

MIKROMŰANYAGOK A FELSZÍNI VIZEKBEN

DOBÓ ISTVÁN
DMRV ZRT.

Életünket, környezetünket, munkavégzésünket és szabadidős tevékenységeinket egyaránt segítik a könnyen tisztítható, könnyen lecserélhető, széleskörű alkalmazást biztosító, alacsony bekerülési költségű műanyag termékek. A műanyagok II. világháború után elindult tömeggyártása mára gigantikus méreteket öltött. Életvitelünket, társadalmi berendezkedésünket, életünket már nem tudjuk elképzelni a műanyag termékek nélkül. Pedig szükség-szerű lenne elgondolkodni a műanyag termékek további újrafelhasználásán. A felhasználás után, az eldobott, környezetbe juttatott műanyagok, a belőlük keletkező mikroműanya-gok jelentős károkat okoznak a bioszférában. A jelenlétükkel befolyásolják a környezeti tényezőket, rombolják bizonyos élőlények életkörülményeit. Nem utolsó sorban pedig egészségügyi kockázatot jelentenek az emberiség számára.

1. MIKROMŰANYAGOK BEMUTATÁSA

Számos nyelven megjelent publikáció, számos tanulmány foglalkozik a mikroműanyagok világával (elsősorban azok káros hatásaival), ezen dokumentumok egyetértenek abban, hogy a mikroműanyagok az 5 mm alatti átmérővel (hosszmérettel) rendelkező, műanyagból készült mesterséges termékek, illetve azok 'maradványtermékei' (NOAA, 2017).

Elsődleges mikroműanyagnak nevezzük az eleve ebben a mérettartományban gyártott műanyagokat. Elsődleges mikroműanyagot elsősorban annak koptató, dörzsölő hatása miatt alkalmazzuk például a fogkrémekben, a tusfürdőkben, a különböző arctisztító kozmetikumokban, a rágógumiban, a cigaretta

szűrőjében, stb. (Julien Boucher et Damien Friot, 2017)



Elsődleges mikroműanyagok



Másodlagos mikroműanyagok

Másodlagos mikroműanyagoknak nevezzük azokat a műanyagokat, amelyeknél külső hatásra (mechanikai hatás, UV sugárzás) aprózódás áll elő (az egyes monomer szálak mentén az anyag felhasad és kisebb méretet ölt) és így kerül be az 5 mm alatti mérettartományba.

1.1. A mikroműanyagok mérésnek módszere, a környezetben található becsült mennyisége

A környezetünkben megtalálható műanyagok mennyiségének meghatározására végezhetünk becsléseket. Egyrészt a műanyag-iparban legyártott mennyiségből indulhatunk el. Tehát az összes, eddig legyártott műanyag tárgy tömege megegyezik a jelenleg is használatban lévő műanyag tárgyak, az újrahasznosításra váró műanyagok, valamint a környezetben (deponálva, föld alatt, szárazföldön,

folyókban, tavakban, tengerekben, óceánokban) megtalálható összes műanyag tömegével. Az egyes tárgyak elavulását figyelembe véve következtetni tudunk, hogy a jelenleg a Földön megtalálható műanyagok milyen arányban fordulnak elő a fent felsorolt helyeken. Talán nem szükséges külön felhívni a figyelmet arra, hogy előbb vagy utóbb a legyártott műanyag termékek mindegyike a természet valamely pontjára kerül elhelyezésre. A környezetünk az egyetlen helyszín, ahol csupán növekedhet a műanyagok mennyisége – ez pedig egészen addig fennáll, amíg műanyagot – mint terméket – előállítunk.

Egy másik módszer pedig a deduktív metódika, amely szerint veszünk egy fajlagos egységet (m, km, m², ha, m³, km², stb.), ami kapcsán elvégezzük a méréseinket (összeszámolás, kimérés, szemrevételezés), majd

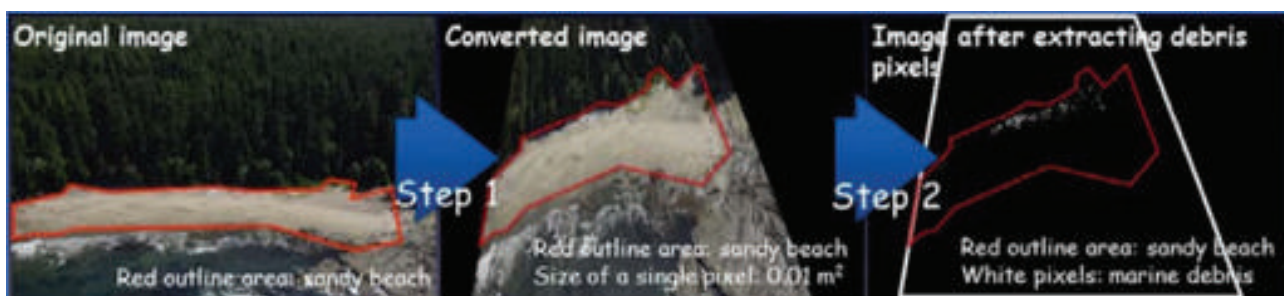
következtetünk az adott ökoszisztéma (folyó, tó, tenger, talaj, stb.) szennyezettségére. A világ számos pontján történtek ilyen jellegű mérések, amellyel egyrészt a probléma globális jelenlétét, másrészt az adott régió szennyezettségét, az adott kultúra/gazdaság környezetre gyakorolt hatását vizsgálták. A mérések, szemrevételezések lehetnek part menti hulladékok összeszámolása, megmérése, parti területek felmérése, a tengerfenék vizsgálata, egy adott vízfelület vizsgálata, egy adott víztest vizsgálata.

A parton található műanyagok, mikroműanyagok mennyiségének meghatározásához a szennyeződés összegyűjtése kézi erővel történik, majd annak kiválogatása, megszámlálása a bevett gyakorlat.

A tengerfenéken található, leülepedett műanyagok mennyiségének meghatározásához vonóhálót bocsátanak ki a hajóról, ami összegyűjti a tenger aljára ülededett anyagokat. A vonóháló behúzása után az abban található anyagokat szét kell válogatni. Ez a módszer – természetesen – csupán a műanyagok egy részét képes felhozni a felszínre, jellemzően a mikroműanyag fázis kiesik a háló szitáján.

A tengervíz felszínén úszó műanyagok mennyiségének meghatározásához számos módszer létezik. Az egyik szerint hálóval szükséges összegyűjteni az adott vízfelszínen úszó anyagokat, majd szétválogatás után össze kell számolni a műanyag-, mikroműanyag-darabokat. Ezzel a módszerrel a szabad szemmel nem látható részecskék nem kerülnek felderítésre, összeszámlálásra. A másik mérési módszernél egy olyan speciális hálót kell alkalmazni, amely a vizet átengedi, azonban az apró, mikroszkopikus méretű élőlényeket, szilárd anyagokat már nem. A gyűjtés után szét kell válogatni a szerves anyagokat a szervesetlen anyagoktól. Utána a szintetikus anyagok mennyisége számolással megállapítható (Cpt. Charles J. Moore, 2012).

Költségesebb (de nem feltétlenül hatékonyabb) módszer alapján műhold-képeket készíthetünk az adott régióról és azt vizsgálat alá tudjuk vetni. Az egyes óceánok találkozási felületén (konvergencia zóna) eltérő tónussal látszódik a műholdképen az eltérő vízminőség. Ugyanígy az egyes műanyagokkal terhelt régiók is vizsgálhatóak akár 10 cm-es tartományig is (Ecocast et NASA, 2012).



Légi fotózás

Egy másik – ugyancsak költséges – vizsgálat szerint repülőgépekre szerelhetünk fel olyan speciális szenzort, amely képes érzékelni a vízfelszínen úszó, vagy tengerparton megtalálható, jellemzően műanyagból álló szennyeződést – ha nem is az összes méret-tartományban.

A műanyagok átlagos sűrűsége ($0,91\text{--}0,99\text{ g/cm}^3$) (BME, 2017) a víz sűrűségénél alacsonyabb értékű, így a vízfelszínre való felúszás következik be. Az eddigi kutatások alapján elmondható, hogy 10 méter mélységben feleződik a műanyagok, mikroműanyagok mennyisége, tehát a műanyagok felszínen való úszása nagyobb mértékben jellemző, mint a különböző vízrétegekben való lebegése.

A fenti kutatások eredménye, hogy a világóceánban található műanyagok, mikroműanyagok mennyisége évente legalább 8 millió tonnával növekszik (2010-ben 4,8 és 12,7 millió tonna közötti mennyiség érkezett az óceánokba) (Jenna R. Jambeck et Roland Geyer, 2015). Ehhez szükséges hozzávinnünk az eddig bekerült műanyagok tömegét, továbbá a növekvő hulladéktermelésből fakadó további bekerülő mennyiséget. Egyes becslések szerint, úgy, ahogyan 1964-től 2014-ig húszszorosára emelkedett a műanyag termékek gyártása, úgy 2014-től 2034-ig ismét húszszoros értékre emelkedhet a termelt műanyagok mennyisége (Ellen MacArthur Foundation, 2016). Ez tovább növelheti az óceánokba évente bekerülő műanyagok mennyiségét.

1.2. A műanyagok csoportosítása

A műanyagok olyan olaj- és gázmolekulából összeállított mesterséges monomerek, amelyeket összekapcsolva, hosszú polimer láncokat kapunk és amelyekhez valamilyen adalékanyagot társítunk. Ezeket apró egységekben (pelletekben) legyártva megkapjuk a műanyag termékek gyártásának alapanyagát. Ezt a pellet-anyagot lehet hőkezeléssel, formázással felhasználni a kívánt műanyag termék elkészítéséhez. Lényegében tehát a műanyag nem más, mint egy erős kötésekkel rendelkező hatalmas molekula.

A különféle igények betöltésére különböző tulajdonságú műanyagokat gyártunk. Mivel az alapanyagok adottak, ezért a különböző tulajdonságot különböző adalékanyagok és/vagy mennyiségek adagolásával tudjuk elérni. Az adalékanyagok segítségével javítani tudunk az előnyökön, ki tudjuk küszöbölni a hátrányos tulajdonságokat, javítani tudunk a feldolgozáson, valamint csökkenteni tudjuk a bekerülési költségeket. Ilyen adalékanyagok lehetnek: árcsökkentő adalékanyagok, feldolgozás-javító adalékanyagok, tulajdonság-módosító anyagok, töltőanyagok, lágyítók, kopásállóságot növelő anyagok, stb. (Tábi Tamás, 2015). A felsorolás itt még nem ér véget. Számos olyan szempont és adalékanyag szerepel még a gyártók palettáján, ami üzleti titokként, piaci előnyt biztosító tényezőként van jelen, de a nyilvánosság előtt ismeretlen. Éppen ezért ezeket az anyagokat (veszélyes anyagokat?) nem ismerjük, azonban a környezetre, állatvilágra, bioszférára gyakorolt hatását vizsgálni tudjuk és vizsgálunk szükséges.

1.3. A mikroműanyagok előfordulása különböző vizekben

Földünk 71%-át víz borítja. A műanyagok gyártási, felhasználási, hulladékká nyilvánítási, elhelyezési zónája leginkább a maradék 29%-ot kitevő szárazföld. Azonban, ha a műanyag termék (hulladék, mikroműanyag) víztestbe (folyó, tó, tenger, óceán) kerül, onnan már nem, vagy csak nagyon nehezen jut ki. Ugyanis a vízben lebegő és a víz felszínén úszó műanyag darabka felületének nagyobb hányadát (leginkább egészét) víz, és a folyamatosan benedvesített felületén hat a víz adhéziós ereje. Ennélfogva a víztestből még erős szél hatására sem tud kiválni a szennyeződés. (Ellentétben a szárazföldön elhelyezett hulladékkal, amit a szél könnyen felkap és elszállít – általában víztestbe.)

A különböző típusú vizek különböző módon vesznek részt az akut probléma fokozásában.

A csapadékvíz összegyűjti a különböző közterületen, magántulajdonú ingatlanon elhelyezett tárgyakat, hulladékokat. Ezen szennyezőanyagok jelentős része műanyagot is tartalmaz és lebegésre, a víz felszínén való úszásra képes. A felszíni lefolyás során a felkapott és elragadott hulladék a befogadóba jut.

A csapadékesemény során a víz bejuthat a szennyvízelvezető hálózatba is (szabálytalan csatornahasználat, hátrányosan kialakított felszíni vízelvezetés, stb.-n keresztül.), ott a többlet-víz hidraulikai túlterhelést okozva



Mikroszálak befogadóba engedése

ellehetetleníti az egyes szennyvízátemelő telepek, szennyvíztisztító telepek működését; így a szennyvízelvezető hálózatban megjelenő közeg (szennyvíz + csatornaidegen anyagok) kijutnak a környezetbe.

A szabálytalan csatornahasználat révén olyan csatornaidegen anyagok (háztartási hulladék, építőanyag, ruhanemű, stb.) juthat be a szennyvízelvezető hálózatba, amelyek üzemképtelené téve az egyes szennyvízátemelő telepeket, szennyvíz-elöntéseket okoznak. A csatornahálózatból kikerülő szennyvíz fertőző hatása mellett megjelenik a csatornaidegen anyagok környezetbe való kijutása is (műanyagok, szál-
as anyagok, háztartási hulladékok, stb.)

A szabályos csatornahasználat során még ha figyelembe is vesszük a szennyvíz-elvezető hálózat gyenge pontjait és környezettudatos, jogkövető magatartásunkkal csupán azt engedjük le a csatornába, ami eredetileg is oda való, akkor is juttatunk mikroműanyagokat a környezetünkbe. Akár a kozmetikumok, akár a tisztálkodó szerek használatával, akár ruháink mosási folyamatai során. Ma már túlnyomó többségben olyan ruhadarabokat használunk, amelyek természetes anyagai (gyapjú, pamut, selyem) kombinálva vannak műanyag eredetű szálakkal (poliészter, akril, stb.). Itt említhetők meg azon ruhaneműk is, amelyeket teljes egészében műanyag szálak alkotnak (span-
dex, latex, stb.). Kutatások megállapították, hogy egy-egy mosási periódusban a mosott ruha akár 1.900 db-nál is több elemi szálát, rostot képes veszíteni (Mark Anthony Browne et Phillip Crump, 2011). Tehát az elsődleges

mikroműanyagok, valamint a mosásból eredő műanyag szálak együttesen jutnak el az adott terület szennyvíztisztító telepére, ahol – nagy hatékonyságú szennyvíztisztítás mellett is – bekerülnek a befogadóba. A szennyvíztisztító telepek eltérő mechanizmusú és eltérő hatékonyságú tisztítási technológiái egyike sem szűri ki a mikroműanyagok teljes mennyiségét a szennyvízből. Hangsúlyozva, hogy: a szennyvíztisztító telep ellátja feladatát, a szennyvíztisztítási technológia a kor előírásainak megfelel – csupán mikroműanyagok eltávolítására nincs berendezkedve.

Egyes vízfolyások (folyók, folyamok), valamint egyes tengerek, óceánok árhullámai (cunami) képesek arra, hogy kilépve a medrük, illetve partvonaluk határaiból, nagy szárazföldi területeket öntsenek el. Egy-egy elöntés alkalmával az épített környezet és felhasznált anyagok valamely hányadát görgetve, lebegtetve vagy éppen úsztatva az ár magával ragadja. Mivel az ember által használt tárgyak közül a műanyag, vagy műanyag komponensekkel rendelkező tárgyak túlnyomó többséggel jelentkeznek – amúgy is lebegnek, úsznak a víz felszínén -, ezért jelentős mennyiségű műanyag (később mikroműanyag) kerülhet az adott víztestbe árhullám miatt is.

A különböző felszíni vizek (pl. vízfolyások) képesek elszállítani, illetve felhígítani, szétszórni (tavak, tengerek, óceánok) az egyes, jellemzően antropogén jelenlétből fakadó szennyezéseket. Ezen tulajdonságuk révén a felszíni vizek segítenek 'eltüntetni' az emberi faj egyes képviselőinek a szemetét anélkül, hogy

a szemetelő személye, illetve a szemetelés helyszíne visszakövethető lenne. Ez a hulladék, szennyeződés azonban nem a Földről tűnik el, hanem csupán a szemünk előtt.

A tavak, tengerek, óceánok, mint szemetes edények, mint befogadók, magukba gyűjtik azt a nagy mennyiségű anyagot, amit mi hulladéknak nyilvánítunk. Ennek egy része a természetes lebomlás eredményeként (mikroorganizmusok, egyéb magasabb rendű élőlények segítségével) lebomlanak. Azonban a szintetikus anyagok, műanyagok, mikroműanyagok nem bomlanak le, és nem is épülnek be a természet körforgásába, a bioszférába – mivel azok mesterséges anyagok.

Nem szabad azonban elfeledkeznünk arról, hogy bár úgy tűnik, hogy a tőlünk függetlenül működő vízmozgás gyűjti és szállítja, akkumulálja és aprózza a műanyagokat, mégsem a víz körforgása a felelős a világóceánokba kerülő szennyeződésért, hanem az emberi faj. Felelőleges lenne tevékenységi köröket, népcsoportokat, országokat, nemzeteket megnevezni a vizeink, állatvilágunk és Földünk bioszférájának rombolása kapcsán – együtt, kollektíven jutottunk el idáig, a megoldást is együtt kell kidolgoznunk, együtt kell megvalósítanunk.

1.3.1. Mikroműanyagok a vízfolyásokban

Az egyes vízfolyások, folyók, folyamok rendszerint befogadói a környezetükben elterülő vízgyűjtő területeknek. Egy-egy csapadék-esemény kapcsán a vízgyűjtőterületről érkező csapadékvíz egy részét fogadják.

Azonban fogadják a vízgyűjtő területről érkező hordalékot is, amely nagy mennyiségben tartalmaz hulladékot, szennyeződést is. Ezen szennyeződések között található a műanyag is, amely aprózódással elemi szálakra hullik, mikroműanyaggá válik. Azonban a folyóvíz folyási sebességéből fakadóan a műanyagok látványos degradációja már a folyóvíz befogadójában, a tengervízben fog bekövetkezni. A korábban tárgyalt elsődleges mikroműanyagok is bejutnak a folyókba, folyamokba, hiszen ezek a befogadók nem csupán a vízgyűjtőterületről érkező csapadékvizeket fogadják, hanem az adott szennyvíz-öblözet szennyvíztisztító telepének tisztított szennyvizét is.

A folyókba jutott műanyagokra, mikroműanyagokra hat a napsugárzás, mint UV-hatás, a hőmérséklet-változás, valamint az egyes részecskék (természetes vagy szintetikus) koptató hatása. Itt kell megemlítenünk az iparosodás-, valamint fosszilis tüzelőanyagok-okozta hatást: a savas esők jelenlétét. A tüzelőanyagok elégetése során kén- és nitrogén-vegyületek szabadulnak fel, amelyek a levegőbe kerülnek. Ezen erős savak hidridjei reagálnak a levegő vízmolekuláival, így létrehozva az erős savakat, a savas esőt. A savas kémhatású közeg további degradációt okozva képes arra, hogy oldja a műanyagokat, mikroműanyagokat.

Mivel a folyók folyamatosan mozognak, szállítják a hordalékot, a lebegő és úszó anyagokat, ezért a bevezetett szennyezőanyagok mennyiségétől és lokális pontjától függően az ülepedő hordalékot, mint egy szőnyeget,

leteríti a folyót újabb és újabb rétegekben, míg a lebegő és úszó szennyeződést tovább szállítja a befogadó felé.

A Wessling Hungary Kft. mérései alapján hazai folyónkban, a Tiszában köbméterenként 4,9 db 300 µm-nél nagyobb, 62,5 db 15 és 300 µm tartományba eső mikroműanyag található. Ebből következtethetünk, hogy óránként több millió mikroműanyag úszik le a Tiszán (Laboratorium.hu, 2017).

Ausztriai kutatások kimutatták, hogy évente hozzávetőlegesen 1500 tonna műanyag-hulladék úszik le a Fekete-tengerig a Dunán (inforadio.hu, 2016).

1.3.2. Mikroműanyagok a tavakban

A műanyagok, mikroműanyagok közvetlenül a tó menti tevékenységből kerülhetnek a tóba, közvetve pedig valamely tápláló vízfolyás szennyeződéseként érkezhettek a tó vizébe, mint befogadóba.

A tengerekhez hasonlóan itt is fennáll az akkumuláció jelensége. A műanyagok, mikroműanyagok mennyisége növekszik a tóban, míg – a folyóktól eltérően – az aprózódási, degradációs folyamatok figyelemmel kísérhetők.

Csakúgy, mint a folyóvizeknél, a tóban lévő műanyagokra, mikroműanyagokra is hat a napsugárzás (UV-sugárzás), a különböző részecskék koptató hatása, valamint a hőmérséklet-különbség. Viszont tavak esetén

ezek a hatások eléri a műanyagok tovább aprózódását.

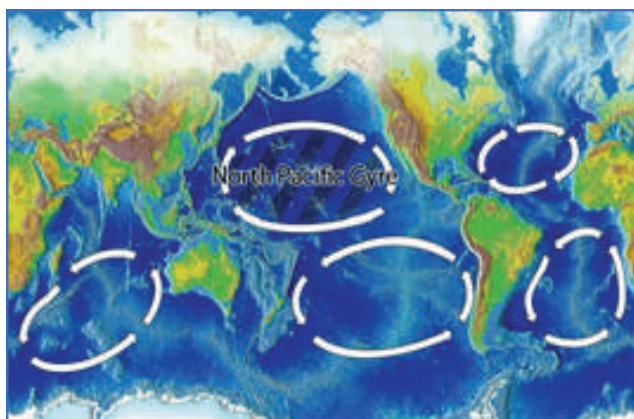
Sekély tavaknál a leülepedett műanyagokra is hat az UV-sugárzás. Mély tavaknál viszont – az afótikus határ alatt – az UV-sugárzás hatása nem tudja az egyes monomer szálakat tovább bontani.

Olyan tavaknál, ahol külső hatásra (szél vagy hőmérséklet-változás) a tó vize átfordul (holomixis jelensége, monomiktikus tavak, dimiktikus tavak, polimiktikus tavak, stb.), az átkeveredés hatással lehet a leülepedett műanyagra, illetve a lebegő műanyagra is.

1.3.3. Mikroműanyagok tengerekben, óceánokban

A műanyagok, mikroműanyagok útja leginkább a tengerekbe, óceánokba, világóceánokba vezet. Számos folyó szállítja a szárazföldön keletkezett és felhasznált, később hulladéknak minősített terméket a tengerekbe, óceánokba.

A világóceánban található műanyagokra és mikroműanyagokra hat az óceán sós vize, a napsugárzás (UV-sugárzás), a szél, a tengeri áramlások, a hőmérséklet-változás, az egyes részecskék egymást koptató hatása. Ezen hatások segítik a műanyagok aprózódását, degradációját. A leülepedő részecskék nagy része afótikus zónába kerül, ahol az UV-sugárzás hatása megszűnik. Egy másik része pedig a tengerfenéken, korallzátonyok felületén található.



Öt óceáni szemétsziget

A lebegőanyagok a hullámzással, tengeráramlatokkal együtt mozognak. A vízfelszínen úszó (felső vízrétegben található) műanyagok, mikroműanyagok szintén együtt mozognak a hullámzással, a tengeri áramlatokkal.

Ezen áramlatok hatására a szennyeződés nagy hányada az ún. Nagy Óceáni Szemétszigetet építi, az áramlatok visszatartják az egyes részecskéket attól, hogy egy irányba haladjanak tovább, amíg partot érnek. A világóceán kiterjedése, az áramlatok helyzete, valamint a szennyeződés hatása öt nagyobb Óceáni Szemétszigetet alakított ki.

2. A MIKROMŰANYAGOK JELENLÉTÉBŐL FAKADÓ KÁROS KÖVETKEZMÉNYEK

2.1. Környezeti hatások

Azok a műanyagok, amelyek ki vannak téve az UV-sugárzásnak, a hőingadozásnak, a csapadékvíznek, egyes esetekben a felhalmozódásból eredő nyomásnak, nagyobb mértékben aprózódnak, hasadnak elemi részecskékké. Az olyan apró méretű részecskék,



Hulladékdepóniából származó csurgalék

amelyeket a csapadékvíz, illetve a talajvíz magával ragadni képes, transzportálódnak. Ezt nevezzük 'csurgalék'-nak (Emma Bryce, 2015).

A csurgalékvízben található mikroműanyagok mérgező anyagokat tartalmazhatnak (eredetükből és útjuk során adszorbeált veszélyes anyagokból fakadóan). Transzportálódás révén a mikroműanyagok eljuthatnak a talajba, élővízbe, ivóvíz-bázisba, valamint beépülhetnek a sejtszövetbe is. A mikroműanyagok közvetlenül is kifejtik káros hatásukat, amikor egy-egy élőlény elfogyasztja azokat.

A műanyag hulladékok – kisebb sűrűségük-nél fogva – úsznak a víz felszínén. Legyen szó akár szárazföldi, akár vízi szennyezésről, a műanyag hulladékok előbb-utóbb eljutnak a tavakba, tengervizekbe, óceánokba – a víz mozgása révén. Azonban a tenger hullámzása, valamint a szintetikus anyagok alakja és mérete is meghatározza, hogy milyen közel kerül az adott műanyag-részecske a vízfelszínhez. Minél kisebb a műanyag darab, annál kisebb mértékben hat rá a felhajtó erő.

A víz felületi feszültségének következtében sokkal nehezebben mozog a műanyag-darab a vízben, mint a szárazföldön szél hatására. A hullámból fakadóan a műanyag-darab elmerülhet. Mivel a sűrűsége kisebb a víznél ezért a felhajtóerő a vízfelszín felé hajtja a műanyagot, viszont a víz viszkozitásából fakadó ellenállás lassítja ezt a folyamatot. Ebből fakad, hogy néhány 10 m-es tartományra terjed ki a felúszó szintetikus anyagok lelőhelye.

Amely szennyeződés mégis szétszórva megtalálható a világóceánban, azt az ár-ápoly jelenség – a Föld bizonyos pontjain – a partvonalakra szállítja. A partra hordott műanyag, mikroműanyag akadályozza a szárazföldi növényzet terjeszkedését, mérgező anyagok jelenléte során károsítja a partvonalat. A környezeti hatások révén a műanyag-darabok tovább bomlanak, amelyek során azok mérete eléri a parton található homokszem méretét (mikron). Ebben az esetben már szinte lehetetlen összegyűjteni a partra vetett műanyag hulladékot.

Egyes esetekben a mikroműanyagok megzavarhatják meglévő, parti szűrőű ivóvíz-bázisaink állapotát. Elkolmatálódhat az a szűrőfelület, amelybe beleágyazódik a kis mérettel

rendelkező szintetikus anyag – elzárva ezzel a víz útját.

Az egyes tengeri ételek elfogyasztásával mikroműanyag juthat az emberi szervezetbe. Halak, madarak, kagylók direkt és indirekt módon fogyasztják a műanyagokat, mikroműanyagot, elfogyasztásuk által az emberi szervezetbe is kerülhet mikroműanyag-részecske. A madarak eleségnek nézik a lebegő műanyagokat és csupán néhány méteres vízrétegben vadásznak – ahol a legsűrűbb a mikroműanyagok koncentrációja.

Szellemhalászatnak nevezzük azt a jelenséget, amikor egy elhagyott halászhaló, halász-zsineg tovább lebeg a víz felszínén (akár 1200 m mélységben is) és anélkül gyűjti össze a tengeri élőlényeket, hogy az hasznát hozza a háló készítőjének. Az ilyen jellegű szennyeződés nagy mértékű veszteséget okoz egy-egy faj populációjának.

Előfordul, hogy élettelen szintetikus anyagok felületén élőlények utaznak. Utazásuk célállomáshoz érve ezen organizmusok (kagylók, algák, mohaállatok, gyűrűsférgek) idegen fajként jelenhetnek meg más élőhelyeken; terjeszkedésükkel rombolva az eredeti bioszférát (Greenpeace, 2006).

2.2. Ökológiai hatások

2.2.1. A fény elzárása

Az adott víztestet érő fény diszkrét egységekben, fénynyalábokban éri a víz felszínét. Mivel a víznek nagy a fényelnyelő-képessége, így a vízfelszíntől való távolodással csökken a fény intenzitása. A vízi élőlényeknek versengeniük kell a fényért az optikailag sűrű közegben. Ha eleve kevesebb fény érkezik be (megnövekedett lebegőanyag-tartalom), akkor az csökkenti a növekedés mértékét, esetleg egyes fajok kipusztulását, más fajok térhódítását is okozhatja. A lebegőanyagok jelenléte nagyobb mértékű fény-visszaverődést okoz, ami fordítottnan arányos az elnyelt fény-mennyiséggel. Ebben az esetben a víz felső rétegének hőmérséklete is csökkentett értéket mutat. A műanyagok, mikroműanyagok egy-egy öbölben, hullámtól mentes vízfelületen összefüggő 'szigetként' is megjelenhetnek. Ezáltal az alattuk lévő élővilágot megfosztják a napfénytől.

A műanyagok – kisebb sűrűségüknél fogva – úsznak a víz felszínén, illetve – a vízmozgás hatására – lebegnek a néhány 10 m-es felső vízrétegben. Ez éppen az a vízmélység, ahol a beérkező UV-sugárzás nagy része elnyelődik, tehát a műanyagok a növény-világtól 'veszik' el a napsugárzást.

Nagy területű anyagok elzárhatják a fényt sekély tavak élővilága, valamint a tengeri korallok és életközösségeik előtt. Fény hiányában megszűnik a fotoszintézis, az érintett



Összefüggő hulladékréteg

növényállomány (és vele együtt a magasabb rendű élőlények) elvándorlása, kipusztulása tapasztalható.

2.2.2. Az oxigén elzárása

A leülepedni képes szintetikus anyagok beépülhetnek az egyes korallzátonyokba, ahol környezet-idegen elemként megjelenve zavarhatják az egyes fajok élet-körülményeit, tovább-hasadva: a korallok statikai állékonyságát



Tengerfenék gázcsere-folyamatait gátló réteg

is veszélyeztethetik. A fótikus rétegben található leülepedett szintetikus anyagok a víz-üledék határán található élőlények (benton) világába, valamint a fenéklakó (üledékben élő) élőlények (bentosz) világába is beavatkoznak, ugyanis a műanyag akadályozza a gázcsere-folyamatot a vízréteg és az üledék közti pórusvíz között. Érdeemes lenne vizsgálni azt a leülepedett koncentrációt, amely már szűrőként fog viselkedni az aljzaton.

2.2.3. Egyed-pusztulás

A különböző lebegőanyagok akadályozzák az állatok mozgását, vadászatát, elrejtőzését. Rengeteg állat szenved a műanyag csomagolótól, a fóliáktól. Beleakadnak, fellekerednek rájuk, így torzulást, szenvedést, fulladást és halált okozva az állatvilág egyes példányainak. Beleakadva a korallokba, a hullámozás hatására rombolják a zátonyok élővilágát. A madarak, teknősök közvetlenül fogyasztják a műanyagokat, mikroműanyagokat. Ezek az anyagok toxinokat bocsátanak ki magukból, amelyek hosszú távú megbetegedéshez vezetnek. Azonban a felhalmozott szintetikus anyagok eltorlaszolják az élelem útját, elakadnak a béltraktusokban, így tulajdonképpen az egyed éhen pusztul.

2.2.4. Az ökológiai egyensúly felborulása (GSU TV, 2015)

A mikroműanyagok mérgező hatását a gyártásuk során használt adalékanyag, mint egészségre káros veszélyes anyag, valamint a mikroműanyagok utazása során, azok felszínére adszorbeálódott, nagy mennyiségben



Emésztőrendszerbe jutott mikroműanyag



Hulladékba gabalyodás következményei



Fajok vándorlása

koncentrációzott mérgező anyagok adják. Ezek bármilyen fajnál daganatos megbetegedéseket, fejlődési rendellenességeket, idegrendszeri elváltozásokat, nemzéképítélenséget okozhatnak, és okoznak is.

A táplálék-láncba való bekerülésével a mikroműanyagok káros hatása globális méretűvé fejlődött.

Az indiai partoknál – ahol a műanyag-szennyezés magas – a halak eltűntek.

A műanyag 'tutajon' vándorló fajok más fajok kiszorításához vezetnek.

Az élelemben megtalálható, az ivóvíz-bázist veszélyeztető műanyag már az emberre is veszélyt jelent.

Felszíni vizek tisztítása

3. A LEHETSÉGES MEGOLDÁSOK

A műanyagok, mikroműanyagok mennyisége, környezetre gyakorolt hatása, bolygónk jövőjére való visszahatása ismert. Azonban a negatív következmények elkerülésére – a megismert probléma mélységéhez képest – csekély erőfeszítést tettünk. Milyen lépésekkel lehet elkerülni azt, hogy a szennyeződés folyamata visszafordíthatatlanná váljon (ha egyáltalán nem léptük még át ezt a határt)?

- Szemléletváltás (fel kell számolnunk a fogyasztói társadalmi berendezkedésünket.).
- Felelősséget kell vállalnunk az okozott kárért és szerepet kell vállalnunk a kárelhárításban.
- Oktatás, kampányolás, a probléma széleskörű ismertetése.



4. ÖSSZEFOGLALÁS

- A műanyag termékek gyártásának csökkentése.
- Hulladékkezelés fejlesztése, ellenőrzése, elmaradásának szankcionálása.
- Nemzetközi jogszabályok meghozása és megfelelő módon történő alkalmazása.
- Folyamatos vizsgálatok, felmérések elvégzése (a meglévő állapotot és az egyes beavatkozások hatásait is).
- Part-takarítás kézi, gépi erővel. Akció-tervek kidolgozása.
- Folyók, csatornák takarítása folyamatosan, az elérhető legjobb műszaki technológiák alkalmazásával.
- Tengervíz, óceánok takarítása.
- Érdemes lenne mérlegelni, hogy a mechanikai-, illetve biológiai-tisztítás, valamint tápanyag-eltávolítás után – mint 4. fokozatú tisztítási technológia – milyen erőfeszítést igényelne a mikroműanyagok eltávolítását célzó technológia bevezetése. Van-e olyan technológia (legyen az hőkezeléssel, vagy vegyszeradagolással járó technológia), amely a vízfázisban lévő mikroműanyagokat polimerizálja, egymáshoz tapasztja, így lehetőséget biztosít a kiszűrésre? Az ilyen kérdések megválaszolása időszerű, ezen vizsgálatok elvégzése – környezetvédelmi szempontból is – célszerű lenne.

A műanyagok széles körben elterjedtek. Visszaszorításuk, valamint a folyamat megfordítása, a kármentesítés csupán globális összefogással, közös akarattal valósítható meg – hosszú évtizedek megfeszített munkájával.

Számos megközelítés alapján igyekszünk kezelni a felismert problémát. Egyes szervezeteknél a pontos vizsgálatok eredménye található, míg máshol az eltökéltség és a szorgalom. Egyes nemzetek kiváló ötletekkel rukkolhatnak elő, míg más nemzeteknek a korábban már megalkotott technológiákat (pl. hulladékkezelés) kellene bevezetniük és magas színvonalon üzemeltetniük.

Meglátásom szerint a korábban bemutatott megoldási javaslatok és meghozott intézkedések összehangolására van szükség. Nemzetközi szintű összefogással minden nemzet, szervezet és személy megtalálhatja a maga szerepkörét ebben a feladatban.

Az egyes személyek a saját műanyag, illetve műanyag-komponensű termék-igényükért felelnek. Mindenkinek szem előtt kell tartania a tényt, hogy a fogyasztói társadalom a fenntartható fejlődés ellen dolgozik. Ha meg akarjuk őrizni az 'eldobható' termékek kényelmes világát, akkor a célunkat nem tudjuk elérni.

Az egyes hatóságok az ellenőrzést, szankcionálást végezhetnék, amelynek hatására a cél – habár kényszerűen –, de

folyamatosan ott lebegne mindannyiunk szemelőtt.

Az egyes K+F szervezetek, laborok különböző méréseket, laborvizsgálatokat szervezhetnek, hogy az elért eredményeket figyelemmel kísérhessék, az újításokat, javításokat bevezethessék.

Az egyes nemzetek kormányai közösen, egyetértésben egy globális szerveződésben koordinálhatnák a kármentesítést, takarítást. Törvényekkel, rendeletekkel, esetenként támogatásokkal csökkenthetnák a természetbe kikerülő műanyagok mennyiségét.

Szükséges megóvnunk a vizeinket. A víz körforgása, folyamatos mozgása transzportálja a szennyeződést, így azt egy jóval hatalmasabb közegben, a világóceánban kell kezelnünk.

A mikroműanyagok szennyeződése elleni fellépés azonban nem opcionális döntés és nem is gyermekeink, unokáink döntése. Az eddigi tapasztalatokat felhasználva, a bemutatott megoldások tökéletesítésével, alkalmazásával, valamint új metodikák megteremtésével közösen tudunk csak fellépni a Föld védelmére, az okozott károk felszámolása kapcsán. Mi az, ami összekovácsolhat bennünket? A felismerés, hogy gyermekeink szükséges életkörülményeit is csupán egy egészséges bioszféra tudja fenntartani – ne tegyük tönkre.

IRODALOMJEGYZÉK

- BME jegyzet(2017): Szerves szintetikus polimerek
Boucher, J. et Friot, D.(2017): Primary Microplastics in the Oceans: a Global Evaluation of Sources (IUCN – International Union for Conservation of Nature)
Browne, M. A. et Crump, P. et Niven, S. et Teuten, E. et Tonkin, A. et Galloway, T. et Thompson, R.(2011): Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks (Environ.Sci.Technol.)
Bryce,E.(2015): What really happens to the plastic you throw away
Ecocast et NASA(2017): Remote sensing of marine debris to study dynamics
Ellen Macarthur Foundation(2016): The new plastic economy rethinking the future of plastic
Greenpeace(2006): Plastic Debris in the World's Oceans
GSU TV(2015): Special Edition: The Plastic Gyre
inforadio.hu(2016): Évente 1500 tonnányi műanyag úszik le a Dunán anélkül, hogy látnánk
Jambeck, J. et Geyer, R. et Wilcox C. et Siegler, T. et Perryman, M. et Andrady, A. et Narayan, R. et Lavender Law, K.(2015): Plastic waste inputs from land into the ocean
Laboratorium.hu(2017): Mikroműanyag úszik a Tiszában
Moore, C.(2012): Garbage Island: An Ocean Full of Plastic
NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration – Marine Debris Program(2017): Microplastic Marine Debris
Tábi, T. Dr.(2015): Polimerek adalékanyagai

Képek:

- 1.kép Elsődleges mikroműanyagok
(<https://www.unep.org/gpa/dutch-rally-support-europe-wide-microplastic-ban-bid-keep-mussels-menu>)
- 2.kép Másodlagos mikroműanyagok
(<http://plasticchange.org/our-documentation/microplastic/{\rtf1}>)
- 3.kép Légi fotózás
(<https://ecocast.arc.nasa.gov/las/Reports%20and%20Papers/Marine-Debris-Workshop-2017.pdf>)
- 4.kép Mikroszálak befogadóra engedése
(<http://storyofstuff.org/movies/story-of-microfibers/>)
- 5.kép Őt óceáni szemétsziget
(https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Pacific_garbage_patch)
- 6.kép Hulladékdepóniából származó csurgalék
(https://www.youtube.com/watch?v=_6xINyWPpB8)
- 7.kép Összefüggő hulladék réteg, amely elzárja a fény útját
(<https://steelysdrinkware.com/the-problems-with-plastic/>)
- 8.kép Tengerfenék gáz-csere folyamatait gátló hulladék
(<http://www.biopedia.com/la-contaminacion-de-los-oceanos/>)
- 9.kép Belegabalyodás veszélyei
(<https://hu.pinterest.com/pin/83246293083857378/>)
- 10.kép Emésztőrendszerben felhalmozódó műanyagok
(<http://ocean.si.edu/slideshow/laysan-albatrosses%E2%80%99-plastic-problem>)
- 11.kép Új fajok érkehetnek nagy távolságból
(<https://www.sciencenewsforstudents.org/article/swirling-seas-plastic-trash>)
- 12.kép Felszíni vizek tisztítása
(<http://www.zigersnead.com/projects/details/baltimore-water-wheel/>)