

Primerjalna ocena življenjskega cikla lesa

avtor **Niko TORELLI**

Z analizo življenjskega cikla (angl. *life cycle assessment/analysis*, LCA) zgradb/izdelkov je mogoče kvantitativno ovrednotiti vpliv njihove izdelave in rabe na okolje od "zibke do groba" ("cradle to grave"). Celovita LCA je še posebej pomembna za zgradbe. Po podatkih Ameriškega inštituta za arhitekturo je poraba energije za zidavo, ogrevanje, oz. klimatizacijo, razsvetljavo, hlajenje, in gretje vode kar 30 % vse porabljene energije v ZDA. Z LCA je treba proučiti porabo in vrsto energije ter uporabljene materiale z vidika pridobivanja, izdelave, transporta, možnosti ponovne uporabe/reciklaže in deponiranja oz. uničenja po njihovem odsluženju. Za vsako "življenjsko" obdobje je treba izdelati popis (inventarizacijo) porabe energije in materialov kot tudi vseh spremljajočih emisij v okolje. LCA omogoča realistično oceniti okoljsko "prijaznost", škodljivost in energijsko potratnost uporabljenih materialov ter identificirati komponente, kjer je mogoče izvesti nujne okoljske "popravke". LCA je zato pomemben instrument za optimiranje izdelka oz. zgradbe v ekonomskem in ekološkem pogledu. LCA pomeni integriran način ocenitve okoljske kvalitete izdelkov, zgradb in storitev. Okoljsko prijazni izdelki imajo tržno prednost, saj postajajo kupci vse bolj okoljsko ozaveščeni in energijsko varčni. Hkrati se uveljavlja zakonodaja, ki daje prednost okoljsko prijazni praksi. LCA je

tako postal bistven element za promocijo lesa. Les v masivnem stanju, pa tudi kot tvorivo, pokaže svoje resnične prednosti pred konkurenčnimi materiali šele z LCA. Za primerjavo izdelkov in procesov je Mednarodna standardizacijska organizacija (*International Standardization Organization*, ISO) razvila štiri standarde za okoljsko tehniko LCA:

- ISO/EN 14.040 LCA Principles (načela),
- ISO/EN 14.041 LCA Inventory (popis),
- ISO/EN 14.042 LCA Impact Assessment (ocena vplivov) in
- ISO/EN 14.043 LCA Interpretation (razlaga).

V preteklih tridesetih letih smo se ukvarjali predvsem z energijsko varčnostjo naprav in stavb in njihovo obratovno energijo. Energijske nalepke na gospodinjskih strojih spodbujajo energijsko varčnost, pri čemer aparati iz razreda A porabijo vsaj 55 % manj energije kot tisti iz razreda G. Na nekaterih aparatih so *ekonalepke* (*eco-label*) v obliki cvetlice z evropskimi zvezdami, ki naj bi zagotavljale, da izdelek prizanaša okolju. Označevanje "dobrih" izdelkov ali storitev je uveljavljen način za spodbujanje nakupa "dobrih" izdelkov, ki ne ustrezajo le tehnično in ergonomsko temveč tudi glede varovanja okolja in našega zdravja. Kvaliteto ogrevanja in hlajenja stavb doka-

zuje *Energetska izkaznica stavbe* po navodilih OPET (Organizacija za promocijo energetskih tehnologij, *Organisation for promotion of energy technologies*), ki bo v Sloveniji obvezna 2006. Njen namen je podati objektivno informacijo o energijskem stanju zgradbe, t.j. o njeni toplotni zaščiti, predvideni rabi energije za ogrevanje in tako podpirati tržne prednosti energijsko učinkovitejših zgradb. V razvitejših državah brez energetske izkaznice ni mogoče dobiti niti posojil niti subvencij. Na Danskem, npr., je izkaznica obvezen dokument pri prodaji stavb. Izkaznica bo obvezna pri gradnji, prodaji in najemu, veljala pa bo le 10 let.

Poleg obratovne energije stavb oz. njihove energijske varčnosti in čistosti, nas danes vse bolj zanima še druga plat LCA, t. i. *vsebovana* (angl. *embodied*) energija materialov oz. gradiv. in stavb. Le-ta sestoji iz *začetne* in *ponavljalne* (angl. *recurring*) vsebovane energije. Začetna vsebovana energija pomeni neobnovljivo energijo, porabljeno za pridobivanje surovin, njihovo predelavo, izdelavo, transport na mesto uporabe in graditev in se deli *naneposredno* vsebovano energijo (transport na gradbišče in gradnja zgradbe) in *posredno* (pridobivanje in izdelava gradiv, vključno s transportom potrebnim za to dejavnost). *Ponavljalna* vsebovana energija je obnovljiva energija, ki se uporablja za vzdrževanje, popravila, prenavo in obnovo itd.).

Ker postajajo zgradbe energijsko vse bolj učinkovite, razmerje med vsebovano energijo in letno obratovno energijo narašča (preglednica 1). Bolj energijsko varčna je zgradba, večji delež odpade na vsebovano energijo. Pri takšni oceni pokaže lesena hiša ali hiša, kjer prevladujejo les in lesna tvoriva, izrazite prednosti (preglednica 2).

□ **Preglednica 1. Razmerje med vsebovano in obratovalno energijo običajnih kanadskih stanovanjskih hiš ("ranch-style home") s površino 350 m² (Cole 1993 iz Mumma 1995)**

Tip hiše, lokacija	Toplotna energija [GJ/leto]	Vsebovana energija [GJ]	Razmerje med vsebovano energijo in porabljeno letno toplotno energijo
konvencionalna, Vancouver	107	1 000	9,4
energijsko varčna, Vancouver	60	1 075	179
konvencionalna, Toronto	143	1 000	70
energijsko varčna, Toronto	82	1 075	13,1

□ **Preglednica 2. Poraba energije treh tipov hiš z Nove Zelandije z različno konstrukcijo in iz različnih materialov (Buchanan in Honey 1994 iz Mumma 1995)**

Tip hiše	"Maximum impact"	"Most common"	"Minimum impact"
Pod	Beton	Beton	Les
Zunanje stene	Opeka	Betonski bloki	Impregnian les
Streha	Valovita galv. jeklena pločevina	Valovita galv. jeklena pločevina	Betonski strešniki
Ogrodje	Jeklo	Les	Les
Okna/vrata	Aluminij	Aluminij	Les
Vsebovana energija [GJ]	520	372	215
Energija za enoletno ogrevanje [GJ/a]	32,5	5,4	1,9
Energija za 25-letno ogrevanje [GJ/a]	812	135	47

□ **Preglednica 3a. Okoljske prednosti pretežno lesene hiše brez toplotne izolacije (FAO 2002)**

	Zgradba 1 iz 1000 t lesa in 60 t jekla	Zgradba 2 izključno iz jekla
GWP	1,1 m	3,4 m
AP	2 445	7 613
EP	208	648
POCP	63	196

□ **Preglednica 3b. Okoljske prednosti pretežno lesene hiše z uporabo izolacije iz lesnih ostankov (FAO 2002)**

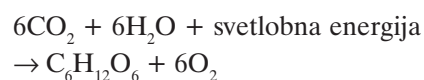
	Zgradba 1	Zgradba 2
GWP	-1,5 m	3,4 m
AP	-3 246	7 613
EP	-278	648
POCP	-84	196

Oglejmo si še učinek pretežno lesene zgradbe in enako velike, izključno jeklene trinadstropne stavbe enakih dimenzij, na okolje. (FAO 2002, pregl. 3a in 3b) z izračunom globalnega segrevnega potenciala v kg ekvivalentov CO₂ (GWP, Global Warming Potential), acidifikacijskega potenciala v kg ekvivalentov SO₂ (AP, Acidification potential), evtrofnega potenciala v kg fosfatnih ekvivalentov (EP Autrophication potential) in potenciala fotokemičnega nastajanja ozona v kg etenskih ekvivalentov (POCP, Photochemical Ozone Creation Potential)

Pretežno lesena zgradba z izolacijo iz lesnih ostankov je okoljsko bistveno sprejemljivejša od povsem jeklene. Izolacija in vsebovana energija bistveno vplivata na okoljsko sprejemljivost zgradbe. Les in lesna tvoriva so dramatično boljša od konkurenčnih materialov (preglednica 4).

Les nastaja ob blagodejnem učinku na okolje. Med rastjo drevo usvaja/sekvetrira ogljik (preglednica 5). Les je edini pomemben obnovljiv gradbeni material. Slovenija s svojimi trajnostno gospodarjenimi gozdovi zagotavlja dovolj lesa za gradbene namene, pohištveno industrijo, industrijo lesnih tvoriv in papirja. Les je tudi trajen. Dokaz za to so stare norveške cerkve, tisočletni japonski templji in cerkev sv. Jurija iz Greenearta v Georgetownu, ki v strogi ekvatorialni coni kljubuje termitom! Iz lesa so temelji vseh beneških zgradb in celo temelji Empire State Buildinga!

V preglednici 6 je prikazan učinek odrasle bukve na okolje in ksilogenezo. Med fotosintezo se svetlobna energija transformira v kemično in uporabi za sintezo ogljikovih hidratov in slednjič vseh rastlinskih tkiv, vključno lesa in skorje:



Tolikšna listna površina teoretično zadostuje za obnovitev kisika, ki ga letno potrebuje en človek (1 drevo = 1 človek!). Zaradi gosto posejanih listnih rež (do 400/mm²) je aktivna sedimentacijska površina listja in njen čistilni in transpiracijski učinek v resnici še nekajkrat večji.

Pridelava lesa v gozdovih zahteva le pribl. 1 % energije, ki jo vsebuje les (zračno suh les v povprečju 15 100 kJ/kg). Za izdelavo lesene hiše ali pohištva potrebujemo manj energije, kot jo vsebujejo lesni ostanki, nastali med izdelavo ali kot jo vsebuje izdelek na koncu življenjskega cikla, ko ga kot energenta s primerno tehnologijo varno vrnemo v ogljikov cikel (preglednica 7). Povsem varno prehaja v atmosfero tudi z biološkim razkrojem. Poleg tega je mogoče les večkrat uporabiti, npr. v zaporedju : gradbeni les/pohištvo? lesna tvoriva/papir? les-energent. Takšen ima les dramatične prednosti pred konkurenčnimi materiali.

Veliko materialov konkurira lesu: PVC ali aluminij za okna, steklo in beton za večje zgradbe, zidaki za stene, kovine in plastika za pohištvo. Res, ne da se zanikati nekaterih tehničnih prednosti teh materialov, vendar je njihovo energijsko in okoljsko ravnovesje v pogledu kriterijev LCA dramatično slabše v primerjavi z lesom in lesnimi tvorivi.

Uporabnostna prednost nelesnih materialov, npr. plastov, v primerjavi z lesom v luči LCA, hitro zbledi. Plaste izdelujemo iz fosilnih goriv, ki niso obnovljiva. Tudi proizvodnja sama zahteva rabo neobnovljivih fosilnih goriv. Med proizvodnjo nastanejo škodljive emisije težkih kovin, klorofluorogljikov, policikličnih aromatskih vodikogljikov, hlapnih organskih snovi, žveplovih oksidov in prahu v vodo, zrak in tla. Te emisije vplivajo na izginjanje ozona, smog, kisel dež in

□ Preglednica 4. Vsebovana energija gradiv/tvoriv (CSIRO Manufacturing&infrastructure technology)

Gradivo/tvorivo	MJ/kg	MJ/m ³
Aluminij, deviški	191	515 700
Aluminij, recikliran	8,1	21 870
Bitumen	44,1	45 420
Cement	78	15 210
Beton, 30 MPa	1,3	3 180
Opeka	2,5	5 170
Jeklo, deviško	32,0	251 200
Jeklo, reciklirano	10,1	37 210
PVC	70,0	93 620
Smrekovina, zračno suha	0,3	165
Smrekovina, tehnično sušena	1,6	880
Vežan les	10,4	5 720
Iverna plošča	8,0	4 400
MDF	11,9	8 330
"Glulam" (lepljeni nosilci)LC	4,6	2 530
Trda plošča	24,2	13 310
Papir	36,4	33 670

□ Preglednica 5. Količina med proizvodnjo sproščenega ogljika in količina uskladiščenega ogljika za žagan les in konkurenčne materiale (Townsend in Wagner 2003)

Material	Sproščeni ogljik [kg/m ³]	Uskladiščeni/vsebovani ogljik [kg/m ³]
žagan les	15	250
jeklo	5320	0
beton	120	0
aluminij	22 000	0

□ Preglednica 6. Bukev (*Fagus sylvatica* L.): Okoljski učinek odrasle bukke in maksimalna dnevna ksilogeneza (Schütt in Koch, A 1978)

115-letna bukev ima:	V enem sončnem dnevu:
200 000 listov	asimilira 9,4 m ³ CO ₂
1 200 m ² listne površine	proizvede 9,4 m ³ O ₂
10 ¹⁴ kloroplastov	obnovi 45 m ³ zraka
180 g klorofila	proizvede 12 kg ogljikovih hidratov

□ Preglednica 7. Emisije škodljivih snovi v zrak za les in konkurenčne energente (kg/MWh) (Daljinsko ogrevanje na lesno biomaso, priročnik Phare 1999)

Energent	NOx	SO ₂	CO ₂	Delci
premog	1,30	3,67	338	3,96
kurilno olje	0,90	4,75	270	0,18
zemeljski plin	0,68	0,00	202	0,00
les	0,36	0,18	0	0,36

so karcinogene. Kako drugačen je les!

Ekološke in socioekonomske prednosti lesa v primerjavi z nelesnimi materiali so dokazane. Na splošno je les material z velikimi tremi ("big three") lastnostmi: obnovljivostjo, reciklažnostjo in biološko razgradljivostjo, torej z ekološko sprejemljivostjo od "zibke do groba".

Res pa je tudi, da les z disintegracijo in ponovno integracijo v lesna tvoriva zaradi toksičnih dodatkov hitro izgublja svoje pozitivne lastnosti, prav tako kemično zaščiten les. Številne študije LCA za specifične izdelke in definirana tržišča kljub temu kažejo, da lesni proizvodi v pogledu porabljene energije in globalnega segrevnega potenciala, acidifikacije, eutrofikacije, depletion ozona in ekotoksičnosti manj obremenjujejo okolje od konkurenčnih materialov (prim. npr. Forest research New Zealand 2001, FAO 2002).

Velik problem pri tem ostaja, kako prepričljivo predstaviti prednosti lesa ciljnim skupinam, npr. politikom in t. i. odločitvenim skupinam ali osebam, ki odločajo o uporabi materialov v velikih gradbenih projektih, sicer se ne bomo znebili "umazanih" energijsko potratnih plastično-kovinskih stavb in pohištva. Tudi izziv za raziskovalce ...

Komentar je skorajda odveč. Slovenija je gozdna in lesna dežela. Želimo si, da bi "zdrava" raba lesa s svojimi prednostmi dobila veljavo, ki ji gre.

Literatura:

1. **FAO 2002.** Environmental and energy balances of wood products and substitutes. FAO Rim.
2. **Forest research 2001.** Environmental attributes of wood products: New Zealand plantation pine. Prepared for New Zealand Forest Industries.
3. **Mumma, T. 1995.** Reducing the embodied energy of buildings. Home energy magazine on line jan./febr. 1995. Home energy.
4. **Schütt, P., Koch, A. 1978.** Allgemeine Botanik für Forstwirte, Paul Parey, Hamburg.
5. **Townsed, Ph., Wagner, Ch. 2003.** Timber as a building material – an environmental comparison against synthetic building materials. A review, National association of Forest Industries Ltd.

Kjotski protokol - upanje ali kaplja v morje?

avtor **Niko TORELLI**

Kjotski protokol o zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov (TGP) je 16. 02. 2005 slednjič le dobil mednarodno pravno veljavo. Industrijske države so se l. 1997 v Kjotu zavezale, da bodo v obdobju 2008-2012 znižale izpust šestih TGP (med njimi najvažnejšega, CO₂), za 5,2 % odstotkov glede na l. 1990. Med znanstveniki prevladuje mnenje, da utegnejo biti TGP krivi za globalni dvig temperature. Zelo verjetno, čeprav je dokazano, da temperatura v zadnjem tisočletju močno niha. 1300-1650 je Evropa doživela "mini ledeno dobo", ki naj bi botrovala nastanku počasi in enakomerno rastoči smrekovini kremonskih goslarjev. Je zdajšnje zvišanje le naključen kratkotrajen nihaj navzgor, ki mu bo sledil nov mrz in bo spet obveljal Shawov izrek: "Zlato pravilo je, da ni zlatega pravila".

Z "rusko" ratifikacijo sporazuma je bilo končno izpolnjeno merilo za veljavnost protokola: 55 držav - 55 % svetovnih izpustov TGP. Žal so ZDA 2001 od podpisa odstopile, čeprav imajo na vesti četrtno vseh izpustov (20 t CO₂ na prebivalca, v Evropi v povprečju 9 t!). Busheva administracija je tedaj menila, da utegnejo cilji kjotskega protokola močno škodovati njihovemu gospodarstvu in da znanstveni dokazi o učinku toplogrednih plinov niso povsem gotovi. Države v razvoju nočejo niti slišati o kakšnem zmanjšanju TGP. Kitajska in Indija bosta kmalu postali večji onesnaževalki kot ZDA. Tudi v Rusiji odločitev za pristop ni bila enoglasna. Ilarionov je protokol označil za "novo obliko totalitarne ideologije, podobne marksizmu, komunizmu in socializmu"! Akademija je izračunala, da Rusija s prodajo "odpuškov" (emisijskih kvot) ne bo zbrala dovolj denarja za modernizacijo tehnologij. Obstaja resen dvom, da bodo (nekateri) podpisnice tudi po l. 2012 vztrajale pri protokolu.

Emisije TGP so 2003 v Sloveniji znašale 20,3 mio. t. Za izpolnitev obveznosti iz kjotskega protokola mora Slovenija brez upoštevanja ponorov zmanjšati emisije še za 6,6 % oz. 2,8 % ob upoštevanju ponorov v višini 800 000 t. Ob vsem veselju moramo ostati tudi kritični. Upajmo, da bo kjotski protokol zadostoval za miselni premik pri uveljavljanju okolju prijaznih tehnologij, obnovljivih energentov in materialov. Naraščanja TGP v ozračju pa protokol, žal, ne more ustaviti. Za to bi v zdajšnjih razmerah potrebovali kar 40 "Kjotov"!

Začenja se obdobje tehtanja med ceno emisij in trgovanjem z dovolilnicami. To bi lahko bila spodbuda za zamenjavo tehnologij in povečevanje deleža obnovljivih energentov. V evropsko trgovalno shemo je vključenih 96 slovenskih podjetij težke industrije, ki skupaj proizvedejo 60 odstotkov nacionalnih emisij. Slovenija je za obdobje 2005-2007 brezplačno razdelila emisijske kupone za 26,3 mio. ton CO₂, t.j. za pribl. 90 % emisij izhodiščnega obdobja. V "Temi dneva" na prvi strani *Dela* 16. 02. 2005 sem med drugim vesel prebral tudi "...zakaj kupujemo izdelke, ki so izdelani na energijsko potraten način, zakaj kupujemo aluminijске stole in ne lesenih?" (G. Pucelj). Na prvi strani je tudi velik naslov "Kjotski protokol: gozdovi so rešitev." (B. Tavčar). To sicer ne drži, vendar imajo gozdovi, skupaj z lesom, pomembno vlogo pri usvajanju/sekvestraciji ogljika. Gozdovi so največji terestrični biom in pomenijo največji svetovni potencial za stabiliziranje in potencialno zmanjšanje koncentracije CO₂ v ozračju. Slovenija s svojimi obširnimi naravnimi gozdovi in uveljavljeno prakso "zdrave" rabe lesa lahko pomembno prispeva k blaženju podnebnih sprememb. To je mogoče doseči (1) z ohranjanjem obstoječih ogljikovih "poolov" v gozdovih s sonaravnim trajnostnim gospodarjenjem ("ohranjevalski management"), (2) s povečevanjem količine ogljika v gozdovih s povečevanjem njihove površine in zaloge ("skladiščni management") in (3) z nadomeščanjem energijsko potratnih materialov z lesom ("substitucijski management"). To napoveduje povečanje relativnega pomena gozdov in gozdarstva ter rabe lesa. Vzpodbudna napoved?!