





Gradbeni vestnik • GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE in MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKO ZBORNICE SLOVENIJE

UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774
Ljubljana, februar 2015, letnik 64, str. 29-56

Izdajatelj:

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Karlovška cesta 3, 1000 Ljubljana, telefon 01 52 40 200; faks 01 52 40 199 v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (MSG IZS)**, ob podpori **Javne agencije za raziskovalno dejavnost RS, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, Fakultete za gradbeništvo Univerze v Mariboru in Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**, predsednik
Dušan Jukić
prof. dr. Matjaž Mikoš
IZS MSG: **Gorazd Humar**
Mojca Ravnikar Turk
dr. Branko Zadnik
UL FGG: **izr. prof. dr. Sebastjan Bratina**
UM FG: **doc. dr. Milan Kuhta**
ZAG: **doc. dr. Matija Gams**

Glavni in odgovorni urednik:

prof. dr. Janez Duhovnik

Lektor:

Jan Grabnar

Lektorica angleških povzetkov:

Romana Hudin

Tajnica:

Eva Okorn

Oblikovalska zasnova:

Mateja Goršič

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

Kočevski tisk

Naklada:

500 tiskanih izvodov
3000 naročnikov elektronske verzije

Podatki o objavah v reviji so navedeni v bibliografskih bazah COBISS in ICONDA (The Int. Construction Database) ter na

<http://www.zveza-dgits.si>

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 23,16 EUR; za študente in upokojene 9,27 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 171,36 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80,00 EUR. V ceni je všteti DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:
SI56 0201 7001 5398 955

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

1. Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
2. Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
3. Članki (razen angleških povzetkov) in prispevki morajo biti napisani v slovenščini.
4. Besedilo mora biti zapisano z znaki velikosti 12 točk in z dvojnimi presledki med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev z nazivi in naslovi ter besedilo.
6. Članki morajo obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); znanstveni naziv, imena in priimke avtorjev, strokovni naziv, navadni in elektronski naslov; oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; ključne besede v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek v angleščini; ključne besede (key words) v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ... naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so ti označeni še z A, B, C itn.
7. Poglavlja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavlja se oštevilčijo brez končnih pik. Denimo: 1 UVOD; 2 GRADNJA AVTOCESTNEGA ODSEKA; 2.1 Avtocestni odsek ... 3 ...; 3.1 ... itd.
8. Slike (risbe in fotografije s primerno ločljivostjo) in preglednice morajo biti razporejene in omenjene po vrstnem redu v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino.
9. Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
10. Kot decimalno ločilo je treba uporabljati vejico.
11. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki oglatih oklepajev: (priimek prvega avtorja ali kratica ustanove, leto objave). V istem letu objavljena dela istega avtorja ali ustanove morajo biti označena še z oznakami a, b, c itn.
12. V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela razvrščena po abecednem redu priimkov prvih avtorjev ali kraticah ustanov in opisana z naslednjimi podatki: priimek ali kratica ustanove, začetnica imena prvega avtorja ali naziv ustanove, priimki in začetnice imen drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
13. Način objave je opisan s podatki: knjige: založba; revije: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; zborniki: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani od do; raziskovalna poročila: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; za druge vrste virov: kratek opis, npr. v zasebnem pogovoru.
14. Prispevke je treba poslati v elektronski obliki v formatu MS WORD glavnemu in odgovornemu uredniku na e-naslov: janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si. V sporočilu mora avtor napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren.

Uredništvo

Vsebina • Contents

Članki • Papers

stran **30**

prof. dr. Mitja Rismal, univ. dipl. inž. grad.
VODNA AKUMULACIJA VONARJE JE ŽE 26 LET PRAZNA
RESERVOIR VONARJE HAS BEEN EMPTY FOR 26 YEARS

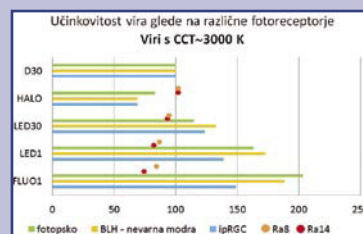


stran **36**

asist. dr. Andreja Kukec, dipl. san. inž.
prof. dr. Aleš Krainer, univ. dipl. inž. arh.
doc. dr. Mateja Dovjak, dipl. san. inž.
**MOŽNI NEGATIVNI VPLIVI PREKOMERNE VLAŽNOSTI NOTRANJEGA
OKOLJA V STAVBAH NA ZDRAVJE UPORABNIKOV**
POSSIBLE ADVERSE EFFECTS OF BUILDING DAMPNESS
ON OCCUPANTS' HEALTH

stran **47**

dr. Katja Malovrh Rebec, univ. dipl. inž. arh.
izr. prof. dr. Marta Klanjšek Gunde, univ. dipl. fiz.
Friderik Knez, univ. dipl. fiz.
INTEGRALNI OPIS SVETIL IN SVETLOBNIH VIROV
INTEGRAL LIGHTING PARAMETRIZATION



Poročilo s strokovnega srečanja

stran **55**

Mojca Ravnikar Turk, univ. dipl. inž. grad.
izr. prof. dr. Vojkan Jovičić, univ. dipl. inž. grad.
15. ŠUKLJETOVI DNEVI



Novi diplomanti

Eva Okorn

Koledar prireditev

Eva Okorn

Slika na naslovnici: Nadvoz Hajdina nad železniško progo Pragersko – Ptuj,
foto: Dario Dominko

VODNA AKUMULACIJA VONARJE JE ŽE 26 LET PRAZNA

RESERVOIR VONARJE HAS BEEN EMPTY FOR 26 YEARS

prof. dr. Mitja Rismal, univ. dipl. inž. grad.
Barjanska ul. 68, Ljubljana

Strokovni članek
UDK 556.155:628.13(497.4Vonarje)

Povzetek | Članek obravnava predlog za ponovno napolnitev in revitalizacijo akumulacije Vonarje, za kar je bila zgrajena. Po izpraznitvi, pred 28 leti, pa je postala mokrišče ter prostor zaščitene rastlin in redkih ptic.

Ključne besede: upravljanje vodnih akumulacij, limnologija

Summary | The paper describes a proposal to refill and to revitalize a reservoir which was emptied 28 years ago, instead of using it for what it had been constructed. Its empty bottom has become wetland with protected vegetation and birds.

Keywords: water reservoirs management, limnology

1 • UVOD

Vodna akumulacija Vonarje na Sotli (slika 1) je bila s sodelovanjem sosednje Hrvaške zgrajena že leta 1976 za zadrževanje poplavnega vala, pitno vodo, namakanje in za turizem z vodnimi športi in ribištvom.

Leta 1988 pa so jo po izpustu z amonijem in žveplovodikom onesnažene vode in po katastrofalnem poginu rib v Sotli izpraznili. Od tedaj je že 26 let prazna. Razen za zadrževanje poplavnih valov ne služi dru-

gim namenom, za kar je bila zgrajena. Za poplavni val bi potrebovali za več kot polovico manjšo akumulacijo. Škodo, ki je zato nastala, je mogoče izračunati.

V tem prispevku obravnavamo vzroke za katastrofalni pogin rib v Sotli (1986–87) in kaj bi bilo – ob ponovni napolnitvi jezera – treba narediti, da bi bila kakovost in globina vode za načrtovane namene in turizem primerni.

2 • OPIS VODNE AKUMULACIJE IN ZA KAJ JE BILA NAČRTOVANA

Akumulacija Vonarje s pregrado (slike 1, 2 in 3) leži v dolini Sotle pod naseljem Vonarje. V zgornjem, ožjem delu akumulacije so zgradili tudi »lovilno« pregrado Prišlin (sliki 3 in 5) za rečni nanos in za preprečitev zamočvirjanja zgornjega, plitvejšega dela akumulacije. Po letu 1988 večkrat na leto poplavljenno dno izpraznjene akumulacije pa je postalo naravovarstveno zanimivo mokrišče (slika 4).

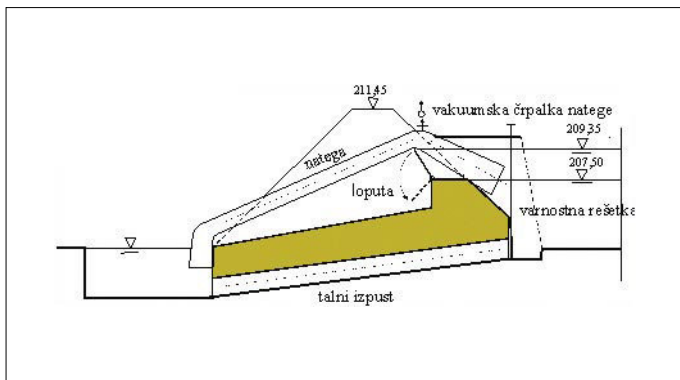


Slika 1 • Vonarska pregrada v 80. letih (Arhiv čuvaja pregrade Vonarje)

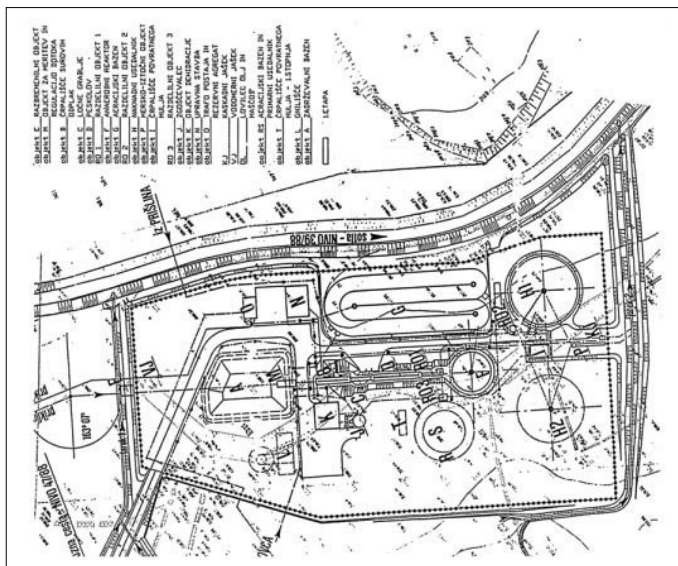
Vodna gladina akumulacije je bila določena s prelivnim robom bočnega preliva pregrade na koti 207,50 m.n.v. pri prostornini zajezene vode 8,7.106 m³. Nad prelivom je bil za evakuacijo vodnega vala 5,44.106 m³ predviden maksimalni dvig vodne gladine za 1,85 m na koto 209,35 m.n.v., s 3,7.106 m³ nad prelivom predvideno prostornino akumu-

lacije. Za samo evakuacijo vodnega vala pa sta bila zgrajena bočni preliv in talni izpust zmogljivosti 37,30 m³/s oziroma 27 m³/s, skupaj 64,3 m³/s (preglednica 1, slika 6). Z dvigom bočnega preliva za 1,85 m na 209,35 m n.v. in z enakim povišanjem krone pregrade je mogoče, v prid boljše kakovosti vode, za toliko povečati globino jezera, zalogo

vode pa za 40 %, na 12,4.106 m³. Povišanje krone pregrade pa ni potrebno, če se namesto dviga bočnega preliva nanj vgradi 1,85 m visoka loputna zapornica z zaradi nižje cene ustrezno prirejeno natego. Na sliki 9 je funkcionalna shema zgolj ene od močnih rešitev za dvig vodne gladine jezera na stalno koto 209,35 m.n.v.



Slika 6 • Shema za dvig vodne gladine jezera, za 1,85 m, na koto 209,35 m.n.v. z vgradnjo loputne zapornice na obstoječi bočni preliv pregrade in ob njem predvideno natego za vzdrževanje stalne gladine jezera tudi pri nastopu vodnega vala. Pri manjših vodnih valovih se (avtomatizirana) loputa postopoma spušča in dviga. Pri večjih valovih pa avtomatsko z vakuumsko črpalno deluje tudi natega. Najprej pa se kontrolirano, glede na kakovost vode, aktivira talni izpust za odvod na dnu jezera onesnažene vode



Slika 7 • Čistilna naprava s simultano denitrifikacijo in defosfatizacijo 26.670 PE NIVO – po tehnologiji IZH FGG

4 • ZAŠČITA JEZERA

Za zaščito jezera je bil narejen načrt kanalizacije za Rogaško Slatino in Rogatec z retencijsko kapaciteto za zadrževanje in čiščenje odpadnih voda in padavinskega odtoka na skupni čistilni napravi s konfiguracijo Carousel za 26.670 PE III. stopnje s kontinuiranim čiščenjem fosfatov do 1 (mgP/l) in nitratov (slika 7).

Ker za omenjeni načrt čistilne naprave ZVSS ni izdala zaprosenega soglasja, se je zgradila za

čiščenje padavinskega odtoka manj primerna diskontinuirana naprava SBR za 9000 PE. Neočiščena odpadna voda Rogaške Slatine in Rogatca (preglednica 3) pa je povzročila hiperevtrufno stanje jezera z na dnu jezera visoko koncentracijo toksičnega amonija in žveplovodika.

Urška Kovačič (Kovačič, 2013) je zato upravičeno zapisala: »Nestrokovno upravljanje jezera z izpustom te vode je povzročilo

zmanjšanje vsebnosti kisika v Sotli pod jezerom in občasne pogine rib. Ker je voda postajala vedno bolj umazana in smrdljiva, so jo morali v letih 1986/87 spustiti. Zastrupljena voda je na svoji poti do izliva Sotle v Savo uničila ves življ. Ko je voda odtekla, je ostala na dnu jezera zamuljena jezerska usedlina z veliko hranilnih organskih snovi (...).« Po izgradnji čistilnih naprav Rogaške Slatine in v Rogatcu pa želita sedaj obe občini, v sodelovanju z na hrvaški strani sosednjo občino Pregrada in drugimi občinami Posotolja, Vonarsko jezero ponovno oživiti, za kar je bilo tudi zgrajeno.

5 • PRESOJA EVTROFNOSTI JEZERA ZA SANACIJO JEZERA (Volenweiderjev model)

Preliminarno presojo kakovosti – pričakovano evtrofnost jezera – po ponovni napolnitvi revitalizaciji jezera smo izvedli v preglednici 1, za tri primere ocenjene generacije fosforja iz neočiščene in očiščene odpadne vode

Rogaške Slatine, Rogatca in iz prispevne površine jezera:

– za kakovost Sotle brez čiščenja odpadnih voda na prispevnem območju z Rogaško Slatino, Rogatcem,

- s čiščenjem odpadnih voda in
- s speljavo očiščenih odpadnih voda v Sotlo pod pregrado akumulacije.

Za preliminarno oceno evtrofnosti smo uporabili empirični Volenweiderjev limnološki model, ki ne obravnava fizikalno-bioloških procesov vzdolž tega 6,5 km dolgega in povprečno le 300 m širokega jezera, kot so jih, za primer, za podobno akumulacijo pitne vode Wanbach v Nemčiji. Za obravnavani

načrt sanacije pa bi ga kazalo uporabiti tudi za Vonarje.

$$L_P = C_P \cdot \frac{z_{sr}}{T_w} \cdot (1 + \sqrt{T_w}) \left[\frac{mgP}{m^2 \cdot l} \right];$$

$$C_P = \frac{L_P}{\frac{z_{sr}}{T_w} \sqrt{(1+T_w)}} \left(\frac{mgP}{m^3} \right)$$

C_P = koncentracija P v jezerski vodi za oligotrofno jezero

q ($m^3/m^2 \cdot l$) = $\frac{z_{sr}}{T_w}$ hidralična površinska obremenitev jezera

L_P $\left[\frac{mgP}{m^2 \cdot l} \right]$ Dopustna letna obremenitev jezera s fosforjem

Na koti preliva 207,50 m je prostornina zajezene vode $V = 8,7 \cdot 10^6 m^3$

Površina zajezene vode pa $S = 1,663 \cdot 10^6 m^2$

$$T_w = \frac{V(m^3)}{Q_{sr} \cdot 365 \cdot 86400} = \frac{8,7 \cdot 10^6}{1,54 \cdot 365 \cdot 86400} =$$

$$= 0,179(\text{let})$$

$$z_{sr} = \frac{V(m^3)}{S(m^2)} = \frac{8,7 \cdot 10^6}{1,663 \cdot 10^6} = 5,23(m)$$

Po spodnji oceni obremenitve Vonarskega jezera s P odpadnih voda naselij občin Rogaška Slatina (11.100 prebivalcev) in Rogatec (3.113 preb.), skupaj 14.213 (PE):

a. Brez čiščenja odpadnih voda 1 PE – ca. 2 gP/dan
 $L_P = 14.213 (PE) \cdot 2,0 (gP/l) \cdot 365 (d) = 10.375.490 (gP/l)$

$$\sum \frac{gP}{m^2 \cdot l} = \frac{10.375.490 \left(\frac{gP}{l} \right)}{1,663 \cdot 10^6 (m^2)} =$$

$$= 6,24 \left(\frac{gP}{m^2 l} \right)$$

b. S čiščenjem odpadnih voda na ca. 1,0 (mgP/l)
 Pri 150 (l/PE.dan) odpadne vode je letna obremenitev jezera s P:

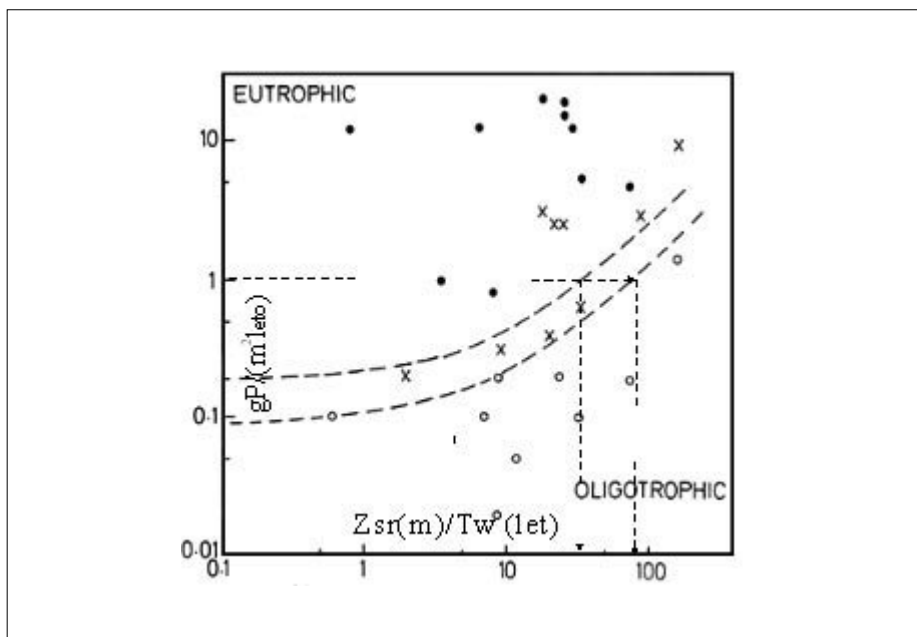
$$\sum \frac{gP}{m^2 \cdot l} = \frac{(150 (l/PE) \cdot 14213 (PE) \cdot 1,0 (mgP/l) \cdot 365 (d))}{1,663 \cdot 10^6 (m^2) \cdot 1000} = 0,468 \left(\frac{gP}{m^2 l} \right)$$

Površina	(mgP/m ² leto)		
	od-do	median	povprečno
gozd	0,0019–0,0083	0,0021	0,0024
okopavine	0,0026–0,1860	0,0224	0,0446
polja	0,001–0,0290	0,0076	0,0108
pašniki	0,0014–0,049	0,0081	0,0150

Preglednica 2 • Izpiranje fosforja iz površin (Rechow, 1980)

Stopnja trofičnosti	Kriterij trofičnosti		Dosegljivo brez čistilne naprave		Dosegljivo s čistilno napravo		Dosegljivo z odvodom očišč. odpadne vode pod pregrado	
	P _□	P _□	L _p	P _□	L _p	P _□	L _p	
	mg/m ³	mg/m ³	gP/m ² l	mg/m ³	gP/m ² l	mg/m ³	gP/m ² l	
ultraoligotrofno	≤ 2,5	–	–	–	–	–	–	
Oligotrofno	2,5–8	–	–	–	–	–	–	
Mezotrofno	8–25	–	–	–	–	23,81	0,99	
Evtrofno	25–80	–	–	49,62	1,45	–	–	
Hiperevtrofno	≥ 80	173,88	7,24	–	–	–	–	

Preglednica 3 • Ocena evtrofnosti po Volenweiderju pričakovane trofičnosti vode v akumulaciji Vonarje



Slika 8 • Volenweiderjev diagram evtrofnosti

c. Prispevek P iz kmetijskih in gozdnih površin:

50 % gozdnih površin 0,0024 (gP/m²l)

$$\frac{0,5 \cdot 0,0024 \cdot 104,9 \cdot 10^6}{1,49 \cdot 10^6} = 0,0845 \left(\frac{gP}{m^2 l} \right)$$

50 % pašnikov in ornih površin

0,0258 (gP/m²l)

$$\frac{0,5 \cdot 0,0258 \cdot 104,9 \cdot 10^6}{1,49 \cdot 10^6} = 0,908 \left(\frac{gP}{m^2 l} \right)$$

$$\text{Skupaj} = 0,990 \left(\frac{gP}{m^2 l} \right)$$

Rezultati za tri primere ocenjene evtrofности jezera so v preglednici 3 in na sliki 8.

brez čiščenja odpadnih voda, s čiščenjem in izpeljavo očiščene odpadne vode pod pregrado. Prispevek fosforja iz gozdnih 50 % in kmetijskih površin je ocenjen. Obremenitev odpadnih voda zgolj po številu prebivalcev. Na nivoju idejne zasnove bolj natančna presoja evtrofности ni potrebna, saj že je iz uporabljenih podatkov vidno, da bo jezero, tudi po izgradnji še načrtovanih kanalizacij in čistilnih naprav, težko doseglo mezotrofno stanje.

Poleg v preglednici 2 ocenjene »zunanje« obremenitve jezera bo ostalo na dnu zaradi razpada organske mase, v 26 letih nastale zarasti in akumuliranih usedlin na dnu jezera še večje onesnaženje.

Že poenostavljena presoja evtrofности jezera v preglednici 3 in na sliki 8 za Zsr/Tw = 29,22 pokaže, da jezero tudi, po v preglednici 2 predvidenem odvodu očiščene odpadne vode, pod pregrado Vonarje ne bo preseglo mezotrofne stopnje.

6 • UKREPI ZA KAKOVOST JEZERA IN SOTLE POD JEZEROM

Po v preglednici 3, zadnji stolpec, navedenih ukrepov za revitalizacijo bo za turistično rekreacijo in za pripravo pitne vode primerno mezotrofno ali nizkoevtrofno stanje jezera potrebno opraviti naslednja dela.

Pred napolnitvijo jezera:

- Očistiti zarast in organske usedline na poplavljeni površini jezera.
- Z Rogaško Slatino, Rogatcem in drugimi še zgrajenimi čistilnimi napravami s kanalizacijami, očiščene odplake speljati, najbolje

po tlačni cevi mimo jezera, v Sotlo pod pregrado Vonarje.

- Za boljšo kakovost jezera (nižjo evtrofnost) pa namesto nižanja trajno gladino jezera dvigniti na 209,35 m.n.v., s povišanjem krojne pregrade in povišanjem bočnega preliva za 1,85 m ali brez povišanja krojne pregrade, z na bočni preliv z vgrajeno loputno zapornico enake višine.

Za hitrejšo evakuacijo vodnega vala, pri napovedi večjih padavin, pa k kapaciteti talnega

izpusta zgraditi natego s ponovnim računom vodnega vala določene zmogljivosti.

Za trajno kakovost jezera pa bo potrebno:

- Za znižanje hranil v jezeru, del nizkih ca. 150 (l/s) in na dnu jezera z NH3-NH4, H2S in s P, onesnaženih pritokov pred izpustom v Sotlo očistiti v za ta namen, pod pregrado predvideni aeracijski laguni. (Primerne velikost izpusta se preveri z limnološkim modelom, ki upošteva tudi globinski odvod vode, na primer (Rismal, 2005).)
- Upravljanje jezera pa strokovno voditi po rezultatih limnološke spremljave jezera, pritokov in iztokov.

7 • NARAVOVARSTVENI REZERVAT ALI TURISTIČNO-REKREACIJSKI NAMEN JEZERA

Po izpraznitvi akumulacije smo v državi, ki je 60-odstotno pokrita z gozdovi, dobili na 1,95 km² kmetijskih površinah, namesto jezera z 8,7 · 10⁶ m³ vode, novo umetno mokrišče (slika 4). Večje, sicer različno, 4,5 km² veliko naravno mokrišče Jovsi ob Sotli pa leži le nekaj kilometrov nižje.

V 26 letih je iz prazne akumulacije, v nasprotju s tem, za kar je bila zgrajena, nastal nov naravovarstveni interes za ohranitev umetnega mokrišča, ki ni bilo načrtovano, je pa habitat redkih ogroženih, ptic (slika 9) in rastlinskih vrst, kot so bela vrba, velike združbe trstičevja itd. (sliki 10 in 11).

Po ornitologih je naravovarstveni interes za ohranitev sedanjega plitvega mokrišča na dnu akumulacije z vodno gladino na 200,00 m.n.v.

V interesu turizma in vodne rekreacije (sliki 12 in 13) na drugi strani pa je 7,5 m ali 9,35 m globoko jezero z gladino na 207,50 m.n.v. oziroma 209,35 m.n.v., za kar je bila pregrada, poleg omenjenih funkcij, tudi načrtovana. Neka srednja globina jezera na 204,00 m.n.v. pa ni več pravo mokrišče niti polnovredno turistično-rekreacijsko jezero.



Slika 9 • Vodomec
(Vir: <http://www.e-fotografija.com>)



Slika 10 • galerija.foto-narava.com



Slika 11 • (Vir: <http://www.e-fotografija.com>)

Zgrajena pregrada, zgolj za mokrišče z vodo na 200,00 m.n.v. ali 2004,00 m.n.v. in za poplavno varnost, brez načrtovanih funkcij, bi pomenila izgubo zanjo in za odkup 195 ha kmetijskih površin vložnega državnega denarja.

Zato se zdi najbolj primerna uporaba jezera, kot je bila že 1976 leta načrtovana tudi za turizem z vodno rekreacijo. V tem primeru in pri zajezitvi jezera na koto 209,35 m.n.v. pa ostane za pregrado Prišlin večje mokrišče, kot je bilo pred izpraznitvijo akumulacije.

Za večjo krajinsko in turistično, tudi naravovarstveno vrednost jezera predlagamo, da se gladina jezera od načrtovane na koto 2007,5 m.n.v. poviša 209,35 m.n.v.

Vsaj del izgubljenega mokrišča pa naj bi se nadomestil pred izpustom anoksične vode iz akumulacije v Sotlo pod pregrado z obvezno izgradnjo ozračene lagune in suhe pregrade na Sotli. Takšno mokrišče bi bilo obenem tudi nadomestilo za pred leti z »linijsko« regulacijo



Slika 12 • Načrt za turizem in rekreacijo na jezeru

Sotle opuščenimi naravovarstveno bogatimi meandri in mokrišči.

Odgovor na to lahko pričakujemo od mednarodnega projekta Interreg IVC projekta FOOD-WISE za revitalizacijo Vonarskega jezera, ki so ga pridobile občine Rogaška Slatina, Pregrada na hrvaški strani skupaj z drugimi občinami Posotelja.



Slika 13 • Jadranje in kopanje na jezeru

Predvideni Regionalni učni center za razvojne načrte Obsotelja v povezavi z Vonarskim jezerom in reko Sotlo, kot jih predvidevajo načrtovalci na slikah 12 in 13, bi lahko postal z reševanjem konkretnih problemov trajne kakovosti jezera in kakovosti Sotle pod njim tudi šola aplikativne ekologije.

8 • SKLEP

Pregrada vodne akumulacije Vonarje je bila pred 38 leti (1976) zgrajena za poplavno varnost, preskrbo z vodo in namakanje. Jezero pa naj bi postalo tudi del turistične ponudbe Obsotelja z Rogaško Slatino in Podčetrtkom. Z izpraznitvijo pregrade leta 1988 pa je na dnu praznega jezera nastalo mokrišče, ki je naravovarstvena vrednota.

Po obravnavani presoji načrtovane revitalizacije bi jezero po napolnitvi do kote 209,35 m.n.v. doseglo, od načrtovane gladine 207,50 m.n.v., za 1,85 m večjo globino in ohranilo nizko eutrofnost ali celo mezotrofno kakovost vode, kar je v interesu turizma z vodnimi športi, primerna pa je tudi za pripravo pitne vode. Nad Prišlinovim pa še vedno ostane večje

mokrišče, kot je bilo do sedaj. Za trajno kakovost jezera, zaradi pričakovane eutrofnosti, pa tudi to ne bo dovolj. Zato smo, za manjšo notranjo obremenitev jezera, predvideli z dna jezera trajni odvod te z NH4 in H2S onesnažene in na izpustu dobro prezračene vode v aerobno laguno in v mokrišče z manjšo suho pregrado na Sotli.

Takšna dopolnitev obravnavanega projekta za revitalizacijo Vonarskega jezera bi bila poleg potrebne zaščite Sotle pred neočiščenim izpustom z dna jezera tudi nadomestilo za pred leti izvedeno »linijsko« regulacijo Sotle, zgubljene številne naravne meandre in mokrišča te prej naravovarstveno bogate reke. Navedeno govori za to, da pri revitalizaciji

Vonarskega jezera ne gre le za namene, za katere je bilo zgrajeno, ampak tudi za posledice za kakovost Sotle, ki jih je že in bi jih po ojezeritvi, brez teh ukrepov, prej ali slej ponovno povzročila.

S preliminarno limnološko presajo kakovosti jezera smo želeli tudi pokazati na potrebo pa trajnem nadzoru kakovosti jezera, da bo lahko, ne le nekaj let, služilo, za kar je bilo zgrajeno. V načrtu občin Posotelja, Interreg IVC projekt Flood-Wise, s sofinanciranjem EU, v infrastrukturnih projektih, je za revitalizacijo jezera predvidena vzpostavitev Regionalnega učnega centra Obsotelja za različna vprašanja v povezavi z reko Sotlo. Kot rečeno, je lahko tak center tudi priložnost za slovensko vodno gospodarstvo, da se pri konkretnem primeru in s sodelovanjem tujih strokovnjakov uporabi znanje in pridobi izkušnje za ekološko in gospodarno urejanje voda.

9 • LITERATURA

Nekrep, A., Žiško, A., Prah, K., Učimo se z naravo, Univerza v Mariboru, 2010.

Nivo, Načrt zaščite in reševanja ob porušitvi pregrade Vonarje, 30. 10. 2008.

Občina Rogaška Slatina, Vonarsko jezero – Ponova vzpostavitev, revitalizacija Vonarskega jezera na reki Sotli, <http://www.rogaska-slatina.si/txt/1/140/vonarsko-jezero-obcine-rogaska-slatina>, povzeto avgusta 2014.

Rismal, M., Sanacija Blejskega jezera, Gradbeni vestnik, 54, 2, str. 13–34, 2005.

Kovačič, U., Geografska analiza rabe Vonarskega jezera, Zaključna seminarska naloga, mentor red. prof. dr. Dušan Plut, Univerza v Ljubljani, Geografska analiza, Filozofska fakulteta, oddelek za geografijo, Ljubljana, 2013.

MOŽNI NEGATIVNI VPLIVI PREKOMERNE VLAŽNOSTI NOTRANJEGA OKOLJA V STAVBAH NA ZDRAVJE UPORABNIKOV

POSIBLE ADVERSE EFFECTS OF BUILDING DAMPNESS ON OCCUPANTS' HEALTH

asist. dr. Andreja Kukec, dipl. san. inž.

andreja.kukec@mf.uni-lj.si

Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta

Katedra za javno zdravje, Zaloška cesta 4, Ljubljana

prof. dr. Aleš Krainer, univ. dipl. inž. arh.

akrainer@fgg.uni-lj.si

doc. dr. Mateja Dovjak, dipl. san. inž.

mdovjak@fgg.uni-lj.si

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente, Jamova 2, Ljubljana

Znanstveni članek

UDK 613.162: 699.8

Povzetek | Prekomerno vlažnost notranjega okolja v stavbah (tj. vlažnost konstrukcijskih sklopov in/ali notranjega zraka) uvrščamo med pomembne fizikalne dejavnike tveganja za zdravje. Rezultati številnih raziskav kažejo, da ima 18 % stavb v Evropi in 50 % stavb v Ameriki težave s prekomerno vlažnostjo. Namen članka je preučiti problem prekomerne vlažnosti stavb z gradbenotehničnega in javnozdravstvenega vidika. Na osnovi opredeljenih dejavnikov tveganja, ki vplivajo na pojav prekomerne vlažnosti v stavbah, njihovega medsebojnega vpliva ter vpliva na zdravje ljudi smo pripravili priporočila za obvladovanje in preprečevanje problematike. Sistematični pregled literature smo opravili v bibliografskih bazah Science Direct in PubMed Central v obdobju od 2003 do maja 2014. Pregledali smo veljavne zakonske in podzakonske pravne akte. Na osnovi ugotovljenih pomanjkljivosti in opredeljenih dejavnikov tveganja smo pripravili priporočila za obvladovanje in preprečevanje prekomerne vlažnosti stavb. Izpostavljenost prekomerni vlažnosti stavb ima dokazan negativen vpliv na zdravje uporabnikov, predvsem boleznih dihal, predstavlja pa tudi veliko finančno breme. Med najbolj občutljive skupine ljudi prištevamo otroke. Najpomembnejša dejavnika tveganja z vplivom na zdravje sta povečana relativna vlažnost notranjega zraka in prekomerna vlažnost konstrukcijskih sklopov, ki vplivata na rast plesni na notranji površini konstrukcijskih sklopov. Rast plesni zaznamo vizualno v obliki madežev na stenah in z vonjem po plesni. Najpogosteje je prekomerna vlažnost stavb posledica številnih vzrokov, kot so neustrezno prezračevanje, nepravilna zasnova ovojja stavbe, napake na konstrukcijskih skopih in sistemih, neustrezna ali pomanjkljivo izvedena hidroizolacija – zaščite pred vlago in vodo, poškodbe vodovodne ali druge napeljave, poplave ter tudi neprimerne bivalne navade in razporeditev opreme. Za celovito preprečevanje in obvladovanje problematike sta opredelitev dejavnikov tveganja, ki vplivajo na pojav prekomerne vlažnosti stavb, in njihov medsebojni vpliv ključnega pomena. Priporočila za celovito preprečevanje in obvladovanje problematike prekomerne vlažnosti stavb vključujejo ukrepe na ravni zakonodaje, značilnosti lokacije, zasnove stavb in njenih sistemov ter ukrepe na ravni uporabnika. Razumevanje problematike in izdelana priporočila imajo veliko uporabno vrednost, veljajo tako za novogradnje kot tudi za prenove stavb.

Ključne besede: prekomerna vlažnost, stavba, grajeno okolje, dejavniki tveganja, zdravje, priporočila

Summary | Building dampness (i.e. damp constructional complexes and/or excessive humidity of indoor air) presents one of the most important physical health risk factors. Studies estimate that from 18 % EU to 50 % US buildings have dampness related problems. The purpose of this study is to examine the dampness related problems from the building and public health perspective. Recommendations for control and prevention against dampness were prepared on the basis of the identified risk factors, their mutual interactions and adverse health effects. A systematic literature review was carried out in two bibliographic databases, Science Direct and PubMed Central, in the period from 2003 to May 2014. Legislative documents were also included in literature search. On the basis of the detected problems and identified risk factors with their interactions, recommendations were prepared. The results of the systematic review revealed that building dampness has adverse health effect, especially on respiratory system, and represents a significant financial burden. Among the most vulnerable groups of people are children. The most important risk factors with health concerns are increased indoor air humidity and damp construction complexes that often result in mold growth. Mold growth is detected in the form of mold odor or water stains. The building dampness most frequently results from inadequate ventilation, improper design of building envelope and system, inadequate damp proof membrane, damages on plumbing system, floods, occupants' habits and furniture position. The definition of risk factors and their interactions are crucial for a comprehensive prevention and control against building dampness. Recommendations for comprehensive prevention and control include measures on the level of legislation, measures at the stage of building and system design, as well as raising the awareness of building occupants. Understanding dampness related problems from building's and user's perspective with implemented recommendations has important advantages for new and renovated buildings.

Key-words: dampness, building, risk factors, health, recommendations

1 • UVOD

V notranjem okolju stavb (bivalno in delovno okolje) smo izpostavljeni številnim dejavnikom tveganja za zdravje. Mednje prištevamo fizikalne, kemične, biološke, biomehanske in psihosocialne dejavnike ((Yassi, 2001), (Eržen, 2010)). Pri oceni negativnih vplivov na zdravje v notranjem okolju je treba upoštevati čas izpostavljenosti, vrste in lastnosti dejavnikov tveganja za zdravje ter individualne lastnosti posameznika (npr. zdravstveno stanje, vedenjske navade) ((Dovjak, 2013a), (Dovjak, 2013b), (Eržen, 2010)).

Med pomembne fizikalne dejavnike tveganja za zdravje uvrščamo prekomerno vlažnost notranjega okolja v stavbah ((Yassi, 2001), (Eržen, 2010)). V članku obravnavana prekomerna vlažnost notranjega okolja v stavbah vključuje prekomerno vlažnost notranjega zraka in/ali prekomerno vlažnost konstrukcijskih sklopov. O prekomerni vlažnosti notranjega zraka govorimo takrat, ko je presežena prepisana in/ali priporočena vrednost za toplotno udobne razmere ((RS, 2002), (ANSI/ASHRAE, 2010)). Prekomerno vlažnost konstrukcijskih

sklopov lahko opredelimo, kadar niso izpolnjene zahteve gradbene fizike ((RS, 2010), (MOP, 2010a)). Po ocenah raziskav (Jaakkola, 2010) je velik delež svetovne populacije izpostavljen prekomerni vlažnosti v stavbah. Severnoevropska raziskava (Gunnbjörnsdotir, 2006) je pokazala, da je v 18 % prisoten problem prekomerne vlažnosti v notranjem okolju stavb. V Ameriki pa je vrednost ocenjena na 50 % ((Mudarri, 2007), (Mendell, 2011)). Niti pa ni zanemarljiv tudi podatek o finančnem bremenu, ki nastane zaradi prekomerne vlažnosti notranjega okolja stavb (Fisk, 2010). Mudarri in Fisk (Mudarri, 2007) sta v Združenih državah Amerike ocenila, da znaša letni strošek 3,5 milijarde dolarjev zaradi pojava ali poslabšanje astme kot posledica izpostavljenosti prekomerni vlažnosti v bivalnem okolju.

Številne raziskave v bivalnem ((Wang, 2012), (Jaakkola, 2013), (Choi, 2014)) in delovnem okolju (Zhang, 2012) so dokazale povezavo med prekomerno vlažnostjo zraka v stavbah in učinki na zdravje ljudi. V poročilu Inštituta

za medicino (IM, 2004) so avtorji dokazali, da izpostavljenost prekomerni vlažnosti v stavbah vodi do poslabšanja zdravja obolelih za astmo, vpliva na zgornje dihalne poti ter povzroča kašelj in težko dihanje. V Združenih državah Amerike ocenjujejo, da je okoli 20 % primerov astme vzročno povezanih s prekomerno vlažnostjo stavb (Fisk, 2010).

Prekomerna vlažnost notranjega okolja v stavbah je odvisna od številnih dejavnikov tveganja. Med glavne vzroke za prekomerno vlažnost stavb prištevamo neustrezno prezračevanje, nepravilno zasnovane ovojne stavbe, napake na konstrukcijskih skopih in sistemih, neustrezne ali pomanjkljivo izdelane hidroizolacije – zaščite pred vlago in vodo, poškodbe vodovodne ali druge napeljave, poplave ter tudi neprimerne bivalne navade in razporeditev opreme. Raziskave ((Wang, 2012), (Jaakkola, 2013), (Choi, 2014), (Zhang, 2012)) so pokazale, da se posledice prekomerne vlažnosti v notranjem okolju stavb največkrat kažejo v obliki rasti plesni na stenah, ki so vidne v obliki madežev ali jih zaznamo z vonjem.

Izpostavljenost prekomerni vlažnosti in njenim dejavnikom tveganja ima možen negativen vpliv na uporabnike, stavbo in njene siste-

me (IM, 2004). Negativen vpliv prekomerne vlažnosti na zdravje je treba obravnavati z vidika medsebojnega vpliva drugih dejavnikov tveganj in njihovih parametrov. Dejavnike je možno razvrstiti glede na: dejavnike v naravnem okolju (npr. podnebne značilnosti, geomorfološke značilnosti), dejavnike na področju stavbe in njenih sistemov (npr. ovoj stavbe in konstrukcijski sklopi, sistemi za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje in klima-

tizacije, mikroklimatski parametri, postavitev opreme) ter individualne značilnosti uporabnikov (npr. zdravstveno stanje, obnašanje uporabnikov). Za preprečevanje negativnega vpliva prekomerne vlažnosti stavb na zdravje ljudi je potreben celovit pristop s kompleksno obravnavo problema. Raziskave, ki bi opredelile celovite ukrepe, so redke. Največje pomanjkljivosti pri dosedanjih raziskavah na obravnavanem področju se kažejo pri

nenatančni oceni izpostavljenosti (npr. niso upoštevani medsebojni vplivi med dejavniki tveganja).

Namen našega prispevka je preučiti problem prekomerne vlažnosti stavb z gradbenotehničnega in javnozdravstvenega vidika. Celovit pristop bo dobra podlaga za izdelavo priporočil za preprečevanje in obvladovanje problematike prekomerne vlažnosti zraka v stavbah.

2 • METODE

Z namenom, da bi proučili vpliv prekomerne vlažnosti zraka v notranjem okolju stavb na zdravje uporabnikov, smo si zadali naslednje cilje:

1. Sistematični pregled literature v iskalnih bibliografskih bazah Science Direct in PubMed Central.
2. Opredelitev dejavnikov tveganja, ki vplivajo na pojav prekomerne vlažnosti v stavbah, njihovega medsebojnega vpliva in vpliva na zdravje ljudi.
3. Pregled veljavnih zakonskih in podzakonskih pravnih aktov.
4. Na osnovi ugotovljenih pomanjkljivosti pripraviti priporočila za preprečevanje in obvladovanje problematike prekomerne vlažnosti notranjega okolja v stavbah.

2.1 Sistematični pregled literature

Sistematični pregled literature smo opravili v bibliografskih bazah Science Direct in PubMed Central za obdobje od 2003 do maja 2014. Uporabili smo naslednje ključne besede v angleškem jeziku: dampness, indoor moisture, condensation, relative humidity, indoor air humidity, health effects, health impact, indoor environment, build environment.

Članke, ki smo jih vključili v končno analizo, smo določili v petih korakih. V prvem ko-

raku smo določili število člankov na podlagi opredeljenih ključnih besed v izbranih bibliografskih bazah (število zadetkov 12.199). V drugem koraku smo opredelili vključitvene kriterije (prvi pregled), in sicer leto objave (2003–maj 2014), prostodostopni članki, angleški jezik, vpliv na zdravje ljudi (število zadetkov 230). V tretjem koraku smo pri vključenih člankih pregledali naslove in povzetek. Vključitveni kriteriji za naslednji korak (drugi pregled) so bili: v naslovu in povzetku so bile navedene opredeljene ključne besede, namen in rezultati so vključevali oceno vpliva prekomerne vlažnosti v notranjem okolju stavb na zdravje ljudi (število zadetkov 21). V četrtem koraku smo oblikovali tabelo, kjer smo iz vključenih (drugi pregled) člankov povzeli ključne ugotovitve. Pri analizi smo se osredotočili na namen raziskave, način zbiranja podatkov o izpostavljenosti prekomerni vlažnosti v notranjem okolju, opazovana populacijska skupina, učinke na zdravje (ali so dokazali povezanost med proučevanim dejavnikom in opazovanimi učinki na zdravje) ter opredelitev skupine dejavnikov tveganja, ki vpliva na notranje okolje in na zdravje ljudi (biološki, kemični, fizikalni).

Pregledali smo tudi, kakšni so učinki na zdravje in posamezne elemente stavbe pri različnih vrednostih vlažnosti zraka.

2.2 Medsebojni vpliv dejavnikov tveganja, ki vplivajo na pojav prekomerne vlažnosti v notranjem okolju

Dejavnike tveganja v notranjem okolju stavb in njihov medsebojni vpliv smo opredelili na podlagi sistematičnega pregleda literature. Pri opredelitvi dejavnikov tveganja smo izpostavili, kateri parametri na različnih obravnavanih področjih stavbe, sistema in uporabnika vplivajo na prekomerno vlažnost v notranjem okolju, medsebojni vpliv med dejavniki ter kakšne so posledice njihovega medsebojnega delovanja.

2.3 Zakonski in podzakonski pravni akti

Evropsko zakonodajo, ki se nanaša na zaščito uporabnikov stavb in sistemov, smo iskali na spletni strani EUR-Lex. Slovensko zakonodajo smo iskali na spletni strani Uradnega lista Republike Slovenije. V analizo smo vključili zakonske akte, katerih določbe so se nanašale na stavbo in njene konstrukcijske sklope, notranje okolje z mikroklimatskimi značilnostmi, sisteme.

2.4 Priprava priporočil

Priporočila smo pripravili na podlagi sistematičnega pregleda literature in zakonskih zahtev. Pri pripravi smo se osredotočili na odpravo pomanjkljivosti v zakonskih pravnih aktih ter opredeljenih kazalnikih prekomerne vlažnosti stavb in njihovem medsebojnem vplivu. Poudarek je bil na vidiku izboljšanja kakovosti notranjega okolja v stavbah za zagotavljanje zdravja ljudi.

3 • REZULTATI IN RAZPRAVA

3.1 Sistematični pregled literature

Rezultati sistematičnega pregleda literature so predstavljeni v preglednici 1.

Rezultati sistematičnega pregleda literature so pokazali, da avtorji problem prekomerne vlažnosti v notranjem okolju stavb

obravnavajo z različnih vidikov in na različnih nivojih stavbe (nivo stavbe kot celote, nivo konstrukcijskih sklopov). Številne raziskave so proučevale vpliv prekomerne vlažnosti na zdravje v notranjosti stavb v povezavi z razvojem plesni ali vlažnimi madeži na stenah ((Koskinen, 1999), (Gunnbjornsdottir,

2003), (Venn, 2003), (Naydenov, 2008), (Fisk, 2010), (Jaakkola, 2010), (Mendell, 2011), (Zhang, 2012), (Wang, 2012), (Chen, 2013), (Jaakkola, 2013), (Hernberg, 2014)), nekatere na konstrukcijskih sklopih ((Sun, 2007), (Choi, 2014)). V raziskavah ((Gunnbjornsdottir, 2003), (Hoppe, 2012)) so avtorji proučevali vpliv poplav na pojav prekomerne vlažnosti in učinke na zdravje. Za ocenjevanje povezanosti med proučevanim dejavnikom tveganja in učinki na zdravje so raziskovalci uporabili različne epidemiološke raziskave. Največje število pregledanih raziskav je bilo po zasnovi presečno-preglednih ((Koskinen, 1999), (Gunnbjornsdottir, 2003), (Sun, 2007), (Naydenov, 2008), (Jaakkola, 2010), (Kim, 2011), (Hoppe, 2012), (Zhang, 2012), (Wang, 2012), (Casas, 2013), (Choi, 2014), (Hernberg, 2014)). Številne raziskave so proučevale vpliv prekomerne vlažnosti v stavbah na bolezni dihal (npr. astma, alergijska astma, bronhitis in podobno) ((Gunnbjornsdottir, 2003), (Venn, 2003), (Pekkanen, 2007), (Sun, 2007), (Fisk, 2010), (Mendell, 2011), (Feng, 2012), (Hoppe, 2012), (Wang, 2012), (Jaakkola, 2013), (Choi, 2014), (Hernberg, 2014)). Podatke za oceno izpostavljenosti prekomerni vlažnosti in ostalim motečim dejavnikom (npr. plesen v stanovanjih, kajenje) so v raziskavah največkrat pridobili z vprašalnikom, inšpekcijskim pregledom stavb in meritvami kakovosti notranjega zraka ((Koskinen, 1999), (Venn, 2003), (Pekkanen, 2007), (Sun, 2007), (Naydenov, 2008), (Kim, 2011), (Hoppe, 2012)).

Pri pregledu literature smo ugotovili, da so učinki na zdravje odvisni od vrednosti vlažnosti zraka v notranjem okolju stavb. Relativna vlažnost notranjega zraka (φ_r) za dosego toplotnega udobja mora biti v območju od 30 % do 60 % pri temperaturi notranjega zraka (θ_r) od 20 °C do 25 °C ((Rudd, 2007), (RS, 2002), (ANSI/ASHRAE, 2010)). Pri proučevanju učinkov na zdravje so bili upoštevani tudi drugi potencialni dejavniki tveganja na nivoju stavbe in posameznika. Visoka φ_r (nad 80 %) v stavbah pogosto vodi do slabe mikrobiološke kakovosti zraka, ki se največkrat odraža v povečani verjetnosti za pojav in rast gliv in plesni. Prisotne glive in plesni imajo dokazan negativen vpliv na zdravje in lahko povzročajo bolezni, povezane s stavbo (BRI, ang. Building Related Illness) (EPA, 1991). Interdisciplinarna raziskava (Bornegah, 2001) je vključevala pregled 61 raziskav. Dokazali so, da predstavlja izpostavljenost prekomerni φ_r v stavbah pomemben dejavnik tveganja za zdravje njenih uporabnikov. Negativen vpliv ima predvsem na bolezni dihal in povzroča

simptome, kot so kašelj, težko dihanje in pojav ali poslabšanje zdravja obolelih za astmo. V raziskavi – Bornegah in sodelavci (Bornegah, 2001) – so dokazali, da prekomerna φ_r zraka v stavbah lahko povzroča tudi druge simptome, kot so utrujenost, glavoboli, in lahko vodi do infekcij dihalnih poti. Do podobnih rezultatov so prišli tudi v metaanalizi (Fisk, 2007). Dokazali so, da je v stavbah s povečano φ_r in prisotnimi plesnimi večji negativen vpliv na dihala in pogostost astme (od 30 % do 50 %). Avtorji raziskave (Fisk, 2007) poudarijo pomen izvedbe ukrepov za zmanjšanje prekomerne φ_r v stavbah.

Poleg visoke φ_r pa je z vidika toplotnega udobja in fizioloških značilnosti uporabnika problematična tudi nizka φ_r . Nizka relativna vlažnost zraka (φ_r pod 30 %) lahko v izpostavljeni skupini ljudi povzroča draženje kože, grla, sluznic ter vodi do draženja oči in pojava statične elektrike ((Toftum, 1998a), (Toftum, 1998b), (Reinikainen, 2003), (Sato, 2003), (Paasi, 2001)). Na Japonskem je Sunwooja s sodelavci (Sunwoo, 2006) preučevala možen vpliv nizke φ_r v stavbah na njene uporabnike. Raziskava je vključevala dve skupini zdravih odraslih ljudi, nekadilcev (skupina študentov, $N = 8$, $21,7 \pm 0,8$ leta; skupina starostnikov, $N = 8$, $71,1 \pm 4,1$ leta). Izpostavljeni so bili različnim vrednostim φ_r (10 %, 30 % in 50 %). V obeh skupinah je nižja φ_r od 30 % povzročila izsušitev sluznic oči in kože, medtem ko je nižja φ_r od 10 % povzročila izsušitev sluznice nosu. V skupini starejših je bil negativen vpliv nizke φ_r hitreje zaznan v primerjavi s skupino študentov.

Prekomerna φ_r pogosto vodi do večjega pojava simptomov sindroma bolnih stavb (SBS, ang. Sick Building Syndrome) ((EPA, 1991), (Li, 1997)). Kishi s sodelavci (Kishi, 2009) je opravil raziskavo, v kateri je preučeval posledice φ_r v stavbah na Japonskem (kondenzacija, vidna rast plesni, vonj po plesni, počasno sušenje brisač v kopalnici in zamakanje vode). Dokazali so, da dejavniki tveganja za prekomerno φ_r vodijo do večjega pojava SBS-simptomov. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi v raziskavi (Li, 1997), v kateri so preučevali povezavo med φ_r v 56 dnevih centrih v Tajpeju s prevaleco SBS-simptomov v skupini 612 zaposlenih. Prevalenca SBS-simptomov je bila statistično značilno večja v stavbah s povečano vlažnostjo zraka. V raziskavah ((Wang, 2012), (Jaakkola, 2013), (Choi, 2014), (Zhang, 2012)) so ugotovili, da je rast plesni najpogostejša posledica prekomerne vlažnosti notranjega okolja v stavbah in se kaže v obliki pojava plesni na steni in vonja po plesni.

Poleg možnega negativnega vpliva na udobje in zdravje uporabnikov ima prekomerna φ_r dokazan negativen vpliv na stavbo, konstrukcijske sklope in sisteme. Povzročila lahko poškodbe materialov in artefaktov (npr. hitrejšo razpadanje materialov v odvisnosti od mikroklimatskih razmer; raztapljanje soli, ki povzročata luščenje ometa; razvoj mikroorganizmov, ki posledično povzročita razpadanje materiala; zmrzovanje vlažnih materialov in posledičen razpad ipd.) (Brown, 2002) in celo poslabša energetska učinkovitost stavbe ((Osanyintola, 2006), (Barbosa, 2003)). Osanyintola in Simonson (Osanyintola, 2006) sta dokazala, da lahko z ustrezno kontrolo vlažnosti zraka v stavbah z učinkovitimi sistemi ogrevanja, hlajenja, prezračevanja in klimatizacije ter z uvedbo materialov z dobrimi higroskopskimi lastnostmi zmanjšamo porabo energije za gretje in hlajenje stavb od 5 % do 30 %. Učinek materialov s hidrofobnimi lastnostmi so preučevali tudi v raziskavi Kalamees (Kalamees, 2009), opravljeni v 170 enodružinskih hišah na Finskem. Avtorji raziskave so dokazali, da imajo uporabljeni materiali in notranja oprema z dobrimi higroskopskimi lastnostmi (tekstil, knjige in podobno) pomemben vpliv na znižanje φ_r za doseganje toplotno udobnih razmer v preučevani stavbi. Učinkovitost mehanskih sistemov za razvlaževanje zraka pa sta preučevala Rudd in Henderson (Rudd, 2007) v 43 stavbah v vlažnem podnebju ZDA.

Zhang s sodelavci (Zhang, 2009) je preučeval φ_r v 72 stanovanjskih stavbah v 6 regijah na Japonskem. Ugotovil je, da sta φ_r in posledično tudi rast plesni odvisna tudi od zračne tesnosti ovoja. Zhang in Yoshino (Zhang, 2010) sta preučevala φ_r v izbranih stanovanjskih stavbah na Kitajskem. Med ogrevalno sezono je φ_r pogosto dosegla vrednost manj kot 20 %. V primeru slabega delovanja ogrevalnega sistema in visoke zunanje vlažnosti zraka je φ_r v stavbah pogosto presegla vrednost 80 %. Avtorja raziskave, Zhang in Yoshino (Zhang, 2010), poudarjata, da je za doseganje zdravih in udobnih razmer kontrola φ_r ključnega pomena.

Način prezračevanja stavb in učinkovitost prezračevalnega sistema sta pomembna dejavnika tveganja, ki vplivata na pojav SBS-simptomov. Številne raziskave ((ECA, 1989), (Seppänen, 1999)) navajajo, da slaba zasnova, delovanje in tudi pomanjkljivo vzdrževanje sistemov ogrevanja, hlajenja, prezračevanja in klimatizacije vplivajo na pogostost SBS-simptomov. Obširen pregled raziskav v javnih stavbah (Sep-

Referenca	Namen	Način zbiranja podatkov o izpostavljenosti	Opazovana populacija	Opazovano okolje	Učinki na zdravje
Casas s sod. (2013)	Oceniti povezanost med izpostavljenostjo (v zgodnjem otroštvu) prekomerni vlažnosti v stavbah, hišnim ljubljenci in živalim na kmetiji in vplivom na nevropsihološki razvoj otrok (kognitivne funkcije in socialne kompetence).	Anketni vprašalnik, psihometrični testi, mikrobiološko vzorčenje.	Otroci (N = 424, 4-letniki).	Ni bilo na voljo podatka.	Pozitivna povezava med prekomerno vlažnostjo in kognitivnimi funkcijami, socialnimi stiki. Ni dokazane povezave s hišnimi ljubljenci. Negativna povezava med kognitivnimi funkcijami in stik z živalmi na kmetiji.
Chen s sod. (2013)	Preučiti patogenezo sindroma, povezanega s prekomerno vlažnostjo v stavbah, s pomočjo imunskega odziva, vnetnih reakcij.	Eksperimentalna raziskava na laboratorijskih živalih.	Podgane.	Laboratorijske razmere.	Pozitivna povezava med prekomerno vlažnostjo okolja in imunskim odzivom.
Choi s sod. (2014)	Oceniti povezanost med dejavniki tveganja v domačem okolju (lastnosti stavbe: vrsta in starost stavb, prekomerna vlažnost zraka, material za finalno obdelavo, talno gretnje) na pojav astme, alergij.	Anketni vprašalnik.	Otroci (N = 2755, v vrtcih).	Stanovanjske stavbe Seoul, Južna Koreja.	Pozitivna povezava med prekomerno vlažnostjo zraka in talnimi oblogami PVC in negativnim vplivom na zdravje, starejše stavbe.
Fengs sod. (2012)	Oceniti povezanost med dejavniki tveganja v domačem okolju (prašni delci, prekomerna vlažnost zraka) na pojav alergijskih bolezni.	Anketni vprašalnik, meritve kakovosti zraka.	Mladi bolnik z alergijsko astmo (N = 30) in brez alergijske astme (N = 15), Šanghaj (2006–2007).	Bivalno okolje.	Pozitivna povezanost med prekomerno vlažnostjo zraka in alergeni v bivalnem okolju, ki vplivajo na poslabšanje zdravja bolnikov z alergijsko astmo.
Fisk s sod. (2010)	Proučiti povezanost med dejavniki tveganja v domačem okolju ob upoštevanju socio-ekonomskih in vedenjskih dejavnikov tveganja (prekomerna vlažnost, kajenje) na bronhitis in infekcije dihalnih poti.	Sistematični pregled literature ter metaanaliza epidemioloških raziskav: kohortne raziskave in presečne raziskave (2004–2009) ter smernice.	Dojenčki, otroci in odrasli.	Bivalno okolje.	Pozitivna povezanost med prekomerno vlažnostjo v bivalnih prostorih na pojav plesni ter statistično značilno pogosto obolenje zaradi bronhitisa in okužbami dihal.
Gunnbjörnsdóttir s sod. (2003)	Oceniti učinek prekomerne vlažnosti v stavbah na poškodbe zaradi vode, razvoj plesni in bolezni dihal.	Anketni vprašalnik, spirometrija, laboratorijske preiskave (celofna koncentracija IgE protiteles).	Odraslih (N = 1853).	Bivalno okolje, Švedska.	Pozitivna povezava.
Hernberg s sod. (2014)	Oceniti povezanost med izpostavljenostjo prekomerni vlažnosti v stavbah na rast plesni in pljučne funkcije.	Anketni vprašalnik, spirometrija.	Odrasli neastmatiki (N = 269).	Jug Finske.	Pozitivna povezava med izpostavljenostjo prekomerni vlažnosti v stavbah na rast plesni in poslabšanjem pljučnih funkcij.
Hoppe s sod. (2012)	Oceniti učinek sanacije po poplavih v stanovanjskih objektih, ki so že sanirani, v primerjavi z stanovanjskimi objekti, ki so v fazi sanacije, ter njihov vpliv na bolezni dihal.	Anketni vprašalnik in intervju, inšpekcijski pregled, meritve kakovosti zraka (2008–2009).	Vsi prebivalci, ki živijo v neposredni bližini reke Cedar (USA) in so jih v juniju 2008 zajele poplave.	Bivalni okolje (N = 24 v fazi sanacije; N = 49, sanirana stanovanja).	V stanovanjskih objektih, ki so v fazi sanacije, je pogostost pojava plesni in učinkov na bolezni dihal statistično značilno pogostejša v primerjavi s tistimi stanovanjskimi objekti, kjer je sanacija že zaključena.
Jaakkolas sod. (2010)	Oceniti povezanost med prekomerno vlažnostjo v bivalnem okolju na pojav plesni na razvoj alergijskega rinitisa v otroštvu.	Anketni vprašalnik, pregled pri zdravniku.	Otroci od 1. do 6. leta (N = 1863), Espoo, Finska (1991–1997).	Bivalno okolje.	Pozitivna povezanost med prekomerno vlažnostjo v bivalnih prostorih in razvojem plesni ter razvoj alergijskega rinitisa v zgodnjem otroštvu.
Jaakkola s sod. (2013)	Oceniti povezanost med prekomerno vlažnostjo v stavbah na rast plesni in tveganjem za pojav različnih tipov rinitisa.	Sistematični pregled literature ter metaanaliza 31 raziskav (presečne raziskave, raziskave primerov s kontrolami, kohortne raziskave) (1950–2012).	Otroci in odrasli.	Ni bilo na voljo podatka.	Pozitivna povezava z vsemi tipi rinitisa. Največje tveganje je bilo ocenjeno pri vonju po plesni.

Kim s sod. (2011)	Oceniti povezanost med dejavniki tveganja v domačem okolju (onesnaževala v notranjem in zunanjem okolju, prekomerna vlažnost) na boleznih dihal.	Anketni vprašalnik, meritve kakovosti zraka inšpekcijski pregled stavbe.	Učenci 4. razreda, 12 izbranih šol v Koreji (N = 2453) (2004).	Bivalno okolje.	Pozitivna povezanost med prekomerno vlažnostjo in poročanjem težav zaradi težkega dihanja ter pojavu plesni v bivalnem okolju.
Koskinens sod. (1999)	Proučiti vpliv vlage in plesni v bivalnem okolju na zdravje odraslih.	Inšpekcijski pregled stanovanj, anketni vprašalnik (1993–1994).	Odrasli, starejši od 16. leta (N = 699), 310 stanovanj, Finska.	Bivalno okolje.	Statistično značilno tveganje za naraščanje simptomov boleznih dihal je povezano z izpostavljenostjo prekomerni vlažnosti in plesnim v bivalnem okolju.
Mendell s sod. (2011)	Proučiti učinek prekomerne vlažnosti zraka na razvoj plesni ali drugih mikrobioloških agensov na boleznih dihal in alergične reakcije.	Sistematični pregled literature in metaanaliza epidemioloških raziskav: intervencijske raziskave, kohortne raziskave in presečne raziskave (2004–2009) ter smernice.	Otroci in odrasli.	Bivalno okolje.	Številne raziskave so pokazale povezanost med prekomerno vlažnostjo v notranjem okolju na razvoj plesni ter pojav boleznih dihal ali alergijskih reakcij. Vzročna povezanost še vedno ni pojasnjena.
Naydenov s sod. (2008)	Oceniti učinek prekomerne vlažnosti v stavbah na razvoj in vonj po plesni, vidne vlažne madeže ter učinke na zdravje.	Anketni vprašalnik, inšpekcijski pregled, terenske meritve.	Predšolski otroci (N = 216).	Stanovanjske stavbe, Burgasin Sofija, Bolgarija.	Pozitivna povezava med prekomerno vlažnostjo zraka v stavbi in boleznimi dihal.
Pekkanens sod. (2007)	Oceniti povezanost med prekomerno vlažnostjo v bivalnem okolju na pojav astme v otroštvu.	Anketni vprašalnik, pregled pri zdravniku, inšpekcijski pregled stanovanj.	Otroci, stari od 12–84 mesecev, ki so bili hospitalizirani zaradi astme in drugih simptomov boleznih dihal (N = 121) ter kontrole brez opazovanih boleznih (N = 241), Kuopio, Finska (1996–2000).	Bivalno okolje.	Prekomerna vlažnost v bivalnem okolju in razvoj plesni lahko vplivajo na razvoj astme v zgodnjem otroštvu.
Sahlberg s sod. (2013)	Oceniti povezanost med prekomerno vlažnostjo v stanovanjih na rast plesni MVOCs (lahkohlapne organske spojine mikrobnega izvora) in bakterijami, formaldehidom, ftalati ter sindrom bolnih stavb (SBS).	Anketni vprašalnik, terenske meritve.	Odrasli (N = 159)	Reykjavik Islandija, Uppsala na Švedskem, Tartu v Estoniji.	Pozitivna povezava med prekomerno vlažnostjo zraka, MVOC, bakterijami, plesnimi.
Sun s sod. (2007)	Oceniti učinek prekomerne vlažnosti v konstrukcijskih sklopih na razvoj in vonj po plesni, vidne madeže ter učinke na alergije.	Anketni vprašalnik, inšpekcijski pregled, terenske meritve.	Študenti 1569 študentskih sob. Študenti: 291 študentskih sob.	Študentske sobe v študentkih domovih, Tianjin, Univerzitetni kampus, Kitajska.	Pozitivna povezava med prekomerno vlažnostjo zraka v stavbi in alergijami.
Venns sod. (2003)	Proučiti povezanost med dejavniki tveganja v domačem okolju (prekomerna vlažnost, prisotnost organskih hlapnih snovi.) na boleznih dihal pri otrocih.	Inšpekcijski pregled stanovanj, anketni vprašalnik, dnevnik o simptomih boleznih dihal (1998–1999).	Šoloobvezni otroci (6 do 8 let), (N = 841); primeri = 243 in kontrol = 223).	Bivalno okolje.	Pozitivna povezanost med prekomerno vlažnostjo v bivalnih prostorih na pojav plesni ter statistično značilno pogosto obolenje boleznih dihal (sopenje, piskanje v pljučih).
Wang s sod. (2012)	Oceniti povezanost med prekomerno vlažnostjo v stavbah na zatohli vonj, nastanek vlažnih madežev na stenah in pogostost astme.	Anketni vprašalnik, genetski testi.	Šoloobvezni otroci (N = 6078; 1. kohorta N=3751 (otroci 7. razreda); 2. kohorta (N = 2327) (otroci 4. razreda).	Bivalno okolje, Tajvan.	Pozitivna povezava med prekomerno vlažnostjo v stavbah in pogostostjo astme.
Zhang s sod. (2012)	Oceniti povezanost med prekomerno vlažnostjo v stavbah na pojav plesni ter sindrom bolnih stavb (SBS).	Anketni vprašalnik, klinične preiskave (1992–2002).	Odrasli (N = 429).	Javne stavbe, Uppsala, Švedska.	Pozitivna povezava med prekomerno vlažnostjo zraka v stavbi, pojavom plesnimi in SBS-simptomi.

Preglednica 1 • Rezultati sistematičnega pregleda literature vpliva prekomerne vlažnosti v notranjem okolju stavb na zdravje ljudi za obdobje od januarja 2003 do vključno maja 2014

pänen, 1999) je dokazal, da nižja stopnja prezračevanja od 10 L/s na osebo povzroča večji pojav SBS-simptomov ter vodi do zaznavanja splošnega nezadovoljstva zaposlenih s kvaliteto notranjega zraka. Nasprotno, povečanje stopnje prezračevanja 20 L/s na osebo povzroča manjši pojav SBS-simptomov in poveča zadovoljstvo zaposlenih s kvaliteto notranjega zraka. Rezultati so pokazali, da je v stavbah z nižjo stopnjo prezračevanja relativno tveganje za pojav respiratornih obolenj 1,5 do 2,0 večje v primerjavi s stavbami z višjo stopnjo prezračevanja. Relativno tveganje za pojav SBS-simptomov pa je 1,1–6,0 večje v stavbah z nižjo stopnjo prezračevanja v primerjavi s stavbami z višjo stopnjo prezračevanja. Številne raziskave so primerjale pogostost SBS-simptomov v stavbah z naravnim prezračevanjem v primerjavi z mehanskim prezračevanjem. Seppänen (Seppänen, 2002) je dokazal, da imajo uporabniki v stavbah z naravnim prezračevanjem manj pogosto SBS-simptome v primerjavi z uporabniki v stavbah z mehanskim načinom prezračevanja. Do podobnih zaključkov sta prišla tudi Costa in Brickus (Costa, 2000) v javnih stavbah v Rio de Janeiru, Brazilija. Pri zasnovi prezračevalnega sistema pa ne smemo pozabiti, da cevi prezračevalnega sistema predstavljajo problematično mesto za rast in razvoj mikroorganizmov. Raziskava (Li, 2012) je v prezračevalnih ceveh identificirala grampozitivne bakterije, gramnegativne bakterije in glive. Med glavnimi vrstami gliv so določili *Penicillium*, *Aspergillus* and *Cladosporium*. Omenjene mikroorganizme prištevamo med pomembne povzročitelje boleznih. Med glavne dejavnike tveganja, ki so vplivali na rast in razvoj mikroorganizmov v ceveh, so avtorji uvrstili temperaturo, vlažnost in hitrost gibanja zraka v ceveh. V stavbah z vgrajenimi sistemi rekuperacije se pogosto pojavi problem prenizke φ_1 . Martínez (Martínez, 2003) definira rešitev, ki jo predstavlja prenosnik toplote, ki poleg rekuperacije toplote vrača tudi vlago. S tem se izboljša energetska učinkovitost in obenem doseže primerna φ_1 . Dejavniki tveganja, ki lahko pomembno prispejajo k pojavu prekomerne vlažnosti notranjega okolja v stavbah in posledično vodijo do pojavnosti plesni, so povezani tudi z uporabniki stavbe. Tomšič (Tomšič, 2007) navaja, da pomembni vzroki za nastanek plesni izhajajo iz načina uporabe stanovanja (ogrevanje, prezračevanje), bivalnih navad (dejavnosti, kot so intenzivno kuhanje, sušenje perila), števila uporabnikov/rastlin/domačih živali, namestitve notranje opreme (npr. garderobna

omara tesno ob zunanji steni, brez možnosti kroženja zraka za njo).

3.2 Medsebojni vpliv dejavnikov tveganja, ki vplivajo na prekomerno vlažnost v notranjem okolju

Rezultati sistematičnega pregleda literature so pokazali, da se pozitivna in statistično značilna povezanost kaže med različnimi parametri prekomerne vlažnosti in vplivom na zdravje. V številnih raziskavah je kot parameter prekomerne vlažnosti opredeljena rast plesni v notranjem okolju stavb ((Koskinen, 1999), (Venn, 2003), (Fisk, 2010), (Pekkanen, 2007), (Jaakkola, 2010), (Kim, 2011), (Mendell, 2011), (Zhang, 2012),) ali vonj po plesni (Jaakkola, 2013) in učinek na boleznih dihal. V presečnih raziskavah ((Koskinen, 1999), (Gunnbjornsdottir, 2003), (Sun, 2007), (Naydenov, 2008), (Jaakkola, 2010), (Kim, 2011), (Hoppe, 2012), (Zhang, 2012), (Wang, 2012), (Casas, 2013), (Choi, 2014), (Hernberg, 2014)) so dokazali, da ima opazovana populacija, ki je izpostavljena prekomerni vlažnosti v notranjem okolju stavb, večje obete (RO – razmerje obetov), da bodo zboleli ali se bodo pojavili simptomi boleznih dihal v primerjavi s populacijo, ki je izpostavljena nizki vlažnosti. Hoppe s sodelavci (Hoppe, 2012) je dokazal, da so prebivalci, ki so bili izpostavljeni posledicam poplave reke Cedar (USA), imeli diagnosticirano večjo razširjenost alergijskih boleznih (RO = 3,08), poročali so o težavah z dihanjem (RO = 3,77), kot pred izpostavljenostjo. Jakkola s sodelavci (Jakkola, 2013) je pri sistematičnem pregledu literature dokazal, da se v primeru izpostavljenosti prekomerni vlažnosti v notranjem okolju stavb povečajo relativno tveganje (RT) (kohortne raziskave) in obeti (presečne raziskave) za negativne zdravstvene posledice ob upoštevanju čim večjega števila motečih dejavnikov tveganja (npr. lastnost stavbe: starost, način prezračevanja, oprema; individualne značilnosti posameznika: kajenje v prostoru, osebna higiena, ipd.). Vzročna povezanost med kazalniki in učinki na zdravje pa še vedno ni v celoti pojasnjena (Mendell, 2011). Zato se bo treba v nadaljnjih raziskavah osredotočiti na dokazovanje povezanosti med kazalniki prekomerne vlažnosti in učinki na zdravje.

3.3 Zakonske zahteve

Področje zaščite stavb in njenih sistemov pred vlago je posredno in neposredno urejeno v mednarodnih in nacionalnih pravih aktih, ki se nanašajo na zaščito uporabnikov, stavb in sistemov.

Področje varovanja zdravja in higijene skozi celoten življenjski cikel stavbe je neposredno urejeno v Uredbi (EU) št. 305/2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov. Osnovna zahteva št. 3. Higijena, zdravje in okolje v Uredbi (EU) št. 305/2011 navaja, da morata biti odvajanje odpadne vode, odstranjevanje tekočih odpadkov pravilno načrtovana in grajena, vlage v delih objekta ali na površinah znotraj objekta ne sme biti. Zahteve glede udobne relativne vlažnosti zraka so navedene v Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb (RS, 2002), ki navaja, da mora biti v prostorih zagotovljena takšna vlažnost zraka, da s svojim neposrednim oziroma posrednim učinkom ne vpliva na ugodje in zdravje ljudi ter ne povzroči nastanka površinske kondenzacije na stenah ($\theta_1 = 20\text{--}26\text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_1 = 30\text{--}70\%$). Priporočljiva relativna vlažnost zraka v stanovanjskih prostorih je pod 60 %, kar zmanjšuje rast alergenih in patogenih organizmov. Prezračevalni sistemi morajo biti narejeni, vgrajeni in vzdrževani tako, da rast in razmnoževanje mikroorganizmov na vseh komponentah sistemov nista mogoča (RS, 2002).

Področje zaščite stavb in njenih sistemov pred vlago je urejeno v Uredbi (EU) št. 305/2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov, Pravilniku o zaščiti stavb pred vlago (RS, 2004), Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (RS, 2010), Tehnični smernici o učinkoviti rabi energije (MOP, 2010a), Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb (RS, 2002). Tehnična smernica (MOP, 2010a) navaja zahteve glede difuzije vodne pare, povzemamo: 1) Stavbe morajo biti projektirane in zgrajene tako, da se pri namenski uporabi vodna para, ki zaradi difuzije prodira v gradbeno konstrukcijo, ne kondenzira. V primeru, da pride do kondenzacije vodne pare v konstrukciji, se mora ta po koncu računskega obdobja difuzijskega navlaževanja in izsuševanja povsem izsušiti; 2) Vse gradbene konstrukcije stavb morajo biti projektirane in zgrajene tako, da vodna para pri projektnih pogojih na njihovih površinah ne kondenzira; 3) Vлага, ki se kondenzira v konstrukciji, ne sme povzročati škode na gradbenih materialih (korozija, plesen); 4) Difuzija vodne pare se računa za zunanje gradbene konstrukcije in konstrukcije, ki mejijo na neogrevane prostore, razen za konstrukcije, ki mejijo neposredno na teren. Pravilnik o zaščiti stavb pred vlago (RS, 2004) navaja, da mora biti ovoj stavbe projektiran, izveden in vzdrževan tako, da stavbo ščiti pred prodorom vlage v notranjost stavbe in

da ščiti pred navlaževanjem materialov ali gradbenih konstrukcij, ki bi jih vlaga lahko poškodovala, povzročila razvoj plesni in gliv ali poslabšala njihove lastnosti do te mere, da bi bila ogrožena zanesljivost stavbe. Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (RS, 2002) navaja zahteve, ki se nanašajo na minimalno izmenjavo zraka za preprečitev pojavnosti kondenzacije.

3.4 Priprava priporočil

Priporočila smo pripravili na podlagi rezultatov sistematičnega pregleda literature in zakonskih zahtev. Poudarek je bil na vseh področjih, ki so v realnosti zapostavljena in privedejo do težav. V okviru priporočila smo opredelili konkretne aktivnosti po področjih, ki si sledijo v hierarhičnem zaporedju. Osredotočili smo se na dejavnike tveganja za prekomerno vlažnost v notranjem okolju stavb – kako jih opredeliti in zmanjšati izpostavljenost, s ciljem, da se zagotovi in ohranja zdravje uporabnikov.

Zakonodaja in nadzor:

- Prenova nacionalnih pravnih aktov, ki bi omogočila popolno implementacijo Uredbe (EU) št. 305/2011 in njenih osnovnih zahtev št. 3 (Higiena, zdravje in okolje) in št. 6 (Varčna raba energije). Vse osnovne zahteve Uredbe (EU) št. 305/2011 je treba enakovredno obravnavati. Področja mehanska odpornost in stabilnost (osnovna zahteva št. 1), varnost v primeru požara (osnovna zahteva št. 2), zaščita pred hrupom (osnovna zahteva št. 5), varčevanje z energijo in toplotna izolacija (osnovna zahteva št. 6) so zakonodajno dobro urejena. Z namenom doseganja zahtev je ministrstvo za okolje in prostor (MOP) pripravilo tudi tehnične smernice ((MOP, 2010a), (MOP, 2010b), (MOP, 2012)). Področja higiena, zdravje in okolje (osnovna zahteva št. 3), varnost in dostopnost pri uporabi (osnovna zahteva št. 4) in trajnostna raba naravnih virov (osnovna zahteva št. 7) so zakonodajno slabše urejena oziroma v celoti neupoštevana v praksi.
- Vzpostaviti je treba celovit nadzor nad izvajanjem zakonskih zahtev v celotnem življenjskem ciklu stavbe (od faze načrtovanja, gradnje, uporabe, vzdrževanja do odpadka). Opredeliti bi bilo treba zahtevane pogoje za mikroklimatske parametre za individualne uporabnike (individualna regulacija mikroklimatskih razmer glede na zahteve in potrebe individualnega uporabnika (Dovjak, 2013a), (Dovjak, 2013b)). V okviru stroke bi bilo treba razviti zakon-

ske zahteve, standarde in priporočila, ki bi določili optimalne razmere za posamezne aktivne prostore (volumni v stavbah so obdani s konstrukcijskimi sklopi).

Področje stavbe:

- Za doseganje zdravih in udobnih stavb, ki so hkrati tudi energetske varčne, je potreben celovit pristop. Načrtovanje stavbe naj poteka po korakih inženirskega načrtovanja, ki ga je zasnoval Asimov (Asimov, 1962), od abstraktnega proti konkretnemu. Stavba mora biti zasnovana na osnovnih principih bioklimatskega načrtovanja, ki vključuje tudi analizo lokacije s klimatskimi, hidrološkimi in geomorfološki značilnostmi. Pravilna izbira orientacije stavbe omogoča učinkovito upravljanje energijskih tokov (toplota: ogrevanje in hlajenje, svetloba) kot tudi prezračevanje.
- Zasnova stavbenega ovoja z nosilnimi in zaščitnimi konstrukcijami mora temeljiti na značilnostih lokacije ter specifičnih razmerah in potrebah stavbe in njenih uporabnikov. Stavbni ovoj je treba projektirati in graditi tako, da je vpliv toplotnih mostov minimalen, ker so toplotni mostovi eden od možnih virov nastajanja plesni in povzročajo poškodbe na finalnih obdelavah. Toplotni mostovi povzročajo škodo tkivu stavbe in njenim uporabnikom. Posebna pozornost se posveti izvedbi hidroizolacije. Zasnova konstrukcijskih sklopov (nosilna in zaščitne konstrukcije) je odvisna od zahtev in potreb v aktivnih prostorih (npr. mikroklimatske zahteve, sanitarno-tehnične in higienske zahteve, definirane za posamezne prostore z različno namernostjo, aktivnostmi). Na primer: dele stavbe z različnimi zahtevami in temperaturnimi režimi je treba pravilno toplotno izolirati, s tem sta zmanjšana prehod energije skozi površino toplotnega ovoja stavbe in podhlajevanje ali pregrevanje stavbe.
- Zasnova konstrukcijskih sklopov: zagotoviti je treba tako sestavo gradbenih konstrukcij, da ne prihaja do poškodb ali drugih škodljivih vplivov zaradi difuzijskega prehoda vodne pare in zmrzali, ter nadzorovati (uravnati) zrakotesnost stavbenega ovoja. Na področju konstrukcijskih sklopov pa je treba zagotoviti ustrezno toplotno izolacijo v skladu z zakonskimi zahtevami, ki ne vpliva le na toplotno prehodnost sklopa, temveč tudi na površinsko temperaturo na notranji strani. Površinska temperatura na notranji strani sklopa naj se regulira z nizkotemperaturnimi sistemi za ogrevanje

in visokotemperaturnimi sistemi za hlajenje ((Dovjak, 2013a)). To ima pozitiven vpliv na toplotno udobje. Višja površinska temperatura na notranji strani konstrukcijskih sklopov zmanjšuje tveganje za razvoj in rast plesni.

- Delež in orientacijo transparentnih in ne-transparentnih površin mora omogočati vizualne in nevizualne učinke (vpliv na fiziološke funkcije organizma, cirkadijalni ritem) dnevnega osvetljevanja prostorov. Transparentni deli ovoja stavbe (okna) morajo prepuščati čim večji delež vidnega dela sončnega sevanja; biti morajo tako toplotno izolirani, da ni prizadeta prepustnost za dnevno svetlobo.

Področje posameznih prostorov glede na namembnost:

- Prostori (prostori različne namembnosti; specifične potrebe in zahteve v odvisnosti od aktivnosti, ki tam potekajo) morajo biti optimalno orientirani z vidika osvetljenosti, prezračevanja in kakovosti zraka, toplotnega udobja in hrupa, zvočne zaščite stavb in načel ergonomije (npr. načrtovanje delovnih pripomočkov, delovnega mesta in postopka dela z namenom dviga storilnosti zaposlenega).

Področje sistemov z vidika značilnosti okolja, uporabnika in rabe energije:

- Pri načrtovanju sistemov ogrevanja, hlajenja in prezračevanja je treba doseči celostno učinkovitost. Celostna učinkovitost stavbe in njenih sistemov se doseže tako, da se upoštevajo značilnosti uporabnika, značilnosti notranjega okolja in aktivnosti, ki tam potekajo, ter raba energije. Projektirani in izvedeni sistem ogrevanja ali hlajenja stavbe mora ob najmanjših toplotnih izgubah zagotoviti ustrezno raven notranjega toplotnega udobja. Energijska učinkovitost ogrevalnega ali hladilnega sistema se zagotavlja z izborom energijsko učinkovitih generatorjev toplote, hladu, načrtovanjem in izvedbo energijsko učinkovitega cevnega razvoda, izborom nizke projektna temperature ogrevalnega ali visoke projektna temperature hladilnega sistema in njegovega uravnoteženja ter regulacijo temperature zraka v stavbi, njenem posameznem delu ali prostoru. Sistemi morajo biti lahko dostopni, kar omogoča lažje vzdrževanje, kontrolo in zamenjavo. V okviru možnosti bi bilo treba tudi zamenjati konvencionalne sisteme ogrevanja in hlajenja s površinskimi sistemi, ki izboljšajo toplotno udobje in kvaliteto zraka ter prispevajo k nižji porabi energije in

optimalni mikroklimi. Tako v novogradnjah kot prenovah bi bilo treba izvesti avtomatiziran način regulacije mikroklimatskih parametrov v notranjem okolju z uvedbo večfunkcionalnih centralnih nadzornih sistemov (monitoring, javljanje napak, optimizacija delovanja). Prezračevalni sistemi morajo biti narejeni, vgrajeni in vzdrževani tako, da rast in razmnoževanje mikroorganizmov na vseh

komponentah sistemov nista mogoča. Reševanje problema nizke relativne vlage notranjega zraka se najbolj učinkovito doseže z lokalnim vlaženjem.

Področje uporabnikov:

• Poleg omenjenih ukrepov je treba zagotoviti sprotno izobraževanje in usposabljanje vseh zaposlenih. V bivalnem okolju pa zagoto-

viti ozaveščanje ljudi o vseh vzrokih za nastanek plesni in možnosti odstranitve le-teh. Poudarek naj bo na pravilnem načinu uporabe stanovanja (npr. sprememba načina ogrevanja in prezračevanja v primeru vremenskih sprememb), sprememba nekdanjih bivalnih navad (kuhanje, sušenje perila), namestitvev notranje opreme (npr. možnosti kroženja zraka za opremo).

4 • SKLEPI

Priporočila za zmanjšanje izpostavljenosti prekomerni vlažnosti v notranjem okolju stavb morajo biti opredeljena na podlagi celostnega pristopa, ki vključuje multidisciplinarno sodelovanje strok. Vključevati morajo vsa področja in vplivne parametre na ravni uporabnika, stavbe, konstrukcijskih sklopov, sistemov in naprav.

Na ravni uporabnika so pomembni njihovo število, čas izpostavljenosti, metabolna aktivnost, vedenje (zračenje, dejavnosti ipd.),

prisotnost rastlin, domačih živali in namestitvev notranje opreme. Na ravni stavbe ima velik pomen izbor lokacije s klimatskimi, hidrološkimi, geomorfološkimi značilnostmi, zasnova ovoja in konstrukcijskih sklopov, izbor materialov, mikroklimatske razmere v stavbi, vrsta in učinkovitost prezračevanja.

Proučiti je treba tudi vzročno povezanost med različnimi dejavniki tveganja na področju stavbe in značilnosti posameznika ali populacije, ki jo proučujemo. Pri opredelitvi povezanosti je

treba upoštevati čim večje število potencialnih motečih dejavnikov (npr. vlažnost prostorov, klimatske značilnosti) z namenom, da natančno ocenimo vzročno povezanost med dejavniki tveganja in učinki na zdravje. V sodobnih stavbah glavni vir obravnavanega problema predstavljajo mikroorganizmi in plesni, katerih razvoj je odvisen od temperature, vlage, hranil in tudi vrste materiala, na katerih se razvijajo. Razumevanje te problematike in izdelana priporočila imajo veliko uporabno vrednost, veljajo tako za novogradnje kot tudi za prenove stavb. Poleg omenjenega bi bilo treba preučiti tudi vpliv načina uporabe stavbe, vpliv bivalnih navad in razporeditev opreme.

5 • LITERATURA

- ANSI/ASHRAE, ANSI/ASHRAE Standard 55, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, Atlanta, GA: American Society for Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc, 2010.
- Asimow, M., Fundamentals of engineering design: introduction to design. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New York, str. 135, 1962.
- Barbosa, R. M., Mendes, N., Combined simulation of central HVAC systems with a whole-building hydrothermal model, *Energy and Buildings*, I. 40, št. 3, str. 276–288, 2008.
- Bornehag, C. G., Sundell, J., Hagerhed-Engman, L., Sigsggard, T., Janson, S., Aberg, N., Dampness in buildings and health, Nordic interdisciplinary review of the scientific evidence on associations between exposure to "dampness" in buildings and health effects (NORDDAMP), *Indoor Air*, I. 11, št. 2, str. 72–86, 2001.
- Brown, S. K., Cole, I., Daniel, V., King, S., Pearson, C., Guidelines for environmental control in cultural institutions, Heritage Collections Council, Canberra, 2002.
- Casas, L., Torrent, M., Zock, J.P., Doekes, G., Forns, J., Guxens, in sod., Early life exposures to home dampness, pet ownership and farm animal contact and neuropsychological development in 4 year old children: Prospective birth cohort study, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, I. 216, št. 6, str. 690–697, 2013.
- Chen, X., Lin, Y., Zhang, S., Chen, Z., Hardi, C. F., Xiang, T., Sun, B., Correlation between pathogenesis of dampness syndrome and interleukin-2, interleukin-8 in rats, *Journal of Traditional Chinese Medicine*, I. 33, št. 1, str. 114–118, 2013.
- Choi, J., Chun, C., Sun, Y., Choi, Y., Kwon, S., Bornehag, C. G., Sundell, J., Associations between building characteristics and children's allergic symptoms: A cross-sectional study on child's health and home in Seoul, South Korea, *Building and Environment*, I. 75, št. 1, str. 176–181, 2014.
- Costa, M. F., Brickus, L. S., Effects of ventilation systems on prevalence of symptoms associated with sick buildings in Brazilian commercial establishments, *Arch Environ Health*, I. 55, str. 279–83, 2000.
- Dovjak, M., Kukec, A., Kristl, Ž., Košir, M., Bilban, M., Shukuya, M., Krainer, A., Integral control of health hazards in hospital environment. *Indoor and built environment*, I. 22, št. 5, str. 776–795, 2013a.
- Dovjak, M., Kukec, A., Krainer, A., Prepoznavanje in obvladovanje dejavnikov tveganja za zdravje v bolnišničnem okolju z vidika uporabnika, stavbe in sistemov, *Zdravstveno varstvo*, I. 52, št. 4, str. 304–315, 2013b.

- ECA, European concerted action indoor air quality & its impact on man, COST Project 61 3., Environment and Quality of Life Report No. 4. Sick Building Syndrome, A Practical Guide, Commission of the European Communities. Directorate General for Science, Research and Development, Joint Research Centre – Institute for the Environment. Commission of the European Communities, Luxembourg, ECA, 1989.
- EPA, Environmental Protection Agency, Indoor Air Facts No. 4 (revised), Sick Building Syndrome. Air and Radiation (6609J), February 1991, 1–4, povzeto 25. 4. 2014 po: http://www.epa.gov/iaq/pdfs/sick_building_factsheet.pdf, 1991.
- Eržen, I., Gajšek, P., Hlastan-Ribič C., Kukec, A., Poljšak B., Zaletel-Kragelj L., Zdravje in okolje: izbrana poglavja, Maribor, Univerza v Mariboru, Medicinska fakulteta, 2010.
- Feng, M., Yang, B., Zhuang, Y. J., Yanagi, U., Cheng, X.J., A study on indoor environment contaminants related to dust mite in dwellings of allergic asthma patients and of healthy subjects, *Bio Science Trends*, l. 6, št. 1, str. 7–9, 2012.
- Fisk, W.J., Eliseeva, E.A., Mendell, M.J., Association of residential dampness and mold with respiratory tract infections and bronchitis: a meta-analysis, *Environmental Health*, l. 15, št. 9, str. 72–84, 2010.
- Fisk, W. J., Lei-Gomez, Q., Mendell, M. J., Meta-analyses of the associations of respiratory health effects with dampness and mold in homes, *Indoor Air*, l. 17, št. 4, str. 284–296, 2007.
- Gunnbjörnsdóttir, M. I., Franklin, K. A., Norback, D., Björnsson, E., Gislason, D., Lindberg, E., Svanes, C., Omenaas, E., Norrman, E., Jogi, R., Jensen, E. J., Dahlman-Hoglund, A., Janson, C., Prevalence and incidence of respiratory symptoms in relationship to indoor dampness: The RHINE study, *Thorax*, l. 61, št. 13, str. 221–225, 2006.
- Gunnbjörnsdóttir, M. I., Norback, D., Plaschke, P., Norrman, E., Björnsson, E., Janson, C., The relationship between indicators of building dampness and respiratory health in young Swedish adults, *Respiratory medicine*, l. 97, št. 4, str. 302–307, 2003.
- Hernberg, S., Sripaiboonkij, P., Quansah, R., Jaakkola, J.J., Jaakkola, M.S., Indoor molds and lung function in healthy adults, *Respiratory Medicine*, l. 108, št. 5, str. 677–684, 2014.
- Hoppe, K. A., Metwali, N., Perry, S. S., Hart, T., Kostle, P. A., Thorne, P. S., Assessment of airborne exposures and health in flooded homes undergoing renovation, *Indoor Air*, l. 22, št. 6, str. 446–456, 2012.
- IM, Institute of Medicine, Damp indoor spaces and health, Washington, National Academies Press, 2004.
- Jaakkola, J. J., Hwang, B. F., Jaakkola, M. S., Home dampness and molds as determinants of allergic rhinitis in childhood: a 6-year, population-based cohort study, *American journal of epidemiology*, l. 172, št. 4, str. 451–459, 2010.
- Jaakkola, M. S., Quansah, R., Hugg, T. T., Heikkinen, S. A., Jaakkola, J. J., Association of indoor dampness and molds with rhinitis risk: a systematic review and meta-analysis, *Journal of allergy and clinical immunology*, l. 132, št. 5, str. 1099–1110, 2013.
- Kalamees, T., Korpi, M., Vinha, J., Kurniski, J., The effect of ventilation systems and building fabric on the stability of indoor temperature and humidity in Finnish detached houses, *Building and Environment*, l. 44, št. 8, str. 1643–1650, 2009.
- Kim, J. L., Elfman, L., Wieslander, G., Ferm, M., Torén, K., Norbäck, D., Respiratory health among Korean pupils in relation to home, school and outdoor environment, *Journal of Korean medical science*, l. 26, št. 2, str. 166–173, 2011.
- Kishi, R., Saijo, Y., Kanazawa, A., Tanaka, M., Yoshimura, T., Chikara, H., Takigawa, T., Morimoto, K., Nakayama, K., Shibata, E., Regional differences in residential environments and the association of dwellings and residential factors with the sick house syndrome: a nationwide cross-sectional questionnaire study in Japan, *Indoor Air*, l. 19, št. 3, str. 243–254, 2009.
- Koskinen, O. M., Husman, T. M., Meklin, T. M., Nevalainen, A. I., The relationship between moisture or mould observations in houses and the state of health of their occupants, *European respiratory journal*, l. 14, št. 6, str. 1363–1367, 1999.
- Li C. S., Hsu C. W., Lu C. H., Dampness and respiratory symptoms among workers in day-care centers in a subtropical climate, *Archives of environmental health*, l. 52, št. 1, str. 68–71, 1997.
- Li, A., Liu, Z., Liu, Y., Xu, X., Pu, Y., Experimental study on microorganism ecological distribution and contamination mechanism in supply air ducts, *Energy and Buildings*, l. 47, str. 497–505, 2012.
- Martínez, F. J. R., Plasencia, M. A. Á-G., Gómez, E. V., Díez, F. V., Martín, R. H., Design and experimental study of a mixed energy recovery system, heat pipes and indirect evaporative equipment for air conditioning, *Energy and Buildings*, l. 35, št. 10, str. 1021–1030, 2003.
- Mendell, M. J., Mirer, A. G., Cheung, K., Tong, M., Douwes, J., Respiratory and allergic health effects of dampness, mold, and dampness-related agents: a review of the epidemiologic evidence, *Environmental health perspectives*, l. 119, št. 6, str. 748–756, 2011.
- MOP, Tehnična smernica o učinkovitih rabi energije, MOP, TSG-1-004:2010.
- MOP, Tehnična smernica požarna varnost v stavbah MOP, TSG-1-001:2010.
- MOP, Tehnična smernica zaščita pred hrupom v stavbah MOP, TSG-1-005:2010.
- Mudarri, D., Fisk, W.J., Public health and economic impact of dampness and mold, *Indoor Air*, l. 17, št. 3, str. 226–235, 2007.
- Naydenov, K., Melikov, A., Markov, D., Stankov, P., Bornehag, C.G., Sundell, J. A comparison between occupants' and inspectors' reports on home dampness and their association with the health of children: The ALLHOME study, *Building and Environment*, l. 43, št. 11, str. 1840–1849, 2008.
- Osanyintola, O. F., Simonson, C. J., Moisture buffering capacity of hygroscopic building materials: experimental facilities and energy impact, *Energy and Buildings*, l. 38, št. 10, str. 1270–1282, 2006.

- Paasi, J., Nurmi, S., Vuorinen, R., Strengell, S., Majjala, P., Performance of ESD protective materials at low relative humidity, *Journal of Electrostatics*, l. 51–52, št. 1–4, str. 429–434, 2001.
- Pekkanen, J., Hyvärinen, A., Haverinen-Shaughnessy, U., Korppi, M., Putus, T., Nevalainen, A., Moisture damage and childhood asthma: a population-based incident case-control study, *European respiratory journal*, l. 29, št. 3, str. 509–515, 2007.
- Reinikainen, L. M., Jaakkola, J. J., Significance of humidity and temperature on skin and upper airway symptoms, *Indoor Air*, l. 13, št. 4, str. 344–352, 2003.
- RS, Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, Ur. l. RS, št. 42/2002.
- RS, Pravilnik o zaščiti stavb pred vlago, Ur. l. RS, št. 29/2004.
- RS, Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, Ur. l. RS, št. 42/2002, 29/2004, 93/2008, 52/2010.
- Rudd, A., Henderson H. I., Monitored indoor moisture and temperature conditions in humid climate US residences, *ASHRAE Transactions*, 113 (pt. 1), str. 435–449, 2007.
- Sahlberg, B., Gunnbjörnsdottir, M., Soon, A., Jogi, R., Gislason, T., Wieslander, G., Airborne molds and bacteria, microbial volatile organic compounds (MVOC), plasticizers and formaldehyde in dwellings in three North European cities in relation to sick building syndrome (SBS), *Science of the Total Environment*, l. 444, št. 1, str. 433–440, 2013.
- Sato, M., Fukayo, S., Yano, E., Adverse environmental health effects of ultra-low relative humidity indoor air, *Journal of occupational health*, l. 45, št. 2, str. 133–136, 2003.
- Seppänen, O., Fisk, W. J., Association of ventilation system type with SBS symptoms in office workers, *IndoorAir*, l. 12, str. 98–112, 2002.
- Seppänen, O. A., Fisk, W. J., Mendel, I. M. J., Association of ventilation rates and CO2 concentrations with health and other responses in commercial and industrial buildings, *Indoor Air*, l. 9, št. 4, str. 226–52, 1999.
- Sun, Y., Sundell, J., Zhang, Y., Validity of building characteristics and dampness obtained in a self-administrated questionnaire, *Science of the total environment*, l. 387, št. 1–3, str. 276–282, 2007.
- Sunwoo, Y., Chou, C., Takeshita, J., Murakami, M., Tochiyama, Y., Physiological and subjective responses to low relative humidity in young and elderly men, *Journal of Physiological Anthropology*, l. 52, št. 3, str. 229–238, 2006.
- Toftum, J., Jørgensen, A. S., Fanger, P. O., Upper limits for indoor air humidity to avoid uncomfortable humid skin, *Energy and Buildings*, l. 28, št. 1, str. 1–13, 1998b.
- Toftum, J., Jørgensen, A. S., Fanger, P. O., Upper limits of air humidity for preventing warm respiratory discomfort, *Energy and Buildings*, l. 28, št. 1, str. 15–23, 1998a.
- Tomšič, M., Gojite plesen v stanovanju? Penicilin so odkrili že v prejšnjem stoletju!, povzeto 25. 01. 2015 po: <http://www.gi-zrmk.eu/?tag=mag-miha-tomsic>, 2007.
- Uredba (EU) št. 305/2011 Evropskega Parlamenta in Sveta z dne 9. marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive Sveta 89/106/EGS.
- Venn, A. J., Cooper, M., Antoniack, M., Laughlin, C., Britton, J., Lewis, S. A., Effects of volatile organic compounds, damp, and other environmental exposures in the home on wheezing illness in children, *Thorax*, l. 58, št. 11, str. 955–960, 2003.
- Wang, I. J., Tsai, C. H., Kuo, N. W., Chiang, B. L., Tung, K. Y., Lee, Y. L., Home dampness, beta-2 adrenergic receptor genetic polymorphisms, and asthma phenotypes in children, *Environmental Research*, l. 118, št. 9, str. 72–78, 2012.
- Chen X., Lin Y., Zhang S., Chen Z., Hardi C. F., Xiang T., Sun B., Correlation between pathogenesis of dampness syndrome and Interleukin-2, Interleukin-8 in rats, *Tradit Chin Med* 2013 February 15; 33 (1): 114–118.
- Yassi, A., Kjellström, T., de Kok T., Guidotti, T.L., *Basic Environmental Health*, Oxford: Oxford University Press, 2001.
- Zhang, H., Yoshino, H., Analysis of indoor humidity environment in Chinese residential buildings, *Building and Environment*, l. 45, št. 10, str. 2132–2140, 2010.
- Zhang, H. B., Yoshino, H., Murakami, S., Bogaki, K., Tanaka, T., Akabayashi, S., Abe, K., Analyses of indoor humidity environment in nationally residential houses of Japan, *Journal of Technology and Design*, l. 15, št. 30, str. 453–457, 2009.
- Zhang, X., Sahlberg, B., Wieslander, G., Janson, C., Gislason, T., Norback, D., Dampness and moulds in work place buildings: associations with incidence and remission of sick building syndrome (SBS) and biomarkers of inflammation in a 10 year follow-up study, *Science of the total environment*, l. 15, št. 430, str. 75–81, 2012.

INTEGRALNI OPIS SVETIL IN SVETLOBNIH VIROV

INTEGRAL LIGHTING PARAMETRIZATION

dr. Katja Malovrh Rebec, univ. dipl. inž. arh.

katja.malovrh@zag.si

Laboratorij za toplotno zaščito in akustiko

Zavod za gradbeništvo Slovenije

Dimičeva ulica 12, SI 1000 Ljubljana

izr. prof. dr. Marta Klanjšek Gunde, univ. dipl. fiz.

marta.k.gunde@KI.si

Laboratorij za elektrokemijo materialov,

Kemijski inštitut

Hajdrihova 19, 1000 Ljubljana, Slovenija

Friderik Knez, univ. dipl. fiz.

friderik.knez@zag.si

Laboratorij za toplotno zaščito in akustiko

Zavod za gradbeništvo Slovenije

Dimičeva ulica 12, SI 1000 Ljubljana

Znanstveni članek

UDK 502: 628.94

Povzetek | Celostno vrednotenje svetilk in svetlobnih virov upošteva tako svetlobnotehnične kot tudi fotobiološke ter okoljske učinke, ki jih povzročajo tovrstni proizvodi. Fotobiološko vrednotenje počasi dobiva jasnejše oblike, saj so raziskave v zadnjem času ponudile ustrezne parametre za njihovo vrednotenje. Premiki pa se dogajajo tudi na okoljskem področju in glede trajnosti rabe svetilk in virov. Okoljske deklaracije produktov (EPD – *Environmental Product Declaration*), ki opisujejo vplive proizvodov na okolje, so namenjene predvsem komunikaciji med podjetji (B2B – *business-to-business*). Skladne so s standardom ISO 14025. Pri razsvetljavi se srečamo z ožjo temo, in sicer trajnostnostjo gradnje in gradbenih proizvodov. Pri tem se ne sprašujemo le, kakšna je raba energije v času uporabe proizvoda, temveč tudi, koliko energije je v proizvod vgrajene v času nastajanja ter kaj se zgodi, ko proizvod zavržemo. Deklaracija EPD torej temelji na oceni celotnega življenjskega cikla ali LCA-analizi (Life Cycle Assessment). Pripravili smo podrobnejšo analizo in interpretacijo 5 primerov EPD-jev svetil različnih proizvajalcev. V nekatera svetila so vgrajeni LED-viri (Philips, Zumtobel), v druga pa kompaktne fluorescenčne sijalke CFL (Thorn) ali metalhalogenidni viri (We-Ef Leuchten), obravnavamo tudi primer za predstikalno napravo (Tridonic). Primerljivost rezultatov ostaja velik izziv.

Ključne besede: okoljska deklaracija produktov, EPD, okoljska komunikacija, Eco-design, okoljsko upravljanje, analiza življenjskega cikla, ISO 14025, ILCD, okoljski odtis proizvodov, PEF

Summary | Holistic evaluation of lamps and light sources should include the lighting engineering parameters, as well as parameters evaluating photobiological effects and environmental impacts. Photobiological effects are currently the target of many research efforts, based on which recently some parameters for their evaluation have been suggested. Moreover, in the field of the environment and the sustainability of the use of lamps and resources constant progress is present. The Environmental Product Declaration (EPD), which describes the environmental impacts of products, is intended mainly to

the business-to-business (B2B) communication. It complies with ISO 14025 standard. But merely energy consumption during the use of a product is not sufficient for environmentally aware investors. They and their customers want to know how much energy is built into the product in the production phase and what happens when the product is discarded. The EPD declaration is based on an assessment of the full life-cycle or LCA (Life Cycle Assessment). We have prepared a detailed analysis and interpretation of 5 cases of lamps' EPSs of different manufacturers. In some lamps there are LED sources installed (Philips, Zumtobel) in others compact fluorescent lamps (Thorn) or metal halide sources (We-Ef Leuchten); there is also an example of ballast (Tridonic). A major challenge remains the comparability of results.

Keywords: environmental product declaration, EPD, Environmental communication, Eco-design, Environmental management, Life cycle assessment, ISO 14025, ILCD, Product Environmental Footprint, PEF

1 • UVOD

Kakovost, izplen, dolgoročnost in podobne parametre izdelkov vedno poskušamo izluščiti s pomočjo primerjav, ki opisujejo njihove tehnične in druge lastnosti. Tudi svetlobne vire in svetilke primerjamo med seboj in na podlagi zaključkov izbiramo nadaljnje odločitve. Pogosto so najpomembnejše tehnične lastnosti, med njimi je pomemben podatek učinkovitost oz. svetlobni izkoristek. Podajamo ga v lm/W, torej koliko svetlobe (lm) lahko dobimo za določeno vloženo električno energijo (W). Ob tem pa z vidika uporabnika, pa tudi z vidika zakonodaje, ne moremo zanemariti drugih vidikov razsvetljave, recimo tipa svetlobe (hladna, srednja ali topla bela svetloba), kjer si pomagamo z najpodobnejšo barvno temperaturo (Correlated Color Temperature – CCT), ki jo podajamo v kelvinih (K). Zanima nas tudi, kako dobro bomo videli barve, za kar se uporablja indeks barvnega videza svetlobe Ra ali CRI (Color Rendering Index). Z uporabo CCT

poskušamo popisati tudi druge učinke svetlobe na počutje uporabnika (Hoof, 2009), na primer cirtopsko zaznavo (ki vpliva na tvorbo melatonina), kljub temu da je neslikovna zaznava svetlobe osnovana na drugih fotoreceptorjih, torej na drugih akcijskih krivuljah kot slikovna zaznava ((Malovrh Rebec, 2014a), (Malovrh Rebec, 2013)). Cirtopska zaznava sloni na podatkih, ki jih zajemajo ganglijske celice, občutljive za svetlobo, slikovna zaznava pa na podatkih, ki jih zajemajo čepki in palčke (fotopski in skotopski vid). Skokovit razvoj pa ne velja le za sodobne svetlobne vire in svetilke, zahtevnejši postajajo tudi uporabniki in investitorji. Proizvajalcev in projektantov ne sprašujejo več samo, kakšen bo celosten učinek vgrajene razsvetljave na uporabnike, temveč tudi, kakšen bo učinek izbranih virov in svetilk na okolje. To je po drugi strani postala tudi priložnost za proizvajalce, da ovrednotijo in uporabijo svoje prednosti pred konkurenco.

Vedno bolj uveljavljen sistem za vrednotenje vpliva proizvodov na okolje, družbo ter njegov ekonomski učinek postaja metoda ocene življenjskega cikla ali LCA (Life Cycle Assessment) (Guinee, 2002). Pri tej analizi ovrednotimo posamezne faze v času življenjske dobe: proizvodnja, vgradnja, raba, konec življenjske dobe oziroma razgradnja. Upoštevamo bodisi celoten bodisi delen življenjski cikel, kar imenujemo časovne meje sistema (Vogtländer, 2012).

V študiji, kjer so primerjali podatke za celotni življenjski cikel kompaktnih fluorescenčnih sijalk (compact fluorescent lamps – CFL) z življenjskim ciklom žarnic na žarilno nitko, smo preverili trditve, ali CFL, kljub bistveno manjši rabi električne energije, v celotnem življenjskem ciklu povzročijo več škode okolju kot žarnice na žarilno nitko. Študija je to trditev ovrgla; posebna pozornost je bila posvečena dejstvu, da CFL vsebujejo živo srebro, kar naj bi bila ena najpomembnejših slabosti te tehnologije (Ramroth, 2008). Ta študija služi za pomemben zgled, kako celostno obravnavati koristi in slabosti posameznih tehnologij v svetlobni tehniki.

v modrem delu spektra. Tak način vrednotenja ne ustreza korektni obravnavi, ki zahteva akcijskih spektre dejanskih učinkov.

2.2 Neslikovni učinki svetlobe na človeka

Če bi v klasičen opis svetilk in svetlobnih virov vključili vrednosti za cirtopsko aktivnost svetilk in nevarnost modre svetlobe (fotobiološka parametra za opis neslikovne zaznave svetlobe), bi lahko uporabili parametra η_C in η_B (Bizjak, 2012). Prvi podaja delež svetlobe izbranega vira, ki povzroča cirtopsko aktivnost, drugi pa izdatnost nevarne modre svetlobe. Oba parametra sta relativni količini, saj pomenita,

2 • PARAMETRIZACIJA SVETILK

2.1 Fotometrični podatki

Zelo klasičen opis svetilk, zahtevan tudi v EPD-jih, vsebuje podatke o dimenzijah svetilke, svetlobni energiji, svetlobnem toku, svetilnosti, svetlosti, osvetljenosti, svetlobnem izkoristku, bleščanju in porazdelitvi svetlobe (IBU, 2014). Žal v teh osnovnih podatkih ni zahtevana na primer opredelitev barvnega videza svetlobe (CCT), čeprav se ta podatek na produktih (zaradi povpraševanja kupcev) vedno pogo-

steje pojavlja. Tudi kakovost reprodukcije barve (Ra oz. CRI) ni vedno podana ali pa je podana po metodi s samo 8 testnimi barvnimi vzorci. Neslikovni oziroma fotobiološki učinki (cirtopska aktivnost in nevarnost modre svetlobe) pa so v fazi uvajanja v svetlobno tehniko, kljub temu da uporabniki iščejo takšne informacije. Najpogosteje se za zdaj zatekamo k pojasnilom s pomočjo CCT-ja, ker ta parameter posredno pove nekaj o deležu fotonov

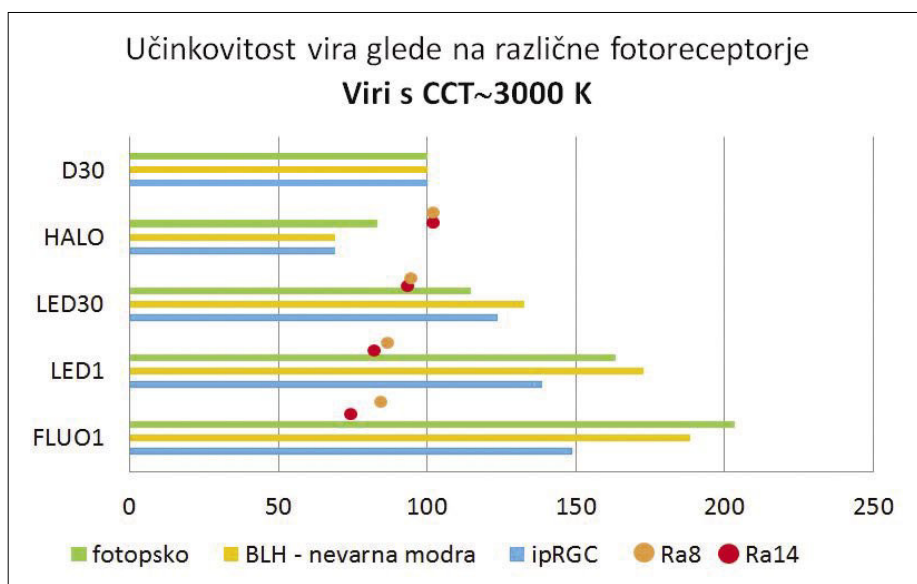
kolikšen delež svetlobe je odgovoren za izbrani fotobiološki učinek. Vrednosti η_c lahko segajo od 0,04 (natrijeva sijalka) do 0,38 (vir LED, CCT 6240 K), (Malovrh Rebec, 2014b). Med posameznimi vzorci iste vrste svetlobnih virov prihaja do precejšnjih razlik, v povprečju pa so vrednosti η_c pri LED-virih za skoraj 10 % nižje kot pri CFL-virih pri enakem tipu bele svetlobe (enak CCT). Morda bi bilo smiselno fotobiološke učinke svetlobnih virov podajati kot primerjavo z dnevnimi svetlobami pri istem CCT (torej za svetlobo podobnega videza). Pri topli beli svetlobi halogenski viri dosežejo 82 % vrednosti η_c za dnevno svetlobo, vir CFL 152 %, vir LED pa 137 %. V skupini srednje bele svetlobe živosrebrov vir doseže 121 % vrednosti η_c dnevne svetlobe, vir LED 131 %, vir CFL 139 %, metalhalogenidni vir pa 143 %. V skupini hladne bele svetlobe vzorec LED doseže 137 % η_c dnevne svetlobe, vir CFL pa 123 % (Malovrh Rebec, 2014b). Ti rezultati kažejo, da je učinek virov CFL in LED na cirtopsko zaznavo na splošno večji od učinka, ki ga povzroča dnevna svetloba pri enaki osvetljenosti, učinek halogenskih virov pa je nekoliko manjši (Malovrh Rebec, 2014b). Po podobnem principu se vrednoti tudi nevarna modra svetloba. Fotobiološke učinke lahko predstavimo tudi grafično (glej sliko 1).

2.3 Tehnična kompatibilnost in varnost

Oznaka CE (*Conformité Européene* ali evropska skladnost) se navaja na proizvodih, katerih proizvajalec izjavlja, da ta proizvod izpolnjuje bistvene zahteve za varnost, zdravje in varovanje okolja, ki jih določa evropska regulativa.

Certifikat RoHS izvira iz direktive za zmanjševanje vpliva odpadne električne in elektronske opreme na okolje z omejevanjem uporabe nekaterih nevarnih snovi. Pri tem se ohranjata čistost okolja in zdravje ljudi. Konkretno gre za zmanjševanje količine štirih težkih kovin in dveh brominiranih zaviralcev ognja, ki jih izdelki lahko vsebujejo (svinec, živo srebro, kadmij, šestvalentni krom ter polibromirane bifenile ali polibromirane difeniletre).

ENEC (European Norm Electrical Certification) je prostovoljni, neobvezni znak, ki temelji na predpostavki, da regulativa pomembno naslavlja električno varnost izdelkov. Uporablja se predvsem za gospodinjske aparate, za električne svetilke in pribor za svetilke (npr. dušilke, kovni, starterji ...), v zadnjem času pa tudi za stikala za aparate, varnostne ločilne transformatorje in naprave informacijske tehnologije. To pomeni, da je naprava izdelana



Slika 1 • Grafična predstavitev fotobioloških učinkov za različne vire pri CCT = 3000 K; vrednosti so podane relativno na dnevno svetlobo enako CCT. Predstavljene so učinkovitosti za fotopsko zaznavo, nevarno modro svetlobo, in cirtopsko zaznavo. Podane so tudi vrednosti za kakovost reprodukcije barve, vrednoteno z Ra za 8 (Ra8) in za 14 vzorcev (Ra14)

tudi v skladu z zahtevami evropske nizkonapetostne direktive – Low Voltage Directive (LVD). Proizvajalci, ki ga pridobijo, poudarijo predanost visokim standardom za varnost svojih produktov.

2.4 Energijske nalepke

Energijske nalepke pomagajo kupcem izbrati izdelke, ki porabijo manj energije. Oznake so lahko tudi spodbuda za podjetja, da razvijajo in vlagajo v energijsko učinkovito načrtovanje izdelkov. Energijske nalepke so obvezne za vse naprave, ki se prodajajo v EU in za katere nalepka obstaja, skladno z Direktivo 2010/30/EU o označevanju in podatkih o izdelkih v zvezi s porabo energije. Med izdelke z obvezno nalepko spadajo tudi svetilke in svetlobni viri (glej sliko 2). Te nalepke kažejo, v kateri energijski razred od A do G se uvršča naprava glede na porabo energije. Oznaka A (zeleno) pomeni največjo energijsko učinkovitost, oznaka G (rdeča) pa najmanjšo. Kadar se večina naprav določenega tipa uvrsti v razred A, se lahko lestvici dodajo še trije nadaljnji razredi: A+, A++ in A+++ (Energijske nalepke, 2014).

2.5 Okoljske oznake

Pojavlja se vedno več različnih oznak proizvodov, ki naj bi vodile potrošnike do energijsko varčnih, okoljsko ozaveščenih odločitev. Pri svetilkah je najbolj razširjena oznaka Energy

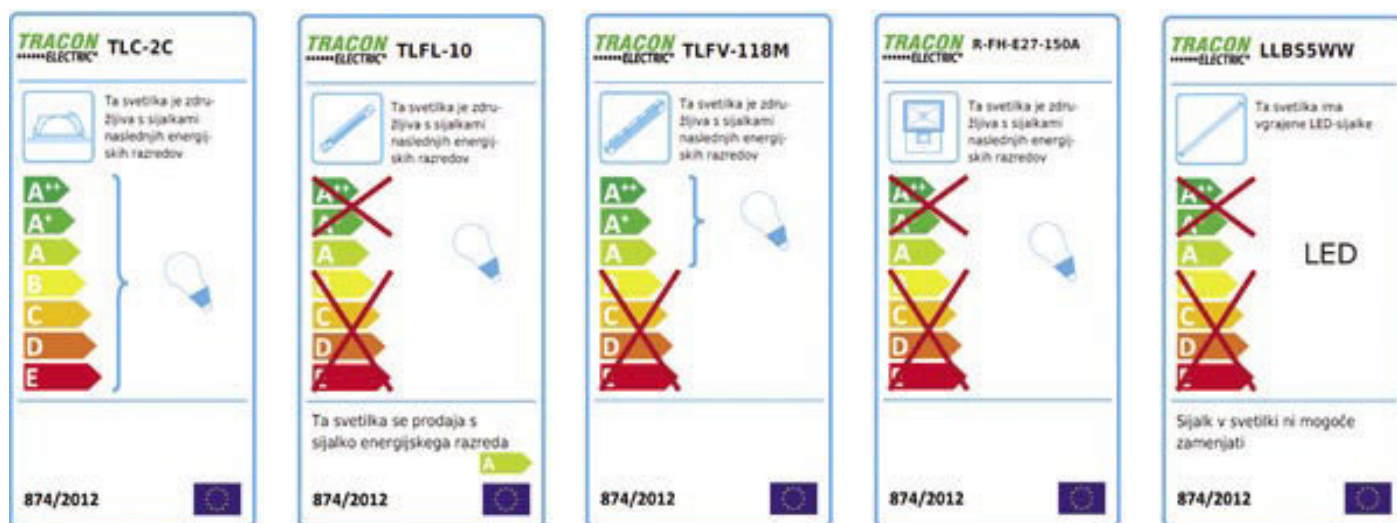
Star: če proizvod dosega določene kriterije, lahko pridobi ta certifikat/nalepko.

V zadnjem času je postalo izziv poenotenje ali vsaj primerjava več sto okoljskih nalepk, ki se pojavljajo v svetovnem merilu. Samo za toplogredne pline (GHG → GreenHouse Gas) obstaja nad 80 metod poročanja in pobud. Zato se večina ljudi upravičeno sprašuje, kaj je sploh »zeleno«, kako dokažem okoljsko ozaveščenost podjetja ali produktov, ki jih zastopam, če izberem en pristop; ali bo ta prepoznan v vseh okoljih, ali bi morali okoljsko ozaveščenost dokazovati različnim partnerjem na različne načine, kako dobro sploh partnerji razumejo in poznajo takšne nalepke, ali je zeleno tudi dražje (Misiga, 2013).

Sistem poročanja o produktih s pomočjo EPD-jev deluje drugače. Gre za poročilo, v katerem so navedene objektivne številčne vrednosti za različne kazalnike trajnostnosti, pri čemer je treba EPD (glede na namen in rabo) pravilno interpretirati. Tako lahko primerjamo slabe, srednje in dobre produkte med seboj in ugotovimo razlike med njimi. Sistem EPD se je v industriji že relativno uveljavil in na njem temeljijo (ali ga uporabljajo) tudi druga bolj kompleksna vrednotenja (na primer DGNB-sistem za vrednotenje gradnje).

2.6 Trajnostnost, ovrednotena z okoljsko deklaracijo EPD

Okoljska deklaracija produkta (Environmental product declaration – EPD) je dokument, ki



Slika 2 • Primeri različnih energijskih nalepk za svetilke, nekatere vključujejo tudi sijalke

ima določeno obliko in vsebino. Trenutno se v industriji v različnih državah uporabljajo različni, med seboj ne popolnoma primerljivi EPD-ji. V tem članku bomo primerjali 5 EPD-jev, vse pripravljene na IBU-inštitutu (Institut für Bauen und Umwelt, Berlin). Bistvo je, da EPD v praksi uporablja oceno življenjskega cikla ali LCA (*Life Cycle Assessment*).

2.6.1 LCA-analiza

V grobem lahko strnemo postopek izvedbe LCA v tri korake:

1. Zbiranje podatkov za analizo (podatki o vhodnih materialih, podatki o materialih za embalažo, podatki o porabljeni energiji med proizvodnjo in podatki o vrstah transporta vhodnih materialov do tovarne svetilk/svetlobni virov pri posameznih transportnih razdaljah).
2. Postavitvev modela za izračun LCA s programsko opremo (uporablja se različna

programska oprema, na primer GaBi, SimaPro, Umberto, EIME, TEAM, SIEC itd., za izračun so potrebni dostopi do podatkovnih baz).

3. Ovrednotenje rezultatov LCA-analize s programsko opremo, pri čemer se uporabljajo različne metode (na primer International Reference Life Cycle Data system – LCIA CML 2001, ILCD).

Dobljene vrednosti je treba pravilno interpretirati, kar (poleg postavitve pravilnega modela in povezav v njem) predstavlja velik izziv in zahteva izkušene strokovnjake na tem področju (Jordan, 2010). Sam izračun temelji na mednarodnem standardu s področja analize življenjskega cikla proizvoda SIST EN ISO 14040:2006 Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Načela in okviri in ostali pripadajoči standardi s tega področja. Računajo se indikatorji, na primer

indikator globalnega segrevanja, acidifikacijski potencial (meri vpliv produkta na zakisljevanje), evtrofikacijski potencial (meri vpliv na povečanje presežnih hranil v vodah), potencial razgradnje ozona v stratosferi (povezan s tveganji za obolenja zaradi UV-sevanja), potencial tvorbe ozona pri tleh (povezan s poškodbami materialov in ljudi), potencial izrabe naravnih virov (izraba fosilnih goriv in drugih virov) in drugi.

ISO 14044:2006 podaja napotke in zahteve za analizo LCA, vključno z definicijo ciljev in obsegom analize, faze analize inventarja (*life cycle inventory analysis* – LCI), faze analize vplivov (*life cycle impact assessment* – LCIA), faze interpretacije analize, poročanje in kritičen pregled analize LCA, poročanje o omejitvah pri opravljeni analizi LCA, povezavo med posameznimi fazami analizami LCA ter pogoje, pod katerimi so se uporabile izbrane vrednosti in dodatni elementi.

Proizvajalec	Št. EPD	Veljavnost	Ime proizvoda	Opis
PHILIPS	EPD-PHI-20140039-IBB1-EN	20. 6. 2014-19. 6. 2019	Fortimo LEDLINE SYSTEM	1 driver in 4 linije LED-virov
WE-EF	EPD-WEE-20130214-IBC1-EN	11. 10. 2013-10. 10. 2018	RFL530 (S60)	Cestna svetilka z metal-halogenidnimi viri
ZUMTOBEL	ECO-ZGR-42181612-OFFICE-EU-2013-09-16	16. 9. 2013-15. 9. 2018	ECOOS A 36 W LED830 L1200 LDO	Nadomestna svetilka z LED-viri in DALI-kontrolo
THORN	ECO-ZGR-00171119-Manufactur-EU-2013-09-16	16. 9. 2013-15. 9. 2018	AQUAF2 1x49W T16 HF L000 in FORCE2 R 1x35/49/58/80	Nadomestna svetilka (brez virov)
TRIDONIC	ECO-ZGR-28000132-Component-EU-2013-09-16	16. 9. 2013-15. 9. 2018	LCAI 20W 150mA-400mA ECO Ip	Predstikalna naprava

Preglednica 1 • Splošni podatki v EPD-jih, primeri

Na podlagi opravljene in interpretirane analize LCA se lahko pripravi okoljska deklaracija produkta EPD. Ta dokument lahko izdelajo le neodvisne institucije. Ker so trenutno podatkovne baze, ki so osnova za izračun, v zasebni lasti, se v EU pojavlja močna politična iniciativa, da bi podatkovne baze, torej orodja za tovrstne izračune, postale javno dostopne. Tak instrument je Okoljski odtis proizvoda (*Product Environmental Footprint* – PEF). Instrument razvija Center za raziskave evropske komisije (JRC joint Research Center). Metodologija v veliki meri črpa navdih iz standardov ISO 14040/14044 ter ISO 14025 za prostovoljne okoljske deklaracije, vendar jim ne sledi popolnoma. Pilotna faza razvoja PEF je predvidena za obdobje od 2013 do 2017, za razširjenost rabe pa bo potrebnih verjetno še nekaj dodatnih let. V tem času industrija uporablja različne, med seboj bolj ali manj primerljive EPD-sisteme. EPD odlikujejo kredibilnost, robustnost in transparentnost prostovoljnega podajanja okoljske sprejemljivosti proizvodov na mednarodnem trgu. Gre za objektivno poročilo, v katerem so številčno ovrednoteni posamezni indikatorji in na podlagi katerega se pripravi interpretacija od nameravane rabe produkta. To ga bistveno loči od sistemov, kot so ECOLABEL, Der Blaue Engel in podobni.

2.6.2 Splošne informacije

Podatki o proizvajalcu, številka EPD, datum, do kdaj je veljaven, ime in opis proizvoda. V preglednici 1 so zbrane splošne informacije za primere svetilk in delov svetilk, ki so analizirane v tem prispevku:

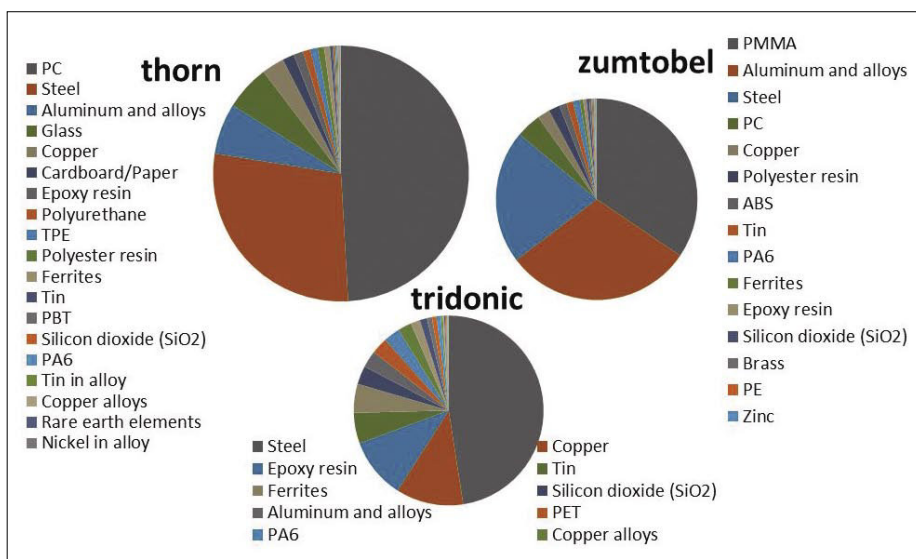
2.6.3 Razdelek o proizvodni

Razdelek o proizvodni vsebuje splošen opis proizvoda, uporabo, tehnične podatke, navedeni so drugi certifikati itd. (preglednica 2). Tu je pomemben tudi seznam materialov (predstavljen v deležih celotne mase), ki so vgrajeni v produkt, in tistih, ki so potrebni za njegovo rabo in razgradnjo. Pri seznamu materialov je treba našteji najmanj tiste, ki so vključeni na seznam kandidatnih snovi, ki potrebujejo avtorizacijo (»Candidate List of Substances of Very High Concern for Authorisation«) in kjer vrednosti predpisuje Evropska agencija za kemikalije.

V razdelku proizvodnja je opisan tudi proces proizvodnje proizvoda. Če proizvodnja poteka na različnih lokacijah, mora biti to specificirano. Opisani morajo biti postopki za varovanje zdravja pri proizvodnem procesu ter postopki za varovanje okolja. Potreben

Proizvajalec	Viri	Lm/W	Teža	Ref. življenjska doba
PHILIPS	LED	143	0,3894 g	50.000 ur
WE-EF	Metahalogenidna	86	7,16 kg	Viri: 12.000 ur, krmilna naprava: 50.000 ur
ZUMTOBEL	LED	70	3,21 kg	50.000 ur
THORN	Niso vključeni.		2,5 kg	80.000 ur
TRIDONIC	Predstikalna naprava			

Preglednica 2 • Tehnični podatki o proizvodni v EPD, primeri (za deklarirano enoto)



Slika 3 • Grafični prikaz deležev materialov, iz katerih so svetilke, katereh EPD-je primerjamo

je tudi opis vgradnje produkta, potrebni pripomočki itd. pa tudi podatki o tem, kakšna je embalaža za proizvod, ter opis tveganj za zdravje ali okolje med rabo proizvoda, če obstajajo. Pomemben podatek je še referenčna življenjska doba proizvoda (Reference Service Life – RSL), skladno z ISO 15686-1, -2, -7 in -8. Podaja se tudi opis, kaj se zgodi s produktom v ekstremnih primerih: če zgori, če pride do poplave ali v posebnih primerih mehanskih okvar. Potrebni so še podatki o potencialu ponovne uporabe v fazi izteka življenjske dobe produkta, kako se odlaga in kako poteka razgradnja.

2.6.4 Pravila za LCA-analizo

Opis deklarirane enote za produkt, referenčna masa ter faktor pretvorbe v 1 kg so obvezni podatki. Navedejo se okvir (faze) obravnavanega in predpostavke pri izračunih ter stvari, ki niso vključene (*cut-off criteria*). Navesti je

treba vire za podatke, ki jih uporabljamo za izračune in predpostavke. Pri tem se navajajo tudi opis kvalitete podatkov in njihova veljavnost ter perioda posodabljanja. Navedejo se lahko tudi metode zmanjšanja okoljskega odtisa, na primer krediti za rabo recikliranih materialov ipd.

2.6.5 Scenariji in dodatne tehnične informacije

LCA-analiza v prvih fazah vedno vključuje obseg, torej katere faze so obravnavane. To je tudi osnovna informacija za EPD. V preglednici 3 so navedene vse možne faze proizvodnje, vgradnje, uporabe in konca življenjskega cikla. V preglednici 4 so zbrani podatki iz vseh 5 EPD-jev, ki jih primerjamo, in takoj lahko razberemo, da so obravnavane iste faze za vseh 5 svetilk, razlike so le pri modulu B4 (zamenjava), pri katerem različni proizvajalci ravno različno.

2.6.6 Rezultati LCA-analize, vključeni v EPD

V EPD-ju so vključeni specifični kazalci iz treh skupin: okoljski vplivi, izraba virov ter ostali izračunani podatki. V nadaljevanju je kratek opis posameznih kazalcev.

2.6.6.1 Vrednotenje okoljskih vplivov

Kazalci, vezani na okoljske vplive, ki se navajajo v EPD-ju, so: indikator globalnega segrevanja (Global-Warming Potential – GWP), acidifikacijski potencial (AP), evtrofikacijski potencial (EP), potencial razgradnje ozona v stratosferi (Ozone Depletion Potential – ODP), potencial tvorbe ozona pri tleh (POCP), potencial izrabe abiotskih naravnih virov (Abiotic

Faza proizvodnje			Faza vgradnje		Faza uporabe							Konec življenjskega cikla				
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Pridobivanje in obdelava surovin	Transport k proizvajalcu	Proizvodnja	Transport na gradbišče	Vgradnja v zgradbo	Uporaba vgrajenega proizvoda	Vzdrževanje	Popravila	Zamenjava	Prenova	Poraba energije za obratovanje	Poraba vode za obratovanje	Demontaža	Transport na odlagališče	Obdelava odpadkov za ponovno uporabo, regeneracijo in/ali recikliranje	Zavrženje	Obremenitve in prednosti za nadaljnjo uporabo

Preglednica 3 • Preglednica faz življenjskega cikla in opisi

	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
philips	X	X	X	X	X	MND	MND	MND	MND	MND	X	MND	MND	X	X	X	X
thorn	X	X	X	X	X	MND	MND	MND	X	MND	X	MND	MND	X	X	X	X
tridonic	X	X	X	X	X	MND	MND	MND	MND	MND	X	MND	MND	X	X	X	X
we-ef	X	X	X	X	X	MND	MND	MND	X	MND	X	MND	MND	X	X	X	X
zumtobel	X	X	X	X	X	MND	MND	MND	X	MND	X	MND	MND	X	X	X	X

OPOMBA: x – vključeno v LCA-analizo, MND – module not declared, modul ni bil obravnavan

Preglednica 3 • Obravnavane faze življenjskega cikla 5 EPD-jev, ki jih primerjamo

Resources Depletion Potential – ADP), kjer ločeno obravnavamo rabo fosilnih goriv in drugih virov.

2.6.6.2 Raba virov

Kazalci, ki jih spremljamo, so: raba obnovljive primarne energije brez surovin (PERE), raba obnovljive primarne energije, vključno s surovinami (PERM), predkupna raba obnov-

ljive primarne energije (PERT), raba primarne neobnovljive energije brez surovin (PENRE), raba primarne neobnovljive energije, vključno s surovinami (PENRM), skupna raba primarne neobnovljive energije (PENRT), raba sekundarnih materialov (SM), raba obnovljivih sekundarnih goriv (RSF), raba neobnovljivih sekundarnih goriv (NRSF), raba sveže pitne vode (FW).

2.6.6.3 Drugi izračunani podatki

Odlaganje nevarnih odpadkov (HWD), odlaganje nenevarnih odpadkov (NHWD), odlaganje radioaktivnih odpadkov (RWD), sestavine, primerne za ponovno uporabo (CRU), materiali za reciklažo (MFR), materiali za obnovljivo energijo (MER), oddana energija, elektrika (EXEE), oddana energija, toplota (EXET), oddana energija, skupna (TEXE).

3 • INTERPRETACIJA LCA-ANALIZE IN ZAKLJUČNI PODATKI

Interpretacija LCA-analize je ključen del dokumenta. Podprt je z dokazno dokumentacijo

in referencami. Na zadnji strani okoljske deklaracije EPD se navedejo podatki o lastniku

deklaracije, izdajalcu EPD ter o avtorju LCA-analize.

4 • REZULTATI

Pri pregledu EPD-jev smo ugotovili, da imamo deklaracije za 1 predstikalno napravo, 3 svetil-

ke z viri (LED in metalhalogenidnimi) in pa 1 svetilko brez virov. Pripravili smo podrobnejšo

analizo in interpretacijo 4 primerov EPD-jev za svetilke proizvajalcev Philips, We-Ef, Zumtobel in Thorn (čeprav nima virov). Velik izziv je predvsem primerljivost rezultatov. Tu je zanimivo poznavanje vrednotenja scenarijev rabe za svetilke.

4.1 Primerjava indikatorjev okoljskih vplivov

4.1.1 Indikator globalnega segrevanja (Global-Warming Potential – GWP₁₀₀)

govori o klimatskih spremembah zaradi človekovih emisij, ki povzročajo globalno segrevanje na skali 100 let. To povzroča škodljive vplive na zdravje ekosistemov, zdravje ljudi in ohranjanje materialov. V principu gre za naraščanje temperature površja Zemlje oziroma učinek tople grede.

4.1.2 Acidifikacijski potencial (Acidification Potential – AP)

meri vpliv na zakisljevanje. Acidifikacijski polutanti (SO₂, NO_x, NH₃) vplivajo na zemljo, podtalnico, površinske vode, biološke organizme, ekosisteme in materiale (stavbe), kjer je ena

od posledic tudi krušenje gradbenih materialov in pospešena korozija površin.

4.1.3 Evtrofikacijski potencial (Eutrophication Potential – EP)

meri vpliv na povečanje presežnih hranil v vodah (predvsem sta problematična dušik in fosfor). Slednji spreminjajo ravnovesja vrst v vodnih in zemeljskih ekosistemi. Velike koncentracije presežnih hranil lahko tudi povzročijo nepitnost površinskih vod.

4.1.4 Potencial razgradnje ozona v stratosferi (Ozone Depletion Potential – ODP)

kot rezultat antropogenih emisij. Tanjšanje ozona v stratosferi povečuje delež UVB-seva-

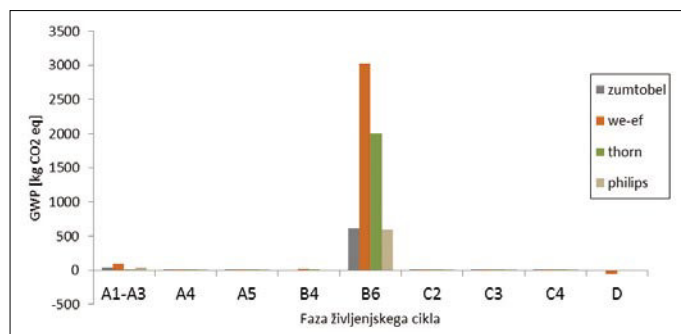
nja, ki doseže površino zemlje. UVB-sevanje ima bistveno bolj škodljive učine kot UVA-sevanje. Nanašajo se na zdravje ljudi in živali, ravnovesje vodnih in kopenskih ekosistemov, biokemične kroge in materiale.

4.1.5 Potencial tvorbe ozona v troposferi (POCP)

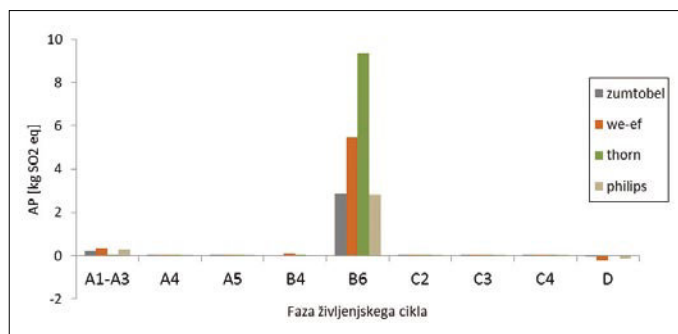
ki je povezan s poškodbami materialov (pospešena oksidacija) in neželenimi učinki na ljudi.

4.1.6 Potencial izčrpanja naravnih virov (Abiotic resources Depletion Potential – ADP)

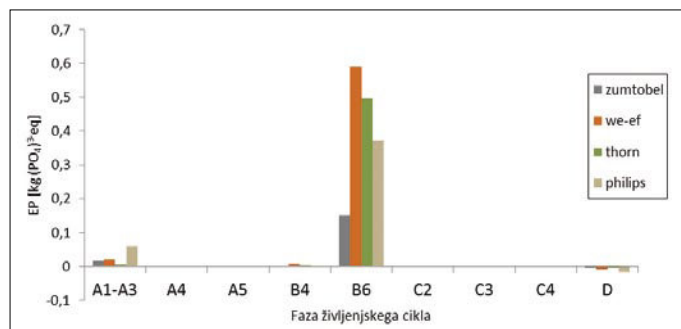
kjer ločeno obravnavamo fosilna goriva in druge vire.



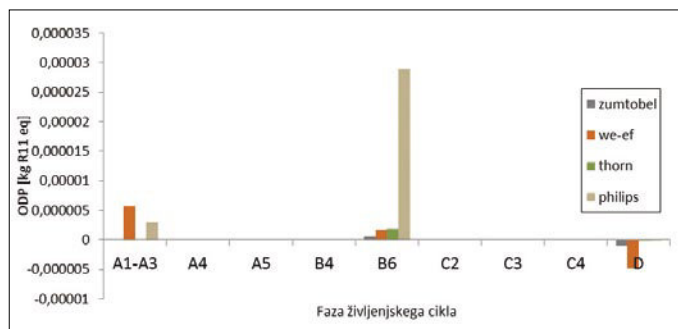
Slika 4 • Primerjava indikatorjev globalnega segrevanja – GWP (kg CO₂ eq) za 4 svetilke, Thorn ne vključuje virov



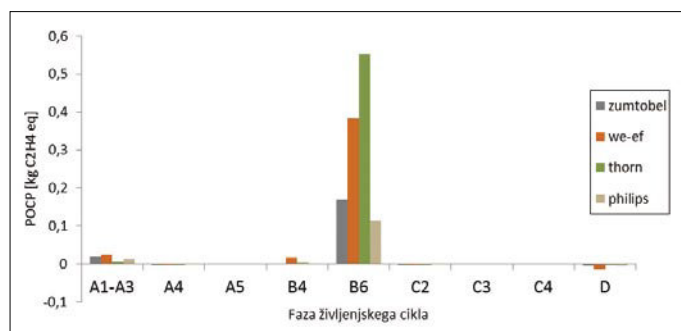
Slika 5 • Acidifikacijski potencial – AP (kg SO₂ eq) za 4 svetilke, Thorn ne vključuje virov



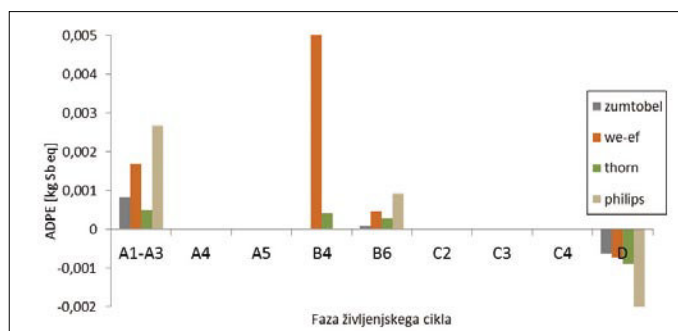
Slika 6 • Evtrofikacijski potencial – EP (kg (PO₄)³ eq) za 4 svetilke, Thorn ne vključuje virov



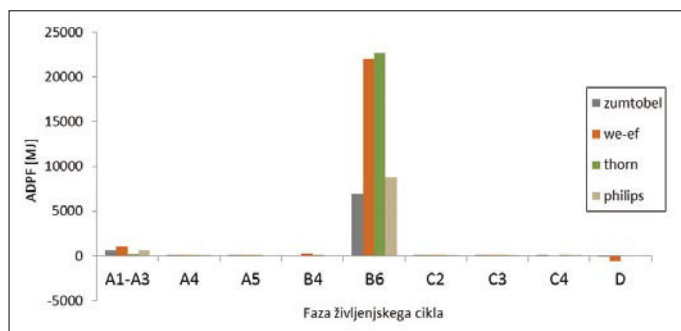
Slika 7 • Potencial razgradnje ozona v stratosferi – ODP (kg R11 eq) za 4 svetilke, Thorn ne vključuje virov



Slika 8 • Potencial tvorbe ozona pri tleh – POCP (kg C₂H₄ eq) za 4 svetilke, Thorn ne vključuje virov



Slika 9 • Potencial izčrpanja naravnih virov, nefosilni viri – ADPE (kg Sb eq) za 4 svetilke, Thorn ne vključuje virov



Slika 10 • Potencial izrabe naravnih virov, fosilni viri – ADPF (MJ) za 4 svetilke, Thorn ne vključuje virov

5 • SKLEP

Med primerjanimi EPD-ji so precejšnje pomenske razlike. Pomembno je pravilno analizirati številčna odstopanja in postaviti trdno argumentiran kontekst za primerjave. Že pri definiciji faz (preglednica 4), zajetih v LCA-analizo, vidimo, da Philips in Tridonic nista deklarirala B4-faze, torej možnosti zamenjave. Philipsova svetilka ima vgrajene LED-vire in menjava ni mogoča, Tridonic pa je v EPD vključil le predstikalno napravo, zato je takšna definicija okvira analize razumljiva.

Očitno se cestni svetilki We-ef da menjati LED-jedro, glede na to, da je deklarirala modul B4. Zanimivo je (slika 11), da prav ta modul pri svetilki We-ef povzroči znaten okoljski odtis pri kazalcu izčrpanja naravnih virov (ADP), kjer vrednost modula B4 za 10-krat preseže vrednosti v času rabe produkta (B6).

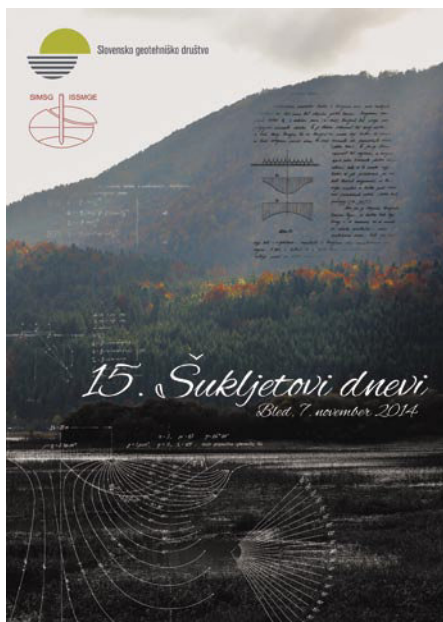
V splošnem je indikator globalnega segrevanja vedno največji v fazi rabe produktov, kar je razumljivo. Zgrešeno pa je sklepanje,

da zaradi takšnega razmerja ni smiselno izboljševati ostalih faz, predvsem optimirati proizvodnjo (faze A). Pri indikatorju globalnega segrevanja v fazi B6 lahko vidimo, da We-ef povzročajo kar 6-krat večji okoljski odtis od Philipsovih in Zumtoblovih svetilk. Rezultati svetilke podjetja Thorn so neprimerljivi in potencialno zavajajoči, ker analiza vsebuje le svetilko, ne pa tudi svetlobnih virov. Pri vrednotenju evtrofikacijskega potenciala se v fazi B6 odlično izkaže Zumtoblova svetilka. Zanimiva je primerjava potenciala razgradnje ozona v stratosferi, kjer Philips pokaže zelo velik vpliv (več 100-krat večji rezultat od ostalih).

6 • LITERATURA

- Bizjak, G., Rebec, K. M., Kobav, M. B., Klanjšek-Gunde, M., Photobiological aspects of LED sources for general lighting. (M. Kostić, Ed.) Balkan Light 2012, Belgrade, Serbia, 2012.
- Energijske nalepke, http://europa.eu/youreurope/business/environment/energy-labels/index_sl.htm, povzeto 8. 9. 2014.
- Guinee, J. B., Handbook on Life Cycle Assessment: Operational Guide to the ISO Standards (Eco-Efficiency in Industry and Science), povzeto 26. 8. 2014, <http://www.amazon.com/Handbook-Life-Cycle-Assessment-Eco-Efficiency/dp/1402005571>, 2002.
- Hoof, J., van Schoutens, A. M. C., Aarts, M. P. J., High color temperature lighting for institutionalised older people with dementia, Building and Environment, 44(9), 1959–1969, 2009.
- IBU, Institut Bauen und Umwelt, PCR Guidance-Texts for Building-Related Products and Services: Part B: Requirements on the EPD for Luminaires, lamps and components for luminaires, povzeto po www.bau-umwelt.com, 2014.
- Jordan, S., Knez, N., Knez, F., Ravnanje z okoljem – ocenjevanje življenjskega cikla (LCA), Gradbenik, 14(2), 36–38, 2010.
- Malovrh Rebec, K., Optical Properties, Photobiological and Environmental Impacts of Lamps with Light-Emitting Diodes, Ph. D. Thesis, University of Ljubljana Faculty of Natural Sciences And Engineering, Interdisciplinary Doctoral Programme In Environmental Protection, 2014a.
- Malovrh Rebec, K., Klanjšek Gunde, M., High-performance lighting evaluated by photobiological parameters. Appl. Opt., 53(23), 5147–5153, 2014b.
- Malovrh Rebec, K., Klanjšek-Gunde, M., Bizjak, G., Parametri za opis spektralne sestave svetlobe – ali sta podobna barvna temperatura in indeks barvnega videza svetlobe primerna za ocenjevanje fotobioloških učinkov? (A. Orgulan, Ed.) Razsvetljava in Fotometrija, Bled, Slovenija, 2013.
- Misiga, P., Building the Single Market for Green Products, Sustainability of construction works, 2013.
- Ramroth, L., Comparison of Life-Cycle Analyses of Compact Fluorescent and Incandescent Lamps Based on Rated Life of Compact Fluorescent Lamp, Rocky Mountain Institute, 11–12, 2008.
- Vogtländer, J., LCA a practical guide for students, designers and business managers, Joost Vogtländer, povzeto 10. 9. 2014 <http://www.vssd.nl/hlf/b018.htm>, 2012.

15. ŠUKLJETOVI DNEVI



Zbornik s prispevki 15. Šukljetovih dnevov

Kaj je SloGeD

Slovensko geotehniško društvo (SloGeD) je bilo ustanovljeno 10. julija 1992 v Ljubljani. Združuje posameznike, ki so aktivni na področju mehanike tal, mehanike kamnin, inženirske geologije in geotehničnih konstrukcij. SloGeD ima 130 individualnih članov, ki prihajajo iz ljubljanske in mariborske univerze, projektantskih in izvajalskih podjetij v geotehniko, inštitutov in drugih razvojnoraziskovalnih ustanov. Društvo poleg predsednika, podpredsednika in tajnika vodi petčlanski izvršni odbor. Osnovni cilj društva je napredek stroke in izobraževanje članov v geotehniko. Društvo

zato organizira predavanja, delavnice, posvetovanja, informira članstvo o strokovnih dogodkih doma in v tujini ter izdaja znanstvene in strokovne publikacije. Člani SloGeD so kot eksperti na svojih področjih vključeni v projekte v Sloveniji in tujini, društvo je včlanjeno v mednarodna društva za mehaniko tal in geotehniko (ISSMGE), mehaniko kamnin (ISRM) ter inženirsko geologijo (IAEG). Posamezni člani sodelujejo v tehničnih odborih mednarodnih društev in v strokovnih odborih mednarodnih konferenc. Vodstvo SloGeD od leta 2000 vsako leto organizira strokovno srečanje, imenovano Šukljetovi dnevi.

Vsakoletno mednarodno srečanje Šukljetovi dnevi

7. novembra 2014 je bilo že 15. tradicionalno srečanje na Bledu. Srečanje vsako leto finančno podpre več sponzorjev, letos ga je s prispevkom prvič podprla tudi Inženirska zbornica Slovenije. Letošnje srečanje je potekalo v znamenju 50. obletnice prve Evropske geotehniške podonavske konference in je bilo posvečeno prof. Ivanu Sovincu, ki je bil davnega leta 1968 prvi predstavnik Jugoslovanskega geotehniškega društva na podonavski konferenci. Ta konferenca je bila v takratnem času politična posebnost, saj so se na njej srečevali člani iz zahodne Evrope in držav na drugi strani železne zavese. SloGeD je dvakrat gostil podonavsko konferenco – leta 1974 na Bledu in 2006. v Ljubljani.

15. Šukljetovih dnevov se je udeležilo 106 strokovnjakov, od tega kar 23 iz tujine – Hrvaške, Bosne in Hercegovine, Makedonije,

Avstrije in Madžarske. Udeleženci so prišli iz podjetij, ki se ukvarjajo s projektiranjem in izvedbo, ter s fakultet. Udeleženci so prejeli zbornik s prispevki, zborniki vseh dosedanjih Šukljetovih dnevov pa so v elektronski obliki brezplačno dostopni na SloGeD-ovi spletni strani.

Srečanje je odprl predsednik društva dr. Vojkan Jovičič, ki je podal kratek pregled dela društva v zadnjem letu in plan aktivnosti za prihodnje leto. V letu 2014 je bil ustanovljen Sklad Ivana Sovinca za podporo mladim geotehnikom. Društvo bo namenilo del finančnih sredstev za izobraževanje mladih geotehnikov, ki bodo strokovno izjemno uspešni na domačem ali na mednarodnem področju. Pravilnik sklada je objavljen na novelirani spletni strani društva www.sloged.si.

Zaslужni posamezniki, ki so veliko prispevali k priznanju in delovanju društva, so bili imenovani za častne člane društva. Na letošnjem srečanju pa je bil prvič imenovan tuji strokovnjak za častnega člana SloGeD. Profesor Heinz Brandl, ustanovitelj podonavskih konferenc, ki je v svojem dolgoletnem profesorskem delu na Tehnični univerzi na Dunaju osebno podpiral naše strokovnjake, je bil sprejet za častnega člana društva. Profesor Brandl je predstavil tudi prispevek prof. Sovinca pri organizaciji podonavskih konferenc.

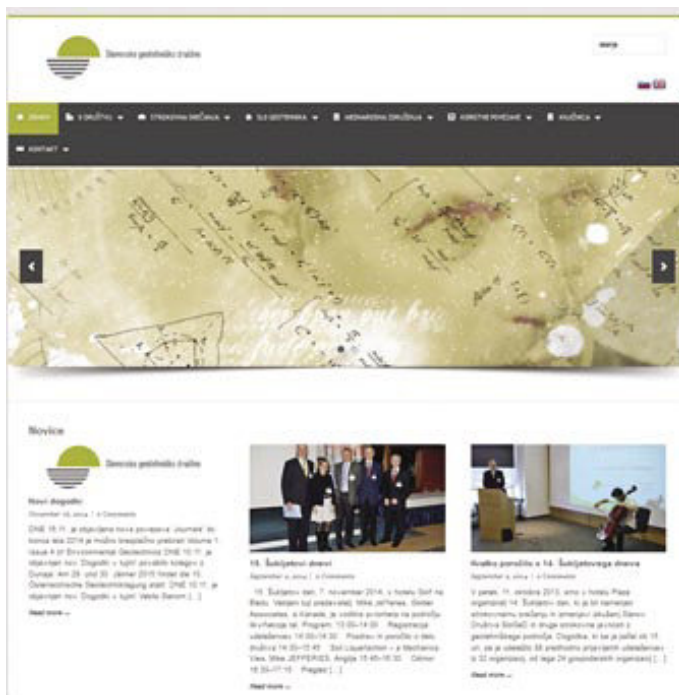
V imenu Univerze v Mariboru je člane pozdravil dr. Borut Macuh, v imenu Univerze v Ljubljani pa dr. Janko Logar. Slednji je poudaril, da je treba povrniti ugled gradbeni stroki in inženirjem ter urediti zakonodajo, ki je na področju geotehničnih projektov pomanjkljiva.



Udeleženci srečanja – v ospredju dr. Janko Logar in dr. Heinz Brandl



Predsednik SloGeD dr. Vojkan Jovičič



Zbornike Šukljetovih dnevov najdete na spletni strani www.sloged.si.



Od leve proti desni: dr. Vojkan Jovičič, Mike Jefferies, dr. Izток Klemenc, Mojca Ravnikar Turk in Marko Žibert



Evrokod 7 predpisuje izdelavo poročila o preiskavah tal in izdelavo geotehničnega projekta, ki pa z veljavnim zakonom o graditvi nista zahtevana. Vsekakor bi morale biti preiskave tal in njihova interpretacija obvezni del vsakega projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja. Le tako bi bilo mogoče zagotoviti osnovo za varno in ekonomično gradnjo.

Šukljetovi dnevi imajo tradicionalno tri predavanja: prispevek priznanega tujega strokovnjaka in predavanja dveh domačih strokovnjakov, ki predstavljata tekočo problematiko ali zanimive projekte, s katerimi so se srečali slovenski geotehniki. Letos je imel vabljen predavatelj Anglež Mike Jefferies, ki prihaja iz mednarodne uveljavljene korporacije Golder Associates. Predstavil nam je sodoben pristop k problematiki likvifikacije tal. Opis materialnih modelov za račun potencialov likvifikacije in praktično računsko ovrednotenje rezultatov terenskih preiskav sta obširneje predstavljena v zborniku 15. Šukljetovih dnevov, ki je bil izdan v okviru srečanja.

V času nacionalnega programa gradnje avtocestnega križa je bilo v podpornih konstruk-

cijah vgrajenih veliko prednapetih geotehničnih sider. Trajnost teh sider je odvisna od pravilne izvedbe zaščite jeklenih pramen in zlasti sidrskih glav, ki so najbolj izpostavljene atmosferskim vplivom, pozimi pa tudi solem. Dr. Izток Klemenc, zaposlen v ZAG Ljubljana, nam je predstavil napake, ki lahko privedejo do hujših poškodb in konstrukcijske odpovedi trajnih prednapetih geotehničnih sider.

Marko Žibert iz podjetja Elea iC, d.o.o., je predstavil izkušnje pri projektiranju idejne rešitve druge cevi predora Karavanke, ki je zaradi morfološke in geološke sestave tal izjemno zahtevno. Prva cev v dolžini 8,019 kilometrov se je pričela graditi pred skoraj tridesetimi leti. Iz takrat pridobljenih izkušenj črpajo projektanti in izvajalci predorogradnje izkušnje še danes. Novo predorsko cev je treba sprojektirati tako, da bo izvedba ekonomična, hkrati pa bo vpliv gradnje na obstoječo predorsko cev čim manjši. V prispevku sta bila predstavljena kronologija odločanja o gradnji druge cevi predora in sedanje intenzivno dogajanje.

V zaključku je Mojca Ravnikar Turk povzela sklepne misli, predstavljeni pa so bili tudi

nekateri bližnji strokovni dogodki – direktor DRC, d.o.o., Zvone Britovšek je predstavil teme 12. kongresa o cestah in prometu, prejeli smo vabilo predstavnikov geotehniškega društva BiH in Makedonije na strokovna srečanja, ki jih bodo organizirali v naslednjem letu. Namen dogodka sta tudi druženje slovenskih geotehnikov in neformalna izmenjava izkušenj, zato sta predavanjem sledila slavnostna večerja in sproščen klepet.

Zahvala

Dogodek je s fotografijami obogatil SloGeD-ov član in dolgoletni ljubiteljski fotograf dr. Boštjan Pulko. Inženirski zbornici Slovenije in vsem drugim, ki so prispevali k uspešnemu srečanju, se na tem mestu še enkrat zahvaljujemo.

**Mojca Ravnikar Turk, univ. dipl. inž. grad.
izr. prof. dr. Vojkan Jovičič, univ. dipl. inž. grad.**

NOVI DIPLOMANTI

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

VISOKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Jernej Amon, Analiza učinkovitosti ukrepov za odpravo tipičnih toplotnih mostov, mentor doc. dr. Mitja Košir

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Uroš Strmec, Vpliv toplotnih mostov na porabo energije za ogrevanje v stavbi, mentor doc. dr. Mitja Košir, somentorica dr. Živa Kristl

Mateja Kostadinović, Trajnostno načrtovanje železniške infrastrukture, mentor prof. dr. Bogdan Zgonc, somentorica asist. Darja Šemrov

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ VODARSTVA IN KOMUNAL- NEGA INŽENIRSTVA

Gregor Pogačar, Variantni projekt vodovodnega sistema Besnica, mentor prof. dr. Franc Steinman, somentor asist. dr. Daniel Kozelj

Nejc Majoranc, Idejne zasnove ureditve deponije usnjarskih odpadkov Rakovnik, mentor doc. dr. Darko Drev

Boštjan Kolmanič, Vodnogospodarske ureditve vodotokov s poudarkom na porečju reke Mure, mentor prof. dr. Mitja Brilly, somentorica doc. dr. Mojca Šraj

I. STOPNA – VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM OPERATIVNO GRADBENIŠTVO

Jan Gradišek, Projekt pet etažne jeklene industrijske stavbe v obsegu PGD, mentor doc. dr. Franc Sinur

Borut Mihelj, Podpiranje objektov poškodovanih med potresom, mentorica izr. prof. dr. Jana Šelih, somentor asist. dr. Matej Kušar

I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Nives Fatkić, Analiza virov financiranja komunalne infrastrukture v MO Velenje, mentor izr. prof. dr. Albin Rakar

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Andrej Klobasa, Učinek delcev mlete gume na kompenzacijo krčenja cementnega kamna, mentor doc. dr. Samo Lubej, somentor doc. dr. Andrej Ivanič

2. STOPNJA, MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Aleš Žibert, Uporaba ogljikovih vlaken za ojačitve temeljnih tal, mentor izr. prof. dr. Stanislav Škrabl, somentor doc. dr. Andrej Ivanič

Rubriko ureja • Eva Okorn, gradb.zveza@siol.net

Vsem diplomantom čestitamo!

Skladno z dogovoroma med ZDGITS in FGG-UL ter ZDGITS in FG-UM vsi diplomanti oddelkov za gradbeništvo in okoljsko gradbeništvo Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani ter diplomanti Fakultete za gradbeništvo Univerze v Mariboru prejemaajo Gradbeni vestnik (12 števil) brezplačno. Vse, ki bodo želeli po prejemu 12. številke postati redni naročniki, prosimo, naj to čimprej sporočijo uredništvu na naslov: GRADBENI VESTNIK, Karlovška cesta 3, 1000 Ljubljana; telefon: (01) 52 40 200; faks: (01) 52 40 199; e-mail: gradb.zveza@siol.net.

ZDGITS in Uredništvo Gradbenega vestnika

KOLEDAR PRIREDITEV

14.-18.3.2015

3rd UN WCDRR – 3. Svetovna konferenca Združenih narodov o zmanjšanju tveganj nesreč

Sendai, Japonska
www.wcdrr.org/

25.-27.3.2015

MEFORM 2015

Freiberg, Nemčija
www.imf.tu-freiberg.de/imfwp/?page_id=3654

26.-29.3.2015

Pomladni sejem gradbeništva, energetike, komunale in obrti

Gornja Radgona, Slovenija
www.pomurski-sejem.si

12.-17.4.2015

7th World Water Forum

Daegu-Gyeongbuk, Republika Koreja
<http://worldwaterforum7.org/en>

12.-17.4.2015

EGU 2015 European Geosciences Union – Generalna skupščina 2015

Dunaj, Avstrija
www.egu2015.eu

14.-17.4.2015

24th International Mining Congress and Exhibition of Turkey IMCET2015

Antalya, Turčija
<http://imcet.org.tr/defaulten.asp>

22.-23.4.2015

12. slovenski kongres o cestah in prometu

Portorož, Slovenija
www.drc.si

5.-7.5.2015

20th International Conference on Urban Planning and Regional Development in the Information Society

Gent, Belgija
www.corp.at/

10.-13.5.2015

ICSDEC 2015 – International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction

Chicago, ZDA
www.icsdec.com/index.html

13.-15.5.2015

IABSE Conference Nara 2015

Nara, Japonska
www.iabse.org/Nara2015

14.-16.5.2015

2. regionalni simpozij o zemeljskih plazovih v Jadransko-Balkanskem območju

Beograd, Srbija
<http://resylab2015.rgf.rs>

17.-21.5.2015

ICONE23 – 23rd International Conference on Nuclear Engineering

Makuhari, Čiba, Japonska
www.icone23.org/about.html

20.-23.5.2015

ICOCEE – Cappadocia – International Conference on Civil and Environmental Engineering

Nevsehir, Turčija
www.icocee.org

22.-28.5.2015

WTC 2015 – Svetovni kongres o tunelih in podzemni gradnji

Dubrovnik, Hrvaška
http://wtc15.com/marketing_tools

25.-29.5.2015

XVth IWRA World Water Congress

Edinburg, Škotska
www.worldwatercongress.com

3.-7.6.2015

5th International Congress on Construction History

Chicago, ZDA
www.5icch.org

22.6.-2.7.2015

XXVth IUGG General Assembly

Praga, Češka
www.iugg.org/programmes/grants2015.php

28.6.-3.7.2015

36th IAHR World Congress

Hague, Nizozemska
www.iahr2015.info/

9.-11.7.2015

International Scientific Conference Road Research and Administration, "CAR 2015"

Bukarešta, Romunija
http://car.utcb.ro/page_id=17&lang=en

15.-17.9.2015

NDT-CE- International Symposium on Non-Destructive Testing in Civil Engineering (NDT-CE) 2015

Berlin, Nemčija
www.ndt-ce2015.net/home

2.-4.11.2015

6th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering

Christchurch, Nova Zelandija
www.6icege.com

7.-9.12.2015

Building Simulation Conference 2015

Hyderabad, Indija
www.bs2015.in/

27.-29.7.2016

3rd International Conference on Structures and Architecture

Guimaraes, Portugalska
www.icsa2016.arquitectura.uminho.pt/

Rubriko ureja • **Eva Okorn**, ki sprejema predloge za objavo na e-naslov: gradb.zveza@siol.net