

## A fejlesztések célkeresztjében: természetes szálakkal erősített PP kompozitok

Természetes szálakkal erősített PP kompozitokat a világ számos kutatóhelyén fejlesztenek. Az autóipar egyike ezen kompozitok felhasználóinak, mivel segítségével csökkenthetik a járművek tömegét és még környezetvédelmi hatásokat is elkönyvelhetnek. Az alábbiakban két különböző, PP mátrixon alapuló fejlesztést ismertetünk.

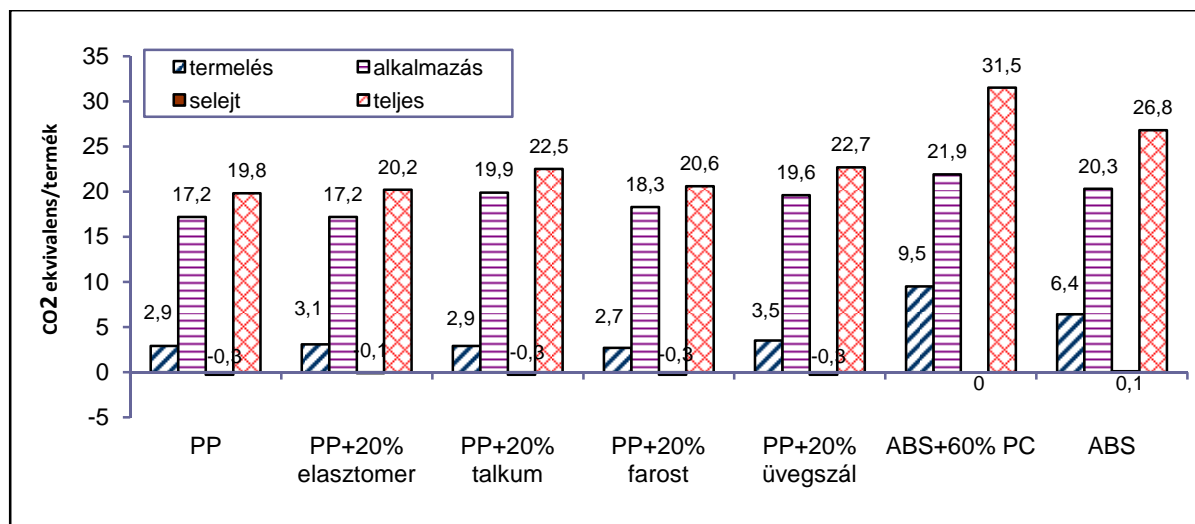
*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; polipropilén; természetes szálak; kompozitok; tulajdonságok; fejlesztés.*

### A természetes szálak alkalmazásának előnyei

A természetes szálak erősítő szálként való alkalmazása az üveg- és a szénszálak kompozitokhoz képest is jelentős tömegmegtakarítást eredményez. Az aacheni Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen (fka) tanulmánya kiemeli, hogy *a természetes szálak sűrűsége csak 50%-a a leggyakrabban használt talkuménak vagy üvegszálénak. 20% erősítőanyaggal számolva ez 10%-kal csökkenti a termék tömegét.* A természetes szálak, amellett, hogy megújuló nyersanyagból készülnek, a termék elhasználása után termikusan hasznosíthatók, ami segít teljesíteni a 2015 óta már hatályos 2000/53/EC számú „End of Life Vehicle” (a gépjármű élettartamának vége) direktívát.

A natúr szállal erősített PP (NPP) autóipari felhasználhatóságának értékelésére és demonstrálására életciklus-elemzést (LCA) végzett a bécsi székhelyű denkstatt GmbH. Töltetlen PP, valamint üvegszállal, talkummal és farosttal erősített PP kompozitoknál vizsgálták az életciklus egyes szakaszaiban fellépő környezeti hatást a kibocsátott CO<sub>2</sub> egyenérték alapján. Az *1. ábrán* a fentiek mellett még az ABS és egy ABS-PC keverék értékei is láthatók. Az eredmények szerint a natúr szállal erősített PP az üvegházhatású gázok kibocsátása szempontjából 10%-kal jobb, mint a talkumot vagy üvegszálat tartalmazó PP. Ennél is nagyobb a különbség az NPP javára az ABS-sel és az ABS-PC keverékkel szemben.

(A szerkesztő megjegyzése: az ábrából levonható az a következtetés is, hogy az alacsony környezeti hatást elsősorban az alappolimer, és nem az adalékanyag határozza meg.)



1. ábra Az életciklus-elemzés (LCA) eredményei különböző anyagokból készült autójáratónál

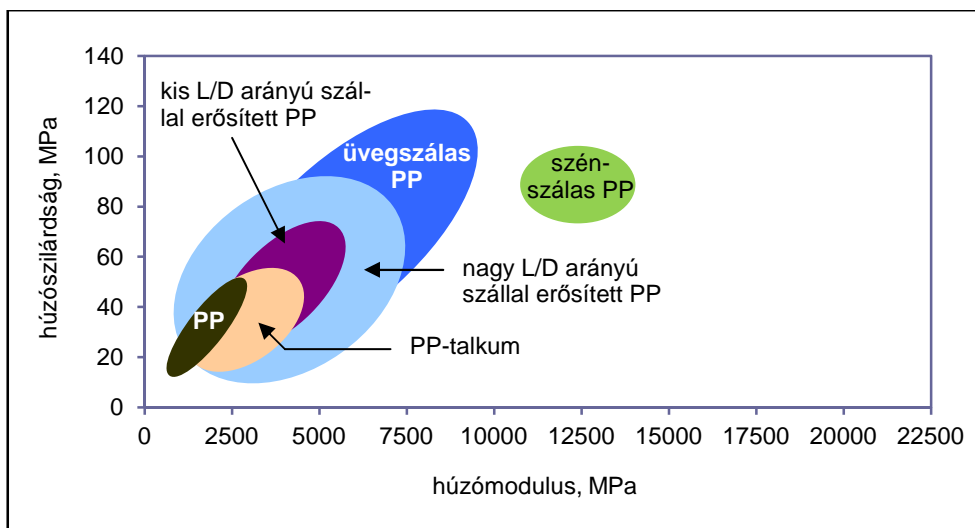
## Természetes szálas PP kompozit kifejlesztése autóiipari célokra

A természetes szállal erősített PP kompozitok fejlesztésében a PP-gyártó osztrák Borealis Polyolefine GmbH az ugyancsak Linzben működő Kompetenzzentrum Holz GmbH-val kooperál. A fröccsenhető NPP fejlesztésénél két fő problémát kell megoldani: a viszonylag könnyű szál adagolását a polimermátrixhoz és az üvegszálás PP-től jelentősen elmaradó ütészállóság javítását. E feladatokat figyelembe véve választották ki az alapanyagokat. Szálként egy módosíthatatlan kis L/D arányú farostot és egy közepes L/D arányú fehérítetlen cellulózszálat vontak be a kísérletbe. Ezek a szálak a velük elérhető mechanikai tulajdonságok tekintetében elmaradnak a rostszállaktól (kender, kenaf stb.), de előnyük, hogy mivel több évig növekvő növényből, a fából származnak, nem kell számolni a szezonális ingadozással, ami az egynyári növényeknél komoly probléma. A jó, rendszerint közeli hozzáférés is a fa, mint nyersanyag mellett szól.

A különböző töltőanyagokkal és szálakkal elérhető mechanikai tulajdonságokat jól szemlélteti a 2. ábra. Ezen látható, hogy a szakítószilárdság és a modulus növelése csak magas L/D arányú természetes szálakkal érhető el, és ugyanez igaz a megfelelő ütészállóság biztosítására is. Az ehhez szükséges tiszta cellulózszál azonban magas ára miatt nem versenyképes. Ezért emelt ütészállóságú PP mátrix alkalmazása mellett döntöttek megfelelő tapadásfokozó adalékkal. A mátrix megválasztásánál a folyási tulajdonságokat is figyelembe vették. Olyan ömledékindexű polimert választottak, amely lehetővé teszi a természetes szálaknál igényelt kíméletes (<200 °C) feldolgozást. Végül elasztomerrel módosított alacsony molekulatömegű PP mátrixot alkalmaztak. A vizsgált kompozitok jelölése és összetétele:

NJ 200 AI (PP+20% farost),

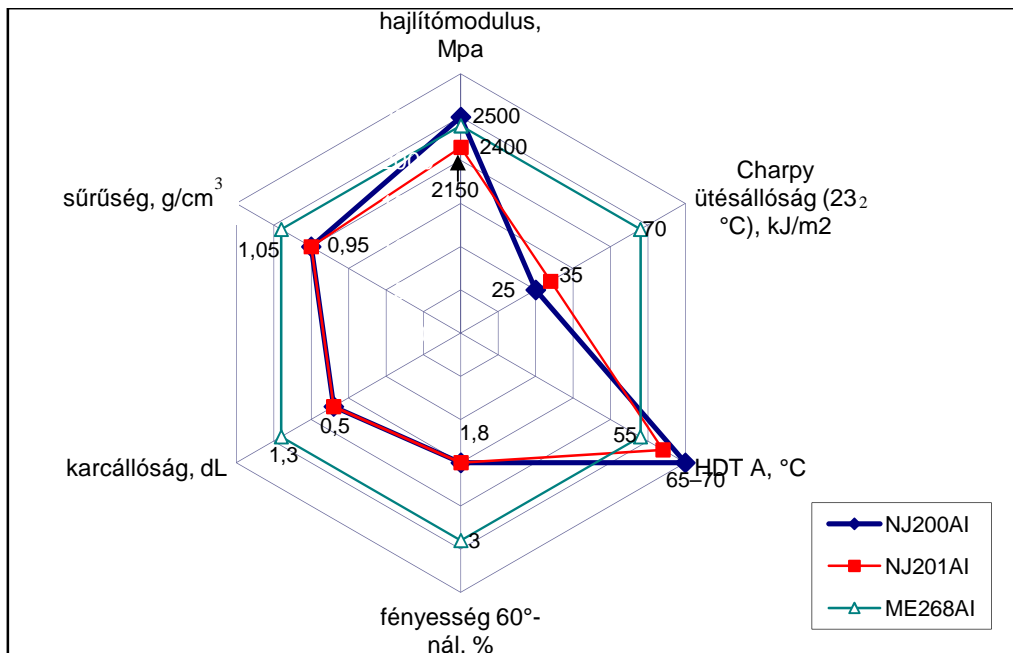
NJ 201 AI (PP+30% cellulózszál).



2. ábra Különböző PP kompaundok húzómodulus-húzószilárdság összefüggése (Ashby diagramm)

A 3. ábra mutatja a kísérleti típusokkal elérhető tulajdonságprofilt egy talkummal töltött PP-vel összehasonlítva. A kísérleti típusok a sűrűség és a magas hőmérsékleten mutatott formatartás (HDT) mellett jobb a felületi tulajdonságok tekintetében is a talkummal töltöttnél: kevésbé fényesek és jobb a karcállóságuk is. A kísérleti típusok éghetősége és rugalmassági modulusa a talkummal töltöttel azonos szinten volt, szívósságuk (Zähigkeit) és az anizotrópia miatt fellépő vetemedésük azonban rosszabb. Utóbbit a tervezés és a feldolgozás során lehet javítani. A fejlesztők a fenti tulajdonságok alapján az új NPP kompozitok tipikus alkalmazásaként az autó belső térében az ajtók és az oszlopok burkolatát jelölték meg.

A kutató-fejlesztő munka folytatódik. A mátrix optimalizálása mellett még a szálak tekintetében is vannak lehetőségek. Például az osztrák Lenzing speciális regenerált cellulózszállával, a *Tencel* mikroszállal eredményesen javíthatók a tulajdonságok. Ezzel a szállal homopolimer esetén is jó ütésállóság érhető el anélkül, hogy a szilárdság és a modulus értékek romlanának. *A talkummal szemben 15% tömegmegtakarítás érhető el úgy, hogy az ütésállóság- és a szilárdságértékek még jobbak is.* A *Tencel* mikroszál felületkezelése lehetővé teszi a szál zavarmentes adagolását a szokásos kompaundáló berendezéseken, valamint a szál egyenletes, agglomerátumoktól mentes eloszlását a polimerben. A mikroszál előnye az is, hogy a szál vékonyságának és az ebből adódó hajlékonyságnak köszönhetően jóval kisebb a szálerősítésű műanyagoknál szokásos anizotrópia, ami új alkalmazási területekre is megfelelővé teszi az új kompozitot.



3. ábra A két kísérleti kompozit és egy 20% talkumot tartalmazó PP (ME268AI) tulajdonságainak összehasonlítása

### Cellulózszálas PP kompozitok előnyei

Ugyancsak fából kinyerhető szálakat tartalmaznak az amerikai Weyerhaeuser cég *Thrive* nevű PP kompozitjai. A cég hatalmas erdőségeket birtokol és menedzsel. Fő termékeik az erdő fáiból nyerhető termékek, köztük a cellulóz szálak is. A *Thrive* kompozitok a kísérő lignintől csaknem teljesen megtisztított cellulózszálakat tartalmaznak. A cellulózszálak előnyei – kis sűrűség, nem okoz korróziót és kopást – mellett hátrányos tulajdonságuk, hogy nem elég erős a hidrofil cellulóz és a hidrofób PP-mátrix közötti kötőerő.

A fejlesztő munka során 20 és 30% cellulózszálat tartalmazó kísérleti kompozit átfogó vizsgálatát végezték el. A két vizsgált termék az alábbi volt:

- 20DXMV235B4 – 20% cellulózszál,
- 30DXMV235B4 – 30% cellulózszál.

A kompaundokat a természetes szálaznál szokásos alacsonyabb hőmérsékleteken – 177–188 °C – dolgozták fel. A tipikus fordulatszámoknál azt tapasztalták, hogy már néhány perccel az indítás után a nyírásból, súrlódásból adódó hőfejlődés elegendő energiát ad, és a fűtőköpenyek alig fogyasztottak elektromos energiát. A folyóképességi mérések alapján általában 2,5 mm-nél nagyobb falvastagságokat javasolnak, de 20 cm-nél kisebb daraboknál 1,5 mm-ig le lehet menni. A befröccsentési nyílás átmérőjét célszerű a falvastagság 60–75%-ára tervezni. A legtöbb szállal töltött műanyagtól eltérően a *Thrive* kompozitok rövidebb ciklusidővel dolgozhatók fel az alappolimerhez képest. A fejlesztőket is meglepte, hogy szinte hibátlan felületű és üregmentes bordázott darabokat tudtak készíteni a kísérleti anyagokból.

A tesztek során a nyomás optimális értékének 28 MPa bizonyult, ami szintén eltér az üvegszálás műanyagokétól, amelyeknél a hosszabb idők és a nagyobb nyomásértékek eredményeznek kisebb vetemedést a késztermékeknél. A fentiek számszerűen láthatók az *1. táblázatból*, amelyben a *Thrive* kompozitokat hasonlították össze a homopolimerrel, más polimerekkel és az üvegszálás PP-vel egy 5,1 mm falvastagságú termékénél.

1. táblázat

*Thrive* kompozitok tulajdonságai más műanyagokkal összehasonlítva

Kompozit/ tulajdonság	Thrive 20DXMV 235B4	Thrive 30DXMV 235B4	PP homo- polimer	PP 20% üvegszál	ABS standard	HIPS	PPE Noryl
Rugalmassá- gi modulus MPa	2552	3379	1345	3300	2138	2138	1945
Ciklusidő	28	30	57	65	82	62	52

A *Thrive* kompozitok természetes bézs színűek kis fehér pettyekkel, amelyek a nem diszpergált fehér cellulózsálakból adódnak. 30% esetén a szín valamivel erősebb. Az anyag jól színezhető mesterkeverékekkel, a fehér cellulózsálak a színezés után kevésbé feltűnőek, mint a natúr kompozitban. A késztermékek felületi minősége megfelel az üvegszálás PP minőségének, bár más a jellege. A cellulóz töltőanyag a fröccsentésnél okoz bizonyos, égett fára emlékeztető szagot, amely a készterméknél néhány nap után majdnem teljesen eltűnik. A szag a többi természetes anyagot vagy szálakat tartalmazó műanyaghoz képest gyengébb. Ennek köszönhetően a Ford több mint 40 bioműanyag tesztelése után a *Thrive kompozitot* választotta, éppen a gyengébb szag alapján.

A vizsgálat sorozat bemutatta a *Thrive* kompozitok használatával elérhető előnyöket:

1. a kompozitok megfelelő merevségűek, hajlítási modulusuk 30% száltartalomnál 2,9 MPa,
2. akár 50%-kal is kisebb ciklusidőket igényelnek a feldolgozásnál,
3. használatukkal 30% körüli tömegmegtakarítás érhető el más erősített műanyagokkal szemben,
4. minimálisra csökken a belső üregek és a felületi bemélyedések keletkezése,
5. csökkenthető a késztermék deformálódása, vetemedése,
6. csökkennek az energiaköltségek az alacsonyabb feldolgozási hőmérsékletek és rövidebb ciklusidőknek köszönhetően,
7. jobb karcállóság érhető el, mint a homopolimerrel,
8. feldolgozásuknál nincs koptató hatás,
9. kiváló kötési szilárdság érhető el TPE-vel, valamint fa- és műanyag betétekkel.

A vizsgálat befejezéseként, több különböző, viszonylag nagy – 2,5 mm-nél nagyobb – falvastagságú termékeket állítottak elő. A 2. táblázat egy változó falvastagságú (6–14 mm) ipari folyadéktároló példáján mutatja be az elérhető eredményeket. Jól látható, hogy jelentős a csökkenés a termék tömegében és a ciklusidőben.

2. táblázat

6–14 mm vastag ipari folyadéktároló feldolgozási paraméterei  
(egyszeres beömlésű szerszámmal)

	<b>Thrive 30DXMV235B4</b>	<b>Zytel PA 6 30% üvegszál</b>	<b>Összehasonlítás</b>
Ömledékhőmérséklet, °C	179	276	
Szerszámhőmérséklet, °C	32	88	
Ciklusidő, s	46,2	137	90,8 s (66%) megtakarítás a ciklusidőben
töltés	1,2	2	
formaadás	15 (28 MPa)	20 (37 MPa)	
hűtés	30	115	
Darab tömege gramm	280	379	99g (26%) tömegcsökkenés

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

Tranninger, M. és mások: Leicht und nachhaltig im Auto = Kunststoffe, 104. k. 11. sz. 2014. p. 87–90.

Composites made with wood-based cellulose were found to offer advantages in terms of molding cycle times, part weight, and more = Plastics Engineering 70. k. 3. sz. 2014. p. 22–26.