

## Trendovi u bioplastici

Priredila: Maja RUJNIĆ-SOKELE

Foto: Slopak

### Trends in Bioplastics

Trends in Bioplastics was the second international conference organized within the frame of the PLASTiCE project (Innovative Value Chain Development for Sustainable Plastics in Central Europe). The conference was held in Ljubljana, Slovenia on September 17-18<sup>th</sup> 2012 and was attended by more than 80 participants from 11 countries that could follow 25 presentations. The Conference was co-organized by Slopak and the National Institute of Chemistry, both from Ljubljana, Slovenia.

The conference finished with a round table discussion that touched the topics of terminology (the appropriateness of the term bioplastics), the problem of limited availability of technical information in the market, and a surprisingly weak use of LCA and waste treatment arguments for the support of bioplastics argumentation. Biobased materials are increasingly gaining importance, biodegradability is not the most important feature any more, only in some applications. Finally, it does not matter if something is biodegradable or compostable, what matters is – will it be biodegraded or composted. A general conclusion of the conference was that the event gave a relevant overview of the situation and open issues in the field and that the PLASTiCE project fills a niche of unbiased promotion that is otherwise not covered in a sufficient way.

U sklopu projekta PLASTiCE (Innovative Value Chain Development for Sustainable Plastics in Central Europe, [www.plastice.org](http://www.plastice.org)), u Ljubljani je 17. i 18. rujna 2012. održano drugo međunarodno savjetovanje *Trendovi u bioplastici*. Savjetovanju je prisustvovalo više od 80 sudionika iz 11 zemalja, a održano je 25 prezentacija. Suorganizatori skupa bili su Slopak, slovensko udruženje za gospodarenje otpadnom ambalažom, i ljubljanski Kemijski institut.

Program savjetovanja bio je usmjeren na aspekte važne za primjenu bioplastičnih materijala u raznim područjima. Skup su otvorili Matej Stražiščar, predstavnik Slopaka, Andrej Kržan (slika 1) iz Kemijskog instituta, ujedno i domaćin savjetovanja, te Darja Boštjančič iz *Gospodarske komore Slovenije*. Prema njezinim riječima, u Sloveniji je 465 prerađivača plastičnih materijala (prema NACE klasifikaciji), od kojih je 15 velikih, 25 srednjih, a ostali su mali i vrlo mali (mikro) prerađivači. Od toga se 42 prerađivača bave proizvodnjom plastičnih cijevi, filmova, ploča i profila, 87 prerađivača izrađuje plastičnu ambalažu, a 77 prerađivača pravi plastične dijelove za građevinarstvo. U plastičarskoj industriji zaposlena su 8674 radnika, od toga po jedna trećina otpada na velike, srednje i male prerađivače. Ukupni prihod plastičarske industrije iznosio je 1,1 milijardu eura, što je 5 % ukupnog prihoda slovenske prerađivačke industrije, a dodana vrijednost po stanovniku iznosi 32 000 eura.

Prva sekcija savjetovanja bila je posvećena predstavljanju projekta PLASTiCE, a za svaki radni paket održana je posebna prezentacija sudionika na projektu. Andrej Kržan predstavio je ciljeve projekta, koji uključuju prepoznavanje i uklanjanje zapreka kako bi došlo do brže i šire primjene bioplastičnih materijala u Srednjoj Europi. Zapreke koje stoje na putu široj primjeni bioplastičnih materijala uključuju nedovoljne proizvodne kapacitete, svojstva materijala, dostupne informacije, nerazumijevanje bioplastičnih materijala, njihovu cijenu, potražnju potrošača za takvim materijalima, svojstva proizvoda te sakupljanje i/ili razdvajanje bioplastičnog otpada. Projekt je neprofitan. Cilj mu je podizanje svijesti ciljnih skupina o bioplastičnim materijalima, a želja sudionika na projektu

je da donese profit – društvu, okolišu te, u konačnici, poduzećima. Projekt uključuje 13 partnera iz četiri zemlje (Slovenije, Slovačke, Poljske i Italije).



SLIKA 1 – Andrej Kržan, Kemijski institut, Ljubljana

Gregor Gancewski iz Poljskog centra za istraživanje i razvoj ambalaže govorio je o uvjetima stimuliranja potražnje za bioplastičnim materijalima na tržištu. Proizvođači u načelu ne razumiju pojam održivosti, dok su im pojmovi biorazgradljivosti i ugljikova traga razumljiviji. U projektu se radi na izradbi priručnika o bioplastičnim materijalima (tzv. *Bioplastika za neznalice*), u kojem bi se dali osnovni pojmovi o polimernim materijalima i njihovoj preradbi, a uključivali bi i tradicionalne polimerne materijale na fosilnoj osnovi te one na bioosnovi. Petra Horvat iz Kemijskog instituta govorila je o radnom paketu projekta koji uključuje komunikaciju, prijenos znanja i diseminaciju. Najveći je problem nedostatak informacija, nerazumijevanje osnovnih pojmova (bioosnova, biorazgradnja, fragmentacija, kompostabilnost) i nedostatak praktičnih informacija o dostupnim materijalima.

Druga sekcija dala je opći pregled sadašnjih trendova na području bioplastike: usporedbu plastike na fosilnoj i bioosnovi, pregled tržišta, trendove u biorafinerijama i opću, globalnu situaciju na području kemikalija, goriva i materijala na bioosnovi. Piet J. Lemstra s Tehničkog sveučilišta u Eindhovenu govorio je o današnjem i budućem svijetu bioplastike. Fosilna plastika uspjeh može zahvaliti relativno jeftinoj sirovini (monomerima), no kako se u budućnosti predviđa sve veći porast primjene plastičnih materijala (429 milijuna tona 2025., 1,858 milijardi tona 2100.), doći će do problema sa sirovinom. Umjesto nafte mogu se upotrijebiti ugljen ili plin (npr. metan) ili biomasa. Pri tome treba razlikovati polimere koji su proizvedeni u prirodi, kao što su škrob ili poli(hidroksi-alkanoati) (PHA), te polimere koji su dobiveni iz monomera dobivenih iz biomase, npr. fermentacijom (polimer mliječne kiseline, ali i polietilen iz bioetanol). Ukupno tržište bioplastičnih materijala danas zauzima mnogo manje od 1 % ukupnog tržišta plastičnih materijala, a u budućnosti se očekuje velik porast materijala na bioosnovi, kao što su biopolietilen i biopoli(etilen-tereftalat).

Međutim, polimeri koji su načinjeni izravno iz biopolimera (npr. celuloza iz biljaka kao što su juta, konoplja ili lan, škrob iz kukuruza ili krumpira ili poliesteri koje proizvodi bakterija (PHA, PHB)) susreću se s raznim problemima tijekom preradbe. Primjerice, termoplastični škrob (TPS) dobro se prerađuje, no nakon skladištenja postaje krt pa se često miješa s drugim polimerima (polietilenom i polipropilenom) kako bi mu se poboljšala svojstva. Poli(hidroksi-butirat) proizvodi bakterija, a sličan

je polipropilenu, no vrlo sporo kristalizira i ima vrlo usko područje preradbe. Polimeri koji su proizvedeni od monomera iz biomase, kao što je standardni plastomer mliječne kiseline (polilaktid, PLA), također se susreću s raznim problemima. Standardni PLA ima vrlo nisko staklište, sporo kristalizira, a u usporedbi s PET-om (koji često zamjenjuje) ima loša barijerna svojstva (što je više staklište, barijernost polimera je bolja). Za sada jedini biorazgradljivi polimer koji ima izvrsna svojstva je *Ecoflex*<sup>®</sup> tvrtke BASF, koji je na fosilnoj osnovi.

Roland Scharatow iz udruženja *European Bioplastics* govorio je o pregledu tržišta i prognozama za bioplastične materijale. Članovi udruženja su proizvođači kemikalija i polimera, prerađivači, korisnici i oporabitelji. Prema prognozama, kapaciteti za proizvodnju bioplastike rast će u Aziji i Brazilu, a padati u Europi. Problemi koje će bioplastičarska industrija morati riješiti u budućnosti uključuju emisije stakleničkih plinova u poljoprivredi, natapanje (vodni trag), eutrofikaciju i acidifikaciju, prenamjenu zemljišta i bioraznost. Pozitivne strane uključuju vezani atmosferski ugljik u proizvodima, uštedu fosilnih izvora, sigurnost opskrbe sirovinom i razvoj ruralnih područja. Udruženje se snažno protivi oksorazgradljivim materijalima (riječ je o koncentratima koji sadržavaju kobalt ili mangan koji se dodaju polietilenu, polipropilenu ili polistirenu, čime se potiče razgradnja pod određenim uvjetima).

Marina Tamagnini iz *Novamonta* predstavila je viziju tvrtke koja ide u smjeru razvoja biorafinerije treće generacije, gdje će se iskorištavati neprehrambene poljoprivredne kulture koje mogu rasti na marginalnim zemljištima i pašnjacima bez natapanja kako bi se sačuvala i poboljšala bioraznost i plodnost tla te u najvećoj mogućoj mjeri iskoristio otpad i ostatci kao ulaz u biorafineriju.

Stanislav Miertus iz *Međunarodnog centra za primijenjeno istraživanje i održive tehnologije* iz Slovačke govorio je o nedavnom napretku u znanosti i istraživanjima o sljedećoj generaciji biogoriva, kemikalija na biosnovi i plastike na biosnovi od otpadne biomase s posebnim težištem na održivosti. Primjerice, treća generacija biogoriva temelji se na algama, no 1 L dizela od algi peterostruko je skuplja od biodizela od uljane repice.

U trećoj sekciji pozornost je bila usmjerena na primjenu bioplastike u ambalaži, na poboljšanje svojstava bioplastičnih materijala te na njihovu preradbu.

Markus Schmid iz *Fraunhoferova instituta za procesno inženjerstvo i ambalažu* (nj. *Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung, IVV*) osvrnuo se na primjenu bioplastičnih materijala u ambalaži. Ambalaža ispunjava brojne funkcije, no najvažnija je zaštita kvalitete hrane tijekom cijelog životnog ciklusa od proizvodnje do skladištenja. Pritom je nužna dostatna barijernost prema kisiku i vodenoj pari, što se najčešće postiže primjenom višeslojnih filmova. Proizvodnja hrane znatno više utječe na okoliš nego ambalaža, a najveći utjecaj na okoliš ima gubitak hrane kod potrošača. Posebno treba imati na umu da kvarenje hrane uzrokuje mnogo veće emisije CO<sub>2</sub> i iskorištenje resursa nego što se može uštedjeti i sačuvati bilo kakvom promjenom ambalažnog materijala.

Slijedilo je predavanje Elodie Bugnicourt iz tvrtke *IRIS* o proizvodnji poli(hidroksi-alkanoata) (PHA) iz otpada kod proizvodnje maslinova ulja. PHA pripada obitelji poliestera, a najčešći je poli(hidroksi-butarat) (PHB), poznat još od 1925. Međutim, postoje i poli(hidroksi-valerat) (PHV) i poli(hidroksi-heksanoat) (PHH). PHB je raznovrsnih svojstava, a dobiva se iz kukuruza, šećerne trske i repe te biljnog ulja.

Alexy Pavol sa *Slovačkoga tehničkog sveučilišta* iz Bratislave održao je predavanje o iskustvima u preradbi biorazgradljivih mješavina. Problemi pri preradbi bioplastičnih materijala razlikuju se s obzirom na vrstu materijala. Poli(vinil-alkohol) (PVA) vrlo je osjetljiv na toplinsku razgradnju tijekom preradbe, polikaprolakton (PCL) sporo kristalizira, poli(hidroksi-

alkanoat) (PHA) vrlo je osjetljiv na toplinsku razgradnju tijekom preradbe, a stijenka tankostjene ambalaže koja se od njega izrađuje vrlo je krhka. PLA je podložan fizičkom starenju, također je vrlo krhak kada se izrađuju tankostjeni proizvodi, a termoplastični škrob vrlo je visoke viskoznosti zbog škroba. Za preradbu biorazgradljivih materijala vrlo su važna sljedeća preradbenja svojstva: osjetljivost na razgradnju tijekom preradbe, viskoznost pri određenoj temperaturi i smičnoj brzini te mehanička svojstva taljevine.

Clemens Holzer s *Montanuniversiteta Leoben* govorio je o poboljšanju svojstava PLA nanočesticama gline (nanogline) s razlikama u površinskoj obradbi. Rezultati su pokazali velik utjecaj postupka obradbe gline na preradbu i svojstva kompozita, npr. povišenje krutosti i žilavosti te bitno smanjenje permeabilnosti prema kisiku.

Četvrta sekcija dala je uvid u komercijalno dostupne bioplastične materijale te mogućnosti i strategije za njihove modifikacije. Ulf Küper iz *BASF*-a govorio je o biorazgradljivim polimerima tvrtke, *Ecoflex*<sup>®</sup> i *Ecovio*<sup>®</sup>. *Ecoflex*<sup>®</sup> je statistički alifatsko-aromatski poliester (poli(butilen-adipat/tereftalat), PBAT) fosilne osnove, koji sadržava tereftalnu kiselinu, adipinsku kiselinu i 1,4-butandiol. Zamjenom adipinske kiseline sukcinskom kiselinom na biosnovi dobije se poli(butilen-sukcinat/tereftalat) (PBST). *Ecovio*<sup>®</sup> i *Ecoflex*<sup>®</sup> najčešće se miješaju s vrlo krhkim PLA te mu poboljšavaju svojstva.

Stanislaw Haftka iz *Metabolixa* predstavio je poli(hidroksi-alkanoat) (PHA) te tvrtke, trgovačkog naziva *Mirel*<sup>™</sup>. Riječ je o biorazgradljivom polimeru na biosnovi, dobivenom od šećera iz kukuruza kojim se hrane bakterije (fermentacija). PHA se razrađuje u različitim okolišima, ima relativno visoku temperaturu uporabe (> 115 °C) i dobra barijerna svojstva. Za razliku od nekih drugih biorazgradljivih polimera (kao što je npr. PLA), za biorazgradnju ne treba visoku temperaturu i vlažnost. Isto tako, razrađuje se u tlu, moru, pa čak i kućnom kompostištu. Za razliku od *Mirela*<sup>™</sup>, biorazgradljive mješavine *Mvera*<sup>™</sup> razrađuju se isključivo u industrijskom kompostištu.

U petoj sekciji prikazana su iskustva tvrtki koje primjenjuju ili žele primijeniti bioplastične materijale u svojim proizvodima. Giulio Casiraghi iz *Ecozeme* govorio je o primjeni *Mater-bi*<sup>®</sup>, bioplastičnog materijala tvrtke *Novamont* za izradbu jednokratnoga jedaćeg pribora. Za potrebe *Olimpijskih igara* u Londonu isporučeno je 17 milijuna komada jedaćeg pribora, a organizatori su vrlo zadovoljni rezultatima sakupljanja i kompostiranja. Urška Sušnik Pivk predstavila je iskustva svoje tvrtke, *Lajovic Tuba Embalaža*, na FP7 projektu *Whelayer*, u kojem su razvijene biopreplake od sirutke za prevlačenje PET i PVC filmova kao zamjena za skupe barijerne slojeve (najčešće EVOH). Andrej Zabret iz *Tosame* govorio je o problemima s pronalaženjem prikladnoga biorazgradljivog materijala za izradbu proizvoda te tvrtke, posebno uz tražena svojstva koja materijal mora ispunjavati, kao što su mogućnost steriliziranja, nepropusnost vlage i dodir s ljudskim tijelom. Testirali su nekoliko biorazgradljivih materijala za izradbu aplikatora tampona (debljina stijenke 0,3 mm), koji mora biti savitljiv. Međutim, zbog problema s kristalizacijom, nakon nekoliko dana proizvod je postao prekrut za primjenu. Drugi proizvod, pinceta, nakon sterilizacije se raspao.

Šesta sekcija bila je posvećena temama koje su vezane uz širu primjenu bioplastike, kao što je certificiranje, procjena životnog ciklusa i promocija bioplastike tijekom masovnih događaja. Oliver Ehlert iz organizacije *DIN-Certco* govorio je o certificiranju biopolimera. Certifikat se izdaje proizvodima koji se prodaju na tržištu na rok od tri godine, a obavijest ili registracija materijalima (granulatu), poluproizvodima (npr. filmovima) i dodatcima (npr. koncentratima) na rok od šest godina. Osnova za certifikaciju je norma ASTM D6866, koja propisuje metodu određivanja bioudjela u proizvodu na temelju određivanja udjela (radioaktivnog izotopa ugljika) <sup>14</sup>C u proizvodu.



Gregor Ganczewski (*Poljski centar za istraživanje i razvoj ambalaže*) održao je još jedno predavanje o konceptu održivosti i njegovoj primjeni u bioplastici. Održivi razvoj je razvoj pri kojemu se današnje potrebe ispunjavaju bez ugrožavanja mogućnosti budućih generacija da zadovolje svoje potrebe, uz zadovoljavanje socijalnih, ekonomskih i kriterija zaštite okoliša. Prema toj definiciji, plastični materijali već ispunjavaju sve kriterije održivosti, dok se bioplastični materijali tek trebaju dokazati.

Hanna Zakowska iz istoga poljskog instituta govorila je o primjeni kompostabilne ambalaže na masovnim događajima na primjeru *Olimpijskih igara* u Londonu. *Olimpijske igre*, reklamirane i pod motom *Zero Waste Olympics*, postavile su cilj recikliranja 70 % otpada. Na raznim mjestima bila su postavljena tri spremnika – zeleni za recikliranje, narančasti za biootpad i kompostabilnu ambalažu te crni za ostali, neoporabljivi otpad. Gotovo sva prehrambena ambalaža, čašice za kavu te jednokratni noževi i vilice bili su kompostabilni, a mogli su se prepoznati po narančastom znaku i odložiti zajedno s biootpadom. Prema procjenama, svaki posjetitelj je iza sebe ostavio oko 300 g otpada.

Posljednje predavanje održao je Emo Chielini sa *Sveučilišta u Pisi*, a govorio je o hidrorazgradljivoj i oksorazgradljivoj plastici. Prema njegovim riječima, iako takvi materijali razgradnjom ispuštaju određene teške metale u zemlju (kao što je kobalt), riječ je o vrlo niskim koncentracijama.

Savjetovanje je završilo okruglim stolom (slika 2), a u diskusiji je dotaknuta tema terminologije (nejasnost pojma bioplastike), problem ograničene dostupnosti tehničkih informacija o bioplastici na tržištu i slaba primjena procjene životnog ciklusa i argumenata o gospodarenju



SLIKA 2 – Okrugli stol: A. Kržan, (*Kemijski institut, Ljubljana*), M. Kowalczyk (*Poljska akademija znanosti*), M. Scandola (*Sveučilište u Bologni*) i R. Scharathow (*European Bioplastics*)

bioplastičnim otpadom za podupiranje bioplastike. Na području materijala nema nekih velikih novosti, a biosnova sve više dobiva na važnosti, tj. biorazgradljivost više nije najvažnija, osim u nekim primjenama. Naposljetku, nije važno je li nešto biorazgradljivo ili kompostabilno, nego hoće li biti biorazgrađeno i kompostirano. Općenito nedostaju podatci o tome koliko je biorazgradljivih i kompostabilnih materijala zaista kompostirano. Opći je zaključak da je savjetovanje dalo relevantan pregled situacije i otvorenih problema na području bioplastike te da projekt *PLASTiCE* uspješno pokriva to područje.

## Četvrta međunarodna konferencija o aditivnim postupcima – *iCAT 2012*

Priredila: Ana PILIPOVIĆ

Foto: Ana PILIPOVIĆ

### *4th International Conference on Additive Technologies – iCAT 2012*

*The 4th International Conference on Additive Technologies – iCAT 2012 gathered in Maribor, Slovenia from 19 to 21 September 2012 the leading experts from all over the world. At the Conference, more than 100 authors presented 35 papers and 14 poster papers on trends, quality control, simulation methods, the development of materials and processes and their application in various industries from engineering to medicine. The Conference was organized by the Faculty of Mechanical Engineering University of Maribor, the Danube Adria Association for Automation and Manufacturing (DAAAM), the Medical Faculty University of Ljubljana, and the network rapiman.net (Innovative Rapid Prototyping and Manufacturing Network). The organizers attracted many well-known authors, such as D. Bourell, J. Homa, M. Janse van Vuuren, L. T Dean, T. Wholers, P. Reeves, X. Wang and many others. The iCAT Conference emerged between the rapid prototyping and 4D printing period. It evolved from provoking interest and cooperation of all kinds of experts, ranging from artists, designers, mechanical engineers all the way to medical doctors.*

Četvrta međunarodna konferencija o aditivnoj proizvodnji (*4th International Conference on Additive Technologies*) *iCAT 2012* okupila je u Mariboru, u Sloveniji, od 19. do 21. rujna 2012. vodeće stručnjake na



tom području iz cijeloga svijeta (slika 1). Na konferenciji je više od 100 autora održalo 35 referata i 14 posterskih radova o trendovima, kontroli kvalitete, simulacijskim metodama, razvoju materijala i postupaka te njihovoj primjeni u raznim granama industrije, od strojarstva do medicine. Konferenciju su organizirali *Strojarski fakultet Sveučilišta u Mariboru, Dunav-Adria udruženje za automatizaciju i proizvodnju* (e. *Danube Adria Association for Automation & Manufacturing, DAAAM*), *Medicinski fakultet Sveučilišta u Ljubljani* i mreža *rapiman.net* (e. *Rapid Prototyping and Innovative Manufacturing Network*). Organizatori su privukli mnoge poznate sudionike, među kojima su bili D. Bourell, J. Homa, M. Janse van Vuuren, L. T. Dean, T. Wholers, P. Reeves, X. Wang i dr.

Konferenciju je otvorio organizator I. Drstvenšek, a zatim je slijedilo uvodno predavanje rektora *Sveučilišta u Mariboru* D. Rebolja pod naslovom *Otisnimo kuću* (e. *Let's print a House*).

Prvi predavač, T. Wholers, čiji su godišnji izvještaji na području aditivnih proizvodnji nezaobilazno štivo za sve one koji se bave tim područjem, pokušao je objasniti da su u industriji aditivni postupci shvaćeni ozbiljno tek kad se promijenio dotadašnji naziv brza proizvodnja prototipova (e. *rapid prototyping*) i brza proizvodnja kalupa (e. *rapid tooling*). U zaključku je iznio kako aditivna proizvodnja sve više i više ide ukorak s klasičnim postupcima prerade te kako je porasla prodaja proizvoda (od metala, polimera i keramike) načinjenih aditivnim postupcima, ali i strojeva, osobito cijenom pristupačnih 3D printera.