

## POTENCIAL PRIHRANKOV ENERGIJE V STAVBAH

Martina ZBAŠNIK-SENEGAČNIK

### POVZETEK

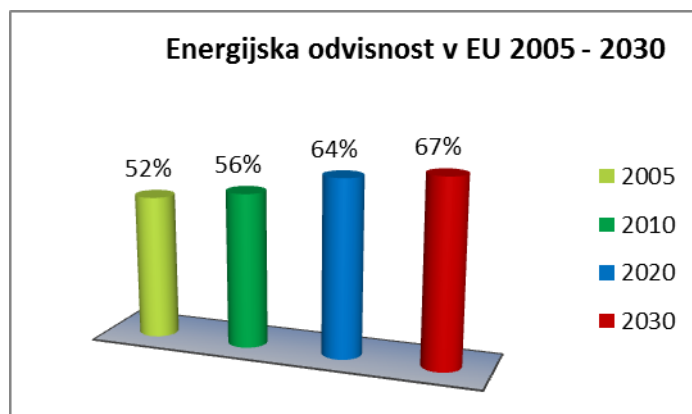
*Stavbe so v celotnem življenjskem ciklusu veliki porabniki energije. V zadnjih letih se zmanjšuje raba energije za ogrevanje. Razviti so različni koncepti energijsko učinkovitih stavb (nizkoenergijske, nič-energijske, samozadostne, plusenergijske, pasivne hiše). Optimalna je pasivna hiša – s sprejemljivim razmerjem med stroški in prihranki energije. Višja energijska učinkovitost sicer zmanjša rabo obratovalne energije, vendar se zaradi večjega deleža gradiv in komponent poveča vgrajena energija. Faza gradnje stavbe postaja potencial prihrankov energije.*

### ABSTRACT

*Buildings are large energy consumers during their entire life cycle. In recent years, the use of energy for heating has been decreasing. Various concepts of energy efficient buildings have been developed (low energy, zero-energy, self-sufficient, plus-energy and passive houses). The optimum type is a passive house with an acceptable balance between energy costs and savings. While energy efficiency does reduce the consumption of operating energy, the larger proportion of materials and components increases the embodied energy. The construction stage has increasing potential for energy savings.*

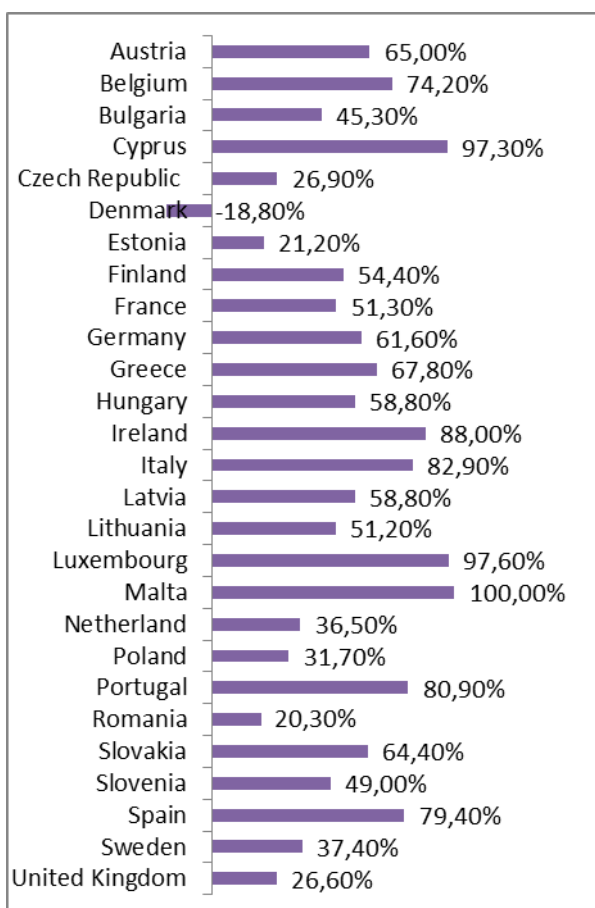
## 1. UVOD

Evropska unija se spopada s čedalje večjimi potrebami po energiji, kar predstavlja ekonomsko, socialno in ekološko tveganje. Trenutno več kot 50 % energetskega potreba pokriva z uvozom, kar jo uvršča v sam svetovni vrh. Če ne bodo uvedeni predvideni ukrepi, bi se delež lahko do leta 2030 povečal na 67 % [2]. Samo majhen del energentov je domačih, večinoma prihajajo iz različnih držav izven evropskega prostora [1]: zemeljski plin iz Rusije, (34%), iz Alžirije (14%), več kot 10% iz Katarja, Libije, Nigerije in Egipta. Surova nafta prihaja iz OPEC-a (35%), Ruske federacije (33%), 9% iz Kazahstana in Azerbajdžana. Odvisnost EU od uvoza energije se torej konstantno povečuje (Sl. 1).



Sl. 1: Energijska odvisnost EU od uvoza energije 2005 – 2030 [2]

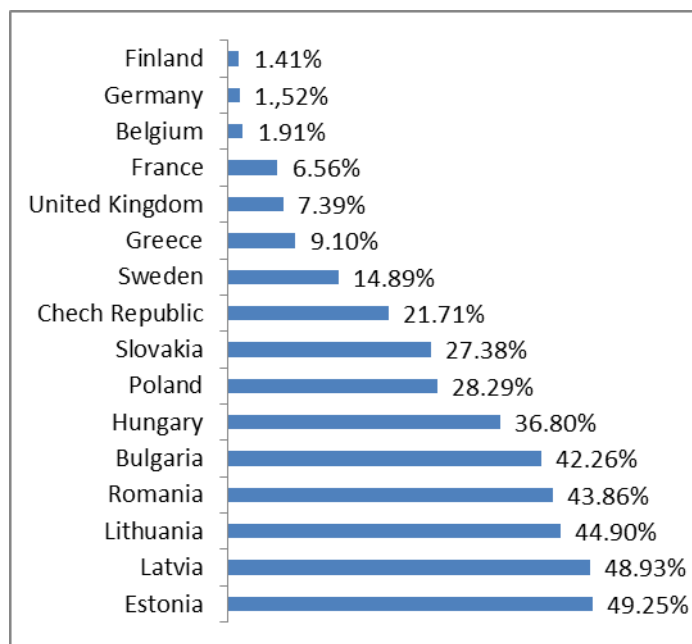
Odvisnost držav članic od uvoza je različna (Sl. 2). V Republiki Sloveniji je bila leta 2009 energijska odvisnost malo pod evropskim povprečjem in je znašala 49 % [1].



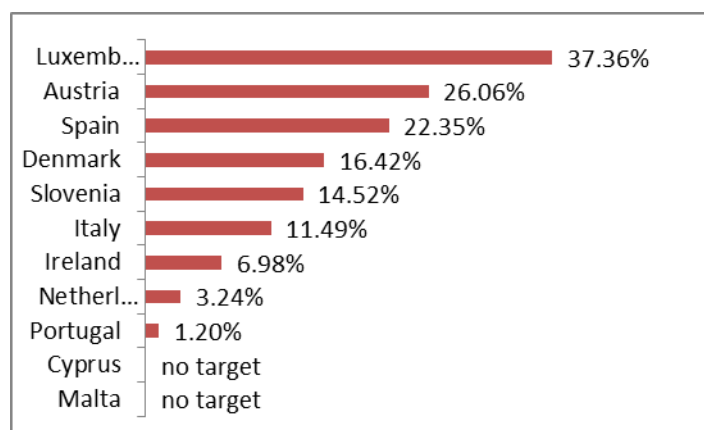
Sl. 2: Energijska odvisnost v članicah EU v 2009 [1]

Poleg velikih količin surovinskih virov za proizvodnjo energije, ki jih mora zagotoviti država, predstavljajo težave tudi emisije toplogrednih plinov, ki povzročajo globalno

segrevanje ozračja. S Kjotskim protokolom [3], ki ga je Slovenija podpisala 1998, so bile dogovorjene kvote emisij CO<sub>2</sub>, ki jih posamezne države smejo dosegati. 16 držav članic EU ne presega dogovorjenih kvot (Sl. 3). Slovenija je ena izmed devetih evropskih držav, kjer emisije CO<sub>2</sub> presegajo dovoljene (Sl. 4). V letu 2008 je že za 14,52% presegla kvote, dovoljene za leto 2012 [1].



Sl. 3: Članice EU pod kjotskimi zahtevami 2012 (v 2008) [1]



Sl. 4: Članice NAD kjotskimi zahtevami 2012 (v 2008) [1]

Velik del pridobljene energije porabijo evropska gospodinjstva. Poraba končne energije v gospodinjstvih v EU je v letu 2010 znašala 307 Mtoe ali 26,6% [4]. Ogrevanje predstavlja 70% porabljene energije in prispeva približno 14% delež emisij toplogrednih plinov [5].

V Sloveniji je poraba končne energije v letu 2010 znašala 5,1 Mtoe, od tega v gospodinjstvih 1,3 Mtoe (25,5%). Za ogrevanje prostorov v gospodinjstvih se v Sloveniji

porabi 0,8 Mtoe (61,5%). Delež sončne in geotermalne energije, ki ne povzročata emisij CO<sub>2</sub>, je neznamenit: toplote iz geotermalnih virov je 757 toe (0,9%), iz sončne energije pa še precej manj, 212 toe (0,25%) [6].

Dejstva torej kažejo, da so evropska in slovenska gospodinjstva velik energijski potencial – ob zmanjševanju rabe energije za ogrevanje in večanju deleža obnovljivih virov energije.

## 2. ZAKONODAJA

Porabo energije za ogrevanje stavb omejujeta Direktiva EPBD 2002/91/EC [7] in predvsem prenovljena Direktiva EPBD 2010/31/EU [8], ki še bistveno zaostrojuje nekatere zahteve:

- 20 % zmanjšanje emisij toplogrednih plinov (glede na izhodiščno leto 1990)
- 20 % zmanjšanje rabe primarne energije s povečanjem energijske učinkovitosti
- 20 % delež obnovljivih virov v primarni energijski bilanci

Obe direktivi predvidevata omejevanje rabe energije na ravni celotne stavbe, ki poleg ovojne stavbe vključuje tudi posamezne tehnične sisteme v stavbah kot so prezračevanje, ogrevanje, klimatizacija, hlajenje, priprava tople vode in razsvetljava.

Direktiva EPBD 2010/31/EU predvideva do leta 2020 zviševanje energijske učinkovitosti stavb na nivoju nič-energijske hiše:

- do 31. decembra 2020 – vse nove stavbe morajo biti skoraj nič-energijske,
- do 31. decembra 2018 – vse nove stavbe v javni lasti morajo biti skoraj nič-energijske, saj morajo biti zgled preostalim.

Pričakovani rezultati prenovljene direktive EPBD 2010/31/EU so 5 % do 6 % zmanjšanje končne energije EU, 160 Mt – 210 Mt na leto prihrankov CO<sub>2</sub> in 280.000 do 450.000 novih delovnih mest do leta 2020 [9].

Slovenija je v skladu z direktivama EPBD 2002/91/EC in EPBD 2010/31/EU v letu 2010 sprejela nacionalno gradbeno zakonodajo – Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah [10]. Pravilnik predpisuje minimalne tehnične zahteve in smernice za gradnjo nizkoenergijskih hiš danes (poraba energije za ogrevanje približno 40 – 50 kWh/(m<sup>2</sup>a)) oz. skoraj nič-energijskih hiš v prihodnosti.

Direktivi EPBD 2002/91/EC in EPBD 2010/31/EU predpisujeta uvedbo Energetske izkaznice, ki bo prikazovala porabo energije v stavbi. V Sloveniji je Energetsko izkaznico uvedel Energetski zakon [11]. Energetska izkaznica se izda za:

- stavbe ali stavbne enote, ki se zgradijo, prodajo ali oddajo novim najemnikom
- stavbe, kjer skupno uporabno površino nad 500 m<sup>2</sup> (od 9. julija 2015 na 250 m<sup>2</sup>) uporabljajo javno organi ali se v njih pogosto zadržuje javnost
- vsak večstanovanjski objekt z vsaj štirimi etažnimi enotami, ki mora pridobiti energetsko izkaznico najkasneje do leta 2015

### 3. ENERGIJSKA UČINKOVITOST STAVB

Pojem energijska učinkovitost stavb se v Evropi sicer pojavlja od prve energetske krize v sedemdesetih letih. Že pred tem pa so nastajale stavbe, ki so za ogrevanje potrebovale neznatne količine energije [12]:

- Tradicionalne pasivne hiše na Islandiji – že v 18. in 19. stol. so zaradi pomanjkanja lesa (in premoga) stavbe izdatno izolirali in jih s tem naredili skoraj samozadostne.



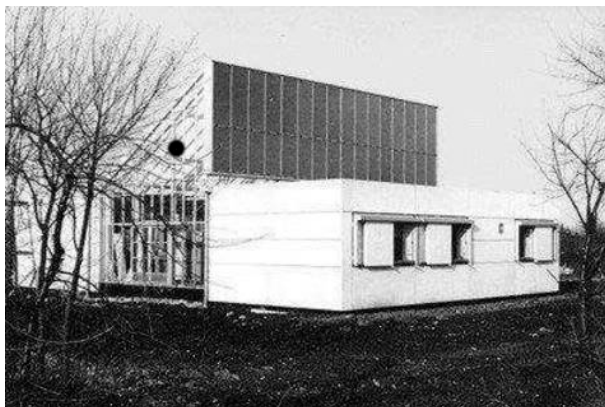
Sl. 5: Tradicionalne pasivne hiše na Islandiji [12]

- Polarna raziskovalna ladja Fram (avtor: Fridtjof Nansen) je že konec 19. stol. (1883) v hladnih severnih morjih plula brez dodatnega ogrevalnega sistema. Stene ladje so bile debele 40 cm in sestavljene iz lesa jelke, klobučevine, obdelane s katranom ter linoleja, ki je zagotavljal zrakotesnost. Vgrajena so bila okna s trislojno zasteklitvijo, prezračevanje je urejal ventilator.



Sl 6: Polarna raziskovalna ladja Fram [12]

- Ničenergijska hiša, København, 1974 (avtorja: Vagn Korsgaard in Torben Esbensen) je imela premično toplotno izolacijo pred okni, rekuperacijo, solarni ogrevalni sistem ter hranilnik toplote  $30 \text{ m}^3$ .



Sl. 7: Ničenergijska hiša, København [12]

- Eksperimentalna hiša Philips, Aachen, 1974, je za ogrevanje potrebovala  $20 - 30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Imela je izredno toplotno izolativen ovoj ( $U = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ) in okna ter sistem kontroliranega prezračevanja.



Sl. 8: Eksperimentalna hiša Philips, Aachen [12]

- Inštitut Rocky Mountains (avtor: Amory Lovins), Kolorado, 1984, nadmorska višina  $2164 \text{ m}$  – prva ekstremno izolirana solarna pasivna hiša v ZDA. V zimskem vrtu uspevajo tropske rastline, kurilna naprava se vključi zelo redko. Te izkušnje so bile pomembne pri razvoju pasivne hiše, saj so dokazale, da fizika deluje tudi v praksi.



Sl. 9: Inštitut Rocky Mountains, Kolorado [12]

- Prva pasivna hiša večstanovanjska hiša, Kranichstein-Darmstadt, 1991. Nastala je okviru projekta CEPHEUS (avtor: dr. Wolfgang Feist). Na podlagi rezultatov in izkušenj je leta 1996 nastal standard pasivne hiše, ki je sprožil val razvoja in gradnje energijsko učinkovitih stavb. Že leta 2000 je bilo v Evropi 322 zgrajenih pasivnih hiš. Njihovo število je začelo drastično naraščati. 2010 jih je bilo 28.278 in konec leta 2011 že 39.390. Leta 2015 se v Evropi pričakuje 143.500 pasivnih hiš [13].

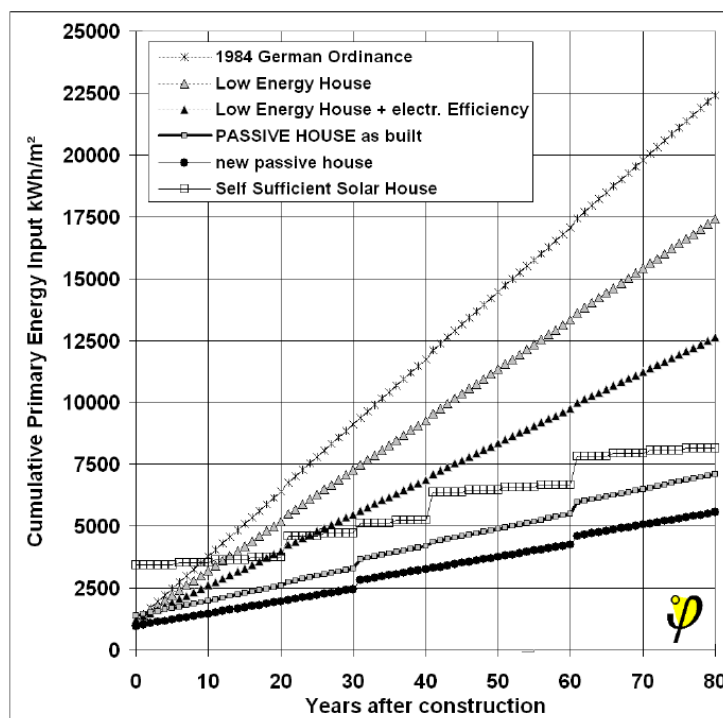


Sl. 10: Prva pasivna hiša, Kranichstein-Darmstadt [12]

#### 4. SKORAJ NIČ-ENERGIJSKA HIŠA JE PASIVNA HIŠA

Tako evropska kot slovenska zakonodaja že v nekaj letih predvidevata uvedbo skoraj nič-energijske hiše za novogradnje in tudi sanacije [8]. Trenutno natančne definicije o rabi energije za ogrevanje v skoraj nič-energijski hiši še ni, gotovo pa se ne bo veliko razlikovala od standarda pasivne hiše, ki je poznan že dve desetletij. Standard pasivne hiše je med energijsko varčnimi stavbami optimalen. Stroški gradnje pasivne hiše so v primerjavi s hišo, grajeno po trenutno veljavnih predpisih, med 5 in 10 % višji [14]. Raba energije za ogrevanje je bistveno manjša, bivalno ugodje pa precej višje. Obstaja znanje načrtovalcev in izvajalcev. Na trgu je tudi obsežna ponudba komponent za pasivne hiše po sprejemljivih cenah, v zadnjih letih se celo znižujejo (najbolj pri okenski okvirih in prezračevalnih napravah z vračanjem toplote odpadnega zraka). Cene goriv se zvišujejo, poleg tega so obrestne mere izredno nizke. Dr. Feist pravi [15], da se tisti, ki ima možnost graditi nov dom in ne izrabi te priložnosti, v prihodnosti ne bi smel pritoževati nad visokimi stroški za ogrevanje.

Večanje energijske učinkovitosti stavbe je pomemben ukrep za zmanjšanje količine potrebne obratovalne energije [8]. Razvili so se številni tipi energijsko učinkovitih stavb z različnimi koncepti, npr. zelo dobre nizkoenergijske hiše, pasivne hiše, nič-energijske hiše, samozadostne hiše, ipd. Analize avtorjev dokazujejo, da je trenutno optimalni tip energijsko učinkovite hiše prav pasivna hiša [16].



Sl. 11: Primerjave energijskih bilanc življenjskega ciklusa: nizkoenergijska hiša, pasivna hiša, samozadostna hiša [16].

Pasivna hiša za ogrevanje porabi največ 15 kWh/(m<sup>2</sup>a) [17]. Ima izredno kvaliteten toplotni ovoj (toplotna prehodnost sten in strehe:  $U \leq 0,1-0,15$  W/(m<sup>2</sup>K), toplotna prehodnost vgrajenih oken in vrat:  $U \leq 0,85$  W/(m<sup>2</sup>K)), ki je izveden brez toplotnih mostov ( $\psi \leq 0,01$  W/(mK) in zrakotesno ( $n_{50} \leq 0,6$  h<sup>-1</sup>). Obvezen je sistem kontroliranega prezračevanja z vračanjem toplote odpadnega zraka. Zaradi vseh teh ukrepov so pri pasivni hiši specifične toplotne izgube (transmisijske in prezračevalne) manjše od 10 W/m<sup>2</sup>. Zato ima zgradba tako nizke potrebe po toploti, da klasični ogrevalni sistemi niso več potrebni. V pasivni hiši se uporablja t.i. toplozračno ogrevanje. Zrak, ki se s prezračevalno napravo dovaja v bivalne prostore, se v hladnih dneh nekoliko dogreje, najpogosteje s toplotno črpalko. Raziskave na velikem vzorcu uporabnikov [18] kažejo na veliko zadovoljstvo z bivanjem v pasivnih hišah. Ne samo zaradi nizkih stroškov za ogrevanje, ampak predvsem zaradi termalnega in bivalnega ugodja. V pasivni hiši je zrak namreč vedno topel in svež.

## 5. ZAKLJUČEK

Težišče energijskih prihrankov v zadnjih desetletjih izhaja iz zmanjševanja rabe končne energije v fazi obratovanja. Potrebe po energiji za ogrevanje prostorov so se pri energijsko najbolj učinkovitih stavbah znatno zmanjšale. Energija, potrebna za druge faze življenjskega ciklusa stavbe, pa je večinoma zapostavljena [19]. Dejstvo je, da ukrepi za zmanjšanje potrebne obratovalne energije povzročijo povečano rabo energije v fazi proizvodnje gradiv in

komponent. Zaradi tega je potrebno v prihodnje večjo pozornost nameniti vgrajeni energiji. Raziskave namreč kažejo, da je skupna raba energije v nizkoenergijskih stavbah zaradi višjega deleža vgrajene energije lahko celo višja kot v stavbah z višjo obratovalno energijo [16]. Ukrepi za zmanjševanje rabe energije v obratovanju stavbe torej ne znižujejo nujno tudi primarne energije celotnega življenjskega ciklusa [20]. Pri stavbah z visoko energijsko učinkovitostjo postaja čedalje bolj pomembna izbira gradiv in komponent [21]. Ključni potencial prihrankov energije v stavbah zato postajajo strategije za zmanjšanje rabe primarne energije za proizvodnjo gradiv in komponent.

## 6. VIRI, LITERATURA

- [1] Europe's Energy Portal, <http://www.energy.eu/#top> (Accessed September 2012)
- [2] Europe's dependence, <http://www.energetska-ucinkovitost.si/energetska-odvisnost/evropska-odvisnost/> (Accessed August 2012)
- [3] Kyoto protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.html> (Accessed August 2012)
- [4] Eurostat, Energy balance sheets 2009-2010, Statistical books, [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY\\_OFFPUB/KS-EN-12-001/EN/KS-EN-12-001-EN.PDF](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-EN-12-001/EN/KS-EN-12-001-EN.PDF) (Accessed August 2012)
- [5] Market Observatory for Energy, Report 2009, Europe's energy position – markets and supply. doi: 10.2768/20104
- [6] Statistical Yearbook of the Republic of Slovenia 2011, <http://www.stat.si/letopis/2011/19-11.pdf> (Accessed August 2012)
- [7] Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings. Official Journal of the European Union, L1/65:168-173
- [8] Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance Of Buildings. 2010. Official Journal of the European Union, L153/13.
- [9] Energy efficiency, <http://www.energetska-ucinkovitost.si/energetska-ucinkovitost-v-stavbah/evropske-direktive/>
- [10] Regulations on Energy Efficiency in Buildings (Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah) (Ur.l. RS, št. 52/2010)
- [11] Energy Law, (Ur.l. RS, št. 27/2010)
- [12] Geschichte der Passivhäuser, [http://passipedia.passiv.de/passipedia\\_de/grundlagen/anmerkungen\\_zur\\_geschichte](http://passipedia.passiv.de/passipedia_de/grundlagen/anmerkungen_zur_geschichte) (Accessed March 2013)
- [13] Lang, G.: Study on the Development of Passive House Trends in Europe 2010 – 2021, <http://www.langconsulting.at/index.php/en/research/32-basic-research/222-trends-2010-2021>, 02.03.2013
- [14] Zbašnik-Senegačnik, M., Senegačnik, A. (2009). Argumenti za izbiro pasivne hiše = Arguments for choosing a passive house. V: VORŠIČ, J. (ur.). 18. Mednarodno

- posvetovanje Komunalna energetika, 12. do 14. maj 2009, Maribor, Slovenija. Zbornik. Maribor: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko.
- [15] Feist, W. (2013). Passive house efficiency makes the energy revolution affordable. V: Feist, W.(ur.). 17 th International Passive House Conference, 19th -20 th of April 2013, Frankfurt, Passive House Institut Darmstadt, str. 61-70.
- [16] Feist, W. (1996). Life-cycle energy balances compared: low-energy house, passive house, self-sufficient house. In: Proceedings of the international symposium of CIB W67, Vienna, p. 183–190.
- [17] Feist, W., 1998: Das Passivhaus – Baustandard der Zukunft?. Protokollband Nr. 12, Passivhaus Institut, Darmstadt.
- [18] Keul, A., (2010): Energy monitoring and analysis of user satisfaction in existing passive houses estates in Austria. V: Feist, W.(ur.). 14 th International Passive House Conference, 28th -29 th of May 2010, Dresden, Passive House Institut Darmstadt, str. 43-47.
- [19] Gustavsson, L., Joelsson, A. (2010). Life cycle primary energy analysis of residential buildings. Energy and Buildings, vol. 42, p. 210-220.
- [20] Dadoo, A., Gustavsson, L., Sathre, R. (2011). Building energy-efficiency standards in a life cycle primary energy perspective. Energy and Buildings, vol. 43, p. 1589–1597.
- [21] Thormark, C. (2002). A low energy building in a life cycle — its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. Building and Environment, vol. 37, p. 429–435.
- [22] Schnieders, J., Hermelink, A. (2006). CEPHEUS results: measurements and occupant's satisfaction provide evidence for Passive Houses being an option for sustainable building. Energy Policy, vol. 34, p. 151-171.

## NASLOV AVTORICE

Izr. prof. dr. Martina Zbašnik-Senegačnik

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo  
Zoisova 12, 1000 Ljubljana, Slovenija

Elektronska pošta: [martina.zbasnik@fa.uni-lj.si](mailto:martina.zbasnik@fa.uni-lj.si)