

A műanyag hulladékok újrahasznosításának globális és lokális tényezői és hajtóerői, különös tekintettel az EU-ra

BERA PÉTER – MÉSZÁROS ANETT*

A tanulmány a műanyag hulladékok Európai Unión belüli újrahasznosításával kapcsolatos ellentmondásokat elemzi, és az újrahasznosítás jövedelmezőségét befolyásoló tényezőket tárja fel globális kontextusban. Vezérfonala az EU-n belüli és kívüli statisztikai adatok elemzése alapján a műanyag hulladékok keletkezése és kezelése jellemzőinek, újrahasznosítási arányainak és a hasznosításból származó megtérülési anomáliáknak a feltárása, bemutatása és elemzése a globális gazdasági trendek és más nemzetközi összefüggések fényében. A tanulmány a helyzetelemzés és a hatásvizsgálat eredményeire és következtetéseire támaszkodva szakpolitikai javaslatokat tett, ami a gyakorlat és az elmélet közötti kapcsolat megteremtésére tett lépésnek tekinthető. Tudományosan újszerű eleme annak sokoldalú, a műszaki-technológiai feltételek, a piaci viszonyok, piaci szerkezet, az ártrendek, a világgazdasági környezet, az export és az import, a vállalati méretek stb. alapján történő igazolása, hogy a globalizáció körülményei között a műanyagokat újrahasznosító iparág lokális jellegű. Azzal kapcsolatos példák egyike, amikor egy globális kihívásra lokális választ célszerű adni. Ezt a folyamatot adekvát nemzetközi, regionális és nemzetállami szintű szabályozással lehet és kívánatos előmozdítani.

* Bera Péter PhD-hallgató, Budapesti Corvinus Egyetem, Vállalatgazdaságtan Intézet, Logisztika és Ellátási Lánc Menedzsment Tanszék; senior kutató, Klímapolitikai Intézet; Mathias Corvinus Collegium vezető tanácsadó, Alumechanik Kft. E-mail: peter.bera@uni-corvinus.hu

Mészáros Anett, associate consultant, Mastercard Advisors. E-mail: anett.meszaros5@gmail.com

Köszönet illeti az Innovációs és Technológiai Minisztériumot, hogy az általa meghirdetett Kooperatív Doktori Program, doktori hallgatói ösztöndíj keretében KDP-2020 pályázati kódszám alatt lehetőséget adott a cikk elkészüléséhez és segítette a kutatás előrehaladásában, illetve dr. Csutora Mária professzor asszonyt, aki szakmai támogatásával járult hozzá a cikk megírásához.

A kézirat 2022. február 28-án érkezett szerkesztőségünkbe.

<https://doi.org/10.47630/KULG.2022.66.5-6.78>

Journal of Economic Literature (JEL) kódok: M21, M1, M11.

Kulcsszavak: Körforgásos gazdaság, hulladékgazdálkodás, újrahasznosítás, műanyag hulladék-hasznosítás.

Abstract

Global and local factors and drivers of plastic waste recycling with a special focus on the EU

PÉTER BERA – ANETT MÉSZÁROS

This paper analyses the controversies surrounding the recycling of plastic waste materials within the European Union and explores the factors affecting the profitability of recycling in a global context. Based on the analysis of statistical data from within and outside the EU, its main focus is to explore, present and analyse the characteristics of plastic waste generation and management, recycling rates and recovery anomalies in the light of global economic trends and other international contexts. The study has made policy recommendations based on the results and conclusions of the situation analysis and impact assessment, which can be seen as a step towards establishing a link between practice and theory. A scientifically novel element is the multifaceted demonstration, based on technical and technological characteristics, market conditions, market structure, price trends, the world economic environment, exports and imports, company size, etc., that the nature of the plastics recycling industry remains local in the context of globalisation. It is one example of a local response to a global challenge. This process can and should be promoted by adequate regulation on an international, regional and nation-state level.

Journal of Economic Literature (JEL) codes: M21, M1, M11.

Keywords: circular economy, waste management, recycling, plastic waste recovery.

Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben nagyszámú olyan nemzetközi együttműködésre vonatkozó kezdeményezés született, amelyek célja a műanyagok gazdasági szerepének felülvizsgálata és újragondolása. A tanulmány *aktualitása* az Európai Unió új körforgásos gazdasági modelljére vonatkozó irányelvéhez kapcsolódik, amelynek célja a tagállamok zöld átállásának elősegítése. A megoldandó probléma a folyamatosan egyre nagyobb mennyiségben keletkező hulladék, azon belül is a műanyag hulladék csökkentése, illetve minél nagyobb arányú újrahasznosítása.

A szerzők közül Bera Péter a téma *gyakorlati vetületeivel* először önkormányzati hulladékkezelés, majd hulladékgazdálkodási cég vezetésén keresztül találkozott.

Később egy állami hulladékgazdálkodási digitalizációs és mesterségesintelligencia-projekt fejlesztésén dolgozott. Jelenleg zöld gazdaságfejlesztési politikával foglalkozik, azon belül is hulladékgazdálkodás, fenntartható fejlődés, zöld gazdaságfejlesztés és körforgásos gazdaság témákban végez szakpolitikai elemzéseket. Mindez lehetővé tette az általános, elméleti megállapítások szembesítését a gyakorlati tapasztalatokkal, ami nagymértékben hozzájárult ennek a cikknek a megírásához.

A *tanulmány célja* a műanyag hulladékok Európai Unión belüli újrahasznosításával kapcsolatos ellentmondások elemzése és az újrahasznosítás jövedelmezőségét befolyásoló tényezők feltárása, külgazdasági fókusszal. *Vezérfonala* az EU-n belüli és kívüli statisztikai adatok elemzése alapján a műanyag hulladékok keletkezése és kezelése jellemzőinek, újrahasznosítási arányainak és a hasznosításból származó megtérülési anomáliáknak a feltárása, bemutatása és elemzése a globális gazdasági trendek és más nemzetközi összefüggések fényében. Mindebből nagyszámú következtetés és szakpolitikai javaslat adódik.

A tanulmány *kiinduló feltételezése*, hogy a műanyag hulladékok által okozott gazdasági és környezeti károk jelentősen csökkenthetők a műanyagok újrafeldolgozási arányának növelésével. Globális szinten az újrafeldolgozási arány nagyon alacsony, mivel egyrészt a minőség és a műszaki és emberi tényezők nem teszik lehetővé az újrafeldolgozásra begyűjtött összes műanyag visszanyerését. Másrészt – ezzel összefüggésben – alacsony az újrafeldolgozás jövedelmezősége, ami a hulladékexporton keresztül más, nemzetközi dimenzióba helyezi a problémát. Feltételezhető, hogy a jövedelmezőséget nagymértékben befolyásolják technikai, gazdasági és szabályozási tényezők is. A megválaszolni kívánt *kutatási kérdések* a következők voltak:

- Milyen okok húzódnak meg a műanyag hulladék alacsony újrahasznosítási aránya mögött az EU-ban, és milyen ellentmondások gátolják, illetve fékezik az előrelépést?
- Melyek azok a tényezők, amelyek segítségével növelni lehetne a műanyag hulladékok újrahasznosítási arányát az Európai Unióban?

Földrajzi vetületben a tanulmány az Európai Unióra mint intézményre és tagállamaira koncentrál, de globális természetéből adódóan elkerülhetetlen a téma világ-gazdasági kontextusba helyezése, ezzel összefüggésben más földrajzi egységeknek, azok közül is elsősorban a fejlődő országoknak a bevonása az elemzésbe.

Az alkalmazott *kutatási módszer* kevert. A cikk irodalomkutatásra támaszkodik, azaz a témára vonatkozó tanulmányok, jogszabályok, európai uniós és egyéb hivatalos dokumentumok és internetes források azonosítása, összegyűjtése, rend-

szerezése, feldolgozása, és mindezek alapján következtetések levonása történt. Erre épül a rendelkezésre álló statisztikai adatok elemzése. A tanulmány statisztikai hátterét az Eurostat, az OECD, a PlasticsEurope és más iparági tanulmányok, illetve adatbázisok alkotják.

A cikk időhorizontját a 2020. évet megelőző, koronavírus-járvány előtti időszak képezi. Ezt nagymértékben indokolják a statisztikai nyomon követés korlátai, a világméretű járványt követő időszakra ugyanis még nem állnak rendelkezésre adatok.

A témáról rendelkezésre álló szakirodalmi forrásokhoz képest a tanulmány új megközelítésben és struktúrában, globális kontextusban elemzi a műanyag hulladékok keletkezésével, hasznosításával és felhasználásaival kapcsolatos adatokat és ellentmondásokat, azonosítja továbbá az iparág működését és fejlődését befolyásoló gazdasági, társadalmi és szabályozási tényezőket. Az ezekből levont következtetésekre támaszkodva szakpolitikai javaslatokat tesz.

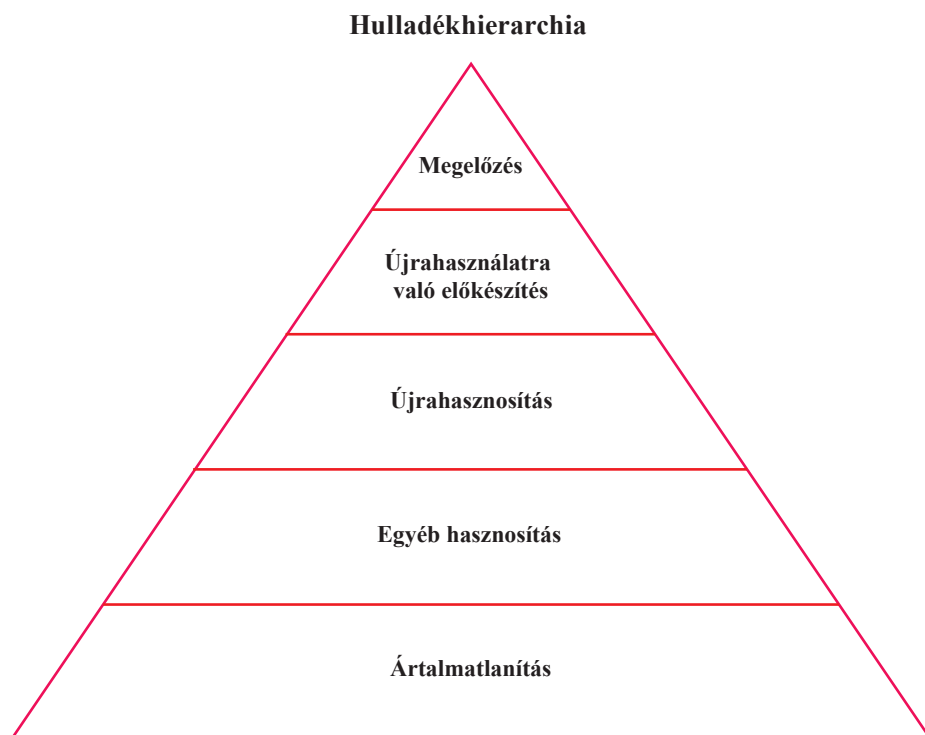
A cikk felépítése a következő. Az első rész a téma indoklását és a műanyag-hasznosítás és -újrahasznosítás műszaki és gazdasági hátterét mutatja be, a második a releváns szakirodalmi forrásokra támaszkodva a felhasznált keretrendszert ábrázolja a körforgásos gazdaság fogalma mint elméleti háttér köré csoportosítva. A harmadik rész a globális trendek néhány elemét mutatja be, a negyedik a műanyag hulladék újrahasznosításának fő jellemzőire, majd a regionális különbségekre tér ki. Az ötödik rész végül elemzi a fontosabb nemzetközi anomáliákat. Az írást az összefoglalást, a következtetéseket és a szakpolitikai javaslatokat tartalmazó rész zárja.

A téma indoklása, műszaki és gazdasági háttere

Az újrahasznosított műanyagok mint másodlagos nyersanyagok alkalmasak lehetnek a magas bekerülési értékű primer nyersanyagok kiváltására. Bizonyos műanyag termékeket a környezet megóvása szempontjából be kellene tiltani (megelőzés). Ez azonban nem minden esetben lehetséges, mert az őket kiváltó termékek még nagyobb mértékben terhelnék meg a környezetet. Például az üvegpalackok előállításának környezeti terhelése magasabb, mint a PET- (polietilén-tereftalát) palackoké. Az üveget legalább háromszor kell újra felhasználni ahhoz, hogy környezeti terhelése összehasonlítható legyen az egyszer használatos PET-palackéval és alumíniumdobozéval (UNEP, 2020). Az egyszer használatos papírból készült dobozok sem nyújthatnak hosszú távon fenntartható megoldásokat, mivel a gyártáshoz erdőket kellene kivágni.

A hulladékhierarchia (1. ábra) szerint környezetvédelmi szempontból a megelőzés után a második legjobb megoldás az újbóli használat, amikor az anyagot a fogyasztó eredeti céljára többször használja fel, főként, ha a környezeti terhelése nagyobb, mint az azonos funkciót ellátó egyszer használatos műanyagoké. A hulladékhierarchia következő alsóbb lépcsőfoka az újrahasznosítás, amikor a műanyag terméket fizikai és/vagy kémiai eljárásnak vetik alá. Új termék előállításához pótlólagos energiára van szükség, ami újabb környezeti terheléssel jár. Alternatív hasznosítási mód a termikus hasznosítás, amikor égetéssel hő- és villamos energiát állítanak elő. Ennek környezeti terhelése magasabb ugyan, de még mindig kedvezőbb megoldás, mint a hierarchia legalján lévő hulladéklerakás, ami különböző akut szennyezések mellett tájsebet is eredményez. A 2. ábra más megközelítésben, számszerűsítve mutatja a hulladékkezelést.

1. ábra



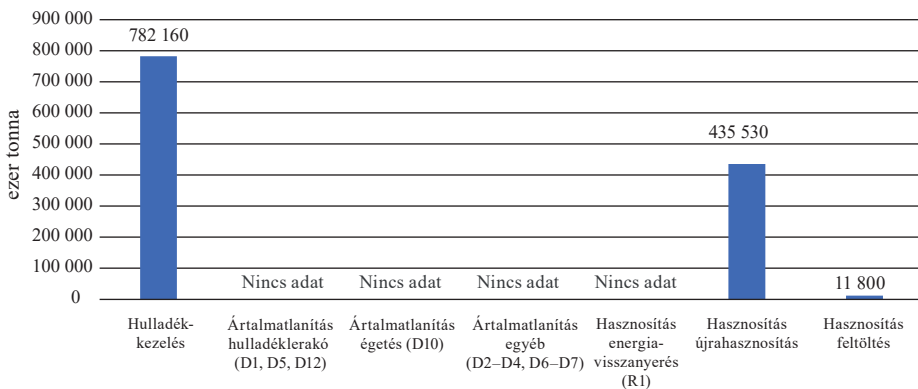
Forrás: Saját szerkesztés az Európai Unió 2008. évi hulladék-keretirányelvében szereplő hulladékhierarchia alapján.

Bár nagyszámú hulladékkezelési módszer létezik, magának a problémának a megoldására a *költséghatékony újrahasznosítási eljárások* alkalmasak. Ilyen például a műanyag hulladékok darálása, amivel értékes, a műanyagiparban hasznosítható alapanyagokhoz lehet jutni. Ezzel a műanyagok viszonylag nagy hányadát vissza lehetne forgatni alapanyagként. Az ehhez szükséges szelektív gyűjtés azonban még a fejlett országokban sem kielégítő, ezért a nem szelektíven gyűjtött vegyes műanyag hulladék kezelésére is többféle megoldást kell találni. A megfelelő előkezelési technológia kiválasztásához és a jogi és gazdasági kérdések tisztázásához elengedhetetlen a hulladékok műszaki jellegzetességeinek ismerete, ami megkönnyíti a párbeszédet a terület szakértőivel, és hozzájárulhat a kihívás gyors és gazdaságos megválaszolásához a megfelelő újrahasznosítási technológia alkalmazásával.

A rossz stratégia, illetve a rosszul tervezett folyamat vagy kezelés következményei számottevő költségekben csapódhatnak le. Emiatt a hasznosítási folyamat annyira megdrágulhat, hogy jobban megéri a hulladékot lerakóba szállítani, ami terhelheti a produktívabb célokra is használható értékes földterületeket. Nem elég csupán a műszaki megoldásokat vizsgálni, kiemelten fontos a gazdasági kérdések alapos és több szempontból való elemzése is.

2. ábra

Hulladékkezelés a hulladékhierarchia szerint az Európai Unió 28 tagállamában
(Ezer tonna)



Forrás: Eurostat (2018)

Az elmúlt évtizedekben mind jelentősebb erőfeszítéseket tettek a mesterséges anyagokból készült termékek hulladékainak elhelyezésére, kezelésére és újrahasznosítására. Ennek környezetvédelmi és gazdasági okai voltak. A műanyagok fizikai tulajdonságai használat közben jelentős mértékben romlanak, így nem alkalmazhatók ugyanarra a célra, mint amire eredetileg tervezték. Ezért másodlagos felhasználásuk csak műszaki szempontból gyengébb minőségű termékek előállítását teszi lehetővé (ellentétben a fémmel és az üveggel, amely többször újra felhasználható és újrahasznosítható). Az újrahasznosítás a *körforgásos gazdaság* egyik fő pillére. Biztosítja a visszaforgatást a gazdasági rendszerbe, vagyis az ellátási láncban körforgásban tarthatók a termékek. Ennek részeként az Európai Unióban felismerték, hogy a gazdasági rendszer működése akkor lesz környezetvédelmi szempontból is stabil, ha az elhasznált termékek egy részét vagy azok alkatrészeit, alkotóelemeit újra felhasználják. Ennek alapjaként az EU-ban 2015-ben jogi értelemben is deklarálták a körforgásos gazdaságot mint fenntartható gazdasági modellt.

A tanulmányban felhasznált keretrendszer: a körforgásos gazdaság

Szakirodalmi háttér

A körforgásos gazdaság alap gondolatának két része van: az egyik az anyagok gazdaságon keresztül történő áramlásával kapcsolatos, a másik pedig az ilyen áramlást előidéző gazdasági feltételekről való gondolkodással foglalkozik. Optimális esetben a gazdasági rendszer teljesen zárt lenne. Minden hulladékot visszaküldenének erőforrásként, hogy új termékeket lehessen belőlük előállítani (Spilhaus, 1966:488). A föld zárt, körforgásos rendszer, amely korlátozott felszívó és regenerációs képességgel rendelkezik. Ebből adódóan a gazdaságnak és a természetnek egyensúlyi együttélésben kell léteznie (Boulding, 1966). Gazdasági szempontból a körforgásos gazdaságot 1990-ben definiálták. Pearce & Turner (1990) szembeállítja a körforgásos természeti rendszereket a lineáris gazdasági rendszerekkel, különbséget tesz a tőkeállományok és az azokból származó áramlások között. „Boulding esszéje arra mutatott rá, hogy a Földet zárt gazdasági rendszerként kell szemlélni: olyan rendszerként, amelyben a gazdaságot és a környezetet nem lineáris, hanem körkörös kapcsolat jellemzi” (Pearce & Turner, 1990:37).

A szakirodalom nagyszámú fenntartható üzletimodell-archetípust különböztet meg. Bocken et al. (2014) az innováció típusától függően a technológiai, a társadal-

mi és a szervezeti innováció csoportjába sorolja az archetípusokat. A szerzők több más, a műanyagprobléma megoldásának vizsgálására is potenciálisan alkalmazható alternatív üzleti modellt részleteznek, amilyen például a kiterjesztett garancia (*extended warranty*) koncepciója, a megosztott tulajdonjog (*shared ownership*) és a lízing rendszere (ez csak bizonyos műanyag termékek esetében lenne illeszthető a műanyagok közé), továbbá a zöld kémia (*green chemistry*), amely a lebomló műanyagokra vonatkozik.

Ebben a tanulmányban az iparág bemutatására alkalmas keretrendszernek a körforgásos gazdaságkonceptióját választottuk. Ez több üzletimodell-innovációt is felölel, ami erősíti az iparág körforgásos jellegét. Ide sorolható például a kiterjesztett gyártói felelősség és a különböző visszavételi rendszerek sora (*take back management*). Fogarassy et al. (2017) is rámutat, hogy a körforgásos gazdasági irányzat célja nem csupán az anyagáramok bezárása, hanem azok elnyújtása és keletkezésének lehetőség szerinti megelőzése. A körforgásos gazdaság egy széles körben elterjedt, sokat hivatkozott modell is, amely központi szerepet tölt be az európai uniós gazdaságpolitikában.

A *circular economy*, azaz a körforgásos gazdaság koncepciója több elmélet közös pontjainak összeolvadásából született meg (Nagy et al., 2021). Magába foglalja a 20. század végének és a 21. század elejének elméletei közül többek között a bölcsőtől bölcsőig (*cradle-to-cradle*) megközelítést, a hurok- és teljesítménygazdaság, illetve a kék gazdaság (a termelés volumenének növelése helyett a fogyasztói szükségleteknek a természettel összhangban, a természetre káros anyagok kibocsátása nélkül, a legkisebb veszteséggel történő kielégítése) koncepcióját. Az elméletek közös vonása a zárt láncú rendszer (*closed loop*) elképzelés (Geissdoerfer et al., 2017). A körforgásos gazdaság tehát olyan zárt gazdasági rendszer, amely a lineáris gazdasággal szemben a természetben megfigyelhető körfolyamatokból indul ki: minden folyamat végterméke egy következő folyamat inputja. Ez megvalósulhat azonos termékek előállításában, illetve azonos iparágban, de ipari szimbiózis keretében is, különböző ágazatok vállalatai közti együttműködéssel (Lombardi & Laybourn, 2012). Ez utóbbi a modell iparágakon átívelő jellegét tükrözi.

Amíg a lineáris gazdaság elve szerint a primer anyagokat (ásványi anyagok, fémek, fa stb.) feldolgozzák, termékeket állítanak elő belőlük, majd az elromlott, elhasznált eszközöket eldobják, addig a körforgásos gazdaság elve azt mondja ki, hogy az elhasználadott eszközökből és termékekből nyerik ki az értékes másodlagos nyersanyagokat, használják újra és forgatják vissza a gazdasági rendszerbe. Ez a gondolkodás adja meg a körforgásosság jellegét. A körforgásos gazdaságban a

gazdasági szereplők arra törekednek, hogy a termékeket minél tovább és minél jobb minőségben tartsák a gazdasági körforgásban, ezáltal kevesebb nyersanyagforrásra legyen szükség. Ennek alapját a megfelelő terméktervezés adja, amely szerint úgy kell az eszközöket megtervezni és legyártani, hogy azok tartósak legyenek, lehessen javítani, felújítani, átalakítani, újrahasználni vagy újrahasznosítani őket. Napjainkban azonban a tömegtermékeket, azok közül is elsősorban az elektronikai cikkeket leginkább rövid élettartamra, korlátozott javíthatóságra gyártják. Gyakran kódolják az elavulást vagy az elromlás mértékét. Újrahasznosításuk legtöbbször nehezen, költségesen vagy egyáltalán nem lehetséges, mivel a konstrukció javításra és megújításra való alkalmatlansága az újbóli fogyasztást támogatja. Így például túl sok akkumulátor nem cserélhető vagy nem javítható, ami rövidebb termékélettartamot, megnövekedett elektronikai hulladékot, kritikus nyersanyagok elvesztését és a fogyasztók szükségtelen kiadásait eredményezi (IIIEE & EEB, 2021).

Véleményünk szerint a terméktervezési folyamat segítségével kell a termékeket a leghosszabb élettartammal ellátni és megfelelő értéken tartani. A vállalkozások számára lehetővé kell tenni az új termékek és szolgáltatások bevezetését, valamint csökkenteni kell az alapanyagok minőségéből, átváltozásából és beszerzéséből adódó anomáliákat.

A legyártott eszközök gyorsan amortizálódnak, karbantartásukra sincsenek elegendő erőforrások. A körforgásos tervezés alapját a szerelhető termékek képezik, amelyekhez a javítás, a pótlás és az alkatrészek cseréje kapcsolódik. Ezáltal a gyártási folyamatok újabb erőforrásokat, munkálatokat és energiabefektetést foglalnak magukba.

A bizonyos termékek életciklusát hosszabbító folyamatokat körforgást lelassító eljárásnak minősítik, ezért a körforgást biztosító fenntartható tevékenységként az újrafelhasználást és újrahasznosítást tartjuk fontosnak. Ennek alapja, hogy a megtervezett termékeket nemcsak hosszú élettartammal kellene ellátni, hanem lehetővé kellene tenni az alapanyagok újrahasznosítását is.

A végtermékek erőforrásokként való felhasználása a hulladéktermelés és az új erőforrások bevonásának csökkenését eredményezi. A körforgásos gazdaság különféle elemeinek fejlesztése érdekében elemezni kell a bevált és sikeres módszerek kidolgozásának és alkalmazásának tapasztalatait a különböző országokban és régiókban. Fel kell tárnunk, hogy megtörtént-e a releváns eszközök bevezetése az előrelépéshez (Kozma et al., 2021). A modell gyakorlati alkalmazása jelentős kormányzati támogatást tesz szükségessé. A körforgásos gazdaságra való áttéréssel konferenciákon, tudományos fórumokon és publikációkban foglalkoznak. A modell

bevezetéséhez előzetes hatásvizsgálatra és elemzésre is szükség van. A vállalatok figyelmét fel kell hívni a körforgásos modellek előnyeire és lehetőségeire, illetve a kapcsolódó kockázatokra is (Tóthné et al., 2017).

A szabályozói háttér

A műanyag-újrafeldolgozás keretrendszerének az egyik legfontosabb alapját az Európai Unió 2015-ben kiadott körforgásos gazdaságra való átállásról szóló cselekvési terve képezi. Janez Potocnik, az Európai Bizottság akkori környezetvédelmi biztosa 2015 közepén mutatta be az *Európai Bizottság körforgásos gazdasági csomagját*, ami lefektette az alapjait annak, hogy a koncepció meghatározó lesz az üzleti életben és az Európai Unió gazdaságpolitikájában. Az intézkedések a termékek egész életciklusára kiterjednek, a gyártástól kezdve a fogyasztáson át a hulladékgazdálkodásig és a másodlagos nyersanyagok piacáig (European Commission, 2015).

Az intézkedéscsomag a hulladékkezelés és -lerakás, illetve a csomagolás terén tartalmaz irányelveket, amelyeket a Tanács 2018-ban fogadott el (Amanatidis, 2019). A hulladéklerakás visszaszorítását ösztönző gazdasági eszközök, valamint a kiterjesztett gyártói felelősségi rendszerek és betétdíjrendszerek érvényesítése előmozdíthatja az újrafelhasználást, ezzel támogatja az újrafeldolgozást (Európai Bizottság, 2018).

A cselekvési terv külön kitér a műanyagok körforgásos gazdaságban betöltött szerepére és a műanyagértéklánc egészének a kihívásaira. A műanyagok körforgásos gazdaságára vonatkozó stratégia célja az újrahasznosítási arány növelése valamennyi kulcsfontosságú területen és az európai uniós vezető szerep megszilárdítása a válogató és újrafeldolgozó eszközök és technológiák terén. Ennek érdekében az Európai Bizottság (2018) a következő négy lényeges területet érintő intézkedéscsomagot javasolt:

1. a műanyag-újrahasznosítás gazdaságosságának és minőségének javítása;
2. a műanyag hulladék mennyiségének mérséklése és a szemetelés visszaszorítása;
3. a beruházások és innováció ösztönzése a műanyagértékláncban;
4. a globális fellépés kihasználása.

A műanyag-feldolgozás jövőjére az említett irányelvek jelentős befolyást gyakorolnak, kiváltképpen az első és a harmadik pont. A stratégia az irányelvek részeként nagyszámú előírást és intézkedést tartalmaz, például korlátozásokat vezet be az egyszerű használatos műanyagokra. Kötelező célként meghatározza, hogy 2025-re az

egyik legjelentősebb műanyag hulladék-forrásnak – a műanyag csomagolásnak – az újrahasznosítási arányát 50 százalékra kell emelni, 2030-ra pedig valamennyi műanyag csomagolást újrafelhasználható vagy újrafeldolgozható módon kell megtervezni (Amanatidis, 2019). Az Európai Unió hivatkozott irányelvei nyomán várhatóan számottevően nagyobb súlyt fog kapni a műanyagok újrafeldolgozása.

Az első pont kapcsán a Bizottság az értékláncon felfelé haladva több fejlesztendő területet azonosított. Így a könnyebb újrahasznosítás érdekében szükségesnek tartja a terméktervezés javítását és az innováció támogatását. A Bizottság számításai szerint a jobb terméktervezés következtében a csomagolás terén az újrahasznosítási költségek a felére csökkenhetnek. Kívánatos továbbá a műanyagok elkülönített gyűjtésének kiterjesztése és javítása avégett, hogy az iparág nagyobb mennyiségű és jobb minőségű alapanyaghoz jusson. Ebben a kiterjesztett gyártói felelősségi és a betétdíjrendszerek szerepe lényeges lehet. A betétdíj a terméktervezők és a gyártók helyett a fogyasztók gazdasági ösztönzésén alapul. Lényege, hogy a fogyasztó a termék megvásárlásakor bizonyos összegű betétdíjat fizet, amit azonban visszakap, amikor a terméket vagy a termék csomagolását visszaváltja a gyűjtőponton (Staff, 2019). Ez a rendszer ösztönzi a szelektív hulladékgyűjtést, ezáltal az újrahasznosítást is.

A Bizottság az Unió válogatási és újrafeldolgozási kapacitásai bővítésének és korszerűsítésének fontosságára is felhívja a figyelmet. Számításai szerint a gyűjtési és válogatási rendszerek széttagoltságának csökkentésével jelentős mértékben javulhat az újrahasznosítás gazdaságossága. A begyűjtés tonnánként közel 100 euró megtakarítást tenne lehetővé.

Végül az uniós intézmények az újrahasznosított műanyagok működőképes piacának létrehozását határozták meg célként. A megvalósítás eszközeként többek között ágazatközi megállapodások létrehozását, az értékláncon belüli párbeszéd javítását és a műanyagokra vonatkozó globális protokoll kidolgozását említették.

Pomázi & Szabó (2019) is hangsúlyozza, hogy a modell általánossá tételéhez az innovációt nem csupán a technológiákra, a szervezésre és a szabályozásra, hanem a társadalomra és a finanszírozási formákra is ki kell terjeszteni. A folyamatosan növekvő hulladékmennyiség miatt a műanyagok újrahasznosítása globálisan egyre hangsúlyosabb lesz. A következő fejezet a globális iparági gazdasági trendeket vizsgálja.

Globális gazdasági trendek az ágazatban

A műanyagipar jelentős szerepet tölt be mind a világ, mind az Európai Unió gazdaságában. Az ipari hozzáadott érték nagysága alapján az ágazat jelenleg a nyolcadik helyen áll (PlasticsEurope & ERPO, 2021). Az európai uniós műanyagipar a műanyag-alapanyagok gyártását, a műanyag-átalakítást, a műanyag-újrahasznosítást és a műanyaggyártáshoz szükséges berendezések előállítását foglalja magába.

Maga a műanyag-újrahasznosítás a Plastics Recyclers Europe, az európai műanyag-újrahasznosítókat képviselő szakmai szervezet meghatározása szerint minden olyan hasznosítási műveletet tartalmaz, amelynek révén az anyagokat más anyaggá vagy terméké dolgozzák fel, eredeti céljuknak vagy egyéb célnak megfelelően. Ennek alapján a műanyag-újrafeldolgozás az a folyamat, amelyben a műanyag hulladékot hasznos terméké vagy anyaggá transzformálják. A műanyagok újrahasznosítása rendkívül szerteágazó tevékenység, a piacok és a feldolgozási technikák műanyag típusoktól és termékspecifikációktól függően különböznek (Chen, 2022).

A műanyagipar és a műanyag-újrahasznosítás társadalmi és gazdasági jelentősége, valamint a szabályozói erőfeszítések és reformok ellenére a műanyag-újrafeldolgozó ágazat fejletlen és erősen széttagolt. Hesselink & van Duuren (2019) szerint az EU-ban a négy legnagyobb újrahasznosítónak is összesen mindössze 17 százalék volt a piaci részesedése 2018-ban. A műanyag-újrafeldolgozás globális piacán nagyszámú szereplő van jelen, ezek jelentős része jellemzően kisebb, strukturálatlan működésű vállalkozás. A döntően helyi, nem pedig multinacionális újrafeldolgozók többnyire az értéklánc egy tevékenységére és a műanyagfajták egy vagy néhány típusára specializálódnak. Mind több szereplő törekszik az ellátási lánc több részére, illetve az újrafeldolgozott anyagok egyre több szegmentumára is kiterjeszteni tevékenységét, illetve portfólióját. Sok olyan gyártóvállalat is található a szereplők között, amelyek a műanyag-újrafeldolgozás mellett újrahasznosított műanyagokat felhasználó termékek gyártásával is foglalkoznak. Az alacsony koncentrátságu regionális piacokon erős a verseny, ami jelentős belépési korlátot eredményez a kisebb szereplők számára (Locock et al., 2017). A fragmentált piac hátráltatja a jövedelmező működést, ezért a nagyobb piaci szereplők felvásárlások, partnerség és együttműködés révén igyekeznek növelni földrajzi jelenlétüket és piaci részesedésüket (Acute Market Reports, 2020). A vállalatok tevékenységének közös együttműködésén alapuló összehangolásával jelentős gazdasági és környezeti hasznok érhetők el (Horváth & Bereczk, 2021). Nagyszámú helyi vállalkozás működik fejlődő országok szervezetlen piacain.

A nagy népesség és a műanyag termékek napi szükségletekhez való növekvő felhasználása miatt ezek az országok a nemzetközi szereplőknek is ígéretes növekedési lehetőségeket kínálnak.

Statista (2018) és Talyan & Agrawal (2019) szerint a műanyag-újrafeldolgozó iparág piaca 2018-ban 41,24 milliárd amerikai dollárt tett ki globális szinten. Összehasonlításképpen, a teljes műanyagipar forgalma egyedül az Európai Unióban 2018-ban meghaladta a 425 milliárd dollárt¹ (PlasticsEurope & ERPO, 2019).

A méretgazdaságosság elérése az ágazatban lényeges, ugyanis a kis vállalati méretekből adódóan az újrahasonosított műanyagok piaci ki vannak téve a világgazdasági feltételek változásainak, ide értve a keresleti sokkokat is. Azokban az országokban és régiókban, ahol magasabb szintű a fogyasztói tudatosság, nagyobb a kereslet a környezetbarát termékek iránt (Gasset & Iannotti, 2017). A piaci előrejelzések szerint a következő években az iparág dinamikus növekedése várható világszerte, ami a műanyag termékek és a műanyag csomagolások iránti kereslet növekedésére és az egyre súlyosabb környezeti gondokra vezethető vissza.

A műanyag hulladék-újrahasonosító ágazat fő jellemzői

Globális szinten a műanyag-újrahasonosítási ráták régióként, országonként és műanyag típusonként nagymértékben eltérnek egymástól. Az OECD (2018b) adatai szerint a műanyagok újrahasonosítási aránya a magas jövedelmű régiók közül az Európai Unióban a legmagasabb, 30 százalék körüli, míg más magas jövedelmű országokban általában 10 százalék körül mozog. A reprezentatív arányok meghatározását nehezíti, hogy a műanyag hulladékok keletkezéséről és sorsáról korlátozott mennyiségben és minőségben állnak rendelkezésre adatok, különösen az Európai Unió és az USA-n kívül. A közepes és alacsony jövedelmű országokban az újrahasonosítási arányok többnyire ismeretlenek. A műanyag-újrahasonosító ágazatra ható globális gazdasági és kereskedelmi tendenciák feltérképezése előtt célszerű az ágazat jellemzőinek és szerkezetének áttekintése.

¹ 360 milliárd euró, 2018. évi átlagos EKB árfolyamon (1 EUR = 1.1810 USD) átszámítva.

Értéklánc

A műanyag-újrafeldolgozás alapanyaga a műanyag hulladék, készterméke pedig az újrahasznosított műanyag vagy műanyag termék. Attól függően, hogy a folyamat végén az újrahasznosított termék funkciója megegyezik-e az alapanyagként szolgáló eredeti termék funkciójával, zárt vagy nyílt rendszerű újrahasznosítás különböztethető meg (IEA, 2018). Az újrahasznosított műanyagok értékláncai magukba foglalják a műanyag hulladék begyűjtését, ami egy több fokozatból álló logisztikai rendszer (Szászi & Bányainé Tóth, 2020). Egy kezelőüzemben válogatják az anyagot, majd a különféle szempontok szerint kiválogatott anyagot az újrahasznosító újrafeldolgozza, és továbbítja a darálékot vagy granulátumot a műanyaggyártónak vagy -átalakítónak. Az utóbbiak a kész műanyag alkatrészt vagy csomagolást fogyasztói cikket előállító vállalatoknak értékesítik (Milios et al., 2018). A folyamatban több különböző szereplő vesz részt, ők a magán- és állami, illetve az informális és a formális szektor részei (OECD, 2018a).

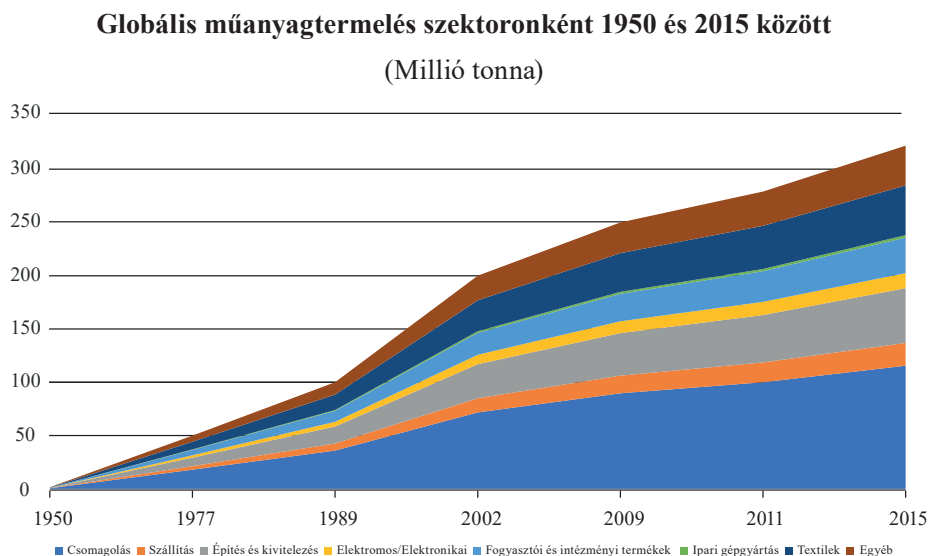
Nyersanyagpiac

Ami a nyersanyagpiacot illeti, a 3. ábra szerint az újrahasznosításra kerülő műanyag hulladék nagy része a csomagolásból, az elektronikai termékek gyártásából, a járműiparból, az építkezésekből, illetve a mezőgazdaságból származik (OECD, 2018a).

A lakossági hulladék kevertebb és szennyezettebb a homogénebb, így magasabb színvonalon és könnyebben hasznosítható ipari hulladékokhoz képest. A legjelentősebb alapanyagforrás a csomagoláshoz kapcsolódó műanyag hulladék, ennek meghatározó része az élelmiszeriparból származik. A műanyagcsomagolóanyag-szegmentumban – beleértve a lakossági, az ipari és a kereskedelmi csomagolást is – a legnagyobb arányú az újrahasznosítás az Európai Unióban a többi területhez viszonyítva: az uniós tagállamok több mint fele 40 százalék feletti újrahasznosítási arányt ért el 2018-ban (PlasticsEurope, 2019). A műanyag csomagolóanyagok újrahasznosítási aránya az utóbbi években is jelentősen nőtt az EU-ban, 2016-ra a 2006-os szint csaknem háromnegyedével (PlasticsEurope, 2018). A csomagolóanyagok könnyen azonosíthatók a hulladékáramban, és viszonylag könnyű a szétválogatásuk. A minőségtől függően aránylag magas értékűek az újrahasznosított műanyagok piacán (OECD, 2018a). Ezen túlmenően a műanyag csomagolóanyagok rövid életciklusa és az így keletkezett hatalmas mennyiségű hulladék következtében 2014 és 2018 között

az újrafeldolgozott műanyagok mennyiségének 78 százaléka a csomagolásból származó műanyag hulladékokra jutott (Talyan & Agrawal, 2019).

3. ábra



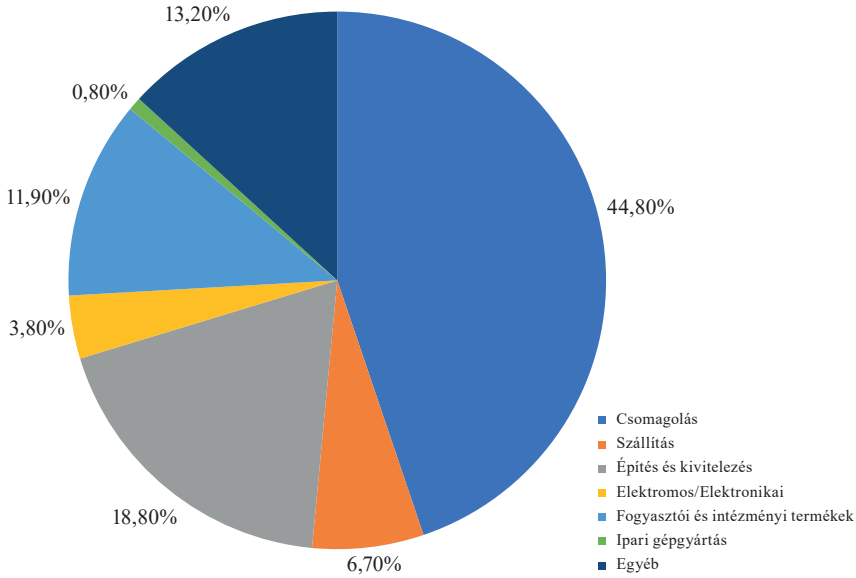
Forrás: Saját szerkesztés Geyer et al. (2017) alapján.

Felnevőpiac

A műanyagot újrafeldolgozó vállalatok legfontosabb felnevőpiaci ügyfelei a nagy márkatulajdonosok és műanyag-átalakítók (Hesselink & van Duuren, 2019). A 4. ábra alapján az újrafeldolgozott műanyagok legjelentősebb felhasználója globális szinten a csomagoló-, az építő-, a jármű- és a textilipar, az elektromos és elektronikai felszereléseket, valamint a háztartási és fogyasztási cikket gyártó ipar (OECD, 2018a).

A becsült műanyag felhasználás főbb szektorok szerinti megoszlása 2002 és 2014 átlagában

(Összes felhasználás = 100 százalék)



Megjegyzés: Az ábra a textilek alapanyagaként szolgáló műanyag szálakat és ennek következtében a textilipart nem tartalmazza.

Forrás: Saját szerkesztés Geyer et al. (2017) alapján.

Az 1. táblázat szerint a leggyakrabban újrahasznosított műanyagok a fejlett országokban az üdítőitalos palackok gyártásához használt polietilén-tereftalát (PET) és a fogyasztói vagy lakossági felhasználásból származó polietilén (HDPE és LDPE). A két szegmentum dominanciája a csomagolóanyag előállításához használatos anyagok felhasználásában bekövetkezett növekedésre vezethető vissza (Acute Market Reports, 2020). Az újrahasznosított PET-műanyagok aránylag magas értéket képviselnek a nemzetközi piacokon, ami jellemzően az utóbbi évtizedben mutatkozó kínai ruhaipari keresletnek tudható be (Paletta et al., 2019). Polietilént a háztartásokban keletkező műanyag hulladékok tartalmazznak nagy mennyiségben, mivel ezek képezik a csomagolóanyagok többségét (szatyrok, fóliák, mosószeres flakonok). Az ezekből a hulladékokból készült regranulátum értékes első osztályú anyagnak számít (emiatértéke is magasabb), mert könnyen fel tudja használni az ipar. Alkal-

mazásukért a felhasználók alacsonyabb termékdíjat fizetnek a gyártóknak, mivel kevesebb primer alapanyag szükséges a gyártáshoz. Az adott hulladék anyagokból képződött mennyiség és a minőség kettőssége határozza meg a hulladékpiacon az ezekért az anyagokért folyó versenyt.

1. táblázat

Műanyagtípusok szimbólumszámok, megnevezés és felhasználás szerint

Szimbólumszámok anyagok szerint	Megnevezés	Termékpéldák
1 – PET	Poli(etilén-tereftalát)	Üdítőspalack
2 – HDPE	Magas sűrűségű polietilén	Vízvezeték, hordók, samponosflakon
3 – PVC	Poli(vinil-klorid)	Csőgyártás, kábelborítás, zuhanyfüggöny, ablakkeret
4 – LDPE	Alacsony sűrűségű polietilén	Sátorfólia, szatyor, sittes- és szemeteszsák
5 – PP	Polipropilén	Élelmiszeripari csomagolás, háztartási eszközök (vödör, láda, rekesz, kerti bútor)
6 – PS	Polisztirol	Csomagolóanyag, élelmiszer-csomagolás, eldobható pohár, tányér, evőeszköz, CD- és DVD-tartók
7 – O	Egyéb	Társított anyagok, autóiipari alkatrészek

Forrás: Saját szerkesztés (korábbi tapasztalatok alapján).

A PP (polipropilén) műanyagok megtermelt és elfogyasztott mennyisége ugyan csak jelentős, a polipropilén ugyanis szintén kulcsfontosságú csomagolóanyag, azonban a körülményes válogatás miatt nehezebben újrahasznosítható (OECD, 2018a). A PlasticsEurope (2019) adatai alapján az elmúlt több mint tíz évben a műanyagtípusok közül a legnagyobb kereslet a PP-műanyagok iránt mutatkozott a gyártók részéről (2018-ban 19,3 százalék). Ennek ellenére a PET-típusú a leggyakrabban újrahasznosított műanyag mind globálisan, mind az Európai Unióban, ezzel azonban csak a hatodik helyen áll a műanyagok iránti keresletben. Ez valószínűleg arra vezethető vissza, hogy a jelenlegi kapacitások korlátai miatt a PET-műanyagok könnyebben és olcsóbban válogathatók a PP-műanyagokhoz képest, illetve rövid életciklusa miatt nagy mennyiségű hulladék képződik az anyagból (OECD, 2018a).

Az Európai Unióban az újrafeldolgozott műanyagok iránti kereslet a műanyagok iránti teljes keresletnek csupán közel 6 százaléka (Európai Bizottság, 2018). Az alacsony kereslet az újrafeldolgozott műanyagok újakhoz képest alacsonyabb ár-érték arányára vezethető vissza, ami az újrahasznosított műanyagok minőségi korlátaihoz és az új műanyagok fontos összetevőjének, a kőolajnak az árához köthető. Nem tagadható még a termékgyártók ellenállása és ismereteinek hiánya sem (Simon, 2019; McKinnon, 2018; Gasset & Iannotti, 2017; Nicolli et al., 2012; Milios et al., 2018). A felvevőpiacokkal kapcsolatos bizonytalanság hátrányosan érinti az iparág gazdaságosságát.

Régiós jellemzők

A műanyag hulladék-áramlások határokon átívelő jellege miatt elengedhetetlen a nemzetközi összefüggések vizsgálata. A rendelkezésre álló feldolgozandó műanyag hulladék mint alapanyag, annak minősége, a hulladékgyűjtési rendszerek kiépítettsége és szerkezete nemzetközi viszonylatban területenként különbözik. Ez nagymértékben befolyásolja a műanyag hulladékot újrahasznosító helyi ipar szerkezetét és fejlettségét. A megfelelő alapanyag beszerzése érdekében az újrahasznosítók gyakran más országokból importálnak műanyag hulladékot (World Economic Forum, 2020). Az eltérő környezetvédelmi szabályok és a logisztikai távolságok megnehezítik, adott esetben meg is gátolják az újrahasznosítás megtérülését, mert nem éri meg szállítani a hulladékot a költségek miatt.

Regionális vetületben a műanyag hulladékot újrahasznosító iparban a délkelet-ázsiai piac dominál. A nagy mennyiségű műanyag hulladék-termelésre és -behozatalra, valamint a térségbeli családi tulajdonban lévő, kis méretű feldolgozóüzemek nagy számára támaszkodva Kína, India, Vietnám, Indonézia, Malajzia és Dél-Korea tölt be vezető szerepet (Talyan & Agrawal, 2019). 2018-ban a világ teljes műanyag hulladék-mennyiségének 30 százaléka Kínában képződött. A csendes-óceáni térség jelentős mennyiségű műanyag hulladék-importját az alacsony költségű munkakerő és a kevésbé szigorú kormányzati szabályozás ösztönzi (PlasticsEurope, 2019). Bár már megindult a térségben a hulladékkezelési és -feldolgozási rendszerek fejlesztése, ezeknek az üzemeknek a működése gyakran kevésbé technológiaintenzív, munkaigényes folyamatokon alapul. Különösen Kína és India gazdasági szereplői helyeznek nagyobb hangsúlyt a hulladékgazdálkodási folyamatok megreformálására, ezek azonban az európai unióshoz és az amerikaihoz képest továbbra is jelentősen alacsonyabb színvonalat képviselnek (Locock et al., 2017). 2018-ban a korábbi legna-

gyobb műanyag hulladék-importőr, Kína által bevezetett műanyag hulladékimportkorlátozás kezdetben bizonytalanságokat okozott az ország vezető szerepét illetően. A dél-ázsiai fejlődő országok egyre inkább átveszik Kína helyét (Talyan & Agrawal, 2019).

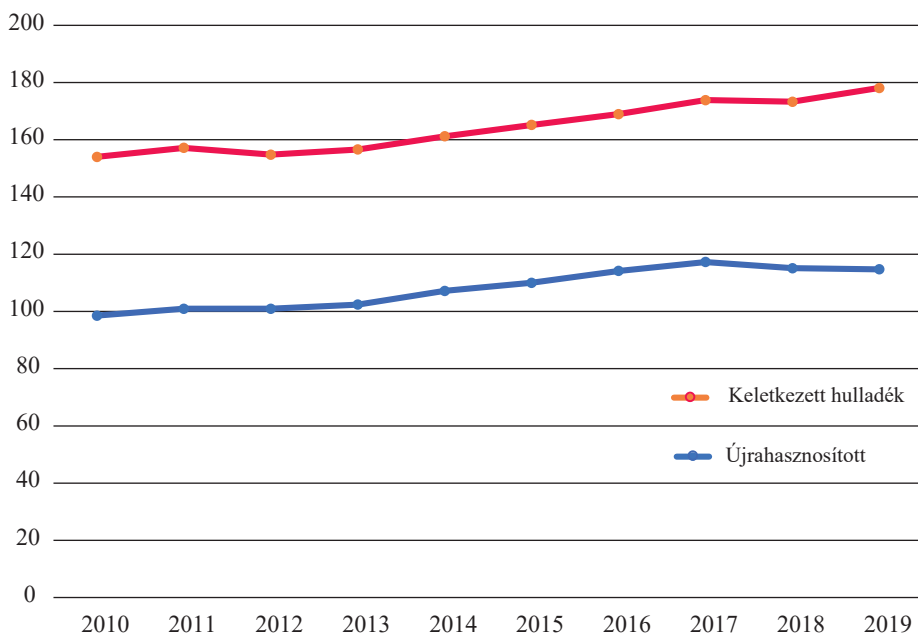
Az európai uniós műanyag hulladék-újrahasznosítási piac számottevően nagyobb mértékben szabályozott, mint az észak-amerikai. Többek között ez az oka annak, hogy az EU-ban a legmagasabb a műanyag hulladék újrahasznosítási aránya Észak-Amerika és Japán előtt (OECD, 2018a). Az alacsony költség miatt Észak-Amerikában a szemétkerékeken való elhelyezés elterjedt gyakorlat. Emiatt alacsonyabb az újrahasznosítási ráta (Locock et al., 2017). Az Európai Unióban a körforgásos gazdaság programcsomagjába foglalt szabályozás és ösztönzők (például az újrahasznosítható műanyagok újrafelhasználására vonatkozó szigorú előírások), valamint a fogyasztói tudatosság javítására irányuló erőfeszítések nem csekély mértékben járulnak hozzá új technológiák és alkalmazási módok kifejlesztéséhez. Azok az európai uniós tagországok, ahol az újrahasznosítható műanyagok hulladéklerakón való elhelyezése tiltott, átlagosan magasabb arányú újrahasznosítási arányt érnek el (PlasticsEurope, 2019). Ez azért fontos, mert 2030-tól az új uniós stratégia minden országban tiltja a műanyag hulladék lerakását (Európai Parlament, 2018). A műanyag csomagolás terén a kiterjesztett gyártói felelősségi és a betétdíjrendszerek alkalmazása tette lehetővé magasabb újrahasznosítási ráták elérését. A járműiparban uniós jogszabályok írják elő az elhasználandó járművek részeinek újrafelhasználását vagy újrahasznosításának a súlyra vetítve minimum 85 százalékos arányát. Ebben a műanyagok kulcsszerepet kapnak (European Commission, 2000). Ennek jegyében például a Renault autógyár franciaországi flinsi telephelyén 2024-ben átáll évi 10 ezer autó újrahasznosítására, bontott alkatrészek felújítására, évi 45 ezer autó felújítására, valamint évi 20 ezer villanyautó-akkumulátor javítására (Renault Group, 2020). Az európai uniós építőiparban az újrahasznosítási programok elsősorban PVC-műanyagok körforgásban tartását támogatják (Locock et al., 2017). A globális műanyag-újrahasznosítási piac nagysága a 2018. évi 34 milliárd dollárról 2027 végére várhatóan eléri a 60 milliárd dollárt. Az erősödő környezettudatosság nyomán előtérbe kerül a műanyag-újrahasznosítás iránti igény, ami további impulzust ad a piacbővülésnek (Transparency Market Research, 2020).

Az Eurostat (2021) adatai szerint 2019-ben az EU-tagállamok a csomagolási hulladékok 41 százalékát hasznosították újra. Minden EU-tagországban élő ember 34,4 kg műanyag csomagolási hulladékot termelt, ebből 14,1 kilogrammot hasznosítottak újra. Becslések szerint 9 uniós tagállam (Litvánia, Csehország, Bulgária,

Hollandia, Svédország, Szlovákia, Spanyolország, Ciprus és Szlovénia) hasznosította újra a keletkező műanyag csomagolási hulladék több mint felét (5. ábra). (Magyarország a 22. helyen állt 33 százalékos aránnyal.) Az Eurostat (2021) szerint 2009 és 2019 között 24 százalékkal (6,7 kilogrammal) nőtt az egy lakosra jutó műanyag csomagolási hulladék mennyisége.

5. ábra

**Műanyag csomagolási hulladékok keletkezése és újrahasznosítása az EU27-ben
2009 és 2019 között**
(kg/fő)



Forrás: Saját szerkesztés Eurostat (2021) alapján.

A műanyag csomagolási hulladék újrahasznosított mennyisége ugyanebben az időszakban jelentősen, 50 százalékkal (lakosonként 4,7 kilogrammal) emelkedett. A javulás ellenére 2009 óta egy főre vetítve 2 kilogrammal nőtt az újra nem hasznosított műanyag csomagolás mennyisége. Ennek oka a keletkezett műanyag csomagolási hulladék abszolút értékének nagyobb gyarapodása.

Ezzel szemben 2009 és 2019 között a keletkezett települési hulladék számottevően nem, mindössze 1,5 százalékkal (8 kilogrammal) csökkent egy főre vetítve.

Az anyagában történő hasznosítás ugyanebben az időszakban 23,5 százalékkal (152 kg/fő) bővült a 2009. évi szinthez képest (123 kg/fő), a növekmény tíz év alatt abszolút értékben 29 kilogramm volt úgy, hogy a keletkezett települési hulladék mennyisége stagnált.

A műanyag csomagolási hulladéknak átlagosan 41 százalékat hasznosították újra. Ezzel szemben 2019-ben 502 kilogramm települési hulladékból mindössze 152 kilogramm hasznosult újra anyagában. Ez még mindig csak 30 százalékos újrahasonosítási arány. Magyarországon ez az érték 26,6 százalék volt (Eurostat, 2021).

A műanyag-újrahasonosítás szempontjából meghatározó három vizsgált földrajzi entitáson – Ázsián, az Európai Unión és Észak-Amerikán – kívül Ausztrália, Japán, Dél-Afrika, Mexikó és Brazília piaca is jelentős (Chen, 2022). A fejlődő világ sok országában nincs kiépített hulladékgyűjtési és -válogatási rendszer, ami az óceánokba kerülő műanyagok nagy mennyiségének egyik fő kiváltó oka. Ezen túlmenően a műanyagfeldolgozó ipar számára is nagy mennyiségű potenciális újrahasonosítható műanyag hulladék veszteségét jelenti (OECD, 2018b). Az ágazat nemzetközi összefüggéseinek áttekintése után a következő rész az újrahasonosítás alacsony feldolgozási arányát eredményező anomáliákat vizsgálja.

Nemzetközi anomáliák

Az OECD (2018a) szerint az újrahasonosított műanyagok termelésének és forgalmának aránya 10 százalék körüli. Ez lényegében megegyezik az ENSZ által becsült 9 százalék körüli globális újrahasonosítási rátával. Ezt a két arányt érdemes összehasonlítani a korábban bemutatott európai uniós viszonyszámokkal: amíg az újrahasonosítási ráta 30 százalék körüli, addig az újrafeldolgozott műanyagokra az összes kereslet mindössze 6 százaléka jut (Európai Bizottság, 2018). Az ellentmondás fontos jelenségre mutat rá: az európai uniós statisztikák az újrahasonosítási ráta fogalmán az újrahasonosításra összegyűjtött műanyagok megtermelt műanyag hulladékokhoz viszonyított arányát értik. Maga az újrafeldolgozás azonban nem feltétlenül az Európai Unió tagországaiban történik, mégis beleszámít az arányba. Az uniós tagországok az újrahasonosításra összegyűjtött műanyagok jelentős részét kevésbé szabályozott piacú fejlődő országokba exportálják. Ezt támasztja alá az is, hogy a

kínai importkorlátozás után több korábbi exportőr országban szignifikánsan csökkentek az újrahasznosítási ráták (OECD, 2018b).

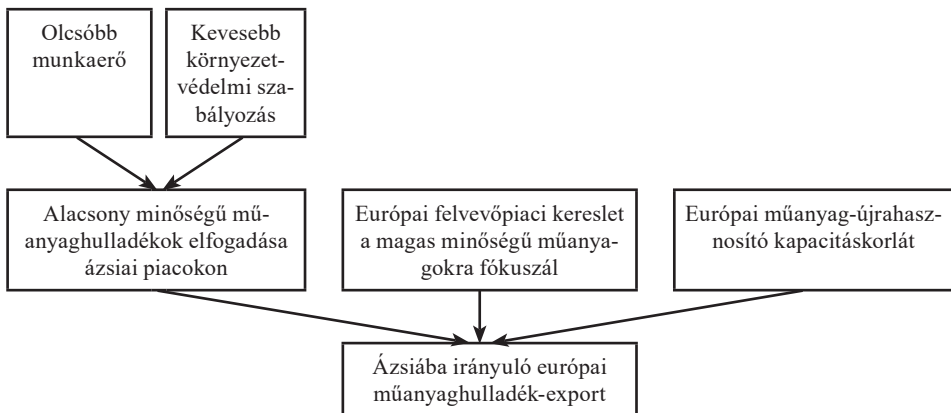
Az Európai Unió Kínába irányuló hatalmas mennyiségű műanyag hulladék-exportját az alacsony költségű szállítás és feldolgozás, valamint a kereslet koncentrációja ösztönözte. A termékportfóliók bővítése nyomán világkereskedelmi részesedésének bővülésével (Rácz & Farkas, 2020) párhuzamosan Kína a műanyag hulladékok újrahasznosítása terén is javította nemzetközi pozícióit. A kínai műanyag hulladék-import az elmúlt két évtized világszintű műanyag hulladék-importjának a kétharmadát tette ki, ezzel Kína a műanyag hulladékok legnagyobb felvevőpiacává nőtte ki magát. Az alacsony költségű munkaerő és a hiányos környezetvédelmi előírások lehetőséget teremtettek az alacsonyabb minőségű műanyagok bevitelére, így az országba beáramló nagy mennyiségű és gyenge minőségű műanyag hulladék feldolgozása egyre nagyobb problémává vált (Wang et al., 2020), aminek következtében 2013-tól a kínai állam fokozatosan szigorodó korlátozásokat vezetett be a műanyag hulladékok importjára (Brooks et al., 2018). Az importkorlátozások következtében 2016 és 2018 között 39 százalékkal csökkent az újrahasznosításra összegyűjtött műanyag hulladékok EU-n kívüli újrahasznosítása (PlasticsEurope & ERPO, 2019). Az exportcsökkenés következtében megnőtt az EU-ban a műanyag hulladék kínálata, az újrahasznosítók kapacitásai nem voltak elegendők a rendelkezésre álló alapanyag feldolgozására, ugyanakkor az újrahasznosított műanyagokat felvevő piac szívóereje sem volt elég nagy. A túlkínálat nyomán nagymértékben csökkentek az alapanyagárak, ennek hatására nagyobb mennyiségű műanyag került hulladéklerakóba vagy -égetőbe (OECD, 2018a). A korlátozások ellenére 2018-ban még így is az újrahasznosításra összegyűjtött műanyagok közel ötödét exportálták EU-n kívüli országokba. A 2018-ban érvénybe lépett embargó hatására a gyenge minőségű műanyagok exportjának célpontja a szomszédos országok: Malajzia, Vietnám, India és Thaiföld piacaira, illetve Törökországba helyeződött át. Az új exportcélországokban azonban a kínaihoz hasonló környezeti problémák jelentkeztek, ennek következtében a dél-ázsiai országok is kezdtek importkorlátozó intézkedéseket hozni (Wang et al., 2020). A helyi fejletlen újrafeldolgozó létesítmények és a hiányos környezetvédelmi előírások miatt kérdéses, hogy ezeket a műanyag hulladékokat valóban feldolgozták-e, vagy csupán a hulladéktól való megszabadulásért fizetnek az EU gazdasági szereplői. Az utóbbiak számára erős indok lehet, hogy olcsóbb volt Kínába exportálni, mint az EU-ban pótlólagos kapacitásokat kiépíteni. Az okokat a 6. ábra foglalja össze. A dél-ázsiai országok várható importkorlátozásai utáni jövő azonban bizonytalan.

A következő exportdesztináció Afrika lesz, ahol a szabályozatlan piac és az illegális kereskedelem még nagyobb probléma. Ez is oka lehet annak, hogy 2019-ben az ENSZ veszélyes és egyéb hulladékok nemzetközi kereskedelmét és elhelyezését szabályozó bázeli egyezményének ellenőrzött anyagokat tartalmazó listájára rákerült a legtöbb műanyagtípus is, ami egyrészt nem csekély hatást gyakorolhat a műanyagok nemzetközi kereskedelmére, másrészt csírája lehet a műanyag-kereskedelem szabályozásának (World Economic Forum, 2020).

A jelenséget a következő összefüggés is megvilágítja. Hesselink & van Duuren (2019) szerint 2012 és 2016 között az újrahasznosításra küldött műanyag-hulladék mennyisége az EU-ban éves átlagban 6 százalékkal bővült, míg a kereslet ugyanebben az időszakban ennél gyorsabb ütemben emelkedett. Ennek ellenére maga az újrahasznosítás csupán évente átlagosan 2 százalékkal nőtt ebben az időszakban. Ehhez a tendenciához három tényező is hozzájárulhatott. Egyrészt a műanyag-hulladék-újrahasznosítók nem rendelkeztek az újrahasznosításra összegyűjtött műanyagok feldolgozásához szükséges kapacitásokkal. Másrészt az újrahasznosításra összegyűjtött műanyagok nagy részének a minősége nem felelt meg az újrahasznosítók által támasztott követelményeknek, újrafeldolgozásuk nem lett volna gazdaságos. Harmadrészt az EU-ban összegyűjtött műanyag-hulladékok nagy részét harmadik országokba exportálták újrahasznosításra.

6. ábra

Az EU-ból Ázsiába irányuló műanyag-hulladék-export lehetséges okai



Forrás: Saját szerkesztés (saját kutatás alapján készült).

A Hesselink & van Duuren (2019) által mért, aránylag magas keresleti növekedés más szempontból is érdekes. A kínai importkorlátozás hatását kizáró, európai uniós újrafeldolgozott műanyagok iránti kereslet éves növekedési rátája a 2012 és 2016 közötti időszakban 9 százalék volt. Ez utóbbi dinamikus viszonyszám szembeállítható a kereslet megoszlási viszonyszámával. Az újrahasznosított műanyagok iránti alacsony kereslet arányában arra következtethetünk, hogy a kereslet látszólag gyorsan nő, de nem a műanyag hulladékot újrahasznosító vállalatok által kínált anyagokra van igény. A feltételezés alátámasztása érdekében érdemes lenne egyrészt ismerni, hogy a kereslet mérése során Hesselink & van Duuren (2019) milyen faktorokat vett figyelembe, másrészt érdemes összehasonlítani a keresleti igény növekedését a forgalom növekedésével összhangban, az összes műanyag mennyiségének arányában Európában. A kutatás korlátját képezi azonban, hogy erről nem áll rendelkezésre elegendő adat.

A helyzetet tovább súlyosbítja, hogy a műanyag hulladékok piacainak koncentráltága az alapanyagár ingadozásához vezet. Azáltal ugyanis, hogy az alapanyag-kereslet néhány, elsősorban fejlődő ország piacára koncentrálódik, kitétté válik az iparág az alapanyag keresletében bekövetkező keresleti sokkoknak (Stromberg, 2004; Gasset & Iannotti, 2017).

Összefoglalás, következtetések és szakpolitikai ajánlások

A tanulmány célja a műanyag hulladékot újrahasznosító ágazat nemzetközi tendenciáinak feltérképezése és azon kereskedelmi és ágazati ellentmondások feltárása volt, amelyek a hatékonyan megtérülő, illetve jövedelmező európai uniós műanyag-újrahasznosítást befolyásolják. További célja volt azoknak a szakpolitikai eszközöknek a bemutatása, amelyek révén növelni lehet a műanyag hulladék újrahasznosításának mennyiségét és ezzel arányát az Európai Unióban. Szabályozási, technikai és költségkorlátok következtében az újrahasznosított műanyagok termelése kisebb, mint a termékgyártók által feldolgozott alapanyagok iránti kereslet. Ennek következménye volt az európai uniós műanyag hulladék fejlődő, elsősorban ázsiai országokba való exportja, aminek több káros hatása van. Megterheli az ottani és a globális környezetet, ha az újrafeldolgozásra küldött műanyagok csak egy kis része hasznosul, vagy arra szabályozatlan, és így környezetszennyező körülmények között kerül sor, esetleg a világtengereket szennyezi. A fejlődő viszonylatú kivitel miatt az európai uniós újrahasznosítók gazdasági szempontból kevesebb ösztönzést kapnak kapacitá-

saik fejlesztésére. Kereskedelmi szempontból a koncentráltabb piac a keresleti sokkokkal szemben kitettebbé, sőt volatilisabbá teszi az ágazatot.

A súlyosbodó környezeti probléma ellenére világszinten egyelőre alacsony a műanyag hulladék újrahasznosítási aránya. Regionális összehasonlításban az EU-ban a legmagasabbak az újrahasznosítási ráták, azonban az elemzett ellentmondások az ázsiai piac kulcsszerepére világítanak rá.

Az európai uniós újrafeldolgozás jövedelmezősége jelenleg alacsony, az újrahasznosító vállalkozások termelése és forgalma jelentősen elmarad a műanyaggyártók termelésétől és értékesítésétől. A legjelentősebb korlát az újrahasznosítással kapcsolatos technikai nehézségek mellett a kereslet megfelelő minőségű és mennyiségű alapanyagokkal való kielégítése. Egyrészt a fragmentált piac miatt alacsony, illetve csökkenő az iparágban elérhető jövedelmezőség, aminek következtében mind a kereslet, mind a megfelelő minőségű újrahasznosított alapanyag-kínálat meglehetősen szerény. Ezen túlmenően mind felvevőpiaci, mind kínálati oldalról sok más tényező is hozzájárul az alacsony jövedelmezőséghez. Így a méretgazdaságosság elérése a műanyag hulladékot újrahasznosítók számára fontos szempont, mert a kisebb vállalatok méretükből adódóan jobban ki vannak téve az újrahasznosított alapanyagok nemzetközi piacain végbemenő változásoknak, beleszámítva a kereslet ingadozásait is. Az előrejelzések a műanyag termékek és csomagolóanyagok iránti kereslet bővülése nyomán az újrahasznosítási ipar dinamikus növekedését vetítik előre a következő években, ami a környezeti terhelés súlyosbodására is utal.

A jelentős szívóerővel rendelkező felvevőpiac és a megfelelő minőségű és mennyiségű alapanyagot biztosító beszállító piac fejlődéséhez elengedhetetlen a globális erőfeszítések és a különböző nemzeti érdekek összehangolása. Az iparági szereplők az újrafeldolgozott anyagok egyre nagyobb részére is igyekeznek kiterjeszteni üzleti tevékenységüket. Mind több olyan gyártó cég van, illetve jelenik meg az ágazatban, amelyek a műanyag újrahasznosítása mellett újrahasznosított anyagokból állítanak elő különféle termékeket. A környezeti és társadalmi mellett jelentős gazdasági haszon érhető el, ha a vállalatok közös együttműködésén alapuló üzleti tevékenységeket alakítanak ki egymással a műanyag hulladék begyűjtése, kezelése, hasznosítása és az újrahasznosított műanyag hulladékból történő termékgyártás terén.

Véleményünk szerint az EU-tagországokban működő gyártóknak célszerű magasabb hozzáadottérték-tartalmú és hosszabb élettartamú termékek tervezésére, gyártására és új szolgáltatások bevezetésére törekedniük. További feladat az alapanyagok minőségéből, a globális piaci árak változásából és a beszerzésből adódó anomáliák megszüntetése, de legalábbis mérséklése.

Bár a regionális kereskedelem ösztönző hatású lehet, a hangsúlyt a műanyag-hulladékok lokális újrahasznosítására célszerű helyezni. Ezzel nagyobb mértékben garantálható ugyanis, hogy valóban újrafeldolgozzák az anyagot. A földrajzi távolságok és a kapcsolódó logisztikai korlátok nehezíthetik, sőt esetenként gátolhatják a hulladékfeldolgozás megtérülését. A magas fuvar költségek eredményeképpen, amelyek az utóbbi időben a kőolaj kiugró világpiaci ára miatt tovább emelkedtek, nem gazdaságos a szállítás. Ezért érdemes lokálisan, azaz helyben kezelni a hulladékot. A darálékot, illetve a regranulátumot nagyobb mennyiségben gazdaságosabban lehet szállítani, mint a műanyag hulladékot. A műanyag hulladéokra kivetett kínai embargó következtében megnövekedett alapanyag-kínálat nyomán a nyersanyagpiacok és így a jövedelmezőbb európai uniós újrahasznosítás számára újabb lehetőségek nyílnak meg. Ezek kiaknázásának feltétele:

- (1) az európai uniós kapacitások bővítése és a technológia fejlesztése;
- (2) az európai kereslet növekedése;
- (3) az ázsiai export költségeinek emelése szabályozási eszközökkel annak érdekében, hogy a műanyag hulladék az EU-ban maradjon a dél-ázsiai országba való kivitel helyett.

Az import ázsiai országok által bevezetett korlátozása és a bázeli egyezmény revíziója az európai uniós tagállamok gazdasági szereplőit hosszabb távon kapacitásaik fejlesztésére és a műanyagok EU-n belüli hasznosítására fogja ösztönözni. Ennek hatására lehetővé válik az EU számára, hogy az említett kritikus tényezők megoldásában előrelépve és a körforgásos gazdaság koncepcióját érvényesítve a következő években erősítse globális vezető szerepét a műanyagok újrahasznosításában.

Annak érdekében, hogy az EU-ban a műanyag hulladékok újrahasznosítási arányát növelni lehessen, be kellene tiltani a nem hasznosítható, az alkalmi vagy időszakos felhasználású műanyag termékeket (mint például fogkefe, kozmetikai edények), illetve a vegyesen gyártott ismeretlen eredetű műanyagokat, amelyek főként a jármű- és az elektronikai iparban felhasznált műszaki műanyagok. Ide tartoznak még az élelmiszeriparban keletkező társított csomagolóanyagok, amelyeket ipari komposztálási körülmények között biológiailag lebomló műanyagokkal kellene helyettesíteni. Szigorítani kell a műanyagok jelölését, felhasználási körét és a műanyag hulladékok kezelését azért, hogy egyértelmű legyen, mely primer műanyag-alapanyag-típusokat milyen termékekben lehessen felhasználni. Ez támpontokat nyújt a fogyasztóknak a hatékonyabb szelektív hulladékgyűjtéshez.

Szükség van az Európai Unióban a regionális hulladékhasznosítók és válogatóművek kialakításának és fejlesztésének pénzügyi támogatására, pályázati finanszí-

rozására, mivel a logisztikai terhek jelentős mértékben befolyásolják a megtérülést. Bizonyos szállítási távolságon felül nem éri meg ugyanis fuvarozni a hulladékot, ezért hosszú távú megoldás a helyben keletkező anyagok helyben, régiós szinten való kezelése. Több korszerű technológiával rendelkező hulladékégető telepítése is indokolt, mivel sok olyan vegyes műanyag hulladék keletkezik, amelyek hasznosítását nem lehet gazdaságosan megoldani. Erre utal a csomagolóanyagok arányának alacsony fokú újrahasznosítása is, mert azok hulladékának kezelése költséges és bonyolult, ezért újrahasznosítás helyett hulladéklerakókba kerülnek.

Szakmai érv a hulladékok lerakása helyett a hulladékégető művek telepítése, ami a deponálással szemben hő- és villamos energiát termel. Emellett szigorítani kell a környezetvédelmi szabályozáson, és minimalizálni kell a tevékenységgel kapcsolatos káros anyagok kibocsátását, ami elősegítené a deponálás visszaszorítását is.

Hatékonyabbá lehetne tenni az újrahasznosítást, ha a termelővállalatok és beszállítók visszagyűjtenék a saját termékeikből származó hulladékokat (*reverse logistic*), és újra felhasználnák saját termékeik gyártásához meghatározott előírt arányban (például 50-60 százalékban). Ezt célszerű állami pénzügyi ösztönzőkkel támogatni. Szóba jöhet az áfamentesség vagy az áfakulcs 27-ről 5 százalékra történő csökkentése.

A tanulmány strukturálta az ismertetett műanyag hulladékok keletkezésével, hasznosításával és felhasználásaival kapcsolatos adatokat, összesítette és szintetizálta az ágazat fejlődését befolyásoló nemzetközi és nemzetgazdasági szintű gazdasági, társadalmi és szabályozási tényezőket. A tanulmány a helyzetelemzés és a hatásvizsgálat eredményeire és következtetéseire támaszkodva *szakpolitikai javaslatokat* tett, ami a gyakorlat és az elmélet közötti kapcsolat megeremtésére tett lépésnek tekinthető. *Tudományosan újszerű* eleme annak sokoldalú, a műszaki-technológiai feltételek, a piaci viszonyok, a piaci szerkezet, az ártrendek, a világgazdasági környezet, az export és az import, a vállalati méretek stb. alapján történő igazolása, hogy a globalizáció körülményei között a műanyagokat újrahasznosító iparág lokális jellegű. Azzal kapcsolatos példák egyike, amikor egy globális kihívásra lokális választ célszerű adni. Ezt a folyamatot adekvát nemzetközi, regionális és nemzetálami szintű szabályozással lehet és kívánatos előmozdítani.

A tanulmány és az annak alapját képező kutatás lényeges korlátja, hogy a műanyag hulladékok keletkezéséről és azok kezeléséről korlátozott mennyiségben, illetve minőségben állnak rendelkezésre adatok, főként az Európai Unió és az USA-n kívüli régiókra.

Jövőbeni kutatási irány lehet az adatok egy adatbázisban való összesítése, az ágazat fejlődését befolyásoló társadalmi és gazdasági tényezők makro- és mikrogazdasági szintű elemzése, a szakpolitikai javaslatok hatásainak a vizsgálata. Mindez pontosabb választ adhat a tanulmány elején megfogalmazott kutatási kérdésekre.

Hivatkozások

- Acute Market Reports. (2020). *Global Plastic Recycling Market Size, Market Share, Application Analysis, Regional Outlook, Growth Trends, Key Players, Competitive Strategies and Forecasts, 2019 To 2027*.
- Amanatidis G. (2019). *Erőforrás-hatékonyság és a körforgásos gazdaság*. Ismertető az Európai Unióról. Európai Parlament. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/hu/sheet/76/eroforras-hatekonysag-es-a-korforgasos-%20gazdasag>
- Bocken, N., Short, S., Rana, P., & Evans, S. (2014). A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *Journal of Cleaner Production*, 65, 42–56. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.039>
- Boulding, K. (1966). The Economics of the Coming Spaceship Earth. In Jarrett, H. (Ed.), *Environmental Quality in a Growing Economy, Resources for the Future* (pp. 3–14). John Hopkins University Press, Baltimore.
- Brooks, A. L., Wang, S., & Jambeck, J. R. (2018). The Chinese import ban and its impact on global plastic waste trade. *Science Advances*, 4(6). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat0131>
- Chen, J. (2022). *Plastics Recycling: Global Markets*. BCC Publishing, Wellesley. <https://www.bccresearch.com/market-research/plastics/plastics-recycling-global-markets.html>
- Európai Bizottság. (2018). *A műanyagok körforgásos gazdaságban betöltött szerepével kapcsolatos európai stratégia*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=COM%3A2018%3A28%3AFIN>
- Európai Parlament. (2018). *Jelentés a műanyagok körforgásos gazdaságban betöltött szerepével kapcsolatos európai stratégiáról*. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2018-0262_HU.html#title2
- European Commission. (2000). *Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of life vehicles*. European Union. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/53/2020-03-06>
- European Commission. (2015). *An ambitious EU circular economy package*. European Commission. https://ec.europa.eu/info/publications/ambitious-eu-circular-economy-package_en
- European Commission. (n.d.). *Waste prevention and management*. https://ec.europa.eu/environment/green-growth/waste-prevention-and-management/index_en.htm
- Eurostat. (2020). *Export of plastic waste for recycling from the EU to receiving countries, 2016 to January 2020*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Export_of_plastic_waste_for_recycling_from_the_EU_to_receiving_countries,_2016_to_January_2020.png&oldid=486151
- Eurostat. (2021). *EU recycled 41% of plastic packaging waste in 2019*. <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/-/ddn-20211027-2>
- Fogarassy, C., Horváth, B., Herczeg, B., & Bakosné Böröcz, M. (2017). Cirkuláris gazdasági modellek alkalmazása és hatékonyságuk mérése. In J. Lehota (szerk.), *Életem a felsőoktatásban* (pp. 90–101). Szent István Egyetem Egyetemi Kiadó, Gödöllő. <https://www.researchgate.net/>

- publication/324990983_CIRKULARIS_GAZDASAGI_MODELLEK_ALKALMAZASA_ES_HATEKONYSAGUK_MERESE
- Gasset, J., & Iannotti, L. (2017). *Market Analysis for Treatment of Plastic Waste Market*. Foundation Knowledge Innovation Market. PlastiCircle. https://plasticircle.eu/fileadmin/user_upload/8.1_PU_Market_Study_M12.pdf
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, L. K. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), <https://www.doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Hesselinck, T., & van Duuren, E. (2019). *The plastic recycling opportunity. An industry ready for consolidation*. Realizing value series. KPMG International, Global Strategy Group. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2019/10/the-plastic-recycling-opportunity.pdf>
- Horváth, Á., & Bereczk, Á. (2021). A körforgásos gazdaság és az ipari szimbiózis megoldások, mint a fenntartható erőforrásgazdálkodás eszközei. *Multidiszciplináris Tudományok*, 11(2), 224–234. <https://doi.org/10.35925/j.multi.2021.2.29>
- International Energy Agency. (2018). *Future of petrochemicals: Towards a more sustainable chemical industry*. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-petrochemicals>
- International Institute for Industrial Environmental Economics (IIIEE) & European Environmental Bureau (EEB). (2021). *Removable, replaceable and repairable batteries*. Right to Repair Europe. <https://eeb.org/library/battery-repair-report/>
- Kozma, D. E., Molnárné Barna, K., & Molnár, T. (2021). Rangsoroljunk vagy nem? A körforgásos gazdaság mérési lehetőségei és azok összehasonlítása az EU-tagsországokban. *Vezetéstudomány – Budapest Management Review*, 52(8–9), 63–77. <https://doi.org/10.14267/veztud.2021.09.05>
- Locock, K. E. S., Deane, J., Kosior, E., Prabakaran, H., Skidmore, M., & Hutt, O. E. (2017). *The Recycled Plastics Market: Global Analysis and Trends*. CSIRO, Australia. https://www.csiro.au/recycled_plastics_analysis
- Lombardi, D. R., & Laybourn, P. (2012). Redefining industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 16(1), 28–37. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00444.x>
- McKinnon, D., Bakas, I., Herczeg, M., Vea, E. B., N B., Christensen, L. H., Christensen, C., Damgaard, C. K., Milios, L., Punkkinen, H., & Wahlström, M. (2018). *Plastic waste markets: Overcoming barriers to better resource utilisation*. Nordic Council of Ministers.
- Milios, L., Holm Christensen, L., McKinnon, D., Christensen, C., Rasch, M. K., & Hallstrøm Eriksen, M. (2018). Plastic recycling in the Nordics: A value chain market analysis. *Waste Management*, 76, 180–189. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.03.034>
- Nagy, Á. A., Hornyák, M., Fűrész, D. I., & Erdős, S. (2021). Úton a körforgásos gazdaság felé. Szisztematikusan irodalomelemzés. *Közgazdasági Szemle*, 68(10), 1109–1129. <https://doi.org/10.18414/ksz.2021.10.1109>
- Nicolli, F., Johnstone, N., & Söderholm, P. (2012). Resolving failures in recycling markets: the role of technological innovation. *Environmental Economics and Policy Studies*, 14(3), 261–288. <https://doi.org/10.1007/s10018-012-0031-9>
- OECD. (2018a). *Improving Markets for Recycled Plastics Trends, Prospects and Policy Responses* (Illustrated ed.). OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264301016-en>
- OECD. (2018b). *Improving Plastics Management: Trends, policy responses, and the role of international co-operation and trade*. OECD Environment Policy Papers, 12. <https://doi.org/10.1787/c5f7c448-en>
- Paletta, A., Leal Filho, W., Balogun, A., Foschi, E., & Bonoli, A. (2019). Barriers and challenges to plastics valorisation in the context of a circular economy: Case studies from Italy. *Journal of Cleaner Production*, 241, 118149. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118149>

- Pearce, D., & R. Turner (1990). *Economics of Natural Resources and the Environment*, Harvester Wheatsheaf, London.
- PlasticsEurope. (2019). *Plastics – the Facts 2019. An analysis of European plastics production, demand and waste data*. PlasticsEurope Deutschland. <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2019-Plastics-the-facts.pdf>
- PlasticsEurope & European Association of Plastics Recycling and Recovery Organisations (ERPO). (2021). *Plastics – the Facts 2021. An analysis of European plastics production, demand and waste data*. PlasticsEurope. <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/12/Plastics-the-Facts-2021-web-final.pdf>
- Plastics Recyclers Europe. (n.d.). *Plastic Recycling*. <https://www.plasticsrecyclers.eu/plastic-recycling>
- Pomázi, I., & Szabó, E. (2019). A körforgásos gazdaság az Európai Unióban, Franciaországban és Németországban. *Magyar Tudomány*, 8, 1199–1212. <https://doi.org/10.1556/2065.180.2019.8.10>
- Prescient and Strategic Intelligence. (2022). *Market Segmentation – Recycled Plastics Market Share and Growth Forecast Report, 2030*. P&S Intelligence. <https://www.psmarketresearch.com/market-analysis/plastic-recycling-market/segmentation>
- Rácz, T., & Farkas, B. (2020). Az Európai Unió és Kína: a kiegyensúlyozott kereskedelmi kapcsolatok feltételei. *Külgazdaság*, 64(7–8), 46–71. <https://doi.org/10.47630/kuljg.2020.64.7-8.46>
- Renault Group. (2020). *Re-Factory: The Flins site enters the circle of the Circular Economy*. <https://www.renaultgroup.com/en/news-on-air/news/re-factory-the-flins-site-enters-the-circle-of-the-circular-economy/>
- Simon, B. (2019). What are the most significant aspects of supporting the circular economy in the plastic industry? *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 299–300. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.044>
- Spilhaus, A. (1966). *Resourceful Waste Management*, *Science News*, 89(25), 486–488, 498. <https://www.jstor.org/stable/3950241?refreqid=excelsior%3Ae34f7b126ddfbaa3a2243d304e104c%2050>
- Staff, Z. (2019). Deposit Return Systems: an effective Instrument towards a Zero Waste Future. *Zero Waste Europe*, July 23. <https://zerowasteurope.eu/2019/07/deposit-return-systems-an-effective-instrument-towards-a-zero-waste-future/>
- Statista. (2018). *Market value of plastic recycling worldwide in 2018 and 2024 (in billion U.S. dollars)*. <https://www.statista.com/statistics/987522/global-market-size-plastic-recycling/>
- Statista. (2021). *Global plastic recycling market value 2019 & 2027*. <https://www.statista.com/statistics/987522/global-market-size-plastic-recycling/>
- Stromberg, P. (2004). Market imperfections in recycling markets: Conceptual issues and empirical study of price volatility in plastics. *Resources, Conservation and Recycling*, 41(4), 339–364. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2004.02.002>
- Szászi, B., & Bányainé Tóth, Á. (2020). *A logisztika szerepe a körforgásos gazdaságban*. *Multidiszciplináris Tudományok*, 10(2), 37–42. <https://doi.org/10.35925/j.multi.2020.2.6>
- Talyan, A. & Agrawal, S. (2019). *Plastic Recycling Market Research Report: By Source (Packaging, Sheets, Pipes, Wires and Cables, Moulded Products), Type (PET, PE, PP, PVC, PS), Industry (Household and Personal Care, Food and Beverage, Construction, Automotive), Geographical Outlook (U.S., Canada, Germany, U.K., Italy, France, Spain, China, Japan, India, Brazil, Mexico, Argentina, Saudi Arabia, U.A.E., Qatar) – Global Industry Analysis and Forecast to 2024*. Prescient & Strategic Intelligence Private Limited. <https://www.psmarketresearch.com/market-analysis/plastic-recycling-market>
- Tóthné Szita, K., Gubik, S., & Bartha, Z. (2017). A körforgásos gazdaságban rejlő lehetőségek a KKV-k számára. In D. Györkö, V., Kleschné Csapi, & Bedő, Z. (eds.), *ICUBERD 2017 Book of Papers* (pp. 560–572). University of Pécs. http://real.mtak.hu/74898/1/TSZK_SGA_BZ_ICUBERD2017_final_paper_u.pdf

- Transparency Market Research. (2020). *Plastic Recycling Market*. Market Research Reports, Business Consulting, TMR. <https://www.transparencymarketresearch.com/plastic-recycling-market.html>
- United Nations Environment Programme. (2020). *Single-use plastic bottles and their alternatives. Recommendations from Life Cycle Assessments*. https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2020/07/UNEP_PLASTIC-BOTTLES-REPORT_29-JUNE-2020_final-low-res.pdf
- Wang, C., Zhao, L., Lim, M. K., Chen, W., & Sutherland, J. W. (2020). Structure of the global plastic waste trade network and the impact of China's import ban. *Resources, Conservation and Recycling*, 153, 104591. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104591>
- World Economic Forum. (2020). *Plastics, the Circular Economy and Global Trade*. White Paper, July 29. <https://www.weforum.org/whitepapers/plastics-the-circular-economy-and-global-trade>