

# Online konferencia a biobázisú szálakról és a textilhulladékok hasznosításáról

Máthé Csabáné dr.

2021. március 11–12-én zoom segítségével, 250 résztvevővel konferenciát szerveztek a biobázisú szálakról és a reciklált anyagok felhasználási lehetőségeiről. Az esemény fő szervezője a 170 textilipari tagvállalatot tömörítő IVGT, a német textilipar legnagyobb szövetsége és a Penn Textile Solutions GmbH (PTS) volt, de rajtuk kívül további nyolc szervezet vett részt aktívan a konferencia létrehozásában. A konferencia két napján összesen 33 előadás hangzott el egymás követő hat szekcióban.



A konferencia bevezető előadását Lutz Walter, az európai textil- és ruhaipar technológiai platformjának, az ETP Fibres-Textiles-Clothing vezetője tartotta. Előadásában áttekintést adott a szálfelhasználás alakulásáról 1970 és 2020 között. Miközben a népesség megkétszereződött, a szálfelhasználás mennyiségileg a négyszeresére nőtt. Ma a szálak 60%-át a divatiparban, 40%-át más területeken használják. A textil- és ruhaipar növekedése 2000 után gyorsult fel. Ezt az előadó három tényezőnek tulajdonítja:

- a textilkereskedelmet szabályozó MFA megszűnése után az olcsó, ún. „fast fashion” termékek gyors terjedése világszerte,
- a feltörekvő piacokon a fogyasztás felfutása és
- az egyszer használatos nemszótt termékek használatának gyors növekedése.

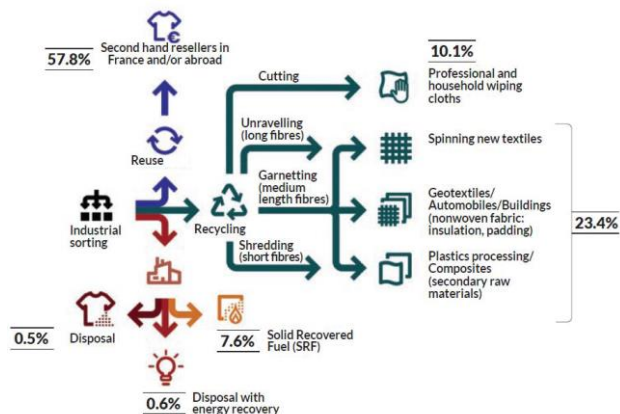
2020-ban a felhasznált szálak 60%-a „olaj alapú”, vagyis alapanyaguk a petrokémiai ipar terméke, 40%-a pedig „biobázisú”, azaz természetes eredetű. Utóbbiak közé tartozik valamennyi természetes szál, köztük a legnagyobbak a pamut, a gyapjú, a len és más rostszálak. Lutz Walter két fejlődési forgatókönyvet mutatott be:

1. Ha a mai folyamatok folytatásaként fejlődik a szálfelhasználás (BAU scenárió: business as usual), akkor 2050-re a felhasznált szálak 66%-a lesz olaj alapú és csak 34% biobázisú.

2. A kívánatos fejlődés azonban a fordított arány lenne: 60% biobázisú és 40% olaj alapú. Ennek eléréséhez az alábbi tevékenységek vezethetnek:

- az Európában korábban termesztett természetes szálak felélesztése (len, kender, csalán),
- a cellulóz alapú szálak részarányának növelése a mesterséges szálak között,
- az innovatív biobázisú polimer szálak termelésének felfutása.

Előadásának másik fontos kérdése a textilhulladékok újra hasznosítása volt, a körkörös gazdaság megvalósítása a textiliparban is. A jelen helyzetet az előadó nagyon szemléletes ábrán mutatta be. A körkörös gazdaság kiinduló pontja a használat utáni (post-use vagy post-consumer) hulladék összegyűjtése. Ez ma Nyugat-Európában is csak 30–50%-ot tesz ki, Dél- és Kelet-Európában ennél is sokkal kisebb. A hulladék ruházat 57,8%-át a használatruha-kereskedelemben értékesítik, 8,2%-át energetikailag hasznosítják (égetés), 0,5%-a kerül a szemébe. Jelenleg 33,5% kerül reciklálásra, amelyben technológiai műveletekkel újra felhasználható szekunder



A textilhulladékok sorsa  
(Forrás: 2019 Eco TLC Annual Report)

nyersanyagot állítanak elő. Jelenleg a hulladékok 10,1%-át egyszerű aprítás után használják fel igénytelen tisztítókendőként, 23,4%-ból pedig textilipari vagy műanyagipari technológiai lépésekkel új terméket állítanak elő.

## Projektek a textilhulladékok újrahasznosítására

A konferencia I. szekciójában a hulladékok újrahasznosítására irányuló négy EU projektet mutatták be.

A *TexPlus* projektben a hollandiai Saxion egyetem vezetésével pamut alapú hulladékok újrahasznosításának lehetőségét vizsgálták és valósították meg kísérleti üzemenben. A pamuthulladékból aprítás (bontás), az idegen anyagok mechanikai és a színezékek kémiai eltávolítása után kapott natúr szálát nyersanyagként lehet használni a nedves szálképzési eljárásokban (a viszkóz és lyocell). Így a pamuthulladékból cellulózsál állítható elő kiváló minőségben. A *DeCoat* projekt a felületi kezelésére használt színezékek, bevonatok (coating) visszanyerését oldották meg. A *Herewear* projektben az University of Arts London Centre for Circular Design irányításával dolgoztak ki biobázisú és reciklált alapanyagokból kollekciót. A *Reweart* projektben román kutatók koordinálásával reciklált szálakat felhasználva fejlesztettek ki különböző szövetszerkezeteket cipőipari felhasználásra.

A holland *Saxion egyetem* a munkaruhák használat utáni hasznosítására irányuló kísérleteit mutatta be. A munkaruhák zöme pamutot tartalmaz, így a pamutot elválasztották a poliésztertől. A pamuthulladékból mechanikai reciklálás után is lehet fonalat előállítani, de igazán jó minőségű fonalat a kémiai reciklálás, az oldatos szálképzéssel kapott cellulózsálak fonása ad. Az előadásban bemutattak egy olyan farmerszövetet, amelyet 100%-ban PCR hulladékból állítottak elő: 40%-ban mechanikai műveletekkel reciklált és 60%-ban kémiailag reciklált fonalat használtak.

A *Drezdai Műegyetem* a szénszálak újrahasznosítására mutatott be új eljárást. A szénszál erősítésű műanyagoknál mintegy 30–40% hulladék képződik és nő a használat utáni hulladék is. 2040-re 30 000 tonna/év szénszál hulladék keletkezésével számolnak. A

bemutatott projekt fő célja, hogy a hulladékból visszanyert szénszál minél nagyobb értékű termékben legyen hasznosítható. Ennek érdekében a műanyag hulladék pirolizise után kinyert szénszálból textilműveletekkel szalagot állítanak elő és hasonló poliamidszalaggal keverik 45:55 arányban. A nyújtott szalagot magas hőmérsékleten kezelve jó minőségű szénszállal erősített poeiamid mátrixú prepreg szalagot állítanak elő, amely jól használható a műanyagiparban erősítésre.

A német *STFI (Szászország textilkutató intézete)* a funkcionális és az okos (smart) textiltermékek hulladékainak újrahasznosításával foglalkozik. Ezeknél a fő kihívás a termékek rendkívüli sokfélesége egyelőre kis mennyiségek mellett. Példaként a fémzett poliamid 6.6 fonál vagy kelme reciklálását mutatták be. Itt oldószeres eljárással mindkét komponens visszanyerhető, de az oldószer visszanyerése is megoldandó. Pirolizisnél csak a fém nyerhető vissza. Mivel ezek a termékek gyakran elektronikus elemeket tartalmaznak a textilszerkezetbe beágyazva, az ilyen termékeknél a reciklálás még bonyolultabb.

A görög *University of West Attica* kutatói speciális görög témát választottak. Görögország a világ ötödik legnagyobb őszibarack termesztője. Évente mintegy 100 000 tonna melléktermék (mag és héj) keletkezik. Előadásukban ennek a felhasználására irányuló laboratóriumi előkísérleteikről számoltak be. Örlés, szárítás, szítálás, savas majd lúgos kezelés után 90% cellulózt tartalmazó anyagot kaptak.

Aktuális reciklálási témát választottak *francia kutatók*: a sebészeti maszkok használat utáni hasznosítását. A maszkok anyaga polipropilén spunbond és melblown eljárással készült nemszőtt kelme, amelyeknél a szálak rögzítését a szálak összeolvadása biztosítja. A reciklálás előtt természetesen eltávolítják a rugalmas szalagot és az orra illeszkedő alumíniumot is tartalmazó elemet. A textília bontását a Laroche cég Cadette 500 típusú tépőgéppel végezték. A nagyon erős kötés miatt kritikus volt a kártevőbevonatok és a hengerek sebességének optimalizálása. A szálra bontás után a reciklált polipropilén szálakat természetesen többféle módon lehet hasznosítani. Ebben a projektben a polipropilént lennel keverték. Az így kapott szálbundából kétféle eljárással – air-laid és tűnemezel – készítettek nemszőtt textilt. Ebből négy réteget magas hőmérsékleten kezelve lényegében egy lennel erősített polipropilén kompozitot kaptak, amelyet az autóipar tud használni jó rezgéscsillapító és hangszigetelő tulajdonsága alapján.

A lengyel *Textilipari Kutatóintézet* kutatói a az EN-TER Interreg projekt résztvevőjeként különböző textiltermékek – szőnyeg, műfű, steppelt termékek – gyártási hulladékaikat szekunder nyersanyagként használva kétféle új terméket állítottak elő. A hulladékokat általában tépéssel, kártolással bontják, majd ebből különböző összetételű és vastagságú nemszőtt terméket gyártanak, amelyeket töltő anyagként, geotextiliaként stb. használnak. A nemszőtt textiliából a Németországban 1975-ben kidolgozott Kemafil eljárás szerint állítottak elő olyan kötelet, amelynél a nemszőtt kelméből álló belső magot körkötőgépen valamilyen szintetikus fonállal körbeveszik, rögzítik. Az így kapott néhány centiméter vastag kötelet ugyancsak geotextiliaként hasznosítják.

A hulladékok újrahasznosításáról szóló előadások között volt egy, amely egy nem textilhulladékok textilipari hasznosítását mutatta be. A *Hochschule Niederrhein* kutatói az autók szélvédőjében ragasztóként használt PVB (polivinilbutirát) hasznosítását tűzték ki célul. Ebből az anyagból autónként 1 kg-ot használnak, amit az autók

forgalomból való kivonása után a már jelenleg is érvényes EU irányelv szerint kötelező hasznosítani. A PVB elkülönítése a szélvédőkből viszonylag egyszerűen megoldható, de a visszanyert PVB újrafelhasználása nem volt megoldott. A német kutatók a PVB-vel bevont textiliák előállításának lehetőségeit vizsgálták. A bevonatolást extruderen végezték, így tudtak tartós bevonatot elérni az előadásban kísérleti anyagként használt poliamid és poliészter monofilamenten. A PVB-hez titán-dioxidot adva UV stabil, szerves foszfort adva pedig lángálló textilterméket lehet a reciklált PVB segítségével előállítani.

## Természetes szálak alkalmazási lehetőségei

A fenntarthatóság jegyében a *kendertermelés és felhasználás* felelevenítését és a 21. századra való optimalizálását tűzte ki célul a *Hogeschool Gent* textilinnozációval foglalkozó laboratóriuma, az FTILab. A projekt, amelyben az egyetem mezőgazdasággal foglalkozó egysege, az AgroFoodNature is részt vesz, a kendernek Flandriába történő visszavezetését tűzte ki célul. Ennek részeként vizsgálták a textilipari felhasználás arányának a mai 0,1%-ról való növelési lehetőségét. Vizsgálati sorozatukban hét különböző kenderfajtát termesztettek és dolgoztak fel a lenfeldolgozáshoz hasonló technológiával. A feldolgozás során elkülönítették a hosszú és a rövid szálakat, valamint a textilipari technológiára alkalmatlan, de máshol hasznosítható szálas törmelékét. A hét mintánál átlagosan 36% textiliparban feldolgozható szálakat kaptak, ebből 17% hosszú és 19% rövid szál volt. A hosszú szálak szilárdsága 38–45 cN/tex közé esett. A szálakból fonalat, szövetet és kötött kelmét, és végül tetszőleges kollekciót is készítettek.

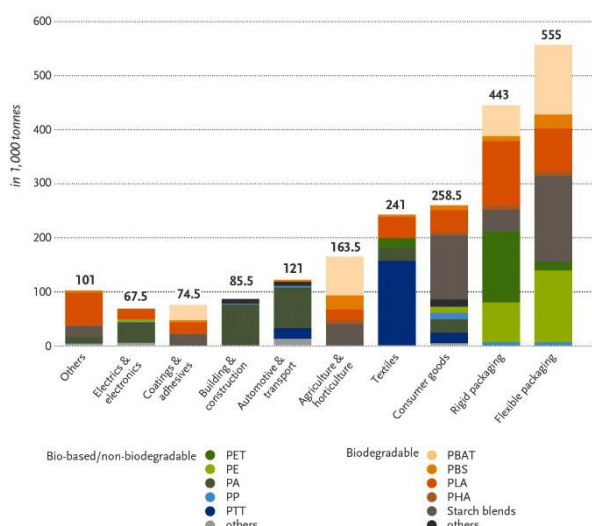
A *banánból* nyerhető szálakról tartott részletes előadást az *Indian Council of Agricultural Research* kutatója. A banán leszűretelése után az ún. pszeudoszárból hektáronként 60–80 tonna hulladék keletkezik, amelyet meg kell semmisíteni. Ennek a szárnak a belsejében finom, a külső rétegében durvább szálak vannak. Az előadás részletesen bemutatta a kinyerhető szálakat, összehasonlítva a többi rostszállal. Cellulóztartalmát és az egyéb kísérő anyagokat (lignin, hemicellulóz) és a szál tulajdonságokat tekintve a banánszál a kenderhez hasonló. Ennek megfelelően a banánszálakból a kenderhez hasonló termékeket, zsinegeket, táskákat, fonott bútorokat stb. készítenek. Gyártható belőle műszaki célokra nemszőtt kelme is, amely például hőszigetelésre használható.

A *len- és a szizálszálak* kompozitban való alkalmazását vizsgálták közös projektjükben a *francia ENSAIT* és a *marokkói Textilipari Főiskola* kutatói. A kompozitok erősítésére használt lenfonalak finomsága 1000 tex, a szizálfonalaké 3300 tex volt. Mindkét fonalból többretegű 3D szövetet állítottak elő, és ezeket itatták át termoplasztikus polimerrel.

## Biobázisú szálak és alkalmazásuk

A francia *NaturePlast* cég 2007-ben jött létre a világon gyártott bioműanyagok forgalmazására. 2010-ben leányvállalatot hozott létre BioPolynov néven. Ez szerintük ez idő szerint az egyetlen olyan K+F cég, amely a bioműanyagok módosításával, tulajdonságainak javításával foglalkozik és szolgáltatásaival a bioműanyagok alkalmazását támogatja. Előadásuk bevezetőjeként összefoglaló ábrán mutatták be a különböző bioműanyagok gyártását és felhasználását alkalmazási területenként. A bioműanyagok két csoportra oszthatók. Egyik csoportjuk az olaj alapú polimerekhez hasonlóan – a gyártásuknál fel-

Global production capacities of bioplastics 2020 (by market segment)



A bioműanyagok összesített gyártási kapacitása 2020-ban (felhasználási területek szerint)

(Forrás: European bioplastics – Nova Institut 2020)

használt bioalapú nyersanyag ellenére – biológiailag nem lebomlók. A másik csoportba tartoznak azok, amelyek nemcsak megújuló természetes nyersanyagból állíthatók elő, de a természetben viszonylag gyorsan lebomlanak. Az utóbbi csoportot elsősorban a csomagolásban használják, hiszen itt a legfontosabb, hogy a rövid ideig használt tárgyaink ne szennyezzék a környezetet használat után.

A textiltermékeknel a PTT (politrimetilén) a legnagyobb mennyiségben használt bioalapú szál, amelynek egyik nyersanyagát, a propándiólt a DuPont eljárása szerint biotechnológiával állítják elő kukoricából. A DuPont által Sorona néven bevezetett terjedelmesített, nagyrugalmasságú fonalat ma már a fenntarthatósági követelmények jegyében a Lycra és a Spandex helyett is használják. Kisebb mennyiséget képviselnek a természetes alapanyagokból gyártott poliamid- és poliészterszálak. Ez a három szál a biológiailag nem lebomlók közé tartozik. A textiliparban az egyetlen biológiailag is lebomló bioműanyag a PLA (polilaktid), amelyből a poliészterekkel rokon felépítésű, ezért hasonló tulajdonságú szál gyártható. A francia előadás fókuszsa a PLA szálak textilipari alkalmazási lehetőségeinek bemutatása volt. A PLA szálak kedvező viselési tulajdonságainak köszönhetően szinte minden ruházati területen használják. Nagyon sok márka szerepelteti a kollekciójában, demonstrálva ezzel a fenntarthatóság iránti elkötelezettségét. Az előadás a ruházat mellett bemutatott lakástextiliákat, dekorációs anyagokat is. Sokféle termék gyártható PLA nemszött kelméből is: higiéniai termékek, fogyasztási cikkek, pl. teás zacskó, porzsák, de még geotextília is, ha a lebomlás a követelmény.

Ritkán nevezik biopolimernek a textiltípusokra régóta használt cellulózt, de a mesterségesen előállított cellulózsálak lényegében a legnagyobb mennyiségben használt biobázisú szálak. A cellulózalapú mesterséges szálakat jelenleg nagyüzemileg kétféle, a viszkóz és a lyocell eljárással gyártják. A német szálkutató intézet, a DITF néhány évvel ezelőtt fejlesztette ki új *HighPerCell* eljárását: ionos folyadékban közvetlen oldással és ezt követő nedves szálképzési eljárással állítanak elő regenerált cellulózszálat. Az előadásban bemutatták az új eljárással gyártott különböző száltípusokat, valamint az ebből a

szálból előállított szénszálat. Utóbbit összehasonlították más cellulóz vagy akril alapú szénszálakkal. Ezeken kívül az előadás beszámolt arról is, hogy az új eljárással kitin-cellulóz keverékszálakat tudtak előállítani. A kitin viszonylag nagy mennyiségben – a számítások szerint 10<sup>8</sup> tonna/év – megtalálható természetes hulladék. Részben állati eredetű (rovarok, rákok), de megtalálható a gombákban és a zuzmókban is. A kitinből készült textília antibakteriális és sebgyógyító tulajdonságokkal rendelkezik.

## A fenntarthatóság érdekében végzett fejlesztések

A konferenciának az ebben a témakörben elhangzott előadásai különböző kutatóintézetek, egyetemek fejlesztéseinek eredményeit tükrözik. Ezek általában még a gyakorlatban nem kerültek bevezetésre. Mindazonáltal a gyártó cégek is jelentős fejlesztéseket és eredményeket tudnak felmutatni a fenntarthatóság növelése és a környékös gazdaság elősegítése érdekében. A konferencián három cég számolt be a biobázisú szálak és a reciklálás területén elért eredményeiről.

Az olasz *Radici* szálgyártó cég három, a fenntarthatóságot segítő termékéről beszélt: a Renycle márkanévű regenerált poliamid 6 és Repetable nevű, palackok újrafeldolgozásával előállított poliészterfonalát, és a Biofeel nevű biobázisú alapanyag (a ricinusbó kinyerhető szebacinsav) felhasználásával gyártott poliamidfonalát mutatta be.

A *Marchi & Fildi* olasz fonoda Raytent márkanévű akrilfonala a napvédő textiliák szabásánál keletkező hulladékból készül. A fonatra minősége alapján a „recycle” helyett az „upcycle” jelzót használja, mivel a Raytent fonal az eredeti akrilfonallal egyenértékű.

Bevonatolt fonalat gyárt az olasz *Coatyarn s.r.l.* cég. A bevonatolást fenntartható módon nem oldószerrel, hanem extruderrel eljárással végzik. Előadásukban a The Evolution márkanévű rugalmas fonalukat mutatták be. Ez poliészter magfonal (lehet reciklált is) termoplasztikus poliuretánnal bevonva. A fenntarthatóság további növelése érdekében kísérleteket folytatnak a teljesen biobázisú rugalmas fonal előállítására. Magfonalként cellulóz alapú fonalat, bevonatolásra pedig biobázisú poliuretánt fognak használni.

A második nap plenáris előadását *Johannes Diebel*, a Forschungskuratorium Textil e.V. kutatási igazgatója tartotta. Előadásában az alábbiakban foglalta össze a textiltárgyhasználat fenntarthatóságával kapcsolatos kihívásokat, tennivalókat:

- Nincs lehetőség a biobázisú textiltermelés gyors megvalósítására, mert nincs ehhez elegendő biomassza, ezért a használat utáni hulladékok újra felhasználására kell koncentrálni.
- Kiemelten fontos a jelenleg használt mesterséges szálak reciklálása és újra használata.
- A fenntarthatóság érdekében a terméktervezésnél az újrahasznosítás, a reciklálás ugyanolyan fontos, mint a termékek tartóssága és hosszabb használata.
- A jövőben a volumennövekedés helyett a szolgáltatási modellekben fog növekedni a hozzáadott érték.
- A kutatásokban már sok nagyszerű eredmény született, de ezek hasznosítása egyelőre szűk keresztmetszetet jelent.

Forrás: 4. European Industry and Research Exchange – prezentációk