

**izvleček**

V prispevku je prikazana sodobna lesena gradnja s poudarkom na energetski učinkovitosti. Slovenija je država z visokim deležem gozdnih površin in omogoča zdržno proizvodnjo kvalitetnega lesa. Kljub temu je letna poraba lesa na prebivalca še vedno nižja od evropskega povprečja. V prispevku so opisane prednosti uporabe lesa kot gradbenega materiala in značilnosti tehnološko napredne lesene gradnje. Lesena gradnja v Sloveniji je v zadnjih letih v porastu, kar kažejo tudi izvedeni in v prispevku delno prikazani javnomnenjski raziskavi iz leta 2006 in 2011. Uporabljena metoda dela pri raziskavi je bilo zbiranje podatkov, izvedeno s CATI metodo - računalniško podprto telefonsko anketiranje. Poleg večjih podjetij se v zadnjem času pojavlja nezamisljivo število lesenih hiš, zgrajenih v lastni režiji in preko manjših obrtnikov – tesarskih delavnic. Glede na trende v drugih alpskih deželah se pričakuje, da se bo njihovo število še povečalo. Prevladujoči sistemi lesene gradnje v Sloveniji so: okvirna (panelna) konstrukcija, skeletna konstrukcija in polna masivna konstrukcija. Pojavljajo pa se tudi mešani sistemi. Proizvodni procesi in izdelki iz lesa so tudi bližje konceptu "oZdZ – od zibelke do zibelke" (C2C – cradle to cradle). V Sloveniji poteka projekt vzpostavljanja Mreže C2C v okviru evropskega programa INTERREG IVC.

**ključne besede**

lesena gradnja, les gradbeni material, sistemi lesene gradnje, vrednotenje oZdZ

**abstract**

*Paper presents contemporary wooden architecture emphasising its energy efficiency. Slovenia has extensive forests, which enable the production of high-quality wood. Slovenian wood consumption, according to official data, is relatively low compared to available wood resources, but nevertheless higher than the European average. This study focuses on the advantages of wood as a building material and the properties of technically advanced wooden buildings. Building in wood has been increasing in Slovenia in recent years. In addition to the production of bigger companies, a considerable number of wooden houses have appeared lately, constructed by the undertakings themselves and through smaller tradesmen i.e. carpentry workshops. According to trends in other Alpine regions, the percentage of construction through carpentry workshops will increase even more. The prevailing systems of timber construction in Slovenia are panel construction, wood frame construction and solid wood construction. There are also mixed systems. The production processes and wooden products are close to the C2C – cradle-to-cradle concept. In Slovenia the project of establishing a C2C network is ongoing in the scope of the European INTERREG IVC programme.*

**key words**

timber building, wood building material, structural systems, cradle-to-cradle

**Slovenija dežela gozdov**

Slovenija je srečna gozdna in lesna dežela. Odlično izobražen gozdarski kader usmerja gospodarjenje z gozdovi dosledno ekosistemsko (sonaravno), zdržno in večnamensko. Ekosistemsko gospodarjenje z aktivnim vzdrževanjem gozdnega zdravja oz. integritete gozdnih ekosistemov, ki predstavlja fundamentalno odgovornost gozdarstva, zagotavlja potrebno biološko in mehansko trdnost sestojev, omogoča realizacijo številnih ekonomskih, ekoloških in socialnih funkcij ter zdržno proizvodnjo kvalitetnega lesa [Torelli, 2010]. Zadnji podatki o slovenskih gozdovih [ZGS, 2009] kažejo, da znaša njihova površina 1.186.104 ha, od tega je 877.452 ha zasebnih in 279.865 ha državnih. V primerjavi s predhodnim letom se je površina gozdov povečala za okrog dva tisoč hektarov, gozdatost Slovenije je torej 58,5 %, delež gozdov v zasebni lasti se je povečal za 0,5 % in znaša 73,5 %, državnih gozdov je 24,4 %, ostalo so gozdovi v lasti lokalnih skupnosti. Leta 2009 je bila lesna zaloga gozdov v Sloveniji 327.458.500 m<sup>3</sup> ali 276 m<sup>3</sup>/ha. Od tega je iglavcev 128 m<sup>3</sup>/ha in 148 m<sup>3</sup>/ha listavcev. Letni prirastek slovenskih gozdov znaša 7.985.300 m<sup>3</sup> (6,74 m<sup>3</sup>/ha). Posek še naprej zaostaja za dopustnim oziroma možnim posekom, kot ga dovoljujejo gozdnogospodarski načrti (Tabela 1).

	Iglavci (m <sup>3</sup> bruto)	%	Listavci (m <sup>3</sup> bruto)	%	Skupaj (m <sup>3</sup> bruto)	%
2007	2.042.735	89	1.199.335	48	3.242.070	68
2008	2.055.341	87	1.372.031	53	3.427.372	70
2009	1.853.772	76	1.520.419	57	3.374.191	66

Tabela 1: Evidentirani posek (m<sup>3</sup> bruto) in delež letnega možnega poseka (%) v obdobju 2007-2009 [ZGS, 2010].

Table 1: Records of timber harvesting (gross cubic metres) and the share of possible harvesting (in %) in the 2007-2009 period. (Source: ZGS 2010)

V lesni zalogi slovenskih gozdov med drevesnimi vrstami prevladujeta bukev in smreka, vsaka z 32 %, sledijo jima jelka s 7,5 %, hrasti s 7,4 %, bori 5,9 %, plemeniti listavci z 4,9 % in vse druge drevesne vrste skupaj z okrog 10 %. V strukturi potencialne vegetacije je delež bukve znatno višji - 58 %, smreke le 8 % in jelke 10 %, kar kaže na nekdanje neprimerno umetno razširjanje višinske smreke na nižinska, pretežno bukova rastišča. Letna poraba lesa na prebivalca v Sloveniji znaša le 0,4 m<sup>3</sup>, v Avstriji pa kar 0,8 m<sup>3</sup> (slika 1).

Letna poraba lesa (m<sup>3</sup>/prebivalca)  
v izbranih državah EU, 2005



Slika 1: Letna poraba lesa (m<sup>3</sup>/prebivalca) v izbranih državah EU, 2005 [Mayer, Peters, 2006].

Figure 1: Annual timber consumption (m<sup>3</sup> per capita) in selected EU countries, 2005.

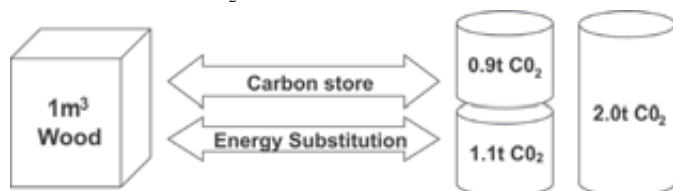
**Prednost uporabe lesa kot gradbenega materiala**

Les je prijazen okolju in je edini obnovljivi gradbeni material z izjemno čistim življenjskim ciklom. Ima ugodno razmerje med gostoto in trdnostjo, visoko površinsko temperaturo, nizko toplotno prevodnost, dobro akustiko in dobre elastične

lastnosti. Nastaja v čistem procesu fotosinteze in asimilacije ob blagodejnem vplivu na okolje, za obdelavo in predelavo je potrebno malo energije, predstavlja akumulacijo CO<sub>2</sub> in je CO<sub>2</sub> – nevtralen, drevesa in leseni izdelki lahko desetletja in stoletja skladiščijo CO<sub>2</sub>, lesne ostanke lahko uporabimo za lesna tvoriva ali kot energent. Značilnosti lesa:

Splošna dosegljivost in obnovljivost. Posek je manjši od dopustnega, določenega z gozdno-gospodarskimi načrti.

Les je naravni akumulator atmosferskega ogljika in je CO<sub>2</sub>-nevtralen. Pri sežigu odda les le toliko ogljikovega dioksida, kolikor ga je med rastjo v procesu fotosinteze sprejel iz atmosfere. Kubični meter sveže bukovine vsebuje 287 kg ogljika ali 1052 kg ekvivalentov CO<sub>2</sub>! Če z lesom nadomestimo kak drug neobnovljiv gradbeni material (beton, opeka), prihranimo še nadaljnjo tono CO<sub>2</sub> (slika 2).

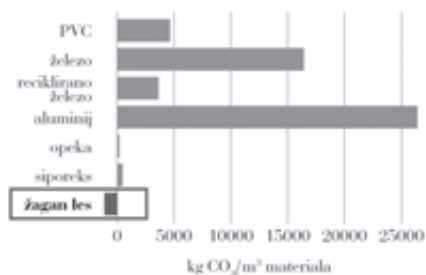


Slika 2: 1 kubični meter lesa vsebuje približno do 1 t ekvivalentov CO<sub>2</sub>. Če z lesom nadomestimo drug neobnovljiv material, lahko prihranimo dodatno tono CO<sub>2</sub> - skupaj 2 t [Gozdarski inštitut Slovenije – Mitja Piškur].

Figure 2: 1 cubic meter of timber contains approximately up to 1 ton of CO<sub>2</sub> equivalents. If a non-renewable material is replaced by timber, another ton of CO<sub>2</sub> can be saved; 2 tons in total [Slovenian Forestry Institute – Mitja Piškur].

Drevo je naravni akumulator energije, gozdovi so visokoproduktivne energijske tovarne, les je bioenergija in lesni izdelki nizkoenergijski izdelki.

### Neto emisija oz. absorpcija CO<sub>2</sub> na 1 m<sup>3</sup> surovine



Slika 3: Neto emisija oz. absorpcija CO<sub>2</sub> na 1 m<sup>3</sup> surovine [CEI-Bois, 2006].

Figure 3: Net emission or absorption of CO<sub>2</sub> per 1 m<sup>3</sup> of raw material.

Nizka količina “sive” energije (angl. embodied energy, nem. graue Energie) lesa in lesnih tvoriv v primerjavi z nelesnimi materiali. Siva energija za aluminij je kar 515.700 MJ/m<sup>3</sup>, za jeklo 151 200 MJ/m<sup>3</sup> in za PVC 93.620 MJ/m<sup>3</sup>, medtem ko znaša siva energija za žagan, “zračno” sušen les iglavcev le 165 MJ/m<sup>3</sup>, za tehnično sušenega 880 MJ/m<sup>3</sup>, za vezan les 5 720 MJ/m<sup>3</sup>, za iverko 4.400 MJ/m<sup>3</sup>, za lepljene nosilce 2.530 MJ/m<sup>3</sup>, za MDF 8.330 MJ/m<sup>3</sup> in za papir 33.670 MJ/m<sup>3</sup>.

Pri lesu in lesnih tvorivih je količina sive energije v primerjavi z energijo, ki jo vsebuje les, še posebej ugodna: pri žaganem, sušenem in skobljanem lesu 15 %, pri iverkah 30 % in pri MDF še vedno le 40 % [Frühwald, 2000].

Izjemno čist in energijsko varčen “življenjski cikel”.

Enota	Skladiščenje ogljika
Hiša	10-25 t C/hiša
Lesena okna	25 kg C/okno
Lesene talne obloge	5 kg C/m <sup>2</sup>
Pohištvo	1 t C/gospodinjstvo

Tabela 2: Skladiščenje ogljika v proizvodih stanovanjske gradnje [CEI-Bois, 2006].

Table 2: Carbon storage in housing construction products [CEI-Bois, 2006].

## Prednosti in značilnosti tehnološko napredne lesene gradnje

### 1. Gradnja v skladu z načeli trajnostne gradnje

Ekološka neoporečnost in visok odstotek reciklaže vgrajenih materialov, energetsko varčna v fazi proizvodnje in uporabe (stroški obratovanja so nizki), omogoča zdravo bivalno okolje; les s svojo barvo, strukturo in vonjem pozitivno vpliva na človekovo počutje. V leseni zgradbi se prebivalci počutijo prijetno (že) pri 18-20°C, v masivni zgradbi pa šele pri 22-24°C.

### Lesena gradnja omogoča bolj zdravo bivalno okolje



Slika 4: Lesena gradnja omogoča bolj zdravo bivalno okolje - sprememba deležev 2011 proti 2006 [Kitek Kuzman, 2006 in 2011].

Figure 4: Timber construction allows for a healthier living environment – change of shares in 2011 with respect to 2006 [Kitek Kuzman, 2006 and 2011].

### 2. Gradnja je prenesena iz gradbišča v proizvodno halo, kjer poteka izdelava sestavnih delov v kontrolirani klimi, zaprtih in suhih prostorih

Vsi vgrajeni materiali in polizdelki so zaščiteni pred vremenskimi vplivi, večina sestavnih delov je narejena v proizvodnji, tako je postopek gradnje na gradbišču okolju prijaznejši, saj je manj odpadnega materiala in manj prevozov na gradbišče. Možno je vpeljati sistem stroge interne kontrole kakovosti vgrajenih materialov in vseh procesov od načrtovanja do montaže. Zagotovljena je večja natančnost izdelave sestavnih delov objektov, saj kvalificirani delavci delajo po vnaprej dogovorjenih postopkih v skladu z vnaprej določenimi detajli, ki jih izvedejo strokovnjaki s specifičnimi znanji, gradnja je industrijski proizvod, podvržen mnogim notranjim in zunanjim kontrolam, ki jo izvajajo neodvisni inštituti.

### 3. Hitra gradnja

Visoka stopnja prefabrikacije skrajša čas montaže in zaključna dela lahko potekajo neposredno po montaži hiše, ki je ponavadi končana že po tednu dni. Ni potrebe po dolgotrajnem sušenju vgrajenih gradbenih materialov, zato je možna hitra vselitev takoj po zaključku finalnih del.

#### 4. Oblika zgradb je odvisna od želja naročnikov in ne od načina gradnje

Sodobna lesena hiša ustreza okoljski estetiki in življenjskemu standardu današnjega časa. Proizvajalci montažnih hiš nudijo pestro izbiro tipskih hiš, prilagajanje oblike hiše klimatskim razmeram, regionalnemu stilu gradnje, projektnim pogojem ter kupni moči, potrebam in željam bodočega graditelja, tako da ustreza individualnim pričakovanjem in ni nujno tipska. Sodobna lesena hiša ustreza potrebam po alternativnih oblikah bivanja, se hitro prilagaja ter odziva na vse tehnične in oblikovalske novosti, ima velik estetski vidik. Notranji razpored hiše je možno spreminjati in tako zagotoviti pogoje, da bo v času uporabe hiša vedno uporabniku pisana na kožo" in odgovor na njegove dejanske potrebe.

#### 5. Trajnost - dolga življenjska doba

Sodobna montažna gradnja je rezultat sožitja v zgodovini preskušanih klasičnih gradbenih tehnik z uporabo lesa in modernih postopkov industrijske izdelave, ki ob upoštevanju predpisov in standardov zagotavlja proizvod vrhunske kakovosti, narejen za več generacij. Glavni konstrukcijski material je les, ki je trajen gradbeni material, saj so lesene stavbe v preteklosti preživele stoletja. Proizvajalci dajo sedaj tudi 50 letno garancijo na konstrukcijo. Preverjanje celotnega proizvodnega procesa - projektiranje, proizvodnjo in montažo opravljajo neodvisne institucije v skladu s slovensko in evropsko zakonodajo: znak CE, RAL Gütezeichen Holzhausbau, Znak kakovosti v graditeljstvu, International QualitySeal, idr.

#### 6. Požarno varna gradnja

V primeru požara les dolgo zdrži obremenitve. Les je gorljiv, vendar primerjalno z betonom in jeklom prevzema večje požarne obremenitve. Pri gorenju ustvarja les na svoji površini zoglenelo plast kot neke vrste samozaščito. Obnašanje lesa med požarom je predvidljivo in se ga upošteva pri načrtovanju stavb.

#### 7. Potresno varna gradnja

Lahka potresno varna konstrukcija omogoča gradnjo hiš na manj nosilnih tleh in potresno ogroženih območjih.

#### Les omogoča soudeležbo pri gradnji

Ker les lahko enostavno oblikujemo, lahko številna gradbena dela opravimo sami. Tudi nadaljne adaptacije in predelave so enostavne. Sanacija lesenih objektov v primeru poplav je enostavnejša kot pri klasičnih zidanih objektih.

#### 8. Cenovno ugodna gradnja

Cenovno primerljiva s klasično gradnjo, pri primerljivih cenah za primerljivo toplotno prehodnost stene večja bivalna površina; pri enakih zunanjih gabaritih tudi do 10 % večja uporabna stanovanjska površina, fiksno dogovorjena cena, kupec prihaja v stik z enim izvajalcem, ki potem tudi jamči za celoten objekt.

#### Vrednotenje energetske učinkovite lesene gradnje "OD ZIBELKE DO ZIBELKE (oZdZ)"

Razvoj novih izdelkov na področju lesnopredelovalne industrije, ki bodo skladni tudi z načeli oZdZ (C2C) ponujajo v prihodnosti veliko možnosti in priložnosti. Proizvajalci

lesenih hiš bodo postopno označevali svoje izdelke z ogljičnim odtisom in drugimi indikatorji LCA. Analiza življenjskega kroga (LCA) je analitično orodje za sistematično objektivno vrednotenje vseh bistvenih vplivov, ki jih ima izdelek na okolje v svojem življenjskem ciklu. Z njo ovrednotimo vplive na okolje pri pridobivanju surovin in proizvodnji polizdelkov ter porabo energije in emisije (v zrak in vodo) škodljivih snovi pri proizvodnji izdelka. Ovrednotimo tudi vpliv vseh vrst transporta in odpadkov-stranskih produktov v celotnem življenjskem ciklu izdelka. Medtem ko je bil na začetku razvoja analize LCA velik poudarek na okoljskih problemih, kot so acidifikacija in nitrifikacija, so v zadnjih nekaj letih prevladujoča tema toplogredni plini. Emisije toplogrednih plinov, povezane z izdelkom, imenujemo tudi ogljični odtis (ang. Carbon Footprint) po količinsko najbolj pomembnem toplogrednem plinu – CO<sub>2</sub>, ki služi kot osnovna enota. Podatki o ogljičnem odtisu postajajo v Evropi vse bolj zaželeni ali celo nujna informacija. V Franciji je na primer zakonsko sprejeto, da bodo morali proizvajalci in prodajalci z januarjem 2011 postopno označevati svoje izdelke z ogljičnim odtisom in drugim indikatorji LCA - zakonodaja v okviru Grenelle de l'environnement [Das Gupta, 2009]. Uvedba ocene življenjskega kroga (LCA) in ocene stroškov in koristi v življenjskem krogu bi pospešila javno naročanje trajnostnih objektov.

V tujini je že nekaj izdelkov iz lesa, za katere so uspeli pridobiti certifikat, ki dokazuje skladnost z načeli koncepta oZdZ (npr. podjetje TimberSIL®, kjer so z inovativno kombinacijo lesa in stekla razvili nov kompozitni izdelek z izboljšanimi mehanskimi lastnostmi). Pri konceptu "od zibelke do zibelke" (C2C-Cradle to cradle) gre za idejni premik od pristopa, ki temelji na načelu: vzemi-naredi-odloži (od zibelke do groba), do tistega, ki temelji na vzorcih, ki jih najdemo v naravi. Ciklus kroženja snovi je v idealnem primeru neskončen, obsega pa optimizirano porabo energije, karseda majhno izgubo materialov v procesu in manjšo odvisnost od surovin iz narave. Izvajanje načel "od zibelke do zibelke" temelji na ustvarjanju sonaravnih učinkovitih rešitev, ki imajo dolgoročno velik prispevek k trajnostnemu razvoju. Proizvodni procesi, zasnovani po načelih oZdZ, so preprostejši, porabijo manj energije in surovin, proizvedejo manj odpadnih materialov, ki se lahko reciklirajo in so zaradi tega cenovno bolj ugodni. Okoljsko sprejemljive materiale lažje in ceneje procesiramo, ekonomsko privlačen je tudi vidik recikliranja materialov, ki ohranjajo svojo prvotno kakovost.

V skladu z načeli koncepta oZdZ morajo proizvodni procesi in izdelki izpolniti različne zahteve:

- uporabljeni materiali morajo biti popolnoma varni za ljudi, rastline in živali;
- po zaključku življenjskega kroga je izdelke mogoče preprosto razstaviti;
- sestavine izdelka se lahko uporabijo, bodisi v biosferi (ekološko recikliranje), bodisi v tehnosferi (tehnološko recikliranje), ne da bi pri se pri tem zmanjšala njihova kakovost.

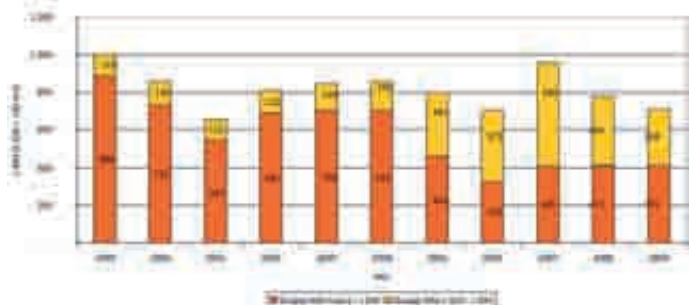
V Sloveniji s tem namenom poteka projekt vzpostavljanja Mreže od Zibelke do zibelke (MoZdZ) (Dremelj, 2010), ki ga sofinancira Evropska komisija v okviru programa INTERREG



IVC. Projekt predstavlja tudi velik izziv za področje napredne energijsko učinkovite lesene gradnje.

### Lesena gradnja v Sloveniji

Gradnja objektov v Sloveniji predstavlja več kot polovico gradbene dejavnosti (52,5 %), od katere je okrog tri četrtine aktivnosti namenjenih gradnji novih objektov in le manjši delež prenovi. Največji delež obstoječih stavb predstavljajo stanovanjske stavbe (43 %). Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije (2009) je razvidno, da je več kot polovico (56 %) stanovanjskih stavb zgrajenih iz opeke, 16 % je betonskih in mešanih konstrukcij, ostali materiali, med njimi tudi les, pa so zastopani v manjši meri. Kot prikaz trenda uporabe materialov v zadnjih 5 letih lahko služi delitev stanovanjskih površin za stavbe zgrajene po letu 2000 kjer je ugotovljeno, da je povečana uporaba betonskih konstrukcij +60 % in lesenih konstrukcij +35 %, upada pa uporaba kombiniranih konstrukcij. V Sloveniji je bilo leta 2009 zgrajenih 4.235 stanovanjskih stavb, od tega 183 stavb, kjer je bil pretežno uporabljen gradbeni material les [Statistični letopis, 2009]. Podatki o realizaciji montažnih hiš v letu 2009 - Sekcija slovenskih proizvajalcev montažnih hiš [GZS, 2009] kažejo, da je bilo v letu 2009 proizvedenih vseh 1.116 montažnih objektov, od tega 709 lesenih montažnih hiš, od tega prodanih doma manj kot polovica, največji delež izvoza pa predstavljajo dežele EU (Slika 5). Sekcija slovenskih proizvajalcev montažnih hiš deluje v okviru Združenja lesne in pohištvene industrije pri GZS že od leta 1999 in združuje naslednja podjetja: Jelovica hiše d.o.o., Kager hiša d.o.o., Lumar IG d.o.o., Marles hiše Maribor d.o.o., Rihter d.o.o., Riko hiše d.o.o., Rima d.o.o. in Smreka d.o.o.



Slika 5: Prodaja lesenih montažnih hiš članov Sekcije slovenskih proizvajalcev (1 EM = 140 m<sup>2</sup>) [GZS, 2009].

Figure 5: Sale of prefabricated wooden houses by the Slovene prefabricated wooden houses manufacturers.



Slika 6: "Predstavljajte si, da bi danes gradili nizkoenergijsko hišo. Za kakšno gradnjo bi se odločili?" (n=406) [Kitek Kuzman, 2011].

Figure 6: "Imagine building a low-energy house today. What type of construction would you choose?" (n=406) [Kitek Kuzman, 2011].

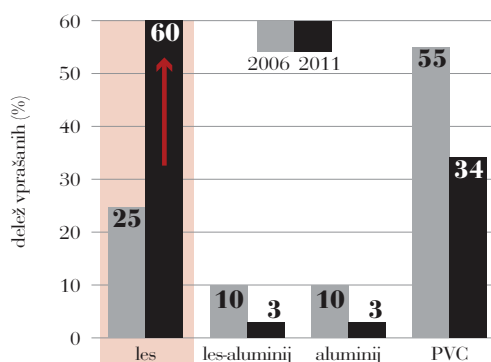
Poleg večjih podjetij se v zadnjem času pojavlja nezamenljivo število lesenih hiš, zgrajenih v lastni režiji in preko manjših obrtnikov – tesarskih delavnic, za katere pričakujemo, da se bo njihovo število še povečalo, glede na trende v drugih alpskih deželah.



Slika 7: "Za kakšen način gradnje bi se odločili?" (n=406) [Kitek Kuzman, 2011].

Figure 7: What type of construction would you choose? (n=406) [Kitek Kuzman, 2011].

### Izbira materiala za okna



Slika 8: Izbira materiala za okna [Kitek Kuzman, 2006 in 2011].

Figure 8: Selection of window material [Kitek Kuzman, 2006 and 2011].

Lesena gradnja v Sloveniji je v zadnjih letih v porastu, kar kažejo tudi izvedeni in v prispevku delno prikazani javnomnenjski raziskavi iz leta 2006 in 2011. Uporabljena metoda dela pri raziskavi je bilo zbiranje podatkov, izvedeno s CATI metodo - računalniško podprto telefonsko anketiranje. V anketi je bilo zajetih 406 oseb. Anketiranje je potekalo od 16. 5.- 3.6. 2006 in od 15.12.2010 do 22. 12. 2010 za fizične osebe po vsej Sloveniji [Kitek Kuzman, 2006 in 2011]. Vzorčni okvir je strukturiran glede na regionalno sestavo po dvajsetih statističnih regijah.

Po podatkih javnomnenjske raziskave "Ocena tržnega potenciala lesenih izdelkov in lesene gradnje" (2011) bi se dobra polovica (51 %) anketiranih odločila za klasičen način gradnje, 32 % bi se jih odločilo za leseno montažno gradnjo izvedeno s strani uveljavljenih proizvajalcev lesenih nizkoenergijskih hiš, 10 % pa v lastni režiji - tesarska izvedba (Slika 6).

Delež tistih, ki bi se odločili za leseno gradnjo je danes bistveno večji kot pred 5 leti [Kitek Kuzman, 2006]. Razliko gre pripisati spremembi mnenja javnosti v zadnjih letih, saj

je lesena gradnja bolj prepoznavna; javnost je seznanjena z njenimi prednostmi, kot so okolju prijazna gradnja, energetska varčnost, hitrost gradnje in potresna varnost (slika 7). Prav tako, danes proizvajalci razvijajo nove tipe oken, tako po dizajnu, funkcionalnosti in po izboljšavah tehničnih lastnosti, poskrbijo pa tudi za pravilno vgradnjo. Povpraševanje kupcev po varčnih U vrednostih posameznih oken je v zadnjem letu skokovito naraslo, predvsem zaradi povečanja ozaveščenosti kupcev, pa tudi zaradi podeljevanja subvencij za nizkoenergijske in pasivne gradnje (slika 8).

## Prevladujoči sistemi lesene gradnje v Sloveniji

### Okvirno-panelna konstrukcija

Pri okvirni konstrukciji sestavljajo stene leseni okviri iz stebrov in prečk različnih dimenzij. Kot zunanja in notranja obloga so lahko različne plošče (mavčno kartonske plošče, mavčno vlaknene plošče, iverne plošče, lesno cementne plošče, plošče iz lesnih vlaken, lesne plošče z orientiranimi vlakni, vezane plošče). Prostor med ploščami je zapolnjen s toplotno izolacijo (mineralna, steklena ali kamena volna, v novejšem času pa pogosto tudi naravni materiali: celuloza, volna, kokos, konoplja, bombaž). Stropne konstrukcije sestavljajo leseni stropni nosilci različnih prerezov, z obojestransko oblogo iz plošč ter izolacijo večje gostote (mineralna volna). Na mednadstropni konstrukciji je možno izvesti tudi plavajočo talno konstrukcijo za boljšo zvočno zaščito (cementni estrih). V Sloveniji je na tržišču največ ponudnikov hiš z leseno okvirno konstrukcijo.



Slika 9: Primeri izvedbe: okvirna-panelna konstrukcija, skeletna konstrukcija in masivna lesena konstrukcija [Kolb, 2008] Foto: arhiv Sekcija slovenskih proizvajalcev montažnih hiš.

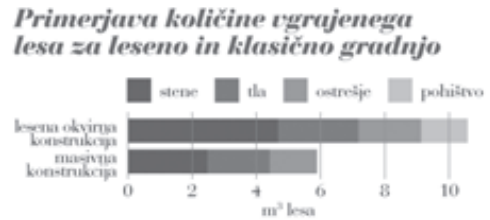
Figure 9: Examples of application: wood frame structure, skeletal structure and massive timber structure (Source: Die technischen Holzinformationen der Lignum, Lignatec, Massivholzbau).

### Skeletna konstrukcija

Nosilna konstrukcija je sestavljena iz stebrov in nosilcev, ki so postavljeni na določenem rastru. Omogočajo poljubno izvedbo fasad in pregradnih sten. Stene ne prevzemajo nosilne funkcije v smislu prenosa vertikalne obtežbe, zato so možne svobodnejše zasnove. Nad ali med primarne nosilne elemente se polagajo sekundarni nosilni elementi, npr. stropovi. Obremenitve se prenašajo izključno preko nosilcev na stebre, ki so praviloma neodvisni od polnih elementov, ki zapirajo prostor, večinoma ostanejo vidni, da se leseni skelet poudari. Stene so lahko prefabricirani elementi iz lesa ali stekla (lahko tudi kombinacija materialov). Pogoste so kombinacije skeletne nosilne konstrukcije s steklenimi polnili in polnih elementov.

## Masivna lesena konstrukcija - polna konstrukcija

Pri masivnih izvedbah razlikujemo dva tipa zgradb: tiste, ki imajo stene iz masivnih tramov - brun in tiste s stenami iz lepljenih elementov.



Slika 10: Primerjava količine vgrajenega lesa za leseno in klasično gradnjo [CEI-Bois, 2006].

Figure 10: Comparison between volumes of built-in wood in the cases of timber and classical construction [CEI-Bois, 2006].

### Zaloge ogljika v večnadstropni gradnji v CO<sub>2</sub> ekv./m<sup>2</sup> bivalne površine

lesena okvirna konstrukcija	221 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
lesena masivna konstrukcija	332 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
opeka / beton	23 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>

Slika 11: Zaloge ogljika v večnadstropni gradnji v CO<sub>2</sub> ekv./m<sup>2</sup> bivalne površine [CEI-Bois, 2006].

Figure 11: Carbon storage in multi-storey construction in CO<sub>2</sub> equivalents per m<sup>2</sup> of residential floor plan [CEI-Bois, 2006].

Stene so navadno enostransko obložene z izolacijo in ploščami, mogoča pa je tudi izvedba brez obloge, kjer je stena iz vidnih brun, tramov ali plošč iz dezintegriranega lesa. Zunanje stene so lahko zaščitene z oblogo iz lesa ali z ometom ali obzidane s fasadno opeko. Stropne konstrukcije so navadno masivne lesene lepljene plošče ali stropni nosilci z obojestransko oblogo iz plošč in polnilom. V zadnjem obdobju se vse več izvajajo inovativne lesene masivne konstrukcije iz križno lepljenih lesenih masivnih plošč (XLam), ki imajo bolj enakomerne in boljše mehanske ter deformacijske lastnosti kot konstrukcijski elementi iz masivnega in enosmerno lepljenega lesa, predvsem v smeri pravokotno na vlakna lesa. Križno lepljene elemente sestavljajo križno zložene lesene lamele oziroma deske, ki so pod visokim pritiskom ploskovno zlepljene v večji masivni element. Za osnovno surovino se uporablja tehnično suh les iglavcev. Križno lepljenje omogoča obojesmerno nosilnost lesenih ploskovnih elementov, povečuje nosilnost in preprečuje cepitev v smeri pravokotno na vlakna lesa, poleg tega pa zagotavlja dimenzijsko stabilnost plošč, kar pomeni, da je delovanje lesa (krčenje, nabrekanje) zmanjšano na zanemarljivo vrednost. Zaradi križno orientiranih lamel lahko elementi obtežbo prenašajo v dveh pravokotnih smereh, kar omogoča njihovo uporabo tako za stenske kot stropne elemente. Hkrati se XLam plošče lahko uporabljajo kot nosilni in nenosilni elementi in dopuščajo možnost kombiniranja z jeklom, steklom in vsemi ostalimi tradicionalnimi gradbenimi materiali, s čimer ponujajo največjo možno svobodo v arhitekturi [Dujic, Žarnić, 2009].

V Londonu je bila leta 2008 postavljena najvišja lesena stanovanjska stavba na svetu, ki je bila v Veliki Britanji konec leta 2008 nagrajena s tremi prestižnimi nagradami: UK wood award

– Category: Structural, UK wood award – Category: Offsite construction in TTJ Award 2008 – Category: Achievement in Engineered Timber.

V Sloveniji je bila projektirana največja lesena zgradba, ki se bo izvajala v dveh fazah. Prva faza je bila izvedena avgusta 2010 in predstavlja objekt tlorisne površine 1156 m<sup>2</sup> in višine 7,5 m, kar predstavlja prostornino okoli 8700 m<sup>3</sup>. Objekt ima v poslovnem delu konzolni previs 8 m, kar predstavlja dodatni dosežek pri konstruiranju z lesom. Nad izvedeno prvo fazo objekta bo nadgradnja dveh poslovnih etaž, do skupne višine 14 m, kar predstavlja objekt skupne površine 3740 m<sup>2</sup> in prostornine 16.200 m<sup>3</sup> (slika 12).

V zadnjih letih se je pokazalo veliko zanimanje za nadgradnje hotelskih kompleksov term, ki potrebujejo več nastanitvenih zmogljivosti. Statična analiza hotela Terme, ki je bil zgrajen pred več kot 30 leti, je pokazala, da je obstoječa konstrukcija zmožna prenesti dodatne 3 etaže izvedene v masivni leseni križno lepljeni konstrukciji, ki doprinese zgolj 10 % dodatne lastne teže konstrukcije v primerjavi s 4-etažno obstoječo konstrukcijo. Obstoječa zidana konstrukcija je bila za potrebe potresne analize modelirana z nadomestnimi diagonalami, medtem ko je bila lesena križno lepljena konstrukcija modelirana s ploskovnimi elementi.



Slika 12: Poslovno – skladišni leseni masivni objekt v industrijski coni v Komendi, 2010.

*Figure 12: Office and warehouse building in massive timber in the Komenda industrial zone, 2010.*



Slika 13: Nadgradnja hotela Terme Čatež izvedena v masivni leseni križno lepljeni konstrukciji.

*Figure 13: Elevation of the Hotel Terme Čatež realised in a massive timber cross glued structure.*

## Sklep

Razvoj novih tehnologij lesene gradnje in nova projektantska znanja omogočajo prodor in izvedbo zahtevnejših ter večjih lesenih konstrukcij tudi v slovenskem prostoru. Les kot konstrukcijski material se poleg gradnje enostanovanjskih hiš vse bolj uveljavlja tudi na področju večetažne stanovanjske

gradnje ter na področju industrijskih in arhitekturno zahtevnejših objektov. Gradbena in arhitekturna stroka se intenzivno usmerjata v iskanje ustreznih okolju prijaznih rešitev in načinov gradnje, s katerim je moč doseči večjo energijsko varčnost in s tem povezano zmanjšanje okoljskih obremenitev.

## Viri in literatura

- AJPES, (2010): Informacija o poslovanju gospodarskih družb v Republiki Sloveniji v letu 2009.
- CEI-Bois, (2006): Tackle Climate Change. Use Wood, p.:1-5.
- Climate Change (2001): IPCC Third Assessment Report. The Scientific Basis. [http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/) <dostop februar, 2011>
- Dremelj, M., (2010): Od zibelke do zibelke. Revija Les Wood, letnik 62, št. 7-8, str.: 353-354.
- Dujič, B., Žarnić, R. (2009): Vrednotenje potresne odpornosti lesene gradnje. V: Gradnja z lesom- izziv in priložnost za Slovenijo Kitek Kuzman M (ur.) Oddelek za lesarstvo Biotehniška fakulteta, UL, 213-218.
- Frühwald, A., (2000): Eco balance. A new method for the ecological evaluation of wooden products. University of Hamburg, BFH.
- GZS Združenje lesne in pohištvene industrije, (2009): Kazalniki poslovanja GZS za leto 2009.
- Kitek Kuzman, M., (2006): Raziskava stališč o leseni gradnji v Sloveniji in Trendi uporabe lesa v pohištveni industriji, avnomnenjska raziskava, GATE, BF-Oddelek za lesarstvo.
- Kitek Kuzman, M., (2011): Ocena tržnega potenciala lesenih izdelkov in lesene gradnje, javnomnenjska raziskava, OZS: Alpe Adria Holz Les.
- Kolb, J., (2008): Systems in Timber Engineering. Basel. Birkhäuser, 317.
- Mayer, M. J., Peters, C. (2006): The benefits of using wood. Roadmap 2010. Rentschler, Munich: 60 (Source UNECE - analysed by M. Piskur, Slovenian Forestry Institute).
- Statistični urad Republike Slovenije, (2003): Popis prebivalstva, gospodinjstev in stanovanj Slovenije 2002, izpis izbranih križanj podatkov dobljen s popisom. Statistični letopis Republike Slovenije 2005, 44: 611 p.
- Statistični letopis 2009 ([http://www.stat.si/letopis/2010/20\\_10/20-14-10.html](http://www.stat.si/letopis/2010/20_10/20-14-10.html)).
- Das Gupta, J. (2009): Eco Indicators on every product. <http://thegreentake.wordpress.com/2009/11/30/eco-indicators-on-every-product/> <dostop februar, 2011>.
- Šijanec Zavrl, M., (2010): Trajnostne, zelene stavbe v teoriji in praksi, V : Zbornik Nove tehnologije v gradnji z lesom, Manja Kitek Kuzman (ur.), FA 16.9.2010.
- Torelli, N., (2009): Les zares, v: Gradnja z lesom - izziv in priložnost za Slovenijo, Manja Kitek Kuzman et. al.
- ZGS, (2009): Poročilo o delu Zavoda za gozdove Slovenije za leto 2009.

doc.dr. Manja Kitek Kuzman  
manja.kuzman@bf.uni-lj.si  
UL Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

viš.pred.dr. Srečko Vratuša  
srecko.vratusa@fa.uni-lj.si  
UL FA