

## A PET kémiai újrahasznosítása

A kémiai újrahasznosítás rohamosan terjedő megoldás Európában, elsősorban a szennyezett és rosszabb minőségű PET hulladékok hasznosítására. Egyre több újszerű technológiai megoldást alkalmaznak üzemi méretekben is, amelyeknél az anyagból visszanyert különböző monomerekből szintetizálnak új poliésztereket.

*Tárgyszavak: polietilén-tereftalát (PET), kémiai újrahasznosítás, polimerizáció, enzimatis bontás*

Bár a PET újrafeldolgozása napjainkban elsősorban fizikai úton történik, a világban egyre több olyan fejlesztésen dolgoznak, amelyek a kémiai újrahasznosítás irányába mutatnak. Ezek általában depolimerizáción alapulnak, majd további kémiai eljárásokkal állítható elő az újrahasznosított alapanyag.

A francia **Carbios** vállalat olyan depolimerizációs eljárást dolgozott ki, amelyben enzimek felhasználásával bontják le a poliészter palack-, tálca- vagy textilhulladékokat. A fejlesztés kiindulópontját jelentő kutatási eredményeket a toulouse-i egyetem munkatársaival közösen a Nature folyóiratban publikálták. Az alapvető kihívást az jelentette, hogy az aromás tereftalát-egységek magas aránya csökkenti a molekulaláncok mozgékonyágát, emiatt a PET-et nehéz hidrolizálni. Bár korábban a szakirodalomban számos PET-hidroláz enzimről számoltak be, ám ezek korlátozott termelékenységet mutattak. Itt viszont egy olyan továbbfejlesztett PET-hidrolázt állítottak elő, amellyel laboratóriumi körülmények között 10 óra alatt 90 százalékos PET depolimerizáció érhető el, ez pedig rendkívül hatékonynak tekinthető. A folyamat eredményeképpen visszanyert tereftálsavat tisztítás után eredeti PET szintetizálására használták és a polikondenzációs eljárással 0,75 dl/g határviszkozitású anyagot tudtak gyártani. A Franciaországban megépített demonstrációs üzemben kialakított ipari léptékű technológia szakaszos üzemmódban működik, egy lépésben kb. 2000 kg hulladékot képes feldolgozni, s mintegy 20 órás tartózkodási idővel 97%-os kihozatal érhető el. A következő lépés az első referenciaüzem megépítése lesz, 50 000 tonna éves kapacitással a francia Longlaville-ben, közel a belga és luxemburgi határhoz, az **Indorama Ventures** vállalattal közösen. Az eljárás egyik fő előnye az, hogy tolerálja a szennyeződések, így például többrétegű tálcák is feldolgozhatók. Bár az üzem palackdarálékkal is működhetne, de annak ára miatt ez jelenleg nem rentábilis opció. Európában a PET-hulladék mintegy 8–9%-a viszont élelmiszer-csomagolási-tálcák formájában keletkezik, amelyeket jelenleg vagy lerakóba helyeznek, vagy elégetnek, így ezen hulladékfrakció ára sokkal alacsonyabb. Emellett textilipari poliészterek hasznosítását is tervezik, amiben partnereik a **Patagonia**, az **On**, a **Puma**, és a **Salomon** vállalatok.

2022 októberében a **Stanley Black & Decker** márkája bevezette a *reviva* elektromos kéziszerszám-termékcsaládját, amelyek burkolata az **Eastman** által gyártott *Tritan Renew* kopoliészterből készül (1. ábra). A Tritan Renew anyagot



1. ábra. A Black & Decker reviva termékcsalád burkolata az Eastman Tritan Renew nevű, 50%-ban kémiailag újrahasznosított PET-et tartalmazó anyagból készül.

50%-ban kémiailag újrahasznosított PET-ből állítják elő. A reviva termékcsalád jelenleg fűrógépet, csiszológépet, akkumulátoros dekopírfűrész és csavarhúzókat tartalmaz, amelyek mindegyike 18 darab fél-literes, egyutas PET palack mennyiségének megfelelő újrahasznosított anyagot tartalmaz. A reviva termékcsalád további tagokkal bővül, többek között lézeres szintezővel, fűrókalapáccsal, multifunkciós rezgőcsiszolóval és kézi porszívóval, várhatóan 2023 első felében.

A PET-gyártó **Equipolymers** és a **Rittec Umwelttechnik** technológiai start-up cég együttműködési megállapodást kötött Németországban a Rittec *RevolPET* eljárásának továbbfejlesztésére. Az eljárás során fizikai újrahasznosításra alkalmatlan poliészter alapú termékekből, például többretegű vagy erősen színezett csomagolóanyagokból állítanak elő tereftálsavat és etilénlikolt. A cél a kapott monomerekből eredeti anyag szintetizálása. Ezzel kapcsolatban a laboratóriumi polimerizációs tesztek ígéretes eredményeket mutattak.

Szintén 2022-ben a **Koch Technology Solutions** (KTS) és az **Ioniqa Technologies** is bejelentette, hogy társultak az Ioniqa PET-újrahasznosítási technológiájának bővítése és kereskedelmi forgalomba hozatala érdekében. Az együttműködés részeként a KTS vállalta, hogy 30 millió eurót fektet be az Ioniqába, amely a holland **Eindhoveni Műszaki Egyetem** spin-off cége. Az Ioniqa depolimerizációs eljárása glikolízis segítségével képes a rosszminőségű hulladékból származó PET-et BHT (bisz-2-hidroxi-etil-tereftalát) monomerré alakítani. A technológia működését már demonstrálták egy 10 000 tonna/év kapacitású gyártóüzemben, amely az **Indoramát** látja el.

Az **Interzero Plastics Recycling** az **Eastmannel** kötött hosszú távú szállítási megállapodást, az Eastman tervezett normandiai újrahasznosító létesítményéről, amelyben metanolízist terveznek alkalmazni. Az Interzero – ami jelenleg a legnagyobb műanyagválogató kapacitással rendelkezik Európában – évente 20 000 tonna nehezen újrahasznosítható PET háztartási csomagolási hulladékot fog szállítani, ami egyébként elégetésre kerülne. Az Eastman szerint a létesítmény a világ legnagyobb anyagból-anyagot előállító molekuláris újrahasznosítása üzeme lesz. A létesítmény – ami várhatóan 2025-re készül el – körülbelül 160 000 tonna/év poliészter hulladék hasznosítására lesz alkalmas.

Összeállította: dr. Ronkay Ferenc

Naitove M.: Black + Decker Power Tools Housed in Chemically Recycled PET = *Plastics Technology*, 2022, <https://www.ptonline.com/news/black-decker-power-tools-housed-in-chemically-recycled-pet>

Tournier V., Topham C. M., Gilles A., David B., Folgoas C., Moya-Leclair E., Kamionka E., Desrousseaux M-L., Texier H., Gavalda S., Cot M., Guémard E., Dalibey M., Nomme J., Cioci G., Barbe S., Chateau M., André I., Duquesne S., Marty A.: An engineered PET depolymerase to break down and recycle plastic bottles = *Nature*, 2020, **580**, 216–219, <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2149-4>

Alternative PET recycling projects move forward = *Plastics Recycling World*, 2022 nov-dec, 27–29.