

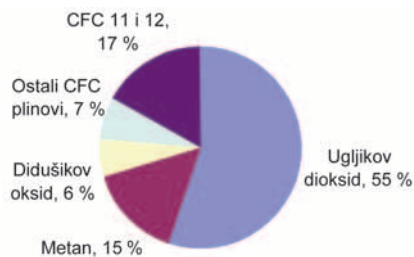
Uređuje: Ana ŠVOB



Što povezuje protokol iz Kyota i plastiku?

Uvod

U prosincu 1997. održana je u japanskome gradu Kyotu Treća konferencija zemalja potpisnica Konvencije o klimatskim promjenama, na kojoj su predstavnici 161 države donijeli *Prijedlog protokola* poslije nazvanoga *kyotski*. Prema njemu, emisije stakleničkih plinova antropogenoga podrijetla (slika 1) treba smanjiti u odnosu na stanje zabilježeno 1990. Razdoblje primjene *Protokola* počinje 2008., a prvo obračunsko razdoblje traje do 2012., no svaka je zemlja potpisnica morala već do 2005. postići uočljiv napredak. Razina smanjenja emisija stakleničkih plinova različita je za različite zemlje: SAD – 7 %, Japan – 6 %, zemlje EU – 8 % te Hrvatsku – 5 %.¹ Podrobnije o tom problemu pisano je u ovoj rubrici prije sedam godina.²



SLIKA 1. Doprinos pojedinih plinova antropogenoga podrijetla učinku staklenika³

Početakom lipnja 2005. predsjednici vodećih akademija znanosti u svijetu uputili su apel vladama najrazvijenijih zemalja, članica skupine G 8, da poduzmu mjere sprječavanja klimatske katastrofe koja zbog globalnoga zagrijavanja prijete Zemlji. To je priopćenje potpisao i predsjednik *Američke akademije znanosti*. Sjedinjene Američke Države nisu ratificirale *Protokol*, a upravo su one od 1990. do 2002. povećale samo emisiju ugljikova dioksida za 13 %, što je više od ukupnoga smanjenja svih emisija koje bi zajedno trebale ostvariti sve države potpisnice *Kyotskoga protokola*.⁴ Hrvatska je potpisala *Protokol*, ali ga za sada nije ratificirala, jer pokušava izboriti višu polaznu kvotu stakleničkih plinova od one ostvarene u 1990. (5,1 t CO₂ po stanovniku) koja se priznaje u svim procjenama i koju još treba smanjiti za 5 %. Razlog je tom zahtjevu taj što se Hrvat-

ska koristila električnom energijom iz izvora u drugim dijelovima bivše Jugoslavije, čiju je izgradnju i financirala.

Kyotski protokol i plastika

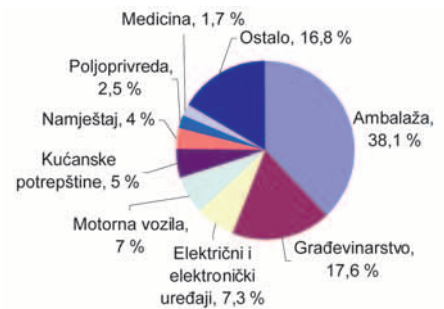
Za ovu rubriku, a time i za svekoliku stručnu i opću javnost, u svezi s *Kyotskim protokolom* važno je priopćenje za medije koje je 18. travnja ove godine dalo *Europsko udruženje proizvođača plastike PlasticsEurope* (prije *APME*), pod naslovom *Zamjena plastike tradicionalnijim materijalom ugrozila bi kyotski cilj za EU-15*. To je sažetak studije pod naslovom *Doprinos plastičnih proizvoda djelotvornosti resursa* i podnaslovom *Utvrđivanje ušteda energije i emisija stakleničkih plinova za cjelokupno tržište Zapadne Europe s pomoću projekcija temeljenih na dovoljnom broju primjera*.⁵

Studiju je izradilo Društvo za sveobuhvatne analize (nj. *Gesellschaft für umfassende Analysen – GUA*) iz Beča, nastajala je od lipnja 2003. do rujna 2004. (zato ne obuhvaća nove članice EU), a objavljena je u siječnju ove godine. Ima 158 stranica i sadržava 18 slika i 116 tablica, a priloženi su i detaljni rezultati pojedinačnih studija.

Cilj je *Studije* bio utvrditi uštede energije i emisija stakleničkih plinova za cijelo tržište plastičnih proizvoda Zapadne Europe ako bi se uzela u obzir teorijske mogućnosti zamjene plastike u tim proizvodima alternativnim materijalima, i to s pomoću projekcija temeljenih na dovoljnom broju primjera.

U Zapadnoj Europi 2002. g. potrošeno je 38 123 000 tona plastičnih proizvoda. Slika 2 prikazuje područja primjene ukupno potrošene plastike u Zapadnoj Europi u 2002.

Ustanovljeno je da se u oko 19 % plastičnih proizvoda koji su na tržištu, plastika ne može bez bitnih promjena zamijeniti drugim materijalima (tablica 1). *Nezamjenjiv* u ovoj studiji znači da se plastika ne može zamijeniti drugim materijalom bez bitne promjene u konstrukciji, dizajnu, funkciji ili u procesu kojim se obavlja neka funkcija. Npr., skije su se nekoć izradivale od drva, no danas nijedan materijal osim konstrukcijskih polimera ne može osigurati istu funkcionalnost. Tu nije bitna utrošena energija, nego posebni učinci u uporabnoj fazi koji se postižu upravo zahvaljujući plastici, a njihova je kvantifikacija vrlo teška.



SLIKA 2. Područja primjene ukupno potrošene plastike u Zapadnoj Europi u 2002.⁵

TABLICA 1. Područja primjene u kojima zamjena plastike drugim materijalima nije realna⁵

	Nezamjenjivo, udio područja, %	Nezamjenjivo, udio ukupnoga tržišta, %
Ambalaža	2,2	0,8
Građevinarstvo, cijevi	0,0	0,0
Građevinarstvo, ostalo	0,0	0,0
Električni i elektronički uređaji	55,6	4,1
Motorna vozila	54,5	3,8
Kućanske potrepštine	0,0	0,0
Namještaj	0,0	0,0
Medicina	50,0	0,9
Obuća	0,0	0,0
Ostalo	50,0	9,1
Ukupno tržište		18,6

Studijom je obuhvaćeno 75 % proizvoda u kojima se plastika može zamijeniti alternativnim materijalom, koji su predstavljeni u 32 pojedinačne studije (e. *case studies*) (tablica 2). U svakoj pojedinačnoj studiji koja predstavlja određeni proizvod, razmatrana je moguća uporaba od jednoga do šest različitih polimera i od jednoga do sedam raz-

ličitih alternativnih materijala (tablica 3). Tako su sveukupno 174 različita proizvoda uključena u računski model za kvantificiranje potrebne energije i emisije stakleničkih plinova u cijelome životnom ciklusu proizvoda.

Plastični proizvodi načinjeni su od energetskih sirovina, a i za njihovu proizvodnju troše se energetske sirovine. No unatoč tomu, plastični proizvodi često omogućuju uštedu energije promatrano tijekom njihova cijeloga životnog ciklusa i uspoređeno s energetskom bilancom alternativnih materijala. Neki primjeri za uštedu energije uporabom plastičnih materijala kao materijala izbora jesu:

- zamjena za materijale koji za istu funkciju troše mnogo više energije za proizvodnju (npr. staklo)
- učinak neke funkcije proizvoda s mnogo manje materijala (npr. ambalaža)
- ušteda goriva zbog smanjene mase (transport, motorna vozila)
- ušteda energije zbog toplinske izolacije (gdje bi izolacija drugim materijalom bila manje djelotvorna, tehnički složenija ili preskupa)
- ušteda resursa sprječavanjem gubitaka ili oštećenja zapakiranih proizvoda.

Samo malen broj plastičnih proizvoda troši više energije od njihovih mogućih zamjena načinjenih od drugih materijala. No većina plastičnih proizvoda treba manje energije za proizvodnju, a mnogi od njih štede znatne količine energije u fazi uporabe (automobilski dijelovi, izolacija uporabljena u građevinarstvu, elektronici i elektrotehnici, ambalaža). Općenito, faza uporabe je, s energetskog motrišta, vrlo važna u ukupnome životnom ciklusu, jer se od ukupno potrošene energije 36 % odnosi na uporabnu fazu plastičnih proizvoda, odnosno 41 % za proizvode načinjene od drugih materijala.

Sažetak *Studije* može se iskazati u nekoliko rečenica.

- Ukupna energija potrebna za proizvodnju, uporabu i oporabu plastike u Zapadnoj Europi procijenjena je na 3 900 milijuna GJ na godinu, a ukupna emisija stakleničkih plinova u cijelome životnom vijeku te plastike iznosi 172 milijuna t/g.
- Zamjena plastike alternativnim materijalima, gdje god je to moguće, zahtijevala bi dodatnu količinu energije od 600 do 1 400 milijuna GJ/g., u prosjeku 1 020 milijuna GJ/g., tj. 26 % više. To bi uzrokovalo porast količine stakleničkih plinova od 58 do 135 milijuna t/g., u prosjeku 97 milijuna tona ili oko 56 % više nego kada je plastika optimalno izabran materijal. Doprinos pojedinoga područja uporabe plastike ukupnoj uštedi energije prikazan je na slici 3, a ukupnom smanjenju stakleničkih plinova na slici 4. Kao što se vidi, plastična ambalaža bitno pridonosi

TABLICA 2. Pojedinačne studije obuhvaćene *Studijom*⁵

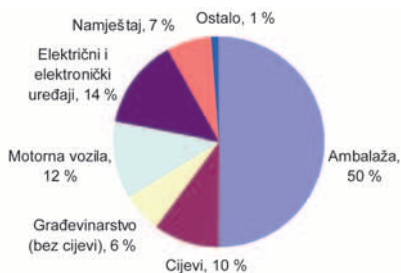
	Broj pojedinačnih studija	Broj analiziranih proizvoda	Nazivi pojedinačnih studija (analizirane skupine proizvoda)
Ambalaža	7	60	mala ambalaža; boce za napitke; ostale boce; ostala kruta ambalaža; stezljivi i rastezljivi filmovi; vrećice za nošenje; druga savitljiva pakovanja
Građevinarstvo, osim cijevi	3	10	izolacija; podne obloge; prozori
Cijevi	9	54	velike drenažne i kanalizacijske cijevi; male drenažne i kanalizacijske cijevi; velike cijevi za pitku vodu; male cijevi za pitku vodu; cijevi za poljoprivredu; cijevni vodovi; plinske cijevi; cijevi za grijanje i hlađenje; industrijske cijevi
Električni i elektronički uređaji	2	9	kućišta; izolacija u hladnjacima
Motorna vozila	3	18	ispod pokrova; vanjski i unutarnji dijelovi; ostali automobilski dijelovi
Kućanske potrepštine	3	8	kutije za svježiju hranu; vjedra; kante za smeće
Namještaj	2	7	vrtni namještaj; madraci
Medicina	2	4	šprice; infuzijski spremnici
Obuća	1	4	potplati

TABLICA 3. Polimerni i alternativni materijali razmatrani u *Studiji*⁵

	Plastični materijali obrađeni u pojedinačnim studijama	Alternativni materijali obrađeni u pojedinačnim studijama
Ambalaža	PE-LD; PE-HD; PP; PVC; PS; PS-E; PET	bijeli lim; aluminij; staklo; valoviti karton i ljepenka; papir i plastika; papirni kompoziti; drvo
Građevinarstvo, osim cijevi	PVC; PS-X; PS-E; PUR	aluminij; staklena vuna; drvo; linoleum; mineralna vuna
Cijevi	PE-HD; PP; PVC; PE-X; ABS/SAN	čelik; pocinčano željezo; sivi lijev; aluminij; bakar; vlaknima ojačani cement; kamenina; beton
Elektrika/elektronika	PP; PS-HI; ABS/SAN; PUR	čelik; aluminij; mineralna vuna; drvo; guma
Motorna vozila	PE-HD; PP; PMMA; PA; ABS/SAN; PUR	čelik; aluminij; staklo; guma
Kućanske potrepštine	PE-HD; PP	čelik; pocinčano željezo; aluminij; staklo
Namještaj	PP; PUR	čelik; aluminij; drvo; lateks
Medicina	PP; PVC	staklo
Obuća	PVC; PUR	koža; guma

uštedi energije (50 %) i smanjenju emisija stakleničkih plinova (51 %).

- Dodatna energija od 1 020 milijuna GJ/g. istovrijedna je energiji 22,4 milijuna tona nafte. Ako bi se za njezin prijevoz koristili ultraveliki tankeri (primjerice tanker *Jahre Viking* nosivosti 137 milijuna litara, dužine 458 m), trebalo bi ih 190, a poredani u nizu bili bi dugački 87 km.
- Dodatna energija koju bi trebalo potrošiti za alternativne materijale odgovara energiji 10 nukleari od 1 000 MW ili energiji za grijanje domova i vode za 40 milijuna stanovnika.
- Smanjenje emisija stakleničkih plinova od 97 milijuna tona CO₂ postignuto proizvodnjom i uporabom plastičnih proizvoda, čini 30 % količine koju 15 zemalja Europske unije treba postići od 2000. do 2012., a koja iznosi 318,6 milijuna tona, računato samo na CO₂. Ako se to smanjenje računa sa šest stakleničkih plinova, ono treba biti 188,3 milijuna tona, pa je ušteda veća od 50 %.
- Emisije stakleničkih plinova uštedene uporabom plastičnih materijala (97 milijuna tona) ekvivalentna je 91 % emisija CO₂ iz svih osobnih vozila u Njemačkoj 2000. godine.
- Uzme li se u obzir razdoblje otkada je plastika na tržištu (ukupna količina plastike uporabljena u EU-15 do danas je približno 25 puta veća od količine plastike na tržištu 2002.), tada je u *staroj* EU njome uštedena energija od 25 500 milijuna GJ, odnosno oko 560 milijuna tona nafte, za prijevoz koje bi trebalo 4 746 već spomenutih tankera, a njihova dužina iznosila bi 2 174 km.



SLIKA 3. Ušteda energije po pojedinim područjima primjene plastike⁵



SLIKA 4. Smanjenje emisija stakleničkih plinova po pojedinim područjima primjene plastike⁵

Konačni zaključci koji se temelje na ovim rezultatima jesu:

- Plastični proizvodi koji su danas na tržištu omogućuju znatne uštede energije i smanjenje emisija stakleničkih plinova.
- U *Studiji* je istražen utjecaj različitih materijala na potrošnju energije u cijelome životnom vijeku. Rezultati pokazuju da u većini slučajeva plastični proizvodi pridonose najdjelotvornijoj uporabi resursa.
- To potvrđuje da se plastika, s motrišta ukupnoga životnog ciklusa, može smatrati jednim od energetski najdjelotvornijih materijala.
- Zamjena plastičnih proizvoda drugim materijalima u većini će slučajeva povećati potrošnju energije i emisije stakleničkih plinova.

Valja spomenuti i ograničenja ovih zaključaka. Naime, u *Studiji* su ispitivane samo posljedice povećanja utroška energije i emisija stakleničkih plinova ako bi se plastika kao materijal zamijenila drugim materijalom, dok se svi drugi vidovi uporabe tih proizvoda (funkcija, konstrukcija, dizajn, sigurnost) mijenjaju što je manje moguće. Stoga *Studija* nije istraživala promjene potrošnje energije i emisije stakleničkih plinova kada se plastični proizvod zamijeni, ne sličnim proizvodom, nego proizvodom znatno promijenjene funkcije, projekta ili procesa, zatim kada se mijenjaju drugi vidovi procesa, a ne materijal, ili kada nove tehnike mogu pružiti neku uslugu bez materijala (npr. bežična komunikacija koja zamjenjuje procese koji trebaju kabele).

Kod pakiranja i distribucije proizvoda, osim izbora ambalažnoga materijala, ima mnogo drugih utjecaja na potrošnju energije. Uporaba jednokratne ili povratne ambalaže mijenja logistiku sustava. Transportna udaljenost i vozilo koje se koristi (brod, zrakoplov, vlak, kamion) imaju velik utjecaj na potrošnju energije i emisije stakleničkih plinova.

U ovoj je *Studiji*, primjerice, podna obloga od PVC-a zamijenjena samo linoleumom. Ako bi se podne obloge od PVC-a zamijenile vunenim sagovima, drvenim podom ili kamenim pločama, utjecaj na potrošnju energije razlikovao bi se od rezultata u ovoj *Studiji*. Osim toga, različita mehanička i površinska svojstva rezultiraju promjenama u korištenju, čišćenju i sigurnosti podnoga materijala.

Automobili su postali teži kako bi ispunili veće zahtjeve sigurnosti, što je rezultiralo povećanom potrošnjom goriva. Međutim, u isto su vrijeme razvijeni djelotvorniji motori i poboljšana aerodinamična svojstva, što smanjuje potrošnju goriva. Usto, pokretljivost se, osim automobilom, može realizirati i drugim prijevoznim sredstvima.

Neki su plastični proizvodi omogućili nove procese, što je važnije od zamjene materijala. Oni su učinili nepotrebnima mnoge procese pranja i čišćenja u području medicine. Razvoj elektronske opreme ne bi bio moguć bez plastike. Silažni film djelomice je zamijenio radom intenzivni proces proizvodnje sijena. Filmovi za povrtlarstvo omogućili su veće prinose na donedavno neplodnome tlu, zbog smanjenja gubitka vlage. Geomembrane su spriječile gubitak vode u kanalima za natapanje itd.

Valja naglasiti da za djelotvornu uporabu resursa treba razmotriti sve različite mogućnosti optimiranja procesa. Promjene u funkciji i projektiranom procesu te njihove uloge mogu imati veći utjecaj na ukupnu potrebnu energiju nego pojedini materijal. Osim toga, danas se opsežne usporedbe proizvoda ne temelje samo na razlikama u potrošnji energije i emisijama stakleničkih plinova, nego su one *održiva prosudba* koja pokriva sve relevantne ekološke, ekonomske i socijalne utjecaje ispitivanoga proizvoda. To ističe i kritičko izvješće o *Studiji*,⁶ no naglašava da je ona znanstveno utemeljena i da su korišteni ispravni podatci o tržištu, svojstvima plastike i alternativnih materijala te potrošnje energije i stakleničkoga učinka svih materijala. Autor kritičkoga izvješća zaključuje da je *Studija* jasno i logično strukturirana, većinom lako razumljiva i transparentna. Stoga se može preporučiti za objavljivanje kako bi otvorila raspravu o plastičnim materijalima uzimajući u obzir cijeli životni ciklus proizvoda.

LITERATURA

1. Nećak, J.: *Treće zasjedanje država stranaka Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime*, Kyoto, 1. - 10. 12. 1997., Okoliš, 76(1998)1-4.
2. Švob, A.: *Zaštita klime a la Kyoto: Kupujem CO₂, nudim devize!*, Polimeri, 19(1998)3, 72-73.
3. N. N. *Europe's Environment, The Dobrish Assessment*; European Environment Agency, Copenhagen, 1995.
4. Zanić Nardini, J.: *Spriječite klimatsku katastrofu*, Vjesnik, 9. 6. 2005., 14-15.
5. Pilz, H., Schweighofer, J., Kletzer, E.: *The Contribution of Plastic Products to Resource Efficiency*, Final Report, GUA, Vienna, Jan. 2005.
6. Hischer, R.: *Critical Review Report*, EMPA, St. Gallen, 9. 9. 2004.