MIKROMŰANYAGOK A DUNA ÉS TISZA VÍZGYŰJTŐJÉN – ELSŐ HAZAI EREDMÉNYEK

BORDÓS GÁBOR[1;A], URBÁNYI BÉLA[2], PALOTAI ZOLTÁN[1], KRISZT BALÁZS[2], MICSINAI ADRIENN[1], SZABÓ ISTVÁN[2], NAGY DÁNIEL[1], SZOBOSZLAY SÁNDOR[2]

[1]WESSLING HUNGARY KFT.
[2]SZENT ISTVÁN EGYETEM, AKVAKULTÚRA ÉS KÖRNYEZETBIZTONSÁGI INTÉZET
[A]LEVELEZŐ SZERZŐ: BORDOS.GABOR@WESSLING.HU

Kulcsszavak: *mikroműanyag, élővizek, Magyarország, Duna. Tisza, mellékfolyók, mintavétel*

ABSTRACT

Napjainkra már megkérdőjelezhetetlen, hogy a műanyaghulladékok jelentős része bekerül a természetes ökoszisztémákba, vizekbe, ahol biológiai lebomlásuk nem történik meg. Ezzel szemben fizikai-kémiai hatások – első sorban UV-sugárzás – következtében láncszerkezetük aprózódik. Az így létrejövő, 5 mm-nél kisebb darabokat mikroműanyagoknak nevezik. A tengeri környezet terheltségének intenzívebb kutatása az elmúlt években kezdődött, míg az édesvízi rendszerek kisebb figyelmet kaptak, ennek ellenére nyugat-európai álló- és folyóvizekben, azok üledékeiben is kimutatták mikroműanyagok jelenlétét az elmúlt években. Az új típusú környezeti kockázatra válaszul a WESSLING Hungary Kft. szakemberei mintavételi és mintaelőkészítési módszerfejlesztést hajtanak végre, valamint a Szent István Egyetemmel együttműködve megvizsgálták több hazai felszíni víz mikroműanyag tartalmát. A mikroműanyag vizsgálatok elengedhetetlen részét képezi a pontos és megbízható anyagminőségi információt szolgáltató FTIR mikroszkóppal történő azonosítás is. A Duna magyarországi szakaszáról és mellékfolyóiról, valamint a Tisza vízgyűjtőjéről származó eredmények nem csak Kárpát-medence szinten, hanem Kelet-Közép-Európában is elsőnek tekinthetők.

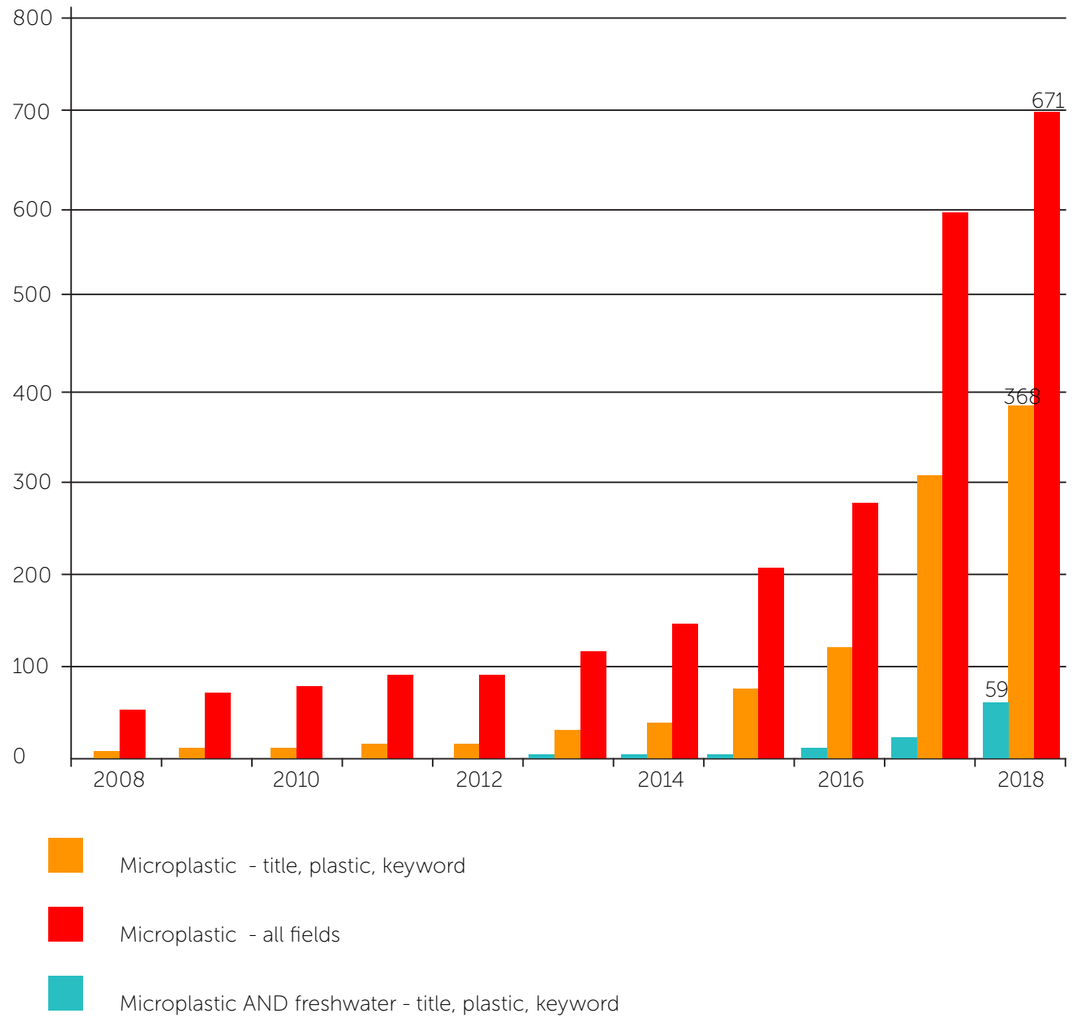
BEVEZETÉS

A globális műanyagtermelés jelenleg is nő. 2014-ben összesen 311 millió tonna műanyagot gyártottak világszerte. Az Európai kapacitás az elmúlt 10 évben 60 millió tonna körül alakult. Ennek a mennyiségnek 39,5%-át hasznosítják csomagolóanyagként. Mivel a csomagolóanyagok legtöbbje egyszer használatos termék (a gyártás évében hulladékká válnak), az EU tagállamaiban csak a csomagolóipar 24 millió tonna hulladékot generál évente. A termelési adatokkal szembe állítva a hulladékkezelést elmondható, hogy 2014-ben összesen csupán 25,8 millió tonna műanyaghulladékot kezeltek Európában [1], így belátható, hogy jelentős a környezetbe kikerülő műanyaghulladékok mennyisége.

A „mikroműanyag" kifejezés az elaprózódó műanyaghulladék méretére utal. Általánosan elterjedt, de nem jogi terminológia alapján mikroműanyagoknak nevezik a környezetben előforduló öt milliméternél kisebb műanyagdarabokat. Az első sorban UV sugárzás hatására a nagyobb hulladékokból a környezetben elaprózódással keletkező részecskéket másodlagos mikroműanyagoknak, míg az eleve ilyen méretűre gyártott anyagokat elsődleges mikroműanyagoknak nevezik. Utóbbit felhasználják például kozmetikai termékekben. A mikroműanyagok ökotoxikológiai kockázatát több esetben kimutatták, azonban komplex kockázatbecsléshez még nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű adat sem környezeti elterjedésükről, sem laboratóriumi tesztekben kifejtett hatásukról. Az élőlények tápcsatornájába kerülésen túl veszélyességük abban rejlik, hogy anyagukból toxikus vagy hormonmoduláns vegyületek szivároghatnak, illetve képesek felületükön megkötni a vízben jelen lévő szerves szennyezőket, mikrobákat [2].

A mikroműanyagok problémája iránt az elmúlt évtizedben a tudományos érdeklődés exponenciálisan növekszik. Jól példázza ezt a *www.sciencedirect.com* weboldalon megjelenő publikációk számának növekedése is, amelyet az 1. ábrán szemléltetünk. Látható, hogy bár az édesvizekkel foglalkozó tanulmányok is növekvő trendet mutatnak, mennyiségük jóval elmarad az egyéb kutatásoktól.

A mikroműanyagok előfordulását Európában több ponton jelentették: ausztriai mérések alapján a Duna mikroműanyag hozamát évi 1.500 tonnára becsülik [3]. A Rajnában 11 mintavételi ponton vizsgálták a 300 µm és 5 mm közötti mikroműanyagok jelenlétét. Az összes mintát szennyezettnek találták. A csúcskoncentráció (15-20 részecske/m^3) a Ruhr-vidék iparosodott területén jelentkezett [4]. Nem csak folyók, de tavak szennyezettségéről is van információnk, hiszen svájci tavakban [5] és a Garda-tóban [6] is kimutattak mikroplasztikot, Olaszországban a Bolsena- és Chiusi-tóban 0,82-4,42 részecske/m^3 koncentrációban voltak detektálhatók [7]. Nem csak folyókból



1. ábra:
Tudományos publikációk számának alakulása különböző keresési feltételek alapján 2008-2018 (www.sciencedirect.com)

és természetes tavakból, hanem halastavakból és ezen víztestek üledékéből is kimutattak már mikorműanyagokat [8]. A növekvő számú publikációk ellenére a mikroműanyagok elterjedéséről nem készülhetett átfogó felmérés, mivel ezen a területen még nincsenek kidolgozott mintavételi és vizsgálati eljárások, szabványok. Különböző kutatócsoportok sok esetben eltérő módszereket alkalmaznak, így az eredmények nem minden esetben összehasonlíthatók (a mértékegységek is eltérők lehetnek), így az átfogó monitoring programok még váratnak magukra. Ennek elősegítése érdekében végezzük felszíni vizekből származó minták vizsgálatát és a hazai körülményekre optimalizált rendszerek fejlesztését.

MINTAVÉTELEK, MINTAELŐKÉSZÍTÉS, ANALÍZIS

A tengereken széles körben elterjedt planktonhálós (ún. „manta trawl") módszert a 2. ábra szemlélteti. Sok esetben szárazföldi felszíni vizeken nem alkalmazható megfelelő hatékonysággal helyigénye vagy a hálóba előszűrés híján bejutó nagyobb növényi maradványok zavaró hatása miatt (2. ábra), így saját fejlesztésű mintavételi módszerrel végeztük a hazai vizsgálatokat. Szivattyú segítségével különböző szűrőkön átáramoltatva több, mint 2 m^3 mintát tudunk koncentrálni akár 60 mikrométer pórusátmérőjű szűrőbetéteket alkalmazva. A módszer további előnye a planktonhálós mintázáshoz képest, hogy vízóra segítségével a mintatérfogat 1 L pontossággal mérhető, így az eredmény számítás megbízhatóbb. Ezen felül fontos az is, hogy kisebb mérettartomány mintázása is lehetséges, hiszen a planktonhálót jellemzően 300 mikrométer pórusú hálóval használják.

A mintaelőkészítés során első lépésként sűrűség különbség alapján történő elválasztást alkalmazunk telített 1,2 g/cm^3 sűrűségű NaCl oldatban. Mivel a műanyagok jellemzően ennél kisebb sűrűségűek, így a sóoldat tetején koncentrálódnak. Ebben a fázisban még egyéb szerves anyagok is kísérik a mikroműanyagokat, így azokat H_2O_2-vel oxidáljuk. Az így előkészített mintát leszűrve FTIR mikroszkópos analízist végzünk, amelynek során egyértelműen meghatározható, hogy az optikailag műanyagnak tűnő részecske pontosan milyen agyagú, műanyag-e egyáltalán. Mikroműanyag vizsgálat során ez az azonosítás elengedhetetlen, hiszen ennek hiányában a mikroműanyagok mennyisége könnyen alul vagy felül becsülhető.

EREDMÉNYEK

A Tisza mintázására Tiszafürednél került sor. Mintát vettünk továbbá a Tisza-tóból és az azt tápláló Eger-patakból is. Ezeken a helyeken pontmintát vettünk és a 0,1-2 mm közötti mikroműanyagokat gyűjtöttük. A Duna mellékfolyói közül az Ipoly és a Rába torkolatot, míg a Duna Budapest fölötti (Megyeri-híd) és alatti (Csepeli Szabadkikötő) szakaszát mintáztuk. A folyamatos módszerfejlesztés következtében ezeken a helyeken más stratégiát alkalmaztunk és a folyók teljes keresztszelvényén áthaladva vettük

2. ábra:
Planktonhálós („manta trawl") mintázás és nehézségei eutróf felszíni vizekben.

a mintákat (3. ábra) 0,06-2 mm közötti tartományban. Az eredményeket a 4. ábra szemlélteti.

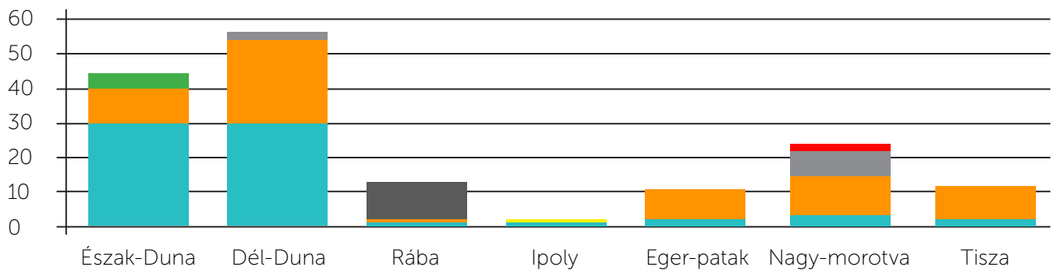
A vizsgált pontokon a koncentrációkat figyelve elmondható, hogy az Ipolyban viszonylag alacsony (1,77 részecske/m^3) mikroműanyag-szint mutatkozott. Vélhetően ez annak köszönhető, hogy a folyó többnyire nemzeti parki területeken, ipari és kommunális behatásoktól viszonylag elzártan kanyarog. A Rábában és a Tisza vízgyűjtőjén mért eredmények (9,51-23,12 részecske/m^3) jól közelítenek az eddigi nemzetközi adatokhoz. A Duna adatait vizsgálva látható, hogy itt a koncentráció növekedett. A két mintavételi pont közötti eltérésben vélhetőleg a városi hatás fedezhető fel (szennyvíztisztítók kibocsátása, csapadékvízzel bemosott szennyezések), hiszen az északi ponton 44,39, míg a déli mintavételi helyszínen 55,1 részecske jelent meg egy köbméter mintában.

A vizsgálat fontos információt szolgáltat az egyes műanyagtípusok megoszlásáról. Elmondható, hogy legjellemzőbb típusok a polietilén, polipropilén és polisztirol anyagok. Amennyiben megvizsgáljuk a termelési adatokat [1], könnyen megfigyelhetjük, hogy ezek a legnagyobb mennyiségben gyártott – jellemzően rövid életciklusú – műanyagok, így nem meglepő a dominanciájuk a környezeti hulladékok között. Érdekes azonban, hogy az Ipolyon és a Rábán az elterjedtebb polipropilénen kívül más anyagok jelentek meg: például játékokhoz, műszerfalakhoz alkalmazott akrilnitril-butadién-sztirol és precíziós alkatrészekhez, elektronikai termékekhez használt polyoximetilén.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az eddigi eredmények Kárpát-medence és Közép-Kelet-Európa első mérési adatai és jól mutatják a globálisan elterjedt szennyezés

3. ábra:
Keresztszelvény menti mintavételezés a Rábán.



4. ábra:
Mikroműanyag koncentráció a Duna és a Tisza vízgyűjtőjén kijelölt mintavételi pontokon (részecske/m^3).

- Polietilén
- Polipropilén
- Polisztirol
- Polietilén tereftalát
- Polixmetilén
- Polikarbonát
- Akrilnitrit-butadlén-sztirol
- Poliakrilát
- Poliészter

megjelenését hazánkban is. A mintavételek során szerzett tapasztalatok további fejlesztési irányok meghatározását teszik lehetővé, hiszen a különböző kutatócsoportok által alkalmazott mintavételi és mérési módszerek sok esetben nem egyeznek, így az eredmények sem összehasonlíthatók.

A Duna eredményeit kiemelve elmondható, hogy a szennyvíztisztítók vélhetően jelentős forrásai lehetnek a mikroműanyagoknak, így azok vizsgálata az anyagfajták pontos azonosítása mellett szükségszerű. Annak ellenére, hogy az elfolyó tisztított szennyvízben a felszíni vizeknél koncentráltabban vannak jelen a mikroműanyagok, több nemzetközi tanulmány is rámutat, hogy a beérkező szennyvízből az ilyen anyagok jelentős része (akár 80%) a telepen visszatartásra kerül, bejut a szennyvíziszapba [9;10]. Ezen anyagok mezőgazdasági hasznosítása mellett a mikroműanyagok további kockázatot jelenthetnek, így fontos a jövőben a szennyvíziiszapokat, szennyvíziszap komposztokat is vizsgálni.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A vizsgálatok elvégzéséhez hozzájárultak a Vállalati KFI_16 és NVKP_16 pályázati program finanszírozásában a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással megvalósuló KFI_16-1-2017-0477 és NVKP_16-1-2016-0023 számú projektek.

IRODALOMJEGYZÉK

[1] Plastics – The Facts 2015. Plastics Europe *https://www.plasticseurope.org/application/files/3715/1689/8308/2015plastics_the_facts_14122015.pdf* (Hozzáférés: 2018. 10. 25.)

[2] Bordós G., Reiber, J. (2016): Microplastics in the environment and the food chain. Journal of Food Investigation (62) 2 pp. 1038-1045.

[3] Lechner, A., Keckeis, H., Lumesberger-Loisl, F., Zens, B., Krusch, R., Tritthart, M., Glas, M., Schludermann, E. (2014): The Danube so colourful: a potpourri of plastic litter outnumbers fish larvae in Europe's second largest river. Environ Pollut 188 pp. 177–181. *https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.02.006*

[4] Mani, T., Hauk, A., Walter, U., Burkhardt-Holm, P. (2015): Microplastics profile along the Rhine River. Scientific Reports 5. Article number: 17988. 7 p. *https://doi.org/10.1038/srep17988*

[5] Faure, F., Demars, C., Wieser, O., Kunz, M., Felippe de Alencastro, L. (2015): Plastic pollution in Swiss surface waters: nature and concentrations, interaction with pollutants. Environ Chem 12 (5) pp. 527-538. *https://doi.org/10.1071/EN14218*

[6] Imhof, H. K., Ivleva, N. P., Schmid, J., Niessner, R., Laforsch, C. (2013): Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles. Curr Biol 23 (19) pp. R867-R868. *https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.09.001*

[7] Fischer, E. K., Paglialonga, L., Czech, E., Tamminga, M. (2016): Microplastic pollution in lakes and lake shoreline sediments: A case study on Lake Bolsena and Lake Chiusi (central Italy). Environ Pollut 213 pp. 648-657. *https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.03.012*

[8] Bordós, G., Urbányi, B., Micsinai, A., Kriszt, B., Palotai, Z., Szabó, I., Hantosi, Zs., Szoboszlay, S. (2019): Identification of microplastics in fish ponds and natural freshwater environments of the Carpathian basin, Europe. Chemosphere 216 pp. 110-116. *https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.10.110*

[9] Prata, J. C. (2018): Microplastics in wastewater: State of the knowledge on sources, fate and solutions. Mar Pollut Bull 129 pp. 262-265. *https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.02.046*

[10] Mintenig, S. M., Int-Veen, I., Löder, M. G. J., Primpke, S., Gerdts, G. (2017): Identification of microplastic in effluents of waste water treatment plants using focal plane array-based micro-Fourier-transform infrared imaging. Water Res 108 pp. 365-372. *https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.11.015*