



Operativni program čezmejnega sodelovanja
Slovenija – Madžarska
2007–2013

Oblikovanje in razvoj okolju primernejše embalaže

Dr. Gregor Radonjič

*»Informacijsko in izobraževalno eko-vozlišče
za podporo malim in srednje velikim podjetjem
pri povezovanju, inoviranju, razvoju in trženju
okolju prijaznih izdelkov, procesov in storitev«
številka SI-HU-2-2-012*

Januar, 2014





PROJEKT

Operativni program Slovenija - Madžarska 2007-2013

OBLIKOVANJE IN RAZVOJ OKOLJU PRIMERNEJŠE EMBALAŽE

AVTOR

dr. Gregor Radonjič

ZALOŽNIK

Vodilni partner projekta ECO-HUB

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

STROKOVNO LEKTORIRALA

Margit Berlič Ferlinc

OBLIKOVANJE IN PRELOM

www.agd.si

TISK

še ne vemo

NAKLADA

500 izvodov

Leto izida

januar 2014

Operacijo delno financira Evropska unija,
Evropski sklad za regionalni razvoj

ISBN 978-961-248-417-0

stran:

9	O avtorju
10	Predgovor
13	1 Uvod: pomen okoljskega načrtovanja in razvoja embalaže
16	2 Osnovni pojmi o embalaži
18	3 Funkcije embalaže
22	4 Gospodarski in družbeni pomen embalaže
32	5. Embalažni materiali in vrste embalaže
34	5.1 Steklена embalaža
35	5.2 Papirna in kartonska embalaža
41	5.3 Kovinska embalaža
42	5.3.1 Jeklena embalaža
42	5.3.2 Aluminijska embalaža
43	5.4 Plastična embalaža
44	5.4.1 Konvencionalni polimerni materiali
48	5.4.2 Biološko razgradljivi polimerni materiali
51	5.4.3 Proces razgradnje polimernih materialov
53	5.4.4 Vrste biorazgradljivih polimernih materialov
56	5.4.5 Okoljski vidiki razvoja biorazgradljivih polimerov
60	5.4.6 Biorazgradljive plastične nosilne vrečke: res najboljša alternativa?
62	5.4.7 Okso-razgradljivi polimerni materiali
64	5.5 Lesena embalaža
64	5.6 Tekstilna embalaža

65	5.7 Eko-profil embalažnih materialov
65	5.8 Posebne vrste embalaže
65	5.8.1 Večslojna in sestavljena embalaža
69	5.8.2 Embalaža z modificirano atmosfero
69	5.8.3 Aktivna in inteligentna embalaža
72	6 Ključni problemi embalaže v povezavi z varstvom okolja
72	6.1 Odpadna embalaža
76	6.2 Racionalna raba primarnih snovnih virov za embalažo
78	6.3 Prisotnost in migracija škodljivih snovi
79	7 Podjetniški in poslovni razlogi razvoja ter uporabe okolju primernejše embalaže
80	7.1 Okoljska zakonodaja za embalažo
82	7.2 Racionalna raba surovin in materialov
83	7.3 Poslabšanje podobe podjetja v javnosti zaradi uporabljene embalaže
84	7.4 Zamenjava škodljivih snovi
84	7.5 Ogljični odtis
85	8 Analiza okoljskega življenjskega cikla embalaže – metoda LCA
85	8.1 Kaj pomeni pojem okoljskega življenjskega cikla?
86	8.2 Definicija metode (analize) LCA
87	8.3 Kaj želimo doseči z metodo LCA?
88	8.4 Opis in metodološki okvir metode (analize) LCA
91	8.5 Pomanjkljivosti metode (analize) LCA
92	8.6 Nekateri primeri opravljenih študij LCA za embalažo
101	9 Ogljični odtis embalaže
101	9.1 Metodološki koncept ogljičnega odtisa proizvodov
105	9.2 Pomanjkljivosti koncepta ogljičnega odtisa
109	10 Okoljsko načrtovanje embalaže – ekodizajn embalaže
109	10.1 Opredelitev koncepta ekodizajna proizvodov
111	10.2 Splošni vidiki in principi ekodizajna embalaže
116	11 Oblikovanje za minimalno količino embalaže (dematerializacija)

119	11.1 Pretirana in nepotrebna uporaba embalaže
122	11.2 Kako določiti optimalno količino embalažnega materiala?
125	11.3 Načrtovanje prodajne in transportne embalaže mora potekati sočasno
127	11.4 Zniževanje mase embalaže in boljša transportna učinkovitost
129	11.5 Življenjski slogi vplivajo na količino potrebne embalaže
131	12 Oblikovanje za reciklažo
133	12.1 Reciklaža odpadne plastične embalaže
134	12.1.1 Tehno-ekonomske omejitve reciklaže odpadne plastike
138	12.1.2 Reciklaža plastenk iz PET
139	12.1.3 Čemu dati prednost: zniževanju mase plastične embalaže ali možnosti reciklaže?
141	12.2 Reciklaža steklene embalaže
142	12.3 Reciklaža kovinske embalaže
142	12.3.1 Reciklaža jeklene embalaže
143	12.3.2 Reciklaža aluminijske embalaže
143	12.4 Reciklaža embalaže iz papirja in kartona
146	12.5 Oznake za reciklažo
149	13 Oblikovanje za ponovno uporabo (vračljiva embalaža)
151	13.1 Tehno-ekonomski dejavniki sistema vračljive embalaže
152	13.2 Primerjalne okoljske analize med sistemi vračljive in nevračljive embalaže
158	14 Oblikovanje za kompostiranje
163	15 Izogibanje škodljivim snovem v embalaži
167	16 Oblikovanje za ozaveščanje potrošnikov
169	17 Standardi za podporo okoljskemu načrtovanju embalaže
172	18 Vprašalniki za ekodizajn embalaže
175	19 Primeri okoljskega oblikovanja embalaže
181	20 Celovitejše poslovne prakse za podporo načrtovanju okolju primernejše embalaže
186	21 Embalaža kot element trajnostnega razvoja
189	Slovar pojmov
190	Seznam virov in literature



Kazalo slik

stran:

15	Slika 1: Razvoj družbene pozornosti v povezavi z okoljsko problematiko embalaže.
20	Slika 2: Funkcije embalaže v dobavni verigi blaga (PIRA –INCPEN 1998).
23	Slika 3: Povezanost nekaterih dejavnikov razvoja embalaže in dejavnikov tehnološkega ter družbenega razvoja (Olsmats 2002).
28	Slika 4: Porazdelitev rabe energije v dobavni verigi hrane (poprečni podatki veljajo za Veliko Britanijo; INCPEN 1996).
28	Slika 5: Porazdelitev rabe energije v dobavni verigi mesa na osebo (INCPEN 2011).
33	Slika 6: Substitucijski procesi embalažnih materialov: primer nadomeščanja celofana s polipropilenom (PP) (Aigner 2012).
37	Slika 7: Sestava kartona za zloženke.
38	Slika 8: Osnovne vrste valovitega kartona: (a) enostranski enoslojni, (b) enoslojni, (c) dvoslojni, (d) troslojni (Černič et al. 2005).
46	Slika 9: Kozmetični izdelki v plastični (polietilenski) embalaži iz rastlin
49	Slika 10: Razdelitev polimerov glede na njihov izvor in sposobnost biološke razgradnje (Enders et al. 2009).
51	Slika 11: Kroženje sestavin biorazgradljivih polimernih materialov v okolju (IBAW 2005).
52	Slika 12: Proces razgradnje polimernih plastičnih materialov v okolju (Kržan et al. 2006).
55	Slika 13: Prva kompostirna skrčljiva folija iz obnovljivih virov (www.alesco.net).
60	Slika 14: Struktura večslojne embalaže: barierni sloj iz proteinov sirotke "Whey-layer" kot potencialni substitut za konvencionalne polimerne materiale, proizvedene iz nafte.
63	Slika 15: Fragmentirani okso-razgradljivi polimerni material (Loughborough University 2010).
67	Slika 16: Primeri večslojne embalaže za različne namene s prikazanimi sloji (Soroka 2002; Radonjič 2008).
67	Slika 17: Primeri šest- in štirislojne platenke (Alcion Plasticos s.l. 2012).
73	Slika 18: Količine nastale, predelane in reciklirane odpadne embalaže v državah EU-15
74	Slika 19: Deleži reciklirane odpadne embalaže v državah EU (EEA 2012).
75	Slika 20: Znak zelena pika.
86	Slika 21: Okoljski življenjski cikel embalaže (CEN Report 13910:2000).
94	Slika 22: Rezultati analize LCA štirih vrst kozarcev (člaš): (a) za manjše prireditve, (b) za večje prireditve (podatki so specifični za Belgijo) (OVAM 2006; Vercalsteren et al. 2010).
95	Slika 23: Rezultati analize LCA za štiri vrste kozarcev (člaš), izraženi v eko-točkah: (a) za manjše prireditve, (b) za večje prireditve (podatki so specifični za Belgijo) (OVAM 2006; Vercalsteren et al. 2010).
96	Slika 24: Rezultati analize LCA za otroško igračo (Muñoz et al. 2009).
98	Slika 25: Rezultati analize LCA alternativnih embalažnih sistemov za pakiranje otroške hrane (podatki so specifični za preučevano podjetje) (Humbert et al. 2009).
99	Slika 26: Predvidene posledice zamenjave plastične embalaže z alternativnimi embalažnimi materiali (Brandt in Pilz 2011).
103	Slika 27: Ogljični odtis sadnega soka ("smoothie"), pakiranega v različne vrste embalaže proizvajalca Innocent (Carbon Trust 2008).
103	Slika 28: Primer oznake o zmanjšanju ogljičnega odtisa embalaže slovenskega proizvajalca.
104	Slika 29: Ogljični odtis instant juhe proizvajalca Knorr (Milà i Canals et al. 2011).
106	Slika 30: Rezultati analize LCA (vključujoč ogljični odtis) za različne vrste embalažnih izdelkov za kavo (primer je specifičen za italijanskega proizvajalca) (De Monte et al. 2005).
107	Slika 31: Ogljični odtis in drugi okoljski indikatorji aluminjske in steklene embalaže za pijače v Nemčiji: (a) transportna razdalja 100 km; (b) transportna razdalja 680 km (Detzel in Mönckert 2009).
110	Slika 32: Različne strategije ekodizajna proizvodov (Brezet in van Hemel 1997).

stran:

- 112** Slika 33: Vplivni dejavniki razvoja embalaže (Recoup 2009).
- 115** Slika 34: Splošne smernice in vodila za načrtovanje okolju primernejše embalaže
- 116** Slika 35: Primeri minimiranja (dematerializacije) embalaže
- 123** Slika 36: Princip določevanja optimalne količine embalažnega materiala (Erlov et al. 2000).
- 125** Slika 37: Primer dematerializacije skupinske embalaže (WRAP 2009b).
- 126** Slika 38: Neustrezna zamenjava embalaže. Snovna in energijska bilanca dveh embalažnih sistemov za pakiranje keksov:
(a) prvotna embalaža, (b) nova embalaža (PRO EUROPE 2004).
- 127** Slika 39: Masni deleži alternativnih embalažnih izdelkov pri transportu jogurta (IK Industrieverband Kunststoffverpackungen e. V. 1998).
- 128** Slika 40: Učinkovitost paletizacije v odvisnosti od oblike prodajne in skupinske embalaže (izračuni so opravljeni za primer palete dimenzij 1200 x 1000 x 2400 mm in kapaciteto 22 palet na vozilo) (WRAP 2009c).
- 129** Slika 41: Poraba živil, vode za kuhanje in embalaže v odvisnosti od števila oseb v gospodinjstvu v Veliki Britaniji (INCPEN 1996).
- 133** Slika 42: Tehnološke možnosti predelave odpadne plastike (Lundquist et al. 2000; Radonjič 2008).
- 134** Slika 43: Izdelki iz reciklirane plastične embalaže (DKR 2004).
- 134** Slika 44: Temperaturna področja za predelavo nekaterih termoplastov.
- 135** Slika 45: Matrika mešljivosti (kompatibilnosti) polimernih plastičnih materialov
- 138** Slika 46: Plastenka za mleko, proizvedena iz recikliranega PE-HD (EREMA/WES 2008).
- 138** Slika 47: Primeri tržnih proizvodov iz recikliranega PET.
- 145** Slika 48: Shematski prikaz procesa razsivitve (ang. deinking) (North Carolina State University 2012)
- 147** Slika 49: Znak za reciklažo embalažnih materialov (Mobiusova zanka).
- 147** Slika 50: Identifikacijske oznake za polimerne materiale: (a) standardizirane oznake, (b) in (c) oznake za poli(etilen-tereftalat), ki se dodatno uporabljajo na trgu.
- 148** Slika 51: Oznake za identifikacijo in reciklažo embalaže: (a) in (b) aluminij, (c) jeklo, (d) delež recikliranega materiala.
- 150** Slika 52: Primeri vračljive embalaže: (a) zaboji za sadje v veleblagovnici, (b) vreče za kavč, (c) embalaža za kozmetiko.
- 154** Slika 53: Primerjalni rezultati vplivov kombinirane (večslojne) kartonske embalaže in vračljivih steklenic na okolje, dobljeni z metodo LCA. Podatki veljajo za nemški trg (FKN 2006).
- 162** Slika 54: Primer označevanja biorazgradljive in kompostabilne embalaže (FNR 2005).
- 176** Slika 55: Nekateri elementi ekodizajna platenke iz PE-HD.
- 176** Slika 56: Embalaža za jogurt: kombinacija različnih plastičnih polimernih materialov v tem primeru ni v skladu s koncepti sodobnega ekodizajna embalaže.
- 179** Slika 57: Večkomponentna embalaža iz kartona in plastike.
- 180** Slika 58: Plastinka s semeni (Yanko Design 2009).
- 187** Slika 59: Vloga embalaže pri doseganju ciljev trajnostnega razvoja (Bickerstaffe 2007).



Kazalo tabel

stran:

25	Tabela 1: Deleži letno izgubljene hrane za nekatere države (za leto 1990) (Oki in Sasaki 2000).
29	Tabela 2: Masni in energijski deleži embalaže za zadovoljitev letnih blagovnih potreb povprečnega gospodinjstva (podatki veljajo za Nizozemsko; Kooijman 2000).
30	Tabela 3: Primerjava med maso plastične embalaže in maso pakiranega izdelka
38	Tabela 4: Nekatere osnovne vrste embalažnih papirjev.
54	Tabela 5: Nekateri biorazgradljivi polimerni materiali za namene embaliranja.
55	Tabela 6: Možnosti uporabe bioplastičnih embalažnih materialov (European Bioplastics 2011).
62	Tabela 7: Vplivi na okolje papirne in biorazgradljive vrečke v primerjavi s plastično polietilensko vrečko (pri vseh treh za primer enkratne uporabe) (EuroCommerce 2004).
66	Tabela 8: Nekatere okoljske karakteristike embalažnih materialov* (Ashby 2009).
66	Tabela 9: Lastnosti embalažnih materialov za izdelavo večslojne embalaže (Vujković et al. 2007).
70	Tabela 10: Primeri aktivne embalaže za živila (Anon. 2001; Radonjič 2008).
77	Tabela 11: Količine potrebnih primarnih surovinskih virov za proizvodnjo 1000 kg različnih embalažnih materialov (BUWAL 1998).
89	Tabela 12: Okoljske kategorije in pripadajoči okoljski indikatorji.
93	Tabela 13: Podatki o vplivih na okolje (okoljske kategorije) pri proizvodnji 1 kg materiala PET (PlasticsEurope 2011).
102	Tabela 14: Potenciali globalnega segrevanja različnih toplogrednih plinov (IPCC 2007).
112	Tabela 15: Osnovni elementi in vidiki oblikovanja embalaže ter pripadajoči vplivi na okolje.
117	Tabela 16: Zmanjševanje mase različnih embalažnih proizvodov (ACP 2008).
120	Tabela 17: Potencialni prihranki embalaže za različne skupine izdelkov (podatki veljajo za Veliko Britanijo) (DEFRA 2009).
120	Tabela 18: Razlika med najlažjo in najtežjo embalažo za posamezno izdelčno skupino (podatki veljajo za Veliko Britanijo) (WRAP 2009a).
136	Tabela 19: Splošne smernice za ekodizajn glede izbora materialov pri načrtovanju plastenk iz polietilena visoke gostote (PE-HD) (Recoup 2009).
136	Tabela 20: Splošne smernice za ekodizajn glede izbora materialov pri načrtovanju plastenk iz poli(etilen-tereftalata) (PET) (Recoup 2009).
137	Tabela 21: Splošne smernice za ekodizajn glede izbora materialov pri načrtovanju embalaže iz polistirena (PS) (Recoup 2009)
140	Tabela 22: Rezultati inventarizacije okoljskih življenjskih ciklov PVDC, PP in embalažnih folij iz PP ter iz PP/PVDC. Podatki so podani v mg (APME 1997).
142	Tabela 23: Dopustne količine različnih vrst steklenih črepinj (SIST CR 13688:2001).
146	Tabela 24: Sistem identifikacije embalažnih materialov v Evropski uniji.

Gregor Radonjič je diplomiral na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo v Mariboru, kjer je tudi magistriral in doktoriral. Zaposlen je kot redni profesor na Ekonomsko-poslovni fakulteti Univerze v Mariboru, kjer je predstojnik Katedre za tehnologijo in podjetniško varstvo okolja. Področja, s katerimi se aktivno znanstveno in strokovno ukvarja, predstavljajo ocenjevanje vplivov proizvodov na okolje, analize življenjskih ciklov, razvoj embalaže in okoljski menedžment. Študijsko se je med drugim izpopolnjeval na London Metropolitan University, Gospodarski univerzi na Dunaju in na Ekonomski univerzi v Krakovu. Je nosilec in izvajalec predmeta Embalaža na Ekonomsko-poslovni fakulteti ter nosilec več drugih predmetov z vključeno okoljsko problematiko (Ekologija proizvodov, Proizvodi in zagotavljanje kakovosti, Tehnološki management in varstvo okolja, Tehnološke in okoljske inovacije). Je tudi avtor prve slovenske strokovne monografije o embalaži in varstvu okolja (2008) ter slovenski predstavnik v Mednarodnem združenju za znanost o blagu in tehnologijah (IGWT).





Embalaža je mnogo kompleksnejši proizvod, kot se zdi na prvi pogled. Izpolnjevati mora namreč številne funkcije, izmed katerih je na prvem mestu zaščita pakirane vsebine. Je izjemno pomemben element dobavnih verig, distribucijskega sistema in načina uporabe oziroma rokovanja z izdelkom. Obenem je prav embalaža tista, ki prispeva k bistveno bolj racionalni in varni rabi raznovrstnih virov od hrane do dragocenih materialov za proizvodnjo dragih tehničnih izdelkov. Toda navedenemu navkljub ima embalaža v širši javnosti negativen prizvok, kar je eden od paradoksov sodobne potrošniške družbe. Negativna podoba embalaže je seveda povezana z dejstvom, da se pred našimi očmi dnevno kopičijo kupi odpadne embalaže. Čeprav je to resen okoljski problem, ki ga je potrebno ustrezno reševati, pa se morajo proizvajalci in uporabniki embalaže zavedati, da je to le eden od okoljskih vidikov, ki je povezan z embalažo.

Podjetja, ki proizvajajo embalažo, in tista, ki jo uporabljajo za pakiranje svojih izdelkov, bodo v prihodnje manj konkurenčna, če bodo ignorirala vse bolj očitne trende okoljevarstvenih zahtev pri razvoju proizvodov. Pojmi, kot so "zeleno", "trajnostno", "eko", "okolju prijazno", postajajo stalnica tudi v embalažni industriji. Uporabniki embalaže (embalerji) so vse bolj soočeni z vse strožjimi zakonodajnimi zahtevami ter z dejstvom, da morajo biti njihovi izdelki pakirani v okolju primerni embalaži. Vsi indici nakazujejo, da se bo ta trend v prihodnje stopnjeval. Napovedi in analize med-

narodnih svetovalnih hiš ter drugih strokovnih združenj so podobne: povpraševanje po okolju primernejši embalaži je v porastu in pričakuje se nadaljevanje tega trenda tudi v prihodnje. Vendar se ob neposrednih okoljevarstvenih zahtevah pojavljajo tudi tiste, ki so povezane z vse višjimi cenami surovin in materialov, kar znižuje dobičke podjetij. Zato je pričakovati, da bo regulativa EU, ki ureja področja embalaže in odpadne embalaže, poleg sedaj opredeljenih reciklažnih kvot pred podjetja v prihodnje postavila še nove zahteve glede upoštevanja dodatnih okoljskih kriterijev.

Obstaja tudi druga plat medalje v povezavi z embalažo in okoljem, ki je v glavnem zamolčana. Embalaža namreč preprečuje nastajanje dodatnih ogromnih količin odpadkov, ki bi se brez dvoma pojavile zaradi hitrejšega kvarjenja živil in poškodb izdelkov. Brez embalaže bi se gospodarski blagovni tokovi ter porabniški način življenja, kot ga poznamo in živimo, sesuli kot iz kart. Brez sodobne embalaže bi se dostopnost do življenjskih potrebščin občutno zmanjšala, bistveno pa bi narasli tudi stroški. Skoraj zagotovo bi narasle tudi količine odpadkov, saj bi se živila neprimerno hitreje kvarila, drugi izdelki pa bi se mnogo bolj pogosto poškodovali. Zdi se, da se pri nas (za razliko od razvitih držav) tega dejstva vse premalo zavedajo proizvajalci embalaže, uporabniki, potrošniki in pristojne državne ustanove, saj o tem redko obveščajo javnost in pristojne ustanove.

Poraja se vprašanje, kako se lotiti oblikovanja oziroma načrtovanja, razvoja ter uvažanja okolju primernejše embalaže. Katere kriterije pri tem upoštevati? Na prvi pogled se morda zdi, da je ta problematika pravzaprav preprosta. Toda temu ni tako. Ta knjiga to dokazuje. Številna podjetja se še ne zavedajo, da pojem okolju primernejše oziroma trajnostne embalaže vključuje mnogo več kot le sposobnost recikliranja odpadkov. Okoljski učinki embalaže so namreč mnogo širši in so celovito in sistematično predstavljeni v pričujoči knjigi.



Pri preučevanju problematike embalaže in njenih vplivov na okolje se pojavlja vprašanje, na kakšen način lahko sploh relevantno in objektivno ocenjujemo tovrstne vplive. Velikokrat se zmotno misli, da je problematika odpadkov edini in najpomembnejši okoljski problem v povezavi z embalažo. Vendar so se v svetu uveljavila nova razmišljanja pri ocenjevanju vplivov embalaže in pakiranih izdelkov na okolje, ki temeljijo na analizah okoljskih življenjskih ciklov proizvodov. Med tovrstne analize je prodrli tudi t. i. ogljični odtis. Metodologije, ki jih poznamo, imajo (kot vsak model) svoje pomanjkljivosti, ki se jih je potrebno zavedati pri njihovi praktični uporabnosti in opredeljevanju namena ter ciljev projektnih študij in interpretacije dobljenih rezultatov. Toda nobenega dvoma ni več: analiza življenjskega cikla proizvoda z metodo LCA je postala v svetu eno najpomembnejših orodij tudi na področju načrtovanja in razvoja embalaže.

Vsebina pričujoče publikacije je strukturirana tako, da je problematika embalaže v povezavi z varstvom okolja predstavljena na celovit način: od njenih funkcij in širše družbene vloge, preko razvoja novih materialov do večplastnosti okoljske problematike v interakciji z embalažo. Predstavljene so najnovejše metode in koncepti, ki jih v

razvitih državah uporabljajo pri načrtovanju in razvoju okolju primernejše embalaže. V gradivu so predstavljeni tudi razni primeri ukrepov na področju embalaže in okolja, ki jih izvajajo v velikih podjetjih. Le-ta namreč marsikdaj nakazuje smeri razvoja in diktirajo trende, ki se jim naknadno prilagajajo tudi manjša podjetja, zato je dobro spremljati tovrstne trende. Poleg tega je marsikatera ideja in kriterije v predstavljenih razvojnih konceptih, ki jih velika podjetja uvajajo, moč prenesti tudi v mala in srednja podjetja.

Namen pričujočega gradiva je podati smernice za načrtovanje in razvoj sodobne embalaže. Proces brez upoštevanja okoljskih kriterijev ni popoln in je ob sodobnih tržnih ter zakonodajnih zahtevah za podjetje lahko celo škodljiv. V različnih državah in znotraj različnih mednarodnih strokovnih združenj so že oblikovali bolj ali manj celovita in pregledna vodila za proizvajalce in uporabnike embalaže. Pričujoča publikacija pa na enem mestu vključuje pregled sodobnih trendov pri razvoju in načrtovanju okolju primernejše embalaže ter skupno podaja smernice in kriterije, ki jih je pri tem potrebno upoštevati. Namen publikacije je tudi vzpodbuditi razvojnike in uporabnike embalaže, da ponovno razmislijo, kje in na kakšen način lahko izboljšajo embalažo, ki jo proizvajajo oziroma uporabljajo.

V knjigi so prikazani tudi številni primeri dobrih poslovnih praks. Prevladujejo sicer tisti iz tujih podjetij, a za to obstajata vsaj dva razloga. S prikazom najnovejših primerov inovacij in projektov ter uporabe sodobnih metod ocenjevanja vplivov embalaže na okolje želimo podati jasne trende v mednarodnem prostoru, ki se jim je potrebno prilagajati. Številna tuja podjetja svoje inovativne dosežke s področja razvoja okolju primernejše embalaže javno objavljajo in predstavljajo v literaturi, na spletu in na konferencah. K sodelovanju sem poskušal pritegniti tudi slovenska podjetja, da pred-



stavijo primere svojih poslovnih praks v povezavi z načrtovanjem in razvojem embalaže. Na povabilo so se odzvala le tri podjetja, ki so tudi vključena v knjigo, čeprav sem jih k sodelovanju povabil bistveno več. Naj bo to gradivo vzpodbuda za drugačno razmišljanje in vodilo za preseganje še vedno prisotnih stereotipov v povezavi z embalažo in okoljem.



1 Uvod: pomen okoljskega načrtovanja in razvoja embalaže

Embalažna industrija je zelo dinamična gospodarska panoga. Ne le, da je vseskozi podvržena intenzivnemu tehnološkemu razvoju na področju osnovnih in pomožnih embalažnih materialov, tehnik pakiranja in distribucije, ampak mora ves čas slediti razvoju novih izdelkov, spremenjenim družbenim vzorcem, načinom prodaje in potrošnje. Obenem je ves čas tudi pod pritiskom javnosti glede vplivov na okolje. K temu se pridružujejo vse strožja okoljska zakonodaja in standardi.

Dejstvo je, da embalažna industrija (vključujoč proizvajalce materialov, proizvajalce embalažnih izdelkov in podjetja, ki le-te uporab-

ljajo) postaja aktivni udeleženec okoljevarstvenih trendov, ki se dinamično spreminjajo oziroma zaostrujejo. Uporabniki embalaže (embalerji) so vse pogostejše soočeni z vse zahtevnejšimi zakonodajnimi zahtevami ter z dejstvom, da morajo biti njihovi izdelki pakirani v okolju primerni embalaži. Obstaja kar veliko indicov, da se bo ta trend v prihodnje stopnjeval. Napovedi in analize mednarodnih svetovalnih hiš ter drugih strokovnih združenj so namreč v zadnjih letih podobne: povpraševanje po okolju primernejši embalaži je v porastu in pričakuje se nadaljevanje tega trenda tudi v prihodnje. Omeniti velja nekaj najnovejših napovedi:

Raziskava "World Green Packaging", ki jo je opravilo podjetje Freedonia Group Inc, je pokazala, da bo povpraševanje po okolju primernejši embalaži na svetovnem trgu (vključujoč reciklirano, biorazgradljivo in vračljivo embalažo) do leta 2015 naraščalo v poprečju za 5,7 % (Freedonia Group Inc. 2011).

V anketni raziskavi na vzorcu preko 1250 podjetij, izvedeni s strani Koalicije za trajnostno embalažo, je 73 % anketiranih poročalo, da so njihova podjetja povečala poudarek glede razvoja in uporabe okolju primernejše embalaže (Sustainable Packaging Coalition & Packaging Digest 2008).

Organizacija PIRA International je v svoji pregledni študiji iz leta 2011 o vlogi embalaže v globalnih dobavnih verigah ugotovila, da bodo okoljski vidiki pri razvoju novih materialov in pakirnih tehnologij predstavljali najpomembnejši trend na področju embalaže v prihodnje (Price-waterhouse Coopers 2012).

Podobne trende napoveduje tudi raziskava, ki sta jo skupaj izvedla revija Packaging World Magazine in podjetje DuPont (DuPont 2012). Anketirali so skoraj 500 strokovnjakov s področja trženja in razvoja, ki delujejo v podjetjih, ki proizvajajo bodisi embalažo bodisi izdelke za široko



rabo. Anketiranci so bili mnenja, da se bo v prihodnjih desetih letih področje varstva okolja in trajnostnega razvoja prebilo na prvo mesto motivacijskih dejavnikov razvoja embalaže. Če so danes na prvem mestu stroški, ki jim sledi področje varnega pakiranja hrane, pa proizvajalci in uporabniki embalaže v razvitih državah menijo, da bo v naslednjih letih prišlo do preobrata v smeri trajnostnega razvoja. Trajnostni vidik embalaže naj bi pravzaprav združil tako okoljsko problematiko (reciklaža, odpadki), racionalno rabo virov in z njo povezano zmanjševanje izgub hrane ter razvoj novih embalažnih materialov.

Vendar pri teh trendih ne gre le za to, da se zadosti že omenjenim vse pogostejšim zakonodajnim zahtevam za embalažo. Pričakovati je namreč, da bodo direktive in uredbe EU, ki urejajo področja embalaže in odpadne embalaže, poleg sedaj veljavno opredeljenih reciklažnih kvot pred podjetja v prihodnje postavile še nove zahteve glede upoštevanja okoljskih kriterijev. In če je bil še nedavno ključni kriterij v povezavi z embalažo in okoljem sposobnost reciklaže embalaže, pa so danes kriteriji bistveno bolj celoviti, saj temeljijo na analizi celotnega okoljskega življenjskega cikla. Pomembno vlogo pa imajo tudi drugi dejavniki, kot so na primer vse višje cene surovin in materialov, ki ogrožajo dobičke podjetij.

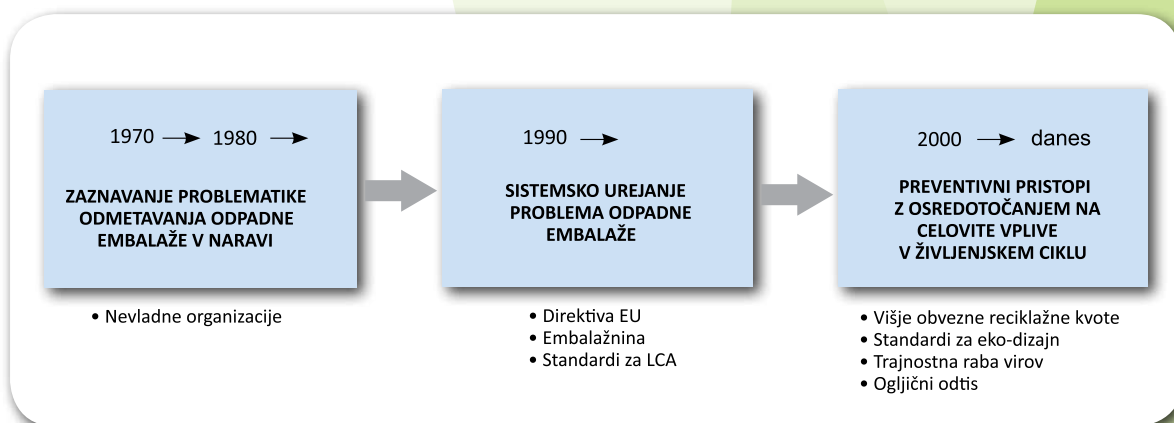
Okolju primernejša embalaža dobiva dodatno vlogo tudi znotraj širših okoljskih ukrepov, ki zadevajo tako gospodarske kot negospodarske dejavnosti. Lep primer za to je t. i. zeleno javno naročanje, katerega namen je zmanjšati negativni vpliv na okolje z javnim naročanjem okoljsko manj obremenjujočega blaga, storitev, gradenj in dajanje zgleda zasebnemu sektorju ter potrošnikom (Uradni list 2011). Kriteriji pri tovrstnem naročanju blaga in storitev temeljijo na celotnem življenjskem ciklu. Embalaža pomeni pomemben kriterij v okviru meril za izbor ponudb pri javnem naročanju gostinskih storitev ter pri javnem naročanju živil in pohištva.

Seveda se te tržne in zakonodajne spremembe niso zgodile čez noč. Vloga embalaže pri doseganju ciljev trajnostnega razvoja se je v zadnjih desetletjih vseskozi spreminjala. V grobem lahko opredelimo nekatera časovna obdobja, v katerih je možno zaznati različne poglede na okoljsko problematiko v povezavi z embalažo (Slika 1). V sedemdesetih in osemdesetih letih dvajsetega stoletja je bil kritičen pogled v povezavi z embalažo usmerjen predvsem v problem njenega odmetavanja v naravi. Nato smo bili v devetdesetih letih prejšnjega stoletja priča oblikovanju in uveljavljanju sistemskih zakonodajnih pristopov v mednarodnem merilu ter vse glasnejšim opozorilom v povezavi z naraščajočimi količinami komunalnih in drugih odpadkov. V različnih državah se zato pričnejo sistemski pristopi z ustanavljanjem družb za ravnanje z odpadno embalažo, ki prevzamejo vlogo organiziranega zbiranja ter predelave odpadne embalaže. V drugi polovici devetdesetih let se pričnejo sistemski pristopi okoljskega menedžmenta vse bolj intenzivno uveljavljati tudi na nivoju podjetij (npr. v skladu z zahtevami standarda ISO 14001). Določen delež podjetij prične vključevati tudi problem embalaže kot del celovitejše okoljske politike.

Bistveno drugačne kot pred petnajstimi leti ali več so danes tudi metode vrednotenja vplivov embalaže na okolje. Z njimi se je razvijal in uveljavil koncept ekodizajna

embalaže. V ta namen so bili izdani mednarodni standardi ISO. V desetletju, ki sledi, se povsem uveljavi ovrednotenje okoljskih vplivov proizvodov in embalaže, ki temelji na analizi okoljskega življenjskega cikla (analiza LCA) (Slika 1). Le-ta postane pomembno orodje okoljske politike podjetij in državnih ustanov. Ob dodatnih zakonodajnih zahtevah to pomeni dokončno uveljavitev holističnega pogleda na problematiko embalaže. Tudi kriteriji ekodizajna embalaže vse bolj vključujejo razmislek o njenih vplivih v življenjskem ciklu, v ta namen se pojavijo mednarodni standardi ISO za ekodizajn. V zadnjih letih se prične uveljavljati pojem "trajnostna embalaža". V

tem kontekstu se vse bolj prepoznava preventivna vloga embalaže pri varovanju virov (npr. hrane). Del tega postane določevanje prispevka embalaže k emisijam toplogrednih plinov z določevanjem ogljičnega odtisa. Ponekod (npr. Nizozemska) se pojavijo prve ogljične takse za embalažo.



Slika 1: Razvoj družbene pozornosti v povezavi z okoljsko problematiko embalaže.

Eden od največjih izzivov, s katerim bodo v prihodnje soočeni svetovna embalažna industrija in podjetja, ki embalažo uporabljajo, bo način vpeljave skupnih okoljskih kazalcev oziroma kazalcev trajnostnega razvoja ter ozaveščanje potrošnikov o celoviti vlogi trajnostne embalaže, ki slednjo še vedno enačijo predvsem s sposobnostjo reciklaže.



2 Osnovni pojmi o embalaži

Beseda embalaža je francoskega izvora (l'emballage). V najširšem smislu pomeni nosilec ali ovoj oziroma sredstvo, v katerega zavijemo, polnimo ali vstavimo blago. V Sloveniji poznamo za embalažo še izraz ovojnina. Slovenska določila dopuščajo strokovni izraz embalaža, ki ga definirajo: kot vse tiste izdelke iz katerega koli materiala, ki so namenjeni temu, da blago ne glede na to, ali gre za surovine ali izdelke, obdajajo ali držijo skupaj zaradi hranjenja ali varovanja, rokovanja z njim, njegove dostave ali predstavitve na poti od embalerja do končnega uporabnika. Med embalažo uvrščamo tudi izdelke, za katere se da očitno ugotoviti, da bo iz njih v nadaljnjih postopkih (npr. s konfekcioniranjem) izdelana embalaža, uporabljena za prej opredeljene namene (Uradni list RS 2006). Takšna definicija embalaže je povsem v skladu s standardizirano evropsko embalažno terminologijo (SIST EN 14182:2003). Prav tako med embalažo uvrščamo tudi pomožna sredstva za embaliranje, ki se uporabljajo za ovijanje ali povezovanje blaga.

Sistematiko embalaže lahko opravimo glede na različna merila. Najpomembnejša in najpogostejša so razvrščanja glede na embalažni material, glede na namen uporabe oziroma glede na osnovno funkcijo in glede na trajnost (Radonjič 2008).

Glede na namen uporabe oziroma glede na osnovno funkcijo (raven pakiranja) ločimo prodajno, ovojno in transportno embalažo. **Prodajna** ali **primarna embalaža** je namenjena v glavnem za blago široke porabe. Obda-

ja in varuje osnovno prodajno enoto blaga, namenjeno končnemu porabniku na prodajnem mestu. Vanjo pakirajo manjše količine blaga, ki so v skladu s potrebami porabnika. Prodajna embalaža je namenjena tudi pospeševanju prodaje, zato mora biti njen izgled v skladu tudi s to nalogo. Poleg tega, da informira porabnika o svoji vsebini, služi tudi kot dejavnik prepoznavanja blaga enega proizvajalca glede na konkurenco. S svojo obliko in videzom opozori kupca in pritegne njegovo pozornost. Porabnik marsikdaj poveže izdelek prav s prodajno embalažo. Poleg tega varuje pakirano blago pred razsutjem, razlitjem, mehanskimi poškodbami, vlago, mikroorganizmi in/ali svetlobo, ohranjati pa mora tudi osnovne značilnosti pakiranega blaga, kot so sestava, okus, vonj, barva itd. V tej embalaži pakirano blago ostane velikokrat do konca njegove uporabe, zato mora prodajna embalaža v takšnih primerih zagotavljati tudi enostavno in varno uporabo izdelkov.

Ovojna, skupinska ali sekundarna embalaža je tista vrsta embalaže, ki obdaja ali drži skupaj več osnovnih prodajnih enot istovrstnega ali raznovrstnega blaga v prodajni embalaži. Ovojna embalaža racionalizira pakiranje blaga v transportno embalažo in rokovanje z njo v maloprodajni mreži. Ovojna embalaža dodatno varuje pred poškodbami ter krajo. Dodatno olajšuje transport ter operacije nakladanja oziroma razkladanja blaga. Zaradi spremenjenih življenjskih vzorcev in načinov kupovanja (kupovanje na zalogo zaradi pomanjkanja časa) dobiva ovojna embalaža dodaten pomen. Vedno bolj pa se uveljavlja

potreba po prodajni in skupinski embalaži v enem kosu.

Transportna, prevozna ali terciarna embalaža je namenjena skupnemu pakiranju več prodajnih enot. Transportna embalaža mora zavarovati blago pred vsemi poškodbami, ki se lahko pripetijo med transportom, skladiščenjem in manipulacijo blaga, še posebej tistih, ki nastajajo zaradi mehanskih obremenitev in klimatskih vplivov. S svojo obliko in dimenzijami mora omogočati racionalen transport, skladiščenje in manipulacijo blaga. Praviloma ne prihaja v neposreden stik s končnim porabnikom v maloprodajni mreži, zato njen videz ni odločilen za prodajo. Izбира transportne embalaže ni odvisna le od vrste pakiranega blaga, temveč tudi od vrste prevoza. Dobro mora biti odporna na tresljaje in udarce, vibracije, klimatske spremembe in na tlačne obremenitve. Oblikovana mora biti tako, da omogoča maksimalno racionalno izrabo transportnega in skladiščnega prostora ter enostavno nakladanje in razkladanje, zato ne sme vsebovati štrlečih delov. V primerjavi s prodajno embalažo je zanjo značilno, da težijo oblikovalci in uporabniki k standardizaciji njenih dimenzij ter oblik in k uporabi čim bolj trdnih materialov.

Vse tri kategorije embalaže (prodajna, skupinska, transportna) so med seboj povezane in soodvisne. Inovativne spremembe v obliki ali materialu prodajne embalaže vplivajo na izbor (obliko) sekundarne in terciarne embalaže. Oblika plastenke z vbočnim dnom tako vpliva na način zlaganja le-teh in večjo stabilnost ter manjšo porabo prostora pri prevozu in skladiščenju (Radonjič 2008).

Glede na trajnost embalaže jo delimo na vračljivo ali povratno embalažo in na nevračljivo ali nepovratno embalažo. **Vračljiva embalaža** je tista, za katero je zagotovljeno nadzorovano kroženje embalaže za plačilo kavcije ali brezplačno, tako da je v največji možni meri po vsakokratni vrnitvi uporabljene embalaže s strani porabnika znotraj nadzorovanega kroženja vračljive embalaže zagotovljena njena ponovna uporaba (Uradni list RS 2006). V največji meri je vračljiva embalaža transportna embalaža, v nekaterih primerih pa tudi prodajna (npr. steklenice ali plastenke). **Nevračljiva embalaža** se uporablja le za enkratno pakiranje blaga.



3 Funkcije embalaže

Embalaža obstaja in se proizvaja izključno zaradi dejstva, da na trgu obstaja nepregledna množica raznovrstnega blaga, ki potrebuje embalažo za zaščito, transport in rokovanje oziroma uporabo. Vloga embalaže v današnjem svetu ni enostavna, saj prevzema embalaža nase – poleg osnovne funkcije zaščite – tudi druge vloge (Slika 2). Iz prvotno izrazitega sredstva za zaščito in prenašanje blaga je kasneje pridobila na pomenu njena prepoznavnost (oblika oziroma dizajn), v današnjem času pa je zelo okrepljena njena prodajna vloga. Zaradi vedno večjih okoljskih problemov, vedno strožje okoljske zakonodaje in okoljske ozaveščenosti v družbi se ji vse bolj pridružuje tudi okoljska funkcija (Radonjič 2008). Tako danes jasno prepoznavamo več različnih funkcij embalaže, ki so medsebojno povezane in katerih pomen se je z leti spreminjal ter dopolnjeval.

Zaščitna funkcija embalaže pomeni, da embalaža varuje izdelek pred mehanskimi, kemičnimi, mikrobiološkimi in atmosferskimi vplivi od njegovega nastanka pa vse do uporabe oziroma včasih tudi med uporabo, hkrati pa varuje naravno okolje pred pakirano vsebino tako, da omogoča varno ravnanje z nevarnimi snovmi. V marsikaterih primerih embalaža varuje tudi pred krajo. Če pakirano blago pride do končnega porabnika poškodovano, se seveda zmanjša njegova uporabna vrednost. Končni uporabnik namreč presoja kakovost blaga prav po tem, v kakšnem stanju mu je le-to dostavljeno oziroma mu je na voljo. Z realizacijo zaščitne funkcije embalaža ohranja vrednost

pakiranega blaga. Če embalaža ne opravi te funkcije, postanejo druge funkcije nepomembne (Radonjič 2008).

Distribucijska funkcija embalaže je pogoj za racionalizacijo prostora pri uskladiščenju in transportiranju. S svojo obliko, dimenzijami, količino pakiranega blaga, s svojimi značilnostmi ter informacijami mora embalaža omogočati enostavnejši in varnejši prevoz ter skladiščenje. Za njeno izpolnjevanje sta zlasti pomembni standardizacija in tipizacija embalaže. Pri tem imajo še posebej pomembno vlogo oblika in dimenzije transportne embalaže.

Identifikacijsko funkcijo opravlja embalaža s pomočjo značilnih oblik, dimenzij, izbranih materialov in drugih komunikacijskih elementov, kot so ime izdelka, naziv proizvajalca, zaščiteni znak, ilustracije, besedilo in barvne kombinacije, ki se nahajajo na njeni površini. Embalaža je namreč eno najpomembnejših sredstev, ki jih ima na voljo proizvajalec za gradnjo in ohranjanje blagovne znamke. Na mestu nakupa je zelo pomembno, da se izdelek razlikuje po prej navedenih elementih od konkurenčnih, kljub temu pa mora embalaža ponazarjati pripadnost izdelka določeni blagovni vrsti. Funkcija identifikacije je bistvena takrat, ko kupci ne morejo ločiti subtilnih razlik med konkurenčnimi znamkami in izdelek poistovetijo z embalažo (Snoj 1981).

Informacijska funkcija embalaže postane pomembna, ko dospe pakirani izdelek na trg.

Informacijska funkcija je dejansko komunikacijska funkcija, saj vsebuje informacijo o pakiranem izdelku in navodila za uporabo, odpiranju ter varnostna opozorila. Informacijska funkcija transportne embalaže je pomembna za pravilno rokovanje z blagom znotraj logističnih sistemov.

Prodajna funkcija embalaže na eni strani racionalizira proces prodaje, po drugi strani pa spodbuja k nakupu. Je izredno pomembna, saj končni kupec mnogokrat enači izdelek z njegovo zunanjo opremo. V ta namen mora biti embalaža vizualno privlačna in oblikovana tako, da pritegne kupčevo pozornost. Neposredno mora vplivati na kupčeva čustva in ga spodbuditi k nakupu izdelka tako, da vpliva na njegove želje, nagnjenja in potrebe. Embalaža mu mora dajati občutek, da kupuje izdelek prav tak, kakršen je bil, ko ga je dal proizvajalec vanjo, ponujati mu mora svežino, zagotovljeno kakovost delovanja in druge prednosti pred konkurenčnimi izdelki (prav tam).

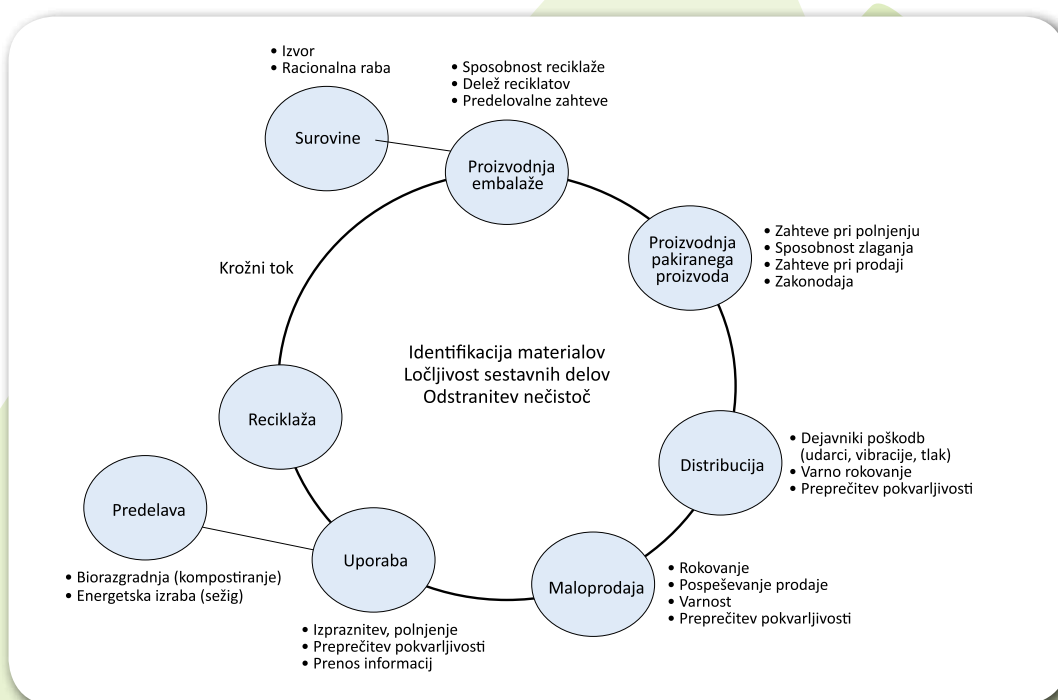
Tehnološka funkcija pomeni zahtevo po embalaži, ki omogoča, da se operacije pakiranja navezujejo neposredno in usklajeno na proizvodnjo.

Funkcija praktičnosti embalaže omogoča poenostavljeno ravnanje z izdelkom, tj. enostavno zlaganje, hranjenje, odpiranje, zapiranje, razdeljevanje vsebine ipd. Predvsem končnemu porabniku blaga mora omogočiti ter olajšati njegovo učinkovito uporabo in mu pri tem dati občutek zadovoljstva. Za to funkcijo embalaže je značilna visoka stopnja prekrivanja z drugimi funkcijami (Snoj 1981).

Funkcija ekonomičnosti pomeni, da embalaža opravlja vse druge funkcije čim bolj racionalno, tj. ob najnižjih stroških. Tej funkciji bo zadoščeno, če bodo tudi nabava embalaže, skladiščenje, manipuliranje in upo-

raba pakiranega blaga ter druge dejavnosti, vezane na embalažo, zmerne glede na stroške, ki pri tem nastajajo, seveda merjeno glede na prodajno uspešnost embalaže. To funkcijo je treba zlasti pazljivo upoštevati pri tistih vrstah blaga, kjer so stroški embalaže v prodajni ceni izdelka visoki (npr. kozmetični izdelki). Tako vrši embalaža svojo funkcijo ekonomičnosti tudi takrat, ko s svojo (estetsko) oblikovnostjo povečuje vrednost blaga v očeh porabnikov in se to kaže v uspešnejši prodaji (prav tam).

Okoljska funkcija, ki je postala zelo pomembna, pomeni, da embalaža med proizvodnjo in po uporabi čim manj obremenjuje okolje. Da bi embalaža temu zadostila, mora biti že vnaprej ustrezno oblikovana. Okoljsko funkcijo lahko najustrezneje uresničujemo z zniževanjem porabe materiala, energije in emisij na enoto embalaže, z možnostjo ponovne uporabe oziroma reciklaže, uporabo okoljskih oznak na površini embalaže itd. Naraščajoči pomen okoljske funkcije je podrobneje predstavljen v poglavjih 6 in 7.



Slika 2: Funkcije embalaže v dobavni verigi blaga (PIRA –INCEN 1998).

Zagotavljanje optimalnih funkcij embalaže je kompleksna naloga, kjer je velikokrat potrebno iskati kompromisne rešitve med različnimi funkcijami. Proizvajalci in uporabniki embalaže so marsikdaj soočeni z

nasprotujočimi si zahtevami. Zgodi se namreč lahko, da izboljševanje ene funkcije vodi do poslabšanja druge. Kot ilustracijo navajamo spodnja primera.

Iskanje kompromisa med zaščitno in okoljsko funkcijo

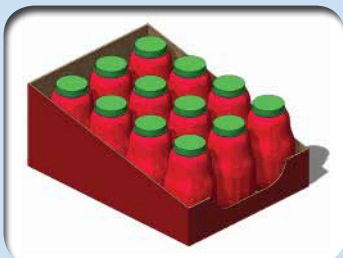
Z vidika zagotavljanja zaščite blaga je razumljivo, da bo debelejša embalaža bolj učinkovito zagotavljala to zahtevo. Vendar je povečevanje debeline oziroma mase embalaže v nasprotju z okoljsko funkcijo, saj se s tem povečujejo količine odpadne embalaže ter raba surovinskih virov. Zato je ključno poiskati kompromis med zaščitno in okoljsko funkcijo. V vsakem primeru je eden od zaznavnih trendov na področju embalaže in pakiranja t. i. **dematerializacija**, t.j. zmanjševanje mase embalaže na enoto pakiranega proizvoda (poglavje 11).

Iskanje kompromisa med prodajno in okoljsko funkcijo

Vse dokler embalaža z minimalno možno porabo primarnih virov (materialnih in energijskih) maksimalno varuje pakirano blago (poglavje 11), tako dolgo je njena vloga oziroma uporaba upravičena. Ko pa prične poleg te osnovne funkcije dominantno vlogo dobivati prodajna funkcija, se to prične odražati na okoljski funkciji. Zaradi dodanih delov, oblike, barv ipd. prične prihajati do dodatne potrošnje materialov ter barvil. In v tem primeru velja za embalažo podobno, kot velja za druge skupine proizvodov: nesprejemljivo je, da se zaradi povečane prodaje za vsako ceno poslabša okoljski profil embalaže. Za načine povečevanja prodaje ne sme veljati, da gredo na račun večjih vplivov na okolje.

Funkcije embalaže se spreminjajo

Skupinska (ovojna) embalaža v določenih primerih prevzema nase nekatere funkcije, ki so v preteklosti pripadale izključno prodajni embalaži, kot je na primer informacijska funkcija. Na ta način se prepoznavnost izdelka na policah lahko še okrepi, saj lahko prodajna embalaža nase prenese kakšne dodatne atribute. Takšno skupinsko embalažo z angleškimi izrazi imenujemo "shelf-ready" ali "retail-ready" embalaža. Tako koncipirana skupinska embalaža nase delno prevzame tudi funkcijo rokovanja in skladiščenja.



(Vir: www.shelfreadypacks.com)



4 Gospodarski in družbeni pomen embalaže

Področje embalaže in pakiranja je v tesni povezavi z razvojem človeške družbe, ki je vedno potrebovala in uporabljala embalažo, seveda v zelo različnih in zgodovinskemu obdobju primernih oblikah. Začetki njene uporabe segajo daleč nazaj v čas pojava blagovne menjave.

Embalaža ima ne le v gospodarstvu, ampak v širši družbi izjemno pomembno vlogo. Brez embalaže, kot jo poznamo in uporabljamo, bi bil današnji svet drugačen. Trdimo lahko, da bi se brez embalaže gospodarski blagovni tokovi ter porabniški način življenja, kot ga poznamo in živimo, sesuli kot iz kart. Učinkovitost gospodarstva vsake države je pomembno povezana z učinkovitostjo logističnega in transportnega sistema in pri tem je embalaža nujno potrebna v dobavnih verigah živil, reproduksijskih materialov v industriji ter distribuciji končnih izdelkov v veliko- ter maloprodajne mreže. Vsako sekundo naj bi se v embalažo pakiralo 25.000 izdelkov, namenjenih evropskemu trgu (Furness 2007). Brez sodobne embalaže bi se dostopnost do tega raznovrstnega blaga v sodobnem globaliziranem svetu občutno zmanjšala, bistveno pa bi narasli tudi stroški. Skoraj zagotovo bi narasle tudi količine odpadkov, saj bi se živila neprimerno hitreje kvarila, drugi izdelki pa bi se pogosteje poškodovali.

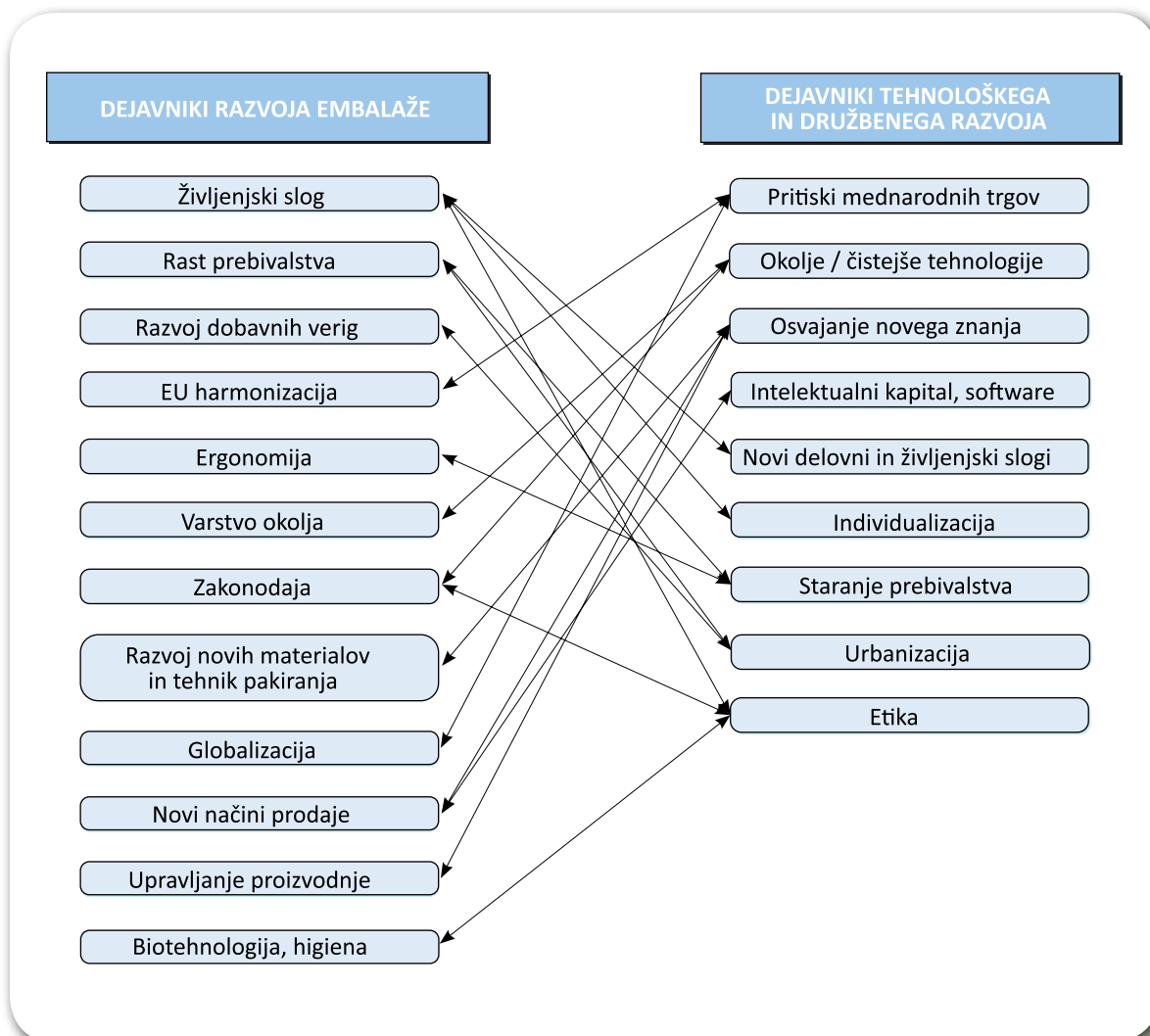
Sprva je embalaža pomenila le zaščito pri transportu, z razmahom konkurence in porabništva pa je prevzela vlogo prepoznavnosti blaga, v zadnjem obdobju pa je prišla v ospredje njena vloga pospeševanja

prodaje. Embalaža se je iz svoje nekdane podrejene vloge povzpela na zelo pomembno mesto. Iz preprostega sredstva za shranjevanje in zaščito se je razvila v sestavni del izdelka, ki med drugim omogoča njegovo uvajanje na trg, informira o njem, motivira k nakupu in pomaga ustvariti podobo izdelka (Snoj 1981). S tem sodobna embalaža tudi povečuje vrednost pakiranega blaga, ima pa tudi ključno vlogo pri razlikovanju izdelkov in odločitvi za prvi nakup. Z vidika politike izdelka je embalaža njegov neločljivi del. In to ne le zaradi njegove zaščite in izboljšane uporabnosti, ampak v veliki meri tudi zaradi ustvarjanja celovite podobe o izdelku. Pora ba blaga je danes 4- do 5-krat večja, kot je bila leta 1935, urbanizacija se ne zmanjšuje, tem smernicam pa mora slediti tudi sodobna embalaža (Soroka 2002). Pomen embalaže je še poudarjen ob dejstvu, da letno prihaja na trg tisoče novih izdelkov. S tem je embalažna industrija s svojimi izdelki postala eden izmed temeljev blagovne menjave v globalnem merilu. Zahvaljujoč vrsti dosežkov na področju novih embalažnih materialov in oblik ter uvajanju novih metod pakiranja omogoča sodobna embalaža pakiranje tudi takšnih izdelkov oziroma blaga, ki bi ga bilo brez odgovarjajoče embalaže sploh nemogoče ponuditi trgu (Radonjič 2008).

Vloga embalaže v družbi in gospodarstvu je večplastna in kompleksna. Po eni strani je prav embalaža tista, ki omogoča intenzivno blagovno menjavo ter medkontinentalni transport, po drugi strani pa na embalažne trende intenzivno vpliva vse večja globalna

konkurenčnost, nove proizvodne in komunikacijske tehnologije, demografske spremembe in spreminjajoča se zakonodaja. Slika 3 prikazuje medsebojna razmerja med neka-

terimi vplivnimi dejavniki razvoja embalaže ter nekaterimi dejavniki širšega tehnološkega in družbenega razvoja (Olsmats 2002).



Slika 3: Povezanost nekaterih dejavnikov razvoja embalaže in dejavnikov tehnološkega ter družbenega razvoja (Olsmats 2002).

Embalaža zagotavlja prebivalstvu stalno dobavo vseh vrst blaga, hkrati pa omogoča tudi dostavo blaga po takšni ceni, ki je sprejemljiva najširšim množicam. Pomembnost embalaže z ekonomskega vidika pa ni le v dejstvu, da se vrednost pakiranega blaga ohрани, temveč tudi v tem, da letno preprečuje ogromne škode, ki bi nastala prav zaradi pomanjkljive embalaže. Res je sicer, da so vnaprej pakirana živila marsikdaj dražja,

to je posledica dodatnih stroškov pakiranja, vendar pa ima tovrstno blago praviloma daljši rok trajanja, pa tudi izgube med transportom in skladiščenjem so bistveno manjše (INCPEN 1995). Trajnost in kakovost živil ter mnogih drugih skupin izdelkov (kot so zdravila, kozmetična sredstva, kemični preparati itd.) bi bili brez ustrezne embalaže v trenutku problematični. Količina pokvarjene hrane in drugih izdelkov bi zato brez

embalaže oziroma ob nezadostni embalaži zelo narasla. S tem bi se količine odpadkov samo povečevale. V državah tretjega sveta se neredko dogaja, da se polovica živil pokvari, še preden dosežejo kupce. V Zahodni Evropi in ZDA pa je ta delež približno 3 %. Razlika je v veliki meri posledica sodobnih dis-

tribucijskih sistemov ter sodobne embalaže oziroma pestre izbire embalažnih materialov ter velike raznovrstnosti embalažnih izdelkov. Tabela 1 prikazuje ocenjene letne deleže izgube hrane v nekaterih državah (Oki in Sasaki 2000).

Tabela 1: Deleži letno izgubljene hrane za nekatere države (za leto 1990) (Oki in Sasaki 2000).

Država	Delež izgubljene hrane (%)
Japonska	1,6
Kitajska	52,4
Tajvan	8,8
Singapur	6,2
Tajska	38,0
Indija	62,5
ZDA	1,8
Mehika	32,3
Brazilija	54,1
Francija	1,6
Nemčija	1,2
Velika Britanija	1,8
Španija	16,7
bivša Sovjetska zveza	48,5
Etiopija	69,2
Gana	75,4

Uporaba sodobne embalaže igra izjemno vlogo pri ohranjanju primarnih snovnih in energijskih virov. S tem izpolnjuje embalaža enega od ključnih vidikov trajnostnega razvoja. Na to dejstvo se zelo pogosto pozablja,

saj se zaradi odpadne embalaže, ki nastaja ob koncu dobavnih verig oziroma uporabe, njena podoba v javnosti ocenjuje izrazito enostransko brez poznavanja njene dejanske vloge v družbi in gospodarstvu.

Embalaža preprečuje nepotrebne izgube hrane

Podrobnejša analiza je pokazala, da se v ameriških supermarketih zavrže več kot 5 % grozdja zaradi odpadanja grozdnih jagod s pecljev. To količino je možno bistveno zmanjšati, če je grozdje predpakirano v tanke, le nekaj gramske vrečke (INCPEN 2007). Po podatkih za nekatera britanska trgovinska podjetja naj bi ta delež znašal tudi do 20 % (ACP 2008; Plastics Europe 2012).

Eno od vodilnih britanskih podjetij, ki prodajajo živila, je želelo dobiti odgovor o smiselnosti zavijanja sadja in kumaric v toplotno skrčljive folije v njihovih trgovinah. Izkazalo se je, da nobenega sadja, ki ni bilo predpakirano, bodisi po petih dneh ni bilo več možno postaviti na police bodisi kupci zanj niso pokazali interesa, medtem ko je bilo predpakirano sadje po 14-ih dnevih še vedno primerno za prodajo. Podobno so opazili tudi pri kumaricah. Le 1,5 g plastične folije, ovite okoli kumarice, lahko podaljša njen rok uporabe za 3–14 dni (INCPEN 2007; ACP 2008).

Uporaba t. i. aktivne embalaže (poglavje 5.8.3) z dodanim sredstvom za absorpcijo plina etilena, ki nastaja kot posledica naravnega procesa zorenja sadja, podaljšuje rok trajanja banan z 2–3 dni. S tem se zmanjšuje količina odpadkov hrane. V Veliki Britaniji se dnevno zavrže 1,6 milijona kosov banan. Daljši rok trajanja tudi pomeni manj transporta in z njim povezanih izpušnih plinov (ACP 2008). Ob tem podatki za primer uporabe embalaže za svežo zelenjavo in sadje v Veliki Britaniji kažejo, da predstavlja takšna embalaža le približno 3 % vse prodajne embalaže (približno 0,5 % med gospodinjskimi odpadki) (INCPEN 2006).



Banane, hranjene v embalaži z modificirano atmosfero in brez embalaže po sedmih dnevih hrambe (ACP 2008).

Izguba embaliranega blaga zaradi nezadostne embalaže ne predstavlja le dodatnih odpadkov, ampak pomeni prav tako izgubo vseh za njeno pridelavo oziroma proizvodnjo potrebnih surovinskih virov. Za pridelavo oziroma proizvodnjo pakiranega blaga se namreč troši v poprečju neprimerno več

surovin in energije kot za embalažo samo, zato je z vidika načel trajnostnega razvoja treba blago čim boljše zavarovati.

Embalaža varuje prehranske vire

Čeprav je tehnično še možno zniževati maso embalaže, se je treba vprašati, kako dolgo je npr. smiselno zniževati debelino plastične škatlice ali folije za živila v primerih, ko je njihova masa le nekaj gramov. S tem bi namreč povečali verjetnost, da se hitreje pokvari nekaj 100 g pakiranega živila, za katerega je bilo porabljenih bistveno več primarnih snovnih in energijskih virov, kot pa jih je bilo porabljenih za embalažo tega živila (glej poglavje 11).

Po nekaterih dostopnih podatkih iz Velike Britanije nastane v primeru prodaje nepakiranih jabolk v primerjavi z embaliranimi (pakiranimi po štiri skupaj) s tanko plastično folijo v poprečju 27 % več odpadkov na poti od sadovnjaka do porabnika. Zato je za zaščito hrane s tega vidika bolje uporabiti nekajgramsko embalažo. Takšne embalažne folije ne predstavljajo v poprečju niti enega masnega odstotka gospodinjskih odpadkov v Veliki Britaniji (INCPEN 2006).

Ocenjeno je, da nastane v Veliki Britaniji približno 480.000 t odpadne hrane letno zaradi napak pri izdelavi plastične embalaže s postopkom toplotnega varjenja oziroma lepljenja folij. Zaradi neakovostnih zvarov prihaja do slabega tesnjenja in posledično do pokvarljivosti hrane. Ocenjeno je, da je na britanskem trgu takšne hrane približno 8 % (WRAP 2009).

Projekt "SAVE FOOD"

Projekt oziroma kampanja "Save Food" je bila predstavljena na največjem sejmu embalaže in pakiranja Interpack leta 2011 v Düsseldorfu. Ključna ideja kampanje je nasprotna miselnosti, da je nujno v prihodnje povečevati proizvodnjo hrane zaradi rasti svetovne populacije. Namesto tega so postavljeni novi cilji, in sicer: ob omejenih naravnih virih je bolj učinkovito zmanjševati izgube hrane kot povečevati njeno proizvodnjo. K spremembi miselnosti so prispevali predvsem alarmantni podatki o letno zavrženi hrani v razvitih državah na eni strani ter hitro pokvarljivi hrani v manj razvitih državah. V študiji, ki so jo posebej za ta namen pripravili strokovnjaki Švedskega inštituta za hrano in biotehnologijo iz Göteborga ter Organizacije za hrano in kmetijstvo Združenih narodov (FAO), je bilo ugotovljeno, da se na svetu letno zavrže približno 1,3 milijarde ton hrane, kar predstavlja približno 1/3 svetovne proizvodnje. Največ še užitne hrane na prebivalca se zavrže v razvitih industrializiranih državah (95–115 kg na leto). V Podсахarski Afriki in Jugovzhodni Aziji je ta številka 6–11 kg letno. Ob tem se v razvitih industrializiranih državah več kot 40 % užitne hrane izgubi v maloprodajni trgovinski dejavnosti in pri individualnih potrošnikih v domovih, medtem ko v državah v razvoju največje izgube v začetnih fazah dobavnih verig, in sicer prav zaradi nezadostnega pakiranja (Gustavsson et al. 2011).

V Veliki Britaniji se v gospodinjstvih letno zavrže 6,7 milijona ton hrane (približno tretjina hrane, kupljene v britanskih trgovinah). Kot se ocenjuje, bi se skoraj dvem tretjinam zavržene hrane dalo izogniti oziroma je ta še užitna. Med zavrženo hrano je skoraj 1,2 milijona ton

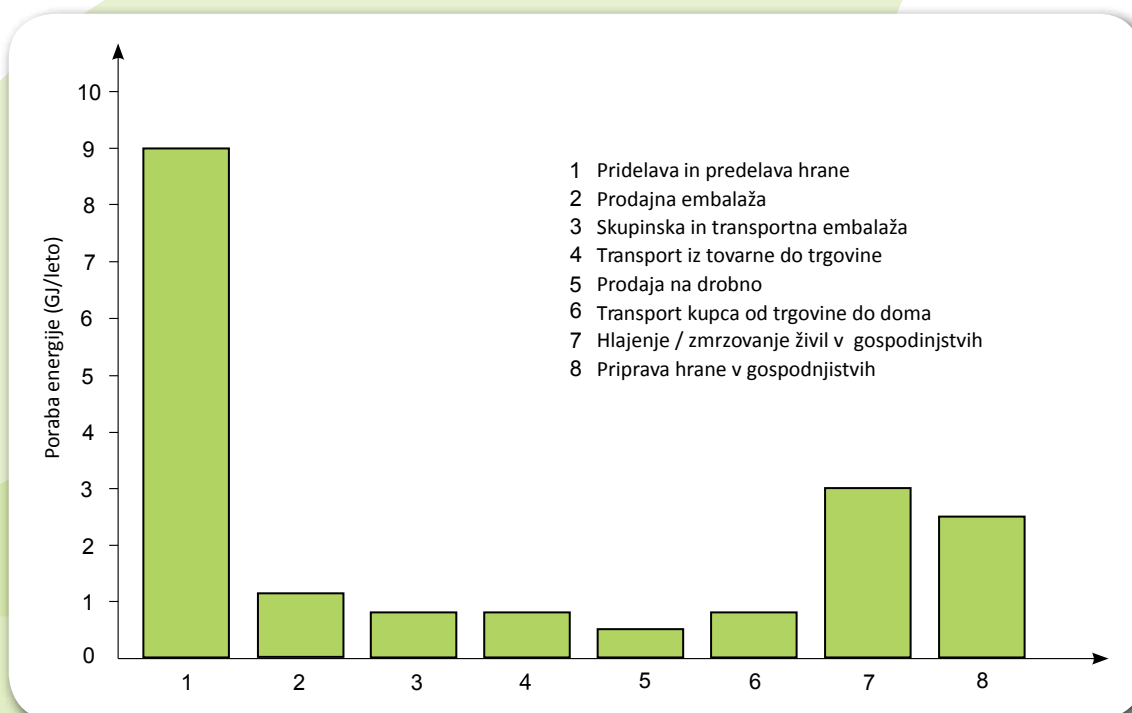
zavržene skupaj z embalažo, bodisi odprto bodisi neodprto. Izmed živil se v Veliki Britaniji največ zavrže krompirja, in sicer skoraj 360.000 ton na leto. Od tega se ga skoraj polovica zavrže nedotaknjenega v celih kosih (WRAP 2008). Potrošniški vzorci v Sloveniji seveda niso drugačni kot v drugih državah. Ob tem se je potrebno zavedati, da se z zavrženo hrano zavržejo tudi vsi viri, ki so bili zanjo namenjeni (obdelovalna zemlja, energija, voda, kemikalije).

V okviru kampanje “Save Food” je embalažna industrija izrazila željo prispevati k borbi proti propadanju hrane. K temu lahko prispevajo prav učinkoviti embalažni materiali ter inovativni embalažni izdelki (npr. aktivna ter inteligentna embalaža, opisana v poglavju 5.8) kot tudi bolj enostavni in fleksibilni sistemi pakiranja v državah v razvoju.

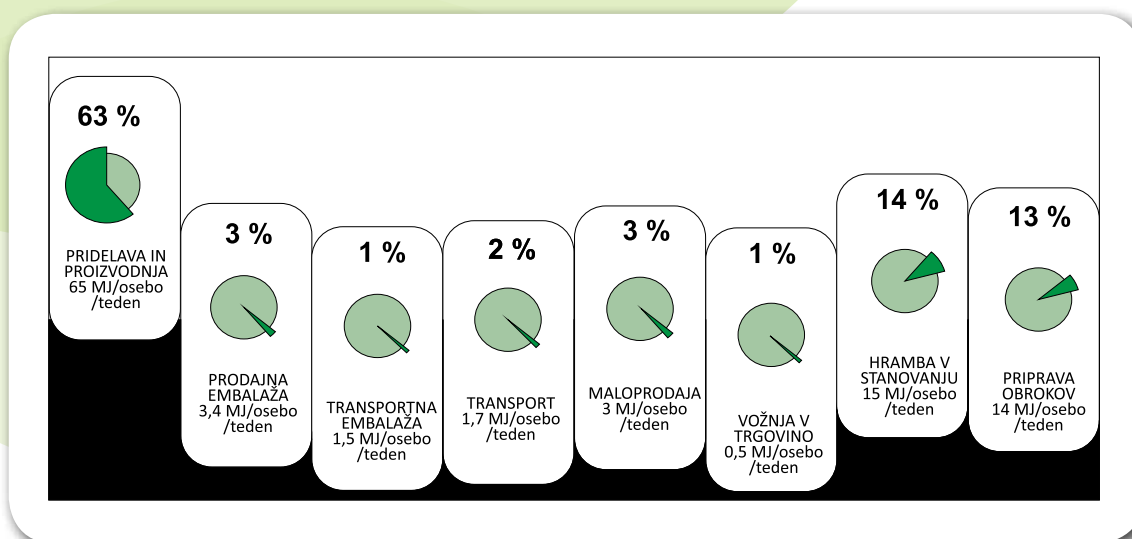
Podobno vlogo igra embalaža tudi pri racionalni rabi energije. Izsledki obsežne raziskave, ki je vključevala proizvodnjo, distribucijo in uporabo živil ter živilske embalaže v Veliki Britaniji, so pokazali, da poprečni prispevek za proizvodnjo prodajne in skupinske embalaže v dobavni verigi hrane (od pridobivanja in predelave hrane do njene porabe) ter drugih izdelkov za gospodinjstva znaša v poprečju približno 10 % (INCPEN 1996; Kooijman 2000; Kooijman 2000a). V poprečju največji delež rabe energije v dobavni verigi hrane predstavljata pridelava in priprava hrane (Slika 4). Poprečno je raba energije, ki jo za hrambo živil ter pripravo pakirane hrane porabi kupec, za trikrat višja kot energija, potrebna za proizvodnjo embalaže, v kateri je ta hrana pakirana. Porabnikova vloga glede porabe energije v dobavni verigi je torej zelo velika.

Spoznanja glede deleža, ki ga v energijsko bilanco dobavne verige prispeva embalaža, so potrdili tudi drugi avtorji (npr. Bürkle (1998) ter Heller in Keoleian (2003)), ki so potrdili, da na embalažo odpade poprečno le 10–15 % celotne potrebne energije v pridelovalno-proizvodno-distribucijskem sistemu hrane. Ta delež je lahko za določena živila seveda višji. Na Švedskem znašajo deleži porabe ener-

gije za proizvodnjo embalaže in za pakiranje znotraj reprodukcijskega procesa živilskih izdelkov 2–19 %. Višji deleži (tudi preko 40 %) pa veljajo v primerih, ko je potrebna tudi sterilizacija v fazi pakiranja (Bridgewater in Lindgren 1983). Za določene vrste živil, kot je na primer meso, je ta delež še nižji. Na primer: za skupino tekstilnih izdelkov ter izdelkov za osebno nego in higieno je delež rabe energije za embalažo v poprečju 3,5 %, medtem ko za skupino izdelkov za dom približno 2 % (Kooijman 2000a). Primer za delež rabe energije za embalažo za meso je prikazan na Sliki 5 (citirani rezultati so poprečja in predstavljajo orientacijske vrednosti, ki so podvržene različnim vplivnim faktorjem v dobavnih verigah različnih držav) (INCPEN 2011).



Slika 4: Porazdelitev rabe energije v dobavni verigi hrane (poprečni podatki veljajo za Veliko Britanijo; INCPEN 1996).



Slika 5: Porazdelitev rabe energije v dobavni verigi mesa na osebo (INCPEN 2011).

Pomen embalaže pri racionalni rabi energijskih virov lahko dodatno podkrepimo še z izsledki nizozemske študije o vlogi embalaže v dobavni verigi blaga, ta pa upošteva kot pomemben člen tudi porabnika. Rezultati, prikazani v Tabeli 2, veljajo za nizozemske razmere za gospodinjstvo s povprečno 2,3

člani, ki letno kupijo v povprečju 5000 izdelkov (Kooijman 2000). Razvidno je, da je za zadovoljitev letnih potreb v zvezi z nakupom različnih izdelkov potrebno 230 kg prodajne embalaže ter 160 kg skupinske embalaže. Za njeno proizvodnjo se letno porabi približno 8 GJ energije, to pa ni niti 10 % energije,

potrebne za pridelavo oziroma proizvodnjo vseh v embalažo pakiranih izdelkov. Še manjši je ta delež energije, če ga primerjamo s skupno porabo energije v celotni dobavni verigi, vključno s transportom, hrambo v veleprodaji, maloprodaji ter pri porabnikih doma (predvsem pomembno za živila) in z uporabo izdelkov (pomembno za tehnične izdelke). S podobno analizo za dobavne veri-

ge v Veliki Britaniji je bilo ugotovljeno podobno: za različne izdelke za dom embalaža v poprečju predstavlja v povprečju le 10 % njihove mase ter 8 % rabe energije v celotni dobavni verigi (Kooijman 2000a; ACP 2008). Rezultati, prikazani v Tabeli 2, se spreminjajo glede na velikost gospodinjstev oziroma število članov le-teh, vendar razmerja ostajajo podobna (Kooijman 2000).

Tabela 2: Masni in energijski deleži embalaže za zadovoljitev letnih blagovnih potreb povprečnega gospodinjstva (podatki veljajo za Nizozemsko; Kooijman 2000).

Masa vseh kupljenih embaliranih izdelkov (kg/leto)	2400
Masa prodajne embalaže za izdelke (kg/leto)	230
Masa skupinske embalaže za izdelke (kg/leto)	160
Energija, potrebna za proizvodnjo vseh kupljenih izdelkov (GJ/leto)	90
Energija, potrebna za proizvodnjo prodajne embalaže (GJ/leto)	6
Energija, potrebna za proizvodnjo skupinske embalaže (GJ/leto)	2
Celotna energija v dobavni verigi (GJ/leto)*	200

* Zajema faze pridelave oziroma proizvodnje, distribucije, prodaje ter uporabe blaga, vključno z embalažo.

Podatki iz Tabele 2 nam sporočajo še nekaj drugega: s tem, ko embalaža učinkovito ščiti pakirani izdelek, dejansko ščiti tudi vse tiste primarne vire (snovne in energijske), ki so bili vloženi v pridelavo oziroma proizvodnjo izdelka. Če se pakirani izdelek pokvari ali uniči, se s tem izgubijo vsi naravni viri (snovni in energijski), ki so bili vloženi vanj v celotni dobavni verigi. Ob tem se razmerje mas pakirane hrane in potrebne embalaže zanjo giblje v širokem intervalu od 1:1 do 200:1, v poprečju pa predstavlja embalaža le desetino mase v njej pakiranega blaga (INCPEN 1996).

To je med drugim tudi posledica dejstva, da je embalaža vse lažja (poglavje 11). Le nekaj gramov plastične embalaže je največkrat dovolj za prenašanje nekaj kg živil, kot prikazuje Tabela 3. Primerno izbrana velikost

embalaže mora biti tudi v skladu s socialnimi značilnostmi porabnikov, in sicer glede na število članov gospodinjstev, kjer mora biti izguba blaga čim manjša oziroma naj do nje sploh ne bi prišlo. Za eno- in dvočlanska gospodinjstva je zato mnogo bolj smiselna prodaja v manjših embalažnih enotah.

Tabela 3: Primerjava med maso plastične embalaže in maso pakiranega izdelka (IK Industrierverband Kunststoffverpackungen 1998).

Masa plastične embalaže	Masa pakiranega izdelka
0,6 g folije iz OPP	80 g čokolade
1,2 g tehtalne vrečke iz PE	2 kg sadja
1,5 g folije iz PP	100 g čokolade
1,5 g folije iz PP	150 g keksov
4,0 g folije iz PE	210 g klobas
5,0 g lonček iz PS	150 g jogurta
6,0 g pladenj iz EPS	1 kg mesa
6,5 g vrečka iz PE	1 moška srajca
9,0 g samostoječa vrečka (meh)	0,5 kg tekočega čistila
17 g večslojne folije	0,5 kg kave
18 g folije iz OPP	0,5 kg testenin
45 g plastenik iz PET	1 l pijače
70 g plastenka iz PE	2 l pralnega sredstva
200 g zabojček iz EPS	15 kg svežih rib
400 g skrčljive folije	1,2 t blaga na paletah

Iz prikazanega sledi pomemben sklep:

Količine potrebne embalaže so odvisne od količin pakiranih proizvodov, ki so prilagojene vrstam gospodinjstev. Zato je iskanje možnosti za racionalno rabo virov v dobavnih verigah hrane in drugih proizvodov potrebno usmeriti na vse njihove faze. Potrebnejše so celovitejše analize okoljskih življenjskih ciklov embalaže skupaj s pakiranimi proizvodi (Poglavje 8).

Odgovoren embaler si ne sme privoščiti, da bi zaradi pretiranega varčevanja pri embalaži ogrozil zaščito pakiranega blaga, saj to pomeni praviloma večje celotne vplive na okolje, kot jih povzroča embalaža sama. Čeprav je pretirana uporaba embalaže nesmiselna, je potrebno k načrtovanju pristopiti zelo sistematično (poglavje 11).

Področja, kjer ima embalaža ključno vlogo v sodobni družbi, so (Radonjič 2008):

- Omogoča uporabo sodobnih transportnih sredstev in s tem delovanje distribucijskih sistemov ter dobavnih verig, s tem pa blagovne tokove tako v nacionalnem kot mednarodnem merilu. Brez embalaže, kakršno poznamo in uporabljamo danes, bi se distribucija blaga vrnila na stopnjo izpred stoletij.
- Zagotavlja prebivalstvu neprekinjeno dobavo vseh vrst blaga.
- Podaljšuje življenjsko dobo izdelkom (živila, kozmetika, zdravila idr.) oziroma v mnogih primerih sploh omogoča njihovo uporabo v gospodarstvu in v družbi.
- Omogoča sodobne načine nakupa v samopostrežnih trgovinah, v avtomatih in preko kataloga. Izdelke je maksimalno približala kupcem in s tem odigrala eno od ključnih vlog pri razvoju sodobne trgovine.
- Olajšuje ljudem hitrejši tempo življenja (lažje nakupovanje, priprava hrane) ter potovanja.
- V določenih primerih prispeva k učinkoviti rabi energije, in sicer s pakiranjem živil, ki jih v embalaži ni potrebno hraniti v hladilnikih ali zamrzovalnikih.
- Ščiti pakirano blago pred poškodbami in pokvarljivostjo. S tem bistveno prispeva k zmanjšanju odpadkov v družbi ter prihranku surovinskih virov, potrebnih za proizvodnjo in pridelavo pakiranega blaga.
- Ščiti okolje in zdravje ljudi zaradi transporta, skladiščenja in uporabe nevarnih snovi, ki jih uporabljajo v različnih gospodarskih panogah.
- Prispeva h gospodarnejšemu poslovanju podjetij, ki proizvajajo raznovrstne izdelke, le-te predstavlja in pospešuje prodajo.
- Ščiti porabnika, saj nosi zapisane pomembne podatke o pakiranem blagu in na ta način varuje zdravje individualnih kupcev ter širše populacije (npr. roki trajanja živil, varna uporaba tehničnih izdelkov, podatki o strupenosti, eksplozivnosti ali vnetljivosti pakiranega blaga).
- Prispeva svoj delež k nižji ceni blaga in s tem omogoča širši populaciji nakup blaga, s tem pa posredno dviguje življenjski standard.
- Zaradi svoje vloge in pomena v gospodarstvu in širše v družbi je omogočila razvoj nove gospodarske panoge – industrije embalaže, ki nudi delovna mesta določenemu delu populacije.



5 Embalažni materiali in vrste embalaže

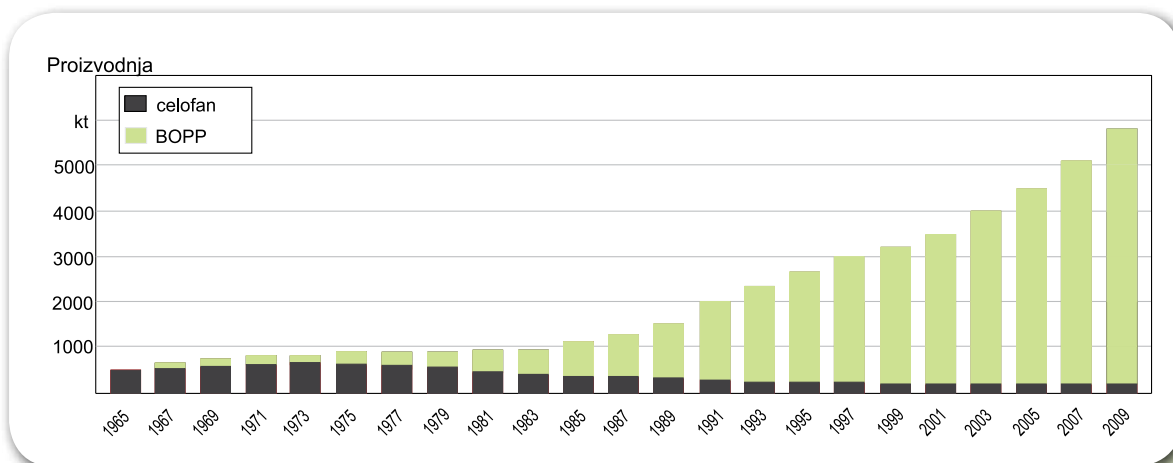
Potrebno se je zavedati naslednje:

Dober ali slab embalažni material ne obstaja. Vsaka skupina embalažnih materialov ima svoje prednosti in pomanjkljivosti, ki so v veliki meri odvisne od tega, v kakšnem kontekstu bo nek embalažni material uporabljen. Včasih je najbolj učinkovita rešitev (tudi z okoljskega vidika ob upoštevanju vplivov na okolje v celotnem življenjskem ciklu (poglavje 8)) kombinacija več različnih embalažnih materialov.

Embalažni material je najpomembnejši element oblikovanja embalaže, saj so od njegovih značilnosti odvisne tudi mnoge značilnosti embalažnega izdelka. Od embalažnega materiala so odvisni tudi izbira tehnologije oblikovanja ter pakiranja ter videz in cena embalaže. Ne nazadnje je od izbire embalažnega materiala v največji meri odvisen tudi okoljski profil embalaže.

Za industrijo embalaže in pakiranja je značilna velika izbira embalažnih materialov s specifičnimi značilnostmi. Tržni deleži na globalnem trgu embalažnih materialov kažejo, da se največ uporabljajo papirni materiali (36 %), ki jim sledijo plastični polimerni materiali (34 %), kovinski materiali (16 %), steklo (11 %) in drugi materiali (3 %) (Economy Watch 2010; Smithers Pira 2012). Razmerje deležev uporabljenih embalažnih materialov ni sorazmerno z deleži pakiranega blaga. Tako na primer plastična embalaža zavzema nekaj več kot tretjinski tržni delež med embalažnimi materiali, pa vanjo pakirajo kar 53 % vsega pakiranega blaga (INCPEN 2001).

Embalažni materiali imajo na trgu različno tradicijo, zaradi različne sestave imajo različne fizikalne in kemične lastnosti, različno ceno ter se tudi tehnološko razvijajo različno. Na področju embalažnih materialov poteka jo ves čas intenzivni procesi nadomeščanja, čeprav je med njimi že desetletja soobstajanje med tradicijo in dinamičnim razvojem, vendar obenem tudi velika konkurenca. Konkurenčnost enih materialov v primerjavi z drugimi še poudarja tehnološki razvoj. Zato so določeni embalažni materiali že izgubili tržni boj z novejšimi. Takšen primer predstavlja postopno nadomeščanje oziroma izrinjanje celofana zaradi prodora cenejših in kakovostnejših plastičnih folij iz polipropilena (Slika 6) (Aigner 2012).



Slika 6: Substitucijski procesi embalažnih materialov: primer nadomeščanja celofana s polipropilenom (PP) (Aigner 2012).

Spremembe v specifikaciji potrebnih embalažnih materialov lahko nastanejo zaradi uvedbe nove ali izboljšane tehnike pakiranja, spremembe obstoječega ali uvedbe novega izdelka, sprememb oziroma zahtev pri skladiščenju, transportu in rokovanju blaga, zaradi ukrepov konkurence, sprememb predpisov, sprememb v načinu uporabe izdelkov in ne nazadnje tudi zaradi vse ostrejših okoljevarstvenih zahtev. Pazljiva izbira embalažnih materialov za pakiranje določenega blaga predstavlja pogoj za doseganje in preseganje vseskozi spreminjajočih se zakonodajnih zahtev, zniževanje celotnih stroškov v sistemu pakiranja in distribucije ter zagotovo skrb za trajnostno rabo surovinskih virov.

Konvencionalni pristop k izbiri embalažnega materiala oziroma kombinaciji materialov ob stroških temelji izključno na tehniško-tehnoloških karakteristikah, vključno z videzom, otipom ipd. Vendar vse večjo vlogo dobivajo tudi okoljske karakteristike in zahteve embalažnih materialov, med drugim tudi zaradi vse višjih stroškov za surovine, energijo, embalažnine itd. Tisti prvotni (svojčas tudi edini) okoljski kriterij, t.j. sposobnost reciklaže nekega materiala, svoje mesto predaja celovitejši analizi okoljske primernosti embalažnih materialov, ki jo je potreb-

no ocenjevati skupaj s pakiranim proizvodom v življenjskem ciklu (poglavje 8).

Izbir embalažnega materiala ima velik vpliv na okoljski profil embalaže, vendar nikakor ni možno trditi, da se je potrebno vselej izogibati eni vrsti materialov, druge pa favorizirati. Vplivi embalažnih materialov in njihove prednosti oziroma pomanjkljivosti so v zelo veliki meri odvisne od tega, kateri surovinski viri so uporabljeni in kje so bili le-ti pridobljeni, na kakšen način so materiali proizvedeni, v kakšni kombinaciji se uporabljajo, kako učinkovito varujejo pakirani proizvod, kakšne so neposredne emisije v povezavi z njimi (npr. pri transportu) in kakšne sposobnosti imajo glede postopkov predelave odpadkov.

Opomba: Z informacijami, podanimi v tej publikaciji, nimamo namena favorizirati katerega koli embalažnega materiala. Opozarjamo le, da določene kombinacije materialov slabšajo sposobnost reciklaže odpadne embalaže. Poudarjamo tudi, da so nekateri materiali še v fazi razvoja, zato se razumljivo še pojavljajo dodatne tehno-ekonomske omejitve glede njihove uporabnosti in ravnanja po uporabi.

Potrebno je poudariti ključno značilnost embalažnih materialov: univerzalnega embalažnega materiala za doseganje potrebnih funkcij embalaže ni. In to kljub dejstvu, da smo danes soočeni z najbogatejšim spektrom embalažnih materialov v zgodovini. Takšna pestrost materialov po drugi strani omogoča poiskati optimalni izbor glede na zahteve pakiranega blaga, distribucije, prodaje in uporabe izdelka. Vsak embalažni material ima torej določene prednosti in pomanjkljivosti, zato izbor materiala, ki naj omogoči čim boljše udejanjanje funkcij embalaže, predstavlja zelo pomemben dejavnik pri naporih za uresničevanje katerega koli programa razvoja embalaže. Pomembno mesto med vidiki diferenciacije embalažnih materialov je dobilo varstvo okolja oziroma upoštevanje okoljevarstvenih zahtev. Za vsako osnovno skupino v nadaljevanju primerjalno predstavljamo njene prednosti ter pomanjkljivosti, ki se jih morajo embalerji in načrtovalci embalaže dobro zavedati.

5.1 Steklena embalaža

Osnovne primarne surovine za proizvodnjo embalažnega stekla ostajajo iste že stoletja: kremenčev pesek, soda, dolomit ter kalcit. S spreminjanjem sestave vhodnih surovin proizvajajo različne vrste stekla z različnimi fizikalno-kemijskimi lastnostmi za različne namene uporabe. Stekleno embalažo lahko proizvedejo v različnih barvnih odtenkih, kar je pomembno za izdelke, ki jim škoduje neposredno izpostavljanje svetlobi. Najpomembnejša odlika stekla je gotovo njegova odlična kemična obstojnost, zaradi česar je za mnoge kemijsko aktivne izdelke najbolj primerno. Ob tem ima tudi zelo dobre zaporne in optične lastnosti.

Za vzpostavitev sistema vračljive embalaže so steklenice še vedno odlična izbira. Slabost stekla je seveda njegova visoka masa, lomljivost oziroma krhkost ter posledično nevarnost razlitja ali razsutja vsebine. Druga pomanjkljivost je, da steklene embalaže ni možno oblikovati kar v okviru postopka pakiranja, kot je to možno pri nekaterih drugih embalažnih materialih, to pa spet povzroča večje stroške zaradi skladiščenja (Radonjič 2008). Mnogo razvojnih aktivnosti je bilo namenjenih proizvodnji lahke oziroma tanke steklene embalaže, kjer so bili doseženi pomembni uspehi, masa steklenic pa se je v preteklih desetletjih ves čas zniževala (Twede in Goddard 1998). Kakovost steklene embalaže izboljšujejo tudi s postopki površinske obdelave (Stilwell et al. 1991).

Steklena embalaža ima odlično sposobnost reciklaže (poglavje 12.2). Vendar ne glede na to dejstvo tudi ti materiali povzročajo pri proizvodnji in distribuciji vplive na okolje. Najpomembnejši okoljski problemi v povezavi s proizvodnjo steklene embalaže so:

- pridobivanje osnovnih surovin (SiO_2 , Na_2O , CaO , Al_2O_3 idr.), ki vpliva na degradacijo ekosistemov, zmanjševanje biotske raznovrstnosti ter erozijo prsti,
- raba energije pri proizvodnji in predelavi stekla, kar povzroča emisije plinov,
- večja raba energije zaradi mase stekla pri transportu in distribuciji v primerjavi z drugimi embalažnimi materiali.

STEKLENA EMBALAŽA

Prednosti:

- velika kemijska obstojnost,
- odlične optične lastnosti (prosojnost),
- različne oblike embalaže,
- možnost pasterizacije in sterilizacije,
- možnost vzpostavitve sistema vračljive embalaže,
- odlična sposobnost reciklaže,
- odlične zaporne lastnosti,
- brez vonja.

Pomanjkljivosti:

- krhkost/lomljivost,
- masa oziroma teža,
- nezmožnost oblikovanja embalaže v okviru postopka pakiranja,
- praviloma nižje proizvodnosti pri izdelavi (npr. v primerjavi s plastiko),
- nižje hitrosti polnjenja (npr. v primerjavi s pločevinkami),
- slaba grafična obdelava.

5.2 Papirna in kartonska embalaža

Papir je ploskoven, porozen material, sestavljen pretežno iz prepletenih vlaken rastlinskega izvora. Sodobna industrija papirja proizvaja zelo veliko različnih vrst papirja in kartona, ki se medsebojno razlikujejo glede na uporabljene surovine, gramaturo, dodelavo in namen uporabe. Glede na surovinsko sestavo, proizvodni postopek in dodelavo ima papir lahko zelo različne lastnosti. Kljub temu pa je za vse vrste papirja značilno, da so higroskopne in neizotropne (nimajo v vseh smereh enakih lastnosti). Tudi karton in lepenka sta sestavljena iz vlaknin, vendar se po svojih lastnostih razlikujeta od papirja. Med drugim se razlikujeta po gramaturi (površinski masi). Med kartone praviloma uvrščamo tiste papirne izdelke z gramaturo nad 225 g/m^2 . Vrste kartona imajo gramaturo med 150 in 600 g/m^2 in lepenka nad 225 g/m^2 . Prehodi med papirjem in kartonom ter lepenko glede na gramaturo niso ostri, temveč se med seboj prekrivajo (Novak 1998; Novak 2004; Radonjič 2008).

Poleg delitve papirja glede na gramaturo in namen uporabe ga lahko klasificiramo še glede na sestavo (brezlesni, lesovinski),

glede na obdelavo površine (premazani, nepremazani, pigmentirani) in glede na uporabnost (Novak 1998; Novak 2004). Navadni neplemeniteni papir je le v manjši meri mehansko odporen, zato ne moremo pričakovati, da bo uspešno varoval vsebino pred atmosferskimi vplivi, saj prepušča zrak, vodno paro, maščobe in druge tekočine. Za izboljšanje kakovosti papirja ga morajo po oblikovanju v papirnem stroju še dodelati s premazovanjem ali z glajenjem. Za dodelavo papirja in kartona uporabljajo raznovrstna premazna sredstva, pigmente, veziva in koveziva, klejiva, barvila ter druga pomožna sredstva. Na vrsto, lastnosti in s tem na uporabnost papirja, kartona in lepenke vplivajo vlakninska sestava, stopnja mletja vlaknin, količina polnil, veziv, klejiv, tip papirnega oziroma kartonskega stroja in proces dodelave (Rutar 1995; Radonjič 2008).

Embalažni papirji morajo imeti predvsem visoko jakost. Najnižjo kakovost med embalažnimi papirji ima t. i. šrenc papir, ki je proizveden iz nesortiranega starega papirja in je rjave barve. Boljši embalažni papirji so ovojni iz hidrogensulfitne celulozne vlaknine in običajno ne vsebujejo starega papirja. Najvišje jakosti ima t. i. kraft papir

ali natron papir, ki ga proizvajajo iz sulfatne celulozne vlaknine. Ena stran takšnega papirja je praviloma gladka, druga pa hrapava, kar omogoča dobro grafično obdelavo in lepljenje. Za embalažne namene uporabljajo tudi t. i. pergamentni papir in pergamin papir. Za proizvodnjo pergamentnega papirja je potrebno vpojni, neklejen papir potopiti v žveplovo kislino, kjer se celulozna vlakna raztopijo in se nato posušijo kot roževina. Zaradi spremenjene strukture dobi papir ob-

liko folije z zaprto površino, ki ne prepušča več maščob in vode. Če papir, nadomestek za pergament, močno gladijo, dobijo pergamin. V skupini embalažnih papirjev je tudi fini svileni papir. To so mehki, vendar trdni papirji s površinsko maso pod 30 g/m², ki jih uporabljajo za embaliranje zelo občutljivih predmetov (Novak 2004). V Tabeli 4 so navedeni nekateri od najpogostejše uporabljenih papirnih embalažnih materialov (Robertson 1993; Vujković et al. 2007).

Tabela 4: Nekaterne osnovne vrste embalažnih papirjev.

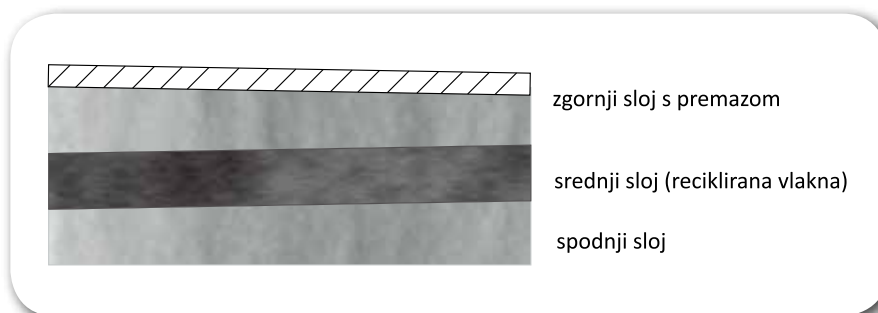
Vrsta papirja	Osnovne surovine	Gramatura (g/m ²)	Lastnosti in uporaba
Kraft (natronski) papir	Beljena ali nebeljena celulozna vlaknina iglavcev, proizvedena po sulfatnem postopku	70–300	Visoka trdnost; lahko je obarvan ali neobarvan; za vreč(k)e in za embalažo, kjer je potrebna višja trdnost; lahko se laminira; za proizvodnjo valovitega kartona
Sulfitni papir	Iz sulfitne celulozne vlaknine iglavcev in listavcev z dodano lesovino in odpadnim papirjem	35–300	Dobra trdnost; bele barve; za manjše vrečke, etikete; dobre lastnosti za tisk; lahko poveščen; za laminate; za zunanji sloj valovitega kartona
Papir, odporen na maščobe	Dobro zmleta celulozna vlakna	70–150	Za embaliranje mastne hrane
Glassine papir	Dobro zmleta in mešana celulozna vlakna	40–150	Odporen na olja in masti; za izdelavo vrečk, škatel ipd. za mastno hrano
Pergamentni papir	Iz neklejenega papirja, ki se obdelava s koncentrirano žveplovo kislino	12–75	Visoka trdnost v mokrem stanju; odporen na maščobe; za pakiranje mokre in mastne hrane
Svileni papir	Iz različnih vrst celuloze	20–50	Mehki ovojni papir; za cvetje, darila ipd.
Šrenc papir	Iz nesortiranih papirnih odpadkov in majhnega deleža celuloznih vlaken	90–230	Za proizvodnjo notranjega sloja valovitega kartona in ravnih notranjih slojev; za manj zahtevne izdelke; rjave barve
Polkemični papir (fluting)	Iz polceluloze, proizvedene iz trdega in mehkega lesa v razmerju 70:30, ki ni popolnoma razpuščena	110–180	Za proizvodnjo valovitih slojev v valovitem kartonu in ravnih notranjih slojev

Papir se uporablja tudi za proizvodnjo večslojne ali sestavljene embalaže (poglavje 5.8). Za proizvodnjo takšne embalaže so v glavnem na razpolago trije osnovni postopki: impregnacija, površinska obdelava (premazovanje ali oslojevanje) in kaširanje. Pri postopku impregnacije gre papirni trak skozi določeno tekočino tako, da se popolnoma potopi vanjo. Pri tem se njegov volumen spremeni, ker se pore in kapilare napolnijo z drugo snovjo (tekočino) (Novak 2004). Druga dva postopka sta opisana v poglavju 5.8.

Tudi karton in lepenka sta sestavljena iz vlaknin, vendar se po svojih lastnostih razlikujeta od papirja. Med drugim se razlikujeta po gramaturi (površinski masi). Vrste kartona imajo gramaturo med 150 in 600 g/m² in lepenka nad 225 g/m². Prehodi med papirjem in kartonom ter lepenko glede na gramaturo niso ostri, temveč se med seboj lahko prekrivajo (Radonjič 2008). Poznamo več vrst

lepenke, ki se razlikujejo glede na surovinski vir in tehnološki proces in način površinske obdelave (rjava, siva, bela, kartonažerska, knjigoveška, kovček lepenka, "presspan" lepenka) (Novak 2004).

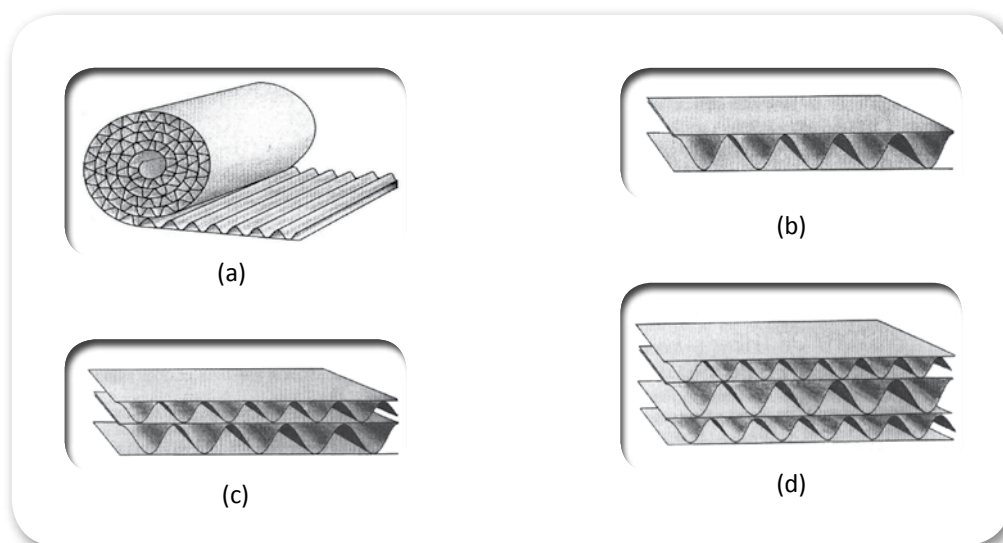
Navadni karton je skupen naziv za materiale, ki so izdelani iz manj plemenitih surovin (mešani odpadni in star papir), fine vrste kartona pa so tiste, ki so proizvedene iz beljene celuloze. Vrste kartona in lepenke iz več slojev, ki se med seboj razlikujejo po sestavi, barvi in gramaturi, imenujemo večslojni karton. Pod zgornjim slojem, ki je marsikdaj iz visokokakovostne beljene celuloze, je en sloj ali več vmesnih slojev, za katere se lahko uporabi papir z visoko vsebnostjo lesovine. Spodnja stran ima lahko različno sestavo glede na namen uporabe (Novak 2004). Sestava t. i. kartona za zloženke je prikazana na Sliki 7.



Slika 7: Sestava kartona za zloženke.

Med večslojnimi vrstami kartona zagotovo zaseda posebno mesto valoviti karton. Valoviti karton je cenjen embalažni material predvsem zaradi svojih zelo dobrih mehanskih lastnosti glede na svojo gramaturo in ceno. Mehanske lastnosti valovitih vrst kartona so odvisne od uporabljenih osnovnih materialov, od višine valov, načina lepljenja in tehnike izdelave. Je embalažni material, ki je sestavljen iz več zlepljenih plasti ravnega in valovitega papirja oziroma kartona. Izdelujejo ga iz različnih vrst papirja (natron, flu-

ting, šrenc idr.) in kartona ter ga obdelujejo na posebnih strojih, odvisno od namena njegove uporabe. Po številu zlepljenih plasti ločimo dvoslojni, trislojni, petslojni in sedemslojni valoviti karton (Slika 8). Poleg izbire vrste papirja ter načina lepljenja vplivajo na kakovost valovitega kartona v veliki meri prav oblika in dimenzije valov praviloma sinusoidalne oblike, ki predstavljajo eno od osnovnih lastnosti tovrstnih embalažnih materialov (Černič et al. 2005; Radonjič 2008). Označujemo jih s črkovnimi oznakami.



Slika 8: Osnovne vrste valovitega kartona:
(a) enostranski enoslojni, (b) enoslojni, (c) dvoslojni, (d) troslojni (Černič et al. 2005).

Omeniti je potrebno tudi embalažo iz t. i. papirne kaše (papirne pulpe). Le-to proizvajajo iz lesne celuloze ali/in odpadnega papirja, in sicer z mešanjem vlakninskega materiala z vodo in z naknadnim oblikovanjem v kalupih. V osnovi je postopek podoben

proizvodnji papirja. Tudi ta vrsta papirne embalaže je občutljiva na vodo in vlago, vendar jo odlikuje nizka cena, zato je popularna za določene namene uporabe v obliki škatlic ali kot pomožni embalažni material za zaščito pri transportu blaga.

PAPIRNA IN KARTONSKA EMBALAŽA

Prednosti:

- ◆ nizka masa,
- ◆ relativno nizka cena,
- ◆ kakovostna grafična obdelava,
- ◆ prilagodljivost različnim sistemom pakiranja,
- ◆ enostavnost kombiniranja z drugimi embalažnimi materiali,
- ◆ velik razpon lastnosti (trdi in fleksibilni embalažni izdelki),
- ◆ možnost reciklaže in kompostiranja,
- ◆ enostavna prilagodljivost različnim vrstam, dimenzijam in masi pakiranega blaga,
- ◆ malo prostora pri transportu prazne embalaže.

Pomanjkljivosti:

- ◆ visoka prepustnost za pline in paro,
- ◆ zelo slaba odpornost na vlago, mikroorganizme,
- ◆ slabše mehanske lastnosti (hitro se poškoduje pri nepazljivem ravnanju),
- ◆ razgradnja pri postopkih reciklaže in posledično slabše fizikalnih lastnosti,
- ◆ kombiniranje z drugimi materiali zelo otežuje reciklažo,
- ◆ potrošnik ne vidi vsebine.

Percepcija potrošnikov glede papirne in kartonske embalaže je v glavnem pozitivna, saj povezujejo te materiale z biološko razgradljivostjo. Vendar razni premazi in plastificirani sloji takšno razgradnjo zelo upočasnijo. Biološka razgradnja v deponijah brez prisotnosti kisika pa povzroča nastanek toplogrednega plina metana. Izkopavanja na deponijah komunalnih odpadkov so potrdila, da je papir, zakopan globoko v deponijskih slojih odpadkov, ostal nerazgrajen, tisk na njem pa berljiv več kot desetletje (Rathje 1991). Papirna in kartonska embalaža imata tudi dobre sposobnosti reciklaže, čeprav ne brez omejitev (poglavje 12.4).

Najpomembnejši okoljski problemi v povezavi s proizvodnjo papirne in kartonske embalaže so:

- negativni vpliv na biotsko raznovrstnost zaradi pretirane sečnje gozdov in posledična erozija prsti (izvor lesa),
- uporaba kemikalij v proizvodnji celuloze in papirja (npr. belil in barvil) in posledične emisije v vodo,
- velike količine porabljene vode v proizvodnji,
- velike količine rabe energije v proizvodnji,
- potencialna migracija škodljivih snovi (tiskarskih barv ipd.) iz embalaže v živila.

Papir in nezakonita ter netrajnostna sečnja gozdov

Čeprav ima papirna oziroma kartonska embalaža v javnosti zelo dober imidž glede okoljske primernosti, pa kriterij reciklaže danes tudi zanj ni več zadosten. V ospredje se vse bolj prebija kriterij, ki je povezan z izvorom osnovne surovine za proizvodnjo papirne in kartonske embalaže, t.j. z lesom.

Nezakonita sečnja lesa je globalni problem, ki močno negativno vpliva na gospodarstvo, okolje in družbo. Okoljski učinki nezakonite sečnje so povezani s krčenjem gozdov, podnebnimi spremembami in z izgubo biotske raznovrstnosti. Družbene posledice nezakonite sečnje so povezane s spori glede zemlje in virov ter osiromašenjem lokalnih in avtohtonih skupnosti.

V preteklih dvajsetih letih so se na pobudo okoljevarstvenih in ekonomskih skupin oblikovale različne sheme certificiranja gozdov. Prvotni namen certificiranja je bil preprečiti uničevanje tropskih gozdov, saj so prav ti najbolj izpostavljeni netrajnostnemu gospodarjenju. Njihov namen je končnim kupcem lesnih izdelkov potrditi, da je sekanje lesa legalno, da zaradi njihovega nakupa ni bil posekan varovan gozd, da se ni naredil golosek, da so se spoštovale delavske pravice gozdarjev in domorodnih skupnosti, da se je čim bolj ohranilo naravno okolje.

Leta 1993 so različne interesne skupine, kot so okoljevarstvene organizacije, gozdarska in trgovska podjetja z lesom, predstavniki domorodnih ljudstev ter certifikacijski organi ustanovili nevladno organizacijo, imenovano Forest Stewardship Council (FSC) in zasnovali prvi certifikacijski sistem za gozdove in sledenje lesa. Podjetju, ki upošteva ustrezne kriterije, podelijo certifikat FSC, ki je zagotovilo za odgovorno gospodarjenje z gozdovi (Forest Stewardship Council 1996; Grilj 2010).

Program za potrjevanje shem za certifikacijo gozdov (PEFC; angl. *Programme for the Endorsment of Forest Certification Schemes*) je neodvisna, nevladna in neprofitna organizacija, ki preko certifikacije s pomočjo tretjih oseb podpira trajnostno gospodarjenje z gozdovi po vsem svetu. Člani so nacionalne organizacije za certificiranje gozdov (npr. slovenski Zavod za certifikacijo gozdov). PEFC certifikacija predstavlja pregleden sistem nadzora gospodarjenja z gozdovi s sistemom sledljivosti izvora lesa od drevesa do končnega proizvoda. PEFC je zagotovilo, da les za papirne proizvode prihaja iz gozdov, s katerimi se trajnostno gospodari.

Sistem certificiranja PEFC temelji na naslednjih vidikih (www.pefc.si):

- Na območju se ne seka več lesa, kot ga ponovno zraste.
- Po poseku se drevesa znova posadijo ali se gozd obnovi z naravno pomladitvijo.
- Ščitijo se pravice delavcev.
- Spodbuja se lokalno zaposlovanje.
- Spoštuje se pravice domorodnih narodov.
- Gozdove se vzdržuje kot življenjski prostor rastlin in živali.
- Zaščitijo se gozdne funkcije varovanja vode, tal in podnebja.
- Ohranja se biotska raznovrstnost gozdnih ekosistemov.
- Preverja se izvor lesnih surovin.



V boj proti trgovini z nezakonito posekanim lesom se je vključila tudi Evropska unija in oktobra 2010 sprejela Uredbo o lesu, ki se bo pričela izvajati 2013. Prepovedovala bo dajanje nezakonito pridobljenega lesa in lesnih proizvodov na evropski trg (http://ec.europa.eu/environment/forests/illegal_logging.htm).

Škodljiva uporaba klora in klorovih spojin pri proizvodnji papirja

Celulozno vlaknino običajno belijo z namenom odstranitve ostankov lignina. V ta namen se uporabljajo različne kemikalije. Včasih so za beljenje uporabljali predvsem elementarni klor in razne klorove spojine (npr. natrijev klorat NaOCl , ClO_2 idr.). Kasneje so razvili čistejše tehnologije beljenja, ki temeljijo na uporabi ogljikovega peroksida (H_2O_2), natrijevega peroksida (Na_2O_2), kisika (O_2) in ozona (O_3) ali posebnih encimov. Danes vse več proizvajalcev in uporabnikov embalaže iz papirnih materialov izkazuje večjo okoljsko primernost z različnimi oznakami oziroma kraticami ter z izmerjenimi karakteristikami, ki se nanašajo na tehnološki postopek obdelave celulozne oziroma papirne mase.

TCF (angl. **Total Chlorine Free**): če je celulozna vlaknina beljena brez uporabe elementarnega klora ali klorovih spojin, jo označujejo z oznako TCF. Če je celulozna vlaknina beljena s klorovimi spojinami (npr. ClO_2), vendar brez elementarnega klora, se uporablja oznaka ECF (angl. *Elementary Chlorine Free*).

TEF (angl. **Total Effluent Free**): oznaka pove, da je celulozna vlaknina proizvedena s popolnoma zaprtim krožnim tokom vode v proizvodnji.

AOX (angl. **Adsorbable Organic Halogens**) je merilo za vsebnost organsko vezanega klora v vlakninah in papirju. Z njegovim določevanjem ugotavljajo morebitno vsebnost organskih kloridov, ki so lahko v papirju prisotni zaradi beljenja s klorom oziroma klornimi kemikalijam. Le-te reagirajo z lesnimi substancami ter sproščajo okolju in zdravju izjemno škodljive dioksine, zato jih papirji in papirni proizvodi ne smejo vsebovati (Novak 2004).

5.3 Kovinska embalaža

Med kovinsko embalažo uvrščamo jekleno in aluminijsko embalažo. Kljub določenim pomanjkljivostim je kovinska embalaža na določenih mestih nezamenljiva zaradi svojih lastnosti ter praktičnosti. Poleg tega je kovinska embalaža prispevala izjemen delež k razvoju živilske industrije, pa tudi drugih industrijskih panog. Ima zelo dobre mehanske lastnosti ter visoko toplotno prevodnost, to pa je pomembna lastnost pri hitri sterilizaciji živil oziroma pri hitrem ohlajevanju. Iz kovinske embalaže proizvajajo različne oblike embalažnih izdelkov, kot so sodi, pločevinke, tube, ročke, pokrovčki ter folije, predvsem aluminij pa se uporablja še za številne kombi-

nacije z drugimi embalažnimi materiali. Težko kovinsko embalažo uporabljajo predvsem za pakiranje surovin in izdelkov kemične industrije (vnetljivih in občutljivih za oksidacijo ter vlago). Poseben primer kovinske embalaže pa predstavljajo jeklenke, v katere pakirajo komprimirane tekočine in pline.

Kovinsko embalažo marsikdaj še dodatno površinsko zaščitijo z nanosom posebnega laka. To je pomembno, ko se embalaža uporablja v postopkih pasterizacije in sterilizacije. V ta namen uporabljajo lake (smole) na osnovi poliestrskih, epoksi-estrskih, fenolnih ali epoksi-fenolnih smol, poliakrilatne smole in drugo (Potočnik 2004). Premazovanje se razlikuje od lakiranja po debelini nanosa laka

ali polimera na površini folije oziroma traku. Razlikujemo med premazovanjem z lakom ali s talino termoplastov. S takšno obdelavo dodatno zaščitijo vsebino pred zunanjimi vplivi ter izboljšajo zlepljanje (Novak 2004). Z laki želijo doseči učinke, kot so sijaj, motnost ali boljši navzem tiskarske barve. Z lakiranjem tudi zmanjšajo občutljivost površine proti mehanskim poškodbam.

5.3.1 Jeklena embalaža

Jeklo je zlitina železa z ogljikom in drugimi legirnimi elementi. Pri uporabi jekla kot embalažnega materiala za živila je potrebno toplo ali hladno valjano jekleno pločevino površinsko obdelati s posebnimi premazi ali z elektrolitskim nanosom tankega sloja kositra (bela pločevina). Da je ta nanos čim manjši, je površina ponavadi še dodatno prevlečena s posebnimi laki, ki preprečijo poroznost in s tem neposreden stik živila z jekleno pločevino (Potočnik 2004). V dveh desetletjih so uspeli zmanjšati debelino za več kot 40 %. Za posebne zahteve, na primer pri pakiranju jedkih kemikalij, uporabljajo posebno legirano jeklo, včasih tudi pločevino, prevlečeno s plastiko. Sicer pa je za doseganje ustreznega učinka pakiranja s kovinskimi embalažnimi izdelki potrebno marsikdaj uporabiti posebne tesnilne mase. Le-te so danes večinoma izdelane iz naravnih ali sintetičnih kavčukov ali na osnovi poliuretanov ter poli (vinil-klorida) (dalje PVC) (prav tam). Namen tesnilnih mas ni le preprečevanje iztekanja vsebine iz pločevink, ampak tudi preprečevanje vstopa bakterij vanje (Radonjič 2008).

Jeklena embalaža vsebuje danes v večini primerov 20–30 % recikliranega materiala. Pridobivanje železove rude ter proizvodnja in predelava v železarnah predstavljata pomemben delež vplivov jeklene embalaže na okolje.

5.3.2 Alumijska embalaža

Aluminij uvrščamo zaradi njegove nizke gostote med lahke kovine. Poleg nizke gostote je dobro električno in toplotno prevoden, ima visoko trdnost, odpornost proti koroziji ter odlične zaporne lastnosti, lahko pa ga tudi legirajo z drugimi kemijskimi elementi (mangan, magnezij, baker, silicij, železo) in s tem dosežejo širši spekter lastnosti, čeprav se za določene embalažne namene velikokrat uporablja čisti aluminij (na primer za folije in trakove). Aluminij sorazmerno trdno drži pozicijo embalažnega materiala v obliki tanke pločevine ter folij za kaširanje v laminatah, kjer opravlja funkcijo zapore za pline. V sektorju embaliranja pijač pa je aluminij že vrsto let prevladujoč material za proizvodnjo pločevink (Radonjič 2008).

Zaradi zahtevnosti tehnološkega procesa proizvodnje aluminija in posledično njegove relativno visoke cene je postala reciklaža alumijske embalaže v svetu zelo razširjena. Z reciklažo se aluminiju lastnosti ne slabšajo. Poleg tega pa se z reciklažo zelo zmanjšajo vsi vplivi na okolje, ki se pojavljajo pri proizvodnji svežega aluminija (poglavje 12.3).

Najpomembnejši okoljski problemi v povezavi s proizvodnjo aluminija so:

- pridobivanje rude boksita, ki vpliva na degradacijo ekosistemov, zmanjševanje biotske raznovrstnosti ter erozijo prsti,
- proizvodnja glinice (Al_2O_3), pri čemer nastajajo škodljivi stranski proizvodi (npr. rdeče blato),
- velika raba energije pri proizvodnji aluminija iz glinice, kar povzroča emisije plinov,
- emisije fluoridov pri proizvodnji aluminija z elektrolizo.

KOVINSKA EMBALAŽA

Prednosti:

- ☞ velika trdnost,
- ☞ odlična zaščita pred zunanjimi vplivi,
- ☞ sorazmerna neobčutljivost na temperaturo in vlažnost,
- ☞ kompaktnost in enostavnost pri rokovanju,
- ☞ velika obstojnost aluminija pri zunanjih vplivih,
- ☞ zelo dobra temperaturna obstojnost,
- ☞ omogočanje visokih hitrosti pakiranja,
- ☞ možnost grafične površinske obdelave,
- ☞ dobra toplotna prevodnost,
- ☞ dobra sposobnost reciklaže.

Pomanjkljivosti:

- ☞ relativno visoka cena,
- ☞ energijsko intenzivna proizvodnja materialov,
- ☞ potrebna prevleka jekla s kositrom ali/in premazom,
- ☞ večji hrup na pakirnih linijah,
- ☞ praviloma višja masa,
- ☞ kupec ne vidi vsebine.

5.4 Plastična embalaža

V družbi obstaja splošno pomanjkanje razumevanja pojma plastične embalaže. Noben embalažni material ni podvržen tolikšnim stereotipom kot prav plastična embalaža. Na eni strani se ta pojem velikokrat povsem napačno enači s pojmom PVC materiala, po drugi strani pa se plastičnim materialom edinim pripisuje sicer upravičen očitke, da so biološko nerazgradljivi. Vsevpred se pozablja, da sta biološko nerazgradljivi tudi steklena in kovinska embalaža. Na deponijah pa se ne razgrajuje niti papir niti ostanki hrane, kot so pokazala izkopavanja odpadkov na odlagališčih (Rathje 1991).

Pojem plastična embalaža zajema specifično skupino sintetičnih polimernih materialov, tj. materialov na osnovi polimerov. Polimeri so snovi, ki jih lahko definiramo kot velike molekule (makromolekule), ses-

tavljene iz ponavljajočih se strukturnih enot (merov). Sintetični polimeri so najmlajši v družini embalažnih materialov. Današnji tržno pomembni sintetični polimeri nastajajo s sintezo velikega števila manjših molekul (monomerov) v makromolekule (polimere). Najobsežnejšo skupino polimernih materialov nedvomno predstavljajo polimerni plastični materiali, popularno imenovani plastika. Delimo jih na dve glavni skupini: termoplaste ali plastomere in duroplaste ali duromere. Prvi so taljivi: pod vplivom toplote se zmehčajo, postanejo tekoči in se dajo v tej obliki predelati (oblikovati v izdelke). Drugi pa so prostorsko ireverzibilno zamreženi, pri čemer dobijo trajno obliko in se ne talijo. Termoplasti so brez dvoma najbolj dominantna skupina polimernih plastičnih materialov glede proizvodnje in uporabe v embalažnem sektorju in širše (Radonjič 2008).

5.4.1 Konvencionalni polimerni materiali

Surovinski vir zanje predstavljata nafta in zemeljski plin. Ob tem velja poudariti, da se za proizvodnjo sintetičnih polimerov v svetu danes namenja le približno 4 % svetovne porabe nafte (PlasticsEurope 2006). Od teh 4 % pa se 35–41 % uporabi letno za proizvodnjo plastične embalaže (Matthews 1995).

Plastična polimerna embalaža vključuje številne (po svoji strukturi in lastnostih) zelo

različne materiale. Polimerni materiali zajemajo preko sto po kemijski strukturi različnih sintetičnih snovi in predstavljajo skupino materialov, na katerih nedvomno sloni tehnološki razvoj mnogih drugih področij oziroma industrijskih panog. Med njimi prav gotovo tudi razvoj embalažne industrije. Velika raznolikost materialov velja tudi na področju plastične embalaže. Najpomembnejši plastični polimerni embalažni materiali so naslednji:

Polietilen nizke gostote (PE-LD)	Polipropilen (PP)
Polietilen (linearni) nizke gostote (PE-LLD)	Poli(etilen-tereftalat) (PET)
Polietilen visoke gostote (PE-HD)	Polistiren (PS)
Poli(vinil-klorid) (PVC)	Ekspandirani (penjeni) polistiren (EPS)
Poli(viniliden-klorid) (PVDC)	Poli(etilen-naftalat) (PEN)
Etilen/vinil-alkohol (EVA)	Polikarbonat (PC)
Etilen/vinil-acetat kopolimer (EVA)	Poliamid (PA)

Naslednja značilnost polimernih plastičnih materialov je, da jim zaradi izboljšanja končnih uporabnih ter predelovalnih lastnosti dodajajo ustrezne dodatke (aditive). Praviloma gre za spojine z nizkimi molskimi masami bodisi organskega bodisi anorganskega izvora. Mednje prištevamo antioksidante, antistatike, barvila (barvni koncentрати), drsna sredstva, plastifikatorje, penilce, toplotne dodatke in stabilizatorje UV, polnila za izboljšanje mehanskih lastnosti, sredstva proti gorenju itd. Lastnosti pa je možno manipulirati tudi s proizvajanjem polimerov z vnaprej izbranimi povprečnimi molskimi masami in njihovimi porazdelitvami in/ali s stopnjo razvejanosti makromolekul. Večino takšnih dodatkov uporabljajo za tehnične izdelke, ne za embalažo.

V sedemdesetih in osemdesetih letih dvajsetega stoletja pa je zaradi okoljskih pobud, sproženih zaradi vse večjih količin odpadkov,

plastična embalaža začela izgubljati ugled. Noben drug embalažni material ni doživel tolikšnega srda glede okoljske primernosti kot prav plastika. Polimerni plastični materiali so kljub zelo dobrim lastnostim in nedvomnim prednostim na področju embaliranja ter pakiranja postali sinonim za probleme odpadne embalaže. Eden glavnih očitkov je biološka nerazgradljivost, kar je pravzaprav absurden očitek, če vemo, da se biološko tudi ne razgrajujejo niti steklo niti aluminij ter druge kovine oziroma tovrstna embalaža. Verjetno lahko iščemo dejanske razloge drugje: pojav in masovna uporaba plastične embalaže je sovpadla z razvojem porabniške družbe (angl. *throw-away society*) in jo kot najmlajši material na neki način simbolizira (Radonjič 2008).

Zaradi velikega števila različnih vrst in tipov polimerov je treba zelo skrbno izbrati takšen polimerni embalažni material, da bo nudil najboljše lastnosti ob najnižji ceni in stroških predelave. Vsak polimer ima lastne fizikalne, kemijske ter predelovalne lastnosti, medsebojno pa se lahko precej razlikujejo še v ceni.

Najpomembnejši okoljski problemi v povezavi s proizvodnjo plastične embalaže so:

- postopki pridobivanja nafte in zemeljskega plina,
- emisije pri predelavi osnovnih surovin v petrokemični proizvodnji,
- emisije pri proizvodnji monomerov v kemični industriji,
- nekateri monomeri za proizvodnjo določenih polimerov so kancerogeni (npr. plina vinil-klorid za proizvodnjo PVC in stiren za proizvodnjo PS).

Reciklaža odpadne plastične embalaže je v zadnjih desetletjih izjemno napredovala. Kljub temu pa žal obstajajo še določene tehnološke omejitve, ki učinkovitost reciklaže teh odpadkov še zavirajo (poglavje 12.1.1).

POLIMERNA PLASTIČNA EMBALAŽA

Prednosti:

- nizka gostota,
- velika prilagodljivost za oblikovanje,
- visoke proizvodnosti,
- možnost prilagajanja mnogim sistemom izdelave embalaže in kombiniranje z drugimi embalažnimi materiali,
- sorazmerno nizka cena,
- sorazmerno velika obstojnost proti kemikalijam in zunanjim vplivom,
- prosojnost,
- možnost pestrih dekorativnih učinkov,
- dobre mehanske lastnosti,
- možnost kakovostnega tiska,
- razvoj biorazgradljivih polimerov

Pomanjkljivosti:

- večinoma nezadovoljive zaporne lastnosti za pline,
- toplotna nestabilnost,
- različna obstojnost proti agresivnim medijem in topilom,
- toplotnomehanska razgradnja pri reciklaži,
- pri veliko različnih vrstah polimerov otežena reciklaža, ker se med sabo ne mešajo,
- možna zdravstvena oporečnost nereagiranih monomerov.

Obstaja že toliko različnih polimernih materialov, da je omenjene prednosti in slabosti težko v celoti posploševati. Zaradi svojstvenih lastnosti lahko iz polimernih plastičnih materialov izdelujemo skoraj vse vrste in oblike embalažnih izdelkov, in to za prodajno in za skupinsko ter transportno embalažo. Zato je plastična embalaža konkurenca prav

vsem drugim embalažnim materialom (seveda glede na določen namen uporabe oziroma tržni segment) in to ob dejstvu, da je tehnološki razvoj še vedno najintenzivnejši prav pri tej skupini materialov. Z uporabo pri proizvodnji večslojne embalaže so tudi pripomogli k raznolikosti papirne in kartonske embalaže (Radonjič 2008).

Plastična embalaža iz rastlin ("zeleni" polietilen)

V zadnjih letih je bila pri brazilskem proizvajalcu razvita tehnologija proizvodnje biopolimera, pri kateri osnovna surovina za proizvodnjo polietilena prihaja (za razliko od nafte kot klasičnega surovinskega vira za plastiko) s polj. Konkretno je surovinski vir sladkorni trs, ki je v Braziliji razširjena rastlina. Najprej iz soka sladkornega trsa s fermentacijo proizvedejo etanol, z dehidracijo le-tega pa plin etilen. S polimerizacijo etilena nastane polietilen. En hektar sladkornega trsa daje tri tone polietilena. Na ta način je iz povsem obnovljivih surovinskih virov možno proizvesti material, ki ima iste lastnosti kot tisti, ki je proizveden iz nafte. Prav tako ga je možno predelovati in oblikovati v končne izdelke na enaki opremi kot konvencionalnega, po uporabi pa reciklirati skupaj z drugimi odpadnimi polietilenskimi proizvodi. Podjetje načrtuje tudi širitev proizvodnega programa polimerov na osnovi obnovljivih virov, in sicer načrtuje tudi začetek proizvodnje "zelenega" polipropilena.

Polietilena v svetu med plastičnimi materiali proizvedejo največ, večina pa se uporabi za proizvodnjo embalaže. Kljub trenutni višji ceni v primerjavi s konvencionalnim polietilenom, pa je rastlinski "zeleni" polietilen začelo kot embalažni material uporabljati kar nekaj znanih svetovnih proizvajalcev, med njimi Tetrapak, Ecover, Danone in Pantene (Slika 9) (Braskem 2011).



Slika 9: Kozmetični izdelki v plastični (polietilenski) embalaži iz rastlin (Procter & Gamble 2011).

Kljub pomembni tehnološki novosti ter zagotovo mejniku na področju polimerne kemije in tehnologije pa velja opozoriti, da ima lahko proizvodnja plastenkov iz rastlinskih virov tudi negativne okoljske oziroma trajnostne posledice, ki so se pokazale že pri izkoriščanju rastlin za biogoriva. Tudi v primeru proizvodnje bioplastenkov je nedopustno, da se zanje kot surovinski vir uporabljajo rastline za hrano. Prav tako obstaja skrb, da zaradi širitve površin za pridelavo rastlin pride do nekontroliranega izsekavanja deževnega gozda ter posledično ogrožanja biotske raznovrstnosti. K negativnim okoljskim vplivom dodatno prispeva še uporaba pesticidov in umetnih gnojil ter potrošnja vode in energije v kmetijstvu. Zato je izjemnega pomena izvor rastlinskih surovinskih virov in način kmetijske pridelave. Netrajnostna pridelava ima ob navedenem tudi izjemno negativen učinek na celovito bilanco toplogrednih plinov v primerjavi s polietilenom, proizvedenim iz nafte (Liptow in Tillman 2012).

Plastenke iz rastlin ("zeleni" PET)

Velikokrat nove svetovne tehnološke trende usmerjajo velike korporacije oziroma multinacionalke, proizvajalke znanih blagovnih znamk. Po desetletjih tržnih bitk in neposredne konkurence na področju ponudbe pijač sta se korporaciji Coca-Cola in PepsiCo pričeli spopadati še na področju razvoja in uvajanja nove embalaže. Obe podjetji sta namreč pričeli z uporabo novih plastenk za svoje proizvode, ki so delno ali v celoti proizvedene iz rastlinskih surovinskih virov. Gre za dolgoročno strategijo razvoja embalaže, za katero se pričakuje, da bo v prihodnje zaradi vse višjih cen nafte ter okoljskih dajatev, povezanih z uporabo petrokemičnih izdelkov, predstavljala alternativo proizvodnji polimernih plastičnih materialov na osnovi nafte.

Tako so na primer v Coca-Coli (ki se ji je pridružilo tudi podjetje Heinz) pričeli z uporabo plastenk za njihove proizvode, ki so delno proizvedene iz rastlinskih surovinskih virov, deloma pa iz reciklirane odpadne plastike. Takšno embalažo so poimenovali "Plant Bottle". Sestavljena je iz mešanice materialov, in sicer: 22,5 % materiala izvira iz proizvodnje polimerov iz sladkornega trsa, 25 % je recikliranega PET, preostanek pa predstavlja konvencionalni oziroma običajni PET material, katerega surovinski vir je nafta. Iz sladkornega trsa proizvedejo bioetanol, iz tega etilen-glikol, ki je ključna sestavina (monomer) pri polimerizaciji PET polimera. Plastenka "Plant Bottle" naj bi bila prva PET plastenka, delno proizvedena iz rastlinskih virov, ki jo je možno v celoti reciklirati.

Kot pravijo pri podjetju Coca-Cola, je njihov dolgoročnejši cilj postopna opustitev vseh embalažnih materialov, ki jih danes proizvajajo iz nafte in prehod na obnovljive vire za njihovo proizvodnjo, in sicer take, ki temeljijo na rastlinskih ostankih, ki se ne uporabljajo za hrano (Coca-Cola 2012a; Coca-Cola 2012b). Coca-Cola je v letu 2011 uporabila več kot 5 milijard takšnih plastenk, podjetje Heinz pa 120 milijonov kosov za embalažo za kečap (Heinz 2012). Na obeh vrstah embalaže se nahaja poseben logotip, ki nakazuje na sestavo embalažnega materiala.



(Vir: Coca-Cola 2012a; Coca-Cola 2012b; Heinz 2012)

Še korak dalje od podjetja Coca-Cola pa naj bi šli pri konkurenčni PepsiCo. Leta 2011 so objavili, da so razvili prvo plastenko, proizvedeno v celoti na osnovi surovinskega vira rastlinskega izvora, in sicer skorje bora, koruznih luščin in travnatih mladik. Napovedujejo, da naj bi v prihodnje kot surovinski vir pričeli uporabljati druge ostanke hrane, kot so pomarančni in krompirjevi olupki. S pomočjo biotehnoloških postopkov so namreč uspeli proizvesti tereftalno kislino, ki ob že omenjenem etilen-glikolu, predstavlja ključno sestavino pri polimerizaciji polimera PET. Tudi to plastenko naj bi bilo možno v celoti reciklirati (PepsiCo 2011; Anon. 2011).



(Vir: www.pepsico.com)

Velja si zapomniti

Za zgoraj opisane primere je potrebno poudariti, da plastični materiali, proizvedeni delno ali v celoti iz obnovljivih surovinskih virov rastlinskega izvora, niso biološko razgradljivi. Uvrstimo jih lahko sicer med t. i. bioplastiko, a to ne pomeni, da so le-ti vselej tudi biološko razgradljivi (poglavje 5.4.2). Potrebno je ločevati med surovinskim virom na eni strani ter fizikalno-kemijskimi lastnostmi materialov na drugi.

5.4.2 Biološko razgradljivi polimerni materiali

Pri veliki večini materialov (kovine, beton, keramika, les) je trajnost cenjena lastnost. Lastnost, ki jo uporabnik od materiala pričakuje. Nekatere materiale za ohranjanje lastnosti in podaljševanje dobe trajanja celo površinsko zaščitimo s kemikalijami v obliki premazov. Pri polimernih plastičnih materialih pa je širše družbeno mnenje povsem obratno. Čeprav se plastični polimerni materiali uporabljajo na praktično vseh področjih

in je zato trajnost v mnogih primerih prav tako zaželena lastnost, je prav plastična embalaža tisti razlog, ki navdaja širšo javnost z občutkom, da je to lastnost, ki je negativna. Kar je pri tem zanimivo, je to, da se biološka nerazgradljivost praviloma pripisuje le plastični embalaži iz sintetičnih polimerov na osnovi nafte, a se pogosto pozablja, da so biološko nerazgradljivi še drugi embalažni materiali, na primer steklo in kovine.

Velike količine plastične embalaže, ki vsakodnevno nastajajo v globalnem merilu in

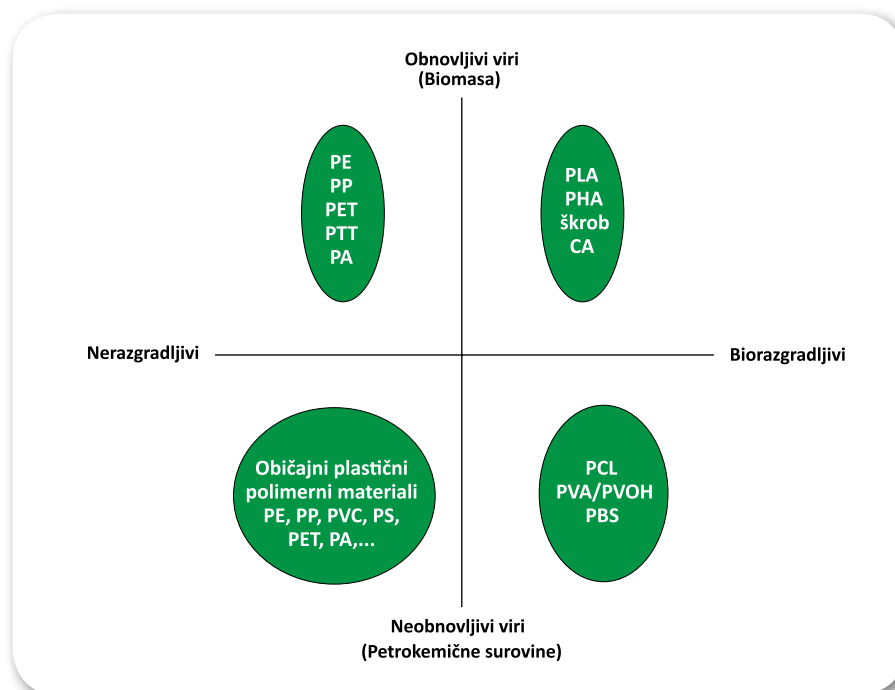
določene tehno-ekonomske omejitve, ki jo spremljajo, zahtevajo razmislek o drugačnih alternativah glede zmanjševanja njihovega vpliva na okolje. Z razvojem biološko razgradljivih polimernih plastičnih materialov se ponujajo nove oziroma dodatne možnosti ravnanja z odpadno plastično embalažo. Potrebno pa je poudariti, da so tovrstni materiali kljub vse bolj intenzivnemu razvoju in vse širši uporabi še v fazi uvajanja. Njihov tržni delež je trenutno še majhen, tehnološki proizvodni procesi pa se hitro izboljšujejo in optimirajo. Lahko jih proizvajajo iz koruze, pšenice, palminega olja, soje in krompirja ter drugih obnovljivih virov.

Ko govorimo o biološko razgradljivih polimernih materialih, je potrebno ločevati med nekaterimi pojmi. Pojem bioplastika opisuje polimerne materiale, ki so biorazgradljivi in/ali katerih osnovne sestavine so v celoti ali delno proizvedene iz biomase. Po definiciji European Bioplastics e.V. s pojmom bioplastika označujemo polimere, ki temeljijo na

obnovljivih virih (izvoru surovinskega vira) ter biološko razgradljive in kompostirne polimere ne glede na izvor osnovne surovine.

Potrebno se je dobro zavedati, da pojem bioplastika ne predstavlja ene same skupine materialov, ampak družino materialov, ki se med seboj razlikujejo tako glede surovinske baze kot glede fizikalno-kemijskih lastnosti oziroma sposobnosti razgradnje. Obstajajo tri skupine bioplastike (Slika 10), med katere uvrščamo naslednje tri skupine (Enders in Sieber-Raths 2008; Enders et al. 2011):

- polimeri, ki so proizvedeni iz biomase in biološko razgradljivi (škrob, PLA, PHA);
- polimeri, ki so proizvedeni iz fosilnih virov, vendar so biorazgradljivi (PCL, PVOH);
- polimeri, proizvedeni v celoti ali delno iz biomase oziroma obnovljivih virov, vendar niso biološko razgradljivi (PE, PET, PP, PA, celulozni acetat) (to skupino smo predstavili v poglavju 5.4.1).



Slika 10: Razdelitev polimerov glede na njihov izvor in sposobnost biološke razgradnje (Enders et al. 2009).

Ključni primerjalni prednosti bioplastike v primerjavi z običajno plastiko sta naslednji: uporaba obnovljivih surovinskih virov in možnost biološke razgradnje oziroma kompostirnost po uporabi. Kot je navedeno v prejšnjem odstavku, ni nujno, da vsak biopolimer zadosti obema dejavnikoma. Uporaba obnovljivih surovinskih virov na rastlinski osnovi pomeni, da se ogljikove spojine, nastale s fotosinezo, uporabijo tudi kot osnovni material za proizvodnjo polimerov. Po uporabi se ti materiali bodisi biološko razgradijo, kompostirajo ali sežigajo v kontroliranih pogojih, pri čemer kot produkt nastajata CO_2 in H_2O . Na ta način se vzpostavijo krožni tokovi snovi v okolju, saj se produkti razgradnje biorazgradljivih polimerov ponovno uporabijo za rast novih rastlin.

Biološka razgradnja je proces, v katerem se snov (material) pod vplivom encimske aktivnosti mikroorganizmov v celoti razgradi v osnovne naravne sestavine (vodo, ogljikov dioksid, biomasa). Po definiciji, ki jo je podal Evropski komite za standardizacijo CEN, je biološko razgradljiv tisti material, ki se razgradi pod vplivom encimatskih reakcij zaradi delovanja mikroorganizmov, kar ima za posledico znatno spremembo kemijske strukture. Na proces biološke razgradnje vplivajo poleg sestave snovi še drugi dejavniki, kot so

temperatura, vlažnost, pH in vrsta mikroorganizmov, t.j. pogoji v okolju, kjer se nahaja material (industrijska kompostarna, deponija, gozdna površina, kmetijska površina, urbana površina, sladka voda, slana voda itd.). Materiali, ki jim želimo pripisati oznako biorazgradljivi, morajo zadostiti zahtevam in testnim metodam, ki so določene v mednarodnih standardih (poglavje 14).

Kompostiranje pomeni kontrolirani proces biološke razgradnje, katerega rezultat v aerobnih pogojih so humus, CO_2 in H_2O , a pojem biološke razgradnje nikakor ne gre zamenjevati oziroma enačiti s pojmom kompostirnosti. Kompostirnost je lastnost embalaže (ali plastičnega materiala), da se med postopkom kompostiranja biološko razgradi v kompost v za to opredeljenem času. Izdelek je lahko sprejet kot kompostiren, če je dokazano, da so kompostirne vse njegove sestavine. Kriteriji za kompostirnost so definirani v standardu EN 13432, posebej za embalažo iz plastike pa v standardu EN 14995 (poglavje 14). V kriteriju kompostirnosti je torej prisotna časovna komponenta, ki opredeljuje hitrost biorazgradnje ob znanih pogojih. Ob anaerobnih pogojih brez (zadostne) prisotnosti kisika pa namesto CO_2 nastaja toplogredni plin metan (t. i. biometanizacija).

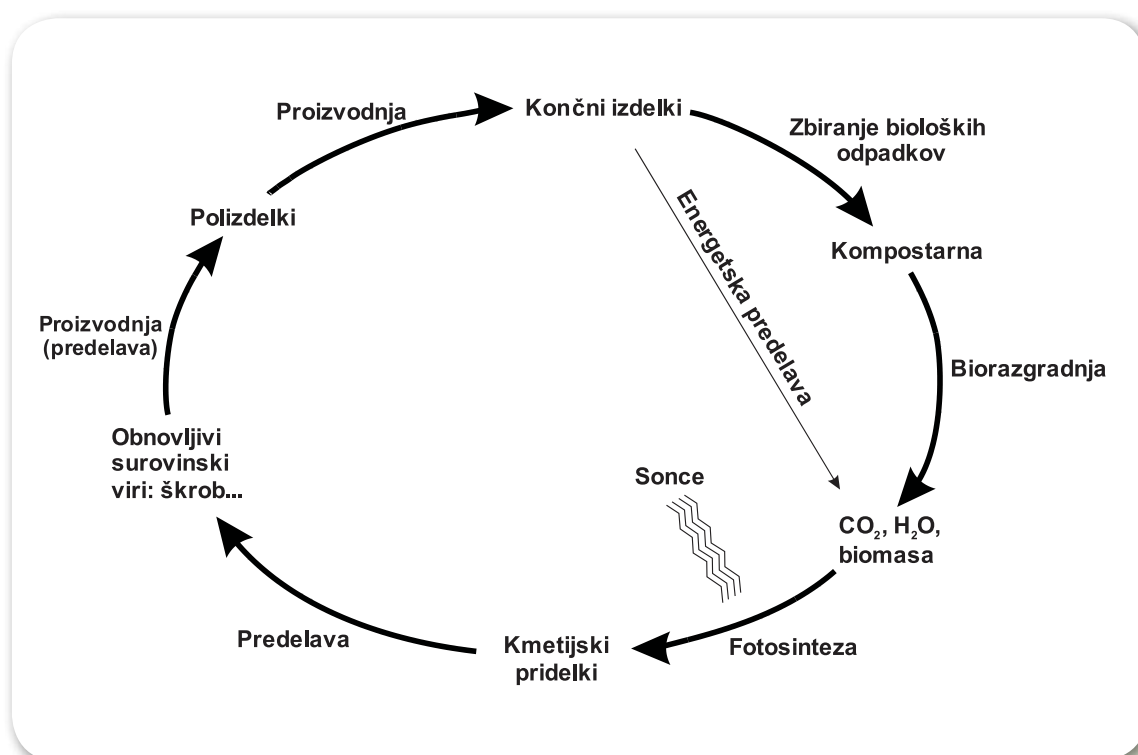
Velja si zapomniti

Sposobnost biološke razgradnje nekega polimera je odvisna od njegove strukture in ne od izvora osnovnih surovin, iz katerih je proizveden. To, da je surovinski vir za plastiko biomasa, še ni zagotovilo, da je takšen material tudi biološko razgradljiv. Skratka, bioplastika je lahko ali pa ni biorazgradljiva. Pri tem njeno biološko razgradljivost oziroma kompostabilnost opredeljujemo s kriteriji, ki zadostijo standardiziranim znanstvenim kriterijem biološke razgradnje in sposobnosti kompostiranja (npr. zahtevam standarda EN 13432).

5.4.3 Proces razgradnje polimernih materialov

Razgradnja polimernih plastičnih materialov lahko poteka na več načinov oziroma z različnimi mehanizmi (Stevens 2002). Vrši se lahko na osnovi hidrolize ali oksidacije (kemijska razgradnja), ultravijolične svetlobe, ki

povzroča fotorazgradnjo, povišane temperature oziroma pod vplivom toplotne energije in biološke razgradnje z mikroorganizmi (biorazgradnja) (Slika 11). Največkrat poteka razgradnja polimerov s kombinacijo več mehanizmov. Zato nekateri avtorji predlagajo uporabo termina okoljsko razgradljiva plastika (Kržan in drugi 2006).



Slika 11: Kroženje sestavin biorazgradljivih polimernih materialov v okolju (IBAW 2005).

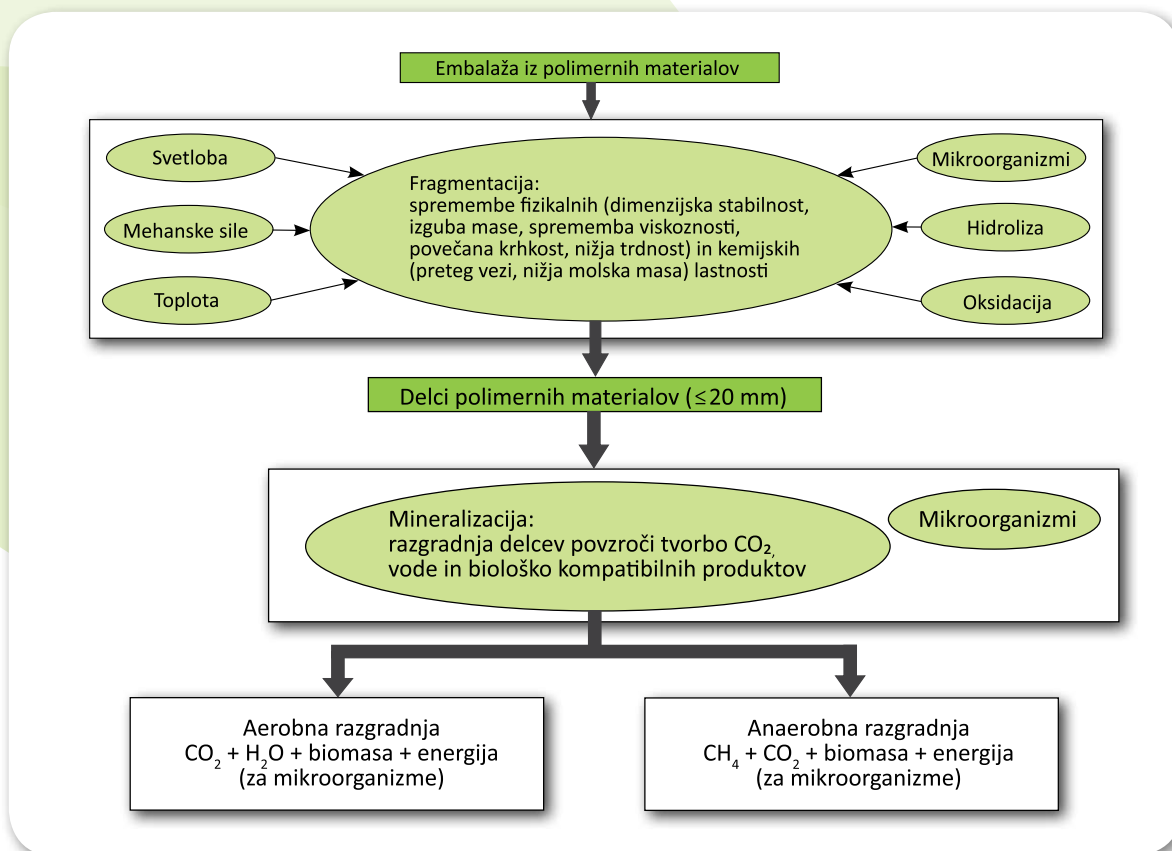
Foto-in biorazgradnja sta najpomembnejša in najpogostejša mehanizma razgradnje odpadne embalaže. Pri delovanju ultravijolične svetlobe se trgajo kemijske vezi polimernih makromolekul, zmanjšuje se njihova molska masa, materiali pa se posledično razkrojijo v prah. Pri biorazgradnji pa povzročajo razgradnjo encimi oziroma mikroorganizmi. Ta mehanizem povzroča dokončno razgradnjo materiala. Čeprav zunanji vplivi sprožajo procese razgradnje tudi v standardnih sintetičnih polimerih, ki jih uporabljamo za

embalažne namene, pa je njihova popolna razgradnja dolgotrajen proces. Proces razgradnje polimernih plastičnih materialov poteka v splošnem v dveh korakih, to sta: razkroj (fragmentacija) materiala v majhne delce kot posledica delovanja različnih mehanizmov razgradnje. Temu procesu sledi mineralizacija, t.j. konverzija nastalih delcev z delovanjem mikroorganizmov v CO₂ in/ali metan, vodo in biomaso s postopkom aerobne ali anaerobne razgradnje (Slika 12) (Kržan idr. 2006).

Hitrost biorazgradnje lahko niha od nekaj ur pa do nekaj let, odvisno od sestave in strukture polimera. Sestava in struktura polimerov predstavljata izjemno pomemben dejavnik kontrole razgradljivosti. Dokončno razgradnjo lahko pričakujemo le v primeru, če je odpadni material izpostavljen primernemu okolju, ki omogoča potek obeh omenjenih korakov. To pa pomeni, da sta pojma biološka razgradnja oziroma biorazgradljivost zelo odvisna od okolja, v katerem se nahaja material. Tako na primer eden od komercialno najpomembnejših biorazgrad-

ljivih polimerov polimlečna kislina (PLA) svojo dejansko sposobnost biorazgradnje izkazuje pri specifičnih pogojih, ki so zagotovljeni v obratih kompostarn (temperatura 60 °C, ustrezní odstotek vlage).

Ob tem velja ponoviti, da sposobnost biorazgradnje in sposobnost kompostiranja nista sinonima. Material, ki se kompostira, mora biti biološko razgradljiv, obratno pa ne velja, saj morajo biti pri procesu kompostiranja izpolnjene še dodatne standardne zahteve (poglavje 14).



Slika 12: Proces razgradnje polimernih plastičnih materialov v okolju (Kržan et al. 2006).

Sodobni razvoj razgradljivih polimerov temelji predvsem na biološki razgradnji, ki je seveda specifičen proces v primerjavi s fotorazgradnjo in/ali toplotno razgradnjo. Zato v nadaljevanju opisujemo tiste polimerne embalažne materiale, ki so lahko podvrženi

mehanizmu biološke razgradnje oziroma leta predstavlja ključni proces njihove razgradnje, ki spremeni material v ogljikov dioksid in/ali metan, vodo in biomaso.

5.4.4 Vrste biorazgradljivih polimernih materialov

Materiali na osnovi biorazgradljivih polimerov so znani že več kot dve desetletji, vendar je njihova proizvodnja šele v zadnjih letih dosegla komercialni nivo (Platt 2006). Prav nastajanje produktov razgradnje je eno od ključnih vprašanj, povezanih z biorazgradljivimi polimeri. Vrsta in količina le-teh mora biti takšna, da se lahko brez težav vključujejo v cikle kroženja snovi v naravi. V mednarodnem merilu že nekaj let poteka intenzivno oblikovanje standardov, da bi poenotili zahteve glede razgradnje, na osnovi česar bi se podeljevali materialom oziroma proizvajalcem le-teh posebni certifikati, ki zagotavljajo, da so izpolnjene zahteve glede razgradnje (Kržan in drugi 2006). Sicer pa v nekaterih državah že uporabljajo posebne oznake, ki obveščajo, da gre za tovrstne materiale, kar je pomembno s stališča informiranja porabnikov in komunalnih podjetij (poglavje 14).

Obstajata dva različna pristopa pri razvoju biorazgradljivih polimernih plastičnih materialov: modifikacija obstoječih materialov in sinteza novih materialov. Čeprav obstaja cela vrsta biorazgradljivih polimerov, se jih danes komercialno za embalažne namene zaenkrat uporablja le nekaj. Glede na primarne surovinske vire za njihovo proizvodnjo so lahko biorazgradljivi polimeri proizvedeni iz obnovljivih virov (npr. biomasa) ali pa iz nafte kot neobnovljivega surovinskega vira (sintetični biorazgradljivi polimeri). Z vidika razvoja imajo poseben pomen tisti, ki so proizvedeni iz obnovljivih virov (biopolimeri) in jih lahko v najširšem kontekstu razvrstimo glede na način proizvodnje v tri glavne skupine (Petersen in drugi 1999):

- naravni polimeri, dobljeni iz biomase, praviloma rastlinskega izvora (škrob, celuloza, proteini idr.);
- polimeri, proizvedeni s sintezo naravnih spojin, ki predstavljajo monomere (npr. polimlečna kislina);
- polimeri, proizvedeni s pomočjo mikroorganizmov ali gensko spremenjenih bakterij (npr. polihidroksialkanoati).

Najpomembnejši predstavniki sintetičnih biorazgradljivih polimerov so poli(vinil-alkohol), polikaprolakton, poli(etilen-oksidi) in polilaktolna kislina. PVOH je vodotopen polimer, primeren za proizvodnjo termoplastičnih filmov, za premaze za papir in kot adhezijsko sredstvo.

Biorazgradljive polimerne materiale iz obnovljivih surovin lahko proizvajajo iz koruze, pšenice, palminega olja, soje, krompirja ali iz drugih virov. Komercialno najpomembnejši tovrstni biopolimeri so škrob, polimlečna kislina (PLA), polihidroksialkanoati (PHA), izmed katerih sta komercialno najbolj znana poli-3-hidroksibutirat (PHB) in poli-3-hidroksivalerat (PHV). Obstajajo tudi komercialne mešanice biorazgradljivih polimerov (na primer škroba in polikaprolaktone ali mešanica PLA s kopoliestrom, proizvedenim s polimerizacijo adipinske kisline, butendiola in tereftalne kisline, mešanica PLA/PHA idr.). Z mešanjem različnih polimerov se da vplivati na hitrost razgradnje, na prepustnost za pline in vlago ter na mehanske, toplotne in predelovalne lastnosti.

Najpomembnejši predstavniki biorazgradljivih polimerov za embalažne namene in njihove osnovne lastnosti so predstavljeni v Tabeli 5.

Tabela 5: Nekateri biorazgradljivi polimerni materiali za namene embalaranja.

Polimer	Oznaka	Surovinski vir	Osnovne karakteristike
Poli(vinil-alkohol)	PVOH/ PVA	nafta	Vodotopen; visoka trdnost; odpornost na maščobe; za termoplastične filme; za premaze za papir; dobre barijerne lastnosti za kisik in CO ₂ ; lastnosti, odvisne od vsebnosti vlage; uporablja se tudi v mešanicah s škrobom in drugimi biorazgradljivimi polimeri.
Polikaprolakton	PCL	nafta	Dobre mehanske lastnosti; uporablja se tudi v mešanicah z drugimi polimeri (npr. s škrobom).
Škrob	-	koruza, krompir, pšenica	Naravni polisaharid; velikokrat se uporablja v mešanicah z drugimi polimeri, vendar je taka uporaba s konvencionalnim polimerom (npr. PE) vprašljiva zaradi dezintegracije plastičnega materiala v mikroskopske delčke in njegove bioakumulacije; slabo odporen na vlago; za mešanice z drugimi biorazgradljivimi polimeri; dobre mehanske lastnosti in nižji proizvodni stroški.
Poli(hidroksi-alkanoati)	PHA	koruza, pesa, sladkorna repa, sladkorni trs	Naravni biopolier, ki ga proizvajajo bakterije (s fermentacijo sladkornega substrata z naknadno izolacijo polimera iz citoplazme mikroorganizmov); najbolj znana predstavnika poli-3-hidroksibutirat (PHB) in poli-3-hidroksivalerat (PHV); dobre predelovalne sposobnosti za oblikovanje v filme in platenke; dobro odporni na vodo; za premaze za kartonsko embalažo; PHB ima podobne lastnosti kot PP, a je bolj tog in krhek.
Polimlečna kislina	PLA	koruza, pšenica, sladkorna repa, sladkorni trs, poljedelski ostanki, ki vsebujejo naravne rastlinske sladkorje	Termoplastični linearni polier; proizvaja se s polimerizacijo mlečne kisline, dobljene s fermentacijo naravnih sladkorjev; lahko se predeluje s standardnimi postopki; ima dobre predelovalne in mehanske lastnosti in boljše barijerne lastnosti za vlago, kot jih ima plastika na osnovi škroba; zelo transparenten material; dobro prepušča vodno paro, kar je pomembno za pakiranje nekaterih živil.
Poli(butilen-sukcinat)	PBS	Rastlinska biomasa	Dobre mehanske, toplotne in predelovalne lastnosti; podobne lastnosti kot PET; uporablja se tudi v mešanicah z drugimi polimeri (npr. s škrobom); za folije v kmetijstvu, platenke v kozmetiki idr.
Celulozni acetat	CA	Lesna ali druga rastlinska biomasa (npr. bombaž)	Biološko razgradljiv; za živilsko embalažo; relativno nizke barijerne lastnosti; da se dobro oblikovati v filme in folije; da se toplotno oblikovati.

(Opomba: Več o lastnostih in uporabi biorazgradljivih polimerov v knjigi Gregor Radonjič: Embalaža in varstvo okolja – Zahteve, smernice in podjetniške priložnosti, 2008 ali v poročilu Shen et al. 2009)

Biorazgradljivi polimeri lahko na trenutni stopnji tehnološkega razvoja predstavljajo ustrezno izbiro za embalažo v primerih, kot so:

- pakiranje izdelkov, ki imajo krajši rok trajanja in niso občutljivi na vlago, vpliv kisika, ki niso gazirani in ki ne zahtevajo ogrevanja skupaj z embalažo,
- kot nadomestilo embalaži, ki ima manjšo sposobnost reciklaže oziroma zanjo ni ustreznih sistemov zbiranja (npr. večslojni filmi, nosilne vrečke ipd.),
- kot nadomestilo embalaži, ki lahko kontaminira tokove zbrane odpadne hrane, na-

menjene predelavi s kompostiranjem ipd. (Verghese et al. 2012).

Na Sliki 13 je kot primer uporabe biorazgradljive plastične embalaže prikazana prva v praksi uporabljena krčljiva folija iz obnovljivih virov za skupinsko embalažo za pijače, ki se da v celoti kompostirati (proizvajalec Alesco). V Tabeli 6 so prikazane možnosti uporabe komercialno najpomembnejših bioplastičnih materialov za namene embaliranja, temelječe na trenutnem stanju tehnološkega razvoja (European Bioplastics 2011).



Slika 13: Prva kompostirna skrčljiva folija iz obnovljivih virov (www.alesco.net).

Tabela 6: Možnosti uporabe bioplastičnih embalažnih materialov (European Bioplastics 2011).

Embalaža	PLA	PHA	PBS	Mešanice				BioPE	BioPET
				Škrob	PBS	PHA	PLA		
Fleksibilna embalaža									
Meh	+	-	+	++	+	+	++	++	+
Film (transparentni)	++	-	-	-	+	-	++	++	++
Raztezne folije	-	-	-	-	-	-	-	++	-
Skrčljive folije	+	-	-	-	-	+	+	+	+
Vrečke	-	-	-	++	++	++	++	++	-
Mreže	-	-	-	+	++	+	++	++	-
Etikete	+	+	-	+	+	+	+	++	+
Trda embalaža									
Plastenke	+	+	-	-	+	+	+	+	++
Posodice(transp.)	++	-	-	-	-	-	+	-	++
Posodice (druge)	+	+	-	+	+	+	+	++	++
Večje posode	+	++	-	+	++	+	+	++	+
Tube	-	-	-	-	++	+	++	++	-
Zamaški	+	+	-	+	++	+	++	++	+
Kozarci	++	+	-	-	++	++	+	+	+
Blister	++	+	-	+	+	+	+	-	++
Pene	+	+	-	++	+	+	+	+	-
Jedilni pribor	+	+	-	++	++	+	+	+	-

Legenda: ++ zelo primerno; + delno primerno; - neprimerno

Pomembno se je zavedati naslednje:

- V nasprotju z laičnim mnenjem širše javnosti vsi plastični polimerni materiali iz obnovljivih virov niso tudi biološko razgradljivi.
- Da biorazgradljivi polimerni materiali dejansko pokažejo in izpolnijo svoj potencial glede biološke razgradljivosti, mora biti izpolnjenih kar nekaj tehničnih pogojev (temperatura, vlaga, pH, vrsta mikroorganizmov). Takšni pogoji niso vselej prisotni v naravi, nikakor pa ne na deponijah. Zato bodo biorazgradljivi in kompostirni materiali svoj potencial izpolnili le, če bodo ustrezno ločeno zbrani in odpeljani v primerne obrate za kompostiranje.

5.4.5 Okoljski vidiki razvoja biorazgradljivih polimerov

Podpora razvoju in uporabi biorazgradljive plastične embalaže temelji na varovanju ter racionalni rabi naravnih virov, vključno z nafto kot glavno surovino za proizvodnjo plastike. Temu se pridružuje argument zmanjševanja toplogrednih plinov. Osnovna ideja je vzeta iz narave. Biomasa rastlinskega izvora nastaja s fotosintezo, kjer kot reaktant nastopa tudi CO₂. Ko rastline odmrejo, se kot produkti razgradnje mikroorganizmov tvorita tudi CO₂ in H₂O, s čimer le-ti postane-

jo ponovno vstopni produkti rasti rastlinskih organizmov.

Kljub potencialnim koristim, ki jih lahko ima proizvodnja plastike iz obnovljivih virov rastlinskega izvora (prihranki fosilnih surovinskih virov, nižji ogljični odtis oziroma nižje emisije toplogrednih plinov, biološka razgradnja), pa so njihovi vplivi na okolje kompleksnejši, kot se zdi na prvi pogled.


Več analiz življenjskih ciklov izdelkov je pokazalo, da ima uporaba bioplastike namesto konvencionalne nerazgradljive plastike v določenih primerih dejansko potencial zmanjšanja emisij toplogrednih plinov v razponu 20–70 % (Essel in Carus 2012). Vendar to ne velja vselej za vse bioplastične materiale, saj je končna bilanca odvisna od posameznega embalažnega proizvoda in namena uporabe, predvsem pa od tega, ali je izračun zajel tudi posledice, ki jih ima v bilanci toplogrednih plinov raba (izkoriščanje) obdelovalnih površin oziroma krčenje gozdnih ekosistemov zaradi širitve intenzivne kmetijske proizvodnje (Weiss et al. 2012).

Pri intenzivni agrokemični pridelavi imajo procesi proizvodnje in ravnanje po uporabi v mnogih primerih nezanemarljive negativne vplive na okolje in zdravje, kot so v svoji pregledni raziskavi pokazali Alvarez-Chavez in sodelavci (2012). Tako je ogljična nevtrálnost biorazgradljivih polimerov v glavnem vezana na uporabo rastlin kot surovinskih virov, toda postopki, kot so žetev, proizvodnja materialov, transport idr. v glavnem zahtevajo fosilna goriva in druge neobnovljive vire. Zato je v primeru proizvodnje biorazgradljive plastike velikega pomena, kateri energijski viri so uporabljeni v posameznih fazah njihovega življenjskega cikla. Ob tem se je treba zavedati tudi, da kmetijska pridelava tovrstnih osnovnih surovin marsikdaj zahteva znatne količine vode, pesticidov in gnojil. Tudi Tabone in sodelavci (2010) so ugotovili, da povzročajo določene vrste bioplastike zaradi intenzivne uporabe gnojil, pesticidov in rabe tal večjo eutrofikacijo voda in višjo ekotoksičnost v primerjavi s konvencionalno plastiko kljub manjši rabi fosilnih goriv in manjšemu učinku tople grede.

Podobno kot velja za primer biogoriv bi bilo tudi v primeru proizvodnje bioplastike nedopustno, da se zanje kot surovinski vir v večjem obsegu uporabljajo rastline za hrano. V povezavi s tem obstaja skrb, da zaradi širitve površin za pridelavo rastlin pride do nekontroliranega izsekavanja deževnega gozda ter posledično ogrožanja biotske raznovrstnosti. K negativnim okoljskim vplivom dodatno prispeva še uporaba pesticidov in umetnih gnojil ter potrošnja vode in energije v kmetijstvu. Zato je izjemnega pomena izvor rastlinskih surovinskih virov in način kmetijske pridelave. Ne trajnostna pridelava ima izjemno negativen učinek na celovito bilanco toplogrednih plinov v primerjavi s polietilenom, proizvedenim iz nafte (Liptow in Tillman 2012).

S proizvodnjo biopolimerov se v določenih primerih povezuje tudi gojenje gensko spremenjenih rastlin, kar prinaša dodatna okoljska tveganja. V razvoj in proizvodnjo biorazgradljivih polimerov so multinacionalke vložile že milijardne zneske. Glede na potrebne količine rastlinskih surovinskih virov za zadovoljitev potreb po plastiki nikakor ne gre izključevati prodora genskega inženiringa v te namene, ki se lahko ponuja kot rešitev sedanjih proizvodnih težav in višjih stroškov. Multinacionalke namreč skupaj z novimi tehnologijami proizvodnje biomaterialov ponujajo tudi ustrezne sorte rastlin, prilagojene za proizvodnjo biopolimerov, biogoriv itd. Za doseganje višjega donosa so takšne rastline gensko spremenjene in tudi patentno zaščitene. Primer za to je koroza za DuPontov biopolimer ali soja za proizvodnjo biodizelskega goriva. Ob tem multinacionalke ponujajo še prilagojena sredstva za zaščito takšnih rastlin, brez katerih le-te težko uspevajo. Znani so poskusi podjetja Monsanto, da bi koroza gensko modificirali tako, da bi polimer PHA nastajal kar v rastlini, s tem pa bi odpadli potrebni postopki fermentacije v bioreaktorjih in naknadna separacija polimera iz bakterij. Skratka, obstajajo indici, da bi lahko bila proizvodnja biorazgradljivih polimerov v prihodnosti povezana tudi z obsežnejšimi manipulacijami rastlinskih genov zaradi povečevanja donosov osnovnih surovin ter zniževanja proizvodnih stroškov (Gerngross in Slater 2000).

Za pridobivanje rastlin in za proizvodnjo biopolimerov je prav tako potrebna energija, ki trenutno v svetu temelji še vedno prvenstveno na fosilnih goriv, ki so vir emisij toplogrednih in drugih škodljivih plinov. Skupna poraba energije za proizvodnjo nekaterih biopolimerov (npr. PLA) je marsikdaj višja od energije za proizvodnjo na nafti temelječih polimerov, kot so poročali v znani in prestižni reviji Scientific American. Postopki, kot so žetev, sušenje, ekstrakcija, separacija in



transport pač zahtevajo nezanemarljive količine energije. S tem se seveda sprožajo tudi emisije toplogrednih plinov v ozračje. Obstajajo sicer možnosti, da se ta negativna bilanca izboljša. Na primer z energetsko izrabo preostanka rastlinske biomase (tistih delov rastlin, ki niso uporabni za konverzijo v biopolimer) neposredno v proizvodnem obratu za biopolimere (Gerngross in Slater 2000; Weiss et al. 2012) in z uporabo drugih obnovljivih energijskih virov v proizvodnji. V povezavi s tem je potrebno poudariti, da so tehnološki procesi proizvodnje bioplastike v primerjavi s konvencionalno plastiko še v začetnih fazah. Za pričakovati je, da se bodo le-ti s povečevanjem obsega proizvodne izboljševali tudi glede energetske učinkovitosti ob višjih donosih. Tudi v teh primerih je pomembno, kakšne energijski vir se uporablja pri proizvodnji. Dejstvo pa je, da za embalažo in druge izdelke iz biopolimerov v veliki večini primerov (še) ne moremo trditi, da so ogljično nevtralni.

Podatki o tem, kaj se dejansko dogaja z biorazgradljivimi polimeri na odlagališčih, še niso v celoti dostopni. Splošno je znano, da v pogojih anaerobne razgradnje, značilne za deponije, nastaja toplogredni plin metan. Deponijski plin metan je sicer lahko izkoriščen kot visoko vredno gorivo, če je pravilno tretiran. V nasprotnem primeru pa predstavlja potencialni toplogredni plin, izpuščen v atmosfero. Nekateri podatki govorijo, da se v pogojih nekontrolirane razgradnje na deponijah plastenka iz PLA obnaša podobno kot navadna PET plastenka, kar pomeni razgradnjo v časovnem obdobju nekaj 100 do tisoč let (Royt 2006; Rujnić-Sokele 2008). Ob tem naj bi PLA svoj potencial biorazgradljivosti optimalno izkazoval le v industrijskih kompostarnah, medtem ko naj bi bil v individualnih kompostnikih ta učinek bistveno slabši (Pro Europe 2009).

Da biorazgradljiva plastika ne sodi na deponije, so še dodatno potrdili rezultati študije, opravljene na Univerzi North Carolina. V njej so ugotovili oziroma potrdili, da razgradnja polimera PHA v deponijah v anaerobnih pogojih sprošča metan že v relativno kratkem času (Leviz in Berlaz 2011). Tega pri konvencionalnih plastičnih materialih ni, saj so biološko nerazgradljivi. Zato je potrebno biorazgradljive polimere kompostirati skupaj z drugo odpadno biomaso, saj je v nasprotnem njihov razvoj nesmiseln, če deponije niso opremljene s tehnologijo zajema in izkoriščanja deponijskega plina.

Seveda se ponujajo številne možnosti zmanjševanja vplivov bioplastike na okolje v vseh fazah življenjskega cikla, od pridelave osnovnih surovin do ravnanja po uporabi. Za pričakovati je, da se bodo okoljski profili biorazgradljive plastike v prihodnje izboljševali. S tehnološkim razvojem se izboljšuje kakovost novih bioplastičnih materialov in s tem njihove mehanske ter predelovalne lastnosti. S tem se zmanjšuje poraba materialov na enoto pakiranja, le-ta pa je ena od najpomembnejših spremenljivk znotraj celovitih okoljskih analiz. Pričakovati je tudi, da se bo povečevala tudi učinkovitost tehnoloških procesov proizvodnje, vključujoč energetsko učinkovitost. To pa še ne pomeni, da bodo s tem odpravljeni tudi drugi opisani potencialno škodljivi vplivi na okolje.

Velja si zapomniti

Bioosnova ali biorazgradljivost ne pomenita avtomatsko večje primernosti za okolje. Na celotni profil končnega izdelka vplivajo številni dejavniki, ki jih je potrebno preučiti skupaj v okviru analize življenjskega cikla izdelka (metoda LCA; poglavje 8).

Zavedati se je treba, da biorazgradljivost ne rešuje problem odpadkov, saj odpadki niso problem ene skupine materialov, ampak družbe v celoti, vključno s potrošniki, ki odpada ne ločujejo. Z integracijo biorazgradljivih materialov v dobro organiziran sistem gospodarjenja z odpadki pa takšni materiali lahko pomenijo pomemben prispevek v trajnostni rabi virov.

Od sirotke do plastične embalaže

Da lahko tudi slovenska podjetja uspešno sodelujejo v mednarodnih raziskovalnih projektih na področju razvoja novih embalažnih materialov, dokazuje projekt z naslovom "Wheylayer". V okviru 7. okvirnega projekta EU se je leta 2008 združilo deset strokovnih združenj ter malih in srednjih podjetij skupaj s štirimi raziskovalnimi partnerskimi ustanovami iz sedmih evropskih držav. Slovenske barve pri tem zastopata podjetje Lajovic Tuba Embalaža iz Ljubljane ter GIZ Grozd Plasttehnika (www.wheylayer.eu).

Raziskovalci in razvojniki so namreč odkrili, da imajo proteini sirotke takšen tehnični potencial, da lahko z njimi nadomestimo polimerne sloje v večslojni embalaži, katerih vloga je bariera proti kisiku in vodni pari ter s tem bistveno podaljšanje roka trajanja pakiranega proizvoda. Že desetletja se v namene preprečevanja prepustnosti plinov skozi embalažo uporabljajo predvsem sintetični polimeri, proizvedeni iz neobnovljivih virov.



Surovinski vir: sirotka – stranski proizvod pri proizvodnji sira



Končni proizvod: polimerna plastična embalaža

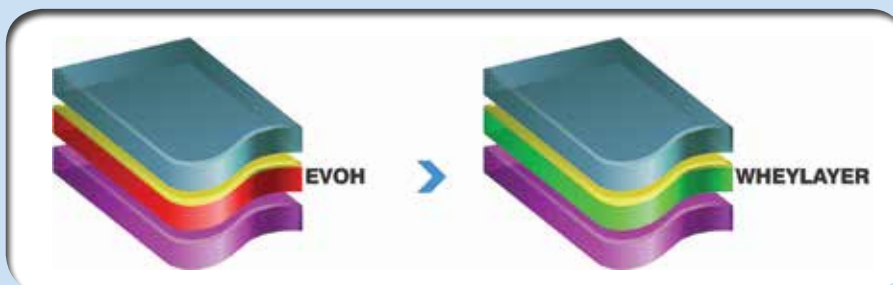


Večslojna embalaža z bariernim slojem iz sirotke

Pokazalo se je, da je sirotka, ki je stranski produkt pri proizvodnji sira in v glavnem brez večje ekonomske vrednosti, lahko tisti obnovljivi vir, iz katerega je možno proizvesti po kakovosti primerljive biorazgradljive polimere za barierni embalažni sloj pri proizvodnji oslojene oziroma laminatne embalaže. Ob tem, da je osnovna surovina iz obnovljivih virov in da stranskemu produktu v enem tehnološkem procesu poiščejo namen uporabe v drugem procesu,

se ugodnim lastnostim pridružujejo še napovedi o tem, da naj bi bilo takšne plastične folije, oslojene z mlečnimi beljakovinami, tudi možno reciklirati po uporabi. Posebni encimi naj bi v približno dveh urah razgradili proteinski sloj. S tem bi se iz odpadne embalaže ločili ostali polimerni sloji, proizvedeni iz konvencionalnih sintetičnih polimerov, ki imajo sposobnost reciklaže (Bugnicourt et al. 2012).

Že z uporabo kopolimera etilen/vinil-alkohola (EVOH) za plastično večslojno embalažo je bil dosežen znaten tehnološki in ekonomski napredek pri zmanjševanju mase embalaže. Z uporabo biorazgradljivega polimernega materiala s primerljivimi lastnostmi pa je lahko dosežen še korak dalje pri razvoju trajnostne embalaže (Slika 14).



Slika 14: Struktura večslojne embalaže: barierni sloj iz proteinov sirotke "Wheylayer" kot potencialni substitut za konvencionalne polimerne materiale, proizvedene iz nafte.

5.4.6 Biorazgradljive plastične nosilne vrečke: res najboljša alternativa?

Vplive na okolje biorazgradljivih polimernih materialov so v preteklih letih velikokrat preučevali v primerjalnih analizah nosilnih (nakupovalnih) vrečk iz različnih materialov. To je posledica intenzivne diskusije v družbi o upravičenosti uporabe plastičnih nakupovalnih vrečk oziroma njihovi prepovedi. Čeprav se rezultati različnih tovrstnih študij razlikujejo zaradi objektivnih in subjektivnih razlogov (poglavje 8), pa izmed njih omenjamo nekatere, ki jim ni možno prezreti in ki kažejo, da kljub nekaterim jasnim okoljskim prednostim, biorazgradljivi polimerni materiali povzročajo vplive na okolje, ki so marsikdaj

celo višji, kot tisti, ki jih vršijo konvencionalni polimerni materiali.

Študijo celovitih vplivov štirih nosilnih plastičnih vrečk, ki se uporabljajo v supermarketih v Veliki Britaniji so s pomočjo metode LCA (poglavje 8) opravili na Imperial Collegu v Londonu. Biorazgradljive vrečke povzročajo v konkretnem preučevanem primeru in danih pogojih manj emisij toplogrednih vplivov ter kažejo na večjo učinkovitost pri racionalni rabi virov v primerjavi s plastičnimi vrečkami, proizvedenimi iz nafte. Vendar pa je bilo ob tem ugotovljeno, da nekateri

tipi biorazgradljivih vrečk povzročajo večje okoljske vplive v smislu evtrofikacije, kislega dežja, poletnega smoga ter ekotoksičnosti v primerjavi z navadno PE vrečko (Murphy et al. 2008). Razlogov za to, da so imele biorazgradljive vrečke višje celotne vplive na okolje, je več, in sicer so to: masa nekaterih biorazgradljivih vrečk (ki je bila višja zaradi slabših mehanskih lastnosti in s tem nosilnosti), uporaba agrokemičnih sredstev, daljše transportne razdalje (nekateri materiali in vrečke namreč proizvajajo v ZDA ali v Aziji in jih uvažajo v Veliko Britanijo) in proizvodne tehnologije. Potrjeno je bilo, da na končen rezultat učinkov posameznih vrečk na okolje zelo vpliva tudi način oziroma postopek, s katerim se vrečke po uporabi predelajo. Ker je bila študija izvedena s specifičnimi podatki za primer Velike Britanije, njeni rezultati in zaključki niso avtomatično prenosljivi v druge države.

Inštitut za energetiko in okoljske študije iz nemškega Heidelberga je junija 2009 predstavil rezultate analize LCA vrečk za smeti, proizvedenih iz različnih materialov (Detzel et al. 2009; Rujnić-Sokele 2009). Primerjali so vse relevantne okoljske kriterije vrečk iz svežega polietilena, recikliranega polietilena in bioplastike, ki so bile v tistem trenutku naprodaj v Nemčiji in Franciji. Raziskavo so naročila podjetja, ki proizvajajo in distribuira-jo vrečke za smeti iz različnih materialov, vključujoč bioplastiko z namenom, da se razjasni, ali so načrtovane zakonske sankcije za konvencionalne plastične materiale za izdelavo vrečk za smeti upravičene z okoljskega stališča. Rezultat analize je pokazal, da so vrečke, proizvedene iz recikliranega polietilena dale najboljše rezultate, sledijo pa vrečke iz svežega polietilena iz nafte. V tem primeru (t.j. v celotnem življenjskem ciklu) predpostavljena okoljska prednost bioplastičnih vrečk ni bila potrjena.

Med podobnimi LCA študijami je med bolj reprezentativnimi tista, ki je bila opravljena po naročilu ene največjih multinacionalnih trgovskih verig Carrefour in bila objavljena decembra leta 2003 (EuroCommerce 2004). Bila je v celoti izvedena po merilih mednarodne standardizirane metodologije ISO 14040. V analizi so preučevali štiri različne nosilne vrečke: plastično polietilensko in papirno vrečko pri enkratni uporabi, biorazgradljivo vrečko (iz 50 % koruznega škroba in 50 % polikaprolaktona) ter plastično polietilensko vrečko za večkratno uporabo. Analiza je bila opravljena za različne lokacije v Evropi, kjer je prisotna veriga trgovin Carrefour (Francija, Belgija, Španija, Italija). Študijo sta opravili konzultantski hiši Price-Waterhouse-Coopers in Ecobalance, recenzirali pa francoska Agencija za okolje in energetski menedžment ADEME, Evropsko združenje proizvajalcev plastike (nekdanji APME, danes PlasticsEurope), Združenje evropske papirne industrije CEPI in strokovnjaki podjetja Novamont, ki proizvaja biorazgradljive vrečke. Rezultati so pokazali, da je z okoljskega vidika najprimernejša večkratna uporaba polietilenske vrečke, če se le-ta uporabi vsaj 4-krat. Drugi rezultati primerjalne analize so podani v Tabeli 7.

Tabela 7: Vplivi na okolje papirne in biorazgradljive vrečke v primerjavi s plastično polietilensko vrečko (pri vseh treh za primer enkratne uporabe) (EuroCommerce 2004).

Okoljski indikator	Jakost vpliva na okolje v primerjavi s plastično polietilensko vrečko	
	Papirna vrečka	Biorazgradljiva vrečka
Raba neobnovljivih virov	primerljivo	primerljivo
Poraba vode	slabše (3-krat večja)	primerljivo
Emisije toplogrednih plinov	slabše (80–90 % več)	slabše
Kisli dež	slabše (80–90 % več)	slabše (40–60 % več)
Fotokemični smog	primerljivo	bolje
Eutrofikacija voda	slabše	slabše (11-krat)
Preostali trdni odpadki	slabše	primerljivo
Odmetavanje v okolju	bolje	bolje

5.4.7 Okso-razgradljivi polimerni materiali

Okso-razgradljivi polimerni materiali predstavljajo kombinacijo konvencionalnih (ne-razgradljivih) polimerov, pridobljenih iz nafte (npr. PE ali PP) in posebnih dodatkov (ponavadi soli kobalta, niklja, mangana, cinka idr.), ki povzročijo, da se material prične hitreje razgrajevati. Okso-razgradljivih polimerov ne uvrščamo v skupino bioplastike. Osnovni polimer (ponavadi PE) je namreč proizveden iz nafte. Prisotnost aditivov v polimerni matriki pod določenimi zunanjimi vplivi oziroma pogoji (UV-svetloba, toplota, kisik) povzroči fragmentacijo in razgradnjo osnovnega polimernega materiala. Dodatki se ponavadi k osnovnemu materialu dodajo med proizvodnjo embalaže (npr. med procesom ekstruzije). Z njimi se lahko prilagodi čas razkroja. Faza fragmentacije je lahko kratka (nekaj mesecev) ali pa bistveno daljša (do nekaj let), kar je odvisno od toplote, UV-žarkov in drugih pogojev v okolju (Stephen 2012).

Ti materiali v strokovnih razpravah že nekaj časa povzročajo deljena mnenja glede primernosti njihove uporabe zaradi več razlogov. Na trgu namreč obstaja velika borba za tržni delež med okso-razgradljivimi polimeri in bioplastiko.

Kot rečeno, okso-razgradljivi polimeri pod vplivom zunanjih dejavnikov (toplote ali UV svetlobe) razpadejo oziroma se razgradijo v mikroskopske delčke. Nekateri strokovnjaki in strokovna združenja opozarjajo, da lahko tako nastali mikrodenci predstavljajo dodaten dejavnik onesnaževanja okolja (IBAW 2006). Obstaja namreč bojazen, da bi zaradi svoje majhnosti zašli v živalske organizme, kar pa do sedaj ni bilo znanstveno niti potrjeno niti ovrženo. Raziskav s tega področja je namreč še vedno relativno malo. Okoljska primernost okso-razgradljivih polimerov je zagotovo tudi odvisna od tega, kako se v naravi oziroma okolju širijo in akumulirajo plastični fragmentirani mikrodenci (DEFRA 2010) (Slika 15).



Slika 15: Fragmentirani okso-razgradljivi polimerni material (Loughborough University 2010).

Dodatna težava je tudi, da se vrečke iz takšnih materialov na odlagališčih velikokrat sploh ne razgradijo, kar naj bi bil pravzaprav njihov glavni namen. Na površini deponij bi se vrečke ob določenih pogojih in dovolj dolgi izpostavljenosti sicer lahko razgradile. Toda v praksi temu največkrat ni tako, saj so vrečke z drugimi odpadki vred globoko zakopane brez zadostne prisotnosti kisika in UV žarkov. V takšnih pogojih potencial razgradnje ni dosežen in material se obnaša podobno kot običajna plastika.

Okso-razgradljivi polimerni materiali zaenkrat ne zadoščajo kriterijem, ki jih predpisujejo mednarodni standardi za kompostiranje (poglavje 14), saj še vedno ni povsem jasno, kakšni so njihovi razkrojni produkti glede velikosti delcev in glede sestave. Nekatere

raziskave v zadnjih letih so pokazale, da je čas, v katerem naj bi se okso-razgradljiv polimer najprej fragmentiral in nato še razgradil, težko natančno predvideti (DEFRA 2010). Ob tem se slišijo še dodatna opozorila v povezavi s tem, da lahko aditivi v okso-razgradljivih polimerih kontaminirajo odpadno plastiko, namenjeno reciklaži in znižajo kakovost reciklatov (EuPR 2009; DEFRA 2010).

Okso-razgradljivi polimerni materiali pa imajo pred bioplastiko prednost v ceni, ki je zaenkrat bistveno nižja od novih biorazgradljivih polimerov. Tudi zaradi tega razloga okso-razgradljive polimerne materiale uporabljajo nekatere velike trgovske in hotelske verige. Vendar je ob tem potrebno biti pazljiv in objektiven glede pravilnega obveščanja končnih potrošnikov (glej poglavje 14).

Velja si zapomniti

Embalaža iz okso-razgradljivih polimerov se marsikdaj označuje s pojmi "razgradljivo", "okso-razgradljivo" ali celo "biorazgradljivo". Nekateri testi so sicer pokazali, da takšni materiali v določenem obsegu pod določenimi pogoji izkazujejo biološko razgradljivost (Stephen 2012). Vendar pa še ni povsem jasno, kako dolgo poteka biorazgradnja in ali se dejansko popolnoma razgradijo.

Ti materiali zaenkrat ne izpolnjujejo zahtev, predpisanih v trenutno veljavnih mednarodnih standardih glede biološke razgradljivosti in kompostirnosti. Izdelki iz njih ne morejo pridobiti logotipa, ki dokazuje biološko razgradljivost in kompostirnost v skladu s standardiziranimi pogoji (poglavje 14).

5.5 Lesena embalaža

Lastnosti lesene embalaže so v veliki meri odvisne od vrste drevesa oziroma lesa, iz katerega je narejena. Najpomembnejše lastnosti so upogibna trdnost in žilavost ter trdnost spojev. Pomembna operacija pri proizvodnji kakovostne lesene embalaže je sušenje. Les mora biti dobro posušen, saj se v nasprotnem primeru krči ali zvija, ima nižjo togost, lahko pa se razvijajo tudi mikroorganizmi.

Lesena embalaža je pomembna tudi z ekonomskega vidika, saj je mnogo lesene embalaže vračljive. Še posebej velik pomen ima les na področju izdelave in uporabe palet. Standardizirana paleta EUR je zaradi svoje trdnosti, enostavne uporabe izmenljivosti ter možnosti večkratne uporabe na področju transporta postavila nove standarde kakovosti. V obtoku je že približno 300 milijonov standardiziranih palet EUR, ki se jim vsako leto pridruži še 40 milijonov novih (Radonjič 2008).

LESENA EMBALAŽA

Prednosti:

- nizka cena nekaterih vrst lesa,
- razpoložljivost surovinskega vira,
- sorazmerno dobre mehanske lastnosti.

Pomanjkljivosti:

- navzemanje vlage,
- orazmerno velika masa,
- ozek razpon lastnosti,
- težavno čiščenje (npr. zabojev),
- možnost vbodov s trskami ali žebli.

5.6 Tekstilna embalaža

Tekstilni materiali so eni od najstarejših embalažnih materialov, vendar je njihova uporabnost v znatni meri upadla zaradi razvoja novejših materialov. Zato je delež tekstilne embalaže med embalažnimi materiali majhen, izbor tekstilne embalaže pa zelo omejen. Za izdelavo tekstilne embalaže uporabljajo tkanine iz naravnih in sintetičnih vlaken. Izmed naravnih vlaken uporabljajo predvsem juto in lan, pa tudi bombažna vlakna. Nekoč je bil ključni tekstilni embalažni material juta v obliki platna ali grobe vrečevine. Prehod uporabe od naravnih vlaken k sintetičnim pa je bil izrazit tudi na področju tekstilne embalaže, saj so sintetična vlakna nudila številne prednosti pred klasično tekstilno embalažo. Izmed sintetičnih vlaken so se za te namene uveljavila poliamidna, poliestrska

in polipropilenska vlakna. Gre za sintetične polimere, ki po svoji strukturi in lastnostih dejansko spadajo v isto skupino kot plastična embalaža, le da so jih s posebnimi postopki predelave oblikovali v vlakna ali ozke trakove. Tako je na primer embalaža iz polipropilenskih vlaken v primerjavi z embalažo enakih dimenzij iz jute tudi do trikrat lažja, ima pa do desetkrat večjo razteznost, to pa preprečuje trganje pri manipulaciji blaga, sprejema zelo nizek delež vlage in nečistoč ter je odporna proti delovanju mikroorganizmov. Razen tega je bila industrijska proizvodnja sintetičnih vlaken glede na potencialne surovinske vire v stalnem porastu, medtem ko je pridelek jute odvisen od klimatskih in drugih pogojev. Tekstilne vreče imajo praviloma višjo trdnost kot papirnate, zato jih za določeno blago še vedno pogosteje uporabljajo kot slednje (Radonjič 2008). V zadnjem času je tekstilna

embalaža pridobila na pomenu na področju uporabe nosilnih nakupovalnih vrečk kot ena od alternativ plastičnim in papirnim vrečkam za enkratno uporabo.

5.7 Eko-profil embalažnih materialov

Inženirske lastnosti materialov (fizikalne, kemijske, predelovalne) so danes dobro znane in izmerjene. Določene so z natančnimi laboratorijskimi testi in opremo v skladu z mednarodnimi standardi. Čeprav tudi tovrstni podatki niso povsem eksaktni, pa so dovolj natančni za potrebne tehnične oziroma inženirske izračune. Drugače je z okoljskimi podatki za materiale. Njihovo določevanje je bistveno težje, saj ga ni možno celovito določiti v laboratorijih. Določevanje okoljskih profilov (imenovanih tudi eko-profilov) temelji na analizi celotnega življenjskega cikla (poglavje 8). Toda za prakso (tudi za embalažno industrijo) je (objektivno gledano) pomembneje ugotavljati eko-profile za embalažne proizvode. In samo podatki o materialih v tem primeru predstavljajo le del življenjskega cikla embalažnega izdelka (Slika 21).

Pri proizvodnji embalažnih materialov se pojavljajo različni vplivi na okolje. Nekateri izmed njih so navedeni v Tabeli 8. Podatki so preračunani za proizvodnjo 1 kg embalažnega materiala. Potrebno je poudariti, da podatki, prikazani v Tabeli 8, ne predstavljajo kriterija za to, da je nek embalažni material boljši od drugega. Nikakor niso prikazani vsi podatki, povezani z njihovimi vplivi na okolje. Embalažne proizvode (pri katerih praviloma uporabljamo več različnih materialov) je potrebno primerjati na osnovi celotnega življenjskega cikla oziroma skupaj s pakiranim izdelkom (poglavje 8). Pravzaprav podatki, navedeni v Tabeli 8, ponovno nakazujejo, da

je tudi z okoljskega vidika izbor embalažnega materiala težavna naloga, ki mora biti opravljena s sistemskim pristopom (kar je opisano v več poglavjih te knjige).

Več mednarodnih panožnih združenj proizvajalcev materialov je že oblikovalo in objavilo eko-profile za svoje materiale, npr. Plastics Europe za polimerne plastične materiale, FEFCO za papir in karton, International Aluminium Institute za aluminij idr. Takšni tabelirani podatki lahko služijo za hitrejšo in bolj pavšalne ocene okoljskih vplivov, ne morejo pa predstavljati osnove za primerjavo embalažnih izdelkov (več o tem v poglavjih 8 in 9).

5.8 Posebne vrste embalaže

5.8.1 Večslojna in sestavljena embalaža

Eden od razpoznavnih trendov na področju razvoja sodobne embalaže je kombiniranje raznovrstnih embalažnih materialov v nov embalažni proizvod. Kot smo omenili, ima vsak embalažni material svoje prednosti in pomanjkljivosti. S kombinacijo več različnih materialov pa lahko proizvajalci dosežejo sinergijske učinke ugodnih lastnosti, ki jih z uporabo posameznega materiala ni možno zagotoviti oziroma jih je možno doseči z bistveno večjo količino materiala. V Tabeli 9 so navedeni nekateri embalažni materiali, ki jih uporabljajo za izdelavo večslojne embalaže in njihove najbolj značilne lastnosti, ki jih je možno medsebojno kombinirati.

Tabela 8: Nekatere okoljske karakteristike embalažnih materialov* (Ashby 2009).

EMBALAŽNI MATERIAL	RABA ENERGIJE** (MJ/kg)	PORABA VODE (l/kg)	RABA ENERGIJE ZA RECIKLAŽO (MJ/kg)	EMISIJE CO ₂ PRI PROIZVODNJI (kg/kg)	EMISIJE CO ₂ PRI RECIKLAŽI (kg/kg)	DELEŽ RECIKLIRANEGA MATERIALA (%)
Aluminij	200–240	125–375	18–21	11–13	1,1–1,2	33–55
Polipropilen	85–110	50–150	36–44	2,6–2,8	1,1–1,2	5,1–6,0
Poli(etilen-tereftalat)	79,6–88	14,7–44,2	33,4–37	2,2–2,4	0,93–1,03	20–22
Polistiren	86–99	108–323	36,1–41,6	2,7–3,0	1,1–1,2	2,1–3,0
Polimlečna kislina	52–54	100–300	21,8–22,7	2,3–2,4	0,96–1,02	0,5–1,0
Polihidroksialkanoati	50–59	100–300	21–34,8	2,2–2,7	0,94–1,12	0,5–1,0
Steklo	14–17	6,8–20,5	6,2–7,5	0,7–1,0	0,31–0,44	22–70
Papir / karton	24,2–32	1100–1200	18–20	1,2–1,5	0,7–0,8	70–74

* Razlike v vrednostih so posledica uporabe različnih tehnoloških procesov, različne energetske učinkovitosti, energijske mešanice držav, razvitosti infrastrukture gospodarjenja z odpadki oziroma učinkovitosti sistemov ravnanja z odpadno embalažo

** Energija, potrebna za proizvodnjo 1 kg materiala; vključena je raba goriv (npr. zemeljskega plina, naftnih derivatov), električne energije in energije za transport surovin.

Tabela 9: Lastnosti embalažnih materialov za izdelavo večslojne embalaže (Vujković et al. 2007).

Embalažni material	Lastnosti
Papir / karton	Trdnost; togost; primernost za tisk; neprozornost.
Aluminijska folija	Zanemarljiva prepustnost za vodno paro; pline in vonj; odpornost na maščobe; neprozornost; sposobnost reflektiranja svetlobe; zadrževanje zavite oblike.
PE in etilen-kopolimeri	Žilavost; odpornost na vlago; dobra kemijska odpornost; dobro prenašanje nizkih temperatur; sposobnost toplotnega varjenja; etilen-kopolimeri izboljšajo trdnost in odpornost pri nizkih temperaturah ter znižajo temperaturo toplotnega varjenja.
Običajni PP in PP-kopolimeri	Odpornost na vlago; relativno nizka prepustnost za vodno paro; odpornost toplotnega varjenja pri temperaturi sterilizacije; mehanske lastnosti je možno spreminjati glede na vsebnost in tip kopolimera.
Orientirani PP	Dobra transparentnost in sijaj; zelo dobre barijerne lastnosti za vodno paro; dobre mehanske lastnosti; sposobnost toplotnega varjenja; kombiniranje s PVDC filmom še izboljša barijerne lastnosti za vodno paro.
Metalizirani orientirani PP	Izboljšane barijerne lastnosti za pline, vlago, UV svetlobo.
PET	Transparentnost in sijaj; žilavost; sposobnost toplotnega varjenja; dobre barijerne lastnosti za vodno paro.

Sestavljena (kombinirana, kompozitna, kompleksna) embalaža je slojevita embalaža, sestavljena iz dveh ali več raznovrstnih materialov (papir, aluminijaska folija, plastika) ali pa jo proizvedejo iz več različnih polimerov. Nedvomno je prednost takega pristopa ta, da je uporabljena manjša količina materiala za optimalno doseganje funkcije embalaže. Pri tem posamezni materiali obdržijo svoje lastnosti v ločenih slojih. Med posameznimi sloji je treba v določenih primerih uporabiti adhezijsko sredstvo.

Danes imajo dominantno tržno vlogo večslojni polimerni materiali ter kartonska embalaža. Nekateri izmed njih so še posebej

pomembni za živilsko industrijo, ker je vanje možno pakirati izdelke, ki jih je potrebno konzervirati s pasterizacijo in sterilizacijo ali zagotoviti aseptične pogoje. Na Sliki 16 so prikazani primeri sestavljene embalaže iz različnih materialov, proizvedene z ekstruzijskim laminiranjem (Soroka 2002). Z novimi razvojnimi rešitvami uspevajo ves čas zniževati maso večslojne plastične embalaže na enoto površine. Le-ta se je v obdobju 1991–2000 v povprečju znižala za 36 % (Vorspohl in Bruder 2004). Večslojna embalaža ni značilna le za ploskovne izdelke (folije, filme), pač pa poznamo tudi večslojne platenke (Slika 17), mehe in pločevinke (t. i. "composite cans").

NA NOTRANJI STRANI POTISKANI PET	PREMAZNO SREDSTVO
BELI NEPROSOJEN PE-LD	POTISKANI PAPIR
ALUMINIJSKA FOLIJA	PE-LD
EKSTRUDIRANI PE-LD	ALUMINIJSKA FOLIJA
PE-LD FILM	ADHEZIV
VREČKA ZA ŠAMPON	PE-LD FILM
	MEH ZA SUHO HRANO
NA NOTRANJI STRANI POTISKANI BOPP	
ADHEZIV	
METALIZIRANI BOPP	
MEDIJ ZA VARJENJE	
LAMINAT ZA HRUSTLJAVO PECIVO	
PE-LD	PE-LD
ADHEZIV	POTISKANI PE
EVOH	PAPIR
ADHEZIV	PE-LD
PE-LD	ALUMINIJSKA FOLIJA
LAMINAT Z ZELO NIZKO PREPUSTNOSTJO ZA KISIK	IONOMER
	PE-LD
	ASEPTIČNA EMBALAŽA ZA SOK

Slika 16: Primeri večslojne embalaže za različne namene s prikazanimi sloji (Soroka 2002; Radonjič 2008).



Slika 17: Primeri šest- in štirislojne platenke (Alcion Plasticos s.l. 2012).

Večslojno in sestavljeno embalažo izdelujejo na več načinov, in sicer z ekstruzijskim oslojevanjem, ekstruzijskim laminiranjem (kaširanjem), s koekstruzijo in z različnimi posebnimi postopki površinskega plemenitenja. Možne

pa so tudi različne kombinacije omenjenih osnovnih načinov (Twede in Goddard 1998; Hernandez et al. 2000; Vujković et al. 2007; Radonjič 2008).

POVRŠINSKO PLEMENITENJE (LAKIRANJE)

Izvaja se na ploskovnem materialu, tako da ga z ene ali obeh strani prevlečejo s tankim slojem sintetične smole, voska ali druge snovi, ki materialu izboljša lastnosti (lesk, nepropustnost za vodo, odpornost na maščobe, sposobnost za tisk). Pri tem postopku se na površino polimerne filma ali sloja iz drugih embalažnih materialov nanašajo snovi, raztopljene v topilih. Po njihovem izparevanju se obdrži prevleka na površini. Takšni površinski nanosi zmanjšujejo prepustnost za pline in vodno paro, ščitijo tiskano površino ali/in izboljšajo videz embalaže. Zaradi povečanih zdravstvenih in okoljskih zahtev se danes v vse večji meri uveljavljajo premazi na vodni osnovi. Tehnološki razvoj je privedel do raznovrstnih kombinacij embalažnih materialov in sredstev za zmanjševanje prepustnosti plinov (npr. metaliziranje površine). V povezavi z varstvom okolja in zdravja je posebno pozornost pri postopkih površinskega plemenitenja potrebno nameniti izparevanju topil (poglavje 15). Obstajajo tudi postopki, kjer se na površino nanašajo plini v komorah za naparjevanje v vakuumu (npr. metaliziranje).

KAŠIRANJE (ZLEPLJANJE)

Je postopek, pri katerem se med dva (ali več) predhodno oblikovana ploskovna izdelka v obliki slojev iz različnih materialov izlivajo tanki sloji lepila (adhezijskega sredstva), ki zlepi različne materiale v večslojni embalažni izdelek. Kot osnovni material uporabljajo papir, karton, aluminijско folijo, aluminijški trak, filme oziroma folije iz polietilena, polipropilena, poliamida, poli(vinil-klorida) idr. Lahko pa uporabijo tudi ekstruzijsko oslojene ali koekstrudirane materiale in jih kaširajo z drugim materialom. To omogoča izdelavo velikega števila kompleksnih večslojnih materialov, in sicer glede na to, katere lastnosti želijo doseči. V odvisnosti od uporabljenega adhezijskega sredstva obstajajo različne vrste kaširanja (suho, mokro, z voski idr.). Če se kot adhezijsko sredstvo uporabi tanek sloj ekstrudiranega polietilena ali drugega termoplasta, ki spoji osnovne plasti, govorimo o ekstruzijskem laminiranju. V povezavi z varstvom okolja in zdravja je tudi v tem primeru posebno pozornost potrebno nameniti izparevanju topil (poglavje 15).

EKSTRUZIJSKO LAMINIRANJE

Če se kot adhezijsko sredstvo uporabi tanek sloj ekstrudiranega polietilena ali drugega termoplasta, ki spoji osnovne plasti, govorimo o ekstruzijskem oslojevanju ali laminiranju. S tem pojmom označujemo postopek nanašanja polimerne filma na predhodno proizvedeno podlogo. S tem postopkom lahko npr. ob uporabi primernih polimernih materialov v znatni meri izboljšajo lastnosti embalažnega papirja. V ta namen se uporabljajo na primer polimeri PE, EVA kopolimer ali ionomeri (plastificirani papir).

KOEKSTRUZIJA

Pomeni postopek, pri katerem se v eni sami tehnološki operaciji hkrati iztiska več sintetičnih polimernih materialov v sloje, ki se med seboj zlepijo brez uporabe adhezijskega sredstva. Z združevanjem polimernega materiala z dobrimi zapornimi lastnostmi za vodno paro ter polimernega materiala z dobrimi zapornimi lastnostmi za druge pline dobimo večslojni embalažni material z izboljšanimi lastnostmi. Različno debeli sloji in različni materiali omogočajo izdelavo folij z načrtovanimi lastnostmi ob najmanjši uporabi materialov.

Kombinacija papirja in biorazgradljivih polimerov

Papir je eden ključnih embalažnih materialov, ki ima zaradi svojih lastnosti široko področje uporabe med večslojnimi embalažnimi materiali. Vendar ima oslojevanje papirja oziroma njegovo kombiniranje z drugimi materiali (npr. plastificiranje) za posledico, da se po uporabi takšna embalaža ne da reciklirati oziroma kompostirati. Z razvojem biološko razgradljivih polimernih materialov (poglavje 5.4.2) pa se odpirajo nove možnosti kombiniranja le-teh s papirjem (npr. papir, oslojen s polimerom PLA) (Anon 2011a). Takšna embalaža, ki je v obliki kozarcev, posod in pladnjev ponekod že na trgu, lahko s pravilno izbiro materialov in proizvodnjo zadosti tudi vsem standardnim kriterijem kompostirne embalaže (poglavje 14).

5.8.2 Embalaža z modificirano atmosfero

Pakiranje hrane v embalaži z modificirano atmosfero (angl. *“Modified Atmosphere Packaging”* – MAP) predstavlja način, s katerim se podaljšuje rok trajanja sveže ali minimalno predelane pakirane hrane, s čimer se istočasno zmanjšuje tudi potreba po uporabi konzervansov in aditivov. V embalaži z modificirano atmosfero zrak v embalaži nadomestijo z zmesjo plinov izbrane sestave, ki lahko vsebuje dušik ali druge inertne pline ali pa mešanico dušika in ogljikovega dioksida. Razvoj tovrstne embalaže temelji na dejstvu, da na razkroj marsikaterih živil vpliva atmosfera, ki jih obdaja. Izbrana plinska sestava upočasnjuje proces oksidacije in rasti mikroorganizmov, kar posledično podaljša trajnost živila brez uporabe konzervansov. Zato mora biti embalažni material nepropusten za pline, saj v nasprotnem izgine

učinek zaščitnega ozračja ob živilu. Embalaža z modificirano atmosfero lahko podaljša rok trajanja pakiranih živil od dva- do desetkrat. Eno od izvedb takšnega pakiranja predstavlja vakuumsko pakiranje živil (Radonjič 2008).

5.8.3 Aktivna in inteligentna embalaža

Glavna naloga aktivne embalaže je njena interakcija z vsebino, v prvi vrsti s pakiranimi živilmi. Pri tem pojem “aktivno” označuje pozitivno aktivno interakcijo med pakiranim proizvodom, atmosfero, ki ga obdaja, in embalažo na način, da se spreminjajo pogoji, ki jim je izpostavljen pakirani proizvod. Namen uporabe aktivne embalaže je predvsem izboljšati varnost živil in podaljšati njihov rok trajanja. Tovrstna embalaža v svoji notranjosti vzdržuje zahtevane pogoje dalj časa. Glavne tehnike za izboljševanje lastnosti, ki so v povezavi z aktivno embalažo, zajemajo upo-

rabo snovi, ki vežejo nase kisik, etilen, vlago, CO₂ in neprijetne vonje, ter tiste, ki sproščajo CO₂, antimikrobne agense, antioksidante in arome. Z aktivno embalažo poskušajo doseči absorpcijo določenih valovnih dolžin iz svetlobnega spektra (npr. z uporabo naravnih barvil, kot je klorofil), ki škodljivo vplivajo na kakovost pakiranega izdelka (Vermeiren et al. 1999; Dainelli et al. 2008). Aktivna komponenta je lahko v embalažnem materialu ali pa

je vstavljena oziroma pritrjena v notranjosti embalažnega izdelka. Aktivne komponente oziroma sestavine lahko razvrstimo v več skupin, in sicer: absorberji kisika, absorberji etilena, absorberji/emitorji CO₂, antimikrobni dodatki, emitorji antioksidantov, sredstva za uravnavanje vlage in fotofiltrir (Radonjič 2008). V Tabeli 10 so prikazani nekateri primeri aktivne embalaže za živila (Anon. 2001).

Tabela 10: Primeri aktivne embalaže za živila (Anon. 2001; Radonjič 2008).

Funkcija embalaže	Aktivne sestavine	Živila
Absorpcija kisika	železo/železove soli kovine (npr. platina) askorbati/kovinske soli encimi	riž, jedi iz testa, siri, meso, kava, začimbe, pivo, vino
Absorpcija/oddajanje CO ₂	železov oksid/Ca(OH) ₂	kava, meso, ribe, orehi, slani prigrizki
Absorpcija etilena	kalijev permanganat aktivno oglje zeoliti	sadje in zelenjava
Oddajanje etanola	etanol – napršen etanol – kapsuliran	pekovski izdelki, pice
Absorpcija vlage	folija iz PVA in propilenglikola	meso, ribe, zelenjava, sadje
Absorpcija vonjav	celulozni triacetat citronska kislina železova sol/askorbati aktivno oglje/zeoliti natrijev bikarbonat	meso, sadni sokovi
Oddajanje konzervansov/ antioksidantov	organske kisline BHA/BHT encimi (npr. lizin) tokoferol (vitamin E) vitamin C	meso, siri, kruh

Poleg aktivne embalaže poznamo še je t. i. inteligentno embalažo, ki daje potrošniku dodatne informacije o kakovosti živil, ki se v njej nahajajo. Inteligentna (pametna) embalaža vsebuje eksterne ali interne indikatorje za aktivno spremljanje zgodovine pakiranega izdelka. Le-ti imajo sposobnost detekcije dejanskega stanja pakiranega blaga. Takšna embalaža s spremembo barve pokaže, kako sveže je živilo, če se je spreminjala temperatura v času shranjevanja, če je bila embalaža ves čas hermetično zaprta ipd.

Trenutno najpomembnejša izvedba takšne embalaže je tista, ki vrši časovno-temperaturni nadzor pakiranih živil z indikatorji (angl. *Time-Temperature Indicators* – TTI). Njen osnovni namen je, da s pomočjo indikatorske aktivne snovi opozori, kdaj se prične kakovost živila zmanjševati oziroma kdaj bo le-to postalo neuporabno. Obstajajo indikatorji, ki posredujejo informacijo o izpostavljanju živila različnim temperaturam v dobavni verigi, in taki, ki informirajo o tem, ali je živilo trenutno pod ali nad dovoljeno temperaturo. Marsikdaj so

takšni indikatorji v obliki etiket. Temeljijo na principu različnih tališč posameznih sestavin ali na korozijskih, polimerizacijskih ali encimskih reakcijah, pri čemer se spreminjajo njihove barve, to pa lahko porabnik vizualno zazna. Indikatorji se odzivajo s kontinuiranimi spremembami (npr. barve) ali pa v trenutku, ko je določena kombinacija pogojev, ki jim je izpostavljeno živilo, presežena. Posebna indikatorska snov na primer spremeni barvo, ko reagira s hlapnimi amini, ki jih izpušča med hrambo morska hrana in s tem nakaže na njeno pokvarjenost. Poleg embalaže s časovno-temperaturnimi indikatorji so razvili tudi tako, ki informira o koncentracijah kisika, ogljikovega dioksida ali vrednosti pH. Inteligentna embalaža, ki sporoča o prepuščanju kisika, lahko v ta namen vsebuje obarvane tablete, trakove ali pa se aktivna snov nahaja v transparentnem polimernem laminatu. Obstajajo tudi t. i. indikatorji preboja, ki s spremembo barve pokažejo mesto netesnega zvara ali preboja folij (Dainelli et al. 2008; Radonjič 2008).

Aktivna embalaža za jagode

Britanska trgovinska veriga Marks & Spencer je leta 2012 dala na police novo embalažo za jagode, s katero so želeli prispevati k manjšim izgubam hrane (poglavje 5.8.3). Nova aktivna embalaža vsebuje na dnu plastične košarice, prekrите s plastično folijo, trak dimenzije 8 x 4,5 cm. Trak je sestavljen iz posebne zmesi glinenega materiala in drugih mineralov ter ima sposobnost absorpcije plina etilena, ki povzroča dozorevanje sadja. Z njegovo odstranitvijo iz notranjosti embalaže se podaljšuje rok trajanja jagod za 2 dneva. V glavni sezoni naj bi tako zmanjšali količinske izgube jagod za 800.000 komadov, kar je enako približno 40.000 paketom. Dodani trak ne vpliva na sposobnost reciklaže plastične posodice (Guardian 2012; Gyekye 2012).



(vir: www.packagingnews.co.uk)



6 Ključni problemi embalaže v povezavi z varstvom okolja

Embalaža nedvomno predstavlja resen okoljski problem, vendar je problematiko treba osvetliti z različnih zornih kotov ter opozoriti na večplastnost omenjene problematike ter na marsikdaj preuranjene predloge. Okoljske probleme na področju embalaže lahko strnemo v štiri osnovna in medsebojno soodvisna področja:

- izčrpavanje naravnih virov,
- vplivi na okolje pri proizvodnji embalažnih materialov in embalažnih izdelkov, pri pakiranju in transportu,
- vsebnost in migracija toksičnih snovi,
- odpadna embalaža in ravnanje z njo.

Embalaža ima v okviru obravnave znotraj okoljske problematike v javnosti v glavnem negativno podobo predvsem zaradi velikih količin, ki se pojavljajo med odpadki. Nezadržno naraščanje odpadne embalaže imajo mnogi za glavnega krivca naraščajoče onesnaženosti okolja, zaostrovanja problema trdnih odpadkov ter izčrpavanja zalog surovin in energije. Podjetja, ki bodisi proizvajajo bodisi uporabljajo embalažo, se morajo zato pogosto srečevati s pripombami in očitki, kot so na primer:

- da je veliko izdelkov prepakiranih;
- da narašča uporaba nevračljivih embalažnih nosilcev, in sicer samo zaradi potreb proizvajalcev, ne pa tudi zaradi potreb porabnikov;
- da običajne metode odstranjevanja odpadkov niso kos najnovejšemu razvoju tehnologije pakiranja.

Embalažna industrija troši ogromne količine naravnih virov (tako za materialno pro-

izvodnjo kot tudi za proizvodnjo energije, potrebne za proizvodnjo embalažnih materialov in izdelkov), da lahko zadovoljuje skoraj nenasitne zahteve svetovnih marketinških in distribucijskih sistemov. Ocenjujejo, da proizvodnja prodajne embalaže v Zahodni Evropi prispeva k emisijam ključnega toplogrednega plina CO₂ od 2 % (European Commission 2006a) do 3–4 % (Hekkert in drugi 2000). Delež okoli 2 % naj bi proizvodnja prodajne embalaže prispevala tudi k drugim učinkom v okolju, kot so kisli dež ali eutrofikacija voda (European Commission 2006a).

6.1 Odpadna embalaža

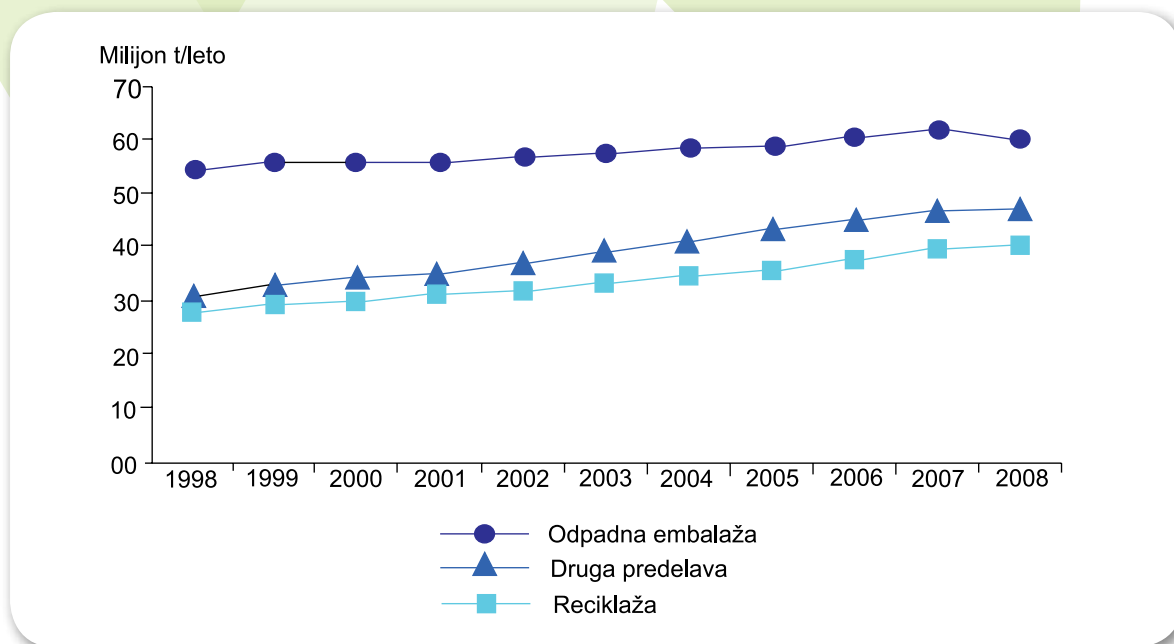
»Nimamo opravka z odpadki, temveč z načinom življenja.« (William Rathje, Garbage Project 1993)

Ameriška letalska industrija zavrže letno enako količino aluminijevih pločevink, kot je potrebnega aluminija za gradnjo 58 letal Boeing 747. Trideset največjih ameriških letališč skupaj z letalskimi družbami letno proizvede enako količino odpadkov kot mesto velikosti Miami (Farley 2009).

Embalaža prispeva pomemben delež h količinam trdnih odpadkov (komunalnih in industrijskih), ki nastajajo v industrializiranem svetu. V Sloveniji je leta 2008 znašala količina odpadne embalaže 106,4 kg na prebivalca (leta 2004 je bila ta količina 80,9 kg na prebivalca) (EEA 2012). Za primerjavo:

v Nemčiji je bila količina odpadne embalaže v letu 2010 195,6 kg na prebivalca, povprečje za EU-27 pa je znašalo 157 kg na prebivalca v letu 2010. Med državami EU obstajajo velike razlike ne le glede količin odpadne embalaže na prebivalca, pač pa tudi glede dinamike njene rasti. Medtem ko v nekaterih

državah beležijo konstantne stopnje rasti odpadne embalaže, so v drugih (Francija, Avstrija idr.) uspeli omejiti in stabilizirati njeno nastajanje. Na Sliki 18 so prikazani podatki za količine nastale odpadne embalaže v EU-15 ter količine reciklirane odpadne embalaže (EEA 2012; Eurostat 2011).



Slika 18: Količine nastale, predelane in reciklirane odpadne embalaže v državah EU-15 (EEA 2012; Eurostat 2011).

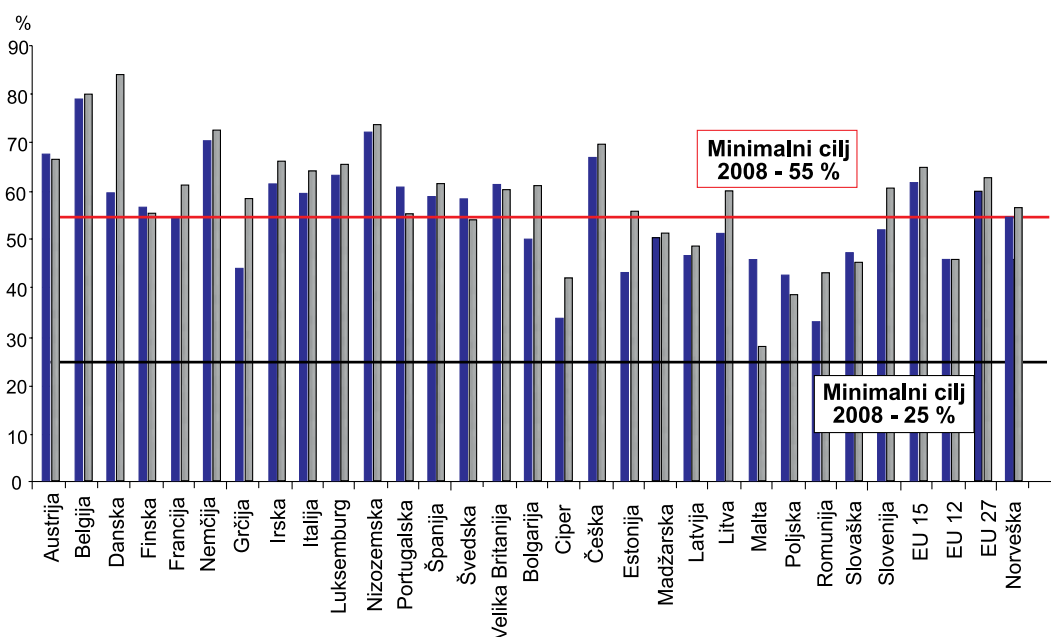
Da bi uskladila ukrepe pri preprečevanju in zmanjševanju vplivov embalaže in odpadne embalaže na okolje v državah članicah Evropske unije ter s tem preprečila nastajanje ovir pri delovanju notranjega trga, je Evropska komisija leta 1994 izdala **Direktivo o embalaži in odpadni embalaži 94/62/EC** (European Commission 2006b). Določila je pravila ravnanja v proizvodnji ter pri dajanju v promet in uporabi embalaže in pravila ravnanja ter druge pogoje za zbiranje, ponovno uporabo, predelavo in odstranjevanje odpadne embalaže. Z drugimi besedami – opredelila je zahteve po preprečevanju nastajanja odpadne embalaže, po njeni ponovni uporabi in po različnih načinih predelave (reciklaža,

kompostiranje, sežiganje), s čimer naj bi se v končni fazi zmanjšal delež odložene odpadne embalaže na deponijah na minimum. Države članice je s tem zavezala, da so bile dolžne izdelati operativne programe in vzpostaviti sisteme ravnanja z odpadno embalažo, s čimer bo zagotovljeno uresničevanje zahtev direktive. Ob tem je v direktivi o embalaži in odpadni embalaži opredeljeno, da sme biti dana na trg le tista embalaža, ki ustreza bistvenim zahtevam o sestavi, izdelavi, možnosti ponovne uporabe in sposobnosti predelave, vključno z reciklažo.

Cilji direktive so naslednji: zmanjšanje količine oziroma preprečevanje nastajanja

odpadne embalaže, vzpostavitev sistema ravnanja z odpadno embalažo (zbiranje, vračanje, predelava) ter prenos zahtev v nacionalno zakonodajo, doseganje najnižjih deležev reciklirane oziroma predelane embalaže, odstranitev nevarnih snovi (npr. težkih kovin) iz embalaže in embalažnega odpada, povečanje ponovne uporabe odpadne embalaže z recikliranjem, kompostiranjem ter sežiganjem. Direktiva zajema vse vrste embalaže in embalažnih odpadkov, ki se pojavljajo na trgu Evropske unije. Evropski parlament je leta 2004 sprejel revidirano direktivo (2004/12/ES) o embalaži in odpadni embalaži. Med drugim je bila postavljena zahteva po vsaj 60 % snovni ali energetski predelavi vse odpadne embalaže, delež reciklirane odpadne embalaže pa mora doseči 55–80 %. Ob tem so bili z novo direktivo definirani višji odstotki za reciklažo odpadne embalaže oziroma opredeljeni najnižji deleži za reciklažo glede na posamezni embalažni material. Tako znašajo revidirane reciklažne kvote 60 % za steklo, 60 % za papir in karton, 50 % za kovine, 22,5 % za plastično embalažo in 15 % za leseno embalažo.

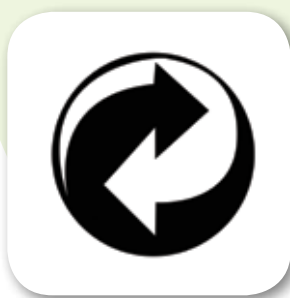
Različne države EU so različno uspešne pri doseganju zahtevanih reciklažnih kvot, kar prikazuje Slika 19 (EEA 2012; Eurostat 2011). Medtem ko nekatere države članice višajo delež reciklirane odpadne embalaže in tudi presegajo zastavljene cilje, druge tega cilja ne le, da še niso dosegle, ampak se je pri njih delež reciklirane odpadne embalaže v zadnjih letih celo zmanjšal. V splošnem se je od leta 1997 do 2010 delež odpadne embalaže na deponijah zmanjšal s slabe polovice (47,4 %) na 21,3 % (ibid.). Ti podatki dokazujejo, da so nekatere države EU uspele z vzpostavitvijo učinkovitih sistemov ravnanja z odpadno embalažo bistveno razbremeniti deponije in povišati stopnje reciklaže. Tako je v Belgiji delež deponiranih embalažnih odpadkov leta 1995 znašal 46,3 %, leta 2003 pa padel že na 6,8 %. V istem času se je povečal delež reciklirane odpadne embalaže z 28,1 % na 80,3 %. Tudi v nekaterih drugih državah je delež reciklirane odpadne embalaže izrazito visok (Slika 19).



Slika 19: Deleži reciklirane odpadne embalaže v državah EU (EEA 2012).

V okviru sistema za ravnanje z odpadno embalažo se v EU podeljuje tudi prepoznaven znak zelena pika (Slika 20), s katerim podjetje (zavezanec) dokazuje, da je plačalo finančni prispevek (v Sloveniji v obliki t. i. embalažnine) pristojni družbi za ravnanje z odpadno embalažo, ki deluje skladno z načeli in zahtevami krovne direktive Evropske unije. Nosilec znaka je organizacija Pro Europe, ki podeljuje znak avtoriziranim sistemom ravnanja z odpadno

embalažo v posameznih državah na osnovi poenotениh pravil in regulative. Znak Zelena pika ne izkazuje le vključenosti v sistem ravnanja z odpadno embalažo, temveč predstavlja tudi prepoznaven znak, ki potrošnikom pove, da bo za embalažo po uporabi poskrbljeno. V sistem označevanja zelene pika je vključenih približno 170.000 podjetij, letno pa se z njim označi 460 milijard kosov embalaže (Pro Europe 2010).



Slika 20: Znak zelena pika.

Na naraščajoče količine odpadne embalaže pa vplivajo še spreminjajoče se demografske spremembe in življenjski stili. Na primer, povečevanje števila gospodinjstev v Veliki Britaniji, v katerih živi manj družinskih članov, je imelo za posledico povečanje porabe embalaže za živila za 4 % v letu 2000 (INCPEN 1996). Ocenjujejo, da rast števila gospodinjstev z manj člani povzroča poprečno 1 % večjo porabo embalaže (za vse vrste pakiranega blaga), kot bi bila le-ta v primeru večjega deleža gospodinjstev z več člani. Celoten vpliv družbenih in demografskih sprememb na povečanje količin potrebne embalaže se ocenjuje na 5 % na leto (Kooijman 2000). Dejstvo je, da imajo proizvajalci embalaže in embalerji na takšne družbene oziroma demografske smernice zelo malo vpliva, kljub temu pa se jim morajo ves čas prilagajati, med drugim tudi z izbiro ustrezne embalaže. Tehnološki razvoj bo nedvomno omogočil razvoj in uporabo izboljšanih in za okolje primernejših embalažnih materialov, zato je za proizvajalce embalaže in

za embalerje izjemno pomembno, da ves čas spremljajo smernice na tem področju (Radonjič 2008).

Izhajajoč iz funkcij embalaže, ki jih mora le-ta optimalno realizirati, iz značilnosti sodobne porabniške družbe ter iz širše zasnove trajnostnega razvoja, je interakcija embalaže z okoljem bistveno bolj zapletena, kot je omejevanje njene okoljske problematike le na nivo odpadkov, čeprav je le-ta seveda aktualna in pereča. Sodbe o večji ali manjši okoljski primernosti embalaže le na osnovi možne predelave odpadkov oziroma favoriziranja nekega embalažnega materiala samo na osnovi tega merila niso v skladu z vidiki trajnostnega razvoja. Ključni elementi trajnostnega razvoja za embalažo so namreč: učinkovita raba primarnih surovin in materialov, učinkovita raba energije pri proizvodnji, pakiranju ter distribuciji, zmanjšanje emisij v ozračje in vode v vseh fazah življenjskega cikla embalaže ter razvoj izdelkov iz recikliranih embalažnih materialov.

Odpadna embalaža je pomemben vir kakovostnih sekundarnih surovin. V ta namen obstajajo različni načini predelave odpadne embalaže, ki se uporabljajo glede na vrsto embalažnega materiala ali glede na heterogenost odpadkov. Med embalažnimi materiali obstaja vrsta razlik glede sestave in posledično različnih fizikalnih lastnosti, kar ima za posledico tudi različne lastnosti pri njihovi ponovni predelavi. Za predelavo odpadne embalaže obstajajo naslednji osnovni tehnološki načini predelave:

- mehanska reciklaža,
- kemijska reciklaža,
- organsko recikliranje (kompostiranje, biometanizacija),
- energetska predelava in
- deponiranje.

Uredba o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo (Uradni list RS 2006) daje prednost ponovni uporabi, reciklaži in drugim načinom predelave odpadne embalaže, če to ob razumno višjih stroških omogočajo v praksi uspešno preizkušene in na trgu dostopne tehnologije in postopki. V določenih primerih (npr. zaradi manjših celovitih vplivov na okolje ter razmerja stroškov in koristi) uredba dovoljuje prednost energetske predelave odpadne embalaže pred drugimi načini.

6.2 Racionalna raba primarnih snovnih virov za embalažo

Za proizvodnjo katerega koli izdelka (torej tudi embalaže) brezpogojno potrebujemo surovinske vire. S pojmom surovinski viri (surovine) pri tej obravnavi razumemo materialne dobrine, ki jih pridobivamo iz narave in so definirani kot primarni surovinski viri. Surovinski viri so temelj vsakršne industrijske proizvodnje in enako velja za področje embalaže. Za različne embalažne materiale uporabljamo seveda različne surovinske vire, ki se med seboj razlikujejo ne le po različnih tehnoloških postopkih pridobivanja in predelave, temveč tudi glede njihove razpoložljivosti ter dostopnosti v naravnem okolju. Ker pa je področje embalaže materialno zelo intenzivno, mora biti poraba primarnih virov še toliko smotrnejša ter v jasnem sozvočju s konceptom trajnostnega razvoja. V Tabeli 11 je prikazana poraba najpomembnejših surovin za proizvodnjo ene tone različnih embalažnih materialov. Podatki, zajeti v Tabeli 11, predstavljajo poprečne vrednosti porabe surovinskih virov iz ene najbolj znanih in največkrat citiranih baz podatkov za embalažne materiale, ki jo objavlja švicarski Zvezni urad za okolje, gozd in krajino (Bundesamt für Umweltschutz, Wald und Landschaft – BUWAL). Seveda se tovrstni podatki spreminjajo s tehnološkim razvojem procesov in njihovo večjo učinkovitostjo (Radonjič 2008).

Tabela 11: Količine potrebnih primarnih surovinskih virov za proizvodnjo 1000 kg različnih embalažnih materialov (BUWAL 1998).

Embalažni material	Vrsta in količina surovinskih virov
Aluminij	3710 kg boksita 174 kg CaCO_3 54,5 kg kamene soli
Steklo (belo)	80,5 kg dolomita 35,5 kg feldspara 110 kg CaCO_3 253 kg kvarčnega peska 108 kg kamene soli
Kraft papir (enostransko povoščen)	13 kg nafte 654 kg lesa 147 kg CaCO_3 536 kg glinenih mineralov
Kraft papir (beljen)	0,7 kg nafte 914 kg lesa 34,5 kg CaCO_3 36,7 kg kamene soli 64,6 kg glinenih mineralov
Kraft papir (nebeljen)	0,7 kg nafte 838 kg lesa 20 kg CaCO_3 64,6 kg glinenih materialov
Karton za pijačo	6 kg nafte 827 kg lesa 20,1 kg CaCO_3 250 kg glinenih materialov
Valoviti karton	660 kg lesa 26,7 kg CaCO_3 21,5 kg kamene soli
Bela pločevina	284 kg CaCO_3 2400 kg železove rude 110.000 kg kositrove rude
PE-LD	600 m ³ zemeljskega plina 530 kg nafte
PE-LLD	860 m ³ zemeljskega plina 310 kg nafte
PP	250 m ³ zemeljskega plina 830 kg nafte
PS	347 m ³ zemeljskega plina 728 kg nafte
PVC	330 m ³ zemeljskega plina 370 kg nafte 690 kg kamene soli 16 kg CaCO_3
PVDC	300 m ³ zemeljskega plina 310 kg nafte 1350 kg kamene soli 645 kg CaCO_3
PET	320 m ³ zemeljskega plina 730 kg nafte

6.3 Prisotnost in migracija škodljivih snovi

Iz neustrezne embalaže lahko pridejo v prehransko verigo številne nezaželeni oziroma nevarne snovi, ki jim je dolgoročno izpostavljeno zdravje širše populacije prebivalstva. Pri morebitni zdravju škodljivi živilski embalaži gre za delovanje na daljši rok, ki lahko prizadene veliko število ljudi. Embalaža lahko vsebuje zdravju in okolju nevarne snovi v osnovnem embalažnem materialu ali pa v pomožnem kot posledico grafične obdelave in tiska. Zaradi migracij različnih snovi, ki so sestavine ali kontaminanti embalaže, lahko le-te prehajajo iz embalaže v živila. Še posebej je tovrstna problematika resna v primeru embalaže za hrano in pijačo, pa tudi v farmacevtskem in kozmetičnem sektorju. Kljub temu da so danes na voljo za zdravje in okolje primernejša tiskarska in grafična sredstva z bistveno nižjimi vsebnostmi nevarnejših snovi, moramo biti ves čas pozorni. Še posebej za embalirano blago, ki prihaja iz držav s šibkejšo kontrolo in zakonodajo.



7 Podjetniški in poslovni razlogi razvoja ter uporabe okolju primernejše embalaže

Pojmi, kot so "zeleno", "trajnostno", "eko", "okolju prijazno", postajajo stalnica tudi v embalažni industriji oziroma v dobavnih verigah blaga. Glede na dejstvo, da je vloga embalaže v družbi večplastna in širša, so takšni tudi razlogi za načrtovanje, razvoj in uporabo okolju primernejše embalaže. Nekateri izmed njih se dotikajo podjetij neposred-

no, nekateri posredno. Podjetja, ki že imajo vzpostavljeno aktivno okoljsko politiko, lahko področje embalaže hitreje in učinkoviteje vključijo v svojo prakso. Vsekakor pa problematiko ekodizajna embalaže podjetja ne smejo podcenjevati. Primeri, ki to potrjujejo, so navedeni v nadaljevanju, obstajajo pa še številni drugi.

Razlogi za načrtovanje, razvoj in uporabo okolju primernejše oziroma trajnostne embalaže:

- zakonodajne zahteve in lažje sledenje prihajajoči zakonodaji (vse strožje in vse bolj celovito zajemajoče zahteve; višje takse in dajatve),
- zmanjševanje količin odpadne embalaže (embalaža je del širšega družbenega problema ravnanja z odpadki),
- racionalna raba surovin in materialov (stroški zanje rastejo in pričakovati je, da bo tako tudi v prihodnje),
- boljša podoba podjetja (ekodizajn embalaže je lahko pomemben del širše javne okoljske politike podjetja; afere zaradi prisotnosti škodljivih snovi v embalaži; afere zaradi nelegalne sečnje gozdov),
- razvoj trga (okolju primernejši izdelki postajajo vse bolj prisotni in prepoznavni; brez ustrezne embalaže njihov okoljski profil ni celovit),
- zahteve odjemalcev oziroma uporabnikov (vse več je podjetij, ki izvajajo aktivno okoljsko politiko in razvijajo okolju primernejše proizvode, zato si podjetja ne bodo mogla privoščiti, da jih pakirajo v embalažo, ki ne dosega sodobnih okoljskih normativov),
- reciklaža (reciklažne kvote EU bodo v prihodnje verjetno višje; odpadna embalaža je pomemben vir koristnih sekundarnih surovin, zato je potrebno tudi s pomočjo ekodizajna vzpostaviti učinkovite krožne tokove odpadne embalaže),
- inovacijski potencial (eko-inovacije so ena od ključnih strateških razvojnih usmeritev EU);
- trajnostna raba virov (manj odpadne hrane zaradi ustrezne embalaže; manjša raba energije zaradi lažje embalaže pri transportu; manjša raba energije pri hrambi živil; prispevek k nižjemu ogljičnemu odtisu),
- mednarodni standardi (standardizacija z novimi zahtevami podpira zakonodajne zahteve v mednarodnem merilu).



Zaradi naštetih razlogov bodo podjetja, ki proizvajajo embalažo, in tista, ki jo uporabljajo za pakiranje svojih izdelkov, v prihodnje težje konkurenčna na trgu, če bodo ignorirala vse bolj očitne trende glede okoljevarstvenih zahtev pri njenem razvoju.

7.1 Okoljska zakonodaja za embalažo

Proizvajalci embalaže in embalerji so danes soočeni z bistveno ostrejšo zakonodajo na področju embalaže, ki se bo z leti samo še dopolnjevala in stopnjevala. Nove zakonodajne in tržne zahteve vse bolj pritiskajo na proizvajalce in uporabnike embalaže. Zahteve se hitro stopnjujejo, zato ne čudi, da številna podjetja namenjajo vse več napora tudi okoljskemu načrtovanju in optimiranju embalaže.

Uredba o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo (Uradni list RS 2006) je prinesla zahteve, da morajo biti pri izdelavi embalaže, embaliranju blaga in dajanju embalaže ali embaliranega blaga v promet uporabljene najboljše, v praksi uspešno preizkušene in na trgu dostopne zasnove, tehnologije ali proizvodni postopki, ki glede na razumno višje stroške prispevajo k:

- zmanjševanju količine odpadne embalaže,
- preprečevanju in zmanjševanju škodljivih vplivov na okolje zaradi embalažnega materiala in snovi, ki jih vsebuje embalaža ali odpadna embalaža, in
- preprečevanju in zmanjševanju škodljivih vplivov na okolje pri proizvodnji embalaže, prometu z njo, njeni distribuciji in uporabi ter pri predelavi ali odstranjevanju odpadne embalaže.

Kakšne zahteve glede sestave embalaže podaja evropska regulativa?

Direktiva EU o embalaži in odpadni embalaži oziroma Uredba o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo (Uradni list RS 2006) poudarjata med drugim naslednje zahteve glede njenega načrtovanja:

- embalaža mora imeti najmanjšo možno prostornino in maso, ki še zagotavlja nujno raven varnosti in zdravstvene neoporečnosti,
- načrtovana in proizvedena mora biti na takšen način, da je omogočena njena ponovna uporaba ali predelava ob kar se da majhnih vplivih na okolje,
- mora biti izdelana tako, da osnovni in pomožni embalažni materiali vsebujejo čim manj škodljivih in nevarnih snovi,
- mora izpolnjevati zahteve glede primernosti za predelavo, ko se preneha ponovno uporabljati in postane odpadek,
- reciklaža mora omogočati uporabo določenega masnega deleža uporabljenih materialov,
- odpadna embalaža, pripravljena za namen energijske predelave, ima takšno spodnjo kurilno vrednost, da omogoča pridobivanje toplotne energije s čim večjim energetske izkoristkom,
- odpadna embalaža, ki je pripravljena za kompostiranje, mora imeti take lastnosti, da omogočajo ločeno zbiranje in razgradnjo, če je izpostavljena anaerobnim in aerobnim procesom razgrajevanja,
- biološko razgradljiva odpadna embalaža se mora kemično, toplotno ali biološko razgraditi na način, da se večji del končnega komposta razgradi v ogljikov dioksid, biomaso in vodo.

V omenjeni regulativi so tudi opredeljene zahteve glede vsebnosti težkih kovin. S tem naj bi zmanjševanje nastajanja odpadkov na izvoru postopoma prevzelo glavno vlogo pri omejevanju vplivov embalaže na okolje.

Proizvajalec embalaže lahko da embalažo v promet, če je zanj izdal **izjavo o skladnosti**, ki mora vsebovati podatke, ki se nanašajo na izpolnjevanje zgoraj omenjenih zahtev.

Zahteve, zapisane v omenjeni v krovni regulativi EU s področja ravnanja z embalažo, ne dajejo prednosti nobenemu embalažnemu materialu, usmerjajo pa pozornost zavezancev na ključna področja v povezavi z zmanjševanjem vplivov embalaže na okolje. Ne povedo pa, na kakšen način je te zahteve možno realizirati na najbolj učinkovit način. To je opisano v poglavjih, ki sledijo.

Zahteve glede embalaže, zapisane v Direktivi EU o embalaži in odpadni embalaži, predstavljajo osnovna vodila pri načrtovanju embalaže ter minimalne kriterije za dajanje embalaže v promet v izogib tržnim omejitvam v državah članicah. Za pomoč pri izpolnjevanju zahtev iz Direktive Evropske unije 94/62/EC je Evropski komite za standardizacijo (CEN) pripravil več evropskih standardov (EN) in poročil (angl. Committee Report – CR). Le-ti pomagajo pri presojanju skladnosti z bistvenimi zahtevami direktiv Evropske unije, da bi zmanjšali vpliv embalaže na okolje in preprečevali ovire pri mednarodni menjavi blaga (poglavje 17).

Podjetja, ki so zavezanci v skladu z Uredbo o embalaži in odpadni embalaži (Uradni list RS 2006), preko družbe za ravnanje z odpadno embalažo krijejo stroške za prevzem ločenih frakcij odpadne embalaže od lokalne skupnosti ter nadaljnjo predelavo le-te, poleg tega pa morajo preko družbe ali pa sami kriti stroške zbiranja, prevzema in oskrbe odpadne embalaže, ki nastaja pri njihovi dejavnosti. Pristojne družbe za ravnanje z od-

padno embalažo za svoje opravljene storitve zaračunavajo embalažnino, ki je sorazmerna s količino odpadne embalaže in odvisna od vrste embalažnega materiala. Glede obveznosti gospodarstva na področju odpadne embalaže velja omeniti, da so zavezanci poleg embalažnine dolžni plačevati tudi okoljsko dajatev zaradi nastajanja odpadne embalaže (Uradni list RS 2006a).

Vse več okoljskih taks in dajatev za embalažo

Poleg že uveljavljene embalažnine in okoljske dajatve zaradi nastajanja odpadne embalaže se v evropskih državah pojavljajo nove. Takšne so na primer dajatve (takse) za nakupovalne vrečke ali t. i. ogljični davek za embalažo, uveden na Nizozemskem leta 2008, ki temelji na določitvi ogljičnega odtisa embalaže (poglavje 9).

Okoljska dajatev zaradi nastajanja odpadne embalaže se spreminja: leta 2011 se je povečala za plastično polimerno embalažo iz vinil-kloridov ali drugih halogeniranih olefinov (npr. za PVC) za kar 1500-krat.

Tožba zaradi neracionalne rabe embalaže

Britanska trgovska veriga Sainsbury's je bila leta 2010 soočena s tožbo in začetkom sodnega procesa ter kazni zaradi nepotrebne oziroma neracionalne porabe embalaže za pakirano blago. Omenjena trgovska veriga je namreč želela svojo privatno blagovno znamko mesa obogatiti z nekoliko bolj luksuzno embalažo, kot je dejansko potrebno. Oblikovalci so si zamislili in tudi oblikovali embalažo, sestavljeno iz posebne posode iz več vrst polimernih plastičnih materialov, papirnega ovojnega traku ter plastične folije, v katero so ovili kose mesa. Takšna oblikovalska rešitev se je znašla na rezilu kritikov zaradi nepotrebne uporabe dodatne embalaže, kot je to običajno za pakiranje blaga te vrste. Vlagatelji tožbe so se naslonili na zakonodajo, ki uporabnikom nalaga zahtevo po najmanjši potrebni količini embalaže. Da bi se izognil sodnemu procesu, je trgovska veriga Sainsbury's prostovoljno pričela z aktivnostmi za zmanjševanje količine embalažnih materialov. Sainsbury's je bilo peto podjetje v Veliki Britaniji, proti kateremu je bila vložena tovrstna tožba (Daily mail 2010; Telegraph 2010).



(vir: www.dailymail.com.uk)

Poleg zakonodajnih razlogov za razvoj in načrtovanje okolju primernejše embalaže obstajajo še različni drugi razlogi. V spodnjem okvirju navajamo nekatere najpomembnejše izmed njih (Radonjič 2008). Če je bilo včeraj vključevanje okoljskih dejavnikov v razvoj izdelkov in embalaže nekaj postranskega, danes pomeni že pomemben tržni argument in pogoj pri zadostitvi določenih zakonodajnih zahtev, jutri pa bo predstavljalo nujen pogoj pri uveljavitvi izdelka na trgu. Dejstvo je, da se bodo trgi razvitejših držav postopoma zapirali za okolju neprimerne izdelke, pri čemer igra embalaža kot sestavni del izdelkov zelo pomembno in vplivno vlogo.

7.2 Racionalna raba surovin in materialov

Stroški za surovine in materiale postajajo vse višji in pričakovati je, da bodo z leti še naraščali. Zato postajajo ukrepi za minimiranje porabe materialov vse pomembnejši. To je še dodatno pomembno v embalažni industriji, saj je embalaža materialno intenzivno področje. V spodnjem okvirčku podajamo nekatere ukrepe podjetij v smeri minimiranja in racionalne rabe embalažnih materialov.

- **Embalaža za čokoladni puding proizvajalca Danone**

Zmanjšana debelina polistirenske folije z 0,85 mm na 0,80 mm zaradi sodobnejših postopkov oblikovanja embalaže s termoformiranjem. Maso embalažnega izdelka so zmanjšali s 5,74 g na 5,40 g. Posledica so letni prihranki embalažnega materiala za 134 t ter posledično 6 % manj transporta iste količine pakiranega izdelka.

- **Embalaža za kavo Nescafé proizvajalca Nestlé**

Leta 1999 so zmanjšali debelino steklenih kozarcev zaradi napredka pri tehnologiji materialov, kar je imelo za posledico za 1250 t manjšo porabo le-teh.

- **Embalaža za čistilo proizvajalca Procter & Gamble**

Zaradi tržnih razlogov so se odločili spremeniti obliko obstoječe plastenke iz polietilena visoke gostote. Pri tem so zmanjšali njeno maso (skupaj z zamaškom in etiketo) z 62 na 52 g. To je vplivalo tudi na paletizacijo, saj so po spremembi lahko s paletami manipulirali 720 pakirnih enot namesto 576 pred spremembo. Prihranki embalažnih materialov so pri tem znašali 114,5 t na leto, izkoristek palet se je povečal za 25 %, prostornina pri transportu za 20 %, število potrebnih letnih prevozov s kamioni za enako količino čistila pa se je zmanjšalo za 100 voženj.

- **Embalaža za kozmetično sredstvo proizvajalca L'Oréal**

Prvotna embalaža je zajemala kartonsko škatlo, v katero je bila vstavljena plastična tuba. Kartonsko embalažo so prenehali uporabljati, plastični zamašek pa so zamenjali z lažjim. Zaradi manjše prostornine embalaže so v skupinsko embalažo lahko vstavili 18 tub več kot pred tem, število pakirnih enot pri manipulaciji s paletami se je povečalo z 960 na 1680, prostornina pri prevozu pa se je zmanjšala za 43 %.

(Vir: Pro Europe 2004)

7.3 Poslabšanje podobe podjetja v javnosti zaradi uporabljene embalaže

“Barbie se ne zmeni za okolje in za deževni gozd”

Čeprav ima papirna oziroma kartonska embalaža v javnosti zelo dober imidž glede okoljske primernosti, saj jo velika večina povezuje z možnostjo reciklaže, pa ta kriterij danes ni več zadosten. Dokaz za to je primer podjetja Mattel, enega največjih svetovnih proizvajalcev igrač. Laboratorijske raziskave, ki jih je leta 2011 opravila organizacija Greenpeace, so pokazale, da dobavitelj podjetja Mattel za izdelavo kartonske embalaže (škatle) za svoje izdelke, med katerimi je tudi svetovno znana lutka Barbie, uporabljajo les dobavitelja iz Indonezije, ki je znan po tem, da intenzivno krči in uničuje tropski deževni gozd na način, da je že kritično ogrožen življenjski prostor številnih živali, med njimi orangutanov in tigrov, za katere se ocenjuje, da so na teh področjih že na robu iztrebljenja (Greenpeace 2011).

Z intenzivno javno kampanjo je Greenpeace dosegel, da se je podjetje Mattel javno zavezalo, da bo nehalo kupovati embalažo, za katero so bile uporabljene surovine dobaviteljev lesnih vlaken, za katere je znano, da sodelujejo pri krčenju tropskih gozdov. Podjetje se je zavezalo, da bo uporabljalo papir oziroma lesna vlakna iz področij, kjer se trajnostno gospodari z gozdovi, kjer je zagotovljena sledljivost surovin in kjer se upošteva zakonodaja glede sečnje lesa. Prav tako so se zavezali, da bodo povečali delež recikliranega papirja za njihovo embalažo (Mattel 2011).



“Prenehajte uničevati deževni gozd zaradi embalaže za igrače!”
(Kampanja organizacije Greenpeace, Toronto, junij 2011; www.greenpeace.org)

7.4 Zamenjava škodljivih snovi

Embalaža lahko vsebuje zdravju in okolju nevarne snovi v osnovnem embalažnem materialu ali pa v pomožnem embalažnem materialu kot posledico grafične obdelave in tiska. Še posebej je to zaskrbljujoče v primeru embalaže za hrano in pijačo, pa tudi v farmacevtskem sektorju. Kljub temu da se tudi na tem področju v znatni meri že uporabljajo primernejša tiskarska in grafična sredstva z bistveno nižjimi vsebnostmi nevarnih snovi, pa mora biti pozornost vseeno ves čas prisotna. Še posebej velja to za embalirano blago, ki prihaja iz držav s šibkejšo kontrolo in zakonodajo.

V praksi beležimo dokaj pogoste primere vsebnosti in migracije škodljivih snovi iz embalažnih proizvodov v živila. Tako so morali na primer v Švici in Nemčiji leta 2011 s prodajnih polic umakniti določene živilske izdelke, ki so bili pakirani v kartonske škatle,

proizvedene iz recikliranega kartona in papirja. Omenjena embalaža je namreč vsebovala ogljikovodike v obliki mineralnih olj, ki so iz embalaže migrirali v živila. Drugi primeri vključujejo migracijo izopropil tioksantona (ITX), bisfenola A idr. Poslovna škoda zaradi tovrstne migracije je lahko znatna.

7.5 Ogljični odtis

Ogljični odtis, ki zajema emisije toplogrednih plinov v povezavi s proizvodnjo, distribucijo, uporabo in ravnanjem z odpadno embalažo, postaja vse popularnejši okoljski indikator. Čeprav je metodologija izračunavanja še v fazi razvoja in ima koncept kar nekaj pomembnih pomanjkljivosti, se v poslovnem svetu vse bolj uveljavlja (poglavje 9). Pri tem se izračuni ogljičnega odtisa določajo bodisi posebej za embalažo bodisi skupaj s pakiranim izdelkom.



8 Analiza okoljskega življenjskega cikla embalaže – metoda LCA

8.1 Kaj pomeni pojem okoljskega življenjskega cikla?

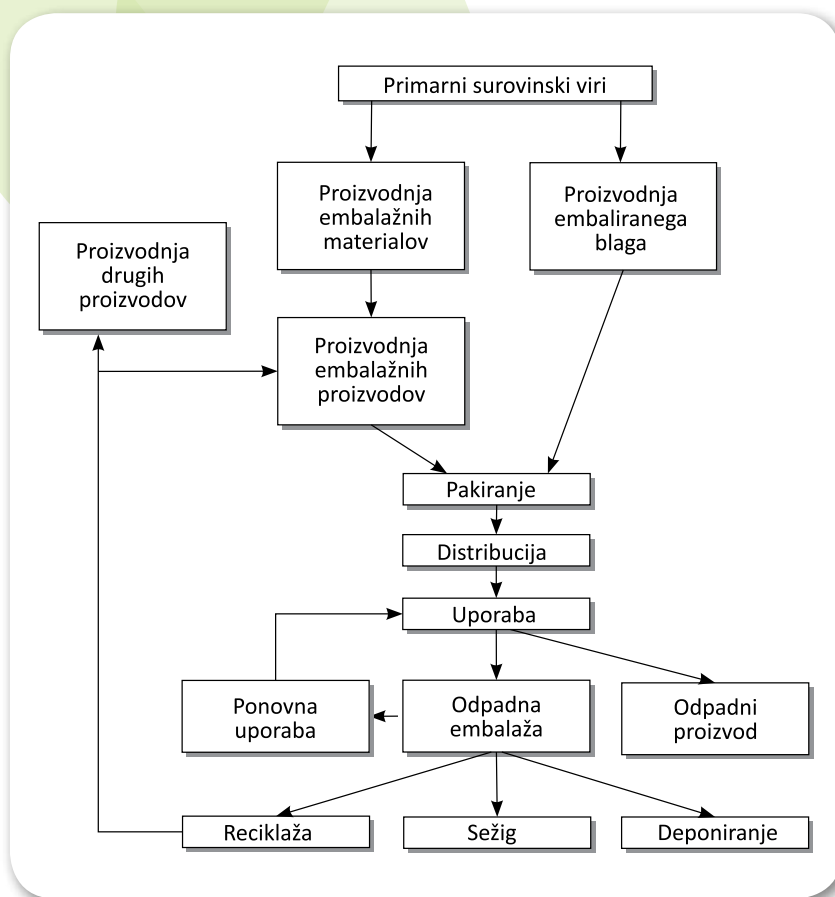
Vplivi proizvodov na okolje (vključno z embalažo) so različni in raznovrstni. Vsak proizvod posredno in neposredno vpliva na okolje, nekateri tudi na zdravje. V preteklosti je bila pozornost namenjena izključno odpadkom, ki so nastali po uporabi proizvodov. Kasneje se je utrdilo spoznanje, da določeni proizvodi trošijo veliko energije in/ali vode med uporabo, zato so jih pričeli z namenom učinkovite rabe energije okoljsko optimirati. Danes pa je dokončno dozorelo spoznanje, da je potrebno proizvode obravnavati celovito, in sicer v smislu, da se vršijo vplivi na okolje v vseh korakih (fazah), ki so potrebni, da proizvod nastane, med uporabo in po njej. Takšen koncept je ključnega pomena za izboljševanje okoljskih profilov materialov in proizvodov, saj omogoča okoljske posege ter izboljšave vzdolž celotnega sistema dodane vrednosti (Radonjič, 2008).

Okoljski življenjski cikel proizvoda v splošnem obsega naslednje faze: pridobivanje in pripravo surovin, proizvodnjo izdelka, distribucijo in transport, porabo ali uporabo ter odstranitev. Primer poenostavljenega okoljskega življenjskega cikla z osnovnimi fazami je za primer embalaže prikazan na Sliki 21. Okoljski življenjski cikel embalažnih izdelkov se prične pri pridobivanju potrebnih primarnih surovinskih virov iz narave. To pomeni, da se okoljski življenjski cikel plastične embalaže prične s črpanjem nafte, njenim transportom v rafinerije in njeno

predelavo. Okoljski življenjski cikel papirne in kartonske embalaže ima svoj začetek pri sečnji dreves, tisti za aluminijско embalažo pa pri pridobivanju boksita.

Analiza okoljskega življenjskega cikla mora vselej vključevati tudi pridobivanje energije, potrebne za pridobivanje surovin, za njegovo predelavo, proizvodnjo, transport, distribucijo, uporabo itd., ki se prične prav tako s pridobivanjem potrebnih energijskih virov.





Slika 21: Okoljski življenjski cikel embalaže (CEN Report 13910:2000).

S celostnim pristopom obravnavanja vplivov proizvoda na okolje lahko v večji meri zagotovimo, da se materiali ne izbirajo na osnovi subjektivnih odločitev, da se identificirajo najbolj relevantni vplivi na okolje in se nanje osredotoči pozornost, da se podrobneje preuči vpliv pomožnih materialov, ki so lahko z okoljskega vidika marsikdaj zelo sporni, da se načrtovanje osredotoči ne le na okoljske vplive proizvoda, temveč tudi na celotni proizvodno-distribucijski sistem in ne nazadnje, da se prepreči, da bi se okoljski vplivi "prestavljali" iz ene faze življenjskega cikla v drugo in obratno, t.j., da ne bi prihajalo do anergijskih učinkov zaradi izvedenih sprememb (Radonjič 2006).

8.2 Definicija metode (analize) LCA

Če želimo ugotavljati vplive proizvodov na okolje v njihovih življenjskih ciklih, potrebujemo ustrezne podatke o škodljivih emisijah, rabi energije in vode itd. Vendar le podatki o količinah emisij in odpadkov niso dovolj. Potrebno je tudi ugotoviti oziroma določiti, kakšne negativne in škodljive učinke v okolju snovi povzročajo in v kakšni meri. Tovrstne informacije lahko podjetja danes pridobijo z razumevanjem in celovito analizo t. i. okoljskega življenjskega cikla proizvoda. Z metodo LCA (angl. Life Cycle Assessment) poskušamo oceniti (ovrednotiti) vse vplive na okolje, ki jih v svojem življenjskem ciklu izzove nek proizvod s ciljem, da bi ta proizvod okoljsko optimirali. Predstavlja zbir in ovrednotenje vseh vtokov (vstopkov), iztokov (iz-

stopkov) in potencialnih vplivov na okolje določenega proizvodnega sistema v celotnem življenjskem ciklu (SIST EN ISO 14040, 2006).

Analiza, temelječa na okoljskem življenjskem ciklu izdelka, je postala ena od najpomembnejših metod vrednotenja vplivov proizvodov na okolje. S to kompleksno analitiško metodo poskušamo dobiti vpogled v celotni življenjski cikel izdelka, ki zajema pridobivanje surovin, pridobivanje energijskih virov, proizvodnjo in distribucijo potrebne energije, proizvodnjo polizdelkov, izdelkov ter stranskih izdelkov, transport in distribucijo, učinke med uporabo in alternativne možnosti ravnanja z izdelki po uporabi. Takšen pristop je zlasti pomemben, kadar obstajajo alternativne poti in možnosti izbire tistih različic, ki najmanj obremenjujejo okolje (Radonjič 2008).

Metoda LCA vključuje vse snovne in energijske tokove, tudi take, ki bi bili z uporabo drugih metod lahko prezrti. S pristopom, ki zajema in obravnava celoten življenjski cikel, se lahko ognemo prestavljanju okoljskih problemov iz ene faze v drugo ali iz enega sistema v drugega. Poleg tega lahko tudi ugotavljamo, kako sprememba v eni fazi (npr. prehod na novi material) vpliva na druge faze v življenjskem ciklu izdelka. S tem so postale pomembno metodološko orodje za okoljsko optimiranje izdelkov.

8.3 Kaj želimo doseči z metodo LCA?

Analiza LCA, temelječa na okoljskem življenjskem ciklu izdelka, je postala ena od najpomembnejših metod vrednotenja vplivov izdelkov na okolje. Rezultati analize LCA predstavljajo informacijsko bazo pri postopkih odločanja v kontekstu širše okoljske politike podjetja. Pomagajo lahko pri ugotavljanju,

kako se različni tehnološki postopki razlikujejo glede vplivov na okolje, katere so najbolj vplivne faze v življenjskem ciklu embalaže in kateri vplivi na okolje so najbolj problematični ter kje v življenjskem ciklu se pojavljajo. Nadalje lahko z rezultati analize LCA ugotovimo, kako se spremenijo vplivi na okolje, če se podjetje odloči zamenjati staro embalažo z novo, kako se spreminjajo vplivi na okolje, če se spremenijo transportne poti pakiranega blaga oziroma embalažnih materialov s strani novega dobavitelja. Analiza LCA tudi pove, kakšen je relativni prispevek embalaže v celotnem sistemu pakiranja in uporabe pakiranega izdelka. Nasprotno pa velja, da je na osnovi rezultatov analize LCA zelo nevhvaležno in v največji meri neprimerno primerjati različne konkurenčne embalažne in druge proizvode med seboj zaradi več metodoloških pomanjkljivosti metode LCA. To so potrdile številne študije v svetu.

Na okoljskem življenjskem ciklu temelječa analiza določenega proizvoda omogoča boljši vpogled v sestavo komponent in funkcij ter v medsebojne odnose znotraj dobavne verige in je ključnega pomena za izboljševanje okoljskih profilov materialov ter izdelkov, saj omogoča okoljske intervencije ter izboljšave vzdolž celotnega sistema.

Metoda LCA ponuja možnost za razširitev meja obstoječih okoljskih politik podjetij, tj. takšnih, ki na primer temeljijo predvsem na kontroli emisij, zniževanju porabe energije in količine nastalih odpadkov k bolj inovativnim rešitvam: k uporabi alternativnih materialov, novim oblikovalskim in konstrukcijskim rešitvam izdelkov (npr. oblikovanju za razstavljanje in reciklažo). Pri tem imajo proizvodna podjetja ključno vlogo, saj odločajo o uporabi materialov in dodatkov, o tehnoloških procesih, uporabnih in funkcionalnih lastnostih izdelkov, embalaži, načinih odstranjevanja po uporabi itd. (Radonjič 2004).

8.4 Opis in metodološki okvir metode (analize) LCA

Vrednost metode LCA je odvisna od ponovljivosti in primerljivosti dobljenih rezultatov. Zato je ključen poenoten metodološki okvir v mednarodnem merilu. Okvirje za izdelavo mednarodno poenotene in primerljive analize LCA danes definirajo mednarodni standardi družine ISO 14040.

V svojem konceptualnem okviru po metodologiji ISO je metoda LCA sestavljena iz štirih osnovnih strukturnih elementov oziroma faz, in sicer: opredelitve ciljev in obsega analize, popisa (inventarizacije) podatkov, ovrednotenja vplivov na okolje in interpretacije (SIST EN ISO 14040:2006). Za razumevanje rezultatov, dobljenih z metodo LCA, ki jih prikazujemo in komentiramo v nadalje-

vanju, je zato potrebno najprej na kratko pojasniti metodološki okvir metode LCA.

Opredelitev ciljev in obsega

V prvi fazi se opredeli cilj raziskave, razloge zanjo ter ciljne skupine, ki so jim dobljeni rezultati namenjeni. Prav tako je treba natančno določiti, kateri izdelek/izdelki je/so predmet raziskave, natančno opredeliti, kje se življenjski cikel prične in kje konča (meje sistema), ugotoviti vire zbiranja podatkov in opredeliti t. i. funkcijsko enoto, ki služi kot primerjalna referenca in na katero je vezana interpretacija učinkov na okolje. Predstavlja namreč enega od ključnih elementov vsake študije LCA, njena ustrezna izbira pa je nujno potrebna za dejansko primerljivost rezultatov.

Funkcijska enota – primer določitve

Če želimo primerjati vplive na okolje različnih vrst embalaže za pijače, je potrebno primerjavo opraviti na osnovi njihove dejanske funkcije, na primer embaliranja 1000 l pijače. Nesmiselno bi bilo primerjati embalažo za isti namen uporabe le na osnovi količine embalažnega materiala (npr. primerjava 1 kg stekla in 1 kg polimernega plastičnega materiala). Manjša količina porabljenega embalažnega materiala za isto količino embalirane pijače je namreč že v osnovi boljše izhodišče in to dejstvo se v vsakem primeru odraža v končnih rezultatih. Zato je pomembno preračunavati in primerjati dobljene rezultate glede na funkcijo proizvoda oziroma embalaže.

Popis (inventarizacija)

Popis predstavlja podatkovno jedro LCA. Za to fazo je ključnega pomena odločitev iz predhodne faze, in sicer, kje se prične in kje konča analiza življenjskega cikla. Rezultat faze popisa so vrednosti za porabo surovin, materialov, kemikalij in energije (vtoki v sistem) ter vrednosti za nastale izdelke in stranske izdelke, skupaj s podatki o emisijah v zrak, vodo in tla (iztoki iz sistema) za celoten življenjski cikel embalaže (znotraj definiranih meja sistema). Zbrani podatki služijo kot informacij-

ska osnova za naslednjo fazo: ovrednotenje učinkov na okolje. Popis lahko vključuje podatke o emisijah mnogih različnih snovi, od katerih so ene bolj, druge pa manj škodljive za okolje.

Ovrednotenje vplivov na okolje

Različne snovi povzročajo v okolju različne učinke oziroma probleme. Zato v tretji fazi LCA pridobljene podatke o snoveh in energiji iz predhodne faze povežemo z njihovimi škodljivimi učinki na okolje in zdravje. V

ta namen se zbrani podatki o snoveh, rabi energije in surovinskih virih, najprej uvrstijo (grupirajo) v posebne okoljske kategorije. Ta

korak se imenuje klasifikacija. Najpogosteje se pri analizi LCA upoštevajo okoljske kategorije, prikazane v Tabeli 12.

Tabela 12: Okoljske kategorije in pripadajoči okoljski indikatorji.

OKOLJSKA KATEGORIJA (INDIKATOR)	ENOTA	PRIMERI ŠKODLJIVIH SNOVI
Potencial globalnega segrevanja – "ogljčni odtis" (GWP)	kg CO ₂ – ekv	Ogljikov dioksid (CO ₂) Dušikov oksid (N ₂ O) Metan (CH ₄) Klorofluoro-ogljikovodiki (CFC) Hidroklorofluoro-ogljikovodiki (HCFC) Žveplov heksafluorid (SF ₆)
Potencial acidifikacije (AP)	kg SO ₂ – ekv	Žveplov dioksid (SO ₂) Dušikovi oksidi (NO _x) Amonijak (NH ₃) Klorovodikova kislina (HCl) Fluorovodikova kislina (HF)
Potencial evτροφikacije (EP)	kg PO ₄ ³⁻ – ekv	Fosfati (PO ₄ ³⁻) Dušikovi oksidi (NO _x) Nitrati (NO ₃ ⁻) Amonijak (NH ₃)
Poletni (fotokemični) smog (POCP)	kg C ₂ H ₄ – ekv	Eten (etilen) Dušikovi oksidi (NO _x) Ogljikov monoksid (CO) Hlapne organske spojine (formaldehid) Benzen Heksan Metan
Potencial razgradnje ozonskega sloja (ODP)	kg CFC-11 – ekv	Klorofluoro-ogljikovodiki (CFC) Hidroklorofluoro-ogljikovodiki (HCFC)
Izčrpavanje abiotskih virov (ADP)	kg Sb – ekv	Neobnovljivi surovinski viri
Toksičnost za človeka (HTP) Ekotoksičnost (ETP)	kg 1,4-DCB – ekv	1,4-diklorobenzen Težke kovine Žveplov dioksid (SO ₂) Dušikovi oksidi (NO _x) Amonijak (NH ₃) Hlapne organske spojine Dioksini Poliklorirani bifenili
Trdni anorganski delci	kg PM ₁₀ – ekv kg PM _{2,5} – ekv	Mikrodelci PM ₁₀ in PM _{2,5}
Kumulirana energija	MJ, GJ	Črni premog Rjavi premog Naftni derivati Zemeljski plin Jedrska energija
Obnovljivi viri energije	MJ, GJ	Vodna energija Vodna energija Bioplin Sončna energija Vetrna energija
Neobnovljivi viri energije	MJ, GJ	Črni premog Rjavi premog Naftni derivati Zemeljski plin
Raba tal	m ² /leto	Površina rodovitnih tal (polja, gozdovi)
Raba vode	m ³	Količina vode
Ionizirajoče sevanje	Bq C-14 – ekv	

V vsaki okoljski kategoriji se praviloma nahaja več različnih snovi (Tabela 12), ki se lahko medsebojno zelo razlikujejo glede tega, kako intenziven je njihov škodljivi vpliv na posameznem področju. Da bi upoštevali razlike v škodljivosti posameznih snovi znotraj posamezne okoljske kategorije, so z znanstvenimi metodami določili razlike med njimi. To je izraženo s t. i. **potenciali** (imenovanimi tudi faktorji karakterizacije ali ekvivalentni faktorji), ki kažejo, kako se posamezne snovi znotraj okoljske kategorije medsebojno razlikujejo glede njihovih vplivov na okolje. Da bi lahko te razlike upoštevali oziroma snovi medsebojno primerjali, je bila znotraj posamezne okoljske kategorije določena **referenčna snov**, za katero so dogovorno izbrali vrednost ena (za potencial globalnega segrevanja je to npr. CO₂). Potencial (ekvivalentni faktor) torej kaže na relativno škodljivost snovi znotraj posamezne kategorije okoljskih vplivov in zato dejansko predstavlja ponderje za določanje škodljivosti posamezne snovi na okolje. Z njimi množimo količine (mase) škodljivih snovi, ugotovljene s popisom, kar se imenuje karakterizacija. Količinski podatki o snoveh znotraj vsake okoljske kategorije se z množenjem s posameznimi potenciali dejansko ponderirajo. Namen takšnega ponderiranja je ocenitev relativnega škodljivega učinka posamezne snovi na okolje in zdravje med seboj. Na koncu te zmnožke seštejemo in dobimo vrednost skupnega ekvivalenta posamezne kategorije vpliva v okolju.

Potenciale oziroma ekvivalentne vrednosti za različne okoljske kategorije, dobljene s karakterizacijo, ni možno sešteti, da bi dobili skupno (agregirano) vrednost vplivov na okolje. Zato se v okviru tretje faze LCA lahko izvrši še dodatni korak glede ovrednotenja vplivov na okolje, kar imenujemo **normalizacija**. Namen je primerjava dobljenih rezultatov, določenih s karakterizacijo znotraj posamezne okoljske kategorije, glede na prispevek

onesnaževanja, ki ga povzroča posamezna oseba ali celotna družba v nekem geografskem prostoru (najpogosteje v neki državi ali v celotni Evropski uniji). Normalizacija s tem razkrije velikost posameznega vpliva izdelka na okolje v nekem področju, vendar ničesar ne pove o škodljivosti posameznih okoljskih kategorij med seboj. To se lahko izvede v naslednjem koraku s t. i. **uravnoteženjem** ali **evalvacijo**. Če se pri karakterizaciji primerja škodljivi učinki znotraj posamezne okoljske kategorije, se pri uravnoteženju medsebojno primerja škodljivost različnih kategorij vplivov v okolju. V ta namen se uporabljajo dogovorjeni, a povsem subjektivno izbrani utežnostni faktorji (npr. od 1 do 100). Z množenjem rezultatov iz prejšnjega koraka s takimi faktorji (utežmi) se razkrije, kateri učinki v okolju, ki jih izdelek povzroča, so večji ali manjši v relativnem smislu. Potrebno je poudariti, da je evalvacija izrazito subjektivni korak, ki ga standard ISO 14040 ne zahteva. Prav tako še ni metodološko v celoti dorečena.

Interpretacija

V tej fazi se spoznanja iz druge in tretje faze, ločena ali medsebojno kombinirana, uporabijo kot priporočila za poslovne odločitve o izboljšavah, povezane z definiranimi cilji in nameni izvedbe študije LCA. Pomembno del interpretacije je t. i. analiza občutljivosti, kjer se dobljeni rezultati testirajo tako, da se izračun z metodo LCA ponovi, vendar na način, da se uporabijo druge vrednosti vplivnih spremenljivk. Na osnovi dobljenih rezultatov nastajajo predlogi za izboljšave, kot so uporaba alternativnih surovin, materialov in pomožnih sredstev, prehod na okolju primernejše tehnologije, povečan delež reciklažnih procesov, sprememba v ravnanju z odpadki itd. Interpretacija rezultatov se lahko nanaša tudi na tisti del, ki zajema le fazo popisa.

Zunanja verifikacija analize LCA postaja nujna

Da bodo rezultati, dobljeni z analizo LCA, kredibilni, morajo biti pridobljeni s pomočjo standardizirane metodologije, ki jo definirajo standardi ISO14040/14044. Vendar je v razvitih državah to le eden od pogojev za kredibilnost. Le-ta bo namreč potrjena šele z zunanjo neodvisno verifikacijo rezultatov s strani več presojevalcev, kar počasi postaja pravilo. Podjetja, ki izvajajo oziroma naročajo takšne študije, vse bolj ugotavljajo, da je to prava pot, da se preveri, ali je bil izračun pravilen, ali je bila metodologija ustrezna in ali je takšna tudi interpretacija rezultatov. To daje metodi LCA potrebno verodostojnost, podobno kot pri kakšnih drugih ukrepih okoljske politike. Zunanjo verifikacijo predvideva tudi standard ISO 14040.

8.5 Pomanjkljivosti metode (analize) LCA

Metodologija LCA se vseskozi razvija. Kljub temu pa še vedno obstaja dokaj velik nivo subjektivnih odločitev, ki imajo velik vpliv na končne rezultate in s tem na primerljivost rezultatov. Subjektivne odločitve se nanašajo na izbor mej obravnavanega sistema (kaj je vključeno v življenjski cikel in kaj izpuščeno), izbor funkcijske enote, izbor podatkov, izbor alokacijskega modela, odločitve o povprečnih transportnih razdaljah itd.

LCA ne vključuje nekaterih pomembnih okoljskih vidikov, ki so pridobili na pomenu v zadnjih obdobjih, kot je vpliv na biotsko raznovrstnost. Tudi modeli glede toksičnosti snovi, rabi primarnih virov, evτροφikaciji idr., na osnovi katerih so bili določeni nekateri ekvivalentni faktorji, kljub metodološkemu napredku še vedno vključujejo relativno veliko stopnjo negotovosti.

Rezultati, dobljeni z analizo LCA, so le redkokdaj prenosljivi iz enega poslovnega okolja v drugega oziroma iz ene države v drugo. Različna podjetja uporabljajo različne proizvodne tehnologije, so različno energetske učinkovite in svoje izdelke distribuirajo na različnih transportnih razdaljah. Temu se pridružujejo še podatki o energijski mešanici

posamezne države (deleži posameznih energijskih virov v skupni nacionalni bilanci) ter različna infrastruktura ravnanja z odpadki.

Zato nam rezultati LCA kljub kompleksnosti in holističnem pristopu, objektivno gledano, ne morejo ponuditi enoznačnega odgovora, kateri embalažni proizvodi so za okolje na splošno primernejši, še manj lahko pokažejo, da bi bilo proizvod na podlagi rezultatov LCA potrebno umakniti s trga. Že majhne spremembe določene spremenljivke (npr. razlika v masi embalaže nekaj gramov ali drugačni deleži obnovljivih virov energije v energetske bilanci neke države) lahko zelo vplivajo na končne rezultate. LCA sicer zaradi celostne in sistematične analize omogoča le grobo primerjavo proizvodov, daje pa predvsem druge pomembne informacije, med drugim, kje v življenjskem ciklu embalaže obstajajo ozka grla glede onesnaževanja, katere materiale, dodatke ali sestavne dele bi bilo treba zamenjati, da bi bili okolju prijaznejši (Radonjič 2006).

Ne glede na metodološke težave metode LCA je to trenutno najbolj celovita in zanesljiva analitična metoda za vrednotenje vplivov proizvodov (in embalaže) na okolje. Pri sprejemanju odločitev se je potrebno opisanih omejitev zavedati in razumeti, da je metoda LCA le podpora pri odločitvenih procesih, ne pa dokončen kriterij.

Potrebno se je zavedati naslednjega

Če se metoda LCA uporablja za primerjavo različnih embalažnih proizvodov, potem je nujno, da se le-ti primerjajo prvenstveno na osnovi funkcije, ki jo vrši embalaža. To pomeni: primerjati je smiselno le embalažo za isti proizvod znotraj iste dobavne verige.

Metoda LCA je predvsem analitično računsko orodje in ne komunikacijsko orodje. Rezultate LCA študije ni enostavno predstaviti v strnjeni obliki. Za okoljsko komuniciranje so primernejše druge oznake.

8.6 Nekateri primeri opravljenih študij LCA za embalažo

Do sedaj opravljene študije LCA za embalažo lahko razvrstimo v naslednje osnovne skupine (Radonjič 2008):

- LCA za embalažne materiale,
- LCA za embalažne izdelke (brez faze ravnanja z odpadki),
- LCA za embalažne izdelke (z upoštevanjem faze ravnanja z odpadki),
- LCA za načine ter sisteme ravnanja z odpadno embalažo.

Število opravljenih analiz z metodo LCA v svetu strmo narašča. Do sedaj je bilo opravljenih veliko število analiz LCA, ki se neposredno ali posredno nanašajo na embalažo. Težava, s katero je bila soočena stroka v preteklosti, so bili izračuni, ki so temeljili na različnih metodologijah, vključujoč različne metode ovrednotenja vplivov na okolje. Ta težava se postopoma izboljšuje, saj se večina današnjih analiz LCA dejansko izvaja v skladu z metodologijo, definirano v standardih ISO 14040/14044. V nadaljevanju je podrobneje predstavljenih nekaj primerov analiz LCA v povezavi z embalažo.

Primer: LCA embalažnih materialov

Več mednarodnih panožnih združenj proizvajalcev materialov je že oblikovalo in objavilo eko-profile, temelječe na analizi življenjskih ciklov za svoje materiale, npr. Plastics Europe za polimerne plastične materiale, FEFCO za papir in karton, International Aluminium Institute za aluminij idr. V Tabeli 13 je prikazan delni eko-profil proizvodnje 1 kg polimernega plastičnega materiala poli(etilen-tereftalata) (PET) v smislu izbranih okoljskih kategorij in izražen v ustreznih ekvivalentih. Podatki predstavljajo poprečne vrednosti obstoječih tehnologij, in sicer za primer analize življenjskega cikla "od zibelke do vrat" (od pridobivanja primarnih surovin do konca proizvodnje materiala PET v kemični industriji) (fazi proizvodnje plastenk in ravnanja z odpadki po uporabi nista vključeni) (PlasticsEurope 2011). Podatke, kot si tisti v Tabeli 13, lahko proizvajalci embalaže (v tem primeru PET plastenk) kombinirajo s svojimi podatki ter s podatki o vplivih na okolje med ravnanjem z odpadno embalažo (npr. reciklaža, sežig idr.).

Tabela 13: Podatki o vplivih na okolje (okoljske kategorije) pri proizvodnji 1 kg materiala PET (PlasticsEurope 2011).

VHODNI PARAMETRI		
OKOLJSKI INDIKATOR	ENOTA	VREDNOST
Kumulirana raba energije (bruto kalorična vrednost)	MJ	69,4
Izčrpavanje abiotskih virov		
• Elementi	kg Sb- ekv	0,03
• Fosilna goriva	MJ	69,0
Obnovljivi viri (biomasa)	kg	0,001
Poraba vode		
• za procese	kg	7,0
• za hlajenje	kg	53,0
IZHODNI PARAMETRI		
OKOLJSKI INDIKATOR	ENOTA	VREDNOST
Potencial globalnega segrevanja (GWP)	kg CO ₂ – ekv	2,15
Potencial razgradnje ozonskega sloja (ODP)	g CFC-11 – ekv	0,01
Potencial acidifikacije (AP)	g SO ₂ – ekv	7,90
Poletni smog (POCP)	g C ₂ H ₄ – ekv	0,59
Potencial eutrofikacije (EP)	g PO ₄ ³⁻ – ekv	0,81
Prašni / trdni delci	g PM ₁₀	6,92
Vsi trdni delci	g	7,1
Odpadki (pred predelavo)		
• nenevarni	kg	0,57
• nevarni	kg	0,0045

Potrebno se je zavedati naslednjega

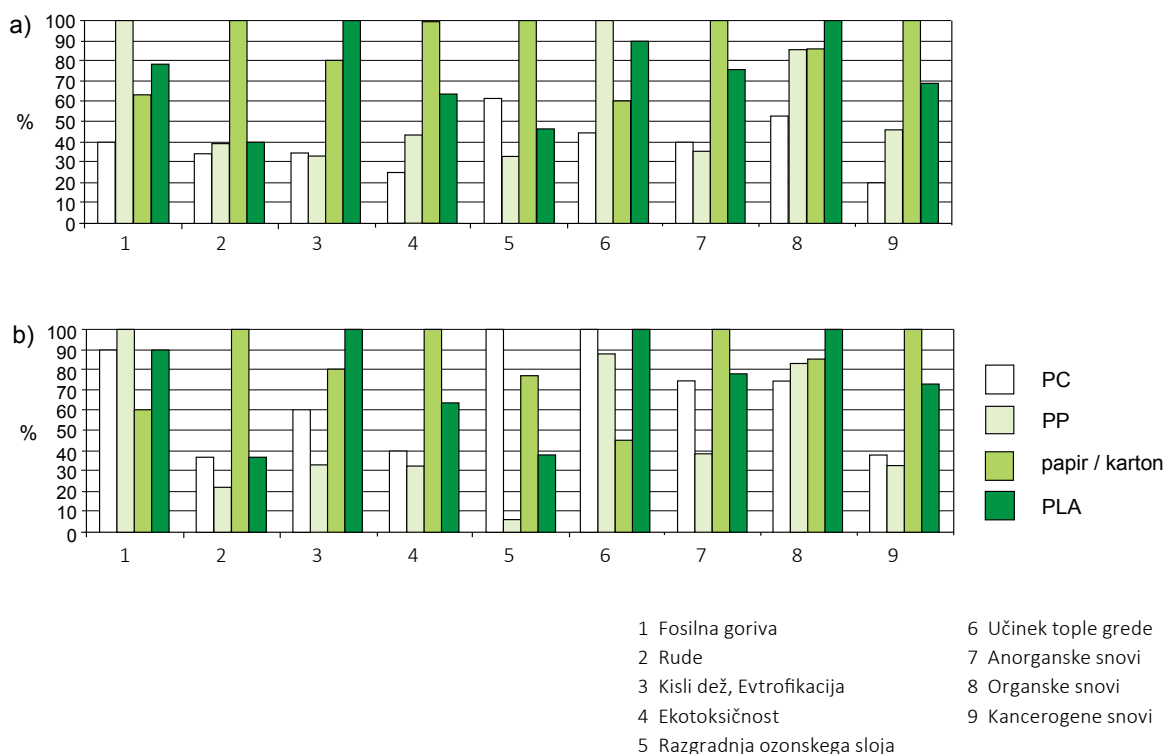
Podatki, kot so tisti, zbrani v Tabeli 13, niso namenjeni primerjavi med posameznimi embalažnimi materiali, ampak hitri in grobi ocenitvi sprememb pri možni zamenjavi embalažnih materialov ipd. Generični podatki iz Tabele 13 tudi ne zajemajo vplivov na okolje med ravnanjem z odpadno embalažo, zato primerjava med materiali ni objektivna. Prav tako takšni podatki strokovnih združenj ne pomenijo podatkov za končne embalažne proizvode.

Primer: Uporaba LCA pri iskanju najprimernejše embalažne alternative

Javna agencija za odpadke flamske regije v Belgiji je želela pridobiti informacije o tem, katera embalaža je najprimernejša za strežbo pijače na javnih prireditvah. V omenjeni regiji organizirajo letno več kot 100.000 dogodkov, od tega jih je približno 200 večjih (z več kot 10.000 obiskovalci). Posledica so velike količine odpadkov, med katerimi je največ odvrženih kozarcev (člaš) za pijačo. Od leta 2002 naprej agencija vzpodbuja uporabo kozarcev za večkratno uporabo. To se je izkazalo za uspešno na manjših dogodkih, na velikih z veliko obiskovalci pa manj. Nato so se pojavili novi plastični kozarci iz biorazgradljive plastike (PLA) kot dodatna alternativa. Z namenom oblikovanja primerne okoljske politike glede zmanjševanja odpadkov in drugih vplivov na okolje na javnih prireditvah

so na agenciji naročili izdelavo analize LCA za različne kozarce za pijačo, ki se uporabljajo na javnih prireditvah (OVAM 2006; Vercalsteren et al. 2010).

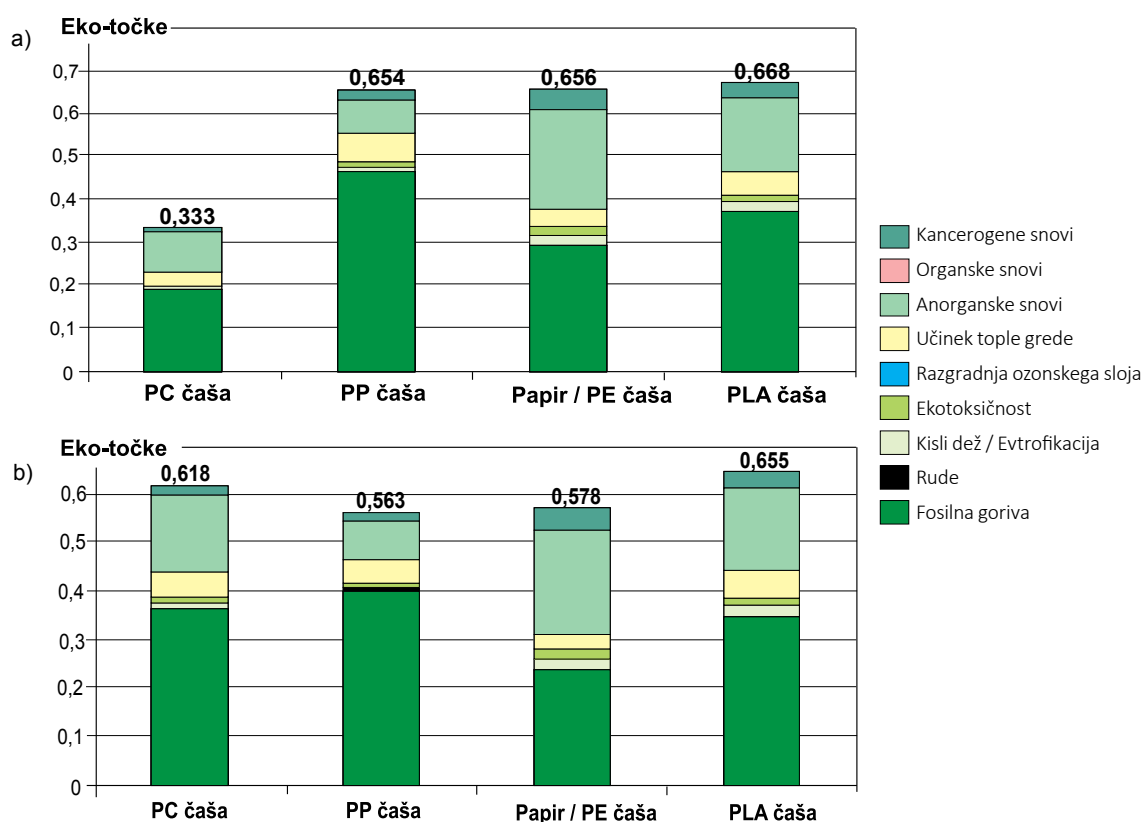
V ta namen so preučili štiri alternative možnosti, in sicer: kozarec iz polikarbonata (PC) za večkratno uporabo, kozarec iz polipropilena (PP) za enkratno uporabo, kozarec iz kartona, premazanega s polietilenom (PE) in kozarec iz biorazgradljive polimlečne kisline (PLA). Študija je bila opravljena za dva primera: za manjše (2000–5000 obiskovalcev) in za večje prireditve (več kot 30.000 obiskovalcev). Primerjava rezultatov za vse štiri vrste embalaže je prikazana na Sliki 22, in sicer na način, da je kozarec, ki ima največji vpliv na okolje znotraj posamezne okoljske kategorije, predstavljen z vrednostjo 100 %. Rezultati za druge vrste kozarcev pa so izraženi v odstotkih, ki jih dosegajo na lestvici do 100 %.



Slika 22: Rezultati analize LCA štirih vrst kozarcev (člaš): (a) za manjše prireditve, (b) za večje prireditve (podatki so specifični za Belgijo) (OVAM 2006; Vercalsteren et al. 2010).

S primerjavo dobljenih rezultatov za vse štiri kozarce za obe vrsti prireditev je zaključek analize LCA takšen, da za nobeno vrsto izmed preučevanih kozarcev niso bili podani znanstveni argumenti o večji ali manjši okoljski primernosti glede izbora najprimernejšega kozarca za pijače za uporabo na javnih prireditvah. Medtem ko kozarec iz PP izkazuje največjo učinkovitost glede rabe primarnih virov, pa istočasno povzroča največji vpliv na učinek tople grede (ogljčni odtis). Pri primerjavi kozarcev na manjših in večjih dogodkih se največja razlika med njimi pokaže v primeru vračljivih PC kozarcev, za katere se na večjih prireditvah njihov vpliv vidno poveča. To razliko gre med drugim pripisati nižji stopnji vračanja tovrstnih kozarcev v primerjavi z maksimalno možno ter uporabi strojnega pranja, ki pomeni dodatno rabo energije.

Dodatno je možno oceniti medsebojne razlike med preučevanimi kozarci z dvema nadaljnjima korakoma analize LCA, in sicer s pomočjo normalizacije in uravnoteženja rezultatov, ki pa vključuje dokaj veliko stopnjo subjektivnosti (poglavje 8.4). Rezultati so podani na Sliki 23. Iz nje je razvidno, da vračljivi kozarci iz PC izkazujejo najugodnejši eko-profil, izražen z eko-točkami, v primerjavi z drugimi tremi opcijami. Višja vrednost ekotočk pomeni večji vpliv na okolje (OVAM 2006; Vercalsteren et al. 2010).



Slika 23: Rezultati analize LCA za štiri vrste kozarcev (čaš), izraženi v eko-točkah: (a) za manjše prireditve, (b) za večje prireditve (podatki so specifični za Belgijo) (OVAM 2006; Vercalsteren et al. 2010).

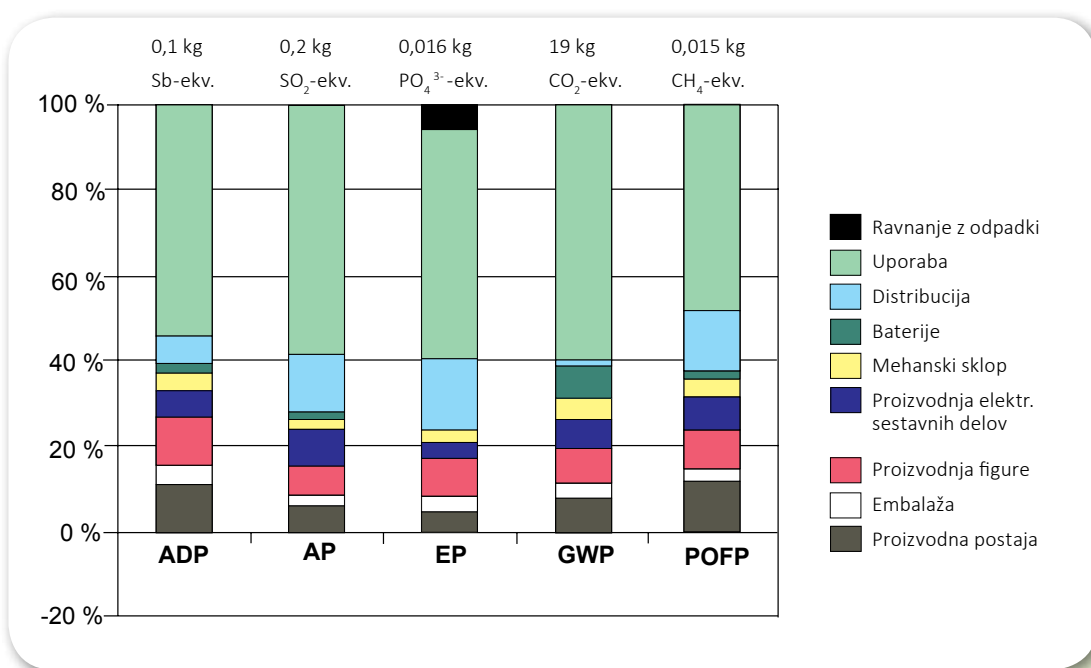
Glede biorazgradljivega polimera PLA veljajo podobni zaključki, kot so zapisani v poglavju 5.4. Pričakovati je, da se bo okoljski profil PLA s časom izboljševal v primerjavi z drugimi plastičnimi materiali (izboljšane lastnosti in posledično manjša poraba materiala, večja učinkovitost proizvodnega procesa, boljši izkoristek biomase). Vsi prikazani rezultati odražajo specifično stanje v flamski regiji in niso avtomatično prenosljivi v druga okolja.

Primer: Uporaba LCA kot orodja celovite analize produktnega sistema

Špansko podjetje, ki se ukvarja z oblikovanjem igráč, je izvedlo s pomočjo zunanjih univerzitetnih partnerjev analizo LCA za njihov izdelek: igráč medveda, ki se premika in ima posnet govor. Igráč proizvajajo na Kitajskem, izdelek pa je v celoti razvit v Španiji. Analiza LCA je vključevala proizvodnjo vseh materialov, proizvodnjo vseh sestavnih delov na Kitajskem, proizvodnjo baterij, proizvodnjo embalaže, transport po morju in na kop-

nem, uporabo in ravnanje z igráč po uporabi, ko postane odpadke. Preučevanih je bilo pet standardnih okoljskih kategorij (Muñoz et al. 2009). Motiv za analizo LCA je bil vse večji pritisk zakonodaje EU na področju izdelkov elektronske in elektrotehniške industrije ter izboljšanje kakovosti in konkurenčnosti izdelka z vključevanjem koncepta ekodizajna. V ta namen so potrebni ustrezni podatki oziroma informacije glede vplivov izdelka na okolje v celotnem življenjskem ciklu (vključno z embalažo), ki jih je možno pridobiti z metodo LCA.

Na Sliki 24 so prikazani rezultati analize LCA za igráč medvedka, vključno z deležem, ki ga v njegovem življenjskem ciklu predstavlja proizvodnja embalaže (prodajne, skupinske in transportne). Faza uporabe (vključujoč uporabo baterij) prispeva največji delež k obremenjevanju okolja. Prispevek proizvodnje embalaže k obremenjevanju okolja za primer konkretnega preučevanega proizvoda je relativno majhen, kot je razvidno s Slike 24.



Slika 24: Rezultati analize LCA za otroško igráč (Muñoz et al. 2009).

Za konkretni izdelek je v tem primeru proizvajalec sprejel devet ukrepov za izboljšave, tako kratkoročne kot tudi srednje- in dolgoročne. Med kratkoročne ukrepe sodi zmanjševanje različnih embalažnih materialov in izogibanje različnim plastičnim materialom zaradi lažje reciklaže. Z vidika življenjskega cikla pa bi za še večje zmanjševanje vplivov na okolje bilo potrebno izvesti ukrepe glede dobavitelja embalaže, vključujoč proizvodnjo in transport. Tovrstni rezultati lahko pomenijo osnovo za prioritetizacijo okoljskih ciljev.

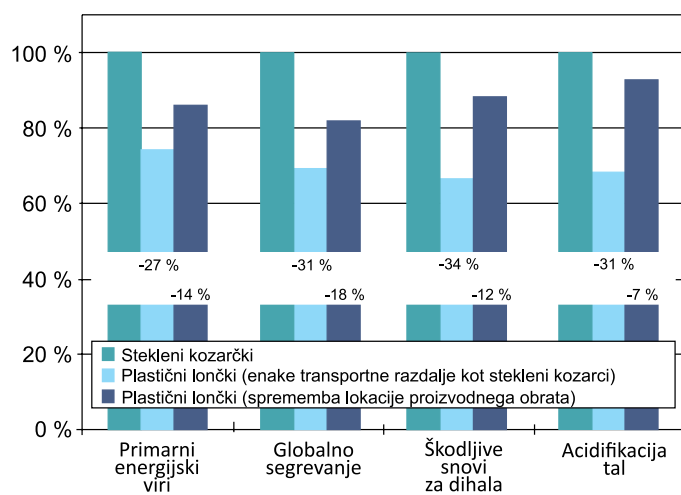
Prispevek embalaže k obremenjevanju okolja se za različne izdelke zelo spreminja. V nekaterih primerih (npr. živila, pijača) lahko predstavlja celo najbolj dominanten delež. V takih primerih je potrebna še dodatna skrb za okoljsko načrtovanje embalaže. Toda kateri koli proizvod, ki se želi deklarirati kot okoljsko primernejši, ne bi smel biti pakiran v embalažo, za katero ni bila izvedena okoljska optimizacija.

Primer: Uporaba LCA pri zamenjavi embalažnega materiala v podjetju

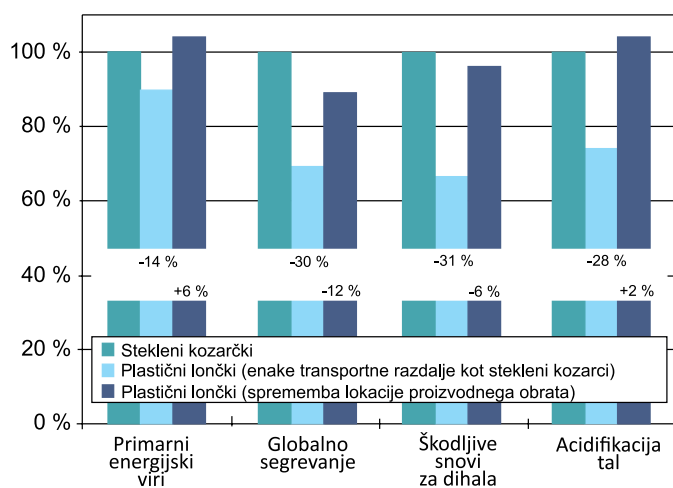
Leta 2007 je švicarsko podjetje Nestlé za svojo embalažo, v katero pakira otroško hrano, opravilo analizo vplivov na okolje z metodo LCA (Humbert et al. 2009). Motiv za to je bila predvidena zamenjava embalaže oziroma embalažnih materialov. Vrsto let so za otroško hrano uporabljali izključno steklene kozarčke s kovinskim zamaškom in papirno etiketo). S študijo so želeli ugotoviti, kakšne vplive na okolje bi povzročila zamenjava steklene embalaže s plastično iz polipropilena, in sicer znotraj različnih embalažnih sistemov za otroško hrano v Franciji, Španiji in Nemčiji. Otroško hrano, pakirano v stekleno embalažo, proizvajajo v Nemčiji za nemški in francoski trg in dodatno v Španiji za španskega. Novi proizvodni obrat za proizvodnjo plastične embalaže pa so predvide-

li v Franciji. To pomeni, da niso preučevali samo vplivov embalažnih materialov na okolje, ampak celotni življenjski cikel izdelka, ki vključuje tudi specifične transportnega sistema, proizvodnjo in rabo energije ter ravnanje z odpadki v omenjenih državah. V izračun so bili vključeni tudi vsi pomožni embalažni materiali in transportna embalaža. Obravnavanih je bilo 15 okoljskih kategorij. Na sliki 25 so prikazane štiri izmed njih, in sicer za posamezne države. Rezultati so podani v odstotkih izboljšanja oziroma poslabšanja posamezne okoljske kategorije kot posledice substitucije embalažnega sistema v primerjavi z referenčnimi vrednostmi (100 %), ki veljajo za steklene kozarčke.

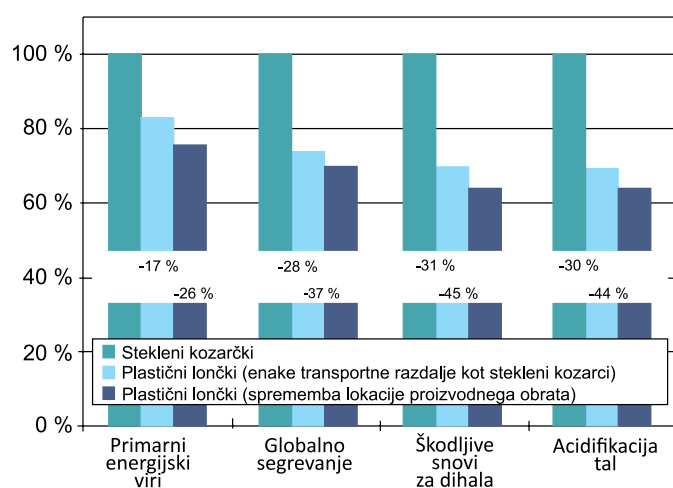
S Slike 25 je razvidno, da plastična embalaža pri istih transportnih razdaljah za približno tretjino zmanjša vplive na okolje v primerjavi s stekleno. Ključni razlogi so nižja poraba materiala, manj emisij pri transportu, novi energetsko učinkovit proces sterilizacije embalaže ter učinkovito ravnanje s plastičnimi odpadki po uporabi. V primeru nove lokacije proizvodnega obrata za plastično embalažo in s tem drugačnih transportnih razdalj pa se med državami pokažejo razlike glede vplivov na okolje, kot je razvidno s Slike 25. Na njej so prikazani rezultati za štiri okoljske kategorije, v analizi pa jih je bilo vključenih petnajst. Slika 25 prikazuje, da je glede učinkovite rabe energijskih virov, učinka tople grede (ogljirnega odtisa), emisij za dihala škodljivih snovi in acidifikacije tal plastična embalaža iz PP boljša izbira (neodvisno od lokacije obrata). Rezultati kažejo, da se vplivi na okolje plastične embalaže v primeru proizvodnje plastične embalaže v Franciji očitno poslabšajo zaradi daljših transportnih poti iz tovarne embalaže do polnilnice s hrano. Le v dveh od petnajstih kategorij so dobljeni rezultati potrdili večjo okoljsko primernost steklenih kozarčkov, za 6 drugih okoljskih kategorij pa so bili dobljeni primerljivi rezultati za vse vrste embalažnih proizvodov.



a) Nemški trg



b) Španski trg



c) Francoski trg

Slika 25: Rezultati analize LCA alternativnih embalažnih sistemov za pakiranje otroške hrane (podatki so specifični za preučevano podjetje) (Humbert et al. 2009).

Primer: Stvari niso vedno takšne, kot meni večina

Plastična embalaža je med embalažnimi materiali zagotovo najbolj stigmatiziran material. Očitki plastični embalaži ne pojenjajo in so v glavnem usmerjeni v njeno dolgotrajno obstojnost, saj je njena sposobnost razgradnje zelo nizka. Ob tem se sicer vselej pozablja, da tudi steklo ali aluminij nista biološko razgradljiva, pa se takšni očitki pri njima ne pojavljajo. Zato se marsikdaj slišijo pozivi oziroma predlogi, da bi morali plastično embalažo uporabniki zamenjati z drugimi materiali (steklom, kovinskimi materiali idr.).

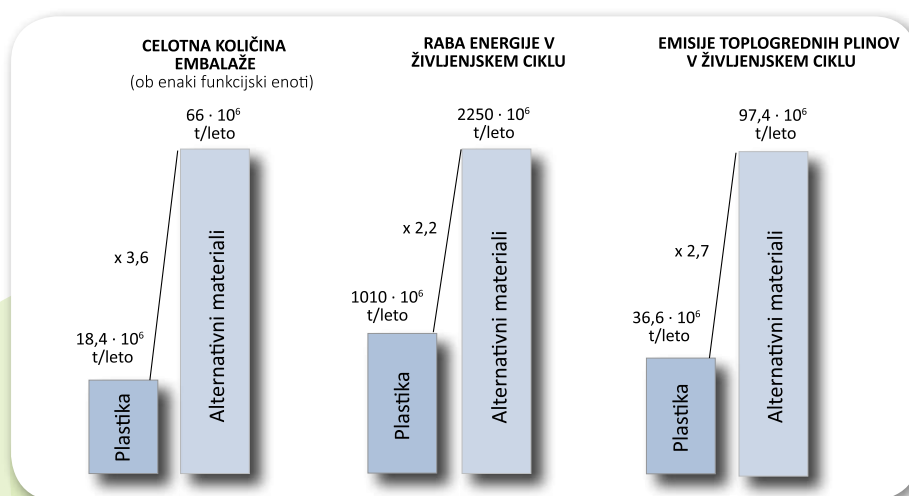
Kaj bi se zgodilo s popolno nadomestitvijo plastične embalaže v Evropi, so želeli ugotoviti v Evropskem združenju proizvajalcev plastike Plastics Europe. V ta namen so angažirali znano avstrijsko firmo s področja okoljskega svetovanja in projektiranja Denkstatt in nemški inštitut GVM. Cilj analize je bil med drugim preračunati rabo energije in količin toplogrednih plinov v celotnem življenjskem ciklu izdelkov iz plastične embalaže v primeru, da se le-ta v Evropi (EU-27) zamenja z alternativnimi embalažnimi materiali, trenutno dostopnimi na trgu (Brandt in Pilz 2011).

Da bi razvili model za teoretično zamenjavo plastične embalaže z drugimi materiali, so skupno tržišče plastične embalaže najprej

razdelili v sedem skupin plastičnih embalažnih proizvodov. V okviru teh sedmih skupin je bilo podrobneje raziskano 57 embalažnih proizvodov, in sicer iz PE-LD, PE-LLD, PE-HD, PP, PVC, EPS, PET, bele pločevine, jekla, aluminija, stekla, valovitega kartona, navadnega kartona, papirja, kompleksne embalaže na osnovi kartona in lesa. Denkstatt in inštitut GVM sta razvila model rabe energije in emisij toplogrednih plinov na osnovi podatkov 32 kategorij embalaže, več kot 70 različnih materialov in podatkovnih baz, ki zajemajo več kot 26.000 skupin embalažnih materialov ter izdelkov različnih velikosti, prostornin in mas.

Rezultati raziskave so pokazali, da bi s popolno zamenjavo plastične embalaže z drugimi embalažnimi materiali zgodilo naslednje (Slika 26):

- masa embalaže bi narasla za 3,6-krat;
- raba energije bi narasla za 2,2-krat oziroma za 1.240 milijonov GJ/leto, kar je ekvivalentno količini 27 milijonov ton nafte v 106 zelo velikih tankerjih oziroma predstavlja energijo, ki lahko greje 20 milijonov stanovanj;
- emisije toplogrednih plinov bi se povečale za 2,7-krat oziroma za 61 milijonov ton CO₂-ekvivalentov na leto, kar je primerljivo z emisijami 21 milijonov vozil ali celotne letne količine emisij države Danske.



Slika 26: Predvidene posledice zamenjave plastične embalaže z alternativnimi embalažnimi materiali (Brandt in Pilz 2011).

Ogljično ravnotežje (definirano kot količina toplogrednih plinov, ki ne bodo emitirani v ozračje zaradi uporabe plastičnih proizvodov v primerjavi s količino toplogrednih plinov, ki so posledica proizvodnje plastičnih proizvodov) v EU znaša približno 5, kar pomeni, da je korist uporabe plastične embalaže petkrat večja v primerjavi z emisijami, ki so bile emitirane v zrak med njihovo proizvodnjo. Ugotovljeno je bilo tudi, da se splošni zaključki raziskave ne spremenijo niti v primeru, če se v izračun vključi reciklaža (Brandt in Pilz 2011).

Rezultati te študije, temelječe na analizi življenjskih ciklov embalažnih materialov, potrjujejo, kako pomembna je celovita in ne

parcialna obravnava embalaže. V študiji sicer niso določali tudi drugih okoljskih kategorij. So jih pa določali v številnih drugih analizah LCA, v katerih so primerjali različne vrste plastične embalaže z embalažnimi proizvodi iz drugih embalažnih materialov za različne skupine izdelkov. Rezultati se razlikujejo od primera do primera. V vsakem primeru pa potrjujejo, da v splošnem ni okoljsko superiornega embalažnega materiala, prav tako pa tudi ni takšnega, ki bi po negativnih vplivih na okolje v splošnem izstopal. Vsak embalažni proizvod za določen namen uporabe je potrebno preučiti posebej in z upoštevanjem konkretnih specifične pogojev (podjetniških, državnih ipd.).

Velja si zapomniti

Rezultati LCA analiz so lahko le redkokdaj osnova za primerjavo med različnimi embalažnimi in drugimi proizvodi. To je možno le izjemoma: npr. če se primerjalna analiza izvede znotraj enovite LCA analize, kjer so za vse izdelke upoštevane enake meje obravnavanega sistema in enaki generični podatki. Prav tako morajo biti v analizo LCA, s katero želimo primerjati izdelke med seboj, vključeni strokovnjaki (npr. proizvajalci materialov), ki podajo natančne podatke in specifične panoge.

Tudi ko je takšna analiza končana, njeni rezultati ne morejo biti preneseni v drugo državo oziroma v druga poslovna okolja, saj se tam pojavljajo številne specifične (energetski sektor, tehnološki procesi, transportne razdalje, sistemi ravnanja z odpadki idr.).



9 Ogljični odtis embalaže

9.1 Metodološki koncept ogljičnega odtisa proizvodov

V zadnjih letih se je na področju okoljskega komuniciranja v svetu in pri nas uveljavil pojem ogljičnega odtisa. **Ogljični odtis** pomeni seštevek izpustov toplogrednih plinov, ki jih neposredno ali posredno povzročijo posameznik, organizacija, dogodek ali proizvod. Za toplogredne pline se predvideva, da prispevajo k učinku tople grede, ko se znajdejo v atmosferi. Ti plini so: ogljikov dioksid (CO_2), metan (CH_4), dušikov oksid (N_2O), hidrofluorogljikovodiki (HFC), perfluorogljikovodiki (PFC) in žveplov heksafluorid (SF_6). Emisije

toplogrednih plinov so posledica različnih dejavnosti, kot so npr. izgorevanje fosilnih goriv, določene druge kemijske reakcije, izgube hladilnih sredstev, izvajanje tehnoloških procesov, transport, uporaba in sprememba uporabe zemlje oziroma tal, kmetijski procesi ter način prehranjevanja (živinoreja, gnojenje) in nastajanje deponijskega plina na odlagališčih. Vsak proizvod (vključno z embalažo) posredno in/ali neposredno povzroča emisije toplogrednih plinov, saj se pri njihovi proizvodnji, transportu, uporabi in odlaganju oziroma predelavi odpadkov porablja energija, ki je še vedno v največji meri proizvedena z izgorevanjem fosilnih goriv.

Učinek tople grede

Sončno sevanje, ki vstopi v zemeljsko atmosfero, se na površini Zemlje absorbira in jo ogreva. Nekaj te energije se iz ogrete Zemljine površine v obliki dolgovalovnega sevanja odbija nazaj v vesolje. V normalnih naravnih okoliščinah del tega izhajajočega sevanja vpije ozračje. To je dobro, saj tako ostaja temperatura na Zemlji v mejah prijetnega. Pojav tople grede nastane, ker nižje plasti atmosfere zadržijo več infrardečega sevanja s površine Zemlje. Nekateri plini v ozračju namreč močno absorbirajo toplotno sevanje, ki se odbija z zemeljskega površja. S skupnim imenom jih imenujemo toplogredni plini. Posledično se temperatura v nižjih slojih ozračja poviša, kar imenujemo učinek tople grede.

Vsak izmed toplogrednih plinov ima drugačen potencial globalnega segrevanja, imenovan tudi ekvivalentni faktor. **Potencial globalnega segrevanja (GWP)** posameznega toplogrednega plina kaže na njegovo relativno škodljivost snovi in zato dejansko predstavlja ponder za določanje škodljivosti posameznega toplogrednega plina na učinek tople grede

(več o tem v poglavju 9). Da bi lahko te razlike upoštevali oziroma snovi medsebojno primerjali, je določena referenčna snov (CO_2), ki ima vrednost potenciala globalnega segrevanja ena (Tabela 14). Vrednosti temeljijo najpogosteje na potencialu globalnega segrevanja plina v stoletnem obdobju od njegovega izpusta (GWP_{100}).



Emisije različnih toplogrednih plinov se preračunajo v t. i. ekvivalent ogljikovega dioksida (CO₂-ekv) na način, da se količine (mase) posameznih toplogrednih plinov pomnožijo z njihovimi potenciali globalnega segreva-

nja (Tabela 14). S takšnim preračunom je omogočeno, da se vpliv različnih toplogrednih plinov sešteje in izrazi v isti enoti, kar predstavlja ogljični odtis. Izraža se z enoto ekvivalenta ogljikovega dioksida (CO₂-ekv).

Tabela 14: Potenciali globalnega segrevanja različnih toplogrednih plinov (IPCC 2007).

Toplogredni plini	Potencial globalnega segrevanja GWP ₁₀₀
CO ₂	1
CH ₄	25
N ₂ O	298
CCl ₃ F (CFC-11)	4.750
CCl ₂ F ₂ (CFC-12)	10.900
C ₂ F ₃ Cl ₃ (CFC-113)	6.130
C ₂ F ₄ Cl ₂ (CFC-114)	10.000
C ₂ F ₅ Cl (CFC-115)	7.370
CHF ₂ CF ₃ (HFC-125)	3.500
CFH ₂ CF ₃ (HFC-134a)	1.430
CCl ₄	1.400
CF ₃ Br (Halon 1301)	7.140

Ogljični odtis proizvoda predstavlja del analize LCA

Ogljični odtis proizvodov (kamor spada tudi embalaža) je del vsake analize LCA (poglavje 8) in to že desetletja, le imenuje se drugače (potencial globalnega segrevanja). Šele v zadnjih letih se je zaradi vse večje politične in medijske pozornosti ter skrbi javnosti glede podnebnih sprememb povečalo zanimanje za kumulativni seštevek emisij toplogrednih plinov v celotnem življenjskem ciklu proizvodov. Pri tem je pojem življenjskega cikla popolnoma enak, kot je bil definiran na začetku poglavja 8 in pomeni osnovo metode LCA. Skratka, ogljični odtis proizvoda pomeni del oziroma segment analize LCA, kar omogoča konceptu ogljičnega odtisa lažje razumevanje pri komunikaciji v poslovnem svetu ali v javnosti.

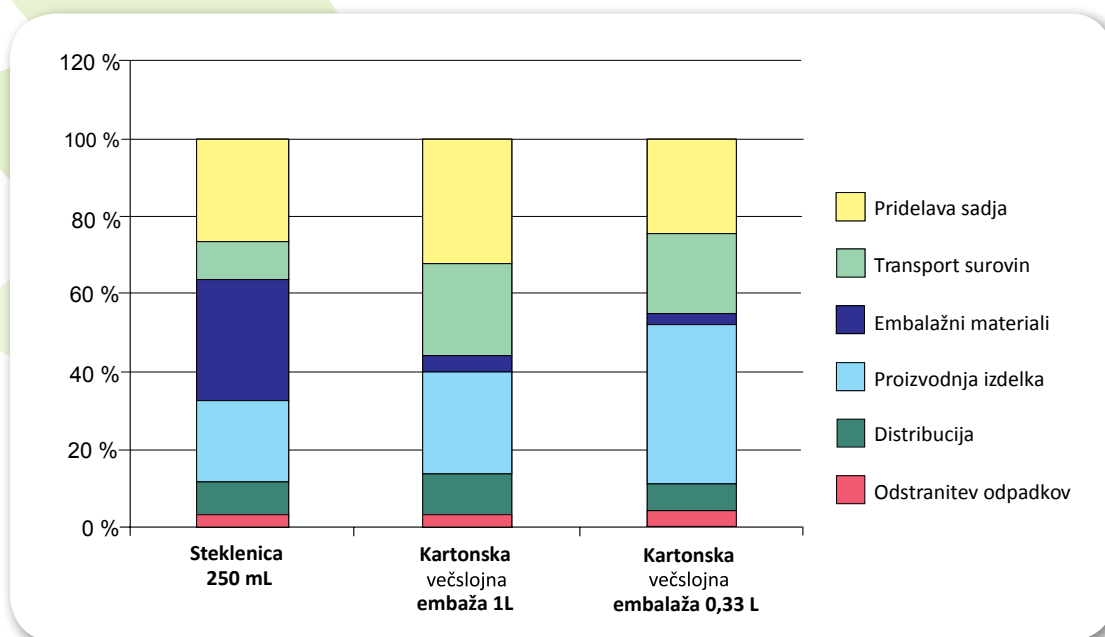
Na splošno ločimo dve vrsti ogljičnega odtisa: za organizacije in za proizvode. Oba sta v številnih primerih povezana in soodvisna. Ogljični odtis proizvoda (embalaže) temelji na analizi okoljskega življenjskega cikla (podobno kot pri metodi LCA; glej poglavje 8). Najpomembnejša razloga za določitev ogljičnega odtisa sta želja, da bi organizacija v okviru ukrepov okoljske politike identificirala in nadzorovala svoj odtis ter postopoma zmanjšala svoje emisije. Določevanje

ogljčnega odtisa danes marsikje že narekuje potreba ali obveznost, da se poslovnim partnerjem, javnosti ali vladnim ustanovam sporoča njegova vrednost.

V praksi se ogljični odtis embalaže lahko določa posebej za embalažo oziroma za embalažni izdelek. V tem primeru se iz rezultata lahko ugotovijo tiste faze življenjskega cikla, ki prispevajo največji delež toplogrednih plinov in se na ta način lahko optimira

produkcija embalaže ter ravnanje z odpadno embalažo. Velikokrat pa je embalaža del analize ogljičnega odtisa skupaj s pakiranim proizvodom. V tem primeru se določa delež, ki ga k ogljičnemu odtisu prispeva embalaža. Na ta način je lahko embalaža vključena v celovito optimizacijo produktne sistema (Slika

27) (Carbon Trust 2008). Tudi na embalaži in v oglasih slovenskih proizvajalcev se pojavljajo oznake (Slika 28), s katerimi sporočajo zniževanje ogljičnega odtisa (o pomanjkljivosti in nevarnostih takšnega pristopa glej naslednje podpoglavje).



Slika 27: Ogljični odtis sadnega soka ("smoothie"), pakiranega v različne vrste embalaže proizvajalca Innocent (Carbon Trust 2008).



Slika 28: Primer oznake o zmanjšanju ogljičnega odtisa embalaže slovenskega proizvajalca.

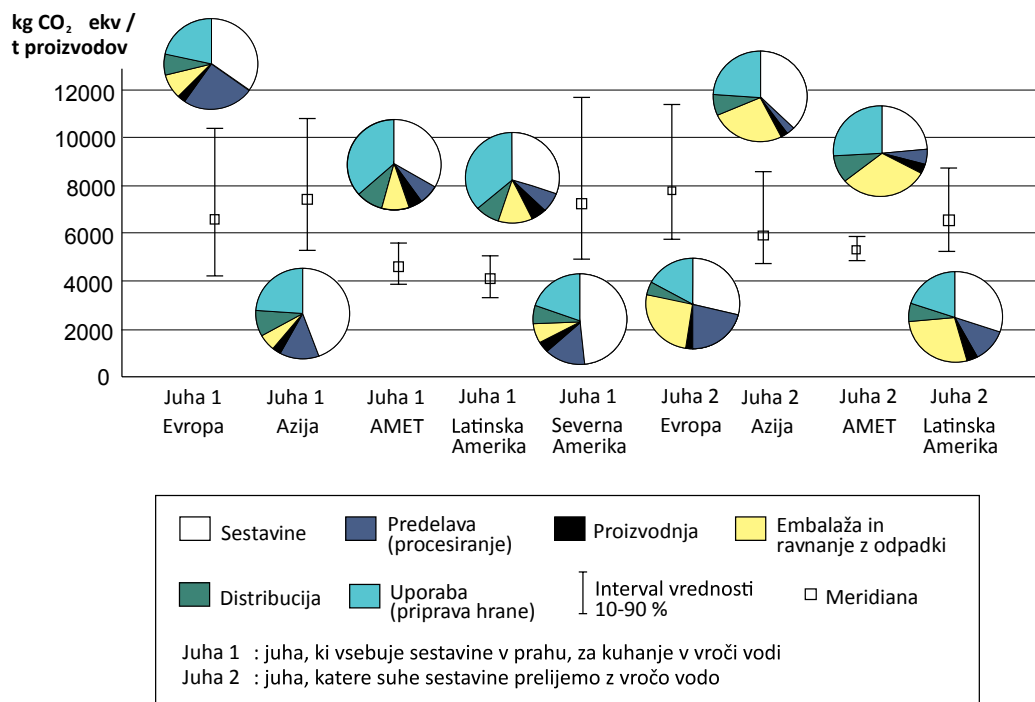
V obsežni študiji je Hekkert s sodelavci pokazal, da je z uporabo lažjih materialov za prodajno embalažo že pri proizvodnji možno zmanjšati letne emisije CO₂ za 9 %, z nadomeščanjem ustrežnejših materialov do 10 %, z uvedbo novih proizvodnih ter pakirnih tehnologij pa tudi do 50 % vseh emisij CO₂ v povezavi s prodajno embalažo (Hekkert in drugi 2000). Pri transportni embalaži pa se tako z dematerializacijo kot z nadomeščanjem

lahko zmanjša količina emitiranega CO₂ do 12 % (Hekkert in drugi 2000). Da so na tem področju možni veliki prihranki energije in s tem emisij toplogrednih plinov, so potrdili tudi Worrell in sodelavci, ki so izračunali, da bi na Nizozemskem z učinkovito rabo energije v sektorju embalaže in pakiranja lahko prihranili več kot 30 % energije v življenjskem ciklu plastične embalaže (Worrell et al. 1995).

- Če bi imela vsaka steklenica za vino, prodana v Veliki Britaniji, enako maso, kot jo ima najlažja med njimi, bi to prihranilo 75.000 t emisij CO₂.
- Če bi imela vsaka škatla za kosmiče, prodana v Veliki Britaniji, enako maso, kot jo ima najlažja med njimi, bi to prihranilo 17.000 t CO₂. (DEFRA 2009)

Na Sliki 29 so prikazani rezultati določitve ogljičnega odtisa jušnih proizvodov (instant juhe) proizvajalca Knorr, izraženi kot kg CO₂-ekv na tono proizvoda v njegovem življenjskem ciklu (Milà i Canals et al. 2011). Proizvodnja v tem primeru prispeva manjši delež k emisijam toplogrednih plinov v življenjskem ciklu juh. Razvidno je, da največ možnosti za zmanjševanje emisij toplogrednih plinov najdemo v fazah pred in po proizvodnem postopku, vključujoč optimiranje embalaže. S Slike 29 je evidentno, da se ogljični odtisi istega proizvoda oziroma skupine proizvodov lahko zelo razlikujejo glede na regijo kljub istemu proizvajalcu. To

je rezultat različne energetske učinkovitosti v posameznih regijah, različnih deležev obnovljivih virov, hidroenergije in jedrske energije v posameznih državah ter različnih transportnih razdalj in emisij vozil. V obravnavanem primeru je bilo izračunano, da prispeva embalaža in ravnanje z odpadno embalažo približno 10 % h kumulativnim emisijam toplogrednih plinov podjetja, preračunano v okviru globalne prodaje. Delež embalaže k bilanci toplogrednih plinov pa se za posamezne skupine proizvodov zelo razlikuje in ga je potrebno določiti za vsak primer posebej.



Slika 29: Ogljični odtis instant juhe proizvajalca Knorr (Milà i Canals et al. 2011).

9.2 Pomanjkljivosti koncepta ogljičnega odtisa

Kljub vedno večji popularnosti ogljičnega odtisa rezultati, dobljeni z njegovim izračunom, niso vselej tako jasni in natančni, kot se zdi. Določevanje ogljičnega odtisa ima namreč kar nekaj resnih metodoloških in konceptualnih težav, ki vplivajo na njegovo uporabnost ter objektivnost (Radonjič 2012; 2012a). Na resne pomanjkljivosti koncepta ogljičnega odtisa v zadnjih letih opozarjajo številna strokovna, industrijska, panožna in trgovinska združenja, kot so Joint Research Centre EU, Evropska potrošniška organizacija, Evropski biro za okolje, Evropska zveza proizvajalcev valovitega kartona, evropsko združenje proizvajalcev plastike Plastics Europe idr. (Plastics Europe 2008; ANEC/BEUC/ECOS/EEB 2009; Pant et al. 2008; Bolwig in Gibbon 2009). Teh pomanjkljivosti se zavedajo tudi v najvišjih organih EU pri pripravi zakonodaje (European Commission 2008). Pomanjkljivosti se je potrebno zavedati, še preden se lotimo izračuna in tudi kasneje pri interpretaciji rezultatov.

Največ težav je prisotnih prav pri določevanju ogljičnega odtisa proizvodov, vključno z embalažo. Kot rečeno, je ogljični odtis le del metode LCA, ki temelji na analizi življenjskega cikla proizvoda. Zato zanj veljajo podobne pomanjkljivosti, ki so opisane v poglavju 8.5 v povezavi z metodo LCA.

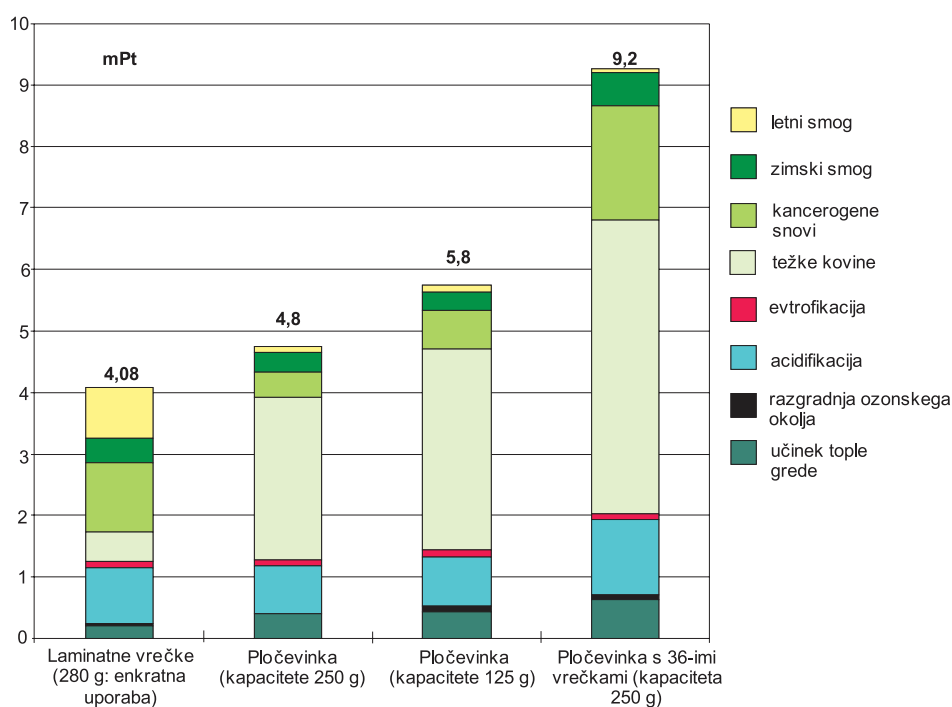
Verjetno največji konceptualni problem predstavlja dejstvo, da z ogljičnim odtisom določimo le enega izmed številnih vplivov na okolje, ki jih povzročajo proizvodi, organizacije in dejavnosti. Ogljični odtis pomeni parcialni pristop k problematiki varovanja okolja ne glede na pomen, ki ga družba v tem trenutku izkazuje problematiki podnebnih sprememb. Številne raziskave zadnjih let so potrdile, da emisije toplogrednih plinov (t.j. ogljični odtis) v življenjskih ciklih proizvodov

nikakor nujno ne predstavljajo največjega oziroma najbolj dominantnega vpliva na okolje (Radonjič 2012; Radonjič 2012a). Nasprotno pa z metodo LCA zajamemo poleg ogljičnega odtisa še druge vplive (poglavje 8), kar nam da bolj objektivno sliko v primerjavi s podatkom o ogljičnem odtisu.

Ob tem se je že večkrat potrdilo, da ima lahko sicer nek proizvod nižji ogljični odtis in manjšo kumulativno rabo energije v življenjskem ciklu v primerjavi z drugimi, a ima bistveno slabše druge okoljske karakteristike (npr. večji vpliv na kisel dež, fotokemični smog, ekotoksičnost ipd.). Zaradi tega osredotočanje zgolj na ogljični odtis pri opredelitvi, ali je nek proizvod (embalaža) okolju primernejša ali ne, lahko daje povsem izkrivljeno sliko. To je še toliko bolj pomembno, ker obstajajo v svetu in pri nas predlogi ter iniciative, da se okoljska primernost izdelkov določa predvsem na osnovi ogljičnega odtisa z oznakami. Eden od takšnih primerov je prikazan na Sliki 30, kjer so predstavljeni rezultati analize LCA za štiri vrste embalaže za kavo (brez upoštevanja končnega ravnanja z odpadki po uporabi). Uporabljena metodologija analize LCA je bila v skladu s standardom ISO 14040; funkcionalna enota, na kateri temeljijo opravljeni izračuni, pa je 1 kg pakirane kave (De Monte et al. 2005). Študija je bila geografsko omejena na Italijo, podatki za pridobivanje in predelavo primarnih surovin in nekaterih materialov so bili vzeti iz evropskih podatkovnih baz. Med zunanji podatki (glede na podjetje) so bili vključeni še tisti, povezani s proizvodnjo in distribucijo energije ter ravnanjem z odpadki. Rezultati na Sliki 30 kažejo, da je največje vplive na okolje preučevane embalaže iskati v obremenjevanju okolja s težkimi kovinami. Poleg tega v nekaterih primerih igrajo pomembno vlogo tudi kancerogene snovi. Emisije toplogrednih plinov (ogljiki odtis) v celotnem življenjskem ciklu preučevane embalaže za kavo niso med

najvplivnejšimi okoljskimi indikatorji. Tako težke kovine kot kancerogene snovi so predvsem posledica faze pridobivanja surovin in proizvodnje embalažnih materialov. Primer je specifičen za italijanskega proizvajalca in ni avtomatično prenosljiv v druge države oziroma poslovna okolja. Rezultate, podobne

tistim, prikazanim na Sliki 30, so dobili tudi z drugimi študijami, kar kaže na kompleksnost okoljskih vplivov, ki jih povzročajo proizvodi, vključno z embalažo (Murphy et al. 2008; Edwards in Meyhoff Fry 2011).



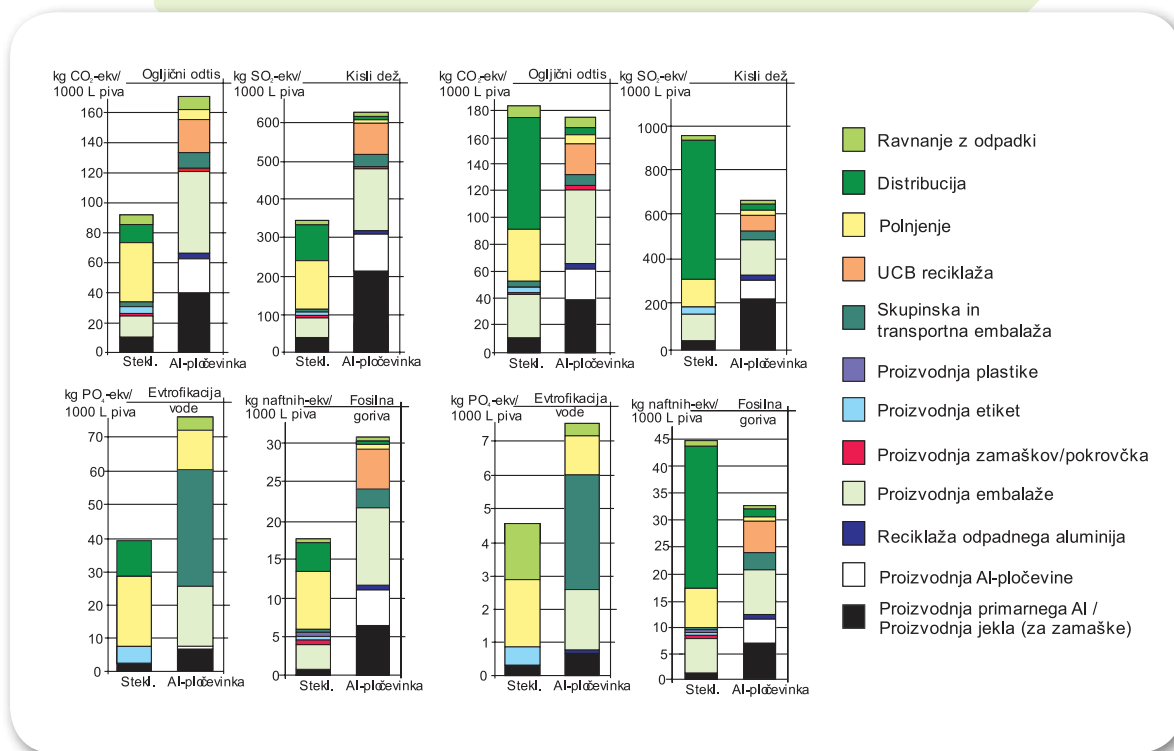
Slika 30: Rezultati analize LCA (vključujoč ogljični odtis) za različne vrste embalažnih izdelkov za kavo (primer je specifičen za italijanskega proizvajalca) (De Monte et al. 2005).

Z objavo in upoštevanjem angleškega standarda PAS 2050 leta 2008 je bil storjen pomemben korak v smer bolj pregledne in objektivne določitve ogljičnega odtisa, vendar je bilo še vedno opravljenih veliko izračunov, ki niso v skladu z metodološkimi zahtevami standarda. Redkokateri izračun je danes pregledan in verificiran s strani neodvisne institucije. V mesecu maju 2013 je bil izdan standard ISO 14067, ki naj bi prispeval k večji objektivnosti pri določevanju ogljičnega odtisa in s tem k bolji primerljivosti dobljenih rezultatov.

Težavo predstavlja tudi izbor meje produktne sistema, ki pomeni, kateri procesi in faze bodo vključeni v življenjski cikel in kateri ne. Velikokrat gre za zelo subjektivno odločitev, čeprav je to eden od ključnih dejavnikov tovrstnih analiz. Če je sistem opredeljen preozko, obstaja velika verjetnost, da bodo potencialno pomembni viri emisij izločeni, kar pomeni, da bo vrednost ogljičnega odtisa podcenjena. V tem primeru podjetja ne pridobijo celovitih podatkov o izvoriščnih toplogrednih plinih. Kot primer navajamo analizo ogljičnega odtisa iz Nemčije. Z

analizo LCA, ki je vključevala tudi izračun vseh toplogrednih plinov v življenjskem ciklu (t.j. ogljični odtis), so primerjali vplive na okolje aluminijske in steklene embalaže za pijačo. Pokazalo se je, kako izjemen vpliv na končni rezultat ima transportna razdalja. Vračljiva pollitrška steklenica je izkazovala nižji ogljični odtis kot pollitrška aluminajska pločevinka v primeru krajših razdalj. V primeru daljših razdalj pa je bila situacija obrnjena (Slika 31). Aluminajska pločevinka je namreč v primeru transporta zaradi nižje mase povzročila manj

emisij toplogrednih plinov (Detzel in Mönckert 2009). Primerov, ki dokazujejo, kako subjektivne odločitve in predpostavke vplivajo na končni rezultat, je še mnogo (Radonjič 2012; 2012a). Rezultati, prikazani na Sliki 31, potrjujejo tudi, da so drugi vplivi na okolje (kisli dež, eutrofikacija voda, fotokemični smog) prav tako pomembni in da je ogljični odtis le eden izmed vplivov na okolje, ki pa ni nujno najbolj dominanten v celotnem okoljskem profilu (embalažnega) proizvoda.



Slika 31: Ogljični odtis in drugi okoljski indikatorji aluminijske in steklene embalaže za pijače v Nemčiji: (a) transportna razdalja 100 km; (b) transportna razdalja 680 km (Detzel in Mönckert 2009).

V nacionalnih energetske bilancah različnih držav se deleži različnih energijskih virov razlikujejo (t. i. energijske mešanice). Države se razlikujejo glede na to, kolikšen delež v njihovem energetske sistemu zavzemajo fosilna goriva (premog, naftni derivati, zemeljski plin), ponekod imajo višji delež obnovljivi viri, ponekod

imajo več jedrskih in hidroelektrarn itn. Ker je pri izračunih ogljičnih odtisov proizvodov (embalaže) potrebno upoštevati "energijsko mešanico" države, v kateri se nahaja podjetje in v kateri uporabljamo proizvod, lahko prihaja do zelo velikih odstopanj glede vrednosti ogljičnih odtisov za povsem iste proizvode. To

je prikazano tudi na Sliki 29. Z drugimi besedami: isti proizvod (embalaža) bo imel drugačen ogljični odtis v različnih državah. Zato je zelo vprašljivo označevanje proizvodov (vključno z

embalažo) z oznakami za ogljični odtis, saj se njihove vrednosti razlikujejo in zato ne morejo predstavljati osnove za diferenciacijo izdelkov na izključno tej osnovi.

Iz opisanega lahko zaključimo, da:

- ogljični odtis nekega proizvoda (embalaže) predstavlja le en segment vplivov na okolje v življenjskem ciklu, ki v posameznih primerih ni nujno dominanten;
- so ogljični odtisi proizvodov med seboj redkokdaj primerljivi, in sicer zaradi naslednjih razlogov:
 - organizacije ne izračunavajo ogljičnega odtisa vselej po isti metodologiji, niti ne klasificirajo enako vseh virov emisij;
 - na končni rezultat lahko zelo vpliva subjektivni izbor mej sistema (npr. transportne razdalje);
 - na končni rezultat zelo vpliva energijska mešanica države, v kateri se proizvaja in uporablja proizvod;
 - na končni rezultat zelo vpliva način ravnanja z odpadno embalažo, saj imajo različne države različno učinkovit sistem zbiranja in predelave odpadne embalaže.

Zato ogljični odtis proizvodov (embalaže) ne sme predstavljati osnove za tržno in zakonodajno diferenciacijo proizvodov.

Zapisano ne pomeni, da koncept ogljičnega odtisa ni pomemben. Nasprotno, a potrebno se je zavedati njegovih pomanjkljivosti in ga uporabljati v pravilnem kontekstu širše okoljske politike v podjetju. Z razvojem in oblikovanjem okolju primernejše embalaže so dane možnosti za zniževanje emisij toplogrednih plinov, kar predstavlja njen dodaten prispevek v trajnostnem razvoju.



10 Okoljsko načrtovanje embalaže – ekodizajn embalaže

10.1 Opredelitev koncepta ekodizajna proizvodov

Razvoj in načrtovanje proizvodov je kompleksna naloga. V praksi podjetja uporabljajo ter kombinirajo različne pristope ter orodja za načrtovanje in razvoj njihovih proizvodov. Razvoj oziroma načrtovanje proizvodov terja interdisciplinarni timski pristop, vanj pa so ponavadi vključeni različni udeleženci: inženirji, industrijski oblikovalci, znanstveno-raziskovalno osebje, dobavitelji, tržniki. Jasno postaja, da morajo biti zaradi sodobnih zakonodajnih in tržnih zahtev v razvoj integrirani tudi okoljevarstveni kriteriji.

Proizvodi (vključujoč embalažo) odražajo številne poslovne odločitve posameznega podjetja. Vendar se te odločitve marsikdaj pokažejo za ustrezne oziroma neustrezne šele, ko se je proizvod že znašel med potrošniki. V proizvodih so integrirane odločitve glede izbora primarnih surovinskih virov, materialov, kemikalij in vrste energije za njegovo distribucijo in proizvodnjo, vplive na okolje pa ne vrši le med proizvodnjo, ampak tudi v drugih fazah življenjskega cikla (med distribucijo, med uporabo in po uporabi, ko postane odpadki).

Tradicionalni dizajn je usmerjen praviloma v fazo proizvodnje in uporabe proizvodov, zanemara pa tiste faze, ki se vršijo pred proizvodnjo (in ki so sicer nujne, da se vrši proizvodnja) ter ravnanje s proizvodi potem, ko le-ti postanejo odpadki. Okoljski problemi so v tradicionalnem dizajnu potisnjeni v drugi

plan ali pa jih v ekstremnih slučaji v celoti ignorirajo. Danes postajajo takšni pristopi povsem preseženi. Poraja pa se vprašanje, kako integrirati okoljske vidike v razvoj proizvodov in katere kriterije oziroma orodja pri tem uporabiti. Ob tem je pomembno spoznanje, da morajo biti okoljski vidiki uravnoteženi z drugimi funkcijami proizvoda in z vidiki kakovosti ter s stroški. Integracija okoljskih vidikov bo uspešnejša, če bo postala del širše okoljske politike podjetij oziroma okoljskega menedžmenta.

Ekodizajn (okoljsko načrtovanje oziroma oblikovanje proizvodov) je definiran kot "vključevanje okoljskih vidikov v oblikovanje in razvoj proizvodov z namenom zmanjševanja negativnih vplivov na okolje skozi njihov celoten okoljski življenjski cikel" (ISO 2011). Skratka, oblikovanje okolju priimernejših izdelkov lahko v splošnem opredelimo kot sistematično upoštevanje okoljskih, zdravstvenih in varnostnih dejavnikov pri oblikovanju/načrtovanju proizvodov od pridobivanja surovin do ravnanja z odpadki.

Pri ekodizajnu želimo z uporabo ustreznega materiala, ustrezne konstrukcije in s pomočjo ustrezne tehnologije zmanjševati materialno in energijsko porabo na enoto izdelka, odpraviti uporabo strupenih ter škodljivih snovi in/ali olajšati reciklažne postopke. Identifikacija okoljskih problemov v zgodnejših fazah omogoča organizacijam, da po eni strani sprejemajo ustrežnejše odločitve, po drugi pa bolje razumejo, kako imajo takšne odločitve vplive na okoljske vidike, ki jih obvladujejo

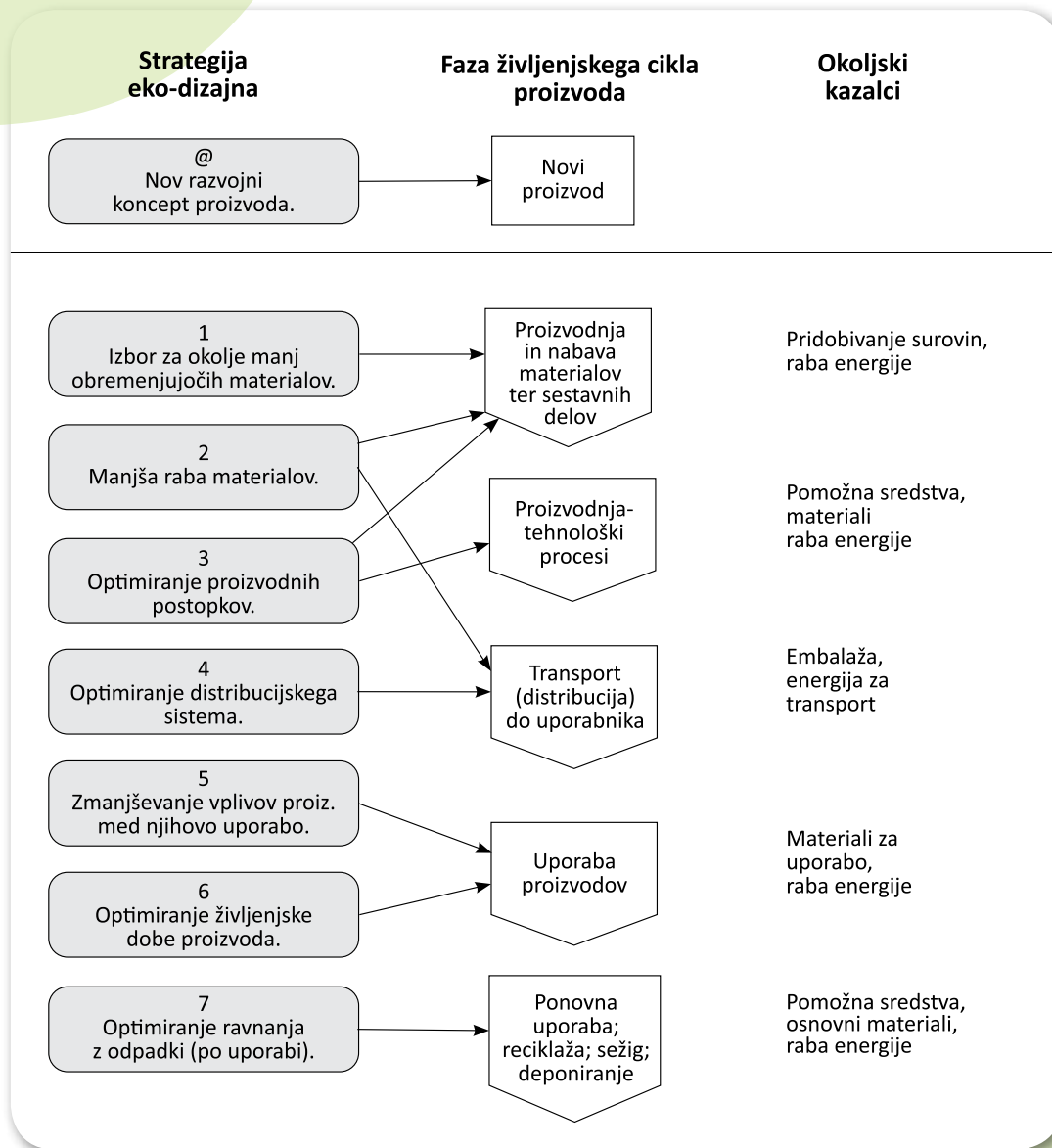


drugi akterji, na primer proizvajalci osnovnih in pomožnih materialov, predelovalci odpadkov ipd. Pristopi in koncepti k okoljskemu načrtovanju proizvodov so različni in velikokrat medsebojno povezani. Vključujejo

različne faze življenjskih ciklov proizvodov, kar omogoča uvajanje različnih strategij ekodizajna (Slika 32).

Velja si zapomniti

Ekodizajn pomeni preventivni pristop glede zmanjševanja vplivov proizvodov na okolje. Vplive na okolje poskuša sistematično zmanjševati skozi celoten življenjski cikel proizvodov.



Slika 32: Različne strategije ekodizajna proizvodov (Brezet in van Hemel 1997).

Z ekodizajnom torej iščemo načine, s katerimi se vplivi izdelkov na okolje zmanjšajo (ali celo odpravijo), še preden se pojavi. Znano je, da se v razvojni fazi opredeli v poprečju 70–80 % vseh vplivov na okolje v povezavi z nekim izdelkom in njim pripadajoči stroški. Potem ko je zaključena glavna zasnova in so določene potrebne proizvodne tehnologije, ostanejo samo še majhne možnosti za izboljševalne ukrepe

glede povečevanja učinkovitosti postopkov in zmanjševanja vplivov na okolje. Rezultat pristopa okoljskega oblikovanja naj bi bili takšni izdelki, ki v svojem življenjskem ciklu kar v najmanjši meri obremenjujejo okolje. Za uspešno uresničitev krožnih tokov je zato že v razvojni fazi treba sočasno vključiti čim več faz okoljskega življenjskega cikla izdelka (Radonjič 2008).

Potrebno se je zavedati:

Življenjski cikli proizvodov, vključujoč embalažo, vključujejo faze pridobivanja surovin in proizvodnje materialov ter kemikalij. Proizvajalec in uporabnik embalaže ima lahko zato občutek, da so v tem primeru negativni vplivi na okolje, povezani s pridobivanjem surovin in proizvodnjo materialov ter kemikalij, izven njegove kontrole. Neposredno so sicer res, a uporabnik embalaže lahko pošlje svojim dobaviteljem jasne signale, definirane z zahtevami o okoljskih podatkih.

10.2 Splošni vidiki in principi ekodizajna embalaže

Razvoj in načrtovanje embalaže je zahteven in kompleksen proces in velikokrat odločilen dejavnik kasnejšega tržnega uspeha ali neuspeha pakiranega izdelka, bodisi novega bodisi že obstoječega. Kompleksnost povečujejo zahteve po tem, da embalaža optimalno izpolni vse svoje funkcije (poglavje 3). Nekateri vplivni dejavniki razvoja embalaže so prikazani na Sliki 33. Glede na okoljske zakonodajne trende v EU lahko trdimo, da bodo v prihodnje vse pomembnejši dejavniki diferenciacije izdelkov predstavljal kriteriji, povezani z večjo ali manjšo okoljsko primernostjo. Okolju primernejše proizvode v prihodnje pač ne bo možno pakirati v neprimerno embalažo.



Slika 33: Vplivni dejavniki razvoja embalaže (Recoup 2009).

Ekodizajn embalaže vključuje različne kriterije in vidike, ki so medsebojno povezani. Sodobni koncepti ekodizajna, ki temelji na celotnem življenjskem ciklu izdelka, so v marsičem spremenili tudi ekodizajn embalaže. Ne glede na to, ali podjetje v celoti samo razvija svojo embalažo ali v sodelovanju z zunanjim partnerjem, je ključno, da se vsi deležniki (vključujoč vodstvo podjetja) zavedajo, kate-

re kriterije je potrebno upoštevati. Izhajati je potrebno iz več osnovnih elementov oblikovanja in jih znati povezati s posledicami, ki jih imajo takšne odločitve na okolje (Tabela 15). Marsikdaj so potrebne kompromisne odločitve, ki pa so lažje in bolj pravilne, če so podprte z ustreznimi informacijami, npr. rezultati analize LCA (poglavje 8).

Tabela 15: Osnovni elementi in vidiki oblikovanja embalaže ter pripadajoči vplivi na okolje.

Vidik (element) oblikovanja embalaže	Pripadajoči okoljski kriteriji
Osnovni material(i)	Učinkovita raba virov, emisije pri proizvodnji, sposobnost reciklaže, migracija škodljivih snovi
Barva	Sposobnost reciklaže, toksičnost
Velikost in oblika	Učinkovita raba virov, emisije pri transportu
Debelina	Učinkovita raba virov, emisije pri transportu, ponovna uporaba
Struktura (sestavni deli)	Učinkovita raba virov, ponovna uporaba, sposobnost reciklaže
Zamaški, etikete ipd.	Sposobnost reciklaže, ponovna uporaba, migracija škodljivih snovi
Lepila, tiskarske barve, premazna sredstva ipd.	Sposobnost reciklaže, emisije pri proizvodnji, toksičnost
Grafični dizajn	Ponovna uporaba

Velja si zapomniti

Embalaža ne vpliva na okolje le takrat, ko postane odpadke, pač pa že v predhodnih fazah svojega življenjskega cikla.

Napotke glede pristopa k razvoju in oblikovanju embalaže na splošno ni enostavno opredeliti. Splošno veljavno je, da je embalažo treba razvijati skupaj z embaliranim izdelkom, še posebej, ko pride pri slednjem do kakršne koli spremembe glede sestave, oblike ali konstrukcije. Razvoj in oblikovanje embalaže lahko tako potekata od nekaj mesecev pa do nekaj let, odvisno od ciljev projekta, pri čemer je treba jasno opredeliti namen in cilje. Razlogi za njeno spremembo so lahko različni, in sicer (Soroka 2002):

- uvajanje novega izdelka,
- revitalizacija obstoječega izdelka ali blagovne znamke,
- pospeševanje prodaje (pritegnitev zaupanja in interesa kupca),
- odziv na nove porabniške potrebe ali navade,
- sledenje pobudam konkurence (ohranitev tržnega deleža),
- povečevanje varnosti pri transportu in skladiščenju,
- prilagajanje spreminjajoči se zakonodaji,
- zniževanje materialnih in proizvodnih stroškov,
- lažje rokovanje z izdelkom med uporabo,
- **prilagajanje okoljskim zahtevam.**

Omenjeni vidiki si glede na prednost nikakor nujno ne sledijo v zgoraj zapisanem vrstnem redu. Ravno nasprotno, prilagajanje okoljskim zahtevam vztrajno prehaja med pomembnejše dejavnike razvoja in oblikovanja embalaže, in sicer zaradi tržnih in zakonskih zahtev.

Vključevanje okoljskih vidikov pri oblikovanju embalaže pa mora biti uravnoteženo z drugimi funkcijami embalaže, z zdravstvenimi in drugimi zakonskimi zahtevami ter s stroški (Radonjič 2008).

Mnogo bolj zapleten problem kot predelava zbrane odpadne embalaže, ki se marsikdaj v preveliki meri pojmuje kot ključ pri reševanju problematike odpadne embalaže, je preventivni pristop, ki pomeni osnovo ekodizajna. Le-ta pomeni zmanjševanje nastajanja količin embalaže že na njenem izvoru, še preden le-ta sploh postane odpadke. Da bi bili takšni preventivni pristopi uspešni, morajo zajemati oceno celotnega okoljskega življenjskega cikla embalaže, od pridobivanja primarnih surovin za snovne in energijske procese, distribucije ter ravnanja z odpadki, kot le eno od faz v življenjskem ciklu (poglavje 8).

Podjetja morajo razumeti, da embalaža zanje pravzaprav predstavlja korist zaradi pospeševanja prodaje, učinkovitejšega transporta, minimiranja izgub blaga in s tem manjšega števila reklamacij. Zato se z načrtovanjem embalaže optimirajo koristi in ne le znižujejo "nepotrebni" dodatni stroški. Strošek razvoja nove embalaže se lahko kompenzira z večjo prodajo, nižjimi stroški distribucije in transporta ter ne nazadnje nižjo embalažnino.

Oblikovanje okolju primernejše embalaže je v splošnem mogoče izvajati na več nivojih (Radonjič 2008):

- **Okoljsko oblikovanje obstoječih izdelkov** (t. i. **redesign**) ob upoštevanju vplivov na okolje v celotnem življenjskem ciklu. To lahko izboljša splošno okoljsko učinkovitost izdelka v smislu snovne in energijske porabe ter olajša postopke predelave po uporabi. Gre predvsem za aktivnosti tehnične narave, ki ne zahtevajo sprememb glede prodaje in navad po-

rabnikov. Ukrepi zajemajo uporabo recikliranih materialov, izločitev toksičnih in škodljivih snovi (npr. težkih kovin v tiskarskih barvah, dodatkov v plastiki, belil ipd.), zmanjšanje porabe materialov in energije (zmanjševanje mase embalaže na enoto izdelka) ter zmanjševanje raznolikosti uporabljenih materialov zaradi lažje in učinkovitejše reciklaže. Ta strategija se dandanes v praksi največ uporablja pri oblikovanju okolju primernejše embalaže.

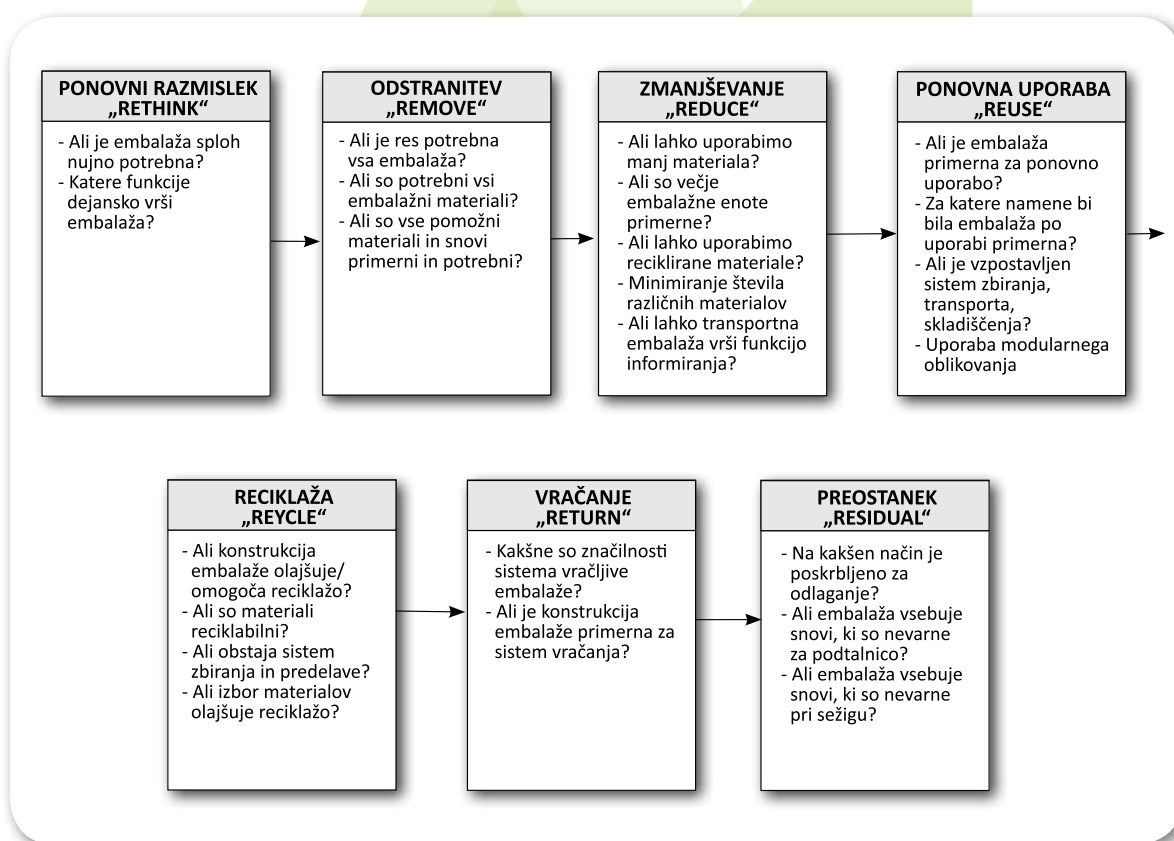
- **Oblikovanje novih izdelkov ali storitev, ki nadomestijo stare.** Ta strategija zahteva delno spremembo v porabniških vzorcih in življenjskih navadah porabnikov. Tovrstne spremembe zahtevajo osveščenega porabnika, ki aktivno sode-

luje pri zmanjševanju vplivov embalaže na okolje, zato morajo biti takšne spremembe družbeno sprejete. To pa je tudi največji omejitveni dejavnik, saj je mnogo težje prodirati s spremembami vrednot, pa čeprav okoljskih, ob obstoječih kulturnih navadah in vedanju porabnikov. Gre za strategijo, ki praviloma vključuje celotno dobavno verigo. Kot primera lahko navedemo oblikovanje vračljive embalaže ali pa prodajo koncentriranih izdelkov, ki jih kupec dozira v prineseno embalažo ter jih doma po potrebi razredči ipd. Nedvomno lahko uvrstimo med to strategijo tudi nove načine prodaje preko spleta, ki odpira številne možnosti oblikovanja embalaže.

Ekodizajn embalaže zahteva celovit razmislek o povezanosti in soodvisnosti med pakiranim proizvodom in embalažo. V povezavi s tem se lahko pojavljajo dileme o povsem drugačnih alternativnih možnostih sistema pakiranja za isti namen uporabe, npr.:

- ali izboljšati materialno učinkovitost z uporabo meha iz polimernega laminata ali povečati sposobnost reciklaže z uporabo plastenke;
- ali izločiti barvila, ki vsebujejo težke kovine, ali slediti zahtevam trženja glede uporabe živih in obstojnih barv;
- ali znižati maso prodajne embalaže in s tem tvegati povečanje mase transportne embalaže.

Pristopi in koncepti k okoljskemu načrtovanju embalaže so raznovrstni, a velikokrat medsebojno dopolnjujoči in soodvisni. Slika 34 prikazuje splošne smernice in vodila za načrtovanje okolju primernejše embalaže: t. i. koncept 7 x R. Ti vidiki predstavljajo skupaj s standardi okvir za samoocenitev okoljske primernosti embalaže ter lajšajo vključevanje okoljskih vidikov v razvojni proces (Radonjič 2008). Poraja pa se vprašanje, kako integrirati okoljske vidike v razvoj embalaže in katere kriterije oziroma orodja pri tem uporabiti. Ti vidiki so podrobneje opisani v nadaljevanju.



Slika 34: Splošne smernice in vodila za načrtovanje okolju primernejše embalaže (koncept 7xR).

Razumevanje povezanosti med zahtevami, ki so postavljene pred embalažo, da optimalno vrši svoje funkcije (poglavje 3), ko se uporablja v dobavnih verigah oziroma v svojem življenjskem ciklu (poglavje 8) ter njene vloge pri trajnostnem razvoju (poglavja 4, 6.2 in 21), predstavlja ključ in predpogoj za inovativne rešitve v njihovih posameznih fazah in ponuja priložnosti za ekodizajn.

Ekodizajn embalaže zajema več področij, ki pomenijo osnovo za redizajn obstoječe embalaže ali uvajanje novega embalažnega koncepta. Področja so podrobneje predstavljena v naslednjih poglavjih in vključujejo:

- oblikovanje za minimalno količino embalaže (dematerializacija),
- oblikovanje za reciklažo,
- oblikovanje za ponovno uporabo,
- oblikovanje za kompostiranje,
- izogibanje škodljivim snovem,
- oblikovanje za ozaveščanje potrošnikov.



11 Oblikovanje za minimalno količino embalaže (dematerializacija)

Minimiranje oziroma zniževanje mase embalažnih izdelkov, kar strokovno poimenujemo dematerializacija embalaže, pomeni enega najpomembnejših razvojnih trendov na področju embalaže in pakiranja. Dematerializacija vseh vrst in kategorij embalaže je eden od glavnih kriterijev ekodizajna in ji je potrebno posvetiti veliko pozornost. Razloge za zmanjševanje mase embalaže na enoto pakiranega izdelka nikakor ne gre iskati le v večji okoljski ozaveščenosti, pač pa pomembno vlogo igra tudi ekonomski interes proizvajalcev in uporabnikov embalaže. Ne le, da povzroča embalaža določen materialni strošek za embalerje, ampak dejstvo, da beležimo v zadnjih obdobjih naraščanje cen surovinskih virov, pomeni dodatni imperativ dematerializacije embalaže. Dejstvo je namreč, da se še vedno velikokrat po nepotrebnem uporablja preveč embalaže, a očitnih trendov dematerializacije ne bi bilo možno izvesti brez tehnološkega razvoja na področju embalažnih materialov in tehnologij.

Obstaja izjemno veliko primerov dobrih poslovnih praks, ki pričajo o neprekinjenem procesu zmanjševanja mase raznovrstnih embalažnih izdelkov (Radonjič 2008). Navedimo nekaj primerov iz prakse. Masa enolitrske plastenke za detergente se je zmanjšala v poprečju od 120 g v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja na poprečno 43 g v letu 2008. Debelina plastičnih vrečk se je zmanjšala od približno 50 μm na 25 μm . Masa embalaže za mačjo hrano se je med letoma 1993 in 2002 zmanjšala v poprečju za 35 %

(PRO EUROPE 2004). Tudi masi aluminijских in jeklenih pločevink se ves čas znižujeta. Tipična jeklena pločevinka s prostornino 0,33 l je tako danes za več kot 30 % lažja, kot je bila pred dvajsetimi leti in za več kot 60 % lažja v primerjavi s poprečno pločevinko pred štiridesetimi leti (APEAL 2006). V Tabeli 16 so zbrani nekateri primeri zmanjševanja mase različnih embalažnih proizvodov v zadnjih desetletjih (ACP 2008), ki potrjujejo, da je ves ta čas potekal intenzivni razvoj na tem področju.

Tabela 16: Zmanjševanje mase različnih embalažnih proizvodov (ACP 2008).

Vrsta embalaže/ količina pakiranega izdelka	Leto						Odstotek zmanjšanja mase
	1950	1960	1970	1990	2000	2008	
Plastenka za čisto / 1 l			120 g	67 g	50 g	43 g	64 %
Konzerva za juho / 400 g	90 g		65 g	57 g	55 g	49 g	46 %
Lonček za jogurt / 165 g		12 g	7 g	5 g		4 g	67 %
Pločevinka za pijačo / 0,33 l		60 g		21 g	15 g	14 g	77 %
Steklenica za pivo			450 g		325 g	176 g	61 %
Steklenica za mleko	538 g		397 g	230 g		186 g	65 %

Plastična embalaža je danes zaradi tehnološkega razvoja polimernih materialov in razvoja tehnologij v poprečju za 20–75 % lažja, kot je bila pred dvajsetimi leti, odvisno od embalažnega izdelka (APME 1999). V Nemčiji so opravili raziskavo o uporabi plastične embalaže in ugotovili, da se je tam zmanjšala masa plastične embalaže od leta 1991 do leta 2000 na enoto pakiranega izdelka, in sicer pri folijah poprečno za 36 %, pri plastenkah in kanistrih poprečno za 21 % in pri lončkih ter tubah poprečno za 11 %. Izračunali so, da je znašal prihranek količine polimernih plastičnih materialov zaradi zmanjševanja mase plastične embalaže v letu 2000 približno 300.000 t (Vorspohl in Bruder 2004). Če med letoma 1991–2000 ne bi bilo takšnega neprekinjenega zmanjševanja mase embalaže, bi bila količina odpadne plastične embalaže danes za 25 % višja.

Dematerializacija embalaže ne vključuje le zniževanja mase kot posledice tehnološkega razvoja embalažnih materialov in tehnologij, ki omogoča, da se za enak učinek porabi manj materiala. Seveda embalažna industrija in uporabniki embalaže s pridom izkoriščajo dosežke tovrstnega tehnološkega razvoja embalažnih materialov in tehnologij. A velike možnosti pri dematerializaciji so prisotne tudi na področju razvoja in oblikovanja embalažnih proizvodov (Slika 35). V praksi se namreč še vedno pojavljajo številni primeri embalaže, ki je predimenzionirana, t.j., proizvedena je iz preveč materiala/-ov, kot je smiselno in potrebno. Minimiranje količin embalažnih materialov pa ne pomeni le manj embalažnih odpadkov, ampak tudi nižje materialne stroške in embalažnine.



Toplotno skrčljiva plastična folija po celotni površini
Masa: 4 g



SKUPINSKA EMBALAŽA

Širok toplotno skrčljivi plastični trak
Masa: 2–3 g



Ozek plastični trak
Masa: 1–2 g



Kartonska škatla

Masa: 40 g



PRODAJNA EMBALAŽA

Plastična posoda z vrhno
plastično folijo

Masa: 27 g



Plastični meh, ki se lahko
odpira in zapira

Masa: 15 g

Slika 35: Primeri minimiranja (dematerializacije) embalaže
(povzeto po Waste & Resources Action Plan; www.wrap.org.uk).

Primeri minimiranja (dematerializacije) embalaže

- Francosko podjetje Un Air d'Ici je kovinsko embalažo za zamrznjeno sadje zamenjalo s plastično in s tem občutno privarčevalo pri transportu. Zaradi uporabe nove plastične embalaže na en tovornjak naložijo štirikrat več izdelkov kot prej. Nova embalaža je lažja za več kot 30 %, bistveno se je povečal tudi izkoristek palete.
- Trgovsko podjetje Marks and Spencer je zamenjalo plastično posodico za goveje meso s tanko folijo, tesno oprijeto okoli proizvoda. S tem se je masa embalaže zmanjšala za 69 %, trajnost mesnega proizvoda pa podaljšala za 4 dni.
- Podjetje Northern Foods je s spremenjenim dizajnom škatle za pico znižalo porabo materiala za 4.000 t na leto. Ker so se nove škatle bolje prilegale in bile med vožnjo bolj stabilne, so zmanjšali tudi količino poškodovanih pic za 75 %, s čimer so zmanjšali izgube hrane.
- Veriga trgovin Sainsbury je uvedla vrečke za mleko, ki so oblikovane tako, da se jih namesti v ločeno plastično posodo, ki je ni potrebno zamenjevati. Nova embalaža porabi 75 % manj materiala. Ocenjuje se, da bi lahko s takšnimi vrečkami prihranili do 1.400 t plastične embalaže.
- Aquafina, hčerinsko podjetje PepsiCo, je leta 2009 na trg poslala takrat najlažjo plastenko na svetu. Nova plastenka je bila za kar 50 % lažja od prejšnje. S tem so porabili 25.000 t manj plastike na leto.
- Trgovsko podjetje Tesco se je odločilo, da določenih sort vina, ki jih prodajajo, ne bo več uvažalo v steklenicah, pač pa v sodih. Iz sodov jih potem sami pretočijo v steklenice. Na ta način so prihranili nekaj tisoč ton steklene embalaže.
- Podjetje Ilirija je z inovativnim dizajnom zaporke za plastenke za izdelke za umivanje in nego zmanjšalo maso le-teh za 26 %. Z ekodizajnom zapork so prihranili 3.400 t plastike.
- Podjetje Gorenje je v obdobju 1974 do 2003 zmanjšalo maso embalaže za svoje hladilno zamrzovalne aparate z 11,5 kg/aparat na 2 kg/aparat.

Zniževanje mase embalažnih izdelkov ima poleg neposrednega varčevanja s primarnimi surovinskimi viri še dodatne posredne pozitivne učinke. Eden takšnih je učinek pri transportu embaliranega blaga. Z običajnim transportnim sredstvom npr. prepeljemo 93 % mase pijače in le 7 % mase plastenk iz PET v primerjavi z isto količino pijače, pakirane v steklenice, kjer slednje predstavljajo kar 43 % mase tovrstnega transportiranega blaga (PlasticsEurope 2005). Po nekaterih izračunih bi zamenjava celotne obstoječe plastične embalaže z alternativnimi materiali za 3,6-krat povečala maso potrebne embalaže in

s tem porabo energije pri transportu ter za 2,2-krat porabo potrebne energije pri proizvodnji embalažnih materialov, kar bi povečalo emisije TGP oziroma ogljični odtis za 2,7-krat (Brandt in Pilz 2011). Za skupino plastičnih folij se ocenjuje, da bi njihova zamenjava z drugimi materiali imela za posledico povečanje mase porabljenih embalažnih materialov kar za devetkrat, potrebno energijo za proizvodnjo takšne alternativne embalaže pa za več kot štirikrat (IK Industrieverband Kunststoffverpackungen e. V. 1999; Radonjič 2008).

Pomemben indikator učinkovitosti embalaže postaja razmerje med maso pakiranega blaga in maso embalaže. Čim večje je to razmerje, je bolje z vidika učinkovite rabe virov in zmanjševanja embalažnih odpadkov. Le nekaj gramov plastične embalaže je največkrat dovolj za prenašanje nekaj kg živil. Ob tem je razmerje mas pakirane hrane in potrebne embalaže zanjo v poprečju 10:1 (giblje se v širokem intervalu od 1:1 do 200:1) (INCPEN 1996). Primeri so prikazani v Tabeli 3.

11.1 Pretirana in nepotrebna uporaba embalaže

Na trgu je zagotovo veliko število proizvodov nepotrebno pakiranih v preveč embalaže. Eden od dokazov te trditve so podatki, ki so jih objavili v Veliki Britaniji o tem, kakšni bi bili prihranki embalažnih materialov in emisij toplogrednih plinov, če bi vse izdelke v svoji skupini (npr. vino, pivo, kosmiči, sadni sok itd.) pakirali v embalažo, ki je trenutno v svoji kategoriji najlažja. Rezultate prikazuje Tabela 17. Da so razlike v količinah uporabljenih embalaž znotraj iste skupine proizvodov (npr. toplih napitkov) lahko res očitne, dodatno potrjujejo podatki, prikazani v Tabeli 18 (WRAP 2009a). Nekatere analize v razvitih državah Evropske unije dodatno potrjujejo, da so na področju zniževanja mase embalažnih izdelkov možne še pomembne

izboljšave, in sicer glede prodajne in transportne embalaže (Worell in drugi 1995; Hekkert in drugi 2000; Hekkert in drugi 2000a; Vorspohl in Bruder 2004).

Ti podatki potrjujejo, da imajo proizvajalci in uporabniki embalaže razne možnosti, da z izboljšanim dizajnom ali/in substitucijo materialov dodatno dematerializirajo svojo embalažo. Nekaj primerov minimiranja količin konkretnih embalažnih proizvodov je prikazanih na Sliki 35 (povzeto po Waste & Resources Action Plan iz Velike Britanije). Proizvajalci in uporabniki embalaže so svojo embalažo bodisi redizajnirali bodisi uvedli novo inovativno embalažo, utemeljeno na konceptu ekodizajna.

Tabela 17: Potencialni prihranki embalaže za različne skupine izdelkov (podatki veljajo za Veliko Britanijo) (DEFRA 2009).

Vrsta embalaže	Celotna letna količina embalaže v VB (t)	Zmanjšanje mase v primeru prehoda na najlažjo embalažo (t)	Zmanjšanje emisij toplogrednih plinov (t CO ₂ ekvivalent)
Vino (steklenice)	310.107	106.024	75.000
Pivo (pločevinke)	29.276	10.798	50.000
Kosmiči (škafle)	40.686	11.868	17.000
Gazirane pijače (pločevinke)	47.725	10.816	50.000
Kečap (plastika)	21.222	7.720	23.000
Sadni sok (večslojni karton)	51.144	10.283	23.000
Jajca (posode)	12.854	6.697	10.000
Viski (steklenice)	28.347	6.733	4.000

Tabela 18: Razlika med najlažjo in najtežjo embalažo za posamezno izdelčno skupino (podatki veljajo za Veliko Britanijo) (WRAP 2009a).

Izdelčna skupina	Najlažja embalaža	Najtežja embalaža	Razlika v masi
Črni čaj (80 vrečk)	9 g	40 g	78 %
Instant kava (100 g)	210 g	306 g	31 %
Pražena kava (227 g)	8 g	11 g	27 %
Kava iz avtomata	0,6 g	12 g	95 %
Vroča čokolada (220–300 g)	45 g	385 g	88 %

Frustracij prosta embalaža

Na razvoj embalaže vplivajo tudi novi načini prodaje, kot je npr. prodaja preko spleta. Tudi v takem primeru mora embalaža vršiti razne funkcije, a nekatere funkcije, ki so nujne za običajni način prodaje, lahko pri sodobnih načinih prodaje postanejo moteče. Zato je potrebno nekatere funkcije embalaže prilagoditi oziroma modificirati.

Ameriški spletni velikan Amazon se je pred leti pričel soočati s kritikami svojih internetnih kupcev z očitki glede odpiranja pakiranega blaga (npr. nepredušno zaprtih trdih plastičnih škafel, večjih količin plastičnih folij ipd.). Izvedba embalaže, ki je v običajnih trgovinah potrebna zaradi preprečevanja kraje in spodbujanja k nakupu, postane s spletno trgovino ne le nepotrebna, ampak za določen delež kupcev celo moteča.

V ta namen je Amazon pozval podjetja, da na novo oblikujejo embalažo, v kateri ponujajo svoje izdelke za internetno prodajo. Na odzive kupcev spletnih trgovin so se odzvali različni proizvajalci, npr. Philips, Procter & Gamble, Duracell, Logitech, Polaroid idr. Duracell je naletel

na odličen odziv kupcev, odkar je na Amazonu ponudil svoj paket 28 baterij v kartonasti škatli. Podobno je Philips za nekatere svoje izdelke začel uporabljati novo embalažo brez pretiranega tiska in nepotrebne plastike. Zmanjšali so maso kartona na enoto izdelka in v večji meri uporabili reciklirane materiale. Pri Amazonu so objavili, da imajo pri izdelkih, pakiranih v "frustracij prosto" embalažo, za skoraj tri četrtine manj pritožb.



(vir: www.amazon.com)

Frustracij prosta embalaža mora zadostiti trem osnovnim kriterijem (Amazon 2010):

- enostavno odpiranje,
- primernost za reciklažo,
- ne sme vključevati dodatne škatle za dostavo kupcu.

Amazon je iniciativo za program razvoja frustracij proste embalaže dal leta 2008, leta 2009 pa je pričel tudi z lastnim certifikacijskim postopkom za podjetja, ki svoje izdelke tržijo preko spleta. Po opravljenem testiranju in ugotovitvi, da embalaža izpolnjuje zahteve, se podeli ponudniku uporaba logotipa, s katerim le-ta dokazuje, da svoje izdelke dejansko ponuja kupcem v takšni embalaži.



Kartonska embalaža za ptičjo krmilnico Birdfreeder

Kot primer uspešno oblikovane embalaže s karakteristikami frustracij proste embalaže, proizvedene v Sloveniji, velja omeniti kartonsko embalažo za ptičjo krmilnico podjetja Gigo Design. Embalaža kombinira nizko maso in dobro zaščito ter omogoča enostavno pošiljanje po pošti brez dodatnega pakiranja. To je še posebej pomembno, saj je izdelek namenjen prvenstveno spletni prodaji in poštni distribuciji po vsem svetu. Pri proizvodnji embalaže je bilo uporabljeno lepilo na vodni osnovi brez organskih topil, potiskane površine so minimalne. Za odpiranje niso potrebni dodatni pripomočki. Embalažo je možno v celoti reciklirati ali varno sežgati.



(vir: www.birdfreeder.com)

11.2 Kako določiti optimalno količino embalažnega materiala?

To je seveda eno od ključnih vprašanj načrtovanja embalaže. Pri tem se lahko medsebojno bijeta zahtevi po zadostni zaščiti (kar je ključna funkcija embalaže) ter minimalni količini porabljenega embalažnega materiala. Oboje je povezano z ekonomsko funkcijo embalaže, ki ima cilj optimalno doseganje drugih funkcij embalaže s čim nižjimi stroški (poglavje 3). Pri tem je potrebno upoštevati tudi okoljske stroške, kot je npr. embalažnina ter druge dajatve.

Poenostavljeno, a zelo popularno stališče je, da je čim manjša količina embalaže vedno najboljša rešitev. Takšno mnenje vodi do sklepa, da manj embalaže avtomatično

pomeni manjšo rabo primarnih virov. Vendar je ena od ključnih funkcij embalaže prav varovanje pakiranega blaga in s tem vseh tistih snovnih in energijskih virov, ki so bili potrebni za njegovo pridelavo oziroma proizvodnjo. Tega končni potrošnik ne zaznava in se ne zaveda. Zaznava le odpadno embalažo, ki nastaja pred njim in je dobro vidna.

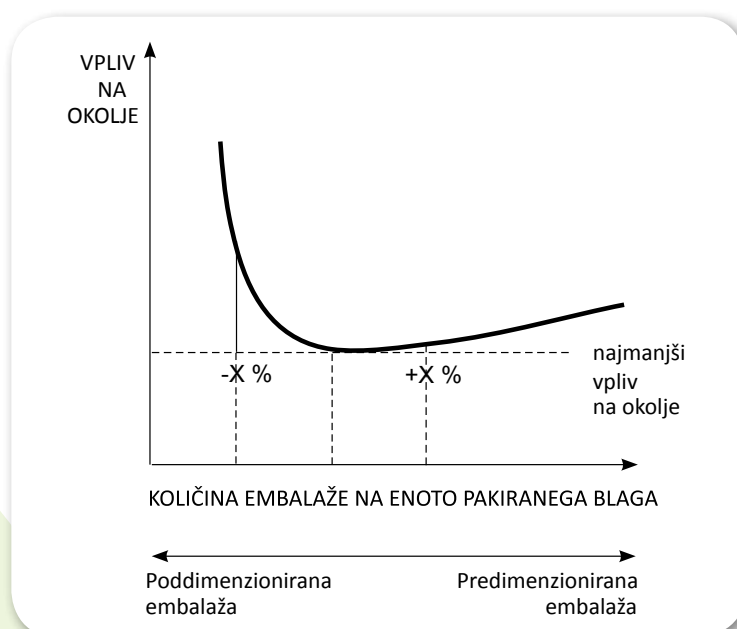
Kompleksnost določitve optimalne količine embalažnega materiala je bolj razvidno, če vanj vključimo tudi problem potencialne škoda oziroma stroškov izgube pakiranega blaga, ki nastanejo v primerih, ko ni zagotovljena zadostna zaščita blaga, kar vodi do poškodb, okvar ali pokvarljivosti pakiranega

blaga. Model, prikazan na Sliki 36, vključuje okoljske posledice tako v primerih uporabe nezadostne embalaže kot tudi pretirane rabe embalaže (Erlov et al. 2000). To imenujemo “embalažni paradoks.”

Predimenzionirana embalaža povečuje vpliv na okolje zaradi preveč nepotrebno uporabljenega embalažnega materiala, vendar tudi pretirano zniževanje mase embalaže lahko privede do nasprotnega učinka na okolje (Slika 36). S pretiranim zniževanjem mase embalažnih izdelkov namreč povečujemo tveganje lomljivosti ali pokvarljivosti blaga, proizvodnja le-tega pa je bistveno bolj obremenilna za okolje kot proizvodnja poddimenzionirane embalaže. Zato se v takem primeru vpliv na okolje povišuje eksponentno, saj ni povezan le z vplivi embalaže, ampak tudi z vplivi pakiranega proizvoda. Za 10 % predimenzionirana embalaža pomeni, da bo po uporabi izgubljeno 10 % virov, potrebnih za proizvodnjo in transport le-te. Na drugi stra-

ni pa lahko nezadostna embalaža (taka, ki ne ščiti zadovoljivo pakiranega blaga) povzroči 100 % izgubo vseh virov, potrebnih za pridelavo, proizvodnjo, transport in hrambo izdelka, vključno z embalažo samo. Ob tem embalaža, ki ustrezno varuje živila in podaljšuje njihovo trajnost, omogoča, da potrošniki opravijo nakup večje količine živil naenkrat. To odpravi potrebo po dodatnih prevozih z vozili v trgovine in nakupovalne centre in prispeva k manjšim emisijam izpušnih plinov.

Ob nezadostni embalaži utrpi podjetje še poslovno škodo zaradi izgube izdelka oziroma zaradi reklamacij. Zato se dematerializacija embalaže nikakor ne sme izvajati na račun izgube zaščitne funkcije embalaže. Embalaža se mora zaradi tega načrtovati v kontekstu celovitega sistema pakiranja in rizikov, ki jim je izpostavljen pakirani proizvod, torej v celotni verigi vrednost blaga. Cilj mora biti iskanje kompromisa med temi zahtevami.



Slika 36: Princip določevanja optimalne količine embalažnega materiala (Erlov et al. 2000).

Količina porabe embalažnega materiala je odvisna od:

- oblike embalaže,
- velikosti embalaže,
- konstrukcije embalaže,
- usklajevanja porabe embalažnega materiala s sistemom izdelave embalaže,
- izbire osnovnih in pomožnih embalažnih materialov.

V spodnjem okvirju so zbirno navedeni ukrepi in načini za izboljševanje materialne učinkovitosti v povezavi z embalažo (prirejeno po Verghese in drugi 2012):

Ukrepi in načini izboljševanja materialne učinkovitosti embalaže

- zniževanje debeline embalaže v mejah, ki zagotavljajo zaščito blaga,
- odpravljanje nepotrebnega praznega prostora, slojev in sestavnih delov,
- odpravljanje etiket s tiskanjem in etiketiranjem neposredno v stroju (orodju),
- izbor količine oziroma prostornine pakiranega blaga, ki dejansko zadovoljuje potrebe potrošnika,
- trajnejša živila ponuditi v večjih embalažnih enotah; podobno velja za izdelke, namenjene družinam,
- povečanje prostorninske gostote s koncentriranjem pakiranega izdelka (npr. detergenti ipd.),
- oblikovanje lahke embalaže za ponovno polnjenje v trgovinah,
- minimalna raba tiskarskih sredstev (še posebej v primerih, ko le-ta niso ključna pri odločanju za nakup),
- zagotavljanje dobrega prileganja prodajne embalaže v skupinski embalaži,
- optimiranje skupinske embalaže za čim učinkovitejši izkoristek površine na paletah,
- uporaba ločenih tabel ali displejev na prodajnih mestih, da pritegnejo kupca in s tem zmanjšujejo potrebo po večji embalaži,
- razmisliti ali uporabiti zložljive lahke palete namesto lesenih,
- ugotoviti, kateri so najbolj učinkoviti konkurenčni embalažni proizvodi v smislu najmanjše porabe materiala za isti namen uporabe.

Kritična površina embalaže v skladu s standardom EN 13428

Z vse bolj zaostrenimi zakonodajnimi in poslovnimi zahtevami glede minimiranja embalaže je eden od možnih kriterijev, na katerega se lahko oprejo dobavitelji in uporabniki embalaže pri določitvi minimalne količine in/ali prostornine ta, ki je opredeljen v standardu EN 13428 kot t. i. kritična površina (angl. critical area). Kritična površina predstavlja kriterij, ki preprečuje nadaljnje zmanjševanje mase in/ali prostornine embalaže zaradi ogrožanja njene funkcionalnosti.

Dobavitelj embalaže lahko v skladu z zahtevo standarda EN 13428 dokaže, da je upošteval različne kriterije, ki vplivajo na kritično površino in s tem zagotovi, da lahko embalaža optimalno vrši svojo zaščitno funkcijo ob najmanjši porabi uporabljenega embalažnega materiala. Standardizirani izvedbeni kriteriji, s pomočjo katerih dobavitelj embalaže določa kritično površino, med drugim vključujejo zahteve pri proizvodnji embalaže, postopku pakiranja logistiki, tržni predstavitvi izdelka idr. Namen določitve kritične površine je zavedanje, da ima lahko minimiranje količine embalažnega materiala različen vpliv na funkcije embalaže, in sicer lahko različno prizadene različne vrste embalaže. Za vsako vrsto embalaže je glede na zahtevo standarda potrebno določiti tisto področje, ki bi ga zmanjšanje mase ali prostornine tako prizadelo, da embalaža ne bi več kakovostno opravljala vseh svojih funkcij. Na primer, če so preskusi pokazali, da bi nadaljnje zniževanje mase embalaže vodilo do izgube njene zaščitne funkcije in s tem do rizika, da pride do poškodbe pakiranega blaga med transportom, je bila kritična površina že dosežena.

11.3 Načrtovanje prodajne in transportne embalaže mora potekati sočasno

Čeprav tanjša prodajna embalaža načeloma lahko ustrezno varuje pakirano blago, je treba nujno upoštevati tudi to, kaj se bo z njo dogajalo v celotni dobavni verigi blaga in kakšnim vplivom bo tam izpostavljena. Primer dematerializacije ovojne embalaže prikazuje Slika 37. Podjetje je z eliminacijo kartonskih škatel za skupinsko embalažo prihranilo 2.000 t embalaže letno, izkoristek palet pa se je povečal za 48 % (WRAP 2009b).

Vendar je pri zniževanju mase ovojne ali transportne embalaže potrebno vedeti, kakšne posledice ima to za prodajno embalažo. Ali bo izdelek v njej po minimiranju transportne in

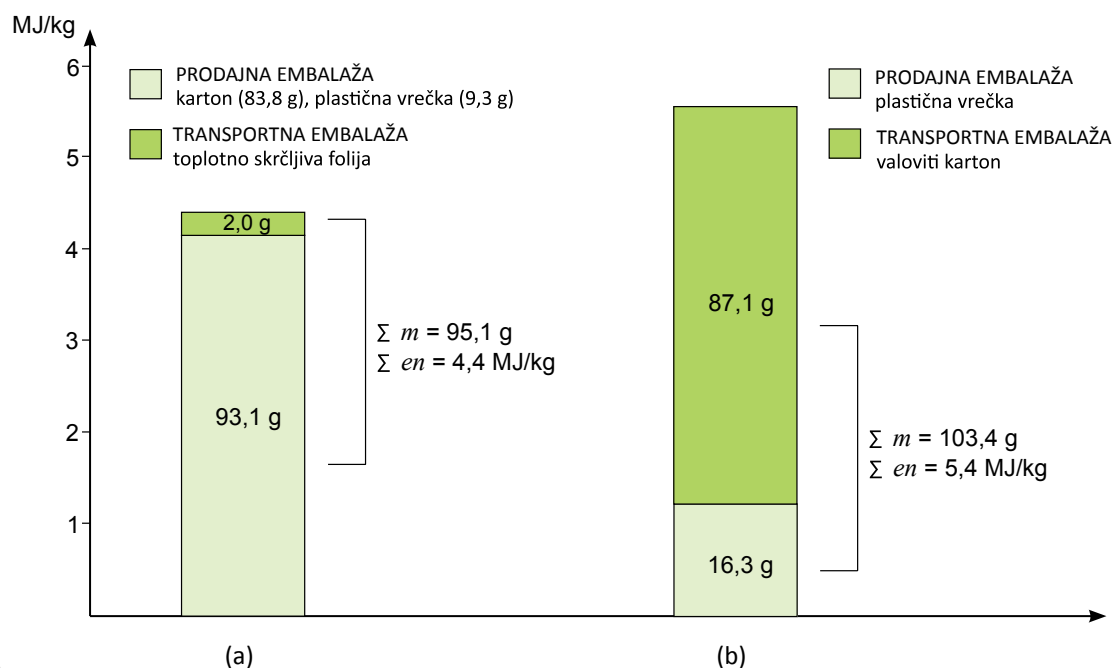
ovojne embalaže še dovolj zaščiten v celotni dobavni verigi? Zaradi lažje prodajne embalaže se lahko torej pojavi potreba po debelejši skupinski in/ali transportni embalaži. To pa je treba zajeti tudi drugače, ne le v bilanci celotnih stroškov za embalažo, saj se lahko zaradi debelejše skupinske ali transportne embalaže znižani vpliv na okolje, ki je bil dosežen z dematerializacijo primarne embalaže, izničuje. Zato mora odločitev o zniževanju embalažnih materialov temeljiti na osnovi natančnih okoljskih in ekonomskih analiz.



Slika 37: Primer dematerializacije skupinske embalaže (WRAP 2009b).

Nepremišljeno poudarjanje zniževanja mase embalaže samo po sebi namreč lahko prinaša tudi negativne ekonomske in okoljske posledice (Radonjič 2008). Naj slednje ponazorimo s primerom embalaže za kekse, prikazanim na Sliki 38 (PRO EUROPE 2004). Podjetje je želelo zmanjšati porabo prodajne embalaže za pakiranje keksov. Prvotno so jih pakirali v tanke plastične vrečke, ki so jih položili v kartonsko škatlo. Skupna masa takšne embalaže je bila 93,1 g/kg keksov, poraba energije pa 4,2 MJ/kg keksov. Škatle so nato ovili s toplotno skrčljivo plastično folijo, ki je predstavljala transportno embalažo, in pri tem uporabili 2 g folije/kg keksov ter 0,2 MJ/kg energije. Da bi zmanjšali porabo embalažnega materiala na viru, so omenjene plastične vrečke in kartonske škatle zamenjali s trdnejšimi plastičnimi vrečkami, s čimer so želeli odpraviti kartonske škatle. Poraba embalaže se je tako s 93,1 g/kg keksov zmanjšala na 16,3 g/kg keksov, poraba energije pa na 1,3 MJ/kg keksov. Vendar je takšna

prenovljena embalaža za kekse zahtevala trdnejšo transportno embalažo, saj se je izkazalo, da so se pojavile poškodbe izdelkov oziroma drobljenje pakiranega izdelka, česar nikakor niso smeli ponuditi kupcem. Zato so uporabili škatle iz valovitega kartona namesto prej uporabljane skrčljive folije. To pa je imelo za posledico povečano skupno maso prodajne in transportne embalaže na 103,4 g/kg keksov, celotno porabo energije pa na 5,4 MJ/kg, to pa je več v primerjavi s prvotno uporabljenno embalažo (Slika 38). Primer kaže na to, da ni dovolj razmišljati le o zmanjševanju mase prodajne embalaže, temveč jo je treba obravnavati vselej v celotnem sistemu. Zaščita pakiranega izdelka ostaja pri tem vodilo, saj se za proizvodnjo pakiranih izdelkov troši mnogo več snovnih in energijskih virov kot za proizvodnjo njihove embalaže. Zato je treba k dematerializaciji embalaže ter z njo povezanim zmanjševanjem njene mase pristopiti previdno ter predvsem celostno.

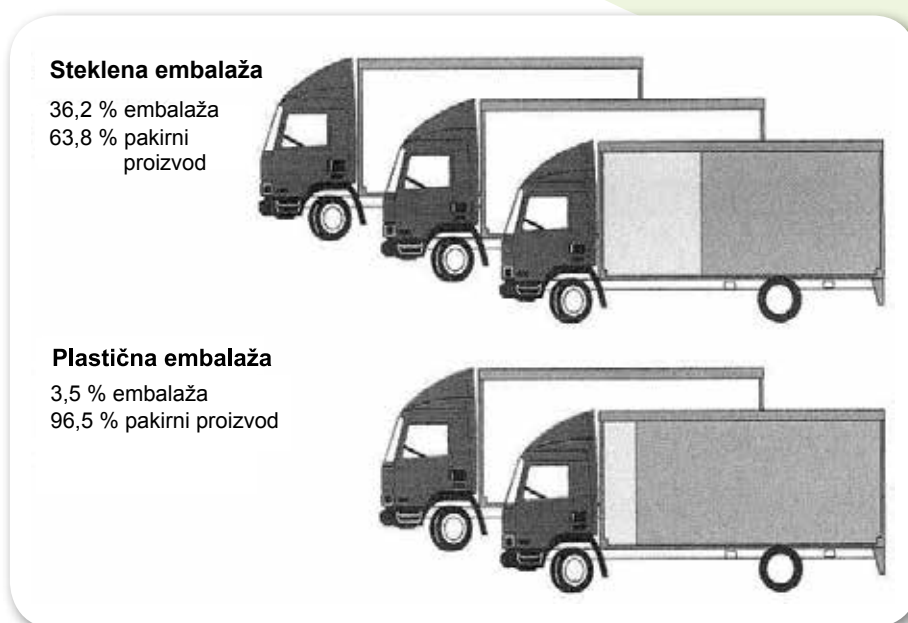


Slika 38: Neustrezna zamenjava embalaže. Snovna in energijska bilanca dveh embalažnih sistemov za pakiranje keksov: (a) prvotna embalaža, (b) nova embalaža (PRO EUROPE 2004).

11.4 Zniževanje mase embalaže in boljša transportna učinkovitost

Obravnavanje embalaže znotraj celotne dobavne verige blaga daje drugačno sliko tudi za nekatere embalažne materiale, ki imajo v širši javnosti manj ugodno podobo (na primer plastična embalaža). Steklени kozarec za jogurt skupaj z aluminijским pokrovčkom ima maso 85 g, medtem ko je masa plastične čaše iz polistirena skupaj z enakim pokrovčkom le 5,5 g. Za transport enake količine jogurta to pomeni, da kamion, natovorjen z jogurtom, pakiranim v plastične čaše, prevaža 3,5 masnih odstotkov embalaže ter 96,5 masnih odstotkov pakirane vsebine. Z alternativno stekleno embalažo pa masni odstotek





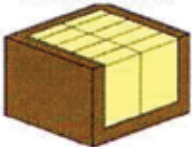
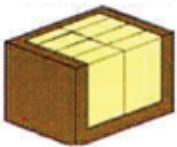
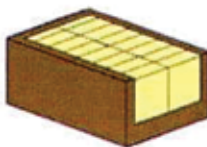
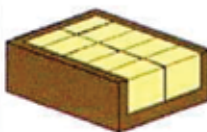
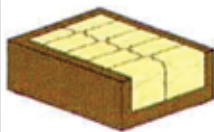

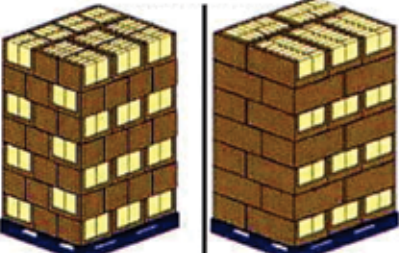









transportirane embalaže naraste na 36,2 odstotkov mase transportiranega blaga. Z drugimi besedami: namesto dveh kamionov, natovorjenih z jogurtom v plastičnih čašah, morajo na pot trije kamioni z isto količino jogurta v stekleni embalaži (Slika 39) (IK Industrieverband Kunststoffverpackungen e. V. 1998; Radonjič 2008). Podobno velja tudi za plastenke v primerjavi s steklenicami in še za vrsto drugih embalažnih izdelkov. Zato se pri definiranju okoljskega profila embalažnih materialov in izdelkov temu vidiku ne smemo ogniti.



Slika 39: Masni deleži alternativnih embalažnih izdelkov pri transportu jogurta (IK Industrieverband Kunststoffverpackungen e. V. 1998).

Z minimiranjem prodajne in skupinske embalaže se da znatno prihraniti tudi pri paletizaciji. Na ta način se posledično občutno znižajo stroški distribucije in skladiščenja. Spremembe so lahko opravljene na način, da ni opazna ali potrebna vidna sprememba prodajne embalaže. Na Sliki 40 je prikazano, kako spremembi prodajne in skupinske

embalaže za primer embaliranja kosmičev vplivata na učinkovitost paletizacije. Razvidno je, da na tovrstno učinkovitost lahko vplivamo bodisi le s spremembo prodajne in skupinske embalaže posebej, najvišjo učinkovitost pa dosežemo z optimizacijo obeh skupaj. Pri tem je prostornina prodajne embalaže ves čas enaka (WRAP 2009c).

Prodajna embalaža (prvotna)	Prodajna embalaža (prvotna); Skupinska embalaža (nova)		Prodajna embalaža (nova); Skupinska embalaža (nova)	
				
10 enot v škatli 	8 enot v škatli 	16 enot v škatli 	10 enot v škatli 	10 enot v škatli 
420 enot na paleto  Učinkovitost 69 %	560 enot na paleto  Učinkovitost 92 %		600 enot na paleto  Učinkovitost 99 %	
-	33 %		43 %	
 x 9.900 	 x 12.320 	 x 13.200 	 x 13.200 	
-	24 %		33 %	

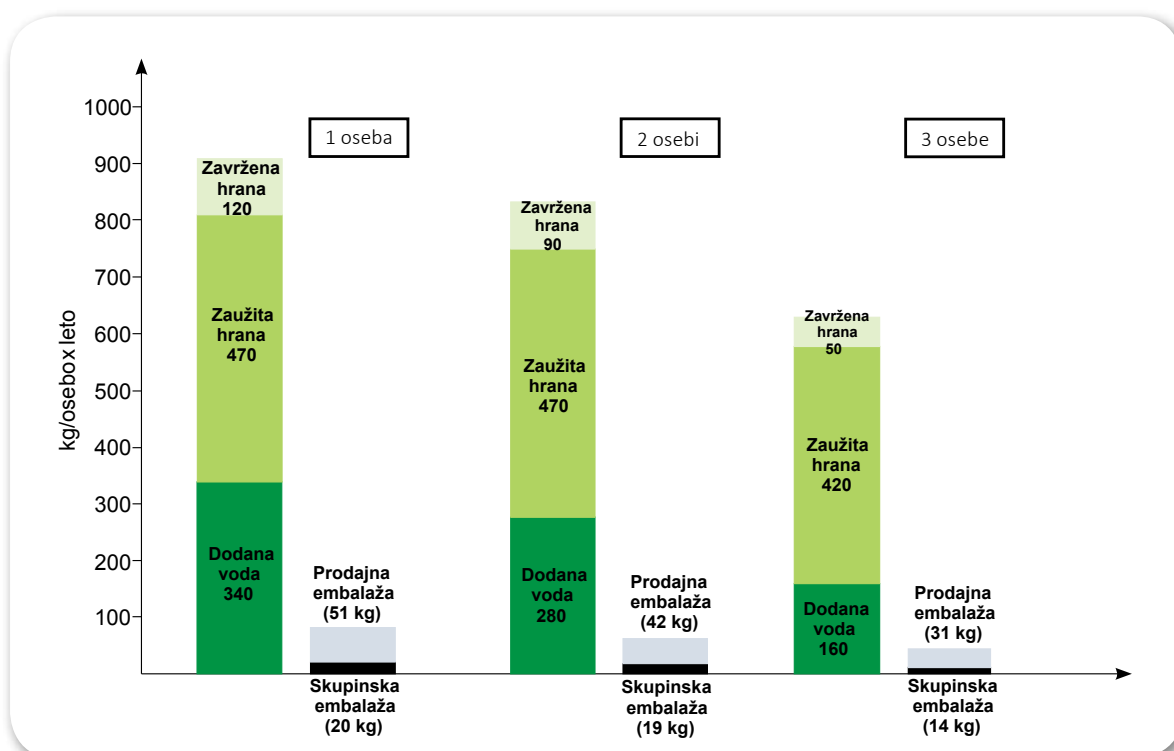
Slika 40: Učinkovitost paletizacije v odvisnosti od oblike prodajne in skupinske embalaže (izračuni so opravljeni za primer palete dimenzij 1200 x 1000 x 2400 mm in kapaciteto 22 palet na vozilo) (WRAP 2009c).

11.5 Življenjski slogi vplivajo na količino potrebne embalaže

Razvojne smernice v evropskih državah jasno kažejo, da mlajši ljudje danes v poprečju dalj časa živijo sami ali pa le v dvočlanskih skupnostih. Pričetek oblikovanja družine se prestavlja v kasnejša leta. Prav tako so se spremenile prehranjevalne navade. Enočlanska in dvočlanska gospodinjstva potrebujejo embalažo, ki je prirejena potrebnim količinam živil ter dinamiki njihove porabe. Povečevanje števila gospodinjstev v Veliki Britaniji z manj člani je imelo za posledico povečanje porabe živilske embalaže za 4 % v letu 2000 (INCPEN 1996). Ocenjujejo, da rast števila gospodinjstev z manj člani povzroča poprečno približno 5 % večjo porabo embalaže (za vse vrste pakiranega blaga), kot bi bila le-ta v primeru večjega deleža gospodinjstev z več člani (Koo-

ijman 2000; 2000a). Po drugi strani zaradi višjega zdravstvenega standarda v razvitejših državah ljudje živijo dlje časa. Starejši ljudje ob tem pričakujejo učinkovito in funkcionalno embalažo, ki se enostavno odpira in omogoča čim lažjo pripravo hrane.

Na Sliki 41 so prikazane količine porabe živil, vode za kuhanje ter pripadajoče embalaže v odvisnosti od števila članov v posameznem gospodinjstvu v Veliki Britaniji (INCPEN 1996). S Slike 41 je razvidno, da je poraba živil in vode, preračunana na posamezno osebo, bistveno manjša v skupnostih, kjer živi več oseb. Posamezna oseba v takih primerih povzroči tudi manjše količine odpadne embalaže.



Slika 41: Poraba živil, vode za kuhanje in embalaže v odvisnosti od števila oseb v gospodinjstvu v Veliki Britaniji (INCPEN 1996).

Za osebo, ki živi sama, je bolje, da uporablja večje število manjših embalažnih enot, čeprav se v tem primeru potroši več embalaže kot v primeru, ko je enaka količina živila pakirana v eno večjo embalažno enoto. Toda z vidika trajnostne rabe snovnih in energijskih virov, ki so bili potrebni za pridelavo ter proizvodnjo pakiranega proizvoda, je bolje, da se uporabi manjše embalažne enote in na ta način minimira tveganje pokvarljivosti živila.

Spremenile so se tudi prehranjevalne navade ljudi. Zaznava se obedovanje ob različnih urah za člane iste družine in povprečen

čas priprave hrane zaradi hitrejšega načina življenja je vedno krajši. Porabniki v vse večji meri uporabljajo pripravljene obroke in zamrznjeno hrano ter se pri tem naslanjajo na uporabo sodobnih tehnologij za pripravo hrane (zamrzovalniki, mikrovalovne pečice ipd.). Veliko prehrambnih izdelkov je moč uporabiti kar stoje, iz roke, ker imajo k embalaži že priloženo slamico ali žličko. Spreminjajoči se življenjski vzorci in navade imajo tako izjemen vpliv na to, v kakšni embalaži naj proizvajalec da svoje živilo na trg. Tem potrebam se je embalažna industrija morala prilagoditi (Radonjič 2008).

Družbene spremembe, ki vplivajo na dobavne verige in na povečevanje količin embalaže:

- ☛ naraščanje prebivalstva v svetu,
- ☛ vse več ljudi živi v mestih,
- ☛ globalizacija blagovnih poti, ki zahteva več embalaže za daljše transportne poti in ekstremne klimatske pogoje,
- ☛ naraščanje števila gospodinjstev z le enim ali dvema članoma,
- ☛ družinski člani imajo obroke ob različnih časih, kar povečuje potrebo po manjših embalažnih enotah,
- ☛ novi načini priprave hrane, ki zahtevajo posebno embalažo,
- ☛ vse glasnejše zahteve po umiku uporabe umetnih konzervansov v hrani, kar se včasih kompenzira z več embalaže, da živilo obdrži pričakovani rok trajanja,
- ☛ marketinško oziroma oglaševalsko ustvarjanje umetnih potreb potrošnikov, kar posledično pomeni vse hitrejšo menjavo izdelkov in kupovanje takih, ki jih ljudje nujno sploh ne potrebujejo,
- ☛ konzumiranje hitre hrane, sendvičev, kave za zraven ipd.,
- ☛ kupovanje vode v plastenkah in steklenicah,
- ☛ dodatne zahteve po varnem zapiranju, ki praviloma potrebujejo dodatno embalažo (zaščita pred odpiranjem izdelkov na policah, preprečevanje, da pride izdelek v stik z otrokom),
- ☛ prodaja izdelkov preko interneta.



12 Oblikovanje za reciklažo

Velja si zapomniti

Tudi najnaprednejša tehnologija reciklaže bo morala opraviti s tem, kar je bilo odločenega in izbranega v fazi načrtovanja proizvoda.

V skladu z Uredbo o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo (Uradni list RS 2006) pomeni reciklaža odpadne embalaže postopke predelave odpadne embalaže v material za izdelavo nove embalaže ali za druge namene, vključno z organskim recikliranjem odpadne embalaže. Čeprav zavzema reciklaža pomembno mesto v okoljski politiki EU, je potrebno poudariti, da gre le za enega od možnih ukrepov ravnanja z odpadno embalažo in da se lahko dosežejo večji neto okoljski učinki tudi z drugimi ukrepi optimiranja embalaže, predstavljenimi v tej knjigi oziroma s kombiniranjem različnih načinov predelave odpadkov.

Potrebno je poudariti, da se dostopnost, kakovost in sposobnost reciklaže med posameznimi embalažnimi materiali razlikujejo. Pri uporabi recikliranih materialov je pomembno zagotoviti, da reciklirani materiali poleg zahtev glede tehničnih lastnosti zadoščajo tudi higienskemu oziroma zdravstvenemu standardu v stiku s pakiranim proizvodom (npr. hrano, pijačo, kozmetiko, zdravili). Z uporabo recikliranih materialov se ne sme ogroziti varovanje pakiranega proizvoda in njegova funkcionalnost.

Reciklaža odpadne embalaže je v zadnjih letih zelo pridobila na pomenu. Količine re-

ciklirane odpadne embalaže v EU se iz leta v leto povečujejo (poglavje 6). Za to obstaja več razlogov. Prvi je vse večja skrb za okolje v družbi in uporaba recikliranih materialov je prepoznana kot eden izmed pomembnih ukrepov zmanjševanja negativnih vplivov na okolje. Ker obstaja širok družbeni konsenz o smiselnosti recikliranja embalaže, je vključevanje prebivalstva v sisteme zbiranja in ločevanja odpadkov danes lažje, kot je bilo v preteklosti. Drugi razlog je zakonodaja. Okoljska zakonodaja EU je reciklažo intenzivno vključila v politiko ravnanja z odpadki v najširšem kontekstu. Na področju odpadne embalaže so za posamezne države že vrsto let predpisane reciklažne kvote oziroma deleži odpadne embalaže, ki jih morajo dosežati države članice (poglavje 6). Tretji razlog je ekonomski. Ta postaja vse pomembnejši. Cene primarnih surovinskih virov so vse dražje in pričakovati je, da se bodo v prihodnje še poviševale. Odpadki vse bolj dobivajo pomen koristnega vira sekundarnih surovin za gospodarstvo. Četrty razlog ni (za razliko od prvih treh) tako očiten, a pridobiva na pomenu. Uporaba recikliranih materialov marsikje pomeni izboljševanje ugleda podjetja v očeh potrošnikov. Je lahko del učinkovitejše okoljske politike podjetja, saj kupci cenijo podjetja, ki za svoje proizvode in embalažo uporabljajo reciklirane materiale.

Ne glede na pomen reciklaže pomeni le-ta samo enega izmed postopkov predelave odpadne embalaže v širšem sistemu gospodarjenja z odpadno embalažo. Čeprav je o možnosti reciklaže potrebno razmišljati že pri njenem razvoju in načrtovanju, pa so lahko v določenih primerih drugi ukrepi, ki jih je možno vključiti pri takšnem načrtovanju, okoljsko in ekonomsko bolj učinkoviti, kar so potrdile analize LCA (Radonjič 2008). Reciklažni postopki so za določene materiale in kombinacije materialov namreč soočeni z raznimi tehno-ekonomskimi omejitvami, ki lahko vplive na okolje in stroške znatno povišajo v primerjavi s svežimi materiali ali drugimi ukrepi ravnanja z odpadki.

Prednosti in ugodni učinki reciklaže (tako okoljski kot ekonomski) bodo doseženi le v primeru, ko bo kakovost recikliranih materialov primerna, da bodo le-ti lahko konkurenčni svežim, in ko bodo reciklirani materiali predelani nazaj v nek drugi proizvod. Žal temu ni vedno tako in postopke reciklaže nemalokrat spremljajo resne tehno-ekonomske omejitve, ki zmanjšujejo učinkovitost ter lahko posledično bistveno povišajo stroške. Veliko embalaže nikakor ni čiste, ko se zavrže. Seveda se različni embalažni materiali med seboj razlikujejo tudi po tem, kako čistost in materialna homogenost odpadne embalaže vplivata na učinkovitost reciklaže in na končne lastnosti reciklatov. V vsakem primeru pa se je treba različnih pomanjkljivosti zavedati (npr. pri odpadni plastični embalaži), saj lahko

idealiziranje reciklaže v smislu favoriziranja pred drugimi postopki predelave včasih privede do nasprotnih okoljskih in ekonomskih učinkov (Radonjič 2008).

Tehnološki razvoj na področju reciklaže je bil v zadnjih letih dinamičen. Razvite so bile številne učinkovite tehnologije, ki omogočajo predelavo in uporabo odpadne embalaže, ki jo je bilo v preteklosti težko reciklirati, kot so npr. mešani plastični odpadki. Vendar pa uspešnost reciklaže ni odvisna le od učinkovitosti zbiranja, ločevanja in tehnološkega procesa predelave, temveč tudi od aplikacije predelanih (recikliranih) materialov. Kakovost recikliranih materialov igra pri tem odločujočo vlogo. Tudi na področju reciklaže se zahteve glede kakovosti vse bolj zaostrojujejo, še posebej takrat, če se reciklirani materiali uporabljajo za embalažo, ki prihaja v stik z živili (poglavje 12.1). Strožje zahteve niso odveč, saj beležimo primere, da je bila vsebnost škodljivih snovi v živilih posledica prav uporabe recikliranih materialov (glej poglavje 12.4).

Opomba: O dilemah pri izboru najprimernejšega postopka ravnanja z odpadno embalažo in kriterijih, povezanih s tem, lahko bralec izve več v knjigi G. Radonjič, Embalaža in varstvo okolja, 2008.

Reciklaža in ekodizajn sta povezana

Še tako napredna tehnologija reciklaže bo na koncu soočena s tem, kako sta bili opredeljeni izbira materialov ter konstrukcija v začetni fazi načrtovanja izdelka pred proizvodnjo. Eden od ključnih ciljev ekodizajna embalaže je tudi "oblikovanje za reciklažo" (angl. Design for Recycling), katerega osnovna zamisel izhaja iz zavedanja, da bo embalaža prej ali slej postala odpadek, zato je potrebno razmisliti, kako jo oblikovati, da jo bo možno učinkovito predelati.

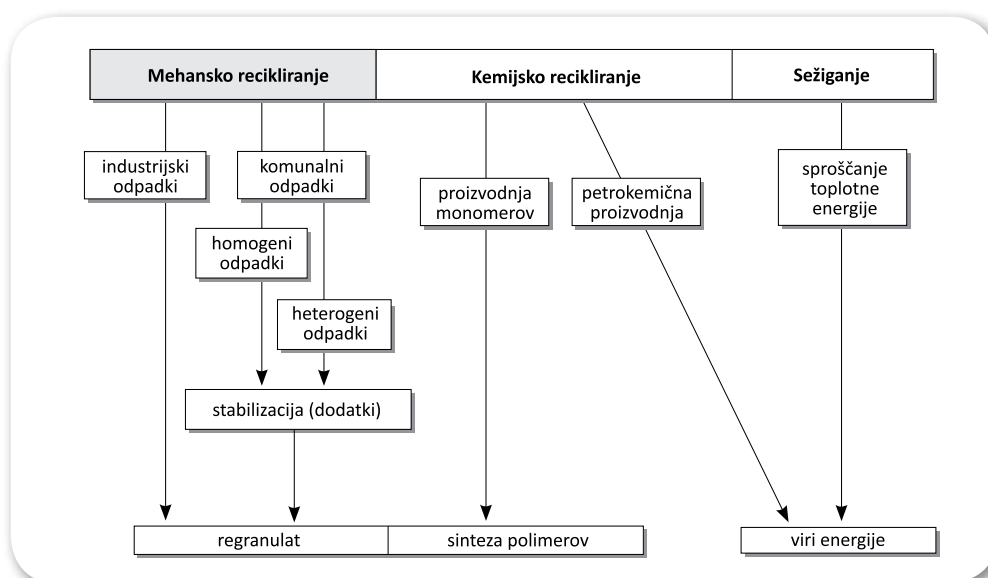
Potrebno se je zavedati:

Postopki ravnanja z odpadno embalažo predstavljajo eno od faz okoljskega življenjskega cikla (poglavje 8). To pomeni, da bo končni okoljski profil nekega embalažnega izdelka odvisen tudi od tipa tehnologije, ki je bila uporabljena za njegovo reciklažo ali kateri koli drugi način predelave. Učinkovitost reciklažnih tehnologij se vseskozi izboljšujejo. Še posebej je to evidentno na področju plastične embalaže, kjer se soočamo s številnimi tehno-ekonomskimi omejitvami, ki se dajo danes do določene mere presegati tudi s sodobnimi reciklažnimi procesi (poglavje 12.1).

12.1 Reciklaža odpadne plastične embalaže

V osnovi obstajajo tri tehnološke možnosti za predelavo odpadne plastike, ki se povsem razlikujejo med seboj: to so mehanska reciklaža, kemijska reciklaža in sežiganje (energijska reciklaža) (Slika 42). Mehansko lahko recikliramo termoplaste, ki so taljivi in jih je možno regranulirati. Pri tem ne prihaja do spremembe njihove kemijske sestave. Mehanska reciklaža industrijskih odpadkov je povezana z bistveno manj tehno-ekonomskimi omejitvami, saj so odpadni termoplasti v glavnem v industrijskem merilu zbrani na izvoru, so čisti ter homogeni po sestavi in barvi. Po mletju se velikokrat dodajajo k svežim materialom iste kemijske sestave (tudi do 20 %). Z reciklažo je možno predelati tako homo-

gene odpadke kot heterogene, prav tako je možno izbirati postopke glede na vrsto odpadka in jih prilagajati lastnostim materialov. Ne glede na različne izvedbe in tehnike pa ostaja tehnološki postopek mehanske reciklaže načeloma enak. Zajema osnovne operacije ločevanja, drobljenja, čiščenja, aglomeriranja, pretaljevanja, filtriranja in regranuliranja. Še posebej pomemben je postopek filtriranja, saj zelo vpliva na končno kakovost regranulata. Glede na vrste odpadkov in njihove kakovosti lahko določene operacije tudi odpadejo. Na Sliki 43 je prikazanih nekaj izdelkov iz reciklirane plastične embalaže (DKR 2004).



Slika 42: Tehnološke možnosti predelave odpadne plastike (Lundquist et al. 2000; Radonjič 2008).

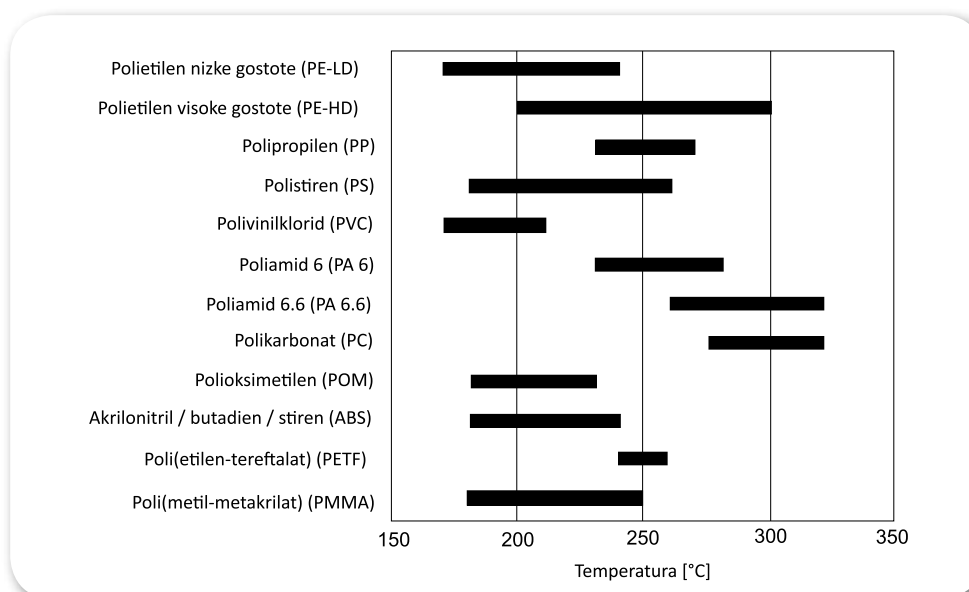


Slika 43: Izdelki iz reciklirane plastične embalaže (DKR 2004).

12.1.1. Tehno-ekonomske omejitve reciklaže odpadne plastike

Odpadki iz termoplastov se razlikujejo po vrsti (sestavi), obliki, homogenosti, vsebnosti in vrsti nečistoč, stopnji razgradnje ter po fizikalnih lastnostih. Vsi ti dejavniki so pomembni glede izbire ustreznih tehnoloških postopkov in naprav za ponovno predelavo ter glede smotrne organiziranosti njihovega zbiranja in sortiranja. Vsak polimer kot tudi vsak tip posameznega polimera je bil proizveden z namenom zadovoljiti povsem specifične pre-

delovalne in uporabne lastnosti. Na primer, tip polietilena, namenjenega za postopek vbrizgavanja, se po svojih fizikalnih lastnostih razlikuje od tistega, namenjenega pihanju. Zato se temperaturna področja za predelavo bistveno razlikujejo glede na vrsto in tudi tip polimera (Slika 44). Temperatura, ki za nekatere termoplaste predstavlja šele začetek talilnega območja (npr. za PET, PA), je lahko za druge termoplaste že področje znatne toplotnomehanske razgradnje, kar ima za posledico bistveno poslabšanje lastnosti reciklatov (Radonjič 2002).



Slika 44: Temperaturna področja za predelavo nekaterih termoplastov.

Dodatno težavo povzroča dejstvo, da se polimeri, ki jih uporabljamo za embalažo in se pojavljajo med odpadki, najpogosteje (polietileni (PE), poli(vinil-klorid) (PVC), polipropilen (PP), polistiren (PS), poli(etilen-tereftalat) (PET)) med seboj ne mešajo (Slika 45). Že majhne količine enega polimera v drugem namreč bistveno poslabšajo mehanske last-

nosti slednjega. Poliolefini (PE-LD, PE-HD, PP) ne le, da med seboj nemešljivi, ampak se ne morejo mešati tudi z drugimi najbolj prisotnimi polimernimi materiali za embalažo (PET, PS, PVC). S Slike 45 je razvidno, da najbolj proizvajen in najpogosteje uporabljan polimerni material polietilen nima sposobnosti mešanja z nobenim od drugih polimerov.

	PS	SAN	ABS	PA	PC	PMMA	PVC	PP	PE-LD PE-HD	PET
PS	●	○	○	○	○	◐	○	○	○	○
SAN	○	●	●	○	●	●	●	○	○	○
ABS	○	●	●	○	●	●	◐	○	○	○
PA	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○
PC	○	●	●	○	●	●	○	○	○	○
PMMA	◐	●	●	○	●	●	●	○	○	○
PVC	○	●	◐	○	○	●	●	○	○	○
PP	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○
PE-LD PE-HD	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○
PET	○	○	○	○	●	○	○	○	○	●

● Kompatibilno
 ○ Nekompatibilno
 ◐ Kompatibilno pri manjših količinskih deležih

Slika 45: Matrika mešljivosti (kompatibilnosti) polimernih plastičnih materialov (Pregrad in Musil, 2000; Rink et al. 1995).

Poleg različnih vrst in tipov polimerov med odpadki se pojavlja velikokrat še dodatno onečiščenje zaradi prisotnosti drugih materialov (papirja, stekla, kovin, tekstilij), različnih dodatkov, prašnih delcev, ostankov hrane in drugih embaliranih ostankov (npr. olj). Zato ne čudi dejstvo, da je veliko inovativnih rešitev usmerjenih prav v čim hitrejše in natančnejše določanje sestave tokov odpadkov in v razvoj prilagodljivih ter ekonomičnih tehnik ločevanja.

Tehnološki razvoj prinaša vse bolj učinkovite tehnološke procese ločevanja različnih vrst plastičnih embalažnih materialov, kot je

na primer uporaba infra-rdečih senzorjev. V praksi se uporablja tudi ločevanje na osnovi različnih gostot polimerov v vodnem mediju. Slednja metoda pa ni povsem učinkovita pri ločevanju PET, PS in PVC, saj imajo ti materiali podobne gostote. Konkretno to pomeni, da bo pri reciklaži PET plastenk z določenimi postopki ločevanja težko ali celo nemogoče ločiti zmlete PVC etikete ali zamaške od zmletega PET materiala.

Čeprav je večji del razvojnih naporov na področju snovne reciklaže odpadne plastike usmerjen v procese ločevanja posameznih vrst polimerov, ki pomenijo najbolj kakovost-

no sekundarno surovino za nadaljnjo predelavo, pa je zagotovo najboljši preventivni pristop. V primeru oblikovanja za reciklažo to pomeni, da se proizvajalci in embalerji že vnaprej odločijo za takšne kombinacije polimernih materialov za embalažo, da bo nji-

hovo ločevanje najbolj učinkovito. V tabelah 19 do 21 so podana nekatera splošna navodila in smernice za ekodizajn embalaže v povezavi s kombiniranjem različnih polimernih materialov.

Tabela 19: Splošne smernice za ekodizajn glede izbora materialov pri načrtovanju plasten iz polietilena visoke gostote (PE-HD) (Recoup 2009).

Sestavni del embalaže	PRIMERNO	POGOJNO PRIMERNO	NEPRIMERNO
Zamašek	PE-HD PE-LD PP		Kovine PS PVC Duroplasti
Etiketa	PE-HD PE-LD PP	Papir PET PS	PVC aluminij metalizirane etikete
Ovoji, tesnila	PE PP	Papir	PVC PS
Lepilo	Brez adheziov ali vodotopni adheziv ($< 80^{\circ}\text{C}$)	Brez adhezivov	Adhezivi, ki niso odstranljivi v vodi ali alkalnem mediju pri 80°C

Tabela 20: Splošne smernice za ekodizajn glede izbora materialov pri načrtovanju plasten iz poli(etilen-tereftalata) (PET) (Recoup 2009).

Sestavni del embalaže	PRIMERNO	POGOJNO PRIMERNO	NEPRIMERNO
Zamašek	PP PE-HD PE-LD (za negazirane pijače)		Kovine PS PVC Duroplasti
Etiketa	PE-HD PE-LD PP Papir (nepremazan; z vodotopnim lepilom)	PET	PVC PS
Ovoji, tesnila	PE /PP	PET	PVC PS
Lepilo	Brez adheziov ali vodotopni adheziv ($< 80^{\circ}\text{C}$)	Brez adhezivov	Adhezivi, ki niso odstranljivi v vodi ali alkalnem mediju pri 80°C

Tabela 21: Splošne smernice za ekodizajn glede izbora materialov pri načrtovanju embalaže iz polistirena (PS) (Recoup 2009)

Sestavni del embalaže	PRIMERNO	POGOJNO PRIMERNO	NEPRIMERNO
Pokrovček	Aluminijška folija Metalizirani PET Metalizirani PP PET / papir nizke gramature PS PS / EVA	PE PP	Papir PET / papir višje gramature
Etiketa	Papir nizke gramature PE PP PS	PET	Papir višje gramature PET PVC

Uredba o recikliranih polimernih materialih, namenjenih za stik z živili

Za plastično embalažo, ki prihaja v stik z živili, že dalj časa veljajo posebne zakonske zahteve glede njihove sestave oziroma vsebnosti določenih snovi. Leta 2008 je Evropska komisija sprejela dodatno Uredbo EC 282/2008 o recikliranih polimernih materialih, namenjenih za stik z živili, s katero želijo prispevati k večji varnosti živil. Plastični odpadki so lahko namreč onesnaženi bodisi s snovmi iz prejšnje uporabe ali nenamerne napačne uporabe polimernih materialov bodisi s snovmi iz polimernih materialov, ki niso namenjeni za stik z živili. V skladu z omenjeno uredbo se lahko v stiku z živili na trgu EU uporabljajo le takšni reciklirani polimerni materiali, ki so pridobljeni s takim postopkom recikliranja, ki je avtoriziran in odobren v skladu z zahtevami te uredbe. To pa pomeni, da morajo predelovalci odpadne plastike dokazati, da s pomočjo tehnologije reciklaže, ki jo uporabljajo, zmanjšajo kontaminacijo predelanih plastičnih odpadkov na takšen nivo, da potencialna migracija kakršne koli škodljive sestavine iz embalaže v živilo ne predstavlja tveganja za človekovo zdravje. Na osnovi omenjene uredbe bo moral vsak predelovalec odpadne plastike pridobiti dovoljenje za svoj obrat, proizvajalec plastičnih izdelkov za stik z živili iz reciklatov pa uporabljati le na ta način certificirane materiale.

Razvoj novih reciklažnih tehnologij

Tehnološki razvoj na področju odpadne plastične embalaže prinaša možnosti za proizvodnjo vse bolj kakovostnih reciklatov, ki morajo zadostiti najstrožjim zahtevam zakonodaje. To še posebej velja v primerih, če želimo reciklirane plastične materiale uporabiti za embalažo, ki prihaja v stik z živili. Za polimerne materiale na tem področju veljajo že dalj časa posebne zahteve, le-tim pa se je leta 2008 pridružila nova uredba, ki dodatno ureja to področje (glej zgornji okvir).

Sodobne tehnologije reciklaže omogočajo, da lahko reciklirano plastiko v celoti uporabimo za namen embalaranja živil. Gre za t. i. tehnologijo "od plastenke do plastenke" (angl. *bottle-to-bottle*), ki je bila najprej razvita za reciklažo PET plastenk. To tehnologijo so kasneje nadgradili še s postopkom predelave odpadnega PE-HD, ki se ga s pomočjo tehnologije "od plastenke do plastenke" prav tako da predelati na način, da se v celoti uporabi za plastenke za živila. Z omenjenimi tehnologijami reciklaže namreč izjemno učinkovito odstranijo vse nečistoče, ki bi predstavljale tveganje za človekovo zdravje. Primer plastenke za mleko iz recikliranega PE-HD, proizvedene s tehnologijo "bottle-to-bottle", je prikazan na Sliki 46.



Slika 46: Plastenka za mleko, proizvedena iz recikliranega PE-HD (EREMA/WES 2008).

12.1.2 Reciklaža plastenk iz PET

Reciklirani PET se namenja za: proizvodnjo plastenk za čistila in detergente, filtre za kuhinjske nape, nosilne mreže, za proizvodnjo sintetičnih tekstilnih vlaken, iz katerih proizvajajo oblačila, geotekstilije, netkane tekstilije, nahrbtnike, polnila avtomobilskih sedežev, preproge, anorake, športne torbe, spalne vreče ipd. Leta 2011 je bilo zbranih 51

% vseh PET plastenk, danih na trg EU. V nekaterih državah je ta delež presegel 70 %. Več kot 50 % zbranih PET plastenk je bilo predelanih v različne embalažne proizvode, 39 % pa v poliestrska vlakna za tekstilno industrijo. Preostanek predstavljajo trakovi in drugi reciklirani izdelki (PETCORE 2012). Na Sliki 47 je prikazanih nekaj primerov tržnih proizvodov iz recikliranih PET plastenk.



(Vir: Prodajni katalog IKEA)



(Vir: Pilot 2011)



(Vir: DKR 2004)



(Vir: Napcor 2012)

Slika 47: Primeri tržnih proizvodov iz recikliranega PET.

Dejavniki, ki vplivajo na raven kakovosti PET, so: ločitev plastenk glede na barvo, vsebnost drugih polimerov (PE, PVC), papirja, lepil in prahu, ki mora biti kar se da nizka; viskoznost, ki mora biti čim bolj primerljiva z viskoznostjo svežega PET; vsebnost vlage ter enakomerna kakovost in količina odpadnih plastenk v snovnih tokovih odpadkov. Onesnaženje v postopku mehanske reciklaže plastenk iz PET je lahko fizično ali kemijsko. Prva vključuje makroskopske delce (steklo, pesek in prst, ostanki embalaranega blaga, PVC, PE itd.) ter mikroskopske delce, ki jih je težje odstraniti. Še posebej problematična je prisotnost PVC, ki že pri majhni vsebnosti zelo poslabša kakovost regranulata PET, saj vpliva na njegovo

razgradnjo med predelavo in na mehanske lastnosti. V določenih primerih pa lahko celo poškoduje opremo (za sprejemljivo vsebnost PVC velja vsebnost 0,25 %). Med kemijske kontaminante prištevamo ostanke embalaranega blaga (hrana, pijače, čistila, olja, agrokemična sredstva, lepila ipd.). Popolna odstranitev je velikokrat zapletena, zvišuje stroške in znižuje produktivnost. Sprejemljiva vsebnost kontaminantov je tudi odvisna od zahtev glede ravni kakovosti za končni izdelek, za katerega se namenja odpadni PET (Radonjič 2008).

Tehno-ekonomske omejitve pri reciklaži odpadnih PET plastenk


- heterogenost sestave odpadkov,
- nezadostne količine zbranih odpadnih plastenk,
- stroški zbiranja, sortiranja in transporta,
- različne barve plastenk,
- vsebnost papirja, lepil, prahu, kovin, ostankov hrane in pijač ipd.,
- vsebnost vlage,
- vsebnost drugih kontaminantov (limonen, metil-salicilat, adipati, acetaldehid idr.),
- cena svežega PET.

12.1.3 Čemu dati prednost: zniževanju mase plastične embalaže ali možnosti reciklaže?

To dilemo lahko ponazorimo s primerom iz prakse, in sicer s primerjavo dveh embalažnih folij na osnovi pogosto uporabljanega embalažnega materiala polipropilena (PP), ki se za doseganje optimalnih lastnosti velikokrat kombinira z drugimi embalažnimi materiali (poglavje 5.8). Tako približno 30 µm debela folija iz PP, oslojena oziroma kombinirana z 2,5 µm debelim slojem iz poli(viniliden-klorida) (PVDC), zmanjša prepustnost za kisik

za faktor 50 (APME 1997), s čimer se zelo podaljša rok trajanja pakiranih živil. Alternativa takšni večslojni embalažni foliji debeline približno 35 µm iz PP in PVDC je lahko enoslojna folija iz čistega PP. Ob uporabi takšne folije za pakiranje živil bi zato morali uporabiti petdesetkrat debelejšo folijo iz čistega PP, debelo 1750 µm.

Katera izvedba embalaže je torej v obravnavanem primeru okoljsko primernejša? V Tabeli 22 so prikazani rezultati inventarizacije okoljskih življenjskih ciklov za proizvodnjo 1 kg obeh embalažnih materialov (PVDC ter



PP) in rezultati inventarizacije za proizvodnjo 1 kg obravnavanih embalažnih izdelkov (folij) iz njih. Iz Tabele 21 je razvidno, da proizvodnja 1 kg čistega embalažnega materiala iz PVDC bistveno bolj obremenjuje porabo surovinskih virov ter obremenjuje okolje z emisijami in trdnimi odpadki kot proizvodnja iste količine PP. Iz te primerjave lahko sklepamo, da je PVDC z okoljskega vidika povsem neprimeren nadomestek za PP. Vendar se prednost uporabe PVDC pokaže šele pri kombiniranju z drugim materialom, v tem primeru s PP, kar prikazujeta skrajno desna stolpca v Tabeli 22. V predzadnjem stolpcu so podani rezultati inventarizacije okoljskega življenjskega cikla za koekstrudirano dvoslojno folijo iz PP in PVDC, v zadnjem stolpcu pa za folijo iz čistega PP, ki dosega enake lastnosti kot dvoslojna koekstrudirana folija glede prepustnosti plinov. Primerjava zadnjih dveh stolpcev jasno pokaže okoljsko prednost uporabe dvoslojne folije iz PP/PVDC v primerjavi z enoslojno iz čistega PP v smislu bistveno manjšega obremenjevanja okolja z različnimi emisijami in trdnimi odpadki v celotnem življenjskem ciklu. Prav tako pa se bistveno zmanjša poraba surovinskih virov na kilogram proizvedene folije, to pa je povsem skladno z zahtevami trajnostnega razvoja po trajnostni rabi surovin. Vzrok je v mnogo tanjši koekstrudirani foliji iz PP/PVDC. Z drugimi besedami, če bi želeli proizvesti embalažni izdelek (folijo) le iz čistega PP, bi morali uporabiti 50-krat več materiala kot pri kombinaciji PP in PVDC za dosego istih uporabnih lastnosti. Res pa je, da so takšne večslojne folije zelo težavne, če ne kar neuporabne za reciklažo. Folijo iz homogenega PP je nedvomno lažje reciklirati. Toda vprašanje je, ali je ekonomično zbirati ter reciklirati katere koli majhne folije za živila, ki po uporabi največkrat še vsebujejo njihove ostanke (Radonjič 2008).

Tabela 22: Rezultati inventarizacije okoljskih življenjskih ciklov PVDC, PP in embalažnih folij iz PP ter iz PP/PVDC. Podatki so podani v mg (APME 1997).

Vtoki/Iztoki	PVDC (1 kg)	PP (1 kg)	Folija iz PP s slojem PVDC (1 kg)	Folija PP z istimi lastnostmi kot oslojena folija (1 kg)
Surovinski viri				
železova ruda	1200	300	404	15.000
apnenec	645.000	200	74.381	10.000
voda	30.000.000	3.100.000	6.194.690	155.000.000
boksit	780	400	1251	20.000
natrijev klorid	1.350.000	5000	159.735	250.000
pesek	3500	30	429	15.000
Emisije v zrak				
prašni delci	10.000	2000	2920	100.000
ogljikov monoksid	8600	700	1609	35.000
ogljikov dioksid	3.550.000	1.961.400	2.144.159	98.070.000
žveplovi oksidi	49.000	11.000	15.372	550.000
dušikovi oksidi	33.000	10.000	12.646	500.000
vodikov klorid	430	40	85	2000
ogljikovodiki	33.000	13.000	15.301	650.000
druge organske snovi	8500	0	978	0
klor	2	0	0	0
kovine	10	5	6	250
Emisije v vode				
KPK	3000	400	700	20.000
BPK	70	60	61	3000
kovine	140	300	282	15.000
kalcijski ioni	200.000	0	23.000	0
kloridni ioni	454.000	800	52.938	40.000
suspendirani delci	63.000	200	7425	10.000
detergenti	50	40	41	2000
fenol	8	0	1	0
ogljikovodiki	230	300	292	15.000
fosfati	20	0	2	0
sulfatni ioni	18.000	0	2071	0
natrijski ioni	3200	0	368	0
Trdni odpadki				
mešani industrijski	3000	4000	3885	200.000
rudninski	760.000	14.000	99.823	700.000
žlindra in pepel	153.000	5000	22.027	250.000

12.2 Reciklaža steklene embalaže

Steklo se da skoraj stotodstotno reciklirati, pri čemer ne izgublja svojih lastnosti ter s tem tudi ne kakovosti. Vsebnost recikliranega stekla v stekleni embalaži se običajno giblje do 30 %, znani pa so primeri, da je ta delež tudi preko 60 % in predstavlja pomemben vir zniževanja rabe energije v proizvodnji. Ocenjuje se, da dodatek 50 % steklenih črepinj zniža rabo energije pri proizvodnji stekla za 10–15 % (Verghese in drugi 2012; Stilwell et al. 1991). Z reciklažo se lahko poraba vode zniža tudi za 50 %, emisije v zrak pa za nekaj deset odstotkov (Stilwell et al. 1991). Potrebno pa je pojem reciklaže steklene embalaže ločevati od pojma vračljive embalaže (poglavje 13).

Za ekonomsko učinkovito delovanje obrata za reciklažo stekla so potrebne dokaj velike količine zbranega odpadnega stekla, hkrati pa je pomembno, da je dotok odpadnega stekla stalen in da se dnevno čim manj spreminja. Zato je oboje, zbiranje odpadnega stekla in njegovo pravilno sortiranje, nadvse pomembno. Najlažji način ločevanja steklene embalaže je v gospodinjstvih in gostinskih objektih.

Učinkovitost reciklaže steklene embalaže je odvisna od stopnje čistosti črepinj. Zato je najpomembnejši predpogoj ločitev stek-

la po barvi in odstranitev nečistoč. Pri tem so moteči keramika, porcelan in kovinski materiali. Nečistoče namreč povzročajo v steklu številne napake, škodljive pa so lahko tudi za peči. Zaradi specifične proizvodnje v steklarski industriji je lahko nastala škoda kot posledica uporabe neakovostnih odpadkov mnogo resnejša kot pri kakšnem drugem postopku ponovne predelave. Dopusne količine steklenih črepinj ene barve ob črepinjah druge so majhne in so odvisne od vrste stekla oziroma njegove uporabe (Radonjič 2008). V Tabeli 23 so prikazane okvirne vrednosti dovoljenih količin ene vrste steklenih črepinj v drugih.

Trgi za izdelke iz stekla različnih barv se lahko spreminjajo glede na lokacije in velikosti steklarne, saj določene uporabljajo le črepinje določenih barv. Poudariti velja, da se reciklirano steklo lahko poleg ponovne uporabe za embaliranje uporablja v določenih primerih tudi za proizvodnjo drugih steklenih izdelkov, ne le za embalažo (npr. za steklena vlakna).

Tabela 23: Dopusne količine različnih vrst steklenih črepinj (SIST CR 13688:2001).

Steklene črepinje	Vsebnost		
	zelena	rjava	brezbarvno
Barva			
zelena	> 85 %	< 5 %	< 15 %
rjava	< 10 %	> 82 %	< 8 %
brezbarvno	< 1 %	< 1 %	> 98 %

Splošni kriteriji za učinkovitejšo reciklažo steklene embalaže:

- Izogibati se je potrebno temno zelenemu, modremu ali črnemu steklu (steklo za reciklažo se v postopku ločevanja ločuje glede na brezbarvno, rjavo in zeleno steklo).
- Izogibati se je potrebno sestavinam, ki lahko povzročajo probleme v postopku reciklaže, kot je npr. pigment kobalt modro, kovinski obročki ali pa direkten tisk s kovinskimi barvami.
- Uporaba etikete z reciklažnim simbolom za identifikacijo materiala (glej Tabelo 23).

12.3 Reciklaža kovinske embalaže

Zaradi ekonomskih in okoljskih razlogov postaja uporaba sekundarnih kovinskih materialov v metalurški industriji vedno pomembnejša.

12.3.1 Reciklaža jeklene embalaže

Reciklaža jeklene pločevine ima eno najdaljših tradicij izmed vseh reciklažnih tehnologij. Z razvojem potrebne infrastrukture ter tehnologije pa se je v zadnjih letih njen pomen še okrepil. Reciklaža jeklenih pločevink ni tako popularna kot reciklaža drugih vrst jeklenih odpadkov, saj je jeklo za pločevinke velikokrat onečiščeno s kositrnim ali kromovim slojem.

Za proizvodnjo kakovostnih jekel iz odpadne jeklene embalaže je treba učinkovito odstraniti sloj kositra. Proces je sestavljen iz operacij drobljenja odpadkov in odstranitve nečistoč, preden se kositer elektrolitsko odstrani. Previsoka vsebnost kositra lahko namreč povzroča krhkost recikliranega jekla. Kositrni sloj je zaradi sodobnih tehnologij nanosa na pločevinke izjemno tanek, zato njegova absolutna količina med odpadnimi pločevinkami predstavlja le 0,25 – 0,36 % vstopnega odpadnega materiala. Toda kljub temu ga je zaradi njegove visoke vrednosti vredno reciklirati. Po odstranitvi kositrnega sloja jeklene odpadke dobro prečistijo, jih

balirajo in dostavljajo v obrate za pretaljevanje. Organske nečistoče pri tem ne predstavljajo večje omejitve, saj v procesu zaradi visokih temperatur zgorijo (Radonjič 2008).

12.3.2 Reciklaža aluminijske embalaže

Reciklaža aluminija je zaradi visokih cen primarnih surovin in energije postala za aluminijsko industrijo strateškega pomena. V nasprotnem primeru bi se na deponijah znašle ogromne količine tega dragocenega materiala, ob tem pa bi zaradi snovno in energijsko izjemno zahtevne proizvodnje primarnega aluminija še dodatno onesnaževali okolje. Predelovalci aluminija v svetu za svojo proizvodnjo povprečno že uporabljajo približno eno tretjino recikliranega aluminija (EAA 2006).

Najpomembnejšo skupino odpadne aluminijske embalaže predstavljajo pločevinke za pijačo, v zadnjih letih pa marsikje poskušajo povečevati tudi delež recikliranih aluminijskih folij.

V splošnem velja (ne le za odpadno embalažo), da je poleg kemične sestave, ki je odločilnega pomena, odpadni aluminij oziroma aluminijske zlitine treba sortirati po obliki, dimenzijah ter količinah in vrstah vsebovanih nečistoč. Za proizvodnjo kakovostnega recikliranega aluminija je torej treba dobro poznati sestavo odpadka, saj se le-ta lahko zelo razli-

kuje glede na kemijsko sestavo in strukturo. Različne aplikacije namreč zahtevajo različne vsebnosti legirnih elementov.

Splošni kriteriji za učinkovitejšo reciklažo kovinske embalaže:

- ◉ Izogibati se je potrebno tiskarskim sredstvom in premazom, ki vsebujejo škodljive snovi ali pa so rezultat proizvodnje, ki ima velik vpliv na okolje (glej poglavje 15).
- ◉ Izogibati se je potrebno kombinacijam različnih kovinskih materialov (npr. aluminumska folija na jekleni pločevinki).
- ◉ Uporaba ustreznega reciklažnega simbola za identifikacijo materiala (Tabela 23).

12.4 Reciklaža embalaže iz papirja in kartona

Papir in papirni izdelki se ne morejo reciklirati v nedogled, ker se celulozna vlakna pri vsakem dodatnem ciklu krajšajo. To vpliva na slabšanje kakovosti papirnih izdelkov, proizvedenih iz recikliranih vlaken. Takšna embalaža zato zahteva več materiala za želeno trdnost ali druge karakteristike kot tista iz svežega materiala. Glede na vrste papirja je zato marsikdaj treba k recikliranim dodati sveža vlakna. Število ciklov, s katerimi je možno znova in znova reciklirati odpadne papirne in kartonske izdelke, je omejeno in odvisno od vrste papirja. V splošnem se ocenjuje, da je tovrstne izdelke možno ponovno reciklirati 4- do 6-krat (ERPA 2007). Pri oblikovanju embalaže iz kartona je to bistveno, zato je včasih bolje, da se papir iz recikliranega papirja uporabi za mehansko manj obremenjene sloje oziroma notranje plasti. Reciklirani papir je zaradi krajših vlaken praviloma manj porozen, kar je včasih treba upoštevati pri izbiri dodatkov in črnin. Kljub temu pa je dandanes na trgu nemalo papirnih izdelkov iz 100 % recikliranega papirja.

Največja težava pri predelavi odpadnega papirja je vsebnost nečistoč in tujkov,

saj jih je v celoti zelo težko odstraniti. Zato je uspešnost reciklaže v veliki meri odvisna od kakovosti zbranega papirja, ki pa je lahko različne kakovosti. Bolj kakovosten je po vrstah prebran odpadni papir, ki v manjši meri vsebuje nečistoče in tujke. Zato je zelo pomembno, da se odpadni papir in karton zbirata ločeno ter da se hranita že na izvoru, in sicer ne le v industriji, temveč tudi v trgovinski dejavnosti ter med občani. To je pri slednjih možno tudi z odpadno papirno in kartonsko embalažo, ki ni bila v neposrednem stiku s hrano.

Dodatki, kot so črnina in barvila, pri ponovni predelavi povzročajo težave. Te lahko povzročajo tudi samolepilni trakovi in nalepke, s plastiko kaširani karton ali tisti, ki je premazan z voskom. Obravnava takšnih odpadkov je lahko mnogo težavnejša in dražja kot tista za gošče in druge odtok pri proizvodnji papirja iz novih celuloznih vlaken (McDougall in drugi 2001). Zaradi higienskih razlogov pa je včasih vprašljiva reciklaža odpadnega papirja in kartona, onesnaženega z ostanki hrane. Sodobne tehnologije omogočajo predelavo odpadnega papirja in kartona z visoko stopnjo odstranjevanja nečistoč. Izbira takšnih tehnologij pa je odvisna tudi od kasnejšega namena uporabe recikliranega papirja.

Splošni kriteriji za učinkovitejšo reciklažo papirne in kartonske embalaže:

- ☛ Izogibati se je potrebno premazom iz voska in laminatom z aluminijsko folijo oziroma plastiko.
- ☛ Preveriti je potrebno, ali so uporabljeni premazi in laki primerni za postopek reciklaže.
- ☛ Minimiranje uporabe (ali izogibanje) drugih materialov (npr. plastična okna na škatlah, kovinski trakovi, plastični ročaji, polnila iz penjenih materialov).
- ☛ Minimalna uporaba tiskarskih sredstev.
- ☛ Izogibanje tiskarskim sredstvom, barvilom in premazom, ki vsebujejo težke kovine.
- ☛ Uporaba mehanskih sponk in minimiranje (ali izogibanje) lepil.
- ☛ Uporaba lepil na vodni osnovi.
- ☛ Izogibanje vodoodpornim etiketam.
- ☛ Če je potrebno uporabiti dodatne etikete, naj bodo tudi te iz papirja.
- ☛ Uporaba ustreznega reciklažnega simbola za identifikacijo materiala (Tabela 23).

Mineralna olja: vse večji problem pri reciklaži kartona

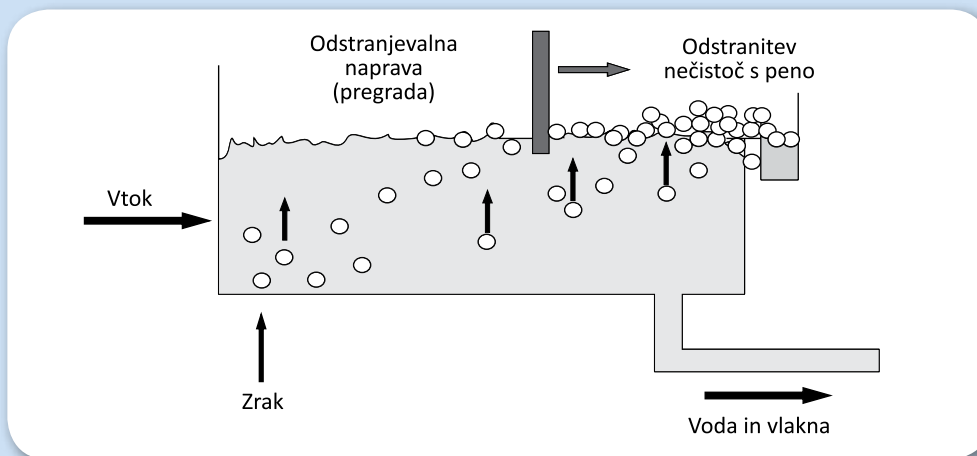
Kartonska embalaža se je v zadnjih letih znašla na naslovnica časopisov, ker so v več državah odkrili, da je vsebovala mineralna olja, ki so povzročila resno kontaminacijo vanje pakiranih živil in s tem zdravstveno tveganje ter posledično poslovno škodo. V Švici in Nemčiji so morali leta 2011 s prodajnih polic umakniti določene živilske izdelke, ki so bili pakirani v kartonske škatle, proizvedene iz recikliranega kartona in papirja. Omenjena embalaža je namreč vsebovala ogljikovodike v obliki mineralnih olj, ki so iz embalaže migrirali v živila. Glede na sestavo gre za tri skupine organskih spojin: parafine, naftene in aromatske ogljikovodike. Tovrstna mineralna olja povzročajo okvare notranjih organov in so rakotvorna. Uporabljajo se kot sestavina tiskarskih barv za časopise. Odpadni časopisni papir je bil pomešan z drugimi papirnimi in kartonskimi odpadki in skupaj predelan v kartonsko embalažo za živila, od koder so nevarne sestavine migrirale v živilo (Anon. 2011b; Biedermann et al. 2011).

Proces razsivitve: sistem točkovanja

V postopku predelave odpadnega papirja sledi operacijam razvlaknjevanja, iztiskanja vode in odstranjevanja nečistoč postopek razsivitve (ang. deinking). Z njim se odstranjujejo tiskarske barve s postopkom flotacije (Slika 48). Postopek razsivitve je zelo pomemben, če želijo proizvesti reciklirani papir visoke kakovosti (beline).

Zaradi pomena, ki ga ima postopek razsivitve pri učinkoviti reciklaži papirnih odpadkov, ne čudi dejstvo, da so vanj v zadnjih letih usmerili veliko razvojnih naporov. Evropski svet za predelavo papirja je leta 2008 razvil in uvedel sistem točkovanja razsivitve, s katero želijo zagotoviti čim boljše in kakovostnejšo reciklažo odpadnega papirja in kartona. Omenjena shema točkovanja omogoča tiskarjem, založnikom in drugim udeležencem v verigi dodane vrednosti papirnih proizvodov, da identificirajo, katere vrste in tipi potiskanih papirnih proizvodov imajo najboljše

spodobnost reciklaže med postopkom razsivitve. Točkovanje temelji na petih parametrih (sijaj, barva, čistost, odstranitev tiskarske barve, potemnitev filtrata), ki se določijo s standardnimi laboratorijskimi testnimi metodami. Rezultati so razvrščeni v štiri kategorije: dobro, zmerno, slabo in neprimerno za razsivitev in prikazani numerično ali grafično v različnih barvah. Da si papirni proizvod pridobi status primerne materiala za učinkovito razsivitev, mora v sistemu točkovanja doseči vsaj 51 točk od 100. Seveda to ne pomeni, da papir, ki takšnega števila točk ne doseže, ni primeren za reciklažo. Pomeni le, da bo proizvedeni reciklirani papir slabše kakovosti (ERPC 2008).



Slika 48: Shematski prikaz procesa razsivitve (ang. *deinking*) (North Carolina State University 2012)

12.5 Oznake za reciklažo

Eden od ključnih dejavnikov uspešnosti reciklaže odpadne embalaže je sortna homogenost odpadkov. K temu lahko v veliki meri pripomore čim bolj učinkovito ločevanje odpadkov na izvoru njihovega nastajanja glede na vrsto materiala. Zato mora biti informacija o sestavi embalaže podana že vnaprej, tj. pri oblikovanju embalaže. Izdelki na trgu Evropske unije morajo nositi ustrezne znake za okolje tudi zaradi zagotovitve skladnosti s predpisi. Za označevanje embalaže so zato v uporabi mednarodno določene identifikacijske oznake ali reciklažni simboli.

Osnovni namen označevanja embalaže je dati pravilno in nedvoumno informacijo o tem, iz katerega materiala je embalaža proizvedena. Razpoznavanje materialov, ki sestavljajo različne izdelke, je namreč pogoj za

vzpostavljanje reciklažnih tokov. Pri ravnanju z odpadno embalažo se na primer na ekoloških otokih v zabojniku za embalažo zbirajo različni embalažni izdelki iz zelo različnih materialov. To je še zlasti pomembno za plastične polimerne materiale, kjer mora biti za doseganje primerne kakovosti reciklata zagotovljena visoka stopnja sortne homogenosti. Po prevozu tako zbrane odpadne embalaže se le-ta v obratih za reciklažo namreč pred predelavo najprej velikokrat ročno sortira, pri tem pa so identifikacijske oznake za materiale zelo pomembne.

Grafičnih simbolov, ki ponazarjajo, da je embalažni material primeren za reciklažo ali ponovno uporabo, je več. Okoljsko označevanje embalaže v Evropski uniji ureja Odločba komisije o določitvi sistema prepoznavanja embalažnih materialov (97/129/ES) z dne 2. januarja 1997 (European Commission

2006b). Njen cilj je bil določiti oštevilčenje in okrajšave, na katerih temelji sistem prepoznavanja embalažnih materialov. Uporaba tako opredeljenih znakov in okrajšav je zaenkrat prostovoljna. Okrajšave in oštevilčenja so podana v Tabeli 24.

Tabela 24: Sistem identifikacije embalažnih materialov v Evropski uniji.

PLASTIKA		
1	PET	poli(etilen-tereftalat)
2	HDPE	polietilen visoke gostote
3	PVC	poli(vinil-klorid)
4	LDPE	polietilen nizke gostote
5	PP	polipropilen
6	PS	polistiren
PAPIR IN KARTON		
20	PAP	valoviti karton
21	PAP	nevaloviti karton
22	PAP	papir
KOVINE		
40	FE	jeklo
41	ALU	aluminij
LES		
50	FOR	les
51	FOR	pluta
TEKSTILIJE		
60	TEX	bombaž
61	TEX	juta
STEKLO		
70	GL	brezbarvno steklo
71	GL	zeleno steklo
72	GL	rjavo steklo
KOMPOZITI		
80	C*	papir in karton/različne kovine
81	C*	papir in karton/plastika
82	C*	papir in karton/aluminij
83	C*	papir in karton/pokositrena pločevina
84	C*	papir in karton/plastika/aluminij
85	C*	papir in karton/plastika/aluminij/ pokositrena pločevina
90	C*	plastika/aluminij
91	C*	plastika/pokositrena pločevina
92	C*	plastika/različne kovine
95	C*	steklo/plastika
96	C*	steklo/aluminij
97	C*	steklo/pokositrena pločevina
98	C*	steklo/različne kovine

(*) Kompoziti: C in okrajšava za prevladujoči material (C/).

Najbolj razširjeni znak je t. i. Mobiusova zanka (Slika 49). Osnovno oznako predstavlja trikotnik, ki ga sestavljajo tri puščice. Vsak krak Mobiusove zanke (puščica) simbolično predstavlja del verige v sistemu reciklaže: zbiranje, predelavo in ponovno uporabo izdelka iz reciklata. Razvili so ga v ZDA v začetku sedemdesetih let prejšnjega stoletja na pobudo enega večjih proizvajalcev recikliranega papirja. Mobiusova zanka je standardizirana in opisana v standardu SIST EN ISO 14021:2002 – Okoljske označbe in deklaracije. V praksi uporabljajo različne grafične rešitve Mobiusove zanke. Znak, prikazan na Sliki 49 levo, se uporablja splošno z uporabo različnih tiskarskih tehnik, medtem ko je znak, prikazan na desni strani Slike 49, primeren za uporabo pri tisku in pri neposredni gravuri na embalažnem materialu. Včasih se v oziroma ob Mobiusovi zanki zapiše delež uporabljenega recikliranega materiala v izdelku, kot je prikazano na Sliki 49 (Radonjič 2008).



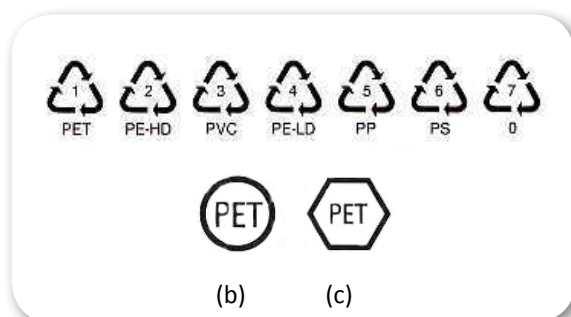
Slika 49: Znak za reciklažo embalažnih materialov (Mobiusova zanka).

Za posamezne vrste polimernih materialov, ki se jih ne da ločevati vizualno ali z otipom, je identifikacija še posebej pomembna. Oznake za plastično embalažo so opremljene s simboli za vrsto materiala in s številkami 1–7 (predlog Odločbe EU) oziroma 01–07 (predlog standarda SIST CR 14311:2002) (Slika 50). Obe varianti označevanja se v praksi pogosto uporabljata.

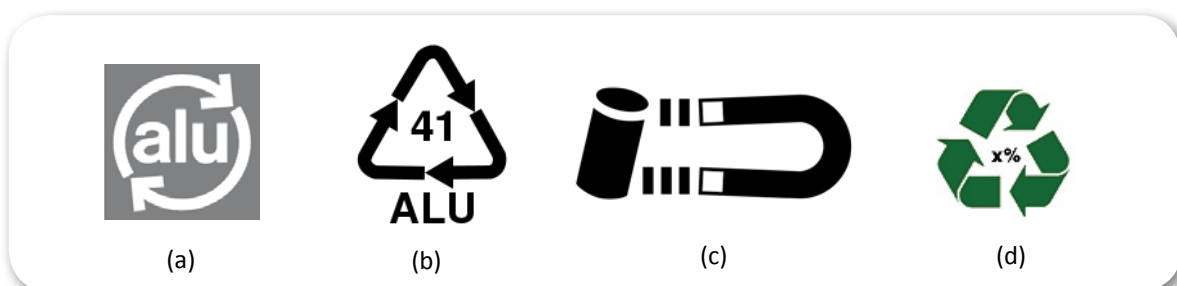
Pomembno je poudariti, da embalaže, proizvedene s postopkom vbrizgavanja, ni ustrezno označiti le s številčno oznako, saj se na embalaži velikokrat nahajajo tudi številke kalupov (orodij), kar lahko vodi do zmede pri prepoznavanju materiala. Če prostor na embalaži ne dopušča tiska ali gravure celotne oznake, je bolje uporabiti črkovno oznako kot številčno.

V nekaterih državah za označevanje plastenk iz PET uporabljajo poleg omenjene oznake tudi oznako v obliki heksaedra oziroma kroga, znotraj katerega je oznaka PET (Slika 50). Na tem mestu velja omeniti, da v ZDA uporabljajo včasih nekoliko drugačne

kratice za polimere kot v Evropi: PETE namesto PET in V namesto PVC. Vendar se tudi v Evropi pojavljajo na embalaži različne oznake za iste materiale, predvsem za polietilene (npr. LDPE in PE-LD). Večslojne polimerne embalažne materiale oziroma izdelke (npr. koekstrudirane folije) proizvajalci včasih označijo s črkovno oznako O ter s številom 7, kot je prikazano na Sliki 50. Poleg omenjenih identifikacijskih znakov za polimerne plastične materiale pa obstajajo še drugi, ki jih na primer dopušča standard SIST CR 14311:2002 in so prikazani na Sliki 51.



Slika 50: Identifikacijske oznake za polimerne materiale: (a) standardizirane oznake, (b) in (c) oznake za poli(etilen-tereftalat), ki se dodatno uporabljajo na trgu.



Slika 51: Oznake za identifikacijo in reciklažo embalaže: (a) in (b) aluminij, (c) jeklo, (d) delež recikliranega materiala.

Potrebno se je zavedati naslednje:

Identifikacijska oznaka, natisnjena na etiketi, lahko povzroči zmedo pri ločevanju, saj ni vedno jasno, ali se nanaša na osnovni material ali na etiketo.



13 Oblikovanje za ponovno uporabo (vračljiva embalaža)

Z naraščanjem deleža odpadne embalaže se je vse bolj krepila kritika zaradi vse bolj očitne tržne prevlade nevračljive embalaže. Pričeli so se vrstiti pozivi za večjo uporabo vračljive embalaže. Le-ta je lahko oblikovana na način, da jo potrošnik po uporabi obdrži in ji nameni ponovno uporabo, ali pa na način, da je vključena v širši gospodarski sistem vračljive embalaže.

V Uredbi o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo (Uradni list RS 2006) je **vračljiva embalaža** definirana kot tista embalaža, za katero je zagotovljeno nadzorovano kroženje ob plačilu kavcije ali brezplačno tako, da je v največji možni meri po vsakokratni vrnitvi znotraj nadzorovanega kroženja vračljive embalaže zagotovljena njena ponovna uporaba. V skladu z uredbo se za vračljivo embalažo štejejo tudi lesene standardizirane palete, ki so kot transportna embalaža označene z znakom EUR. Nevračljiva embalaža pa je namenjena le za enkratno uporabo.

Omenjena uredba pri sistemih vračljive embalaže opredeljuje tudi t. i. **nadzorovano in zaprto kroženje vračljive embalaže**. Nadzorovano kroženje vračljive embalaže pri tem pomeni kroženje vračljive embalaže v sistemu nadzorovane ponovne uporabe in distribucije embalaže tako, da se doseže najvišja možna stopnja vračanja embalaže v sistem kroženja, iz njega pa se sme embalaža izločevati le po posebnem nadzorovanem postopku. Zaprto kroženje pa pomeni kroženje vračljive embalaže v nadzorovanem kroženju vračljive embalaže, v katerem reciklirani material za proizvodnjo

embalaže v največji možni meri izvira iz odpadne embalaže, ki nastaja v sistemu nadzorovanega kroženja vračljive embalaže, tako da je dodajanje zunanjega materiala v proizvodnjo nove embalaže omejeno na najmanjšo možno potrebno ali tehnično nujno količino. Vračljiva embalaža v sistemu zaprtega kroženja lahko opravi vsaj 30 ciklov, v nekaterih primerih tudi približno sto. Od stopnje vračanja in kroženja je zelo odvisen končni eko-profil vračljive embalaže (poglavje 13).

Vse vrste in oblike embalažnih izdelkov pa žal ne morejo biti predmet razprave o vračljivi embalaži. Področje vračljive prodajne embalaže je v glavnem v domeni industrije pijač in le v manjši meri v drugih živilskih sektorjih v različnih državah Evropske unije. Še manjša je uporaba vračljive embalaže v neživilskem sektorju, kjer se uporablja izjemoma v primeru uvedenih sistemov ponovnega polnjenja tekočih izdelkov iz posebnih avtomatov (npr. detergenti, čistila, sredstva za nego teles) ali v določenih "eko-trgovinah" ipd. (Radonjič 2008). Zaradi spremenjenih potrošniških vzorcev se tržni delež vračljive embalaže zmanjšuje. Opazno tudi na tistih segmentih, kjer je bila vračljiva embalaža včasih zelo prisotna, t.j. na segmentu pijač (ECOLAS-PIRA 2004; DEFRA 2009).

Poleg uporabe vračljive embalaže v sektorju pijač, kjer je v sistem aktivno vključen individualni potrošnik, se vračljiva embalaža uporablja tudi v trgovanju med poslovnimi partnerji. Tipični primeri so palete, sodi za kemikalije, (zložljivi) plastični zaboji in gajbice,



posoda za kruh in druge pekarske izdelke, zračne blazinice iz plastike idr. Na Sliki 52 je prikazanih nekaj primerov uporabe vračljive embalaže. Z uporabo vračljivih plastičnih škatel/zabojev za sadje in zelenjavo so v velikih veleblagovnicah v Švici uspeli prihraniti 60.000 t kartonske embalaže (Elander 2009). Angleški proizvajalec pohištva je namesto kartonske embalaže za svoje oblazinjeno pohištvo (kavče) uvedel vračljive plastične vreče. Zunanji sloj embalaže je iz polietilena, notranja obloga je iz netkane polipropilenske vlaknovine, vmes pa se nahaja sloj

mehurčkov zraka. Takšna izvedba vračljive embalaže za dostavo pohištva naj bi podjetju prihranila letno 17 t kartona (WRAP 2010). Embalaža za kozmetiko, prikazana na Sliki 52, je bila oblikovana z namenom, da pritegne kupca na način, da v njem vzpodbudi željo, da obdrži izdelek tudi po izpraznitvi vsebine. Ideja temelji na tem, da se v plastično ohišje postavi tanki plastični vložek s kremo, ki je zamenljiv. Z novim dizajnom so tudi bistveno zmanjšali količino potrebnega materiala (RMIT 1997).



(a)



(c)



(b)

Slika 52: Primeri vračljive embalaže:
(a) zaboji za sadje v veleblagovnici, (b) vreče za kavč, (c) embalaža za kozmetiko.

Sistem za ponovno polnjenje

V zadnjih letih so se razširili sistemi za ponovno polnjenje mleka in vina, t. i. mlekomati in vinomati. Sistem mlekomatov so razvili v Švici, izpopolnili v Italiji, sedaj pa je prisoten v večini evropskih držav. Mleko iz mlekomata kupec prevzame bodisi s svojo steklenico bodisi jo kupi na avtomatu za steklenice. V tem primeru poskrbi za higiensko ustreznost embalaže lastnik mlekomata. Pri vinomatu je podobno. Stranka na takšnih avtomatih kupi embalažo ali jo prinese s seboj. Prav tako si lahko kupci vino natočijo v večje embalažne enote in s tem še dodatno zmanjšajo količino embalaže.

13.1 Tehno-ekonomski dejavniki sistema vračljive embalaže

Ali bo v nekem konkretnem primeru ekonomsko ugodnejša uporaba vračljive ali nevračljive embalaže, je odvisno od stroškov za eno in drugo vrsto, vendar se ne sme podcenjevati tudi vpliva trga in nekaterih dodatnih dejavnikov. Kot so pokazale različne opravljene študije s tega področja (PIRA-ECOLAS 2005), morata biti za okoljsko in ekonomsko učinkovit sistem izpolnjena dva osnovna pogoja, in sicer: čim bolj lokalna distribucija blaga ter čim višje stopnje vračanja embalaže od kupca do embalerja.

Pri transportu kaže omeniti, da nosilke s steklenicami v splošnem omogočajo slabšo izkoriščenost prevoznega sredstva v primerjavi z večslojno laminatno embalažo, ki omogoča, da se več embalažnih enot poveže s plastično folijo v večje manipulativne enote. Zato je zelo pomemben vidik poenotenja in standardizacije vračljive embalaže, ki mora vključevati tudi transportno embalažo, saj se na ta način lahko bistveno izboljša gospodarnost sistema, predvsem glede transporta in ravnanja s pakiranim blagom (Radonjič 2008).

Na uspešnost delovanja sistema vračljive embalaže vplivajo razni netehnični dejavniki, ki jih je pri načrtovanju sistema vračljive embalaže poleg tehničnih podatkov (fizikalnih in kemičnih lastnosti) treba poznati in upoštevati, na primer razvitost mreže vračljive embalaže, razdalja med mestoma pakiranja in porabe pakiranega izdelka, povečana diferenciacija pakiranega blaga ter že omenjeni odziv porabnikov. Vračljiva plastenka, ki je teoretično oblikovana za 100 ciklov, se lahko znajde med odpadki že po 30-ih ciklih zaradi poškodovane površine, to pa deluje kupcem neestetsko ter odbijajoče, čeprav s tehničnega vidika še vedno ustrezno vrši svojo funkcijo. Podobno velja tudi za steklenice.

Vračljiva embalaža je dalj časa izpostavljena delovanju raznih mehanskih in drugih

zunanjih vplivov, zato mora biti proti njim odpornejša, kar ji povzroča nabavno ceno. Če pa upoštevamo, da se vračljiva embalaža uporablja večkrat, se njena nabavna cena na enoto pakiranja zmanjšuje, in to vedno bolj, čim večkrat se uporablja. Pri primerjavi stroškov vračljive in nevračljive embalaže je poleg nabavne cene treba upoštevati še druge stroške, kot so stroški skladiščenja, stroški notranjega in zunanjega transporta, stroški sistema vračanja, ponovnega etiketiranja, evidentiranja, kontrole ter seveda čiščenja.

Vzpostavitev sistema vračljive embalaže ponavadi zahteva določeno modifikacijo dobavnih verig in organiziranja zbiranja ter skladiščenja v podjetjih. V primeru, ko se pričakuje aktivna vloga individualnega potrošnika, je nujen tudi dober sistem obveščanja glede predaje oziroma prevzema embalaže.

V sodobnem času, ko so se spremenili načini nakupov, igra pomembno vlogo tudi motiviranje potrošnikov, da aktivno sodelujejo v sistemu vračljive embalaže. Vprašati se je treba, kakšna so stališča porabnikov do vračljive oziroma nevračljive embalaže. Tukaj ni možno podati splošno veljavnih ugotovitev, ker je odnos porabnikov v raznih delih sveta različen. Če pa sistem zbiranja vračljive embalaže ne deluje in če porabniki ne sodelujejo aktivno, se lahko vračljiva plastenka znajde med odpadki takoj ali že po nekaj ciklih. Osveščenost porabnikov in njihova pripravljenost aktivnega vključevanja v sisteme vračljive embalaže se med državami in regijami lahko znatno razlikujeta, zato je dobro vedeti in upoštevati, kakšnemu trgu je embalaža oziroma embalarano blago namenjeno. Pogoste odločitve o nevračljivi embalaži gredo na primer na račun enostavne nošnje, racionalnega izkoristka prostora, možnosti hitrega ohlajevanja pijač in nelomljivosti.

Opomba: Več o stroškovni oziroma ekonomski plati v povezavi z vračljivo embalažo najde zainteresirani bralec v viru Radonjič 2008.

Kriteriji za oblikovanje vračljive embalaže

- Eden od ključnih kriterijev, ki ga je potrebno doseči, je zadostna trajnost vračljive embalaže, ki mora zdržati čim več krožnih ciklov. Največkrat se v ta namen poveča debelina embalaže (npr. steklenice, plastenke), v določenih primerih pa se lahko trajnost podaljša z ojačitvami robov in dodatkom reber v zabojih in škatlah.
- Ob doseganju zadostne trajnosti vračljive embalaže je dobro, da je le-ta dosežena s čim manjšo porabo materiala, kjer je to le možno (dematerializacija). S tem se ne prihranijo le embalažni materiali, ampak je manjša tudi poraba goriv med transportom. Primer predstavlja uporaba trdnjega valovitega kartona z več sloji iz kakovostnih vlaken ali pa uporaba "valovitih" lahkih plastičnih panelov za škatle, zabojnike ipd.
- Vračljivo embalažo je potrebno oblikovati na način, da se enostavno odpira in zapira ter da pri njenem polnjenju in praznjenju ne prihaja do poškodb.
- Razmisliti je potrebno, ali obstaja možnost, da se uporabi vračljiva embalaža, ki jo je možno zložiti. V tem primeru morajo biti podana in priložena jasna navodila ter ustrezne oznake za rokovanje (sestavljanje in razstavljanje).
- Zagotoviti je potrebno enostavno odstranjevanje etiket in čim manjšo uporabo lepil (dokumentacija priložena v plastičnih vrečkah ali mehkih).
- Omogočiti je treba čim enostavnejši način pranja vračljive embalaže, ko je to potrebno. Poraba vode in energije pri čiščenju mora biti čim manjša.
- Razmisliti je potrebno o modularni sestavi vračljive embalaže (zamenjava ali popravilo poškodovanih delov).
- Voditi je potrebno natančno dokumentacijo o sistemu vračljive embalaže in kontinuirano spremljati njeno učinkovitost.

13.2 Primerjalne okoljske analize med sistemi vračljive in nevračljive embalaže

Vračljiva embalaža ima v širši javnosti nedvomno zelo ugoden okoljski ugled. To verjetno izhaja iz dejstva, da jo javnost prepozna kot tisto vrsto embalaže, ki ne povzroča tolikšnih količin trdnih odpadkov po uporabi v primerjavi z nevračljivo, saj se vrne k proizvajalcu oziroma embalerju ter se večkrat ponovno uporabi. Iz tega izhaja manjša

potreba po surovinah za njeno proizvodnjo. Toda – ali je vračljiva embalaža v primerjavi z nevračljivo z okoljskega vidika res vselej boljša? Nedvomno se tudi pri tej problematiki pojavljajo določeni stereotipi o okoljski primernosti, ki dajejo brezpogojno prednost vračljivi embalaži pred nevračljivo.

Metodo LCA (podrobneje predstavljena v poglavju 8) so že večkrat uporabili za primerjavo celovitih vplivov na okolje raznih vrst vračljive in nevračljive embalaže (Nemčija, Avstrija, Danska, ZDA idr.). Dobljeni rezultati so bili velikokrat v nasprotju s splošnimi prepričanji, saj so izračuni pokazali, da vračljiva embalaža z okoljskega vidika v svojem življenjskem ciklu ni nujno vedno najbolj primerna. Eden od najbolj znanih primerov je tisti iz Nemčije, kjer so

rezultate metode LCA želeli v najvišjih pristojnih državnih ustanovah uporabiti kot vodilo pri odločitvah in ukrepih glede nacionalne sheme ravnanja z odpadno embalažo. Primer je namenoma opisan nekoliko podrobneje, in sicer z namenom, da se opozori na kompleksnost primerjave med različnimi embalažnimi sistemi in da ne obstajajo enostranske rešitve, ko govorimo v vračljivi in nevračljivi embalaži.

Velja si zapomniti

Kljub metodološkim pomanjkljivostim je edina sodobna mednarodno standardizirana metoda, s katero je možno (ob izbranih pogojih) primerjati vplive na okolje vračljive in nevračljive embalaže, metoda LCA (poglavje 8). Potrebno pa se je zavedati, da so rezultati, dobljeni z metodo LCA, zelo podvrženi izbranim robnim pogojem in subjektivnim predpostavkam, zato so lahko rezultati le vodilo pri optimiranju posameznih sistemov, ne morejo pa biti orodje za izključevanje ali preferiranje posameznih embalažnih izdelkov.

Nemški Inštitut za raziskave energije in okolja (IFEU) je sam ali s partnerji za nemško Agencijo za okolje (Umwelt Bundes Amt) od leta 1995 naprej izvedel več odmevnih analiz okoljskega življenjskega cikla embalaže za pijače z metodo LCA na nemškem trgu. V prvi študiji, objavljeni leta 1996 (UBA I), so primerjali embalažo za sveže mleko (vključujoč vračljivo steklenico, polietilensko vrečko in kompleksno večslojno kartonsko embalažo) ter embalažo za pivo (vključujoč vračljivo in nevračljivo steklenico ter aluminijsko in jekleno pločevinko). Rezultati so pokazali, da je imela med alternativnimi embalažami za mleko najmanjši vpliv na okolje v celotnem življenjskem ciklu polietilenska vrečka za enkratno uporabo, za njo pa se je uvrstila vračljiva steklenica. Pri embalaži za pivo pa so ugotovili, da je za dane pogoje v Nemčiji okoljsko najsprejemljivejša vračljiva steklenica. Na osnovi rezultatov je bilo v letnem poročilu Nemškega urada za okolje javno zapisano, da vračljiva embalaža v splošnem

ni vselej najboljša alternativa z vidika vplivov na okolje (Schmitz in drugi 1996; ECOLAS-PIRA 2004).

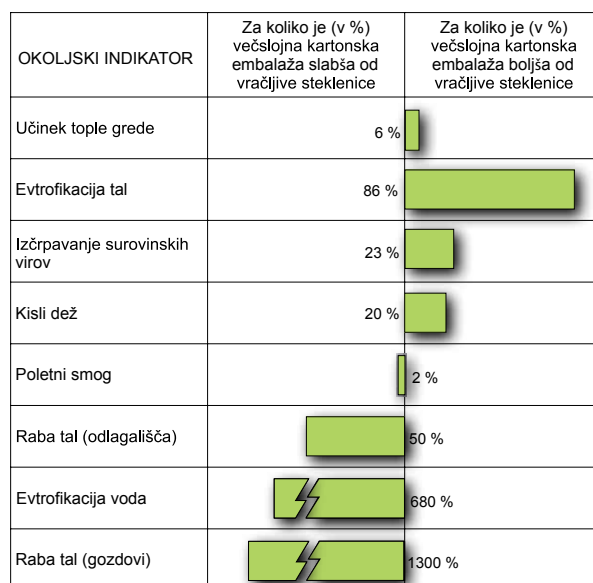
V nadaljevalni študiji iz leta 2000, ki so jo za Nemško zvezno agencijo za okolje izvedli IFEU, Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung (GVM), Prognos Management in PackForce, so primerjali vplive na okolje v življenjskih ciklih embalaže za mineralno vodo, vino, sokove in brezalkoholne gazirane pijače v skladu z metodologijo LCA po standardu ISO 14040 (poglavje 8). V analizo so vključili preučevanje naslednjih okoljskih kategorij: fotokemični smog, eutrofikacijo voda, acidifikacijo, toksične snovi za človeka, toksičnost za ekosisteme, porabo naravnih virov in učinek tople grede (ECOLAS – PIRA 2004). Danes je študija znana kot UBA II, rezultate pa so objavili v dveh delih (leta 2000 in 2002). V njej so preučili 28 embalažnih sistemov za različne namene uporabe (mineralna voda, gazirane in negazirane pijače,

vino). Ob tem so želeli ugotoviti razlike, ki jih za iste embalažne izdelke povzročajo njihove različne velikosti oziroma prostornine (od 0,25 do 1,5 l). V drugem delu so bili vključeni in preučevani življenjski cikli tudi tistih embalažnih sistemov oziroma izdelkov, ki so se v času od objave UBA I v primerjavi z letom 1995 dodatno uveljavili na nemškem trgu pijač (PET plastenke, 0,5-litrska pločevinka, 1-litrska "ultralahka" steklenica) (FKN 2006).

S študijo UBA II so ugotovili nekatere podobnosti v primerjavi z rezultati iz leta 1996, s katerimi so dodatno potrdili, da sistemi vračljive embalaže v splošnem nikakor niso kar avtomatično okoljsko primernejši v primerjavi z nevračljivo embalažo (embalažo za enkratno uporabo). Takšen sklep je javno objavil tudi Nemški zvezni urad za okolje (ECOLAS-PIRA 2004). Z analizo so ob tem določili še, kateri so najbolj vplivni dejavniki oziroma faze v življenjskih ciklih vračljive in nevračljive embalaže ter kako se med seboj razlikujejo. Ugotovili so, da sta v življenjskih ciklih vračljive embalaže imela največji vpliv na okolje distribucija oziroma transport in pranje embalaže, medtem ko sta pri embalaži

za enkratno uporabo v splošnem največji delež k vplivu na okolje prispevala proizvodnja embalažnega materiala in proizvodnja embalažnega izdelka. Raba energije se je pokazala kot eden od ključnih vidikov vpliva nekega embalažnega sistema na okolje.

Na osnovi rezultatov študije UBA II je nemško Ministrstvo za okolje objavilo naslednje sklepe: za mineralno vodo in za gazirane brezalkoholne pijače je z vidika varstva okolja vračljiva plastenka iz PET primernejša od vračljive steklenice, za gazirane osvežilne pijače pa predstavljajo nevračljive steklenice ter pločevinke za okolje bistveno manj primerno varianto v primerjavi z vračljivimi sistemi. Med drugim je primerjava med vračljivimi steklenicami in kombinirano (večslojno) kartonsko embalažo za pijače pokazala, da nobena od teh alternativ ne predstavlja absolutnega zmagovalca z okoljskega vidika (Slika 53). Da se je okoljski profil kombinirane (večslojne) kartonske embalaže izboljšal, je prispevalo tudi dejstvo, da se je v tistem obdobju v Nemčiji vidno izboljšala učinkovitost postopkov reciklaže določenih snovnih tokov odpadne embalaže.



Slika 53: Primerjalni rezultati vplivov kombinirane (večslojne) kartonske embalaže in vračljivih steklenic na okolje, dobljeni z metodo LCA. Podatki veljajo za nemški trg (FKN 2006).

Ob tem, da na okoljski profil katere koli embalaže pomembno vpliva učinkovitost postopkov ravnanja z njo po uporabi (npr. reciklažni procesi), se je s študijo UBA II še enkrat potrdilo, da so transportni procesi, tj. načini in razdalje distribucije pijač, dodatni vplivni dejavnik v okviru analize LCA sistemov vračljive in nevračljive embalaže za pijačo. Pri vračljivi embalaži sta se kot vplivna dejavnika pokazala še stopnja vračanja oziroma število ciklov njihove uporabe. Pri krajših transportnih razdaljah je vračljiva embalaža praviloma okoljsko primernejša od embalaže za enkratno uporabo, vendar slednja zaradi svoje nizke mase postaja s povečevanjem transportne razdalje z okoljskega vidika superiornejša. Nacionalne sisteme vračljive embalaže je zato vedno treba preučiti od primera do primera, medtem ko so mednarodni sistemi vračljive

embalaže z okoljskega vidika praviloma prav zaradi velikih razdalj manj primerni (PIRA-ECOLAS 2005).

Razlike v vplivih na okolje različnih embalažnih sistemov za pijače so v veliki meri odvisne tudi od prostornine embalaže (velikosti embalažnih enot) in s tem količine pakiranega blaga na enoto embalaže. Na ta vplivni dejavnik so opozorili strokovnjaki, ki so sodelovali pri izdelavi nemške študije UBA II (Prognos AG 2002). Ugotovljeno je bilo namreč, da čim večja je prostornina embalaže, manjši so specifični vplivi na okolje (preračunani npr. na 1000 l pakirane pijače). Torej, vračljiva in nevračljiva embalaža večje prostornine bosta imeli manjši vpliv na okolje v primerjavi z manjšimi enotami, proizvedenimi iz istih materialov.

Pomemben sklep študije analize LCA oziroma študija UBA II v Nemčiji je bil, da ne obstaja en sam embalažni izdelek in/ali material za vse situacije, ki bi bil vselej boljši ali slabši od drugih z vidika vplivov na okolje. Analize so bile, kot rečeno, opravljene na osnovi podatkov, ki veljajo izključno za nemški trg. Za vsako državo so namreč povprečne transportne poti različne, med seboj se lahko zelo razlikujejo po vzpostavljeni infrastrukturi ter učinkovitosti sistema vračanja embalaže (reciklaži) ter učinkoviti rabi energije.

Omenjeni rezultati so po pričakovanju sprožili v Nemčiji (pa tudi širše) številne reakcije in vprašanja o objektivnosti in s tem verodostojnosti študije, oglasila so se različna nacionalna in mednarodna združenja proizvajalcev embalažnih materialov in izdelkov (PETCORE 2004; GDA 2000). Neprofitno evropsko združenje PETCORE, ki podpira razvoj in uporabo embalaže iz PET, je maja 2003 naročilo študijo, ki jo je izvedel Inštitut za raziskavo energije in okolja (IFEU GmbH) iz Heidelberga, podprlo pa jo je še deset nemških embalerjev pijač (PETCORE 2004). Oblikovali so tudi neodvisno strokovno skupino recenzentov. Študija je zajela razširjene meje sistema ter primerjala vplive na okolje

za nevračljivo plastenko iz PET za mineralno vodo ter osvežilne pijače z vračljivo steklenico za iste pijače glede na dva načina ravnanja z odpadki v Nemčiji: ločeno zbiranje znotraj sistema DSD (nem. Duales System Deutschland) ter znotraj sistema depozitov. Rezultate so preračunali na 1000 l embalirane pijače. Uporabljeni podatki so bili pripravljeni izključno za specifične nemškega trga pijač. Večina zbranih odpadnih plastenk iz PET se namreč ne reciklira nazaj v plastenke, marveč se uporablja večinoma za druge namene, kot so proizvodnja poliestrskih vlaken, trakov, plošč ipd. To dejstvo pa se v nekaterih izvedenih študijah LCA, na primer v znani nemški študiji UBA II iz leta 2000, ki jo

je naročilo nemško Ministrstvo za okolje, ni upoštevalo. Zato je omenjena študija naletele na ugovore strokovnjakov, ki so menili, da je PET v njej obravnavan in prikazan neobjektivno.

Rezultati, dobljeni z analizo LCA za primer takšnih razširjenih mej sistema, so dali naslednje sklepe: pri pogojih ločenega zbiranja odpadne embalaže imata plastenka iz PET in steklenica na okolje v svojem življenjskem ciklu podoben vpliv oziroma ne obstaja jasna prednost za okolje, če uporabljamo stekleno ali plastično embalažo za isti namen. Pri pogojih, ki veljajo v sistemu depozita, se vpliv nevračljive plastenke na okolje poveča, kar je v glavnem posledica dejstva, da se večina tako zbranih plastenk iz PET pošilja na reciklažo na Daljni Vzhod. Razlike glede vpliva na okolje ne bi bilo, če bi se reciklaža vršila v Evropi, kot je bil to primer s plastenkami, zbranimi znotraj sistema DSD.

Dopolnjena študija LCA je pokazala tudi, da so za nemške razmere nevračljive plastenke iz PET okoljsko enako sprejemljive kot vračljive steklenice pri pogojih ločenega zbiranja. Študija je prav tako potrdila, da ne obstajajo razlike v rezultatih, če se PET reciklira bodisi v tekstilna vlakna bodisi v trakove ali plastenke. Potrdilo se je tudi, da na rezultat takšne analize LCA zelo vplivajo transportne razdalje ter masa posamezne embalaže. Ta primer zgovorno kaže, kako zapleteno je področje ocenjevanja negativnih vplivov embalaže na okolje ter nakazuje predvsem to, da je enačenje okoljske problematike embalaže samo z osredinjenostjo na trdne odpadke po uporabi, kot je bilo to v preteklosti pravilo, neustrezno in preseženo (PET-CORE 2004; Radonjič 2008).

Nemške primerjalne študije med vračljivo in nevračljivo embalažo niso edine te vrste. Primer, ki dopolnjuje predstavljeno nemško

situacijo, predstavlja primerjalna študija vračljive ter nevračljive steklene embalaže za pivo na osnovi metodologije LCA, opravljene na Portugalskem (Mata in Costa 2001). Omenjena študija, ki je upoštevala celotne življenjske cikle embalaže, je pokazala, da je vpliv sistema vračljivih steklenic za pivo odvisen od deleža ponovno uporabljenih steklenic ter od števila njihovih kroženj v sistemu. Od teh dveh parametrov (ob pogojih enako dolgih transportnih poti oziroma transportnih razdalj) je odvisen njihov celotni okoljski profil v primerjavi z nevračljivimi steklenicami. Pri uporabi 50 % deleža ponovno uporabljenih steklenic skupaj s 50 % novimi steklenicami je tako prispevek vračljivih steklenic k učinku tople grede, acidifikaciji, fotokemičnemu smogu, količini toksičnih snovi ter porabi energije in surovin že po drugem kroženju manjši v primerjavi s steklenicami za enkratno uporabo. Prispevek vračljivih steklenic k evtrofikaciji ter razgradnji ozonskega sloja pa je bil večji v primerjavi z nevračljivimi steklenicami. S številom kroženj se razlika celo povečuje v korist steklenic za enkratno uporabo. Razloge za to gre iskati pri intenzivnejšem transportu ter pranju vračljivih steklenic.

V kontekstu te obravnave velja omeniti še študijo, ki jo je opravil dr. Neil Kirkpatrick za Evropsko organizacijo za embalažo in okolje EUROPEN. V pregledni študiji je avtor primerjal rezultate devetih predhodno že opravljenih raziskav po metodi LCA, v katerih so analizirali vračljivo in nevračljivo embalažo v različnih državah Evropske unije (Nemčija, Avstrija, Danska, Belgija) za namene državnih in strokovnih organov ter ustanov v obdobju 1993–2003. Glavni namen primerjalne študije je bil odgovoriti na vprašanje, ali je možno na osnovi rezultatov že opravljenih raziskav trditi, da je uporaba vračljive embalaže v okoljskem smislu boljša kot reciklaža embalaže za enkratno upora-

bo. Končna ugotovitev primerjalne analize je bila, da splošnega enoznačnega odgovora oziroma potrditve ni možno dati. Ponovno pa se je pokazalo, da v večini primerov z naraščanjem dolžine transportnih poti lahka embalaža za enkratno uporabo kaže boljšo okoljsko primernost (Kirkpatrick 2004).

Energijska učinkovitost sistema vračljive embalaže je pomembno merilo, ki ga je treba dobro preučiti znotraj vzpostavitve

tovrstnega sistema, ko govorimo o vplivih na okolje. Predstavo o pozitivnem prispevku vračljive embalaže k varčevanju s primarnimi viri lahko rušijo predvsem: energija, potrebna za transport blaga do prodajnih mest v težje vračljivi embalaži ob uporabi zabojev, ki na splošno povzročajo slabšo izkoriščenost prevoznega sredstva, energija (v obliki porabe goriv), potrebna za odvoz vrnjene embalaže k proizvajalcu oziroma embalerju, in energija, potrebna za njeno čiščenje (Radonjič 2008).

Različne primerjalne študije sistemov vračljive in nevračljive embalaže v več državah kažejo na to, da ni možno enostransko trditi, da je sistem vračljive embalaže avtomatično boljši z okoljskega vidika kot uporaba embalaže za enkratno uporabo. Zato je treba obravnavati vsak primer zase. Pokazale so se nekatere skupne splošne značilnosti:

- Okoljski profil nevračljive embalaže za enkratno uporabo v primerjavi z vračljivo za isti namen uporabe je v veliki meri odvisen od tega, kaj se s takšno nevračljivo embalažo dogaja po njeni uporabi, tj. kakšni so postopki ter tehnološki nivo ravnanja s tovrstnimi embalažnimi odpadki.
- Izkušnje v več državah kažejo, da je sistem vračljive embalaže lahko učinkovit, če takšna embalaža opravi dovolj ciklov vračanja oziroma krožnih tokov, če so transportne poti dovolj kratke in če je ves čas na zalogi dovolj zbrane vračljive embalaže (Bridgewater in Lindgren 1983; Giles 1999).
- Iz različnih analitičnih primerjalnih analiz okoljskih življenjskih ciklov med vračljivimi in nevračljivimi embalažnimi sistemi se je potrdilo, da za večino primerov velja, da so pri krajših transportnih razdaljah (nekaj 100 km) z okoljskega vidika sistemi vračljive embalaže okoljsko manj obremenjujoči, pri večjih razdaljah pa nevračljiva embalaža zaradi svoje nizke mase postane superiornejša z okoljskega vidika (ECOLAS-PIRA 2004).
- Transportno razdaljo, ko en sistem prevlada nad drugim v smislu manjšega onesnaževanja okolja v življenjskem ciklu, je potrebno določiti od primera do primera.
- Energijska učinkovitost sistema vračljive embalaže je pomembno merilo, ki ga je treba dobro preučiti znotraj vzpostavitve tovrstnega sistema, ko govorimo o vplivih na okolje.



14 Oblikovanje za kompostiranje

Kompostiranje odpadkov pomeni v splošnem usmerjeno aerobno mikrobiološko spreminjanje odpadkov v kompost, ki je uporaben za izboljšanje in gnojenje tal na kmetijskih obdelovalnih površinah. Z drugimi besedami, kompostiranje je biološki razkroj snovi v prisotnosti zraka, pri čemer nastane humusu podobna snov. V Direktivi Evropske unije 94/62/EC o embalaži in odpadni embalaži sta kompostiranje in biološka razgradljivost le bežno omenjena. Vendar slovenska Uredba o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo (Uradni list RS 2006) uvršča kompostiranje med t. i. organsko reciklažo skupaj z biometanizacijo kot anaerobnim postopkom predelave biorazgradljivih delov odpadne embalaže. V uredbi je tudi navedeno, da mora imeti odpadna embalaža, pripravljena za namene kompostiranja, takšne lastnosti, ki omogočajo ločeno zbiranje in razgradnjo, če je izpostavljena anaerobnim in aerobnim procesom razgrajevanja. V skladu z definicijo, ki jo prinaša Uredba o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo (Uradni list RS 2006), je biološko razgradljiva embalaža takšna, ki se fizično, kemično, toplotno ali biološko razgradi, tako da se večji del končnega komposta razgradi v ogljikov dioksid, biomaso in vodo.

Učinkovitost postopkov kompostiranja je določena z vrsto pogojev, kot so temperatura, vlaga, razmerje ogljika in dušika v odpadkih oziroma količina in razmerje hranljivih snovi za mikroorganizme, vrednost pH, velikost delcev oziroma razmerje med maso in površino odpadkov, količina prisotnega kisika ter stopnja premešanja odpadkov (Radonjič 2008).

Ena od glavnih skrbi pri kompostiranju je potencialna kontaminacija odpadkov za kompostiranje s snovmi, ki ne le da niso biološko razgradljive, ampak so lahko nevarne in se v kompostu nikakor ne smejo nahajati (npr. težke kovine, toksične organske spojine). V takem primeru je kakovost komposta nesprejemljiva za njegovo uporabo v kmetijstvu.

Opadna embalaža, primerna za kompostiranje, je dandanes predvsem tista iz papirja, lepenke ali lesa, vendar razvoj polimernih plastičnih materialov prinaša nove vrste in tipe, ki so biološko razgradljivi (poglavje 5.4.2). Nezaodostno osveščena javnost le redkokdaj ve, da lahko odpadni embalažni materiali možno razgradljivost dosežejo ter izkažejo le v za to primernem okolju. Natrpane in natlačene deponije, kamor odlagamo tovrstno embalažo skupaj z vsemi drugimi odpadki, niso primerno okolje za razgradnjo in posledično za razbremenitev odlagališč.

Kompostirnost je lastnost embalaže (ali plastičnega materiala), da se razgradi med postopkom kompostiranja. Izdelek je lahko kompostiren, če je dokazano, da so kompostirne vse njegove sestavine.

Evropski komite za standardizacijo (CEN) je v preteklih letih izdal nekatere standarde za podporo pri postopkih kompostiranja odpadne embalaže. Evropski standard EN 13432 določa pogoje in zahteve za primere industrijskega kompostiranja, standard EN 14995 pa pogoje posebej za plastično embalažo.

Standarda EN 13432 / 14995 natančneje določata, katerim lastnostim mora zadosťiti neki embalažni material, da ga je možno opredeliti kot primerneza za kompostiranje. V skladu z zahtevami omenjenega standarda so te lastnosti naslednje:

- **biorazgradljivost**, tj. zmožnost snovi, da se pod vplivom mikroorganizmov spremeni v CO₂ (med kompostirnim ciklom v trajanju 6 mesecev se mora razgraditi vsaj 90 % embalaže);
- **spodobnost razkroja**, s čimer pojmuje mo fragmentacijo materiala oziroma zmožnost nastanka drobnih delcev, ki s prostim očesom niso vidni (določeno s standardom EN 14045);
- **odotnost negativnih okoljskih učinkov** v procesu kompostiranja (test eko-toksičnosti);
- **nizka vsebnost težkih kovin** (pod zakonsko dovoljenimi vrednostmi), kar je nad vse pomembno s stališča kakovosti proizvedenega komposta.

Embalaža, ki je testirana in verificirana v skladu z zahtevami omenjenih standardov, bo učinkovito kompostirana v temu namenjenih obratih.

Snov, ki jo kompostiramo, torej mora biti biološko razgradljiva, obratno pa ni nujno, saj morajo biti pri procesu kompostiranja izpolnjene še dodatne standardne zahteve. Iz tega sledi, da je biorazgradljivost osnovni predpogoj za kompostiranje. Biorazgradljivost mora biti dosežena skoraj v celoti, vendar je to le ena od zahtev, da se proizvede kakovosten kompost.

Pri razvoju in načrtovanju embalaže iz biorazgradljivih polimerov (poglavje 5.4.2) si lahko pomagamo s vprašalniki (angl. *check-lists*), s katerimi si postavljamo problemso naravnana vprašanja za različne faze življenjskega cikla (poglavje 8) in ki služijo za usmerjanje razvojnih odločitev.

Sistem certificiranja bioplastike

Na trgu se vse pogosteje pojavljajo embalažni izdelki, ki nosijo oznake in napise kot "biološko razgradljiv", "100 % razgradljiv" ipd. Čeprav je za proizvajalca zelo vabljiva uporaba takšnih logotipov, pa sploh ni nujno, da so takšni izdelki tudi dejansko dokazano primerni za kompostiranje. Kot dokazilo slednjega morajo biti opremljeni s posebnim certifikacijskim znakom, ki dokazuje, da material oziroma izdelek zadostuje kriterijem mednarodnih standardov.

V Evropi je več certifikacijskih organizacij, ki podeljujejo različne certifikacijske oznake. Med njimi sta najpomembnejši DIN Certco in Vinçotte. Obe organizaciji podeljujeta oznako "*seedling*" (sadika) za kompostirne izdelke. Oznake jamčijo, da material oziroma izdelek izpolnjuje vse kriterije, ki jih postavlja evropski standard EN 13432 ter da je bil v ta namen preizkušen s strani neodvisne ustanove (DIN Certco ali Vinçotte). Oznaka "*OK Compost*" je na voljo v več verzijah, ki sporočajo, v kakšnem okolju material izkazuje sposobnost kompostiranja (www.dincertco.de; www.okcompost.be/en/home/).



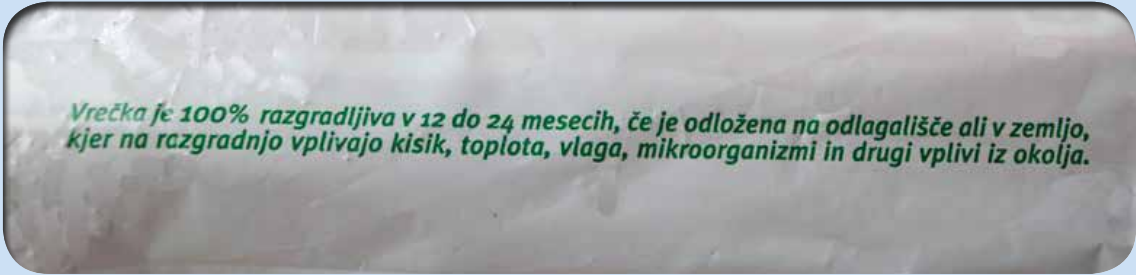
Takšen sistem certificiranja je prostovoljen. Certificiranje kompostirne plastike je možno le za končne izdelke. Pri materialih iz obnovljivih virov pa se lahko certificirajo materiali, polizdelki, dodatki in končni izdelki. Vendar za materiale, polizdelke in aditive podjetja ne morejo pridobiti oznake za kompostirnost. Pridobijo lahko le potrdila, da so skladna z zahtevami standarda. Certifikat in pripadajočo oznako je namreč možno pridobiti le za končni izdelek, saj je pomemben kriterij za pridobitev certifikata razgradljivost. Ta pa je vezana na končni izdelek in odvisna tudi od njegove oblike. V Sloveniji je (v okviru mednarodnega projekta Plastice) za razvoj sistema certificiranja zadolžena družba Slopak, ki bo pri tem sodelovala z nemško certifikacijsko organizacijo DIN Certco (Horvat in Kržan 2012).

Poleg certificiranja kompostirnih izdelkov poznamo še podeljevanje certifikatov za materiale, aditive in izdelke, proizvedene na osnovi obnovljivih virov (angl. *biobased*). Oznake potrjujejo, da material delno ali v celoti temelji oziroma izvira iz biomase. Ob logotipu je tudi dodaten znak, ki sporoča, kolikšen je delež materiala iz bioloških virov.



Tovrstne oznake niso pomembne le za informiranje kupcev, ki se jim s tem da dodatna možnost izbire, ampak dajejo obenem informacije o pravilnem načinu ravnanja z embalažo po uporabi (npr. pri ločevanju odpadkov) (Slika 54).

Primer nezadostnega in napačnega informiranja o sposobnosti razgradnje



Vrečka je 100% razgradljiva v 12 do 24 mesecih, če je odložena na odlagališče ali v zemljo, kjer na razgradnjo vplivajo kisik, toplota, vlaga, mikroorganizmi in drugi vplivi iz okolja.

Proizvajalec nosilnih (nakupovalnih) vrečk je le-te opremil s sporočilom, ki je prikazano na gornji sliki. Ob tem se poraja več pomislekov glede zapisanega v smislu nezadostnega in dvournega informiranja potrošnikov, saj ne gre za osamljen primer. Pomisleki so naslednji:

- ❖ Ni jasno, kaj naj pomeni, da je vrečka "razgradljiva, če je odložena v zemljo". Kje naj bi potrošnik vrečko odložil v zemljo? Zapisano lahko napeljuje potrošnika, da le-ta odvrže ali zakoplje takšno vrečko kar v naravi. Sporočilo nikjer ne opozarja potrošnika, da naj tega ne bi počel. Ne glede na mehanizem razgradnje, ki ga obljublja napis na vrečki, so vedno potrebni specifični pogoji za to in ti niso kar avtomatsko izpolnjeni vsepovsod, v vsakem letnem času in na vsaki lokaciji. Zato sporočilo potrošniku neutemeljeno sporoča, da se bo takšna vrečka vselej razgradila, kar ima elemente zavajanja potrošnika. Uporabniki lahko dobijo vtis, da lahko takšne vrečke brez škode odvržejo v naravi.
- ❖ Zapis prav tako zavaja s podatkom, da se vrečke na odlagališčih vedno 100 % razgradijo. Na površini se ob določenih pogojih in dovolj dolgi izpostavljenosti vrečke sicer teoretično lahko razgradijo. Toda v praksi temu največkrat ni tako, saj so vrečke z drugimi odpadki vred zakopane brez zadostne prisotnosti kisika in UV žarkov ter zato niso dani pogoji za razgradnjo.
- ❖ (Bio)razgradljive vrečke se v pogojih, ki veljajo na odlagališčih, v splošnem razgrajujejo bistveno počasneje kot npr. na kompostnikih. Zato ni možno splošno trditi, da se v vseh odlagališčih vrečke razgradijo v maksimalno 24 mesecih. Če se vrečke kljub temu na odlagališčih pričnejo razgrajevati, pa v pogojih anaerobne razgradnje pride na odlagališčih do tvorbe toplogrednega plina metana. Skratka, razgradnja sama po sebi lahko naredi okolju več škode kot koristi, če se ne vrši pod kontroliranimi pogoji. Zato se lahko dober namen podjetja, ki je želelo z določenim ukrepom zmanjšati vplive na okolje, ne izpolni.
- ❖ Uporabljeni pojem "razgradljivo" lahko potrošniki razumejo kot sinonim za pojem "bio-razgradljivo". Toda vrečka oziroma material očitno nista bila testirana na sposobnost biološke razgradnje in kompostirnosti v skladu z zahtevami mednarodnega standarda EN 13432 in na vrečki ni natisnjenega logotipa "sadike" (ali katerega drugega znaka), ki bi dokazoval dejansko biološko razgradljivost v standardiziranih pogojih (glej predhodni okvir). Nekateri potrošniki lahko zato zmotno mislijo, da je takšna vrečka primerna za kompostiranje in jo z dobrim namenom odložijo med biološke odpadke, čeprav na vrečki ni dokazila za kompostirnost. Zato bi na vrečki moralo pisati, da ne sodi med biološke odpadke.

Velja omeniti tudi, da je proizvajalec za oglaševanje izbral dno vrečke, kamor potrošnik redkokdaj pogleda. Na ta način ga tudi pravilna in celovita informacija težje doseže.

Čeprav ni dvomiti, da je podjetje s preходом na novi material za nosilne vrečke želelo prispevati k zmanjševanju vplivov embalaže na okolje, pa primer kaže, da ta prehod ni bil optimalno izveden. Sama substitucija embalažnega materiala ni dovolj, če potrošniki niso pravilno in celovito informirani. Potrošnik je namreč izjemno pomemben člen ravnanja z biorazgradljivimi odpadki, saj je od njega odvisno, ali bo sposobnost biorazgradnje sploh imela učinek.



Slika 54: Primer označevanja biorazgradljive in kompostabilne embalaže (FNR 2005).

Velja si zapomniti

Tako imenovanih okso-razgradljivih polimerov (poglavje 5.4.7) ne uvrščamo med bioplastiko. Zaenkrat ne zadoščajo kriterijem, ki jih predpisujejo mednarodni standardi za kompostiranje, saj še vedno ni povsem jasno, kakšni so njihovi razkrojni produkti, tako glede velikosti delcev kot glede sestave.



15 Izogibanje škodljivim snovem v embalaži

Embalaža lahko vsebuje zdravju in okolju nevarne snovi v osnovnem embalažnem materialu ali pa v pomožnem kot posledico grafične obdelave in tiska. Zaradi migracij različnih snovi, ki so sestavine ali kontaminanti embalaže, lahko le-te prehajajo (migrirajo) iz embalaže v živila. To ima lahko za posledico zelo resne probleme, kot potrjujejo razni primeri, na primer tisti iz Švice leta 2011, ko so mineralna olja tiskarskih barv migrirala iz reciklirane kartonske embalaže v živila (poglavje 12.4).

Mehanizmi vplivov škodljivih snovi na zdravje so specifični in drugačni od vplivov na širše okolje. Kljub temu pa morata sodobno oblikovanje ter razvoj embalaže nujno vključevati tudi to dimenzijo. V industrijsko vodilnih državah to problematiko pri razvoju embalaže največkrat vključujejo znotraj ekodizajna embalaže (Radonjič 2008). V splošnem velja, da embalaža ne sme negativno vplivati na organoleptične lastnosti živil in škodljivo vplivati na zdravje porabnikov zaradi migracije različnih snovi. Prav tako velja, da morajo proizvajalci po veljavni zakonodaji poskrbeti, da sestavine materialov oziroma proizvodov, ki prihajajo v stik z živilom, vanje ne smejo prehajati v količini, ki bi škodovala zdravju.

V nadaljevanju navajamo nekatere snovi, ki se lahko nahajajo v embalaži (odvisno od vrste embalažnega materiala) in lahko migrirajo v živila (Golja 2004).

Polimerni materiali: ostanki nezreagiranih monomerov (na primer estri očetne,

adipinske, akrilne in drugih organskih kislin, bisfenol A, bisfenol S, akrilonitril, kaprolaktam, formaldehid, melamin, tereftalna kislina, izocianati, vinil-klorid, viniliden-klorid, acetaldehid, dodatki za doseganje želenih lastnosti polimernih materialov (npr. nekatere bakrove, magnezijeve, barijeve, litijeve, kobaltove in kositrove spojine, benzofenon in derivati, derivati in soli salicilne kisline, aromatski amini itd.), ostanki katalizatorjev polimerizacij (antimon oziroma antimonov oksid).

Kovinska embalaža: težke kovine (svinec, kadmij, krom, živo srebro, nikelj), sestavine zaščitnih lakov (fenoli, formaldehid, aromatski amini, BADGE, BFDGE itd.).

Papirna embalaža: težke kovine, formaldehid, poliklorirani bifenili, pentaklorofenol, diizopropilnaftaleni, ftalati, primarni aromatski amini, benzofenon, fluorescentna barvila itd.

Steklena embalaža: težke kovine (predvsem svinec in kadmij).

Lesena embalaža: impregnacijska sredstva proti trohnenju in sušenju.

Posebno pozornost je treba nameniti tiskarskim sredstvom, ki se jih sme uporabljati le na površinah embalaže in ne smejo biti v neposrednem stiku z živilom. Kljub temu lahko sestavine črnil in barv (mehčala, topila, sušila, pigmenti) in njihovih onesnaževalcev (npr. heksaklorobenzen) pridejo v stik s plas-



tjo embalažnega materiala, ki je v neposrednem stiku z živilom in migrirajo vanj.

Pri tem ne smemo pozabiti tudi na pokrove, etiketna lepila in potiskane površine oziroma sloje barv, ki so prav tako lahko možni viri migracij. S papirno in kartonsko embalažo so poleg omenjenih mineralnih olj s tiskarskimi barvami povezane sestavine, kot je na primer izopropil tioksanton (ITX), ki se uporablja kot fotoiniciator pri procesu fiksacije barve na

površini embalaže. Pri plastični embalaži so lahko sporni posebni dodatki ali pa nezaeagirani produkti polimerizacije, iz plastificirane-ga sloja kovinskih pokrovčkov za steklenice lahko dokazano prehaja v živilo semi-karbazid itd. Migracije so lahko fizikalne (brez kemijskih reakcij) ali pa jih spremljajo kemijske reakcije, ki lahko potekajo v živilu ali v embalaži. Odvisne so od temperature, časa, kislosti oziroma bazičnosti medija itd.

Tiskarske barve – vse pomembnejši element ekodizajna embalaže

Tiskarske barve sestavljajo: vezivo, barvila oziroma pigmenti, topila in dodatki. Zaradi naraščanja hitrosti tiskanja postajajo zahteve za tiskarske barve pri sodobnih tiskarskih strojih vedno večje. Ob vse strožji zakonodaji o varstvu okolja in onesnaževanju zraka s hlapnimi organskimi sestavinami ter dejstvu, da nekatere barve vsebujejo tudi do 70 % topil, je pomembno, da se pri izboru topil odločamo za tista, ki so zdravju ter okolju čim bolj prijazna. Izogibati se je treba takim, ki vsebujejo aromatske spojine, nižje glikolne etre in ketone. Strupen etilen glikol, za katerega v zadnjem času ugotavljajo, da povzroča krvne okvare, že nadomešča propilen glikol. Določene tiskarske barve kot topilo vsebujejo alkohol, ki naj bi bil primernejša rešitev tudi za uporabo v živilski industriji. Obstajajo pa tudi tiskarske barve na vodni osnovi (Černič in drugi 2005; Radonjič 2008).

Tiskarske barve na osnovi vode vsebujejo le-to kot topilo. Da jih označijo kot vodne, morajo vsebovati najmanj 85 % vode. Razvili so jih zaradi varovanja okolja in zdravja, pa tudi z željo po znižanju stroškov procesa tiska, saj pri njihovi uporabi v velikem deležu (ali kar v celoti) voda zamenja draga in velikokrat škodljiva organska topila. S tem odpade postopek rekuperacije topil. Vendar je delo z njimi nekoliko težje, saj so bolj korozivne, potrebujejo več energije za sušenje, povzročajo pa tudi večje probleme pri reciklaži tako potiskanega papirja pri postopku razsivitve (angl. *deinking*) (prav tam). Uporabljati se smejo le na površinah embalaže, ki ne prihajajo v neposreden stik z živilom.

Seznam škodljivih snovi v embalaži se iz leta v leto daljša. Vedno več pomožnih snovi postaja spornih, na kar se bodo morali privajati proizvajalci embalaže, tiskarji in uporabniki. Mednarodno združenje Evropskih proizvajalcev adhezivov in veziv je sprožilo iniciativo za odpravo uporabe di-izobutil ftalata, ki se uporablja kot plastifikator v nekaterih adhezivih v industriji papirja in kartona. Študije so namreč pokazale, da ima di-izobutil ftalat toksikološke učinke, saj vpliva na reprodukcijski sistem v organizmu. Še posebej se poudarja zmanjšana uporaba omenjene snovi v primerih embalaže, ki je v kontaktu z živilom. Posebno pozornost je zato potrebno nameniti uporabi recikliranega papirja in kartona (FEICA 2006).

Pokrovčki in zamaški s PVC tesnili

Pokrovčki in tesnilne mase predstavljajo eno najpomembnejših skupin pomožnih embalažnih materialov. PVC pokrovčki s tesnilnimi masami na notranji strani so že dalj časa predmet razprav glede primernosti oziroma škodljivosti njihove uporabe. Takšni pokrovi in zamaški se uporabljajo pri steklenicah za alkoholne in brezalkoholne pijače, mineralne vode idr. Uporabljajo se tudi za steklene kozarce, iz katerih lahko čezmerno prehajajo mehčala, kar pa je odvisno tudi od sestave živil. Nekatera znana svetovna proizvodna in trgovinska podjetja (Unilever, Kraft Foods, Walmart) že izvajajo ukrepe glede izločanja PVC tesnilnih mas iz izdelkov, ki jih

ponujajo. Prvi poskusi zamenjave PVC tesnil gredo v smeri uporabe termoplastičnih elastomerov.




Nanodelci in nanoembalaža

V razvoj aktivne in inteligentne embalaže se nezadržno vključuje uporaba nanomaterialov, tako da se je danes v strokovnih krogih že uveljavil pojem **nanoembalaža**. To je embalaža, ki v svoji sestavi vsebuje nanomateriale za izboljševanje funkcionalnih lastnosti. S tem tudi na področje embalaže in pakiranja z velikimi koraki vstopa nanotehnologija. **Nanotehnologija** pomeni načine in možnosti manipulacije s snovjo oziroma materiali pri dimenzijah 100 nm in manj s ciljem dosegati nove lastnosti.

Z uporabo nanomaterialov za namene embaliranja se lahko izjemno vpliva na zaporne in antimikrobne lastnosti embalaže ter na njene mehanske in optične lastnosti. Hrano dodatno ščitijo pred vplivom ultravijoličnih žarkov. S tem bi se podaljšal rok trajanja živil v nanoembalaži ob ohranjanju organoleptičnih lastnosti živil. Materiali z antimikrobnimi lastnostmi, ki so posledica dodatka srebra, so že na trgu. Industrija embalaže se zanima za uporabo nanodelcev, ki se uporabljajo kot polnila v polimernem materialu ali kot premaz na površini filmov, folij in posod. Novost je tudi embalaža s površinami, ki se same čistijo.

Kljub velikim obetom (ne le na področju embalaže in pakiranja) pa je nanotehnologija kontroveržno področje, predvsem s stališča varovanja zdravja in okolja. Poleg izboljšav lastnosti materialov prinaša tudi nova tveganja glede vpliva tovrstnih delcev na zdravje ljudi, in sicer pri proizvodnji ter zaradi uporabe izdelkov iz nanomaterialov. Lastnosti materialov, ki so sicer neškodljivi pri večjih dimenzijah, se na nivoju nanodelcev lahko dramatično spremenijo. Delci



postanejo izjemno reaktivni, hkrati pa se zaradi majhnih dimenzij bistveno poveča njihova mobilnost v tkivih in celicah. Lažje prodirajo v telo skozi kožo ali zaradi vdihovanja oziroma vnosa v prebavni trakt. Da skrb nikakor ni odveč, že potrjujejo različne raziskave, s katerimi ugotavljajo potencialne škodljive učinke nanodelcev.

Danes o potencialni škodljivosti deset in deset različnih nanomaterialov (število se stalno povečuje) ter njihovi sposobnosti akumulacije vemo le malo. Le redki izdelki so bili testirani glede toksičnosti nanodelcev. Vsak izdelek, ki pride na trg, bi moral skozi različna testiranja, a zakonodaje na področju nanodelcev še ni, zato se za varnostno testiranje uporabljajo kar podatki, dobljeni na podlagi testiranja spojin glede na kemijsko sestavo brez upoštevanja vpliva velikosti delcev (Remškar 2006; Radonjič 2008).





16 Oblikovanje za ozaveščanje potrošnikov

Ena od pomembnih funkcij embalaže je njena informacijska funkcija (poglavje 3). Z njeno pomočjo se vzpostavlja komunikacija s potrošnikom, saj mu prodajna embalaža prenaša informacijo o pakiranem izdelku in navodila za uporabo, odpiranju ter varnostna opozorila. Na embalaži se lahko nahajajo različni znaki za okolje, ki se nanašajo bodisi na pakiran izdelek bodisi na embalažo samo (npr. evropska marjetica, modri angel, zelena pika, ogljični odtis idr.). Poleg teh lahko

embalaža nosi tudi bolj eksplicitna in neposredna sporočila, ki se nanašajo na odgovorno okoljsko ravnanje potrošnika. Takšna sporočila so pomembna zato, ker se danes potrošniki še vedno ne zavedajo v pravi meri, kako oni sami s svojimi odločitvami in načinom življenja negativno vplivajo na okolje. Marsikdaj v družbi še ni zavedanja o posledicah za okolje, ki jih z dnevnimi aktivnostmi povzročamo posamezniki.

“Zaprite vodo, medtem ko me uporabljate!”

Nemško podjetje T.D.G. Vetriebs je razvilo linijo naravne kozmetike z zelo neposrednim sporočilom “Zaprite vodo, medtem ko me uporabljate!” (Stop the water while using me!). Poziv izhaja iz vedno večjega zavedanja o omejenih vodnih virih in proizvajalec preko embalaže poziva potrošnika k skrbni porabi le-te. Seveda izdelek (šampon, gel za tuširanje) še vedno potrebuje vodo pri uporabi, a osnovno vprašanje je, na kakšen način in v kolikšni količini jo porabljamo. Embalažo je možno tudi reciklirati.



(vir: <http://stop-the-water-while-using-me.com>)



Med tuširanjem pomisli na okolje!

Francoski proizvajalec kozmetike Garnier je embalažo nekaterih svojih šamponov opremil s pozivom, s katerim želi vzpodbujati svoje kupce, da bi se aktivno vključili v postopke reciklaže in racionalno rabo vode. V ta namen so na etiketo embalaže natisnili kratko sporočilo o tem, kako lahko vsak posameznik pri tuširanju z majhnim naporom nezanemarljivo prispeva k manjši porabi vode. Pri projektu so sodelovali s podjetjem za ravnanje z odpadno embalažo Eco-Emballages (L'Oréal 2008).





17 Standardi za podporo okoljskemu načrtovanju embalaže

Ker dobiva vključevanje okoljskih dejavnikov pri razvoju in načrtovanju embalaže vedno večji mednarodni pomen, je bila v zadnjih letih izdana vrsta mednarodnih standardov kot pomoč pri uvajanju takšnih dejavnikov ter s tem tudi pomoč pri izpolnjevanju zahtev iz Direktive Evropske unije 94/62/EC. Evropski komite za standardizacijo (CEN) je v ta namen pripravil več evropskih standardov (EN) in poročil (angl. Committee Report – CR). Le-ti pomagajo pri presojanju skladnosti z bistvenimi zahtevami direktiv Evropske uni-

je, da bi zmanjšali vpliv embalaže na okolje in preprečevali ovire pri mednarodni menjavi blaga. Čeprav je uporaba teh standardov prostovoljna, jim je leta 2005 Evropska komisija podala status harmoniziranih standardov. To pomeni, da se predpostavlja, da je tista embalaža, ki je proizvedena v skladu s harmoniziranimi standardi EU skladna tudi z osnovnimi zahtevami Direktive EU o embalaži in odpadni embalaži. To skupino standardov smo v Sloveniji privzeli kot slovenske standarde (SIST) (Radonjič 2008).

SIST EN 13427:2004 Embalaža – Zahteve za uporabo evropskih standardov na področju embalaže in odpadne embalaže

SIST EN 13428:2004 Embalaža – Posebne zahteve za proizvodnjo in sestavo – Preventiva z zmanjševanjem pri izvoru

SIST EN 13429:2004 Embalaža – Večkratna uporaba

SIST EN 13430:2004 Embalaža – Zahteve za embalažo, primerno za predelavo s snovnim recikliranjem

SIST EN 13431:2004 Embalaža – Zahteve za embalažo, primerno za energetske predelavo, vključno z določitvijo spodnje kurilne vrednosti

SIST EN 13432:2001 Embalaža – Zahteve za embalažo, primerno za kompostiranje in biorazgradnjo – Preskusna shema in ovrednotenje meril za sprejemljivost embalaže

Poleg naštetih standardov pa obstajajo še drugi relevantni mednarodni standardi in poročila, ki služijo kot podpora uvajanju ekodizajna in večje okoljske učinkovitosti na področju embalaže in odpadne embalaže:



SIST EN 13193:2001 Embalaža – Embalaža in okolje – Slovar

SIST EN 13437:2003 Embalaža in snovno recikliranje – Merila za metode recikliranja – Opis procesov recikliranja in diagrami poteka

SIST EN 13440:2003 Embalaža – Stopnja recikliranja – Definicija in način izračuna

SIST CR 1460:1998 Embalaža – Pridobivanje energije iz uporabljene embalaže

SIST CR 13910:2002 Embalaža – Poročilo o merilih in metodologijah za analizo življenjskega cikla embalaže

SIST CR 13686:2002 Embalaža – Optimizacija energijske predelave odpadne embalaže

SIST CR 13504:2001 Embalaža – Snovna izraba – Merila za najmanjšo količino recikliranega materiala

SIST CR 13688:2001 Embalaža – Snovno recikliranje – Poročilo o zahtevah za snovi in materiale za preprečevanje trajnih ovir za recikliranje

SIST CR 13695-1:2001 Embalaža – Zahteve za merjenje in overjanje štirih težkih kovin in drugih nevarnih snovi v embalaži ter njihov izpust v okolje – 1. del: Zahteve za merjenje in overjanje štirih težkih kovin in drugih nevarnih snovi v embalaži

SIST CR 13695-2:2005 Embalaža – Zahteve za merjenje in overjanje štirih težkih kovin in drugih nevarnih snovi v embalaži ter njihov izpust v okolje – 2. del: Zahteve za merjenje in overjanje nevarnih snovi v embalaži in njihov izpust v okolje

SIST CR 14311:2002 Embalaža – Označevanje in sistem prepoznavanja materialov

Od naštetih standardov in poročil so za področje ekodizajna embalaže zanimivi predvsem SIST EN 13428:2001, SIST EN 13430:2001 in SIST CR 13688:2001. Prvi opredeljuje postopek ovrednotenja embalaže pri zagotavljanju njene manjše potrebne mase/prostornine za optimalno izvedbo njenih funkcij. V ta namen določa pojem t. i. kritičnega področja embalaže glede na osnovni namen uporabe. Z identifikacijo takšnega kritičnega območja omejujemo možnost za preveliko zmanjševanje mase/prostornine (Radonjič 2008).

SIST EN 13430:2001 definira splošne dejavnike, na osnovi katerih sploh lahko embalažo definiramo kot primerno za reciklažo, postavlja zahteve, da morajo postopki načrtovanja

embalaže, izbire embalažnih materialov in proizvodne operacije vključevati aktivnosti, ki omogočajo oziroma dajejo osnovo za kasnejšo reciklažo. Ta standard še posebej opredeljuje potrebo po ustreznem zbiranju, ločevanju in reciklaži (prav tam).

Poročilo SIST CR 13688:2001 podaja določene primere in napotke za snovi, embalažne materiale in sestavine, ki jih je primerно upoštevati že pri oblikovanju embalaže in kontroli, da bi preprečili težave pri reciklaži. Tabelarično prikazuje splošne dejavnike, ki jih je dobro upoštevati že pri oblikovanju glede ločljivosti sestavnih delov, kompatibilnosti materialov pri zbiranju in postopkih predelave, ter sprejemljive tolerance za reciklažne procese za posamezne embalažne materi-

ale. Na ta način dopolnjuje ter nekoliko podrobneje definira zahteve iz standarda SIST 13430:2001 (prav tam).

Obstaja tudi vrsta standardov za posamezne embalažne materiale (npr. aluminij, polimerni materiali, papir itd.), ki v določenih primerih ob drugih zahtevah podrobneje določajo specifične zahteve tudi glede okoljskih vidikov, še posebej reciklaže.

Podpori razvoju okolju primernejše oziroma trajnostne embalaže sledijo tudi v Mednarodni organizaciji za standardizacijo ISO, kjer so v preteklih letih oblikovali in izdali serijo standardov, ki se posebej nanaša na okoljske vidike embalaže:

ISO/DTR 16218 Packaging and the environment – Chemical recovery

ISO/DTR 17098 Packaging material recycling – Report on substances and materials which may impede recycling

ISO 18601 Packaging and the environment – General requirements for the use of ISO standards in the field of packaging and the environment

ISO 18602 Packaging and the environment – Optimization of the packaging system

ISO 18603 Packaging and the environment – Reuse

ISO/PRF 18604 Packaging and the environment – Material recycling

ISO 18605 Packaging and the environment – Energy recovery

ISO/FDIS 18606 Packaging and the environment – Organic recycling

Opomba: Ker v času pisanja knjige zgornji standardi še niso bili prevedeni oziroma privzeti kot slovenski, so njihovi naslovi zapisani v angleškem jeziku.



18 Vprašalniki za ekodizajn embalaže

Da se problemi okoljskega načrtovanja embalaže lažje in čim bolj optimalno rešujejo, imajo podjetja na voljo različne podporne metode ali orodja ter smernice, ki pomagajo pri vpeljevanju ekodizajna. Preden se kakšna analitična metoda dejansko prične uporabljati in vpeljevati v podjetje, je potrebna podpora vodilnega menedžmenta, potrebno pa je kritično presoditi posamezne pristope in se glede na potrebe in značilnosti podjetja ter izdelka odločiti za najprimernejšega. Eno od takšnih orodij so t. i. vprašalniki (angl. *checklists*).

Na področju oblikovanja okolju primernejše embalaže si oblikovalci lahko pomagajo s posebnimi **vprašalniki**, ki so še posebej primerne za začetno fazo ekodizajna. Pri metodi z vprašalniki gre za sezname ciljno naravnanih vprašanj, ki zadevajo okoljske probleme izdelkov (embalaže) v vseh fazah življenjskega cikla, in sicer na različnih področjih dejavnosti. Ne glede na nekatere jasne pomanjkljivosti pa takšni sezname preverjanj večkrat pomenijo osnovno začetno orodje za okoljsko načrtovanje. Usmerjajo pozornost in delovanje ter pomagajo, da sploh začnemo razmišljati o upoštevanju okoljskih vidikov. Vprašalniki so različno oblikovani, od enostavnih, kjer je na postavljena vprašanja možno podati pritrdilni ali nikalni odgovor, pa vse do bolj specifičnih. Ta metoda ima tudi značaj preliminarne metode načrtovanja, saj se marsikdaj lahko opravlja pred izvajanjem drugih, bolj zapletenih kvalitativnih in kvantitativnih metod (Radonjič 2008).

Vprašalniki se začenjajo z analizo potreb, kjer se serija vprašanj nanaša na delovanje izdelka kot celote. Glavno vprašanje, ki se postavlja pri analizi potreb, je, do kolikšne mere izpolnjuje izdelek svoje glavne in pomožne funkcije. Na to vprašanje mora biti odgovorjeno še pred podrobnejšo osredinjenostjo na okoljska ozka grla. Analizi potreb sledi serija vprašanj, s katerimi se zbirajo informacije za določene stopnje oziroma faze življenjskega cikla embalaže.

Treba pa se je zavedati, da se z vprašalniki marsikdaj pridobijo le omejene informacije, ki so osnova za opredeljevanje glede pomembnosti določenega dejavnika. Na primer: Ali je bolj pomembno zmanjšati količino odpadne embalaže (materiala) ali zagotoviti sposobnost reciklaže embalaže po uporabi?


Na področju načrtovanja embalaže si lahko zastavimo naslednja vprašanja (Radonjič 2008):

- ☞ Ali se lahko embalaži izognemo?
- ☞ Ali se lahko izognemo nekaterim sestavnim delom embalaže in embalažnim pomožnim materialom?
- ☞ Kako naj zmanjšamo količino embalažnega materiala?
- ☞ Ali se lahko embalaža večkrat uporabi in ali je za to optimalno oblikovana?
- ☞ Ali lahko nadomestimo embalažne materiale z biološko razgradljivimi?
- ☞ Ali lahko nadomestimo sveže materiale z recikliranimi?
- ☞ Ali je embalaža ustrezno označena za reciklažo? Ali te oznake sploh vsebuje?
- ☞ Ali so oznake za reciklažo vidne in komu so namenjene: porabniku, zbiralcu ali predelovalcu?
- ☞ Ali se s sodobnejšo tehnologijo lahko izognemo oznakam na etiketah (t. i. angl. *in-mould* oznake)?

Vprašanja iz takšnih seznamov se morda zdijo preprosta, a kljub temu vodijo do temeljnih osnov okolju primernejše embalaže. Pomembno ni le odgovoriti nanje, temveč razmišljati, kako bi negativne odgovore spremenili v pozitivne.

Za določene faze življenjskega cikla, kot je predelava odpadne embalaže, se lahko vprašanja zastavljajo za pridobivanje podrobnejših informacij:

- ☞ Ali se uporabljeni material(i) da(jo) ponovno predelati?
- ☞ Ali izvedba embalaže omogoča učinkovito praznjenje preostanka vsebine?
- ☞ Ali je pri ločevanju odpadne embalaže po uporabi vloga uporabnika ključna?
- ☞ Ali so uporabljene sestavine in konstrukcija embalaže v skladu s sistemom zbiranja in ločevanja?
- ☞ Ali sta kombinacija uporabljenih materialov ter konstrukcija embalaže primerni za reciklažni proces?
- ☞ Ali so konstrukcija in sestava embalaže ter ločljivost komponent takšne, da med postopkom reciklaže zmanjšamo vplive na okolje?
- ☞ Ali je kontrola pri proizvodnji embalaže in polnjenju takšna, da zagotavlja najmanjše vplive na okolje med postopkom reciklaže?
- ☞ Ali bo odpadna embalaža zbrana in sortirana na tak način, da zmanjša vplive na okolje med kasnejšim postopkom reciklaže?



V primeru uporabe biorazgradljive plastične embalaže so smiselna naslednja vprašanja:

- Ali bo biorazgradljiva plastična embalaža imela večjo ali manjšo maso kot tista, ki jo uporabljamo sedaj?
- Kje bo embalaža postala odpadki? Ali bo to v trgovini, stanovanju, med strežbo? Če bo zavržena skupaj z ostanki hrane, je ni potrebno prazniti in lahko se zbere ter kompostira z drugimi biološkimi odpadki.
- Če bo embalaža postala odpadki v stanovanjih pri individualnih kupcih ali le-ti vedo, kako naj z njo ravnajo po uporabi? Kakšna je v tem primeru verjetnost, da se biorazgradljiva embalaža pomeša z drugo plastično embalažo?
- Ali obstaja verjetnost, da bo biološko razgradljiva embalaža končala na odlagališču? Če obstaja za to večja verjetnost, potem bo najverjetneje prišlo do anaerobne razgradnje, pri čemer se sprošča v ozračje toplogredni plin metan. S tem dosežemo povsem nasprotni učinek od tega, za kar naj bi biorazgradljivo plastiko sploh uporabljali (prirejeno po INCPEN 2008).

V primeru zmanjševanja oziroma izločitve škodljivih snovi so smiselna naslednja vprašanja:

- Ali je zagotovljena zakonska omejitev glede vsebnosti težkih kovin?
- Ali lahko uporabimo nebeljen papir oziroma papir, ki ima potrdilo TCF oz. ECF (glej poglavje 5.2)?
- Ali lahko uporabimo tiskarske barve brez oz. z nizko vsebnostjo hlapnih organskih spojin?
- Lahko uporabimo adhezive na vodni osnovi ali toplo varjenje namesto adhezivov s topili?
- Razmislimo o smiselnosti uporabe snovi na osnovi PVC
- Smo od dobaviteljev pridobili vse podatke sestavi pomožnih materialov?
- Smo izvedli analizo LCA in ugotovili deleže, ki jih k obremenjavanju okolja embalaže prispevajo pomožna sredstva?

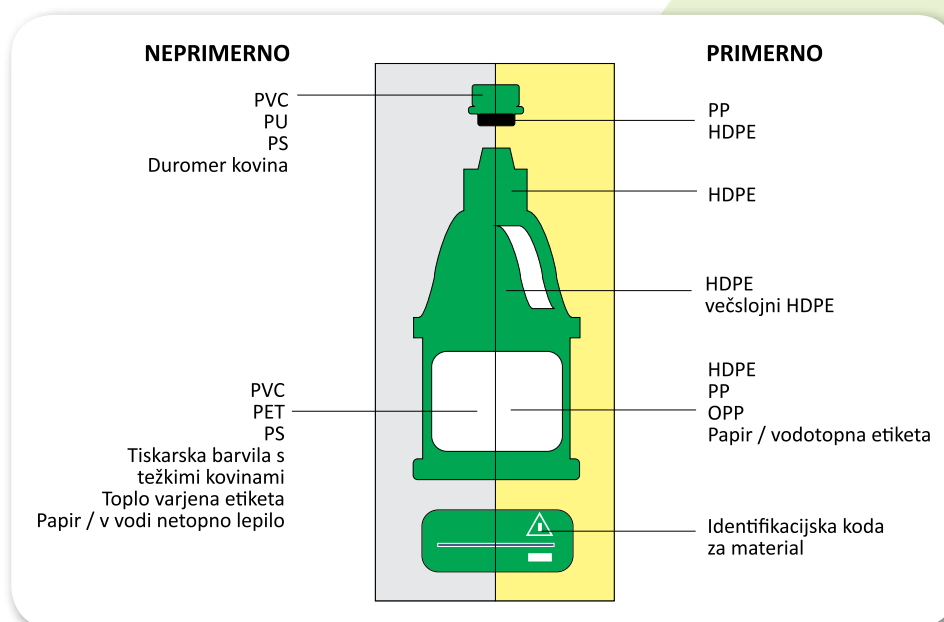


19 Primeri okoljskega oblikovanja embalaže

V nadaljevanju navajamo konkretne primere ekodizajna embalaže iz prakse. Znotraj ene skupine embalažnih materialov oziroma embalažnih izdelkov obstaja vrsta posebnosti, na katere moramo biti pozorni. Spodaj prikazani nimajo namena kritizirati enih materialov oziroma dajati prednost drugim, temveč je treba optimalni izbor opredeliti vedno od primera do primera. Potrjujejo pa, da je koncept ekodizajna embalaže možno vključevati v zelo širokem razponu in da pravilni pristop k ekodizajnu dejansko temelji na preventivi.

Ekodizajn plastenke: kombiniranje različnih materialov

Na Sliki 55 je prikazan primer, katere kriterije je smiselno upoštevati pri oblikovanju okolju primernejše plastične embalaže iz polietilena visoke gostote (PE-HD) kot osnovnega materiala za plastenko (APME 1996). Prednostni cilj v tem primeru predstavljata za podjetje zmanjšanje porabe materiala in omogočanje čim bolj učinkovite reciklaže. Za doseg te ciljev morata biti identifikacija materialov ter ločevanje komponent čim hitrejša in čim bolj popolna. Ekodizajn takšnih plastenke temelji v tem primeru na kompatibilnosti uporabljenih materialov in pomožnih materialov, hkrati pa je nujen jasn sistem označevanja uporabljenih polimerov in vnaprejšnje predvidevanje področja uporabe reciklatov (glede na učinke toplotno-mehanske razgradnje materiala, stopnjo onesnaženja zaradi vsebine embalaže, kompatibilnosti osnovnih polimerov). Okoljski dejavniki tako ne posegajo le na vprašanje primerne izbire osnovnega materiala, temveč je pozornost usmerjena tudi na zamašek in na etiketo. Na primer, pri ločevanju plastičnih polimernih materialov na osnovi različnih gostot materialov v vodnem mediju lahko prevelika koncentracija barvila (barvnega koncentrata) v zamašku tako poveča njegovo gostoto, da se le-ta približa gostoti osnovnega materiala, s čimer je ločitev nemogoča (glej primer, ki sledi). Na trgu še vedno najdemo veliko embalaže, kjer sodobni koncepti ekodizajna (oblikovanja za reciklažo) niso bili upoštevani (Slika 56). Opremiti embalažo le z znakom za reciklažo ni dovolj za učinkovit proces recikliranja.



Slika 55: Nekateri elementi ekodizajna plastenke iz PE-HD.
(Na levi je neprimeren izbor sestavin, na desni primeren; APME 1996.)



Slika 56: Embalaža za jogurt: kombinacija različnih plastičnih polimernih materialov
v tem primeru ni v skladu s koncepti sodobnega ekodizajna embalaže.

Ekodizajn plastenke: upoštevanje barvnega koncentrata

Za tehnično učinkovito in ekonomično reciklažo plastične embalaže mora biti le-ta čim bolj istovrstna, tj. ločena glede na vrsto polimera. V ta namen se uporabljajo različne tehnologije ločevanja, med drugim tudi ločevanje na osnovi različnih gostot polimerov (poglavje 12.1). Za obarvanje plastične embalaže se uporabljajo t. i. barvni koncentri (angl. masterbatch), ki jih dodajajo osnovnemu polimernemu materialu. Določeni barvni koncentri pri vsebnostih nad 4 % povišajo gostoto polimernega plastičnega materiala za 0,03 g/cm³, kar že lahko povzroči prekrivanje območij gostot za različne materiale ter posledično bistveno manj učinkovito ločevanje.

Nekateri vidiki ekodizajna za PET plastenke

Izbor materialov za zamaške in tesnila

Priporočljiva je uporaba PP ali PE-HD. Za plastenke, v katere se polnijo gazirane pijače, je sprejemljiv tudi PE-LD. Aluminij se za te namene ne priporoča. Obarvanost (vsebnost barvnih koncentratov) naj bo čim nižja, da se ne povišuje gostota, kar vpliva na slabšo učinkovitost nekaterih metod ločevanja v vodnem mediju (glej gornji okvir). Dobro je poznati procese ločevanja v okviru reciklaže plastenek. Prav tako je priporočljivo, da se po uporabi zamašek v celoti (t.j. v enem kosu) loči od plastenke oziroma da na njej ne ostajajo obročki ali drugi deli. Potrebno se je izogniti uporabi PVC, saj že majhne količine PVC zelo poslabšajo kakovost PET.

Dekoriranje plastenek

Rahlo obarvane in motne plastenke imajo trenutno zelo nizko tržno vrednost. Delujejo namreč kot kontaminanti za neobarvane prosojne plastenke. Podobno velja tudi za vsak neposreden tisk na plastenko. Neobarvan (nepigmentiran) PET ima najvišjo reciklažno vrednost, najvišje stopnje reciklaže ter najbolj široko tržno vrednost, tj. omogoča širši izbor za ponovno predelavo.

Nalepke

Primerne so nalepke iz PP (tudi OPP) ali PE. Papir je sicer sprejemljiv, vendar ni najbolj optimalen, saj poveča verjetnost kontaminacije PET zaradi potencialnega mešanja z vlakni. Nalepke iz PS so pogojno sprejemljive, v kolikor imajo nizko gostoto, kar je pomembno za učinkovito ločevanje v flotacijskih procesih v vodnem mediju, če je ta tehnologija na razpolago. Uporaba lepil mora biti čim manjša. Le-ta morajo biti vodotopna ali odstranljiva pri temperaturah 60–80 °C. Prav tako se je treba izogniti intenzivnemu tisku ter tiskarskim barvam, ki vsebujejo težke kovine.

Večslojne plastenke

Plastenke, narejene iz slojev več različnih materialov, niso povsem združljive z današnjimi tehnologijami reciklaže. Večslojne plasti je namreč težko ali celo nemogoče ekonomično ločevati, hkrati pa lahko škodljivo vplivajo na kakovost recikliranega PET. To pa ne velja nujno za večslojne plastenke, ki imajo notranji sloj iz recikliranega materiala, zunanja sloja pa iz istovrstnega svežega.

Ekodizajn plastenke: sprememba oblike

Švedsko podjetje Cubis je razvilo povsem novo plastenko iz PET v obliki kocke s t. i. "flip-top" zamaškom. Ena od ključnih prednosti takšnih plastenek je, da so zložljive. Zaradi te lastnosti ni več potrebe po uporabi dodatnih zabojev ali gajbic. Tri Cubis plastenke prostornine 0,25 l zavzemajo približno isti prostor na policah in pri transportu kot ena običajna PET plastenka prostornine 0,5 l. To jih dela ugodnejše za transport, saj je za prevoz enake količine pijače potrebnih manj kamionov. Ob tem zavzemajo manj prostora na policah trgovin. Kvadratne plastenke so proizvedene iz materiala, ki se ga da reciklirati. Vanje pakirajo švedsko energijsko pijačo na osnovi zelene kave in guarane (Cubis 2009).



(vir: www.cubis.se)

Ekodizajn embalaže: Minimiranje porabe materiala in količin odpadkov ("Mala pametna torba")

Kartonske škatle za čevlje povzročajo letno velike količine odpadkov. Znani proizvajalec športne opreme Puma je razvil embalažo, s katero so želeli učinkovito zmanjšati količine odpadne embalaže kot tudi druge vplive na okolje. Embalaža je sestavljena iz vrečke za večkratno uporabo, ki nadomesti del prvotno uporabljane kartonske škatle, obenem pa odpravi tudi potrebo po plastični nakupovalni vrečki. Uporabljena je minimalna količina kartona, njegovi letni prihranki pa znašajo 8.500 ton. Ob tem se bo posledično letna raba električne energije za proizvodnjo embalaže zmanjšala za 20 milijonov MJ, poraba kurilnega olja in vode za 1 milijon litrov, plastičnih odpadkov pa bo letno manj za 275 ton. Ob tem so v podjetju kot integralni del prenove embalaže opravili tudi analizo LCA, s katero so ugotavljali, kakšne spremembe na okolje v življenjskem ciklu embalaže prinaša redizajn njihove embalaže, kje so najbolj kritična mesta in kje se lahko obetajo največje prihranki (Puma 2010).



(vir: www.puma.com/cleverlittlebag)

Ekodizajn embalaže: Večfunkcionalni zamaški

Zamaški so del embalažnega izdelka, njihove letne količine med odpadki pa velike. Zamaški so večinoma nujno zlo brez kakršne koli uporabne vrednosti po uporabi. Toda celovit pristop k ekodizajnu embalaže vključuje tudi razmislek o zamaških in drugih pomožnih embalažnih materialih. Primer eko-inovacije na področju dizajniranja plastičnih zamaškov je predstavilo podjetje junkk.com in pod imenom Re: Tie zanj prejele več prestižnih nagrad. Ko se zamašek odstrani z embalaže, je njegov del možno uporabiti za povezovanje električnih kablov ali za tesnjenje vreč(k) doma, na vrtu itn.



(vir: www.junkk.com)

Ekodizajn embalaže: Nadomeščanje steklenice in plastenke s papirjem

Papir in karton se v sektorju pakiranja tekočin pojavljata v obliki večslojne kartonske embalaže, ki se težko reciklira. Nov koncept večkomponentne embalaže za pijače predstavlja kombinacija "ohišja" iz papirne kaše oziroma kartona, v katerega je vstavljen tanek vložek v obliki meha iz tanke plastične folije. Ohišje embalaže se lahko odpre, plastični vložek pa se po uporabi odstrani iz notranjosti.

Na Sliki 57 sta predstavljena dva primera takšne embalaže. V prvem primeru je bil za štirioglasto ohišje embalaže za mleko uporabljen reciklirani pisarniški papir, za notranji meh pa plastični vložek iz biorazgradljive plastike. Ohišje se da ponovno reciklirati, plastični vložek pa kompostirati. Embalažo so poimenovali "Green Bottle", v svojih trgovinah jo ponuja ena od večjih britanskih trgovskih verig ASDA. Z vidika varovanja virov je pomemben tudi poseben način izlivanja mleka, ki preprečuje polivanje, kar je prisotno v nekaterih drugih vrstah embalaže za mleko.

Podoben primer predstavlja embalaža za detergent za pranje perila, ki so jo razvili v podjetju Ecologic Brands. Zunanji del je narejen iz 70 % recikliranega kartona in iz 30 % starih časopisov ter se lahko do 7-krat reciklira ali pa kompostira. Notranji vložek (meh) je proizveden iz polietilena, za katerega so uporabili 80 % recikliranega materiala.



(Vir: www.greenbottle.com)



(Vir: www.ecologicbrands.com)

Slika 57: Večkomponentna embalaža iz kartona in plastike.

Ekodizajn embalaže: Enostavnejše ločevanje različnih materialov

Eden od načinov za bolj učinkovito reciklažo, ki se je uveljavil v zadnjih letih v živilski industriji, je kombinacija plastičnega lončka (iz PP ali PS) in ovoja iz kartona nizke gramature. Kartonski ovoj je oblikovan na način, da se zatem, ko je lonček prazen, loči od plastičnega lončka na način, da se od njega preprosto odvije. Karton je namreč na plastično ohišje prilepljen le na nekaj mestih. S tem se prihrani pri plastičnem materialu, odpade pa tudi tiskanje njegove površine. Ves tisk se opravi na kartonskem ovoju, in sicer na obeh straneh, kar je dodatna prednost, saj se na ta način potrošniku lahko ponudi več informacij in to v preglednejši ter grafično bolj domišljeni obliki. Ločeni kartonski sloj je možno reciklirati, lažja pa je tudi reciklaža plastičnega lončka, saj le-ta ni potiskan in ima zato kot odpadke višjo dodano vrednost. Nekatere tovrstne proizvode ponujajo v večjih embalažnih enotah, kot je običajno. V ta namen je izdelek poleg tankega pokrovčka iz aluminija opremljen še s brezbarvnim pokrovčkom iz plastike, ki služi za zapiranje embalaže v primeru, ko vsebina ni porabljena takoj. S tem se podaljša tudi rok uporabe živila. Kot element ekodizajna je pri takšni embalaži dobro upoštevati še izvor lesa za karton, vrste tiskarskih barv in vrsto lepila (npr. na vodni osnovi).



Ekodizajn embalaže: Plastenka s semeni

Koncept vračljive oziroma ponovno uporabljive embalaže daje številne kreativne možnosti oblikovalcem. Izpostaviti velja embalažni koncept z imenom "semena v plastenki" (angl. *Seeds in the Bottle*) (Slika 58). Kupca izdelka v takšni embalaži čaka presenečenje. Za etiketo je namreč majhna vdolbinica, v kateri se nahajajo semena določenih zelišč. Ko se etiketa predre, se iz vdolbinice lahko vzamejo semena in posadijo v zemlji, ki se nasuje kar v plastenko (bodisi v telo plastenke ali v posebno oblikovan zamašek). Deli plastenke dobijo s tem novo funkcijo in postanejo lonček za rastline, kupec pa lahko sčasoma vzgoji majhen zeliščni vrt (Yanko Design 2009).



Slika 58: Plastenka s semeni (Yanko Design 2009).



20 Celovitejše poslovne prakse za podporo načrtovanju okolju primernejše embalaže

Čeprav nekateri primeri v nadaljevanju prikazujejo primere dobre prakse tudi v velikih podjetjih (nekatera tudi s korporativnim značajem), pa so mnogi prikazani ukrepi lahko univerzalni. Skratka, možno jih je uvažati in implementirati ne glede na velikost podjetja. Ob tem navedeni primeri kažejo, kakšna postajajo v svetu pričakovanja večjih podjetij do svojih dobaviteljev.

Primer: Podjetje Nike

Podjetje Nike je leta 2007 postavilo pred dobavitelje embalaže vseh vrst za svoje proizvode številne zahteve. Dobavitelji morajo tako podpisati izjavo, da so seznanjeni z zahtevami, da le-te sprejemajo in da bodo z dokazili potrdili izpolnjevanje postavljenih zahtev. Le-te med drugim vključujejo zahteve glede minimalne vsebnosti recikliranih materialov v embalaži. Prav tako podjetje Nike zadaljuje dobavitelje embalaže, da vodijo dokumentacijo sprememb, ki jo izvajajo in da podajo potrebne okoljske informacije v povezavi s svojo embalažo, s čimer dokazujejo skladnost z zahtevami. Le-te so naslednje (podane so le okvirne zahteve, podrobnejše so zapisane v strokovni dokumentaciji podjetja) (Nike 2007):

- leta 2007 uveden seznam prepovedanih snovi ter zahtev za oblikovanje embalaže za dobavitelje ter oblikovalce;
- vsi dobavitelji morajo dokazati, da se njihova embalaža lahko bodisi reciklira bodisi kompostira ali sežiga v skladu s standardi EU (npr.: vsi pokrovčki, etikete, adhezivi ipd. morajo biti kompatibilni z reciklažnim sistemom škatel);
- vsa plastična embalaža mora biti izdelana iz vsaj 25 % recikliranega materiala;
- vsa papirna in kartonska embalaža mora vsebovati vsaj 50 % recikliranega materiala;
- proizvajalci papirne in kartonske embalaže lahko uporabljajo le les iz gozdov s certificiranim trajnostnim gospodarjenjem;
- določene vrste embalaže so lahko le enoslojne oziroma največ dvoslojne zaradi učinkovitejše reciklaže;
- posebne dodatne zahteve glede maksimalnega dovoljenega praznega prostora v embalaži;
- postavljene so zahteve glede vsebnosti težkih kovin, formaldehida, PVC idr.
- prepoved uporabe penjenega polistirena kot embalažnega materiala;
- dobavitelji morajo upoštevati zahteve EN okoljskih standardov za embalažo.

Primer: Podjetje Walmart

Ameriško podjetje Walmart je največje trgovinsko podjetje na svetu. Intenzivno sodeluje pri kreiranju globalnih trendov in kazalcev okolju primernejše oziroma trajnostne embalaže. Dva od njihovih širše zastavljenih ciljev sta, da postanejo 'podjetje brez odpadkov' in da se sčasoma preusmerijo v prodajo okolju primernejših proizvodov. V okviru takšne okoljske politike igra embalaža pomembno vlogo. Eden od ciljev je zmanjšati porabo embalaže za 5 % do leta 2013 (Wal-Mart 2008). Spodaj so navedeni nekateri najpomembnejši ukrepi v povezavi z embalažo:

- 2005: sodelovanje z dobavitelji pri razvoju embalaže z minimalno uporabljen količino materiala za 300 različnih igrač.
- 2006: zmanjšanje količine embalaže za 50 % na oddelkih elektronskih digitalnih naprav; povezava s podjetjem Apple pri razvoju lažje embalaže za i-pod iz 100 % obnovljive ter reciklabilne embalaže.
- 2006: uvedba sistema "Packaging Scorecard" za dobavitelje embalaže z namenom ovrednotenja embalaže po načelu 7R: 'Remove-Reduce-Reuse-Recycle-Renew-Revenue-Read'; leta 2007 zahteve iz Packaging Scorecard posredujejo več kot 60.000 svojim dobaviteljem in postavijo enoletni rok za to, da le-ti osvojijo zahteve in prilagodijo embalažo svojih izdelkov.
- 2007: odločitev o prehodu tekočih detergentov na koncentrirane kompaktne detergente in posledično veliko zmanjšanje kartonske in plastične embalaže.
- 2008: začetek uporabe Packaging Scorecard za ovrednotenje dobaviteljev na osnovi embalažnih okoljskih kriterijev, kar predstavlja del celovitejšje okoljske analize ter optimiranja dobavnih verig; januarja 2008 je na policah trgovin Walmart več kot 97.000 izdelkov v embalaži v skladu z zahtevami Packaging Scorecard.
- Z zunanjimi sodelavci razvijejo programsko orodje "Package Modeling" kot podporo razvoju okolju primernejše embalaže ter prikaza vplivov na okolje.
- Zastavljeni cilj: zmanjšanje porabe embalaže za 5 %, kar posledično pomeni letni prihranek približno 255.000 m³ goriva za prevoz s kamioni.

Primer: Podjetje Stonyfield Farm

Ameriško podjetje Stonyfield Farm iz ZDA je znan proizvajalec jogurtov in drugih mlečnih izdelkov iz biološke pridelave. Za embaliranje jogurtov letno potrebuje milijone čaš. Zaradi okoljskega problema in zniževanja stroškov, ki ga povzročajo velike količine potrebne embalaže, so se celovito in kontinuirano lotili optimiranja svoje embalaže (Stonyfield 2006; Stonyfield 2011). Opisani primer predstavlja tipično aktivno strategijo razvoja okolju primernejše embalaže. Podjetje je k njenemu razvoju pristopilo sistematično z uporabo sodobnih podpornih orodij (metoda LCA). Razvidna je tudi postopnost sprememb in izboljšav, predvsem pa sistemski pristop, ne le osredotočenost na možnost reciklaže odpadne embalaže.

Sredina osemdesetih let

Prvi resnejši pristopi k integraciji okoljskih kriterijev. Pomen so dajali embalažnim odpadkom, zato je v tem času najpomembnejši kriterij pomenila sposobnost reciklaže embalažnih materialov. Sčasoma so spoznali, da je to le en okoljski vidik in da ne zadostuje.

Leto 1992

- Sposobnost reciklaže embalaže sicer še vedno ostaja pomemben kriterij, vendar je prioriteta preusmerjena v racionalno rabo virov za njeno proizvodnjo. S pomočjo strokovnjakov z Univerze v Michiganu so v podjetju izvedli analizo LCA za svojo embalažo za jogurt, v kateri so primerjalno preučili vplive različnih možnih embalažnih materialov (stekla, premazanega kartona, različnih polimernih plastičnih materialov).
- Na osnovi dobljenih rezultatov analize LCA so v podjetju zamenjali material PE-HD za čaše za jogurt s polipropilensko (PP) embalažo. Če bi se namesto za PP odločili za polietilen visoke gostote (PE-HD), bi po njihovih izračunih letno porabili 100 t materialov več (ob enaki kakovosti zaščite pakiranih živil) in s tem posredno povzročili tudi več emisij pri proizvodnji embalažnih materialov. Za stekleno embalažo se (kljub odlični sposobnosti reciklaže) niso odločili zaradi bistveno višje mase, ki poslabša celoviti eko-profil, kot je pokazala analiza LCA.
- Prehod na zdravju in okolju nenevarne tiskarske barve in adhezijsko sredstvo za pokrovček.

Leto 2000

- Skupaj s strokovnjaki Univerze v Michiganu izvedli analizo LCA za celotni sistem embalaže (prodajna, skupinska, transportna). Dotedanji naporji so bili namreč usmerjeni predvsem v osnovni embalažni material ter na prodajno embalažo, tj. čašo za jogurt. Takšno embalažo vidi kupec ob nakupu in jo zavrže po uporabi. Vendar se mora le-ta skupaj z embaliranim živilom embalirati v kartonske škatle, postavljene na palete in ovite s plastično folijo. V sklopu metode LCA so primerjalno izvedli še analizo vplivov za alternativne embalažne materiale, in sicer iz PE-HD, premazanega nebeljenega kartona in embalaže iz polimlečne kisline (PLA) (biorazgradljivi polimer). Rezultati so pokazali, da je bila odločitev o celoviti okoljski analizi embalažnega sistema pravilna, saj bi z osredinjenostjo okoljske problematike izključno na prodajno embalažo zgrešili potencialno večji okoljski vpliv, katerega vzrok je uporaba transportne embalaže (Brachfeld et al. 2001).
- Ugotovili, da na končne okoljske profile v celotni dobavni verigi vplivajo številne odločitve glede oblike in prostornine embalaže (odločitev, ali uporabiti večjo ali manjšo embalažno enoto). Skratka, pokazalo se je, da ni pomemben le izbor osnovnega embalažnega materiala. Študija na osnovi LCA je odgovorne v podjetju naučila, da je na problem embalaže treba gledati širše.
- Vzpostavili so sistem zbiranja odpadnih čaš za jogurte. V določenih trgovinah so organizirali zbirna mesta zanje, kupcem pa ponudili tudi možnost pošiljanja odpadnih čaš po pošti za reciklažo. V prvem letu so tako zbrali približno 2,9 milijona kosov odpadnih čaš jogurtov.
- Povežejo se s predelovalci odpadne plastike oziroma proizvajalci izdelkov iz reciklatov.
- Rezultat takšnega sodelovanja sta razvoj in proizvodnja držal za zobne ščetke ter ročaja za brivsko rezilo, ki jih proizvajajo iz njihove odpadne embalaže za jogurte. To poteka še danes (glej spodnjo sliko).

Leto 2003

- Analizo LCA so izvedli skupaj s strokovnjaki Univerze v Michiganu še za zamaške za jogurtne čaše (Smith in Keoleian 2002). Na osnovi tovrstne okoljske optimizacije (ob nespremenjeni zaščitni funkciji) so izbrali najprimernejši material za zamaške in s tem prihranili 270 t embalažnih materialov.
- V podjetju so uvedli tudi novo multipak tehnologijo oblikovanja embalaže in pakiranja in s tem prihranili tretjino manj energije.

Leto 2006

Uvedejo sistem točkovanja, temelječ na osmih kriterijih, s katerim merijo izboljšave na področju embalaže.

Leto 2010

- Delna substitucija običajnih polimernih materialov z biorazgradljivimi. Multipak embalažo iz polistirena (PS) zamenjajo z PLA.
- Za plastenke za "smoothie" sok pričnejo uporabljati polietilen, pridobljen iz sladkornega trsa (glej poglavje 5.4).
- Postavijo si cilj, da naj bi do leta 2015 vsa njihova embalaža zadostila celovitim kriterijem trajnostne embalaže.



(vir: www.stonyfield.com; www.recycline.com)

Primer: podjetje Mercator

- Podjetje Mercator je trgovinsko podjetje, v katerem so leta 2004 uvedli nov način ravnanja z odpadno embalažo, ki ni komunalni odpadek. To sta odpadna skupinska in transportna embalaža, ki nastaneta pri ločitvi embalaže od izdelkov pri pripravi za prodajo. Na leto zberejo približno 12.500 t odpadne embalaže, ki jo predajo v predelavo družbi za ravnanje z odpadno embalažo, katere soustanovitelji so. Odpadno embalažo zbirajo ločeno glede na vrsto materiala v preko 700 lokacijah. V obdobju 2008–2012 je podjetju uspelo zbrati preko 43.000 t odpadne kartonske embalaže, preko 6.000 t odpadnih plastičnih folij ter plastičnih gajbic in preko 9.000 t odpadne lesene embalaže.
- Z namenom zmanjševanja količin embalaže uporabljajo povratno skupinsko in transportno embalažo (povratne palete in gajbice za sadje v okviru shem CHEP in IFCO).
- Izvajajo aktivnosti na področju zmanjševanja količin nakupovalnih vrečk, in sicer so v okviru akcije Okolju prijazen sosed (2008) podarili vrečke za večkratno uporabo vsem gospodinjstvom v Sloveniji in so v posameznih akcijah (npr. nakup nad 10 EUR) brezplačno podarili vrečke za večkratno uporabo. Količina nakupovalnih vrečk se je glede na primerljivo število nakupov zmanjšala za 5 % (od tega vrečke s fleksi ročaji za 22 %). V letu 2012 so zmanjšali količino plastičnih vrečk na slovenskem trgu za približno 50 t.
- Na področju optimizacije okolju prijaznejših nakupovalnih vrečk so pričeli z uporabo 30–50 % recikliranega materiala v vrečkah iz PE-LD, uporabo 70 % recikliranega materiala v papirnatih vrečkah in uporabo 30 % recikliranega materiala v PP vrečkah z dolgo življenjsko dobo.
- Sodelujejo v projektu EU, namenjenem promociji novih trajnostnih vrst polimernih embalažnih materialov na osnovi biorazgradljive plastike in plastike na osnovi obnovljivih virov (Mercator 2013).



21 Embalaža kot element trajnostnega razvoja

Trajnostni razvoj temelji na usklajenem delovanju na ekonomskem, socialnem in okoljskem področju. Varstvo okolja naj bi bilo pri tem v sozvočju s parametri gospodarstva in sociale. Trajnostni razvoj odpira vprašanja: kako spremeniti sodobne industrijske družbe v socialno in gospodarsko odgovorne skupno-

sti tako, da bosta proizvodnja in poraba ostala v mejah zmogljivosti Zemlje, kako državam tretjega sveta omogočiti enakopraven dostop do svetovnih bogastev in kaj vse to pomeni za ključen dejavnik današnjega časa: za ekonomsko oziroma gospodarsko rast.

Definicija trajnostnega razvoja

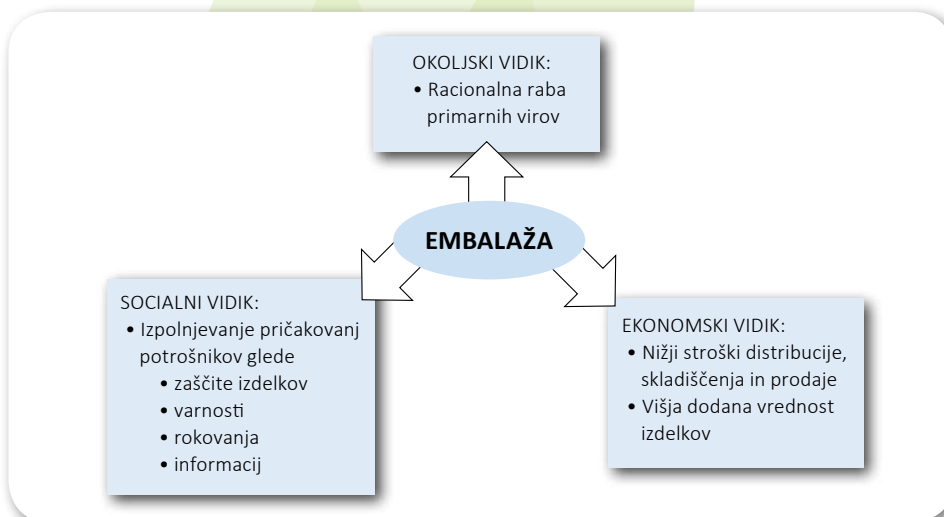
Najbolj razširjena definicija trajnostnega razvoja je tista, ki jo je leta 1987 podala Svetovna komisija za okolje in razvoj: »To je razvoj, ki zadovoljuje današnje potrebe na način, da se ne ogroža potreb prihodnjih generacij.«

Poleg te definicije se večkrat uporablja tudi tista, ki jo je oblikovala Mednarodna zveza za ohranjanje narave (International Union for the Conservation of Nature – IUCN) in se glasi: »*Trajnostni razvoj izboljšuje kakovost življenja na način, ki ne ogroža **nosilnostne kapacitete** Zemlje glede izčrpanja naravnih virov in sprejemanja odpadkov.*«

Koncept trajnostnega razvoja vključuje tudi problematiko racionalne rabe primarnih virov. Neenaka razporeditev virov na našem planetu je ena od najbolj skrb zbujačih lastnosti človeške civilizacije. Energetski viri, zaloge rudnin, primerna zemlja za kmetijstvo, podnebne razmere in številne druge značilnosti so neenakomerno razširjene ter močno vplivajo na stopnjo in naravo razvoja različnih območij. To še bolj zapleta dejstvo, da razporeditev prebivalstva zaradi zgodovinskih in kulturnih razlogov nikakor ne sovпада z razporeditvijo virov.

Kakšna je pri tem vloga embalaže? V zadnjih letih se je poleg pojma okolju prijazna embalaža pojavil tudi izraz trajnostna em-

balaža. S pridevnikom "trajnosten" se je tudi na področju embalaže in pakiranja želelo poudariti, da je vloga embalaže v družbi širša in pomembnejša, kot se običajno misli. V poglavju 4 je opisana kompleksna vloga embalaže v družbi in koristi, ki jih ji daje. S tem je potrjena vloga embalaže pri zagotavljanju določenih ciljev trajnostnega razvoja izjemno pomembna. Seveda pa ima embalaža pri usklajenem vključevanju na ekonomskem, socialnem in okoljskem področju svoje specifičnosti, kar izhaja iz njenih funkcij ter z njimi opredeljenimi vlogami v družbi (Slika 59) (Bickerstaffe 2007).



Slika 59: Vloga embalaže pri doseganju ciljev trajnostnega razvoja (Bickerstaffe 2007).

Pojem trajnostna embalaža se uporablja v strokovni literaturi in virih v različnih kontekstih. Širše sprejetega konsenza o tem, kaj natančno naj bi vseboval oziroma vključeval pojem "trajnostna embalaža", v mednarodni strokovni javnosti ni. Tako kot je bilo v osemdesetih letih dvajsetega stoletja težko definirati

pojem okolju primernejše embalaže, je danes težje definirati pojem trajnostne embalaže. Koalicija za trajnostno embalažo (Sustainable Packaging Coalition) je definirala naslednje kriterije, ki jim mora zadostiti embalaža, da jo lahko opredelimo kot trajnostno:

Kriteriji trajnostne embalaže:

- je koristna, varna in zdrava za posameznike in za širšo skupnost v svojem celotnem življenjskem ciklu,
- zadosti trženjskim kriterijem glede izvedbe, uporabe in stroškov,
- pri pridobivanju surovin, v proizvodnji, transportu in reciklaži se uporabljajo obnovljivi viri energije,
- prispeva k optimalni rabi obnovljivih virov in reciklatov,
- je proizvedena v skladu s kriteriji čistejšje proizvodnje in najboljših razpoložljivih tehnik,
- je proizvedena iz materialov, ki ne škodijo zdravju,
- je oblikovana na način, da minimira porabo materialov in energije,
- se da učinkovito predelati in vzpostaviti krožne tokove (Sustainable Packaging Coalition 2011).

Načrtovanje embalaže, ki se pojmuje kot "trajnostna", zahteva upoštevanje informacij za celotni okoljski življenjski cikel embalaže in pakiranega blaga, zajema vlogo embalaže pri zagotavljanju trajnostne rabe virov

(vključujoč pakirano blago), zadosti vsem zakonodajnim zahtevam glede materialov in odpadkov ter vključuje dobro poznavanje sistemov ravnanja z odpadno embalažo po njeni uporabi.

V strokovni literaturi in v diskusijah so se pojavila mnenja, da je pojem "trajnostna embalaža" preširok, da bi lahko imel dejanski praktični pomen (Pricewaterhouse Coopers 2012). Slišijo se opozorila, da embalaža kot taka ne more biti ločena od pakiranega blaga in da je potrebno razmišljati o trajnostnih proizvodih, ki vključujejo embalažo kot integralni del produktnega sistema in trajnostne strategije podjetij. Ne glede na to, da je to dejstvo, pa je potrebno tudi na področju embalaže imeti postavljene kriterije, s katerimi bo možno vrednotiti embalažo na več nivojih (okoljskem, socialnem in ekonomskem). Pri tem bo v okoljskem smislu zagotovo ključno vlogo igral koncept okoljskega življenjskega cikla (poglavje 8).

nega razvoja (okoljskega, ekonomskega, socialnega), bo v prihodnje treba bolj jasno definirati. Zaenkrat so med njimi dobro definirani okoljski kriteriji, čeprav se tudi ti dopolnjujejo in razvijajo. V mnogo manjši meri pa se zaenkrat pri oblikovanju embalaže govori o socialnih kriterijih.

V Evropski organizaciji za embalažo in okolje (EUROPEN) se prav tako poskušajo izogibati pojmu trajnostne embalaže, saj so mnenja, da je embalaža le eden od elementov, ki pomaga podjetjem pri doseganju širše politike trajnostnega razvoja (EUROPEN 2009). Raje govorijo o "embalaži, ki prispeva k doseganju ciljev strategije trajnostnega razvoja EU". Definirali so naslednje splošne kriterije takšne embalaže, ki naj bi:

- bila oblikovana skupaj s pakiranim proizvodom na način, da se celovito zmanjšajo vplivi na okolje;
- bila proizvedena iz virov, ki so pridobljeni na odgovoren način;
- bila oblikovana na način, da je učinkovita in varna v celotnem življenjskem ciklu;
- zadostila trženjskim kriterijem glede izvedbe, uporabe in stroškov;
- omogočila izbiro potrošnikom in zadovoljitev njihovih pričakovanj ter
- bila učinkovito predelana po uporabi.

Navedeni kriteriji so dokaj splošni. Podrobnejše indikatorje, s katerimi lahko ovrednotimo posamezne elemente trajnost-

Analiza LCA (angl. *Life Cycle Assessment*) je metodološko orodje, s katerim poskušamo oceniti (ovrednotiti) vse vplive na okolje, ki jih v svojem življenjskem ciklu izzove nek proizvod s ciljem, da bi ta proizvod okoljsko optimirali. Predstavlja zbir in ovrednotenje vseh vtokov (vstopkov), iztokov (izstopkov) in potencialnih vplivov na okolje določenega proizvodnega sistema v celotnem življenjskem ciklu.

Biološka razgradnja je proces, v katerem se snov (material) pod vplivom encimske aktivnosti mikroorganizmov v celoti razgradi v osnovne naravne sestavine (vodo, ogljikov dioksid, biomasa). Po definiciji, ki jo je podal Evropski komite za standardizacijo CEN, je biološko razgradljiv tisti material, ki se razgradi pod vplivom encimatskih reakcij zaradi delovanja mikroorganizmov, kar ima za posledico znatno spremembo kemijske strukture.

Bioplastika opisuje polimerne materiale, ki so biorazgradljivi in/ali katerih osnovne sestavine so v celoti ali delno proizvedene iz biomase. Po definiciji European Bioplastics e.V. s pojmom bioplastika označujemo polimere, ki temeljijo na obnovljivih virih (izvoru surovinskega vira) ter biološko razgradljive in kompostirne polimere ne glede na izvor osnovne surovine.

Biorazgradljivost je zmožnost snovi, da se pod vplivom mikroorganizmov spremeni v CO₂ (med kompostirnim ciklom v trajanju 6 mesecev se mora razgraditi vsaj 90 % embalaže). Biorazgradljivost je osnovni predpogoj za kompostiranje.

Ekodizajn (okoljsko načrtovanje oziroma oblikovanje proizvodov) pomeni vključevanje okoljskih vidikov v oblikovanje in razvoj proizvodov z namenom zmanjševanja negativnih vplivov na okolje skozi njihov celoten okoljski življenjski cikel.

Ekvivalent ogljikovega dioksida (CO₂-ekv) dobimo, da se količine (mase) posameznih toplogrednih plinov pomnožijo z njihovimi potenciali globalnega segrevanja. S takšnim preračunom je omogočeno, da se vpliv različnih toplogrednih plinov sešteje in izrazi v isti enoti, kar predstavlja ogljični odtis. Izraža se z enoto ekvivalenta ogljikovega dioksida (CO₂-ekv).

Embalaža so izdelki iz katerega koli materiala, ki so namenjeni temu, da blago ne glede na to, ali gre za surovine ali izdelke, obdajajo ali držijo skupaj zaradi hranjenja ali varovanja, rokovanja z njim, njegove dostave ali predstavitve na poti od embalerja do končnega uporabnika.

Forest Stewardship Council (FSC) nevladna organizacija za certifikacijski sistem za gozdove in sledenje lesa, ki je zagotovilo za odgovorno ravnanje z gozdovi.

Kompostiranje pomeni kontroliran proces biološke razgradnje, katerega rezultat v aerobnih pogojih so humus, CO₂ in H₂O. Je biološki razkroj snovi v prisotnosti zraka, pri čemer nastane humus podobna snov.

Kompostirnost je lastnost embalaže (ali plastičnega materiala), da se razgradi med postopkom kompostiranja. Izdelek je lahko kompostiren, če je dokazano, da so kompostirne vse njegove sestavine.

Kritična površina embalaže predstavlja kriterij, ki preprečuje nadaljnje zmanjševanje mase in/ali prostornine embalaže zaradi ogrožanja njene funkcionalnosti.

Ogljični odtis pomeni seštevek izpustov toplogrednih plinov, ki jih neposredno ali posredno povzročijo posameznik, organizacija, dogodek ali proizvod. Za toplogredne pline se predvideva, da prispevajo k učinku tople grede, ko se znajdejo v atmosferi. Ti plini so: ogljikov dioksid (CO₂), metan (CH₄), dušikov oksid (N₂O), hidrofluorogljikovodiki (HFC), perfluorogljikovodiki (PFC) in žveplov heksafluorid (SF₆).

Okso-razgradljivi polimerni materiali predstavljajo kombinacijo konvencionalnih (nerazgradljivih) polimerov, pridobljenih iz nafte (npr. PE ali PP) in posebnih dodatkov (ponavadi soli kobalta, niklja, mangana, cinka idr.), ki povzročijo, da osnovni polimerni material pod vplivom zunanjih dejavnikov (toplote ali UV svetlobe) razpade oziroma se razgradi v mikroskopske delčke.

Polimeri so snovi, ki jih lahko definiramo kot velike molekule (makromolekule), sestavljene iz ponavljajočih se strukturnih enot (merov). Najobsežnejšo skupino polimernih materialov nedvomno predstavljajo polimerni plastični materiali, popularno imenovani plastika.

Potencial globalnega segrevanja (GWP) posameznega toplogrednega plina kaže na njegovo relativno škodljivost snovi in zato dejansko predstavlja ponder za določanje deleža posameznega toplogrednega plina na učinek tople grede.

Prodajna embalaža obdaja in varuje osnovno prodajno enoto blaga, namenjeno končnemu porabniku na prodajnem mestu.

Program za potrjevanje shem za certifikacijo gozdov (PEFC; angl. Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes) je neodvisna, nevladna in neprofitna organizacija, ki preko certifikacije s pomočjo tretjih oseb podpira trajnostno gospodarjenje z gozdovi po vsem svetu.

Reciklaža odpadne embalaže pomeni postopke predelave odpadne embalaže v material za izdelavo nove embalaže ali za druge namene, vključno z organskim recikliranjem odpadne embalaže.

Skupinska (sekundarna, ovojna) embalaža je tista vrsta embalaže, ki obdaja ali drži skupaj več osnovnih prodajnih enot istovrstnega ali raznovrstnega blaga v prodajni embalaži.

Transportna (prevozna, terciarna) embalaža je namenjena skupnemu pakiranju več prodajnih enot.

Vračljiva embalaža je tista, za katero je zagotovljeno nadzorovano kroženje embalaže za plačilo kavnice ali brezplačno tako, da je v največji možni meri po vsakokratni vrnitvi uporabljene embalaže s strani porabnika znotraj nadzorovanega kroženja vračljive embalaže zagotovljena njena ponovna uporaba.

Življenjski cikel proizvoda v splošnem obsega naslednje faze: pridobivanje in pripravo surovin, proizvodnjo izdelka, distribucijo in transport, porabo ali uporabo ter odstranitve.

- ACP – Advisory Committee on Packaging. 2008. Packaging in Perspective. London, Reading.
Dostopno: www.incpn.org
- Aigner, C. 2012. Invisible Barrier Features. *Kunststoffe International*, No. 7: 6–11.
- Alcion Plasticos. 2012. Plastic Bottle and Container Development.
Dostopno: www.alcion.com/research-development-innovation-bottles-containers-plastic.html
- Alvarez-Chavez, C. R., S. Edwards, R. Moure-Eraso in K. Greiser. 2012. Sustainability of Bio-based Plastics: General Comparative Analysis and Recommendations for Improvement. *Journal of Cleaner Production*, 23: 47–56.
- Amazon. 2010. Amazon Certified Frustration-Free Packaging. Dostopno: www.amazon.com
- ANEC/BEUC/ECOS/EEB. 2009. "Sizing Up Product Carbon Footprinting – Joint Position". Brussels.
Dostopno: www.eeb.org/activities/product_policy/Product_carbon_footprinting.pdf
- Anon. 2001. Unverderbliche Frische: Aktive Verpackungsmaterialien Verlängern die Haltbarkeit von Sensiblen Lebensmitteln auch auf Langen Distributionswegen. *PackReport*, No. 6: 18–20.
- Anon. 2011. World's First 100 % Plant-Based PET Bottle. *Bioplastics Magazine*, 6: 25.
- Anon. 2011a. PLA for Paper Coating. *Bioplastics Magazine*, 6: 34–37.
- Anon. 2011b. Recycled Cartonboard: Questions Emerged Over Mineral Oil Scare. *Packaging News*, May 2011.
- APEAL – Association of European Producers of Steel for Packaging. 2006. Steel for Packaging.
Dostopno: www.apeal.org
- APME – Association of Plastics Manufacturers in Europe. 1996. Design for Recycling, Brussels.
- APME – Association of Plastics Manufacturers in Europe. 1997. PVdC: Barrier Solutions. Summary Report 4013/GB, Brussels.
- APME – Association of Plastics Manufacturers in Europe. 1999. Plastics: A Material of Choice for Packaging, Brussels.
- Ashby, M. F. 2009. Materials and the Environment: Eco-Informed Material Choice. Amsterdam: Elsevier
- Bickerstaffe, J. 2007. European Perspective on Packaging and Sustainability. *PSC Sustainable Conference*, Pleasanton, May 2007.
- Biedermann, M., Y. Uematsu in K. Grob. 2011. Mineral Oil Contents in Paper and Board Recycled to Paperboard for Food Packaging. *Packaging Technology and Science*, 24: 61–73.
- Bolwig, S. in P. Gibbon. 2009. Counting Carbon in the Marketplace. Overview Paper. Paris:OECD.
- Brachweld, D., T. Dritz, S. Kodama, A. Phipps in E. Steiner. 2001. Life Cycle Assessment of the Stonyfield Farm Product Delivery System. Ann Arbor: University of Michigan.

- Brandt, B. in H. Pilz. 2011. The Impact of Plastic Packaging on Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions in Europe. Vienna: Denkstatt.
- Braskem. 2011. Green Products. Dostopno: www.braskem.com.br/plasticoverde/eng/default.html
- Brezet, H. in C. van Hemel. 1997. Ecodesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption. Paris: UNEP – United Nations Environmental Programme.
- Bridgewater, A. V. in K. Lindgren. 1983. Energy in Packaging and Waste. Wokingham: Van Nostrand Reinhold.
- Bugnicourt, E., M. Schmid, O. McNerney, J. Wildner, A. Lazzeri in P. Cinelli. 2012. A Promising Future for Whey-coated Films. Packaging Films, 3: 6–7.
- BUWAL – Bundesamt für Umweltschutz, Wald und Landschaft. 1998. Life Cycle Inventories for Packaging. Vol. 1. Environmental Series No. 250/I. Bern: BUWAL (SAEFL).
- Bürkle, D. H. 1998. Optimising Packaging: Fitness for Purpose, Together with Ecological and Economics Aspects, must be Part of the Equation. V: Product Innovation and Eco-efficiency, Chapter 27, J. E. M. Klostermann in A. Tukker (Eds.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Carbon Trust. 2008. Product Carbon Footprinting: The New Business Opportunity. Experience From Leading Companies. London.
- CEN – European Committee for Standardization. 2000. CR 13910: Packaging – Report on Criteria and Methodologies for Life Cycle Analysis of Packaging, November 2000.
- Coca-Cola. 2012a. What is Plant Bottle Packaging? Dostopno: www.coca-cola.co.uk/faq/environment/what-is-plantbottle-packaging.html
- Coca-Cola. 2012b. Plant Bottle – Frequently Asked Questions. Dostopno: www.coca-colacompany.com/stories/plantbottle-frequently-asked-questions
- Cubis. 2009. Square in a Good Way. Stocholm. Dostopno: www.cubis.se
- Črnič, M., F. Mivšek, L. Scheicher, P. Kosmač, V. Kranjec, A. Kozjek in V. Rutar. 2005. Embalaža iz kartona in valovitega kartona. Ljubljana: Gospodarska zbornica Slovenije, Inštitut za celulozo in papir.
- Daily Mail. 2010. It's war on store waste: Landmark case will force supermarkets to end needless packaging. Dostopno: <http://www.dailymail.co.uk/news/article-1312599/Sainsburys-landmark-case-force-supermarkets-end-needless-packaging.html>
- Dainelli, D., N. Gontard, D. Spyropoulos, E. Zondervan-van den Beuken in P. Tobback. 2008. Active and Intelligent Food Packaging: Legal Aspects and Safety Concerns. Trends in Food Science and Technology, 19: S103–S112.
- DEFRA – Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2009. Making the Most of Packaging – A Strategy for a Low-Carbon Economy. London.
- DEFRA – Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2010. Assessing the Environmental Impacts of Oxo-degradable Plastics Across Their Life Cycle. London.
- De Monte M., E. Padoano in D. Pozzetto. 2005. Alternative Coffee Packaging: An Analysis from a Life Cycle Point of View. Journal of Food Engineering, 66: 405–411.
- Detzel, A. in J. Mönckert. 2009. Environmental Evaluation of Aluminium Cans for Beverages in the German Context. International Journal of LCA. 14:S70–9.

Detzel, A., F. Wellenreuther in S. Kunze. 2009. LCA of Waste Bags. Heidelberg: Institut für Energie und Umweltforschung.

DKR – Deutsche Gesellschaft für Kunststoff-Recycling. 2004. Product Manual: What Happens to Plastics Packaging with the Green Dot?. Köln.

DuPont. 2012. 2012 Survey of Future Packaging Trends: A Study by Packaging World Magazine and DuPont Packaging and Industrial Polymers. October 2012.

EAA – European Aluminium Association. 2006. Aluminium Recycling: The Road to High Quality Products. Brussels. Dostopno: www.eaa.net

ECOLAS – PIRA. 2004. Implementation of Packaging Directive. Prevention and Reuse – Draft, Annexes 03/07884, April 2004. Antwerpen, Surrey. Dostopno: http://europa.eu.int/comm/environment/waste/pdf_comments/040702interim_report.pdf

Economy Watch. 2010. Packaging Industry Report. Dostopno: www.economywatch.com/world-industries/packaging/report.html

Edwards, C. in J. Meyhoff Fry. 2011. Life Cycle Assessment of Supermarket Carrier Bags. Bristol: Environment Agency.

EEA – European Environment Agency. 2012. Generation and Recycling of Packaging Waste. Copenhagen. Dostopno: www.eea.eu

Elander, M. 2009. European Experience of Packaging Waste Reduction – Reusable Packaging, Packaging Taxes and Deposit Systems. Berlin: Deutsche Umwelt Hilfe.

Enders, H. J. in A. Siebert-Raths. 2009. Technische Biopolymere. Munich: Carl Hanser Verlag.

Enders, H. J., M. Bengs, C. Schulz in A. Siebert-Raths. 2011. Biopolymers – Market Opportunities, Land Use Requirements and Future Developments. Kunststoffe International, 9: 54–58.

Erema/WES. 2008. Recycling Milk Bottles. Kunststoffe International, No. 8: 47–48.

Erlov, L., C. Lofgren in A. Soras. 2000. Packaging – A Tool for Prevention of Environmental Impacts. Stockholm: Packforsk- Institute for Packaging and Distribution.

ERPA – European Recovered Paper Association. 2007. Facts and Figures. Paper Recovery and Recycling in Europe. Brussels. Dostopno: www.paperrecovery.org

ERPC – European Recovered Paper Council. 2008. Print Product Recyclability. Dostopno: www.paperrecovery.eu

Essel, R. in M. Carus. 2012. Meta-analysis of 30 LCAs. Bioplastics Magazine, 7: 46–49.

EuroCommerce. 2004. The Use Plastic Bags in an IPP Context. A Report. Brussels, September 2004.

EuPR – European Plastic Recyclers. 2009. Oxo-degradable Additives are Incompatible with Mechanical Recycling. Press release, 10th June 2009. Brussels. Dostopno: www.plasticsrecyclers.eu

European Commission. 2006a. On the Implementation of the Directive 94/62/EC on Packaging and Packaging Waste and its Impact on the Environment, as well as on the Functioning of the Internal Market. Report from the Commission to the Council and the European Parliament COM (2006) 767 Final. Brussels, December 2006.

European Commission. 2006b. Packaging and Packaging Waste. Brussels. Dostopno: http://ec.europa.eu/environment/waste/packaging_index.htm

European Commission. 2008. Commission Coordination Meeting on the Carbon Footprint Measurement of Products. Meeting Report, 4 March 2008, Brussels: DG Environment. Dostopno: http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/about_ecolabel/carbon/carbon_footprint_report.pdf

European Bioplastics. 2011. Better Packaging With Bioplastics – Information on Technology and Market Development. Dostopno: www.european-bioplastics.org

EUROPEN. 1999. Use of LCA as a Policy Tool in the Field of Sustainable Packaging Waste Management. Brussels. Dostopno: www.europen.be/issues/lca/lca_revised

EUROPEN. 2009. What is Sustainable Packaging? Our Vision. Dostopno: www.europen.be

Eurostat. 2011. Packaging Waste Statistics. Brussels. Dostopno: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

Farley, D. 2009. The Not So Green Skies. Scientific American, September 2009: 12.

FEICA – Fédération Européenne des Industries de Colles et Adhésifs. 2006. Initiative of the European Adhesives and Sealants Manufacturers (FEICA) on the Reduction of Di-iso-butylphthalate (DiBP) in Paper and Board. Brussels. Dostopno: www.feica.com/library/industry-guidelines/dibp-in-packaging

FKN – Fachverband Kartonverpackungen für Flüssige Nahrungsmittel e.V. 2006. Ökobilanz: Getränkekartons auf dem Prüfstand. Wiesbaden.

FNR – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. 2005. Biokunststoffe – Pflanzen, Rohstoffe, Produkte. Gülzow.

Forest Stewardship Council. 1996. FSC International Standard: Principles and Criteria for Forest Stewardship. Dostopno: www.fsc.org

Freedonia Group Inc. 2011. World Green Packaging – Industry Study with Forecast for 2015 and 2020. Cleveland: August 2011.

Furness, A. 2007. Intervju. Ambalaža, marec: 13–15.

GDA - Gesamtverband der Deutschen Aluminiumindustrie e.V. 2000. Comments on the German Federal Environmental Agency's Life Cycle Assessment of Drinks Packaging (UBA II study). Düsseldorf.

Gerngross, T. U. in S. C. Slater. 2000. How Green Are Green Plastics? Scientific American, August: 25–29.

Giles, G. S. 1999. Handbook of Beverage Packaging. Sheffield: Sheffield Academic Press.

Golja, V. 2004. Vpliv embalaže na živila, V: Zbornik predavanj 14. mednarodnega sejma embalaže, tehnik pakiranja, grafike, logistike in transporta INPAK 2004. Marec 2004: 96–99.

Greenpeace. 2011. Toying with Extinction. Dostopno: www.greenpeace.org/international/en/campaigns/forests/asia-pacific/sinar-mas-under-investigation/

Grilj, A. 2010. Splošno o sistemih FSC in PEFC v Sloveniji in svetu. Seminar FSC in PEFC sledenja lesa. Bureau Veritas: Ljubljana.

Guardian. 2012. Marks & Spencer Breaks Mould with Packaging for Longer-living fruit. Dostopno: www.guardian.co.uk (6. 1. 2012)

Gustavsson, J., C. Cederberg, U. Sonesson, R. van Otterdijk in A. Meybeck. 2011. Global Food Losses and Food Waste – Extent, Causes and Prevention. Study conducted for the International Congress Save Food at Interpack Düsseldorf. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Gyekye, L. 2012. M&S extends Fruit Life with 'Clay' Strip. *Packaging News*, February: 16.

Heinz. 2012. Plant Bottle Packaging. Dostopno: www.heinzketchup.com/plant-bottle-packaging.aspx

Hekkert, M. P., L. A. J. Joosten, E. Worrell in W. C. Turkenburg. 2000. Reduction of CO₂ Emissions by Improved Management of Material and Product Use: The Case of Primary Packaging. *Resources, Conservation and Recycling*, 29: 33–64.

Hekkert, M. P., L. A. J. Joosten in E. Worrell. 2000a. Reduction of CO₂ Emissions by Improved Management of Material and Product Use: The Case of Transport Packaging. *Resources, Conservation and Recycling*, 30: 1–27.

Heller, M. C. in G. A. Keoleian. 2003. Assessing the Sustainability of the US Food System: A Life Cycle Approach. *Agricultural Systems*, 76: 1007–1041.

Hernandez, R. J., S. E. M. Selke in J. D. Culter. 2000. *Plastics Packaging: Properties, Processing, Applications, and Regulations*. Munich: Hanser Publishers.

Horvat, P. in A. Kržan. 2012. Certificiranje bioplastike. Dostopno: www.plastice.org

Huang, Y., S. Chen, X. Bing, C. Gao, T. Wang in B. Yuan. 2011. Nanosilver Migrated into Food-Simulating Solutions from Commercially Available Food Fresh Containers. *Packaging Technology and Science*, 24: 291–297.

Humbert, S., V. Rossi, M. Margni, O. Joliet in Y. Loerincik. 2009. LCA of Two Baby Food Packaging Alternatives: Glass Jars vs. Plastic Pots. *International Journal of LCA*, 14: 95–106.

IBAW – International Biodegradable Polymers Association and Working Groups. 2005. *Highlights in Bioplastics*. January 2005. Dostopno: www.european-bioplastics.org

IBAW – International Biodegradable Polymers Association and Working Groups. 2006. *Position on Degradable PE Shopping Bags*. June 2006. Dostopno: www.european-bioplastics.org

IK – Industrieverband Kunststoffverpackungen e.V. 1998. *Verpacken in Kunststoff*. Bad Homburg.

INCPEN – Industry Council for Packaging and the Environment. 1995. *Packaging Reduction: Doing More with Less*. Reading (updated 2003). Dostopno: www.incpen.org

INCPEN – Industry Council for Packaging and the Environment. 1996. *Environmental Impact of Packaging in the UK Food Supply System*. Reading.

INCPEN – Industry Council for Packaging and the Environment. 2001. *Towards Greener Households – Products, Packaging, Energy*. Reading.

INCPEN – Industry Council for Packaging and the Environment. 2006. *Packaging in the Supply Chain – Research Facts*. Reading. Dostopno: www.incpen.org

INCPEN – Industry Council for Packaging and the Environment. 2007. *Shrink Wrap – Necessary? – An Investigation by the CGA*. Reading. Dostopno: www.incpen.org/pages/userdata/incp/cucumberwrapapril2007.pdf

INCPEN – Industry Council for Packaging and the Environment. 2008. *A Guide to Packaging Eco-design*. Reading. Dostopno: www.envirowise.gov.uk

INCPEN – Industry Council for Packaging and the Environment. 2011. *Why Products Are Packaged the Way They Are*. Reading. Dostopno: www.incpen.org

ISO. 2011. *ISO 14006 – Environmental Management Systems – Guidelines for Incorporating Ecodesign*. International Standardization Organization.

- Kirkpatrick, N. 2004. Reuse and Recycling – Role of Life Cycle Assessment (LCA) to Inform Decision-Making. A Review of LCA Studies Commissioned by EUROOPEN. London: URS Corporation Ltd.
- Kooijman, J. M. 2000. The Use of Packaging in Dutch Households. II. Survey of Products, Quantities and Energy Use. Gouda: Food Technology Consulting, December 2000.
- Kooijman, J. M. 2000a. Environmental Impact of Packaging: Performance in the Household. Gouda: Food Technology Consulting.
- Kržan, A., S. Hemjinda, S. Miertus, A. Corti in E. Chiellini. 2006. Standardization and Certification in the Area of Environmentally Degradable Plastics. *Polymer Degradation and Stability*, 91: 2819–2833.
- Levis, J. A. in M. A. Berlaz. 2011. Is Biodegradability a Desirable Attribute for Discarded Solid Waste? *Environmental Science and Technology*, 45: 5470–5476.
- Liptow, C. in A. M. Tillman. 2012. A Comparative Life Cycle Assessment of Polyethylene Based on Sugarcane and Crude Oil. *Journal of Industrial Ecology*, 16: 420–435.
- Loughborough University. 2010. The View. Leicestershire. Dostopno: www.lboro.ac.uk
- L'Oréal. 2008. Sustainable Development Report 2008. Dostopno: www.loreal.com
- Mata, T. M. in C. A. V. Costa. 2001. Life Cycle Assessment of Different Reuse Percentages for Glass Beer Bottles. *International Journal of LCA*, 6: 307–319.
- Mattel. 2011. Mattel Announces Sustainable Sourcing Principles. Dostopno: <http://corporate.mattel.com/about-us/playingresponsibly/index.aspx>
- Matthews, V. 1995. Plastics Consumption and Plastics Waste in Western Europe – A Statistical Survey. V: Recycling and Recovery of Plastics, J. Brandrup (Ur.). Munich: Hanser Publishers.
- McDougall, F., P. White, M. Franke in P. Hindle. 2001. Integrated Solid Waste Management – A Life Cycle Inventory. Oxford: Blackwell Publishing Co.
- Mercator. 2013. Embalaža v Mercatorju, d.d. (korespondenca avtorja s podjetjem).
- Milà i Canals, L., S. Sim, T. Garcia- Suárez, G. Neuer, K. Herstein, C. Kerr, G. Rigarlsford in H. King. 2011. Estimating the Greenhouse Gas Footprint of Knorr. *International Journal of LCA*, 16: 50–58.
- Muñoz, I., C. Gazulla, A. Bala, R. Puig in P. Fullana. 2009. LCA and Ecodesign in the Toy Industry: Case Study of a Teddy Bear Incorporating Electric and Electronic Components. *International Journal of LCA*, 14: 64–72.
- Murphy, R. J., G. Davis in M. Payne. 2008. Life Cycle Assessment (LCA) of Biopolymers for Single-use Carrier Bags. Final Report. London: Imperial College.
- Nike. 2007. Packaging Restricted Substances List and Design Requirements. September 2007.
- North Carolina State University. 2012. Mini-Encyclopedia of Papermaking Wet-End Chemistry. Dostopno: <http://www4.ncsu.edu/~hubbe/DEIN.htm>
- Novak, G. 1998. Papir, karton, lepenka. Ljubljana: Naravoslovnotehniška fakulteta.
- Novak, G. 2004. Grafični materiali. Ljubljana: Naravoslovnotehniška fakulteta.
- Oki, Y. in H. Sasaki. 2000. Social and Environmental Impacts of Packaging (LCA and Assessment of Packaging Functions). *Packaging Technology and Science*, 13: 45–53.

Olsmats, C. 2002. The Business Mission of Packaging – Packaging as a Strategic Tool for Business Development Towards the Future. Abo: Abo Academy University Press.

OVAM. 2006. Comparative LCA of 4 Types of Drinking Cups Used at Events. Mechelen: Openbare Afvalstoffenmaatschappij voor het Vlaamse Gewest.

Pant, R. et al. 2008. Standardisation Efforts to Measure Greenhouse Gases and Carbon Footprinting for Products. International Journal of LCA, 13:87–8.

PepsiCo. 2011. PepsiCo Develops World's First 100 % Plant-Based, Renewably Sourced PET Bottle. Dostopno: www.pepsico.com

PETCORE. 2004. World Largest PET Life Cycle Assessment – One-way PET Levels With Refillable Glass. Brussels.

PETCORE. 2012. Post Consumer PET Recycling in Europe 2011 and Prospects to 2016. Brussels.

Petersen, K., P. Vaeggemose Nielsen, G. Bertelsen, M. Lawther, M. B. Olsen, N. H. Nilsson in G. Mortensen. 1999. Potential of Biobased Materials for Food Packaging. Trends in Food Science and Technology, 10: 52–68.

PIRA – ECOLAS. 2005. Study of the Implementation of Directive 94/62/EC on Packaging and Packaging Waste and Options to Strengthen Prevention and Re-use of Packaging, Final Report. Surrey, February 2005. Dostopno: <http://ec.europa.eu/environment/pubs/studies.htm>

PIRA – INCPEN. 1998. Packaging's Place in Society – Resource Efficiency of Packaging in the Supply Chain for Fast Moving Consumer Goods. Surrey. Dostopno: www.incpen.org

PlasticsEurope. 2005. Discover Plastics – Plastics Families – PET. Brussels. Dostopno: www.plasticseurope.org

PlasticsEurope. 2006. Facts and Figures. Dostopno: www.plasticseurope.org

PlasticsEurope. 2008. "The Carbon Footprint – An Unreliable Indicator of Environmental Sustainability." Position paper, Brussels, 18th February 2008. Dostopno: <http://www.plasticseurope.org>

PlasticsEurope. 2011. Polyethylene Terephthalate (PET) (Bottle Grade). Eco-profiles and Environmental Product Declarations of the European Plastics Manufacturers. Brussels.

PlasticsEurope. 2012. Plastic Packaging: Born to Protect. Brussels. Dostopno: www.plasticseurope.org

Platt, D. K. 2006. Biodegradable Polymers. Market Report. Shrewsbury: Smithers Rapra Ltd.

Potočnik, E. 2004. Kovinska embalaža. Ljubljana: Saturnus.

Procter & Gamble. 2011. Pantene Announces First Shipment of Innovative More Sustainable Bottles Made from Plant-based Plastics. Dostopno: <http://news.pg.com/press-release/pg-corporate-announcements/pantene-announces-first-shipment-innovative-more-sustainable>

Pregrad, B., V. Musil in B. Žerjal. 1992. Tehnološki sistemi in proizvodi. 1. del. Maribor: Ekonomsko-poslovna fakulteta Maribor.

Pregrad, B. in V. Musil. 2000. Proizvodi in zagotavljanje kakovosti. Maribor: Ekonomsko-poslovna fakulteta.

Pricewaterhouse Coopers. 2012. Sustainable Packaging: Myth or Reality. Dostopno: www.pwc.co.uk

PRO EUROPE. 2004. Effective Packaging – Effective Prevention. Brussels. Dostopno: www.pro-e.org

PRO EUROPE 2009. Fact Sheet on Bioplastics. March 2009. Dostopno: www.pro-e.org

PRO EUROPE. 2010. Uniformity in Diversity. Brussels. Dostopno: www.pro-e.org

Prognos AG. 2002. Conclusions published by PROGNOSE AG in October 2002 Following the Last Results of Phase II of the UBA II Project LCA for Drinks Packaging. Dostopno: www.apeal.org/Contents/Environment/PROGNOS.pdf

Puma. 2010. All About Clever Little Packaging. Dostopno: www.puma.com/cleverlittlebag

Radonjič, G. 2004. Ocenjevanje vplivov embalaže na okolje. V: Zbornik predavanj 14. mednarodnega sejma embalaže, tehnik pakiranja, grafike, logistike in transporta INPAK 2004. Marec 2004: 59–64.

Radonjič, G. 2006. Integriranje okoljskih kriterijev pri oblikovanju embalaže – ekodizajn embalaže. V: Zbornik predavanj 15. mednarodnega sejma embalaže, grafike, tehnike in tehnologije pakiranja ter logistike INPAK 2006. Marec 2006: 81–87.

Radonjič G. 2008. Embalaža in varstvo okolja – Zahteve, smernice in podjetniške priložnosti. Maribor: Založba Pivec.

Radonjič, G. 2010. Ocenjevanje vplivov na okolje v celotnem življenjskem ciklu izdelka z metodo LCA. V: J. Volfand (Ur.) Odpadki v Sloveniji. Celje: Fit media.

Radonjič, G. 2012. Carbon Footprint: A Comparison of Different Aspects of Product Evaluation in Commodity Science. V: Merli, Roberto (Ed.). Technology and Innovation for a Sustainable Future: A Commodity Science Perspective: Proceedings. Roma: ENEA.

Radonjič, G. 2012a. Ogljični odtis in okoljski profil proizvodov: vabljeno predavanje na 21. letni konferenci Slovenskega združenja za kakovost in odličnost "Odgovor je kakovost", Portorož, 8. 11. 2012. Ljubljana: Slovensko združenje za kakovost in odličnost.

Rathje, W. L. 1991. Once and Future Landfills. National Geographic, May, 179: 116–134.

Recoup. 2009. Plastics Packaging – Recycling by Design. Peterborough: Recycling of Used Plastics Ltd.

Remškar, M. 2006. Magični nanodelci so lahko toksični. Delo (priloga Znanost), 1. junij: 25.

Rink, M., H. Meyer, P. Orth in D. Schauf. 1995. Recycling und Design. Kunststoffe, 85: 245–249.

RMIT. 1997. Introduction to EcoReDesign – Improving the Environmental Performance of Manufactured Products. Melbourne: Royal Melbourne Institute of Technology.

Robertson, G. L. (1993). Food Packaging – Principles and Practice. New York: Marcel Dekker.

Royt, E. 2006. Corn Plastic to the Rescue, <http://www.smithsonianmag.com/science-nature/plastic.html>

Rujnić-Sokele, M. 2008. Biorazgradljiva ambalaža – etičko pitanje. Ambalaža, 2: 76–80.

Rujnić-Sokele, M. 2009. Još malo o bioplastici. Polimeri, 30: 147–148.

Rutar, V. 1995. Papir, karton in lepenka – Embalažni materiali za prihodnost? V: Zbornik ETE 3, Mednarodni kongres o embalaži. Bled, 19.–21. april 1995, 75–86.

Schmitz, S. 1996. Life Cycle Assessment for Drinks Packaging Systems. Berlin: Umweltbundesamt.

Shen, L., J. Haufe in M. K. Patel. 2009. Product Overview and Market Projections of Emerging Bio-based Plastics. Final Report. Group Science, Technology and Society, Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, Utrecht University. Dostopno: www.copernicus.uu.nl

Silvestre, C., D. Duraccio in S. Cimmino. 2011. Food Packaging Based on Polymer Nanomaterials. Progress in Polymer Science, 36: 1766–1782.

SIST CR 13688:2001. Embalaža – Snovno recikliranje – Poročilo o zahtevah za snovi in materiale za preprečevanje trajnih ovir za recikliranje. Ljubljana: Slovenski inštitut za standardizacijo.

SIST EN ISO 14040:2006. Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Načela in okviri. Ljubljana: Slovenski inštitut za standardizacijo.

Smith, V. M. in G. A. Keoleian. 2002. Evaluation of Alternative Closure Options for Stonyfield Farm Product Delivers System. Supplement to the Report: Life Cycle Assessment of the Stonyfield Farm Product Delivery System. Ann Arbor: University of Michigan (Center for Sustainable Systems), May 2002.
Dostopno: www.stonyfield.com/AboutUs/WeveBlownOurCover.cfm

Smithers Pira. 2012. Global Packaging Industry Expected to Reach 820 Billion USD by 2016.
Dostopno: www.smitherspira.com/global-packaging-industry-expected-to-reach-820-billion-by-2016.aspx

Snoj, B. 1981. Embalaža – sestavina politik izdelkov in komuniciranja v marketingu. Ljubljana: ČGP Delo – Gospodarski vestnik.

Soroka, W. 2002. Fundamentals of Packaging Technology, 3rd Edition. Naperville: Institute of Packaging Professionals.

Stephen, M. Razgradljivi plastični materiali. Ambalaža, 2: 52–54.

Stevens, E. S. 2002. Green Plastics: An Introduction to the New Science of Biodegradable Plastics. Princeton: Princeton University Press.

Stilwell, E. J., R. C. Canty, P. W. Kopf in A. M. Montrone. 1991. Packaging and the Environment: A Partnership for Progress. New York: Amacom.

Stonyfield. 2006. Earth Actions. Using the Best Environmental Practices. Dostopno: www.stonyfield.com

Stonyfield. 2011. Sustainable Packaging. A Continual Journey. Dostopno: www.stonyfield.com

Sustainable Packaging Coalition and Packaging Digest. 2008. Member and Subscriber Survey. Charlottesville. Dostopno: www.sustainablepackaging.org

Sustainable Packaging Coalition. 2011. Definition of Sustainable Packaging. Charlottesville. Dostopno: www.sustainablepackaging.org

Tabone, M. D., J. J. Clegg, E. J. Beckman in A. E. Landis. 2010. Sustainability Metrics: LCA and Green Design in Polymers. Environmental Science and Technology, 44: 8264–8269.

Telegraph. 2010. Sainsbury's is to be Taken to Court for Using too Much Packaging. Dostopno: <http://www.telegraph.co.uk/finance/newsbysector/retailandconsumer/8006654/Sainsburys-taken-to-court-over-excess-packaging.html>

Twede, D. in R. Goddard. 1998. Packaging Materials, 2nd Edition, Surrey: Pira International.

Uradni list RS. 2006. Uredba o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo. Št. 84: 9178.

Uradni list RS. 2006a. Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi nastajanja odpadne embalaže. Št. 32: 3351.

Uradni list. 2011. Uredba o zelenem javnem naročanju. Št. 102: 13611.

Vercalsteren, A., C. Spirinckx in T. Geerken. 2010. Life Cycle Assessment and Eco-efficiency Analysis of Drinking Cups Used at Public Events. International Journal LCA, 15: 221–230.

Verghese, K., H. Lewis in L. Fitzpatrick. 2012. Packaging for Sustainability. London: Springer.

Vermeiren L., F. Devlieghere, M. van Beest, N. de Kruijf in J. Debevere. 1999. Developments in the Active Packaging of Foods. *Trends in Food Science and Technology*, 10: 77–86.

Vorspohl, K. in J. Bruder. 2004. Plastic Packaging Today: A Lightweighting Champion. *Kunststoffe Plast Europe*, June: 40–45.

Vujković, I., K. Galić in M. Vereš. 2007. *Ambalaža za pakiranje namirnica*. Zagreb: Tectus.

Wal-Mart. 2008. Wal-Mart is Taking the Lead on Sustainable Packaging.
Dostopno: www.walmartstores.com/download/2339.pdf

Weiss, M., J. Haufe, M. Carus, M. Brandao, S. Bringezu, B. Hermann in K. Patel. 2012.
A Review of the Environmental Impacts of Biobased Materials. *Journal of Industrial Ecology*, 16: S169–S180.

Wheylayer. 2012. Barrier Polymers for Sustainable Packaging. Dostopno: www.wheylayer.eu

Wiles, D. M. in G. Scott. 2006. Polyolefins with Controlled Environmental Degradability.
Polymer Degradation and Stability, 91: 1581–1592.

Worell, E., A. P. C. Faaij, G. J. M. Philipsen in K. Blok. 1995. An Approach for Analysing the Potential for Material Efficiency Improvement. *Resources, Conservation and Recycling*, 13: 215–232.

WRAP. 2008. *Food We Waste (Food Waste Report)*. Banbury: Waste and Resources Action Plan.
Dostopno: www.wrap.org.uk

WRAP. 2009. *Seal Integrity and the Impact on Food Waste*. Banbury: Waste and Resources Action Plan.
Dostopno: www.wrap.org.uk

WRAP. 2009a. *Efficient Use of Resources in Hot Drinks Packaging Design*. Banbury: Waste and Resources Action Plan. Dostopno: www.wrap.org.uk

WRAP. 2009b. *Efficient Use of Resources in Pet Food Packaging Design*. Banbury: Waste and Resources Action Plan. Dostopno: www.wrap.org.uk

WRAP. 2009c. *Efficient Use of Resources in Breakfast Cereal Packaging Design*. Banbury: Waste and Resources Action Plan. Dostopno: www.wrap.org.uk

WRAP. 2010. *Reusable Sofa Bag for Home Deliveries Protects the Product and Builds Brand Perception*. Banbury: Waste and Resources Action Plan: Dostopno: www.wrap.org.uk

Yanko Design. 2009. *Bottling Water with a Surprise*.
Dostopno: www.yankodesign.com/2009/09/03/seeds-in-the-bottle-by-yun-hwan-sung/

