jellemzően környezeti expozíciós útvonalak mentén okoznak humánegészségügyi kockázatot (Földi, Halász, 2009). A talajba, vízbázisokba kerülve könnyen bejutnak a táplálékláncba (Hariri et al., 2015), melynek sok esetben az ember a csúcspontja (Roodbergen et al., 2008). A nehézfémek humánegészségügyi kockázata kiemelt, mivel az emberi szervezetben felhalmozódva komoly egészségügyi problémákat okozhatnak, így akár letális, karcinogén hatást is kifejthetnek (Moser, Pálmai, 1992). Az egyik legveszélyesebb nehézfém a kadmium, mely bizonyítottan kóros elváltozásokat okoz az emberi szervezetben, és daganatkeltő hatása van. Van olyan nehézfém (pl. a réz), mely kis mennyiségben esszenciális elemként szükséges a növények fiziológiai folyamataihoz, így közvetve nincs hatása az emberre. Túladagolása (mint bármely más mikro- vagy makroelem esetében is) látható elváltozásokat okozhat a növényen. Ebben az esetben nyilvánvalóan nem kerül élelmiszeripari feldolgozásra az adott növény, így emberi fogyasztása is kizárt. Ugyanakkor vannak olyan növényfajok, melyek nagy mennyiségben képesek akkumulálni a nehézfémeket, adott esetben hiperakkumulációra is hajlamosak. Ez esetben a növényre nincs élettani hatással a nehézfém, nem okoz toxikus (látható) tüneteket, így ezeket a növényeket az élelmiszeriparban felhasználják, fogyasztási végpontja pedig az ember (Földi, Halász, 2009).

A 2. ábrán a nehézfémek különböző expozíciós útvonalai láthatók, mely utak végső állomása maga az ember. Az útvonalak különbözőek lehetnek, táplálkozási, vízfogyasztási, közvetlen érintkezéses és inhalációs módon is bekerülhetnek az emberi szervezetbe (Farsang, 2011).



2. ábra. A nehézfémzennyezések expozíciós útvonalai

Forrás: Farsang, 2011

A cink kis mennyiségben elengedhetetlen bizonyos enzimikus folyamatokhoz, így ebben az esetben nem tekinthető szennyezőanyagnak. A cinknek ezenkívül fontos szerepe van a növények auxintermelésében is. A cinket kis mennyiségben tartalmazó növények elfogyasztása nem okoz egészségügyi problémát az emberi szervezetben (Szoboszlai, Kriszt, 2010).

Összefoglalás

Összességében elmondható, hogy a nehézfémek környezeti mobilitása eltérő, kémiai körülmények kérdése, ugyanakkor a talajból és a felszíni vizekből könnyen a táplálékláncba kerülhetnek, így egyes esetekben egészségügyi problémákat is okozhatnak.

A kockázatelemzések során a szennyezőanyagok környezetre és emberre gyakorolt hatását mérik fel. Ez a gyakorlatban az esetleges káros hatások feltérképezését jelenti. Az egyes szennyezőanyagok kockázata alatt az emberre, a környezetre és az anyagi javak károsodásának valószínűségét értjük, kiemelten figyelve a humán kockázat megítélésére. Ez utóbbival egy külön terület, a humán kockázatbecslés foglalkozik. Mivel ebben a kérdésben is összekapcsolódik a társadalomtudomány és a környezet-tudomány alkalmazott oldala, így a humán kockázatbecslés során a szennyezőanya-

gok kockázatát mérőszámmal fejezzük ki. Ez a mérőszám gyakorlati segítséget nyújt a szennyezőanyagok környezetvédelmi kezeléséhez és így a humán kockázat csökkentéséhez.

Ahhoz, hogy az egyes szennyezőanyagok humán kockázatát ki tudjuk fejezni pontos mérőszámmal, az alábbi két fontos információval kell rendelkezünk: a szennyezőanyag környezeti koncentrációja (kémiai módszerekkel, mérésekkel pontosan megadható), illetve a szennyezőanyag várható – vagy ismert – környezeti hatása (csupán becsléssel vagy empirikus úton adható meg). A humán egészségkockázat felmérése során egy 4 lépcsős standard eljárásnak kell megfelelni. Ez a 4 lépcső egymásra épülve tartalmazza mindazon ismereteket, amik a pontos kockázatfelméréshez elengedhetetlenek.

Az adatgyűjtési fázisban a szennyezett területek analitikai kémiai felmérése történik, mely során pontosan meghatározzák a szennyezőanyagok környezeti jelenlétét (vagyis koncentrációját az egyes környezeti elemekben – talaj, talajvíz, felszíni vizek). Ebben az első fázisban történik a humán kockázatviselők felmérése, meghatározása. A második lépcső során a kitettség (expozíció) felmérését végzik. Az átlagos napi szennyezőanyag-bevitelt (dózist) az első fázisban mért pontos szennyezőanyag-koncentrációk ismeretében sikeresen meg lehet határozni. A napi dózist természetesen a szennyezésnek kitett emberi csoportokra kell meghatározni. A dózis-válasz összefüggés vizsgálatakor (a hatás vizsgálatakor) a megállapított napi dózis hatását toxikológiai tesztek segítségével pontosítják.

HIVATKOZOTT FORRÁSOK

- [1] Analysis of High Matrix Environmental Samples with the Agilent 7500ce ICP-MS with Enhanced ORS Technology Agilent Technologies Publication 5989-0915EN (www.agilent.com/chem)
- [2] Andrian A. S., Yarmoshenko I. V. 2014: Study of urban puddle sediments for understanding heavy metal pollution in an urban environment. *Environmental Technology and Innovation* 1–2: 1–7.
- [3] Beck N. G., Franks R. P., Bruland K. W. 2002: Analysis for Cd, Cu, Ni, Zn, and Mn in estuarine water by inductively coupled plasma mass spectrometry coupled with an automated flow injection system. *Analytica Chimica Acta* 455: 11–22.
- [4] Farsang A. 2011: Talajvédelem. Pannon Egyetem, Környezetmérnöki Intézet, Veszprém

- [5] Griffiths J., Lambert R. 2013: Free flow. Reaching water security through cooperation. Paris: United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. UNESCO Publishing. p. 40–96.
- [6] Hseu Z. Y., Chen Z. S., Tsai C. C., Tsui C. C., Cheng S. F., Liu C. L., Lin H. T. 2002: Digestion methods for total heavy metals in sediments and soils. *Water Air and Soil Pollution* 141: 189–205.
- [7] Measuring Manual to ICP-MS for MSc students 2014. Ed.: Prof. Dr. Christopher Gerner and Michael Größl. Institute of Analytical Chemistry, University of Vienna
- [8] Mohee R., Soobhany N. 2014: Comparison of heavy metals content in compost against vermicompost of organic solid waste: Past and present. *Resources, Conservation and Recycling* 92: 206–213.
- [9] Pahari A., Chauhan B. 2007: *Engineering Chemistry*. New Delhi, India: Infinity Science Press LLC. p. 455–457.
- [10] Roodbergen M., Klok C., Van Der Hout A. 2008: Transfer of heavy metals in the foodchain earthworm Black-tailed godwit (*Limosa limosa*): Comparison of a polluted and a reference site in the Netherlands. *Science of Total Environment* 406: 407–12.
- [11] Sastre J., Sahuquillo A., Vidal M., Rauret G. 2012: Determination of Cd, Cu, Pb and Zn in environmental samples: microwaveassisted total digestion versus aqua regia and nitric acid extraction. *Analítica Chimica Acta* 462: 59–72.
- [12] Szoboszlay S., Kriszt B. 2010: *Környezeti elemek védelme. Egyetemi jegyzet. Gödöllő: Szent István Egyetem Kiadó.* p. 30–50.
- [13] Yu G., Lei H., Bai T., Li Z., Yu Q., Song X. 2009: In situ stabilisation followed by ex situ composting for treatment and disposal of heavy metals polluted sediments. *Journal of The Environmental Sciences* 21: 877–83.
- [14] Zhang M. 2011: Adsorption study of Pb(II), Cu(II) and Zn(II) from simulated acid mine drainage using dairy manure compost. *Chemical Engineering Journal* 172: 361–368.

Szerző:

Czikkely Márton

egyetemi tanársegéd, doktorjelölt

Szent István Egyetem, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar,

Regionális Gazdaságtani és Vidékfejlesztési Intézet

czikkely.marton@mkk.szie.hu