

PRIRODNI MATERIJALI ZA TOPLINSKU IZOLACIJU ZIDOVA

Minka Ćehić, Zinaida Omerčević

Tehnički fakultet Bihać, Univerzitet u Bihaću; ul. dr. Irfana Ljubijankića, 77000 Bihać;
minka.cehic@bih.net.ba
zinaida_omercevic@hotmail.com

Ključne riječi: toplinska izolacija, prirodni materijali, energetska učinkovitost, održivi razvoj

SAŽETAK:

Sve veća pažnja se danas posvećuje pitanjima uštede i smanjenja korištenja energije, odnosno energetskoj učinkovitosti objekata kao i tome kakav uticaj na okolinu ostavlja upotreba određenih materijala. Održivi razvoj kroz svoja tri koncepta (ekološki, ekonomski i socijalni) je postao sve bitniji u svim aspektima društva.

Toplinska izolacija objekta je bitna u pogledu sprečavanja gubitaka topline zimi, pregrijavanja prostorija ljeti kao i sprečavanja oštećenja i štete nastalih kondenzacijom.

Rad je sačinjen od pregleda, karakteristika i analize toplinske izolacije zidova (klasičnih i drvenih) korištenjem prirodnih materijala, kroz tri koncepta održivog razvoja.

1. UVOD

Pitanje uštede energije postaje sve bitnije kako cijene goriva rastu, kako zalihe fosilnih goriva postaju upitne i kako težimo smanjiti emisiju CO₂ u okolini, tako da je svaka, pa i najmanja, ušteda bitna i nikako zanemariva. Jedan od načina kako da damo naš doprinos ovome jeste i građenje objekta koji će biti energetski učinkovit, odnosno štediti energiju. Ako ovome dodamo još i činjenicu da je tu toplinsku izolaciju moguće postići sa prirodnim materijalima, onda je naš doprinos očuvanju okoline još veći. Materijali za toplinsku izolaciju se općenito biraju prema njihovim fizičkim svojstvima kao što su niska toplinska vodljivost, zaštita od vlage, otpornost na plijesan, vatru i sl. Trenutno, većina izolacijskih materijala koji se koriste izrađuju se od staklenih vlakana, mineralne vune, polistirena (ekspandiranog) ili poliuretana (krute pjene). Iako ti materijali imaju dobre fizičke osobine, relativno su skupi i mogu biti opasni za ljudsko zdravlje i okolinu. Na primjer, izlaganje sitnim česticama staklenih vlakana i izolacijske staklene vune može prouzročiti opasnost po zdravlje i iritaciju kože kao i nadraživanje respiratornog sistema [1,2,3]. Interes za istraživanjem i korištenjem prirodnih materijala je shvatljiv zbog jednostavnih činjenica da su isti netoksični, biorazgradivi, jeftini i dostupni u većim količinama.

2. PRIRODNI MATERIJALI ZA TOPLINSKU IZOLACIJU ZIDOVA

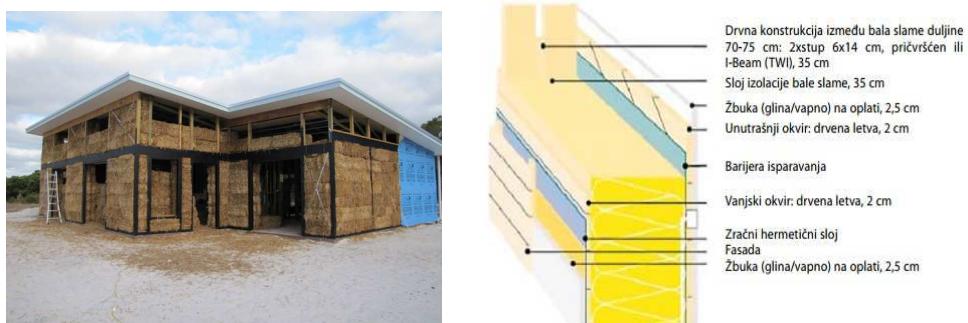
Veliki broj istraživanja je proveden u smislu pokazivanja toplinskog učinka prirodnih materijala te je njihov učinak uporediv sa onima kojeg imaju proizvodi na bazi mineralnih i staklenih vlakana [3,4,5]. *Ilovača* ima dobre građevinske karakteristike kao što su regulisanje i zadržavanje vlage u prostoru i dobro akumuliranje topline. Osim toga, omogućava dobru zvučnu zaštitu u unutrašnjim prostorima, sprječava pojavu statičkog elektriciteta, požarno je postojana, može se reciklirati, može primiti trideset puta više vlage od drugih sličnih građevinskih materijala i bitno poboljšava klimu

prostora jer veže i neutralizira otrovne tvari koje se nađu u zraku [10]. Izolacija zidova ilovačom ekološki je i ekonomičan način izolacije, te nakon žbukanja ne zahtjeva bojanje.

Pluto je u potpunosti ekološki prihvatljiv i ima relativno dobra izolacijska svojstva. Pogodan je za različite namjene, a budući da se dobiva skidanjem sloja kore hrasta plutnjaka, može se reći da se radi o ekološkom materijalu. Same po sebi plutene ploče su relativno dobar izolator, no nivo izolacije koju pružaju može se usporediti sa staklenom vunom, pamukom ili celuloznim izolacijskim materijalima. Izolacijske ploče od pluta upotrebljavaju se na zidu ili u drvenoj konstrukciji. Dobro propuštaju paru, postojane su na hemikalije, štetočine i bakterije, ne trunu i ne stvaraju prašinu. Zbog svoje čvrstoće pluto se može koristiti i za izolaciju podova i za sprječavanje udarnog zvuka. Toplinska provodljivost je između 0,045 i 0,05 W/mK, a prijelaz topline pri debljini 10cm otprilike 0,45 W/m²K , ipak jedna od manih izolacija od pluta jest da je cijena ploča od pluta dvostruko skuplja od ploča od ekspandiranog polistirena uz slabija izolacijska svojstva [6,7].

Konoplja i lan su biljnog porijekla i dobro ujednačavaju vlagu u prostoru. Od njih se izrađuju izolacijske ploče za toplinsku izolaciju. Toplinska provodljivost je između 0,040 i 0,045 W/mK [8]. Za proizvodnju izolacijskih ploča se koriste strugotine i usitnjeni komadići stabljika. Proces proizvodnje nije energetski zahtjevan i ne utječe u značajnijoj mjeri na okoliš. Vlakna se prže, vežu i preraduju. *Ovčja vuna* ima toplinska izolacijska svojstva koja su slična mineralnoj vuni. Toplinska vodljivost ovčje vune je 0,039 W/mK, što je slično ostalim vlaknastim izolatorima [9]. Prikupljena prirodna vuna isprana je nekoliko puta da bi se uklonio lanolin, te se zatim miješa sa poliesterom koji pomaže da zadrži svoj oblik. Zamotuljak vune općenito sadrži 85% vune pomiješane sa 15% poliestera [8,9]. Ovčja vuna je prirodno vlakno dobiveno od potpuno obnovljivog izvora. Čišćenje, izlaganje zraku i toplinska obrada vezivanja tijekom proizvodnje troši minimalnu energiju. Ona koristi samo 14% energije koja se inače koristila za proizvodnju izolacije od mineralne vune [9].

Slama je obnovljivi resurs, koji ni na koji način ne ugrožava okolinu. Energija za proizvodnju slame dolazi od sunca, i nema utroška u njenoj proizvodnji po pitanju drugih energenata. Kada se koristi u gradevinarstvu, slama može nadživjeti objekat i koristiti se i nakon dugog niza godina u druge svrhe u domaćinstvu, te kao materijal ne proizvodi ni otpad, što je čini izuzetno ekološkim materijalom. Energetski je efikasna, dobra je toplotna i zvučna izolacija, može se koristiti kao termoizolaciona ispuna, kao nosivi zid i termoizolacioni materijal ili u vidu dodatno presovanih blokova, ploča i profila posebne namjene. Kada se koristi kao ispuna, nosivi elementi objekta su najčešće od drveta, armiranog betona ili čak i od metala. Slama u balama je prilično presovana i stisnuta, čime se smanjuje količina vazduha u samom komadu bale, a to joj obezbeđuje dobra izolativna svojstva. Iako slama kao materijal gori i strah neupućenih pri gradnji slamom može biti od požara, uslijed nedostatka kiseonika u balama slame, one se zapravo veoma teško mogu zapaliti. To je čini sasvim bezbjednim materijalom u slučaju požara. Poželjno je slammate zidove malterisati, kako bi se zaštitili od vanjskih uticaja, a time se još više dobija na sigurnosti od požara.



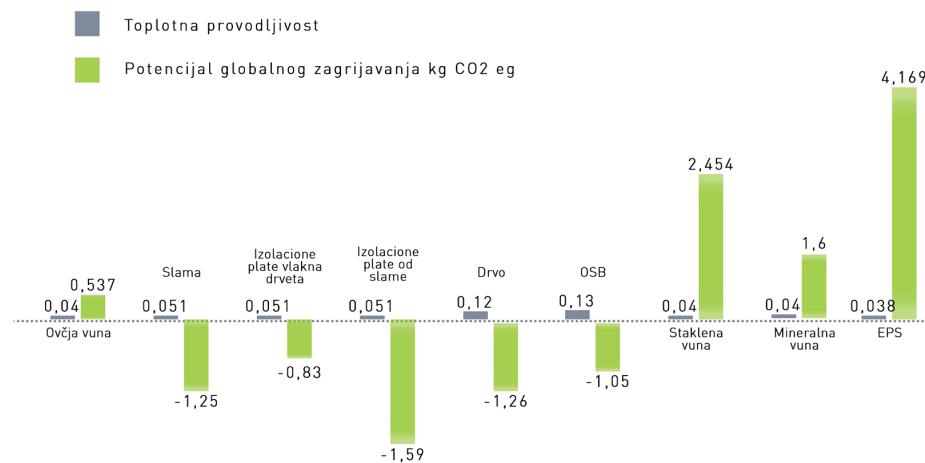
Slika 1. Upotreba slame kao toplinske izolacije: a)izgled; b)profil zida od bala slame (Center for Appropriate Technology, Vienna University of Technology) [11]

Toplotna svojstva slame kao materijala zavise od vrste i gustoće pakovanja slame, od sadržaja vlage, kao i od orijentacije samih vlakana. Ona mogu biti postavljena horizontalno ili vertikalno u odnosu na smjer prenosa toplote. Toplotna provodljivost ovog materijala smanjuje se sa porastom gustoće. U skladu s građevinskim propisima koeficijent toplinske provodljivosti ne smije prelaziti $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$, dok se u Europskoj uniji teži ka tome da se taj koeficijent smanji na $0,25$, a slama omogućava da on bude čak dvostruko manji i od toga [11]. Toplinska provodljivost slame je oko $0,045 \text{ W/mK}$ (što je slično ostalim prirodnim materijalima), a koeficijent prijelaza topline pri debljinama od 42cm iznosi $u=0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ (što je dva do tri puta niže od modernih građevinskih materijala). Dakle, zajedno s drvenom konstrukcijom u koeficijent iznosi oko $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ što znači da zgrada od slame drvenih nosača ili stupova ima vrijednost u koeficijenta ispod $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, što odgovara kriterijima pasivne kuće [11].

Zbog ovakve vrijednosti u koeficijenta i ostalih prednosti koje ovaj materijal ima, kao i dostupnosti, odnosno mogućnosti proizvodnje ovog materijala na području Bosne i Hercegovine, za dalju analizu isti je uporeden sa relativno najčešće korištenim materijalom za termoizolaciju na našim prostorima – ekspandiranim polistirenom („stiroporom“).

3. ANALIZA NEKIH MATERIJALA ZA TOPLINSKU IZOLACIJU ZDOVA

Poređenje i analiza je urađeno kroz tri koncepta održivog razvoja (ekološki, ekonomski i socijalni). Kada govorimo o *ekološkom* aspektu, što se tiče navedenih prirodnih materijala (slame, ovčje vune, plute i sl.) već je prethodno navedeno da su to obnovljivi resursi i ni na koji način ne ugrožavaju okolinu. EU tržište od 1. januara 2012. godine, jednom od direktiva koje se odnose na energetsku efikasnost (Direktiva o energetskim karakteristikama zgrada 2010/31/EU), u proces certifikovanja, kako materijala tako i arhitektonskih objekata, uvodi dvije nove kategorije koje se ocjenjuju i ulaze u ukupnu ocjenu. Kao prvo, mjeri se ukupna potrošnja primarne energije koja je potrebna za svaki zasebni materijal ili element koji je ugrađen u objekat od momenta vađenja istog iz prirode, transporta, prerade, ugradnje do momenta korištenja. Druga kategorija je emisija CO₂ koja se također sada mjeri u toku prerade materijala, ugradnje i korištenja, te recikliranja.



Slika 2. Odnos vrijednosti toplotne provodljivosti i potencijala globalnog zagrijavanja za karakteristične izolacione materijale

Tako npr. za proizvodnju slame potrebna je jednostavno Sunčeva energija, energetska je efikasna i podstiče smanjenje CO₂ u atmosferu. S druge strane također, u poređenju sa nekim izolacijskim materijalima EPS nije toliko štetan za okolinu (sastoji se više od 90% od zraka), u samom postupku se ne upotrebljavaju neki posebni hemijski spojevi štetni za okolinu, može se reciklirati, ne šteti udisanju i koži i sl., ali ipak u poređenju sa slamom potrebna je energija pored

M.Ćehić, Z.Omerčević - Toplinska izolacija zidova korištenjem prirodnih materijala

Sućeve za njegovu proizvodnju gdje zrnca polistirena pomoću sagorijevanja vodene pare i dodavanjem plina pentana povećavaju svoj volumen do 50 puta i dobivaju se zatvorene čelije u kojima je inertan zrak. U tabeli 1 je prikazano poređenje karakteristika pojedinih izolacijskih materijala.

Tabela 1. Poređenje karakteristika pojedinih izolacijskih materijala

Materijal	Toplotna provodljivost [W/mK]	Gustoća [kg/m ³]	Toplotni otpor [mK/W]	Primarna energija [kWh/m ³]
Polistiren ploča	0,035	25	28,6	1126
Mineralna vuna-rolna	0,040	12	25,0	231
Mineralna vuna-ploča	0,035	25	28,6	231
Fenolik pjenasta ploča	0,020	30	50,0	1126
Poliuretanska ploča	0,025	30	40,0	1126
Celulozna vlakna	0,035	25	28,6	133
Ovčja vuna	0,037		27,0	31
Slama (pri w=20 %)	0,0456	90-120		

Što se tiče ekonomskog dijela koncepta održivog razvoja on se može sagledava sa više različitih aspekata, u pogledu potrošnje primarne energije za proizvodnju određenog izolacionog materijala, sa stanovišta ušteda energije u fazi korištenja objekta primjenom određenih izolacionih materijala, ali i sa stanovišta cijene za nabavku – kupovinu određenog tipa izolacije, koji je za naše tržište zbog niske kupovne moći građana i jedan od presudnjih kriterija.

U tabeli su prikazani rezultati istraživanja primjene izolacionih materijala na austrijskom tržištu u slučaju kada se želi postići takav nivo gradnje kuće da ona zadovoljava standarde pasivne gradnje (koeficijentu prijelaza topline $u=0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Tabela 2. Toplinska vodljivost kojom se zadovoljava pasivni standard za kuću prosječne površine od 150m²- podaci za austrijsko tržište 2008. godine [11]

Vrsta izolacije	Toplinska vodljivost[W/mK]	Debljina [cm]	Cijena [EUR/m ²]	Cijena [EUR]
Bala slame	0,045	30	3,63	1453
Celuloza	0,045	30	18,31	7325
Eksplandirani polistiren	0,038	24	20,35	8139
Kamena vuna	0,038	24	23,55	9418

Trenutno na našem tržištu, cijene izolacionih materijala su mnogo manje nego u tabeli 2. Cijena bale slame na našim prostorima prosječnih dimenzija 30x60x30cm košta od 2,50 do 3KM, dok cijena EPS-a zavisi od tipa i debljine, tako da za debljinu od 100 mm cijena je od 7,20 do 10,20 KM, odnosno za debljinu 140 mm cijena je od 10,08 do 14,28 KM [12].

Dakle, ako se uzme izolacija od slame debljine 30 cm i izolacija EPS debljine 24cm (što odgovara koeficijentu prijelaza topline $u=0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$), jednostavnim proračunom se izračuna cijena (za EPS cijena iznosi od 17,28KM/m² do 24,48KM/m² dok je za slamu to od 13,89KM/m² do 16,70KM/m²), vidljivo je da je izolacija od EPS-a skupljala od izolacije od slame (1m^2 najjeftinijeg tipa EPS-a je i dalje skuplji od maksimalne cijene slame za 1m^2).

Iako je naša zemlja 25. oktobra 2005. god. potpisala Ugovor o osnivanju Energetske zajednice, a Parlament BiH ga je ratifikovao 2006. god. desetak godina je utrošeno na donošenju i usaglašavanju postojećih državnih zakona i regulativa sa važećim zakonima EU.

U Europskoj uniji, a i svijetu posljednje decenije jača svijest o održivoj – zelenoj gradnji. Posljednjih nekoliko godina i u našoj zemlji jača svijest o potrebi zelene gradnje, ali i potencijalu kojeg naša zemlja ima u pogledu izrade i primjene novih prirodnih izolacionih materijala.

2016. godine pokrenut projekat postizanja veće energetske efikasnosti u gradevinarstvu kao polaznica za ostvarivanje održivog društveno-ekonomskog razvoja u BiH, osmišljen od strane organizacije

M.Ćehić, Z.Omerčević - Toplinska izolacija zidova korištenjem prirodnih materijala

Savjet za zelenu gradnju – *Green Council*, a podržan od strane Ambasade Kraljevine Norveške u BiH [13]. Ovaj projekat ima za cilj uvezivanje svih učesnika u procesu ostvarivanja veće energetske efikasnosti, te ukazivanje na sve ekološke i ekonomske prednosti proizvodnje i organizirane primjene izolacijskih materijala proizvedenih u Bosni i Hercegovini od autohtonih prirodnih sirovina kao što su ovčja vuna, drvo i slama. Projekat je osmišljen kao interaktivna platforma namijenjena za komunikaciju, razmjenu informacija, edukaciju i povezivanje predstavnika akademskih zajednica, proizvođača izolacionih materijala, predstavnika lokalne i regionalne uprave, strateških partnera (međunarodne organizacije i predstavnici državnih institucija zaduženih za ovu oblast), organizacija civilnog društva, privredne komore te predstavnika privrednika i budućih investitora.

Što se tiče *socijalnog* koncepta održivog razvoja, jasne su prednosti prirodnih izolacionih materijala u odnosu na ostale u pogledu utjecaja na ljudsko zdravlje i okolinu. Npr. primjena slame kao izolacionog materijala ne uzrokuje alergije jer ne sadrži pelud, pošto slama dolazi od žitarica, a ne od sijena, ne ispušta nikakva isparavanja (koja moderni materijali mogu ispuštati) i za razliku od npr. betonskih zidova, slamljni zidovi „dišu“ što također utiče na svježiji, zdraviji zrak u prostorijama gdje ljudi borave. Slično je i sa ostalim prirodnim materijalima.

Također, kada je u pitanju socijalni aspekt primjene prirodnih materijala u građenju zidova kuća njega treba povezati, osobito ako se uzme u obzir potencijal sirovine i stanje u BiH, sa ekonomskim razvojem lokalne zajednice jer proizvodnja i iskorištenje potencijala kojeg BiH ima direktno utječe na kvalitet života ljudi.

Primjena novih prirodnih izolacionih materijala nameće potrebu razvoja i novih tehnika građenja. Tako npr. prilikom građenja sa slamom primjenjuju se dvije metode: Nebraska metoda ili metoda nosećih zidova od bala gdje bale slame predstavljaju nosivu konstrukciju i metoda laganih konstrukcija s okvirom i laganim nosivom konstrukcijom od drveta (betona, cigle ili čelika) s ispunom nosećih zidova sa slamom.



Slika 3. Izvođenje radova gradnje prve kuće od slame u BiH [14] i ploče od presane slame (izvor: www.gradimoslamom.hr), te blokovi od rižine slame(izvor: <http://www.oryzatech.com>)

U državama EU, zbog opredijeljenosti da do 2020. godine dostignu strateške ciljeve postavljene u programu 20/20/20, provode se velika istraživanja i ciljano se podržavaju industrije s čistim tehnologijama koje tretiraju prirodne materijale.

Prefabrikovani zidovi s drvenom konstrukcijom tj. okvirom od drveta, te ispunom od bala slame debljine 40 cm su jedan od inovativnih proizvoda koji se razvijaju u zemljama EU uz podršku istraživačkih centara i univerziteta. Ovakvi zidovi, uz ostale karakteristične slojeve, mogu postići norme zidova za pasivne kuće.

I u našoj zemlji je prošle godine izgrađena prva kuća od slame uz magistralni put Bijeljina – Brčko, nekoliko km od Bijeljine. Bračni par koji je započeo gradnju ove kuće (Slika 3) ističe da su sagledali i ekonomsku i ekološku stranu i odlučili se za ovakvu gradnju, gdje većinu posla obavljaju sami.

4. ZAKLJUČAK

Mnoga istraživanja sprovedena u cilju određivanja toplinske učinkovitosti prirodnih materijala su dala zadovoljavajuće rezultate kada se radi o toplinskoj izolaciji s ovim materijalima (približno ista toplinska vodljivost i nizak koeficijent prijelaza topote koji se može još smanjiti povećanjem debljine materijala).

Iz prirodnih materijala ne isparavaju štetni spojevi (poput formaldehida) što je slučaj kod mnogih „modernih“ materijala pa je upotreboom npr. slame, osigurana poboljšana kvaliteta zraka kojeg udišemo. Korištenjem netoksičnih organskih završnih slojeva (poput ilovače), prirodnih pigmenta i boja te adekvatnim prozračivanjem osigurava se ugodna atmosfera u prostorijama za stanovanje.

Za proizvodnju prirodnih izolacionih materijala (slame, vune, pa i plute) osim energije koja je neophodna za biološki rast domaćina (ovce, žitarice ili hrasta) dodatno koristi još malo energije za obradu, odnosno za proizvodnju ovih izolacionih materijala.

Iz analiziranog se može zaključiti da se slama (kao jedan od prirodnih materijala kojeg naša država ima potencijal proizvoditi) pokazuje kao odličan izolacijski materijal te se upotrebom iste za toplinsku izolaciju zidova može uštedjeti energija potrebna za grijanje i hlađenje prostora, a to znači i smanjenje emisije stakleničkih plinova.Također, zidovi od slame imaju dobru statičku čvrstoću i otporni su na požar zbog male količine kisika u presovanim balama slame. Kuće koje su građene od slame osiguravaju i odlične uvjete za zdravo stanovanje u poređenju s nekim drugim materijalima, dok su cijene takvih kuća u konačnici bitno niže od cijena konvencionalno građenih kuća.

Moguće je zaključiti, s obzirom na razne projekte održivog razvoja koji se implementiraju svugdje po svijetu pa i u našoj državi, da se sve više vodi računa o uticaju koji se ostavlja na okolinu pa tako prirodnim materijali nalaze sve veću primjenu u praksi.

Jedno od mogućih pravaca razvoja BiH privrede može upravo biti i proizvodnja prirodnih izolacionih materijala korištenjem sirovinskog potencijala kojeg naša zemlja ima..

5. LITERATURA

- [1] Occupational Safety and Health Administration, *Synthetic Mineral Fibers: Health Hazards*. United State Department of Labor; 2003.
- [2] Chikhi M., Agoudjil B., Boudenne A., Gherabli A., *Energ. Buildings* 66; 2013.
- [3] Liu K., Takagi H., Osugi R., Yang Z., *Composite: Part A* 43; 2012.
- [4] Kauriinvaha E., Viljanen M., Pasila A., Kymäläinen H-R., Pehkonen A., (2001). Helsinki University of Technology, Publications TKK-TRT-117.
- [5] Barreveld W. H., *Date palm products*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; ISBN 92-5-103251-3; 1993.
- [6] Motik B.: *Tehnologije za održivi svijet: priručnik za održivo graditeljstvo i gospodarenje otpadnim vodama*, EkoSense, ZMAG, Blatuša 2009.
- [7] Munić, J.: *Bioraznolikost kao temelj održivog razvoja*, Zelena akcija, Zagreb 2010.
- [8] NN 110/07 (2009): *Strategija održivog razvitka Republike Hrvatske* (http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2009_03_30_658.html)
- [9] ODYSSEE (2013): *Energy Efficiency Trends in the EU: Lessons from the ODYSSEE MURE project*, 2013.
- [10] ODYSSEE-MURE (2012): *Profil energetske učinkovitosti: Hrvatska*, 2012. (<http://www.odyssee-mure.eu/publications/profiles/hrvatska-efficiency-trends.pdf>)
- [11] Glasnović Z., Horvat J., Omahić D. (2008): *Slama kao superiorni građevinski materijal*, Tehnoeko; 2008.
- [12] [http://www.austrotherm.ba/upload/Cjenovnik maj 2017.pdf](http://www.austrotherm.ba/upload/Cjenovnik_maj_2017.pdf)
- [13] S.Klarić, D.Šamić, J.Katica, A.Kurtović, M.Duerod, M.Roso Popovac: Vodič energetska efikasnost u zgradarstvu kao polaznica za ostvarivanje održivog društveno-ekonomskog razvoja u Bosni I Hercegovini, Savjet za zelenu gradnju - Green Council, Sarajevo, 2016.
- [13] <http://green-council.org/savjet-za-zelenu-gradnju/>