

Nem csomagolási célú műanyagok reciklálása

A csomagolótechnikában alkalmazott műanyagok használat utáni összegyűjtése és reciklálása Európában évről-évre bővül. Ugyanezt azonban a nem csomagolási célú műanyagokról nem lehet elmondani. Ezeken a területeken még elegendő adat sem áll rendelkezésre. Az alábbiakban az építőipar, az autóipar, az E+E ipar, a mezőgazdaság és a háztartás, a szabadidő és sport szektorok műanyag felhasználását elemezzük. Ismertetünk továbbá egy kísérletsorozatot, amelyben reciklált polipropilénből állítottak elő üreges téglát.

Tárgyszavak: műanyag-alkalmazás, nem csomagolási célú műanyagok, reciklálás, környezetvédelem, építőipar, polipropilén.

Bevezetés

A műanyagok fontos szerepet töltenek be a modern gazdaságban, alkalmazási területük egyre bővül. Sok előnyös tulajdonsággal rendelkeznek, és ráadásul olcsók a többi anyaghoz képest. Ennek eredménye, hogy a műanyagok felhasználása évről-évre nő. Az OECD becslése szerint 2019-ben a műanyagok felhasználása elérte a 460 millió tonnát.

A műanyagok alkalmazásának azonban káros kísérői is vannak: 90%-ukat fosszilis alapanyagokból állítják elő, használat után nagy mennyiségű hulladék keletkezik belőlük, ami negatív hatással van a környezetre és a klímára. Az OECD szerint 2019-ben 353 millió tonna műanyag hulladék képződött, amiből csak 55 millió tonnát gyűjtöttek össze reciklálás céljából.

A műanyagtermeléshez és alkalmazáshoz kapcsolódó káros környezeti hatások mérséklése céljából az európai döntéshozók gyorsítani akarják a műanyagok körkörös használatát, beleértve a kevesebb anyaghasználatot, a bioműanyagok terjedését és a reciklálás növelését.

A célok kitűzéséhez és megvalósításához részletesebb adatokra van szükség nemcsak a legnagyobb alkalmazási területről, a csomagolótechnikáról, hanem a többi szektorról is, úgymint az építőipar, az autóipar, az elektronika, a mezőgazdaság és a háztartási, szabadidős és sport termékek.

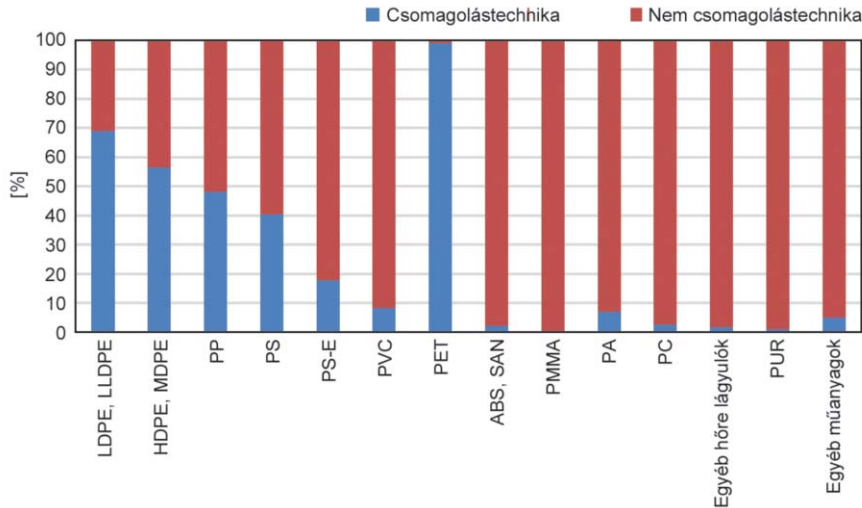
Az alábbiakban az European Environment Agency (EEA) és az European Topic Centre on Circular economy and resource use (ETC-CE) tanulmányát ismertetjük a nem csomagolótechnikai műanyagok alkalmazásáról, amely az EU környezetvédelmi politikájának segítése céljából készült.

A nem csomagolótechnikai célú műanyagokról

Ezek a termékek általában komplexebbek, mint a csomagolásra használtak, fontos funkciókat teljesítenek és élettartamuk hosszabb. Felépítésükben más anyagok is megtalálhatók, pl. többletégek és erősítő anyagokat, de akár veszélyes anyagokat, pl. égésgátlókat tartalmaznak. Mindezek használatát az EU szabályozza.

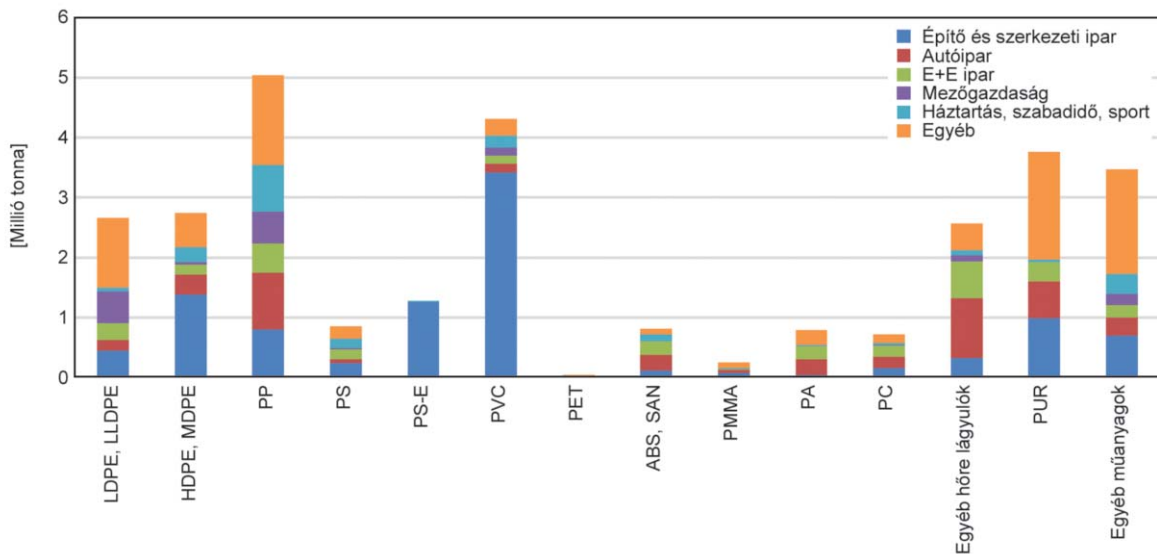
A vizsgált alkalmazások termékei rendkívül különbözőek, nemcsak anyagukban, hanem alkalmazási céljukban is. Szélsőséges példa: az autókba szerelt műanyagok hosszútávra kerülnek beépítésre, míg egy fogpiszkáló egyszeri használatra készül.

Az 1. ábrán látható a csomagolás célú (Cs) és a nem csomagolás célú (N-Cs) műanyagfajták százalékos megoszlása az EU-27+3 országaiban 2020-ban. A PET kivételével a többi műanyag mind megtalálható az N-Cs termékekben. A PUR, a PC, a PA, a PMMA és az ABS, SAN szinte csak az N-Cs termékek alapanyaga.



1. ábra. A csomagolótechnikai és a nem csomagolási célú műanyagok fajtái az EU27+3 országokban 2020-ban (Forrás: Plastic Europe 2022).

A 2. ábra feltünteti a műanyagfajták mennyiségi megoszlását a különböző N-Cs alkalmazásokban. A listát a PP vezeti, 5 millió tonnával, a különböző polietilének iránt szintén ekkora igény volt 2020-ban. A PVC felhasználás meghaladta a 4 millió tonnát.



2. ábra. A különböző alkalmazási területek igénye az EU27+3 országokban 2020-ban műanyag fajták szerint (Forrás: Plastic Europe 2022).

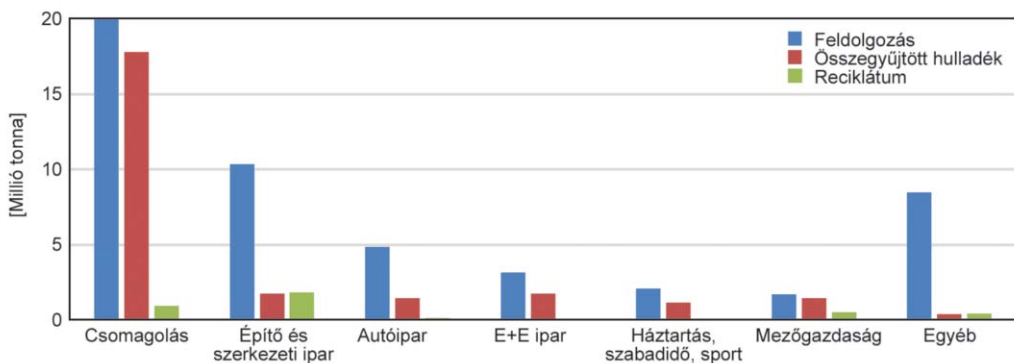
A nem csomagolótechnikai célú termékek anyagárama

Habár az európai műanyag felhasználás 60%-a az N-Cs termékekbe kerül, a hulladékaik gyűjtéséről és reciklálásáról kevés adat áll rendelkezésre. A 3. ábra erre vonatkozóan 2018. és 2019. évi adatokat közöl. Látható, hogy az N-CS termékek közül szinte csak az építőipar nyitott a reciklálásra.

Építőipar

Az építőipar széles körben alkalmazza a műanyagokat, és ezek élettartama akár az 50 évet is meghaladhatja, lásd csövek, padlók, szigetelések. A legnagyobb mennyiségben használt műanyagok: PVC, PE és PS.

Az európai feldolgozók 2021-ben 10 millió tonna műanyagot használtak építőipari és szerkezeti termékek gyártásához. Ennek fajtánkénti megoszlása látható az 1. táblázatban.



3. ábra. A műanyagok anyagárama a különböző alkalmazási területeken: feldolgozás (2019), összegyűjtött hulladék (2018), reciklátum (2019) (Forrás:Plastic Europe 2020a, 2019).

A Plastics Europe becslése szerint 2018-ban 1,76 millió tonna használat utáni építőipari hulladék keletkezett, amelynek 26%-át összegyűjtötték reciklációhoz, 47,5%-át energetikailag hasznosították, 26,5%-a szeméttelre került.

A hulladékok, beleértve a bontási hulladékok kezelését a Waste Framework Directive (2008/98/EC) rögzíti, amelyben szabályozzák a veszélyes anyagok kezelését és eltávolítását. 2024-re célul tűzték ki a nem veszélyes hulladékok 70%-ának reciklálását.

Autóipar

Az autóipar az üzemanyag-fogyasztás és emisszió csökkentése miatt törekszik az autók súlyának csökkentésére. 2015-ben egy átlagos autó súlyának 15%-a volt műanyag. Becslések szerint 2030-ra a műanyagok részaránya 20%-ra fog nőni. A műanyagok 21%-át a külső elemekhez, a motorháztető alatti elemekhez 52,5%-át és 12%-át az elektromos/világítási elemekhez használják. Az autóipari alkalmazások nagyon heterogének, az anyagok sokszor veszélyes adalékokat, pl. égésgátlókat, klórozott szénhidrogéneket poliklórozott bifenilt (PCB) és ftalátokat tartalmaznak. Ez megnehezíti a hulladékok reciklálását. Egy 10 évvel ezelőtt gyártott autóban egészen más anyagokat használtak, ami ugyancsak megnehezíti szeparált összegyűjtésüket, szétválogatásukat.

Az európai feldolgozók 2021-ben 4,34 millió tonna műanyagot használtak autóipari termékek gyártásához. Ennek fajtánkénti megoszlása látható a 2. táblázatban.

1. táblázat. Az építő és szerkezeti iparban felhasznált műanyagfajták (EU27 + 3, 2021).

| Polimer | Felhasználás | |
|--------------------|---------------|------------|
| | [kt] | [%] |
| LDPE+LLDPE | 460 | 5 |
| HDPE+MDPE | 1 390 | 14 |
| PP | 810 | 8 |
| PS | 250 | 2 |
| PS-E | 1 260 | 13 |
| PVC | 3 420 | 34 |
| PET | 0 | 0 |
| ABS+SAN | 120 | 1 |
| PMMA | 80 | ≤1 |
| PA (PA6+PA66) | 50 | >0 |
| PC | 160 | 2 |
| Egyéb hőre lágyuló | 330 | 3 |
| PUR | 1 000 | 10 |
| Egyéb műanyag | 700 | 7 |
| Összesen | 10 030 | 100 |

2. táblázat. Az autóiparban felhasznált műanyagfajták (EU27 + 3, 2021).

| Polimer | Felhasználás | |
|--------------------|--------------|------------|
| | [kt] | [%] |
| LDPE+LLDPE | 170 | 4 |
| HDPE+MDPE | 330 | 8 |
| PP | 940 | 22 |
| PS | 60 | 1 |
| PS-E | 10 | ≤1 |
| PVC | 150 | 3 |
| PET | 0 | 0 |
| ABS+SAN | 260 | 6 |
| PMMA | 50 | 1 |
| PA (PA6+PA66) | 260 | 6 |
| PC | 190 | 4 |
| Egyéb hőre lágyuló | 1 000 | 23 |
| PUR | 610 | 14 |
| Egyéb műanyag | 310 | 7 |
| Összesen | 4 340 | 100 |

A használat után kivont gépkocsikból évente 5–7 millió tonna hulladék keletkezik. A Circular Plastics Alliance (CPA) becslése szerint ebből évente 1,5 millió tonnát gyűjtenek össze. Az összegyűjtött hulladék reciklálása igen nehéz. Először a fém és a nem fém alkatrészeket különítik el. A lökhárítókat és az üzemanyagtartályokat kiszedik még a bontás előtt, és külön reciklálják, egyes kiszertelt alkatrészeket (1,2%) tartalékként hasznosítanak. Egyes becslések szerint összesen 15% -ot reciklálnak.

Elektromos és elektronikai (E+E) ipar

Az elektronikai alkatrészek fém és műanyag komponenseket tartalmaznak komplex formában. A műanyagrészt heterogén, különböző műanyagokból áll, és veszélyes komponenseket is tartalmazhat, nehézfémeket, pl. kadmiumot, ólmot és brómozott égésgátlókat. Az elektronikai szektor 2021-ben termékeihez 3030 kt friss műanyagot igényelt (3. táblázat).

2018-ban 3 993 687, 2016-ban 3 405 582 tonna elektromos+elektronikai (E+E) hulladékot gyűjtöttek össze. A 2016. évi mennyiségből 717 kt műanyagot nyertek ki, amiből 560 kt reciklált műanyagot állítottak elő.

Mezőgazdaság

A mezőgazdasági szektorban alkalmazott fő termék a mezőgazdasági fólia, amely 74%-os arányt képvisel. Ennek megfelelően a felhasznált műanyagok fajtái is szűkebbek, mint a többi N-Cs szektorban. 2021-ben összesen 1570 kt volt az új termékek iránti igény: 34% LDPE+LLDPE, 34% PP, 9% PVC, 6% egyéb hőre lágyuló műanyag, 12% egyéb műanyag (4. táblázat). A mezőgazdasági műanyagok reciklálása viszonylag alacsony, 24%, ami elsősorban az elhasznált termékek szennyezettségének (föld) köszönhető.

3. táblázat. Az elektronikában felhasznált műanyag fajták (EU27 + 3, 2021).

| Polimer | Felhasználás | |
|--------------------|--------------|------------|
| | [kt] | [%] |
| LDPE+LLDPE | 280 | 9 |
| HDPE+MDPE | 170 | 6 |
| PP | 490 | 16 |
| PS | 170 | 6 |
| PS-E | 0 | 0 |
| PVC | 130 | 4 |
| PET | 10 | 0 |
| ABS+SAN | 230 | 8 |
| PMMA | 10 | 0 |
| PA (PA6+PA66) | 220 | 7 |
| PC | 190 | 6 |
| Egyéb hőre lágyuló | 610 | 20 |
| PUR | 320 | 11 |
| Egyéb műanyag | 200 | 7 |
| Összesen | 3030 | 100 |

4. táblázat. A mezőgazdaságban felhasznált műanyag fajták (EU27 + 3, 2021).

| Polimer | Felhasználás | |
|--------------------|--------------|------------|
| | [kt] | [%] |
| LDPE and LLDPE | 530 | 34 |
| HDPE and MDPE | 40 | 3 |
| PP | 530 | 34 |
| PS | 20 | 1 |
| PS-E | 0 | 0 |
| PVC | 140 | 9 |
| PET | 10 | <1 |
| ABS, SAN | 0 | 0 |
| PMMA | 0 | 0 |
| PA (PA6 and PA66) | 0 | 0 |
| PC | 10 | <1 |
| Egyéb hőre lágyuló | 100 | 6 |
| PUR | 0 | 0 |
| Egyéb műanyag | 190 | 12 |
| Összesen | 1570 | 100 |

Háztartás, szabadidő, sport és egyéb

A háztartás, szabadidő és sport területek 2021-ben 2100 kt műanyagot igényeltek, míg az egyéb kategória 8180 kt-t (5. táblázat). Sokféle termék tartozik ebbe a kategóriába, amelyek mérete is nagyon különböző. Ezek hulladéka általában a városi, lakossági szemétbe kerül, amelynek 10–15%-a műanyag. A műanyagok 70%-a csomagolási hulladék a fennmaradó 30% pedig nem csomagolásból származik.

A nem csomagolási célú műanyagok használat utáni sorsa

Becslések szerint a nem csomagolási célú műanyagok mennyisége Európában évenként az összes felhasználás 75%-át teszi ki. A tagországok adatai ennél kisebb mennyiséget jeleznek, 62–74%-ot.

A csomagolási célú műanyagok használat utáni sorsa jól dokumentált Európában (Eurostat), és a Packaging and Packaging Waste Directive tartalmazza a reciklási célokat is.

A nem csomagolási célú műanyagokra vonatkozóan nincs jelentési kötelezettség. Az autóipar és az elektronikai szektor a gyártók kibővített felelőssége (Extended producer responsibility – EPR) keretében rendelkezik adatokkal, azonban reciklási kötelezettség rájuk sem vonatkozik. Az autóiparban, az elektronikai szektorban és az építőiparban a gyártók mindenesetre termékekre lebontva ismerik az anyagfelhasználás adatait, amelyek hasznosak lehetnek a döntéshozók számára.

Az N-CS termékek többféle műanyagot, textileket, papírt, fémeket is tartalmazhatnak, ami megnehezíti reciklásukat. Az E+E termékekben mérgező anyagok, pl. égésgátlók is vannak. Ez nagyon megnehezíti reciklásukat, és megmagyarázza, hogy Európában miért alacsony az N-CS termékek anyagában történő reciklálása.

Az EU műanyagokra vonatkozó stratégiájának teljesítése megköveteli az N-CS termékek reciklásának növelését. Ehhez a döntéshozóknak világos célokat kell kitűznie a szeparált gyűjtésre, a reciklált mennyiségre és a reciklás feltételeire vonatkozóan.

Az N-CS termékekre vonatkozó adatok hiányosak. Nincs elkülönítve a frissen gyártott mennyiség a raktáron lévőkötől és különösen a már használatban lévőkötől. Az import mennyiségekről is kevés adat áll rendelkezésre.

Konkrét példa: üreges téglá reciklált polipropilénből

Az építőiparnak számos káros hatása van a környezetre, pl. túlzott energiafogyasztás, levegőszennyezés, hulladékok, üvegházhatású gázok kibocsátása. A szélesebb értelemben vett építőipar (építés, bontás, javítás, épület-karbantartás) felel a hulladékok 50%-ért, a levegőszennyezés 23%-ért és az ivóvízszennyezés 40%-ért.

Az építőipar nagy fogyasztója a világ természeti forrásainak, pl. 40%-át a világ kő, kavics és homok készletének, és 25%-át a Föld friss fakészletének az építőipar használja fel. Ezek csökkentésének egyik módja, hogy egyre több reciklátumot használjanak az építőipari termékek gyártásához.

Egy egyiptomi mérnökcsoport üreges téglákat vizsgált, amelyeket friss polipropilénből (PP), reciklált PP-ből és betonból állítottak elő. Munkájukat három szakaszra bontották:

1. a különböző anyagokból gyártott, különböző méretű üreges téglák súlyának és nyomószilárdságának összehasonlítása,
2. modellépületen a hőmérsékleti viszonyok és költségek (fűtés, ventilláció, légkondicionálás) összehasonlítása,
3. reciklált PP üreges téglák tulajdonságai.

5. táblázat. Háztartás, szabadidő, sport és egyéb területek műanyagfajtái (EU27 + 3, 2021).

| Polimer | Háztartás, szabadidő, sport | | Egyéb | |
|--------------------|-----------------------------|------------|--------------|------------|
| | Felhasználás | | Felhasználás | |
| | [kt] | [%] | [kt] | [%] |
| LDPE+LLDPE | 60 | 3 | 1160 | 14 |
| HDPE+MDPE | 250 | 12 | 560 | 7 |
| PP | 780 | 37 | 1480 | 18 |
| PS | 150 | 7 | 200 | 2 |
| PS-E | 10 | 0 | 0 | 0 |
| PVC | 190 | 9 | 270 | 3 |
| PET | 10 | 0 | 10 | 0 |
| ABS, SAN | 120 | 6 | 80 | 1 |
| PMMA | 20 | 1 | 90 | 1 |
| PA (PA6+PA66) | 20 | 1 | 240 | 3 |
| PC | 30 | 1 | 140 | 2 |
| Egyéb hőre lágyuló | 90 | 4 | 430 | 5 |
| PUR | 40 | 2 | 1790 | 22 |
| Egyéb műanyag | 330 | 16 | 1730 | 21 |
| Összesen | 2100 | 100 | 8180 | 100 |

Építettek egy 10 m széles, 10 m hosszú és 3 m magas modellépületet, amelyen a különböző anyagú és méretű üreges téglák tulajdonságait tanulmányozták. A téglák méretei:

1. minta: 400×200×200 mm,
2. minta: 400×150×200 mm,
3. minta: 400×100×200 mm.

A PP üreges téglá formáját a 4. ábra mutatja.



4. ábra. A PP üreges téglá alakja.

Üreges téglák nyomószilárdsága és alkalmazási tulajdonságai

Az egyiptomi szabvány szerint a nem teherhordó beton üreges téglá nyomószilárdsága 1,6 N/mm² a teherhordóé 4 N/mm². A PP üreges téglák nyomószilárdságát az 6. táblázat foglalja össze. Az értékek teljesítik a szabvány előírásait.

A PP és a beton üreges téglák-nak a felépített épületmodellben mért alkalmazási tulajdonságait a 7. táblázat tartalmazza. A PP üreges téglák költsége kisebb, mint a betoné, és a többi tulajdonságuk is kedvező. A legnagyobb különbség a PP és a beton üreges téglák között – várhatóan – a súlyban mutatkozott. Míg a legnehezebb PP téglá súlya 0,74 kg, addig a beton üreges tégláké 13,4–22,1 kg volt.

Összességében a PP és a reciklált PP alkalmasnak bizonyult üreges téglák fröccsöntésére és építőipari felhasználására. A szerzők nem közölték a felhasznált PP típusát és a reciklált PP jellemzőit, valamint a PP téglák falazásához szükséges kötőanyagot.

6. táblázat. PP üreges téglák nyomószilárdsága.

| Minta száma | Tégla alakja | Polipropilén | Reciklált polipropilén |
|-------------|--------------|-----------------------|------------------------|
| | | Nyomószilárdság [MPa] | |
| 1. | | 20 | 5,36 |
| 2. | | 22,74 | 6,07 |
| 3. | | 26,81 | 7,16 |

7. táblázat. A PP és a beton üreges téglák alkalmazási tulajdonságai a felépített épületmodellben.

| Tulajdonság | Modell 1 (PP) 400×200×200 mm | Modell 2 (PP) 400×150×200 mm | Modell 3 (PP) 400×100×200 mm | Modell 4 (beton) 400×200×200 mm |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Komfort hőmérséklet [°C] | 21,13 | 21,06 | 20,92 | 21,09 |
| Fal költsége (szerkezet+felület) [GBP] | 5,040 | 5,040 | 5,040 | 6,720 |
| Fal energiafelhasználása [kW] | -0,304 | -0,404 | -0,602 | -0,358 |
| Fűtés, szellőztetés, klimatizálás költség [GBP] | 13,824 | 14,113 | 14,06 | 13,824 |

Összeállította: dr. Orbán Sylvia

C. Rüdénhausen, Almasi A., Vanderreydt = Non-packaging plastics in Europe, <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-ce>

Hamdan M.N. Recycling plastic in building construction = Design Engineering, 2021, p. 1365-1384.