



Parrag Tamás Károly, Gál Henrik Norbert

MIKROMŰANYAGOK A VIZEKBEN, VALAMINT AZOK EGÉSZSÉGÜGYI HATÁSAINAK VIZSGÁLATA

Absztrakt

Ez a tanulmány egy átfogó elemzést kíván közszemlére adni, amely a mikroműanyagokkal, és az azokkal kapcsolatos antropogén tevékenységgel kapcsolatosak. Több tanulmány eredményeit felhasználva mutatja be a tárgyalt problémákat legfőképpen környezeti és környezetvédelmi szempontból egyaránt. A mikroműanyagok egészségügyi hatása az emberi és állati szervezetre még nem nyert teljes bizonyítást. A különböző kémiai és fizikai hatások együttese a tárgyban lévő anyagok kapcsán igen bonyolult kapcsolatban állnak, melynek kutatása több mint indokolt. Ez a cikk kihangsúlyozza a súlyosan mérgező és veszélyes kémiai összetevőket, melyeket a mindennapjaink során használunk, kihangsúlyozva azok hatását a tengeri élővilágra és az emberi szervezetre egyaránt. Külön összesítettük a mikro és nanoműanyagok hatását az emberi szervezetre, mely terület további kutatásokat igényel.

Kulcsszavak: mikroműanyagok, nanoműanyagok, iparbiztonság, katasztrófavédelem

INVESTIGATION OF MICRO-PLASTICS IN WATERS AND THEIR HEALTH EFFECTS

Abstract

This article provides a comprehensive overview concerning global microplastic crises and various destructive anthropogenic events. Results from a large scale international studies are presented in the context of their ecological and environmental perspective. The highly destructive effects of microplastic objects are not yet fully discovered. There is an almost impenetrable complexity involved concerned to grasp their impact because of completely different physical and chemical properties that create microplastics varied stressors. This paper



emphasises the most poisonous and hazardous chemical ingredients in all daily used plastic materials to characterise the effect and implications of these dangerous chemicals on maritime life system and human health. We evaluated the existing literature on micro and nano plastic exposure pathways and their potential risk to human and agroecosystem well-being to summarise current knowledge and highlight the value of future research in this area.

Key worlds: microplastic, nanoplastic, industrial safety, disaster management.

1. BEVEZETÉS

Az alábbi rövid tanulmánnyal az a célunk, hogy naprakész folyóiratok és egyéb források segítségével megvizsgáljuk, hogyan is keletkezik és mi az a mikroműanyag, miért veszélyes a vizeinkre, és adott esetben az egészségünkre, környezetünkre. A mikroműanyagok felhalmozódása jelentette veszély valós és igen időszerű probléma. Amint azt a tanulmányból látni fogjuk, komoly hatással vannak az emberi egészségre, de nem hanyagolhatók el a környezetre gyakorolt destruktív hatásuk sem.

Az antropogén tevékenységek, tényezők, -legfőképpen az ipari tevékenység-szennyezőanyagok tonnáit termeli és juttatja a környezetbe nap mint nap, s ezen hulladék melléktermékei közül nem hiányoznak a plasztik csoportba sorolhatók sem. A napból érkező UV sugarak hatására a polimerek láncszerkezetébe képes beépülni az oxigénatom a légkörből, így az a kezdeti töredezettség után darabokra hullik szét. A műanyagok fizikai és kémiai hatásokra darabolódhatnak.

Mire fenti folyamat befejeződik, a műanyag szemcsék annyira aprók lesznek, hogy szabad szemmel alig láthatók, a mikroorganizmusok számára viszont továbbra is elérhetőek maradnak. Ezek a műanyag szemcsék az emberi szervezetbe kerülve fejtik ki káros hatásukat. Egy 2019-es WWF cikk szerint az emberek a táplálékukkal nagyjából 5 gramm műanyagot fogyasztanak hetente, ami egy bankkártya súlyának felel meg. [1]

A 2005-ben az Európai Bizottság által alapított NORMAN-Hálózat a mikroszennyezők több mint 20 csoportját határozza meg, valamint 1036 különböző szerves és szervetlen új szennyezőt kategorizáltak be. A fejlődő országok polgárai, akiknek nincs lehetőségük a megfelelő higiéniai



szabályok betartására, tovább fokozzák a mikroműanyagok környezetbe jutását, ahogyan a fejlett országok fogyasztói társadalma is.

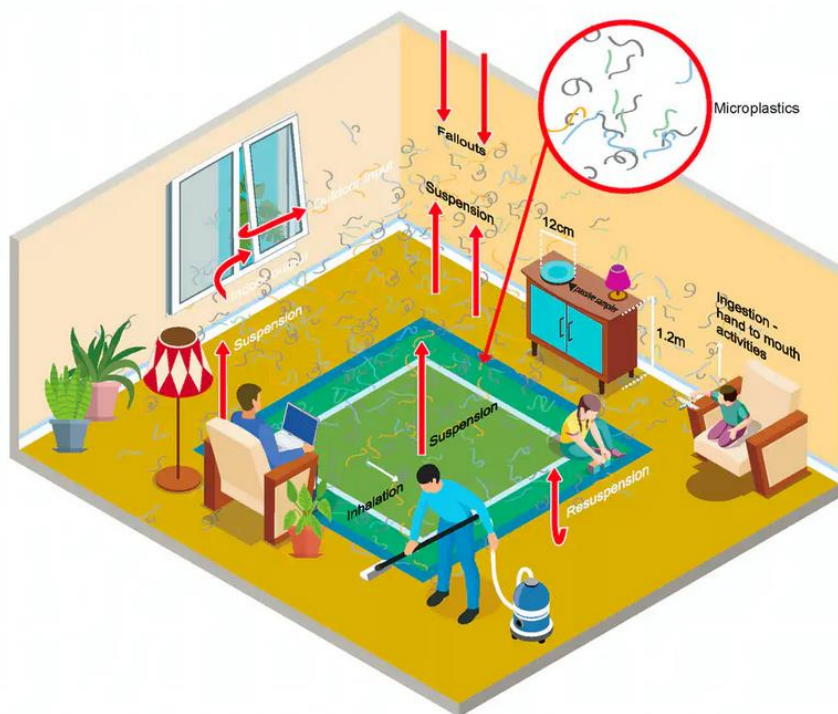
A mikroszennyezők és azon belül a mikroműanyagok nagyon komoly hatással vannak a környezetünk élővilágára is. Elin Andersson „Micro plastics in the oceans and their effect on the marine fauna” című, 2014-ben kelt munkájában remekül összefoglalja ennek folyamatát a tengerekre nézve. A mikroműanyagok a tengerek vizeibe kerülve elfogyasztásra kerülnek az ott honos élőlények által, amik sokszor planktonnak, vagy egyéb zsákmánynak hiszik azt. A műanyag részecskék fizikai és kémiai hatásuk révén is negatív hatást fejtenek ki az élőlények mindennapjaira. [2]

A mikroműanyagok jelentette veszély, -amennyiben érdemi bizonyítást nyer- komoly hatást gyakorolhat mindennapi életünkre. Clint Witchalls kutatásai szerint az emberek idejük 90%-át zárt térben töltik, ahol óriási veszélye lehet a levegőben található mikroműanyagok szervezetbe jutásának, lenti (1.) ábra ezt szemlélteti. A mikroműanyagok káros hatását a környezetre három tényező határozza meg:

- kémiai tulajdonság,
- koncentráció,
- perzisztencia.

Ezen változók ismeretében dönthetünk arról, mennyire veszélyes az adott anyag, de arról is, szükséges-e bármilyen intézkedést fogantatosítani annak csökkentésére. Ezen jellemzőket tehát kiemelten fontos vizsgálni ipari telepeken, szennyvíztárolóknál, a légkörben, a forrásvizekben, minden olyan helyen, ahol komolyabb koncentrációban fordulhat elő mikroműanyag.

A következő fejezetben kontextusba helyezzük magát a kifejezést, és meghatározzuk, mely definícióját alkalmazzuk a tanulmányban.



1. ábra Mikroműanyagok zárt térben.

Forrás: <https://theconversation.com/were-all-ingesting-microplastics-at-home-and-these-might-be-toxic-for-our-health-here-are-some-tips-to-reduce-your-risk-159537> Letöltve:

2021.04.29. [20]

2. MIKROMŰANYAGOK ÁLTALÁNOS BEMUTATÁSA, JELLEMZÉSE, ELŐFORDULÁSUK A VIZEKBEN

2.1. Fő jellemzőik

A szerves mikroszennyezők olyan biológiailag nehezen lebontható, gyakran perzisztens, bioaktív (az élő sejtekre, szövetekre hatást kifejtő) anyagok, amelyek nagyon alacsony koncentrációban (kevesebb mint néhány $\mu\text{g/l}$) fordulnak elő a környezetben, és potenciálisan káros hatásúak a környezetre és/vagy az élő szervezetekre.[3]

Ebből a definícióból kiindulva kijelenthetjük, hogy mikroműanyagok nem sorolhatók ide, ami azért is fontos, mert mint azt láthatjuk, sok kritériumnak megfelel ebből a definícióból. A



mikroműanyagok maguk is perzisztensek, nehezen bomlanak, a probléma itt a koncentráció, ugyanis nem $\mu\text{g/l}$ vagy ng/l értékkel mérjük, hanem összetételtől függetlenül mérettartományonként darabszámban. A környezetre bizonyítottan káros és potenciálisan káros egészségügyi hatásaik miatt új szennyezőknek tekintjük őket. Ide tartozik továbbá és minden olyan műanyagot magában foglal, amely 5 mm-nél kisebb átmérőjű részecske. Az alsó mérethatárról megoszlanak a vélemények, de jellemzően a mintázásra használt hálóméret szabja meg. Az 5mm-es átmérőt több helyen is használják, így egyre általánosabbá válik. [4]

Az alsó méret meghatározásánál fontos tényező a nanoműanyagok megléte is. A nanoműanyagok pontos meghatározása sok vitát okozott, egyesek az 1 μm -nél kisebb átmérőjű, míg mások az 1–100 nm átmérőjű műanyag részecskéket sorolták a nanoműanyagok közé. Az ellentmondások egyik oka, hogy a mesterségesen előállított nanoanyagoknál a felső határ valóban a 100 nm, azonban a kolloidok fizikai és kémiai tulajdonságait figyelembe véve ez a definíció nem megfelelő a nanoműanyagokra nézve.” [5]

Ezek mennyiségét vizeinkben különböző módszerekkel lehet mérni, ennek megfelelően számos eszköz áll rendelkezésünkre a művelet végrehajtásához. A mikroműanyagokat kétféleképpen csoportosíthatjuk, úgy mint:

Elsődleges mikroműanyagok, amik többnyire valamilyen termék alapanyagát alkotják. Ilyenek a: Mikrogyöngyök: elsősorban kozmetikai termékekben használják fel, például szappanokban, fogkrémekben; a Különböző csiszolóanyagok; a Fűrófolyadékok az olaj- és gáziparban; a Műanyag gyanta pelleték; műanyag porok vagy pellet, amelyeket a műanyaggyártás során használnak fel.

Másodlagos mikroműanyagok, melyek nagyobb műanyag testek aprózódásával jönnek létre, aminek hatására a szemcseméret frakciójuk kapcsán besorolhatók lesznek a mikroműanyagok közé. Ez lehet a már fenn említett UV sugárzás hatására létrejövő bomlás, vagy a műszálas ruhák mosása közben felszabaduló szálak, esetleg autógumik kopásából származó darabok. Legalább ennyire jelentős azon műanyagok szabad természetbe jutása, amelyeket mi magunk, a mindennapi életünk során megtermelünk, lásd 1. ábra.

A mikroműanyagoknak számos fizikai és kémiai tulajdonságát tartjuk számon, például:

- méret és forma,
- kristályosság.



Kémiai tulajdonságok:

- felületi kémia,
- polimer és adalékanyag-összetétel.

A méret és a forma fontos szempontok, hiszen a tengeri élővilág kapcsán elmondható, hogy az alapján határozható meg, milyen élőlények fogyasztották el őket. A felület a toxicitás kimutatásában játszhat szerepet.[5] A természetben leggyakrabban előforduló műanyag-származékokról érdemes néhány szót szólni. Ezek:

- 1838-ban Victor Regnault állított először elő egy anyagot, melyet polivinil-klorid (PVC) néven lett ismert, ennek a gyártását 1930-as évek végén kezdték el;
- 1930-ban jelent meg a polisztirol (PS), melyet az építészet és a csomagolóüzemek használnak 1954-től;
- 1933-ban Reginald Gibson és Eric Fawcett kutatók fedezték fel a polietilént (PE);
- 1942-ben a polietilén-tereftalát (PET),
- 1954-ben a polipropilén (PP) felfedezésére került sor. [6]

2.2. Polietilén

Sűrűsége a természetben előforduló formájában a lenti (1.) táblázatban látható. A polietilén a legszélesebb körben felhasznált műanyag, leginkább a csomagolóipar használja. Ez az anyag igen könnyű, tartós, termoplasztikus tulajdonságokkal rendelkezik. A kémiai tulajdonságok közül a polimer típusa az egyik legfontosabb tulajdonság. A műanyagok azonos építőelemekből, ismétlődő egységekből, úgynevezett monomerekből felépített vegyületek. A műanyag polimerizációjához használt szerves anyagok mind nyersolajból származnak. A polimerizációs reakciók során a monomerekből polimerek képződnek. A legegyszerűbb szerves polimer a szóban forgó polietilén, amely több ezer $-CH_2-$ egységből áll.



Műanyag típus <i>polymer type</i>	Sűrűség (g/cm ³) <i>polymer density (g/cm³)</i>	Tanulmányok száma <i>no. of studies</i>
polietilén / <i>polyethylene</i>	0.917-0.965	33
polipropilén / <i>polypropylene</i>	0.90-0.91	27
polisztirol / <i>polystyrene</i>	1.04-1.10	17
poliamid (nylon) / <i>polyamide (nylon)</i>	1.02-1.05	7
poliészter / <i>polyester</i>	1.24-2.30	4
akril / <i>acrylic</i>	1.09-1.20	4
polioximetilén / <i>polyoxymethylene</i>	1.41-1.61	4
pilivinilalkohol / <i>polyvinyl alcohol</i>	1.19-1.31	3
polivinilklorid / <i>polyvinylchloride</i>	1.16-1.58	2
polimetilakrilát / <i>poly methylacrilate</i>	1.17-1.20	2
polietilén tereftalát / <i>polyethylene terephthalate</i>	1.37-1.45	1
alkid / <i>alkyd</i>	1.24-2.10	1
poliuretán / <i>polyurethane</i>	1.20	1

Data from a total of N = 42 studies

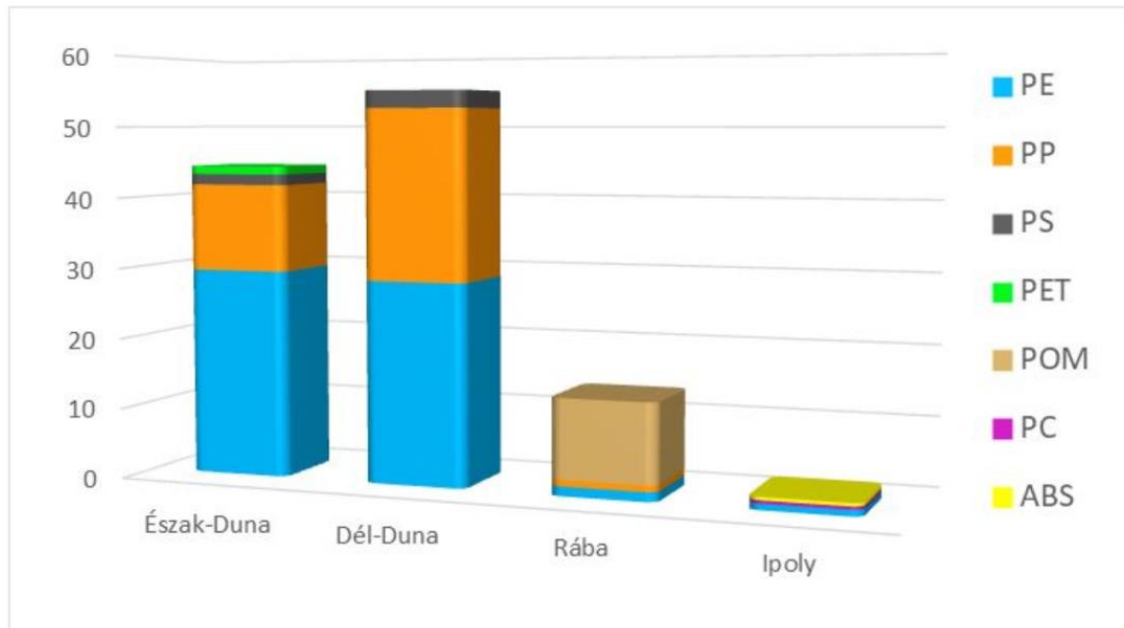
1. táblázat A környezetben jellemzően előforduló mikroműanyag-típusok.

Forrás: Parrag Tamás Károly: Mikroműanyagok előfordulása és kockázatuk csökkentése. In: Védelem Tudomány (2021.) VI/1. 105. [21]

A magyarországi vizekben is igen nagy koncentrációban fordul elő a polietilén, egy 2018. szeptemberében végzett mérés szerint a mikroműanyagok közül ennek a koncentrációja a legmagasabb a Dunában, a polipropilén és polisztirol származékokkal együtt. az előbbi koncentrációja különösen sokat nőtt. A Duna mellékfolyóiban is igen szép számmal találunk mikroműanyagokat.

Ezeket a mintákat a WESSLING Hungary Kft. vételezte, 60 mikrométeres pórusú szűrőkkel, azt azonban a cég is leszögezi, hogy bár ezek komoly károsító potenciállal rendelkeznek, az ivóvízbázist érdemben nem befolyásolják, hiszen a parti szűrésű kutak igen jó minőségű vizet biztosítanak a lakosság számára. [7]

Szintén ennek a cégnek a független laboratóriumi kutatásai igazolták, hogy egy év alatt a Duna vizében háromszorosára nőtt a polietilén és polipropilén tartalom. A mikroműanyag vizsgálatokat Raman mikroszkóppal végeztek, mellyel nem csak a mennyiség, de a műanyag anyagfajtája is beazonosítható.



2. ábra Mikroműanyagok a Dunában és mellékfolyóiban.

Forrás: <https://mikromuanyag.hu/Duna-I> Letöltve: 2021.05.01. [22]

A vizekben található mikroműanyagok veszélye abban rejlik, hogy megkötik a benne található szerves szennyezőanyagokat, ezáltal gyulladást okoznak minden olyan élőlény szervezetében, amelyik kapcsolatba kerül velük. Tengerekben gyakran találkozhatunk olyan eseményekkel, amikor a tengerbe dobott műanyag az állat testére tekeredve annak halálát okozza, mint ahogyan az is előfordul, hogy leülepsznek a tengerfenékre és az ott élő élőlények számára ételmet biztosítva bekerülnek a táplálékláncba, melyről még lesz szó.[8] A polisztirol és a polietilén a két leggyakoribb vízi szennyező, így nagyon röviden néhány szót szólnunk róla. (2. ábra PE és PP)

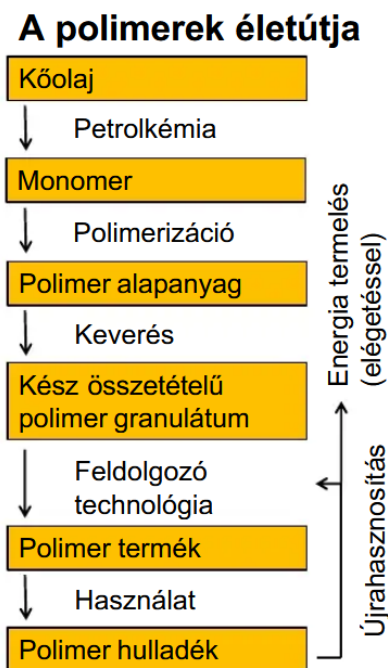
2.3. Polisztirol

Ez a műanyagfajta -elődjéhez hasonlóan- igen széles körben elterjedt világszerte. Habosított verzióját hungarocellnek nevezzük, és hőszigetelésre igen jól alkalmazható anyag a poliuretánnal együtt. Ebben az esetben üvegszál szövetrel és speciális bevonattal alkalmazzák. Habosítás nélkül is sokfelé használják, ételkészítés és egyéb csomagolások elkészítésékor, többek között. A sztirolt etil-benzol dehidrogénezésével állítják elő az iparban. Az etil-benzol



gőze melegítve könnyen sztirollá dehidrogéneződik. Alacsonyabb hőmérsékleten katalitikus reakcióban állítják elő tömegméretekben. A katalizátornak alumínium-oxidot, bauxitot vagy króm-oxidokat alkalmaznak.

Általánosságban háztartási eszközöket, poharakat, burkolatokat és dobozokat is készítenek belőle, a felhasználása tehát igen sokrétű. Ebből adódóan a környezetre gyakorolt hatása is igen magas. Ezen anyagok bizonyos formái hőre lágyulnak. A polimerek gyártási folyamatában használt eszközök és eljárások komoly hatással vannak a végtermékre. Befolyásolja a molekulatömeget a molekula elágazottsága, hisz az ipari eljárás alatt azok szennyeződnek is a polimerizációs adalékok hozzáadása miatt. A polimerizációs folyamat két fő csoportosítása a lánc és lépcsős polimerizáció. A láncpolimerizáció jellemzője, hogy egy aktiválási, iniciálási lépés után kialakult aktív centrumon gyors láncnövekedés megy végbe, az aktív centrumhoz számos monomer kapcsolódik. A láncpolimerizációs eljárások további csoportokra oszthatók, amelyek közül a legfontosabbak a gyökös, az anionos, a kationos és a sztereospecifikus polimerizáció.[9]



3. ábra A polimerek életútja.

Forrás: Varga Péter: Szerkezeti anyagok előállítása és feldolgozása. Óbudai Egyetem. Bp., 2018. 18. [23]



3. A MIKROMŰANYAGOK HATÁSA AZ ÉDES ÉS TENGERVÍZI ÉLŐLÉNYEK ÉLETÉRE

Többször is említettük cikkünkben, hogy a mikroműanyagok káros hatással vannak az édes és alapvetően a tengeri élővilág számára is. Ennek megfelelően helyénvalónak érezzük, hogy cikkünkben értekezzünk erről néhány mondatban, mielőtt kitérnénk azok emberi szervezetre gyakorolt hatásainak taglalására.

Kutatások szerint az 1950-es évek óta megtalálhatók a mikroműanyagok bizonyos halfajták emésztő traktusában. Tim Hoellein, a chicago-i Loyola egyetem biológus professzorsegédje szerint a legjobb módja előbbieik bizonyítására, ha múzeumi példányok emésztőrendszerét vizsgálják meg. Ennek megvalósításához kérték Caleb McMahan segítségét, [10] aki a Field múzeum munkatársaként több mint kétmillió halfajta tárolásáért felel, amelyeket alkohollal tartósítottak és a föld alatt tárolnak. Véleménye szerint ez egy „pillanatkép a Föld életéből”, és ahogyan az már sejthető, ez ad képet évekre vissza menőleg a halakban megtalálható szennyeződésekről.

Hoellein és egyik diákja, Loren Hou, azt próbálta vizsgálni, milyen felépítésűek a mikroműanyagok az édesvizi halakban Chicagoland régióban, így felvették a kapcsolatot McMahannel, aki segített azonosítani négy teljesen mindennapi halfajtát, amelyekről a múzeumból is van adat már több évtizedre visszamenőleg. A vizsgált halfajták között volt a fekete sügér, a pettyes harcsa, és a feketeszájú géb is. A halmintákat úgy osztották be, hogy minden évtizedből legyen legalább öt darab, valamint arra is figyeltek, hogy ne a legnagyobb, de ne is a legkisebb legyen előtérbe helyezve. A halminták kiválogatása után megvizsgálták azok emésztő traktusait, majd hidrogénperoxiddal kezelték azt, amelyben így minden szerves anyag feloldódott, de a műanyag ellenállt a kezelésnek.

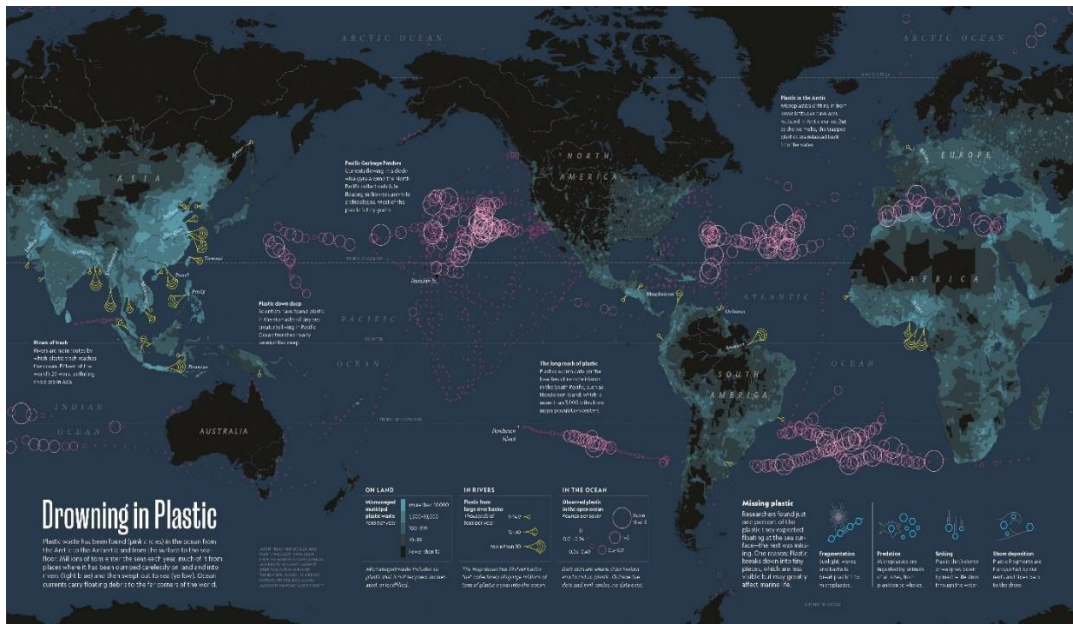
A hátrahagyott mintában található anyagok méretük miatt szabad szemmel nem voltak láthatók, azonban mikroszkóp alatt már egész más volt a helyzet. A torontoi egyetemmel közreműködve Raman spektroszkópiát használva felfedezték, hogy az idő elteltével egyre több és több mikroműanyagot lehetett felfedezni a halak szervezetében. [10]



Ezt a kutatást azért is találtuk lényegesnek kiemelni, mert nem pusztán az általunk vizsgált anyag káros hatásait igazolja, hanem azt is, hogy az idők során milyen mértékben képes felszaporodni, és komoly nyomot hagyni maga után. Azt is érdekesnek találjuk, hogy az 1950-es évek előtt, vagyis a műanyaggyártás iparosítása előtti időkből származó minták kapcsán a műanyag koncentráció értéke elenyésző volt, majd hirtelen ugrott fel elképesztő magasságokba, hiszen a második világháború után ugrásszerűen növekvő ipari termelésnövekedéssel szépen egybevág, ez nem lehet véletlen.

A legtöbb talált anyag az első évtizedekben alapvetően műszál volt, amely vélhetően ruhamosás közben került ki a környezetbe, onnan pedig a már említett módon megtalálta útját a hal gyomrába. A kutatásban résztvevők remélik, hogy a publikáció felhívja majd a figyelmet arra, milyen mértékű is a probléma, amivel szembe kell nézni. Ezt reméljük mi is.

Hogy mennyire komoly probléma is a mikroműanyagok jelenléte a vizekben, a National Geographics ábráján is látszik. Az alábbi térképen azt látjuk, hogy a tengeráramlatok segítségével merre vándorolnak a műanyagok a tengeren felgyülemlő szeméttel együtt. A zölddel jelölt részek a folyók plasztik szennyezettségét látjuk. A különböző lila körök jelzik a plasztik koncentrációt a tengerekben.



4. ábra Műanyagok útja a tengeren

https://www.nationalgeographic.org/media/drowning-in-plastic/?utm_source=BiblioRCM_Row#drowning-in-plastic Letöltve:2021.05.02. [24]

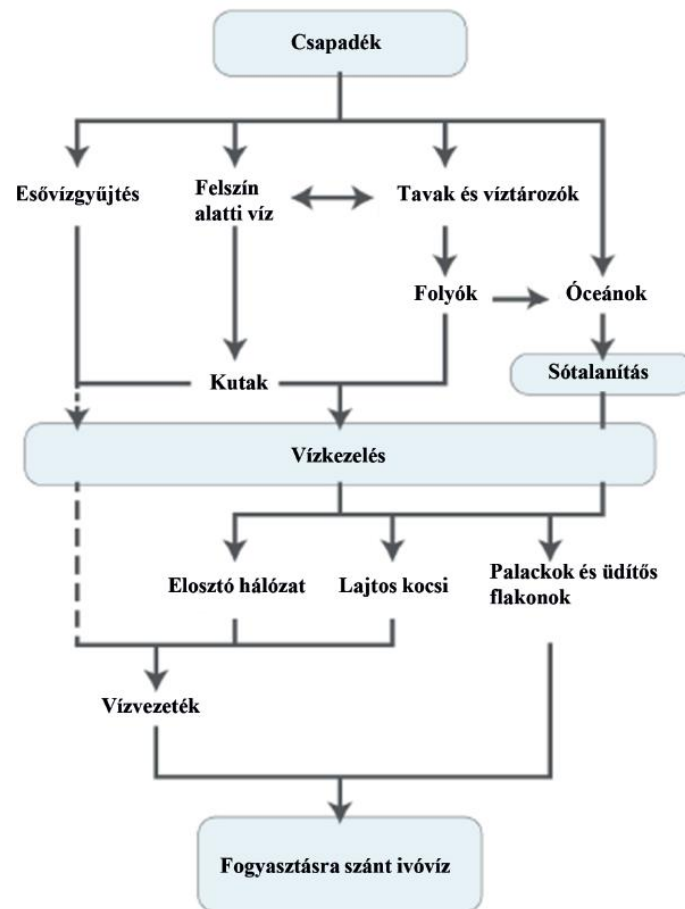


Annak a mértékét, hogy mennyire befolyásolja a mikroműanyag szennyezettség az adott ivóvízkészletet, a származási helytől is függővé lehet tenni. Minél mélyebbről származik a vízbázis, annál kisebb a szennyezettség esélye. Ez igaz a partmenti vízbázisokra is, bár Magyarországon az ivóvíz kimondottan jó minőségű, amiből levonható az a következtetés, hogy a hazai ivóvíz minőség romlásától való félelem adott esetben alaptalan.

Minthogy a mikroműanyag témakör többségében az ivóvízzel kapcsolatban merül fel, fontos volt megtennünk ezt a kitérőt, de abban egyetérthetünk Izsák Bálinttal és Vargha Mártával, hogy korántsem ez a legfontosabb beviteli forrás, az étel-miszer és a levegő legalább ennyire fontosak ebből a szempontból. [11]

2018 szeptemberében az Európai Unió képviselői elfogadtak egy tervezetet, amely az újrahasznosítható műanyagok mértékét volt hivatott növelni. Mindezekon felül, megvizsgálva az általunk már ismerttetett tényeket, indítványozta az Európai Parlament, hogy 2020-ra az Unió minden tagállamában legyen tiltott a kozmetikai szerekhez és különböző tisztító anyagokhoz hozzáadott mikroműanyag, annak mértékét minimalizálendő. A javaslat évében néhány egyszer használatos termék esetében meg is történt a tiltás, a listához hozzáadódott az oxidatív úton lebomló műanyagtermékek köre is. [12]

Röviden visszatérve az ivóvizekre, igen sok módja van annak, hogy azok mikroműanyaggal szennyeződjenek, lásd 5. ábrát. Az ivóvizekbe kerülhető mikroműanyag kockázatának a vizsgálatánál megállapítható, hogy a parti szűrésű kutak a felszín alatti vizek esetén a szűrő rétegek miatt alacsony kockázatot jelentenek, ahogy az is, hogy a természetes szűrő réteg hiánya miatt a felszíni víz kivétel nagyobb kockázatot jelent.



5. ábra Mikroműanyagok ivóvízbe jutásának lehetséges forrásai.

Forrás: Eerkes-Medrano D, Leslie HA, Quinn B. (2019): Microplastics in drinking water: A review and assessment. Current Opinion. In Environmental Science & Health. 7. 69–75. [25]

4. A MIKROMŰANYAGOK EMBERI EGÉSZSÉGRE GYAKOROLT HATÁSAI

Arról már tettünk említést, hogy az emberi tevékenység hogyan vezetett a mikroműanyaggal szennyezett környezet kialakulásához. Ennek a széleskörű szennyezésnek a hatását nem pusztán a szárazföldi és tengeri, édesvízi élővilág, hanem az emberek is megszenvedhetik. A fizikai és kémiai toxicitás, amelyet a műanyagok a szerves mikroszennyezők beépítésével a halak szervezetébe juttatnak, azok elfogyasztásával utat találnak az emberi gyomorba is. A



kutatások e tekintetben még igen korai stádiumban vannak, az azonban már bizonyos, hogy a jövőre nézve ennek hatása az emberi táplálkozásra jóval nagyobb lesz, mint napjainkban.[13]

Egy tanulmány szerint annak ellenére, hogy a tengeri műveletek, a kitermelés és egyéb munkálatok is kiveszik a részüket a plasztik anyagok tengerbe juttatásában, azok 80%-a mégis a szárazföldről származik, amely a táplálékláncba kerülve komoly hatást fejthet ki. Több tanulmány is bizonyította, hogy összefüggés van a nano és mikroműanyag kitettség, a mérgezés és az emberi egészség között. [14]

2015-ben a világ tengeri élelmiszerfogyasztása a teljes proteinbevitel 6.7%-át tette ki. Az Egyesült Államokban mért halfogyasztási ráta 20 kg/év felett volt mérhető fővárosi szinten. A halkereskedelem a világon 132.6 milliárd dolláros üzlet, és az Amerikából importált tengeri élelmiszerek 90%-a olyan földrajzi régióból származott, ahol nagy mértékűt öltött a tengerek plasztik és egyéb szeméttel történő szennyezettsége. A tengeri élelmiszerek nagyjából fele tenyésztett, másik fele vadon fogott halakból származott. A tengeri élő kultúrából származó halak esetében lehetséges faktor a környezeti tényezők kiszűrése megfelelő eszközökkel, azonban jellemzően kisebb a tenyésztett állatok élettartama, mint vadon élő társaiké. Mindezekből adódóan kijelenthető, hogy megfelelően kontrollált környezetben a mikroműanyag kitettség is csökkenthető, mindez nagyon fontos az emberi egészségre gyakorolt hatás szempontjából. [15]

A mikroműanyag emberi szervezetre gyakorolt potenciális veszélye a kitettség és a mérgezés, főleg annak tudatában, hogy pusztán léggzéssel is szervezetünkbe kerülnek ezek az anyagok. Minden biológiai rendszerben, nem csak a már említett halakéban okozhat gyulladáshoz vezető léziókat, ismerve a mikroplasztik azon tulajdonságát, hogy megköti a szerves, emberi szervezet számára toxikus anyagokat. Mivel az immunrendszer képtelen a szintetikus részecskék feldolgozására, akár krónikus gyulladáshoz, adott esetben neopláziához is vezethet meglétük az emberi szervezetben, amely egy bizonyos szövet vagy szerv gyors, daganatszerű növekedését jelenti a szervezetben. [16]

Mindezek mellett a mikroműanyagok arra is képesek, hogy a szervezetbe kerülve kioldják magukból a már megkötött szerves mérgezőanyagokat és patogén organizmusokat. Az erről szerzett tudományos ismereteink azonban még mindig kevésnek mondhatók, és a sok külső tényező számbavételével is számolni kell a kutatások során. Minthogy nincs két egyforma



immunrendszerrel rendelkező ember, a szervezet reakciói sem lesznek egyformák, éppen ezért további kutatások szükségesek a téma kapcsán.

Joggal merülhet fel bennünk a kérdés, hogy a mikroműanyagok valóban megtalálhatók-e az emberi szervezetben, nem ürülnek-e ki a szervezetből az emésztés során. Kutatások azt bizonyítják, hogy sajnos nem. Bár valóban távozik bizonyos részük a szervezetünkől, [17] a kutatók műanyag származékok részecskéit vélik felfedezni különböző emberi szervek szöveteiben. [18] Ezen részecskék izolálása és elkülönítése azonban komoly munka, amely tovább nehezíti a kutatások lefolytatását. Ugyanilyen problémát jelent a mikro és nano műanyag részecskék azonosítása a légkörben.

Szinte az összes témával foglalkozó tanulmány és cikk kiemeli, hogy a jövőbeli kitettségre való tekintettel komoly vizsgálatnak kell alávetni az emberi szervezetbe jutó mikroműanyagok hatását. Egy tanulmány rámutatott, hogy 0.44MPs/g nano és mikroplasztik volt kimutatható a cukorban, 0.11MPs/g a sóban, de még az alkoholban is találtak 0.03MPs/g mennyiséget. Az emberi szervezet nagyjából 80g plasztikot fogyaszthat el gyümölcsökön és zöldségeken keresztül is, amelyeket azok csomagolásának, vagy a szennyezett földnek köszönhet. Ez arra enged következtetni, hogy sem a diéta, sem egyéb ételmiszerfogyasztás csökkentését, módosítását célzó intézkedések nem segítenek megakadályozni a mikroműanyag táplálékszintű bevitelét.

Amint lenyeli az ember a plasztikot, a 2.5 μm -nél kisebb darabok belépnek az emésztőtraktusba endocitózison keresztül M sejtek segítségével, melyek az ún. Peyer-plakkot borítják. Az M-sejtek a bél lumenéből a nyálkahártya limfoid szöveteibe vagy a paracelluláris felszívódás révén szállítják a részecskéket. A felszívódás a szilárd részecskék mechanikus mozgását jelenti a réseken keresztül, amelyek az egyrétegű hámban helyezkednek el a gyomor-bél traktus villuscsúcsainál (sikkasztási zónák).[19]

Ebből gyulladásozó folyamat keletkezhet, és akkumulatív hatása lehet a szervezetbe jutott mennyiségtől függően. Ezt a feltételezést látszik megerősíteni az emberi ürülék vizsgálata által kapott eredményhalmaz, amely szerint 20 plasztik részecske 5 és 500mm közötti mérettartománnyal voltak megtalálhatók minden 10g ürülékben a kontrollcsoportnál. Ez is bizonyítja, amit már fentebb leírtunk, hogy a mikroműanyagok jelentős része természetes úton távozik, azonban bizonyos részük a szervezetben marad.



Bármennyire is mélyedünk el a tudományos kutatások világában, mindenhol ugyanabba az akadályba ütközünk. Ez pedig a témában fellelhető releváns kutatási eredmények hiánya.

- Szükséges kutatásokat eszközölni például arról, hogy pontosan hogyan oldódnak le a mikroműanyagokról a különböző szennyező anyagok, azok milyen kárt okoznak és hogyan.
- Fontos meghatározni a pH variánsokat a vízzel kapcsolatos kutatások kapcsán, megvizsgálni, hogyan öregszenek ezek a plastik darabok adott környezetben, hogyan változik közben a kémiai összetételük és sorolhatnánk.
- Fentiekből adódóan csatlakozunk a tudományos élet azon kijelentéséhez, hogy rengeteg a kutatásra váró anyag ebben a témában, mindazonáltal bizakodva tekinthetünk a jövőbe, mert a technológiai fejlettség révén folyamatosan kerülnek publikálásra az újabb és újabb kutatási eredmények.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Korunk nagy kihívása a fenntartható fejlődés fenntartása a környezetbiztonság és az iparbiztonsági kockázata nélkül. [26] A mikroműanyagok vizsgálatai alapján megállapítható, hogy vizekben és az emberi szervezetben is megtalálható, mely kémiai és egészségügyi kockázatot jelent. A vízben található mikroműanyag kémiai kockázatot indukál, mely feltételezhetően a szennyvízből kerül ki az élő vizekbe. A kommunális szennyvízbe kerülő és feldolgozatlan mikroműanyagok a felszíni vizekbe kerülve a vízi élőlényekre közvetve az emberre egészségügyi kockázatot jelenthet.

Véleményünk szerint érdemes felmérni a 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet hatálya alá tartozó szervezeteket (alsó küszöbértékű, felső küszöbértékű, és küszöbérték alatti üzemek) mikroszennyező, mikroműanyag kibocsátását, valamint meghatározni a mikroműanyagok környezetbe jutásának a kockázatát és egészségügyi kockázatának a mértékét.



HIVATKOZÁSOK

- [1] WWF – *Egy bankkártyányi műanyagot eszünk meg hetente.* 2019.06.12. Forrás: <https://wwf.hu/hireink/egyeb-termeszetvedelem/egy-bankkartyanyi-muanyagot-eszunk-meg-hetente/> Letöltve: 2021.04.29.
- [2] Elin Andersson: *Micro plastics in the oceans and their effect on the marine fauna.* SLU – Science and Education for Sustainable Life. Uppsala, 2014. Forrás: <https://core.ac.uk/download/pdf/42951402.pdf> Letöltve: 2021.04.29.
- [3] Dr. Horváth, E. (2011): Talaj- és talajvízvédelem. Digitális tankönyvtár, Budapest.
- [4] Id. Hale, R. C. et. al. (2020): A Global Perspective on Microplastics. In: *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125. <https://doi.org/10.1029/2018JC014719>; vagy Andrady, A. L. (2017): The plastic in microplastics: A review. In: *Marine Pollution Bulletin* 119-1. 12-22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082> a teljesség igénye nélkül
- [5] Gigault J, Halle AT, Baudrimont M, Pascal PY, et al. (2018): Current opinion: What is a nanoplastic? In: *Environmental Pollution*. 235. 1030–1034. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.024>
- [6] Parrag Tamás Károly: Mikroműanyagok előfordulása és kockázatuk csökkentése. In: *Védelem Tudomány* (2021.) 6-1. 105
- [7] WESSLING Hungary Kt.: *Hemzseg a mikroplasztik a Dunában.* Forrás: <https://mikromuanyag.hu/Duna-I> Letöltve: 2021.05.01.
- [8] Erről: Shen, M. et. al. (2020): Can microplastics pose a threat to ocean carbon sequestration? In: *Marine Pollution Bulletin*. 150-1. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110712>
- [9] Pukánszky B, Móczó J.: *Műanyagok.* BME, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszék; Budapest, 2011. 22.
- [10] Field Museum: Fish have been swallowing microplastics since the 1950s. <https://phys.org/news/2021-04-fish-swallowing-microplastics-1950s.html> Letöltve: 2021.05.02.



- [11] Izsák B., Vargha, M.: *Mikroműanyag az ivóvízben*. Nemzeti Népegészségügyi Központ, Budapest, 2020. <https://doi.org/10.29179/EgTud.2020.1-2.105-125>
- [12] European Parliament: *How to reduce toxic waste: EU strategy explained*. 2018. Forrás: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20180830STO11347/how-to-reduce-plastic-waste-eu-strategy-explained> Letöltve: 2021.05.02.
- [13] Smith, M. et. al.: Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health. In: *Current Environmental Health Reports*. 2018. 5. 375-386. <https://doi.org/10.1007/s40572-018-0206-z>
- [14] Lusher A, Hollman P, Mendoza-Hill J.: Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper* 2017. 615.
- [15] Smith, M. et. al.: Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health. In: *Current Environmental Health Reports*. 2018. 5. 375-386. <https://doi.org/10.1007/s40572-018-0206-z>
- [16] Prata, J.C. et. al.: Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. In: *Science of The Total Environment*. 2019. 702-1. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134455>.
- [17] Schwabl, P. et al.: Detection of Various Microplastics in Human Stool: A Prospective Case Series. In: *Annals of internal medicine*. 2019. 1-171(7) 453-347. <https://doi.org/10.7326/m19-0618>
- [18] The Guardian: Microplastic particles now discoverable in human organs. 2020. Forrás: <https://www.theguardian.com/environment/2020/aug/17/microplastic-particles-discovered-in-human-organs> Letöltve: 2021.05.02. de magyar cikk is található erről, <https://magyarnemzet.hu/mozaik/rengeteg-a-mikromuanyag-az-emberi-szervezetben-8536293/> Letölve: 2021.05.02.
- [19] Campanale, C. et. al.: A Detailed Review Study on Potential Effects of Microplastics and Additives of Concern on Human Health. In: *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020, 17-4. 1212. <https://doi.org/10.3390/ijerph17041212>



- [20] Mikroműanyagok zárt térben. Forrás: <https://theconversation.com/were-all-ingesting-microplastics-at-home-and-these-might-be-toxic-for-our-health-here-are-some-tips-to-reduce-your-risk-159537> Letöltve: 2021.04.29.
- [21] Mikroműanyagok a Dunában és mellékfolyóiban. Forrás: <https://mikromuanyag.hu/Duna-I> Letöltve: 2021.05.01.
- [22] A polimerek életútja. Forrás: Varga Péter: Szerkezeti anyagok előállítása és feldolgozása. Óbudai Egyetem. Bp., 2018. 18.
- [23] Műanyagok útja a tengeren. https://www.nationalgeographic.org/media/drowning-plastic/?utm_source=BiblioRCM_Row#drowning-in-plastic Letöltve:2021.05.02.
- [24] Mikroműanyagok ivóvízbe jutásának lehetséges forrásai. Forrás: Eerkes-Medrano D, Leslie HA, Quinn B. (2019): Microplastics in drinking water: A review and assessment. Current Opinion. In Environmental Science & Health. 7. 69–75.
- [25] Parrag Tamás Károly, Kátai-Urbán Lajos: SZENNYVIZEK MIKROSZENNYEZŐ ÉS MIKROMŰANYAG TARTALMA Paks 202., Iparbiztonsági és hatósági napok konferenciakiadvány, ISBN 978-615-00-7435-1, 1-123 , 104-114.
- [26] Német Alexandra, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula: Veszélyes tevékenységek biztonsága a fenntarthatóság jegyében, VÉDELEM TUDOMÁNY: KATASZTRÓFAVÉDELMI ONLINE TUDOMÁNYOS FOLYÓIRAT V pp. 137-152., 16 p. (2020)

Parrag Tamás Károly tudományos segédmunkatárs

Nemzeti Közszerológati Egyetem Vízstudományi Kar

parrag.tamas@uni-nke.hu

Tamás Parrag, research assistant,

National University for Public Service Faculty of Water Sciences

orcid.org/0000-0002-2236-1080

Gál Henrik Norbert hallgató

Nemzeti Közszerológati Egyetem Vízstudományi Kar,

henriknorbertgal@protommail.com

Norbert Henrik Gál, student

National University for Public Service Faculty of Water Sciences