

UDK: 691:11

Smernice razvoja lesene montažne gradnje

Directions of development of wood prefabricated buildings

avtorji: **Jasna HROVATIN**, **Manja KITEK KUZMAN**, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Rožna dolina, C. VIII/34, SI-1001 Ljubljana,
Jože KUŠAR, Fakulteta za arhitekturo, Zoisova 12, 1000 Ljubljana

Smernice razvoja sodobne gradnje temeljijo na uporabi novih materialov, novih kombinacij že znanih materialov in na novih sistemih. Različni lesni materiali, od naravnega masivnega lesa do različnih kompozitnih materialov, so danes vse bolj izpopolnjeni v smislu svoje funkcije in gospodarne izkoriščenosti surovine. Proizvajalci lesene montažne gradnje poskušajo doseči višjo kakovost bivanja, kot jo omogoča klasična zidana gradnja. V članku želimo odgovoriti na vprašanje, ali v prihodnosti lahko pričakujemo pomembne spremembe na področju montažne gradnje.

Future development directions of the contemporary wood buildings are based on a application of new materials, new combinations of already known materials and new systems. Various wood materials, from massive wood to different composite materials, are nowadays more sophisticated in a sense of their function and their efficient application. Wood prefabricated house producers are trying to gain higher quality of leaving in comparison to the traditional one. The aim of the presents study is to answer the question whether we might expect in future changes in the field of the wood prefabricated buildings.

Ključne besede: lesena gradnja, montažna gradnja, konstrukcija, prefabrikacija, skeletna gradnja, okvirna konstrukcija, masivna konstrukcija

Key words: wood building, construction, prefabrication, frame wood construction, massive construction

1. UVOD

Les je gradbeni material, ki ga človek že od nekdaj uporablja kot konstrukcijsko gradivo. Zanimivo je, da so večje spremembe na področju lesene stanovanjske gradnje povezane z razvojem lesnih tvoriv, medtem ko večina sodobnih montažnih sistemov s konstrukcijskega vidika še vedno temelji na principih lesene gradnje, razvite v 19. stoletju.

Glede na številne napovedi, da je lesena montažna gradnja - gradnja prihodnosti in glede na trend uporabe naravnih in zdravih materialov je pričakovati, da bo poraba lesa in lesnih kompozitov v gradbeništvu v porastu.

Les je naravno gradivo, ki nastaja brez negativnih vplivov na okolje in človeka. Omogoča montažo in racionalno gradnjo. »Gradnja lesene hiše zahteva približno za tretjino manjše količine vgradne energije kot klasično grajena hiša. Pomemben je tudi ekološki prispevek pri gradnji. Pri proizvodnji lesenih produktov ni odpadkov: lubje, ostužki in ostanki lesa se porabijo pri nadaljnji proizvodnji lesnih polizdelkov ali kot gorivo«. (Zbašnik Senegačnik, 2001). Les je mogoče enostavno obdelovati, ne vsebuje človeku in zdravju škodljivih snovi in je energijsko

varčen. Je dober izolator, prenaša vlečno in tlačno obremenitev ter upogibno silo in je idealen za gradnjo protipotresnih konstrukcij. Ena od najbolj cenjenih gradbenih lastnosti lesa je, da ga lahko vgrajujemo vzdolžno in da prenaša razpone, ki jih ni moč premostiti z drugimi naravnimi materiali brez mnogokratnega premoščanja, stopničenja, lokov ali obokov (Juvanec, 1999). Zaradi mehke in odprte porozne strukture pa odlikujejo les tudi dobre akustične lastnosti. Sodobne lesene hiše so za uporabnika s požarnovarnostnega vidika enako varne kot klasično zidane. Ker imajo leseni objekti majhno lastno težo so konstrukcije primerne za področja z majhno nosilnostjo temeljnih tal.

Poleg masivnega žaganega lesa v zadnjem času v gradbeništvu narašča tudi uporaba lesnih polizdelkov, ki izkoriščajo velike količine lesnih ostankov. Uporabljajo se predvsem kot obložne plošče pri skeletni in okvirni konstrukciji in kot konstrukcijski les.

2. PREGLED KONSTRUKCIJSKIH IZVEDB STEN PRI LESENI MONTAŽNI GRADNJI

Elementi montažne gradnje so lahko: betonski, kovinski ali leseni. V svetu obstaja več tisoč patentiranih sistemov za izdelavo montažnih hiš. Pri gradnji se večinoma uporablja masivni les, v zadnjem času pa se vse bolj uveljavlja tudi gradnja z lesnimi kompoziti, kjer se lahko izkoristijo manj kvalitetne lesne surovine. Na evropskem področju se največ uporabljajo trije glavni konstrukcijski sistemi (preglednica 1):

- a) skeletni,
- b) okvirni,
- c) masivni.

2.1. Skeletna konstrukcija

»Lesene skeletne konstrukcije so sestavljene iz lesenih stebrov in nosilcev oziroma gred, ki se v vozliščih povezujejo na različne načine«. (Dujič, 2001) (slika 1). V konstrukcijskem smislu gre torej za sklop prefabriciranih elementov linijske oblike. »To pomeni, da je ena dimenzija takega elementa bolj poudarjena kot drugi dve. Elementi v takem sistemu so običajno lahki, kar olajša montažo, več pa je medsebojnih spojev, kar podaljšuje proces montaže«. (Kušar, 1983). Pri skeletni gradnji je nosilna konstrukcija ločena od stenskih elementov. Stene ne prevzemajo nosilne funkcije, zato je možna kasnejša sprememba tlorisa. Skeletni sistem omogoča, da v obstoječem nosilnem ritmu dodajamo ali odvezujemo stare modularne enote. Govorimo o odprtem sistemu gradnje. Sistem je primeren tudi za objekte, pri katerih je z arhitekturnega stališča zahteva po večjih odprtinah. »Glavna razlika med skeletnim in okvirnim sistemom je v tem, da pri okvirni konstrukciji obremenitve prenašajo okviri oz. stenski elementi, pri skeletnem pa nosilni skelet zgradbe«. (Zalokar Miklič, 2002). Govorimo torej o linijsko nosilnem sistemu. Obod skeleta se najpogosteje zapira s steklenimi elementi, polnimi prefabriciranimi elementi ali pa se klasično zazida. Sestava zapornih slojev je podobna sestavi velikostenskih elementov. Začetki lesene skeletne gradnje izvirajo iz skandinavskih dežel: Norveške, Švedske in Finske.

Skeletni način gradnje se danes uporablja predvsem na Japonskem. Najbolj množično se uporablja na področju industrijskih objektov. V Sloveniji ni systemskega proizvajalca lesenih skeletnih hiš, zato se redke tovrstne gradnje prepušča predvsem obrtniškega nivoju izdelave (Zalokar Miklič, 2002). Med najlepše primere tradicionalne lesene skeletne konstrukcije sodijo tudi slovenski kozolci, katerih oblike in konstrukcijske zasnove se precej razlikujejo in so tipične za posamezne pokrajine.

2.1.1. Kompozitni les v skeletni gradnji

2.1.1.1. Konstrukcijski kompozitni les

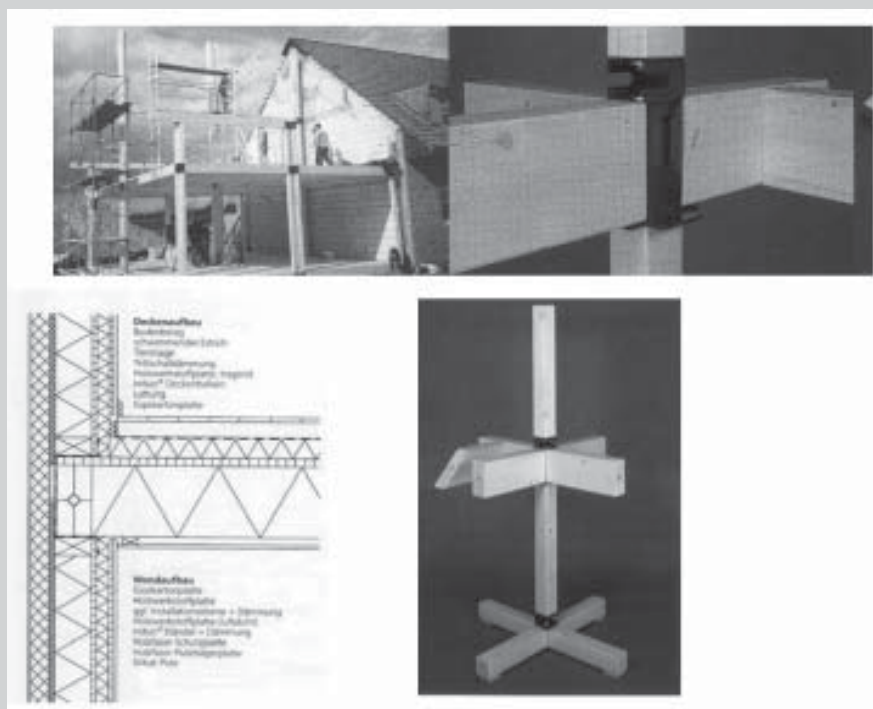
»Konstrukcijski kompozitni les (SCL) je izraz za skupino lesnih proizvodov, ki so sestavljeni iz furnirja ali ploščatih iveri in zlepljeni z vodoodpornim lepilom za konstrukcijsko uporabo v obliki nosilca ali drugega konstrukcijskega elementa. Glavni predstavniki teh proizvodov so LVL, PSL in LSL (slika 2). Njihova prednost je visoka nosilnost glede na težo, dobra dimenzijska stabilnost in fleksibilnost v konstruiranju raznovrstnih dimenzij in oblik« (Šernek, Jošt, 2004).

2.1.1.2. Lamelirani lepljeni nosilci v skeletni gradnji

Z razvojem lameliranih lepljenih lesenih elementov so se začele skeletne konstrukcije množično uporabljati za gradnjo objektov z večjimi razponi (npr. športne dvorane, kopališča ipd.). Lamelirani lepljeni nosilci se tako uporabljajo predvsem za javne objekte, vedno bolj pogosto pa jih srečamo tudi pri individualnih hišah (slika 3). Lep-

□ Preglednica 1. Glavni konstrukcijski sistemi in uporabljen material

	SKELETNA KONSTRUKCIJA		OKVIRNA KONSTRUKCIJA	MASIVNA KONSTRUKCIJA	
MATERIAL	masivni les	kompozitni les	masivni les + dezintegrirani les	masivni les	dezintegrirani les



□ Slika 2. Kompozitni les se vedno bolj pogosto uporablja namesto klasičnega žaganega lesa in lepljenih nosilcev. Elementi so dimenzijsko stabilni, se ne krivijo in ne pokajo. (<http://www.trusjoist.com>)

□ Slika 1. Pri starejših konstrukcijah so se uporabljale tesarske zveze, danes pa se uporabljajo različni sistemi stikovanja s kovinskimi veznimi elementi. (Schafer, Klenske, 2000)



□ Slika 3. Alternativna arhitekturna lupina enodružinske hiše z lesnim ogrodjem. Lepljeni nosilci so obojestransko obloženi z lesenimi deskami, med katerimi je toplotna izolacija. Zunanja troslojna obloga, ki je za vodo neprepustna zaščita lesene konstrukcije, pa je iz bitumna. (Bügelmayer 2004)

ljeni les ima vrsto prednosti pred žaganim masivnim lesom, ki dobi sčasoma vzdolžne razpoke in trajne deformacije, je pa nekoliko dražji.

V zadnjem času se pojavlja tudi več inovativnih načinov snovanja arhitekturnih lupin iz lameliranega lesa. Lep primer lesene mrežaste lupine je košu podobno ogrodje helsinškega 10 metrov visokega razglednega stolpa (slika 4). Lamelirane letve so bile krivljene z uporabo vodne pare na mestu gradnje. Posebej za to so izdelali cevi za dovajanje vodne pare. Luknjičasto ogrodje organske oblike je sestavljeno iz 72 lameliranih upognjenih in zasukanih letev (dimenzije 60x60 mm), ki imajo 600 spojev.

2.2. Okvirna konstrukcija

Pri okvirni konstrukciji sestavljajo stene leseni okviri iz stebrov in prečk. Okviri so obojestransko obloženi z mavčnimi, vlaknenimi, lesocementnimi, OSB ploščami ali ivernimi ploščami,



□ Slika 4. Mehurček - lesen razgledni stolp v živalskem vrtu Korkeasaari. Označujeta ga inovacija in umetniški prijem. (Arhitekturni muzej Ljubljana, 2005)

prostor med njimi pa je zapolnjen s toplotno izolacijo (slika 5.) Okvir je nosilni element, polnilo ima izolacijsko funkcijo, obloga pa štiti notranjost objekta in konstrukcijo pred atmosferskimi vplivi, navadno ima tudi protipožarno funkcijo, poleg tega prispeva k večji togosti okvira. Okviri se med seboj podpirajo in s tem povečujejo togost konstrukcije. Tak način gradnje je značilen za Severno Ameriko, Avstralijo, Novo Zelandijo in Skandinavijo.

2.3. Masivna konstrukcija (polna stena)

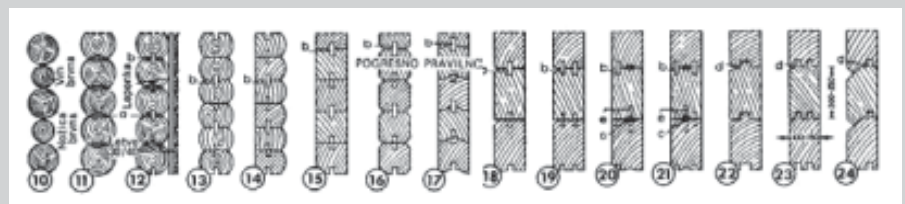
Masivne stene so nekdaj izdelovali iz brun, tramov ali plohov (slika 6). V tem primeru gre za nelepljen les. Danes pa so masivne stene izdelane predvsem iz masivnega lepljenega lesa (osnovni elementi so lesene lamele). Tudi tovrstne konstrukcijske izvedbe so lahko dodatno obložene z izolacijo ter ploščami ali opažem. Leseni masivni sistemi so pogosti predvsem v Skandinaviji in Srednji Evropi. Za izdelavo polnih lesenih stenskih in stropnih elementov se uporabljajo različne metode (preglednica 2). Posamezni leseni elementi so v celoto navadno povezani z žebljanjem ali lepljenjem. Masivni elementi so lahko eno- ali večplastni. Pri večplastnih se lahko lamele v določenih plasteh izpuščajo tako, da nastanejo zračni kanali.

2.3.1. Kladna stena iz brun

Bruno je na dveh straneh obtesano deblo. Pri objektih iz brun je montaža bolj ali manj vidna. Zaradi križnega sestavljanja brun z zarezi pride do blokiranja z lastno težo, tako da konstrukcija ne potrebuje dodatnih veznih elementov. Dimenzije prostora so omejene z dolžino hloda. Zaradi zanimivih vогоlov lahko govorimo o konstrukciji z dekorativno komponento. »Bruna so lahko cela ali polovična, v drugem primeru je notranja stena gladka. Gladke



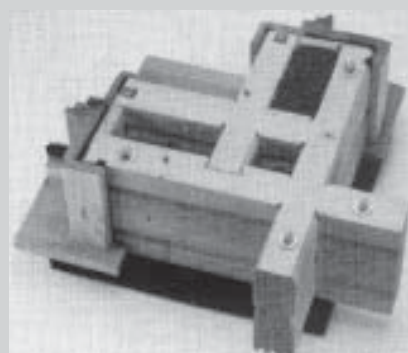
□ Slika 5. Okvirno konstrukcijo sestavljajo leseni okviri iz stebrov in prečk. (Grützmacher, 1998)



□ Slika 6. Različni načini obdelave masivne stene (Mittag, 1974)

□ Preglednica 2. Delitev glede na različne elemente in proizvajalce polnih lesenih sten

	ELEMENTI	PROIZVAJALCI
	leseni zidaki	Steko
MASIVNA LESENA STENA	linijski elementi (bruna, tramovi, plohi)	Induo, Bekolog, Skelett, Smreka
	ploskovni elementi (širinsko spojene deske, širinsko in debelinsko spojene deske, plošče iz dezintegriranega lesa)	Brettstapelbau, Lignatur, MERK, LIGNOTREND, Bonelli, Riko



□ Slika 7. Dvojna stena iz na vseh štirih straneh obžaganih klad z vmesnim prostorom, zapolnjenim z izolacijskim materialom (Schafer, Klenske, 2000)



□ Slika 8. Stene Majerjeve hiše na Dolžu so iz plohov, vstavljenih v utore konstrukcijskih stebrov in postavljene na nosilne talne lege, ki ležijo na kamnitih podstavkih. (Kobe, 2005)

notranje stene so v večini primerov ometane in beljene«. (Deu, 2005)

2.3.2. Stena iz tramov

Pri tovrstni gradnji so sestavni elementi izdelani iz na vseh štirih straneh obtesanih ali obžaganih klad, iz tesanih ali žaganih tramov – »porezancev«. Elementi so predizdelani na nivoju posameznih delov, ki se šele na gradbišču sestavljajo v celoto. Tramovi, sestavljeni v masivno steno, oblikujejo gladko ploskev, ki jo likovno poudarja vogalna vez na križ ali roglje (Deu, 2005).

Poleg klasičnih sten z enojnimi tramovi obstajajo danes tudi dvojne stene iz tramov, kjer je vmesni prostor zapolnjen z izolacijskim materialom (slika 7).

2.3.3. Stene iz plohov

Tovrstna gradnja je bila značilna za vzhodni in severovzhodni del Slovenije (slika 8). Pri stenah iz plohov so plohe »na vogalih prekrizali s preprosto križno zvezo ali pa so plohe na vogalih in v sredini daljših sten ujeli v pokončne stebre« (Deu, 2005).

2.3.4. Masivni leseni ploskovni elementi

Z razvojem lesene montažne gradnje so prišli na tržišče novi proizvodi. Sem prištevamo industrijsko izdelane ploskovne elemente, ki so lahko med seboj lepljeni ali žebljani. V primeru lepljenih gradnikov so vezi lahko neposredne (topi spoj, brazda, pero) ali posredne (pero, moznik). Deske so lahko ostrorobe ali s pobranimi robovi (v tem primeru so fuge zaradi dodatne osušitve lesa manj vidne). Plošče pa so bodisi polne ali z zračnimi komorami (prihranek materiala).

Širinsko spojene deske (lepljene)

Konstrukcija stene je v tem primeru izdelana iz masivnega lepljenega lesa, na katerega je pritrjen izolacijski ma-

terial, ki zagotavlja dodatno toplotno zaščito objekta. Masivne lesene plošče so sestavljene iz desk masivnega lesa, ki so med seboj spojene širinsko (npr. Riko hiše). Plošče se uporabljajo za stene in medetažno konstrukcijo (slika 9.)

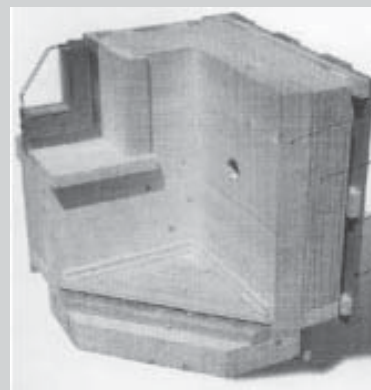
Širinsko spojene deske (žebljane)

Plošče so v tem primeru sestavljene iz lamel. Stiki med posameznimi lamelami so žebljani. Izdelava stenskih in stropnih elementov omogoča tudi uporabo odpadnega lesa. Na področju večnadstropne gradnje se tovrstne plošče najpogosteje uporabljajo kot stropni element (slika 10). »Proti okvirni leseni gradnji je značilna manjša konstrukcijska višina stropnih elementov, omogočen difuzijsko odprt način gradnje s samouravnavanjem nihanja vlage v prostoru, odprava parozapornih slojev, boljša toplotna akumulacija«. (Zalokar Miklič, 2002)

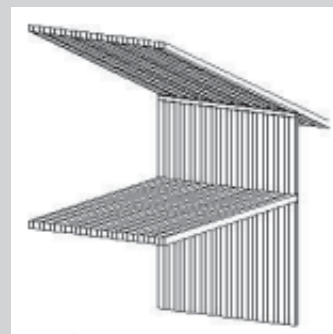
Drugče od lepljenih desk slovenskega proizvajalca Rika so v tem primeru lamele stenskih elementov postavljene vertikalno ter zgoraj in spodaj zaključene s horizontalnimi deskami.

Plošče z zračnimi kanali

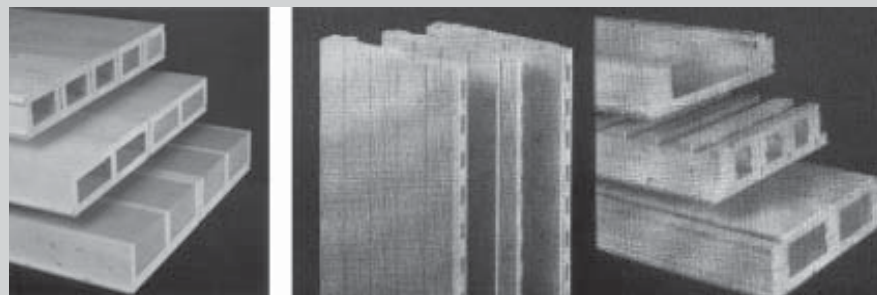
Poleg polnih lesenih plošč se uporabljajo tudi plošče z zračnimi kanali, ki so lahko zapolnjeni z izolacijskim materialom. (npr. Lignotrend, Lignatur). Prednost zračnih kanalov je tudi prostor za vodenje instalacij. Sistem je



□ Slika 9. Konstrukcija iz masivnega lepljenega lesa (prospektno gradivo podjetja Riko)



□ Slika 10. Plošče iz lesenih lamel (Natterer, 1996)



□ Slika 11. Lepljeni elementi z zračnimi kanali (Schafer, Klenske, 2000; www.lignotrend.de, www.lignatur.ch)

sestavljene iz masivnih lamel in desk (slika 11). Plošče se uporabljajo kot stenski, stropni in strešni elementi ter za fasadno oblogo.

Širinsko in debelinsko spojene deske

Osnovni gradnik sistema so širinsko in debelinsko spojene lamele, ki so v najmanj treh križno postavljenih slojih. Tako nastanejo homogeni ploskovni elementi, ki so lahko dolgi do 20 metrov. Plošče se lahko uporabljajo tudi kot ukrivljena konstrukcija in v kombinaciji z drugimi sistemi (slika 12).

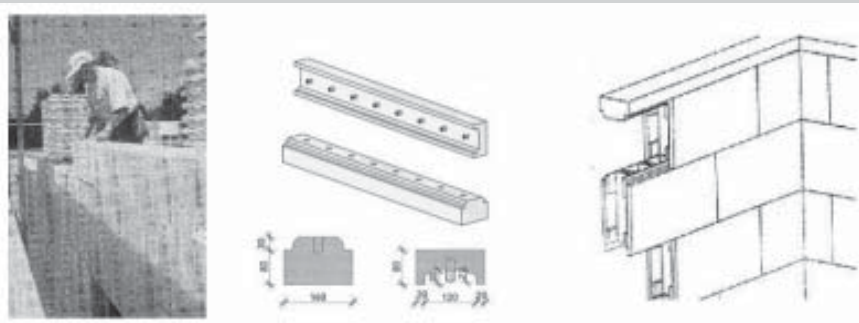
2.3.5. Leseni zidaki

Masivna lesena stena je lahko izvedena tudi z lesenimi moduli oz. zidaki, ki se odvisno od proizvajalca spajajo na pero in utor ali z lesenimi mozniki (npr. Steko). Gradnja z lesenimi zidaki je enostavna in hitra. Pomembno pa je tudi to, da omogoča svobodo pri oblikovanju tlorisa (slika 13).

2.3.6. Stene iz kompozitnih materialov

2.3.6.1. Plošče iz termično obdelanega dezintegriranega lesa

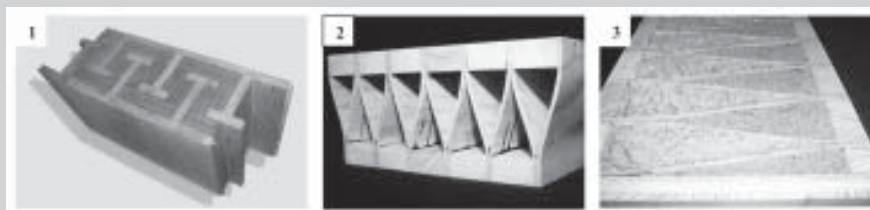
PLS (it. pannelli in legno stabilizato) je izdelan iz stisnjene lesa slabše vrednosti, podobno kot iverne plošče. Stisnjen les termično obdelajo (350°C), pri tem se les popolnoma osuši. Zaradi termične obdelave nastane v lesu kemijska sprememba, ki ni več tako higroskopen – zato se zmanjša krčenje in napenjanje zaradi spremembe vlage. Površino še mineralizirajo s prahom na bazi silicija, tako dobijo neprepustno površino. Material ima podobne pozitivne lastnosti kot les glede toplotne izolacije. Lesna masa se lahko meša tudi s cementom in vodo. Zmes s kalupom vlijamo v plošče. Uporablja se kot gradbeni material za: stene, stropne konstrukcije, fasadne konstrukcije in kot zvočna bariera na avtocestah (slika 14).



□ Slika 13. Leseni zidaki (Kolb, 2001; <http://www.steko.de>)



□ Slika 14. Stene iz termično obdelanega lesa (<http://www.bonellispa.com/docs/uk/standard.html>)



□ Slika 15.- 1. Plošča iz masivnega lesa in izolacijskega materiala. 2. Nosilec z rebrasto stojino. 3. Stena z rebri in izolacijskim polnilom (www.hinterschwepfinger.de; Krestel S., Trummer A., 2005).

2.3.6.2. »Sendvič« plošče

Kot primer navajamo predizdelani leseni element RAKAatec, ki je ekološka alternativa betonskim elementom (slika 15). Odlikuje ga odlična protihrupna zaščita, ima veliko toplotno izolativnost in protipožarno varnost F30-B. Uporablja se predvsem za protihrupno zaščito, za stropne in stenske elemente in kot predizdelani strešni element z izolacijo ali brez nje.

3. EKSPERIMENTALNI PRIMERI

Znotraj treh glavnih konstrukcijskih sistemov (skeletni, okvirni, masivni) je možnih mnogo variant, obstaja pa tudi vrsta eksperimentalnih načinov gradnje. Mnogi od njih bodo ostali na stopnji eksperimenta, nekateri pa se bodo izpopolnili in razvili.

3.1. Večslojne plošče z gibljivo sredico

Nosilna konstrukcija iz sendvič plošč z gibljivim stikom omogoča številne možnosti oblikovanja arhitekturnih lupin (slika 16). S spreminjanjem kotov oziroma spreminjanjem dolžine se spremeni tudi oblika šesterkotnikov, ki so sestavljeni iz dveh polovic trapezne oblike. Gre torej za med seboj zvijane trakove, ki so nagubani v obliki trapezov. Izdelani so iz bukove vezane plošče in tekstilne fuge, ki je med dvema vezanima ploščama.

3.2. Papir

V zadnjem času se pojavlja precej eksperimentalnih gradenj iz papirja. Lep primer je hiša Sigeru Bana, ki je narejena iz recikliranih kartonskih cevi. Prednost papirja je nizka cena in visoka stopnja reciklaže (slika 17).

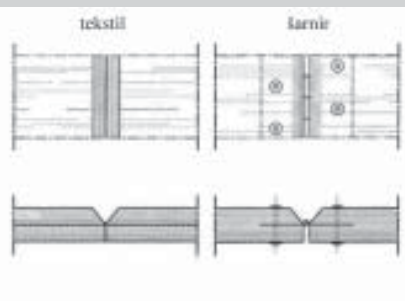
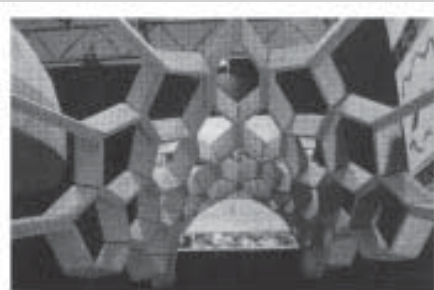
4. ANALIZA TRENDOV

Ob kritični primerjavi zgodovinskih in današnjih tehnologij gradnje enodružinskih montažnih hiš se postavlja vprašanje o izvirnosti današnjih sistemov iz masivnega lesa. Dejstvo je, da so konstrukcijski principi najbolj pogosto uporabljenih sistemov ostali precej podobni klasični kladni in skeletni leseni gradnji. Večje spremembe so opazne le pri uporabi materialov (obložne plošče, konstrukcijski kompoziti, izolacijski gradbeni materiali ...) in stopnji prefabrikacije.

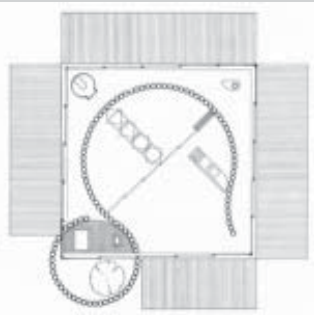
4.1. Uporaba lesnih kompozitov in žaganega lesa

Velik razvoj in številne inovativne rešitve so vidne na področju lesnih kompozitov, ki si že dalj časa utirajo pot tudi na področje montažne stanovanjske gradnje. Dimenzije konstrukcijskega kompozitnega lesa so lahko večje. Mehanske lastnosti so pri nekaterih vrstah kompozitov boljše od masivnega lesa, dimenzijske spremembe pa manjše. Pomembna je tudi večja predvidljivost glede kvalitete proizvoda. Poleg tega lahko s proizvodnjo lesnih kompozitov izkoristimo tudi velike količine lesnih ostankov, ki so v lesni industriji še vedno neizkoriščene. Glede na to, da gredo trendi razvoja v smeri gospodarne izkoriščenosti osnovnih materialov, kamor sodi tudi izkoriščanje lesnih ostankov, lahko predvidevamo porast uporabe lesnih kompozitov, kar dokazujejo tudi tovrstne raziskave. »Ameriška raziskava o uporabi lesa pri gradnji hiš, ki primerja porabo lesa in lesnih izdelkov v letu 1995 z 2001 ugotavlja, da je trend pri gradnji večja poraba lesnih kompozitov in manjša poraba masivnega lesa« (Powell, 2003).

Po drugi strani pa je v zadnjem času zelo aktualna eko-bio arhitektura, ki promovira tradicionalne, naravne materiale in gradbene tehnike, kot so konstrukcija iz žaganega lesa, gradnja z



□ Slika 16. Večslojne plošče z gibljivo sredico (Institut RWTH Achen, 2003)



□ Slika 17. Hiša z nosilnimi elementi iz papirnatih tulcev (Shigeru, 1997)

ilovico. »Pionirjev naravne arhitekture je bilo mnogo: od Franka Lloyda Wrighta do Japoncev, od Baubiologie v Nemčiji, tehnologije prilagajanja v Welsu in z zemljo zaščitenih domov v Avstraliji do biosfer v ZDA«. (Pearson, 1994). Dejstvo je, da je masivni les eden najbolj zdravih gradbenih materialov. Je naravni regulator notranjega ozračja: diha in pomaga pri prezračevanju, stabilizira vlažnost, filtrira in čisti zrak.

Pri sodobni leseni stanovanjski gradnji se trenutno količinsko še vedno največ uporablja žagan les, dezintegriran les se pojavlja predvsem v obliki obložnih plošč pri okvirni in skeletni konstrukciji, redkejšje so polne stene iz dezintegriranega lesa in uporaba konstrukcijskega kompozitnega lesa.

4.2. Stopnja prefabrikacije

Bistvena sprememba je prehod od majhne k vedno večji stopnji prefabrikacije. V osemdesetih letih prejšnjega stoletja so se začeli uveljavljati velikostenski sistemi, ki so danes v veliki večini. Očiten je torej prehod od izvedbe na gradbišču k izvedbi v tovarni, prehod od rokodelskih k mehaniziranim procesom, kar je tudi posledica težnje po večji kakovosti končnega izdelka in manjših stroških proizvodnje.

4.3. Stopnja kvalitete

Sodobni sistemi se odlikujejo tudi po fleksibilnosti. Pomembna sprememba za naročnika je prehod od modularne k svobodni gradnji, od objektov, izdelanih po tipskih načrtih, do objektov po meri naročnika.

Proizvajalci sistemov lesene montažne gradnje polagajo precejšnjo pozornost tudi na podaljševanje življenjske dobe objektov in znižanje stroškov za vzdrževanje. Za življenjsko dobo montažne hiše je odločilnega pomena to, v kolikšni meri in kako pogosto je bila kon-

strukcija izpostavljena direktnemu vplivu vlage in kako je bila pred njo zaščiten. Vdor vlage je potrebno preprečiti vse od začetka proizvodnje do konca gradnje in kasneje v obdobju uporabe objekta. Trajnost objekta pa je nadalje odvisna tudi od kvalitete vgrajenih materialov, kakovosti proizvodnega procesa in sistema, zasnove objekta, primerne uporabe in vzdrževanja objekta.

Razvoj lesene montažne gradnje gre nedvomno tudi v smeri zmanjševanja porabe energije. Da bi dosegli manjšo porabo energije za ogrevanje, moramo zmanjšati izgube oz. prenos energije od znotraj navzven, ne da bi pri tem vplivali na bivalno ugodje v prostoru. Na osnovi perečih ekoloških problemov, ki jih med drugim povzročajo uporaba fosilnih goriv za ogrevanje objektov, se je v zadnjem desetletju razvila zamisel o nizkoenergijski hiši. Les je dober izolator, zato spada med najprimernejše materiale za gradnjo nizkoenergijskih objektov.

Pri izbiri gradiv in tehnologij gradnje se poleg naštetega polaga posebna pozornost tudi na akumulacijsko sposobnost toplote, akustične lastnosti, ekološko vrednost oziroma sprejemljivost zgradbe s stališča varovanja okolja. Vse bolj pa se poudarja tudi zdravstvena vrednost oziroma vpliv gradiv in tehnologije gradnje na zdravje in počutje človeka.

4.4. Večnadstropna gradnja

V prihodnosti je pričakovati širjenje potencialnega trga montažnih hiš. Posebno velik razmah lahko pričakujemo na področju lesene večnadstropne gradnje. Holzforchung Austria od leta 1996 zbira podatke o večnadstropni leseni gradnji, kamor prišteva stanovanjske objekte in druge zgradbe z najmanj 2,5 nadstropji. Po podatkih Holzforchung Austrie je v več nad-

stropni leseni gradnji v obdobju od leta 1996 do 2002 v Avstriji najbolj zastopana okvirna konstrukcija s 77 %, lesene skeletne gradnje je 6 %, masivne lesene gradnje pa 17 %. Lesena večnadstropna gradnja je najbolj zastopana na Štajerskem, in sicer 43 %, sledi Koroška 8 % in Vorarlberg s 6 % (po Holz Austria, 2002).

»Večina držav je višino oziroma največje dovoljeno število etaž pri stavbah z leseno okvirno konstrukcijo določila na osnovi različnih vplivov, ki so posebej nevarni za tovrstne objekte. Tako so države v Evropi in Skandinaviji to omejitev določile na osnovi požarne varnosti, v potresno ogroženih državah pa so omejitve največjega števila etaž določene predvsem zaradi potresnega vpliva na lesene okvirne konstrukcije«. (Dujič, 2001). V Veliki Britaniji je bila do leta 1991 dovoljena gradnja lahkih lesenih okvirnih konstrukcij do največ štirih etaž. Z razvojem novih požarno-odpornih materialov, s katerimi lahko zagotovimo požarno odpornost objekta več kot 90 minut, pa se od leta 1991 dalje v predpisih z določenimi zahtevami dopušča gradnja lahkih lesenih okvirnih konstrukcij do 8 etaž. Večnadstropne lahke lesene okvirne konstrukcije so v Evropi trenutno še v začetni fazi razvoja. Opazen pa je splošni interes gradnje večnadstropnih lahkih lesenih objektov.

5. SKLEP

V prihodnosti je pričakovati pomembne spremembe na področju montažne gradnje. Smernice evropske lesnopredelovalne industrije Roadmap 2010 zajemajo program aktivnosti s končnim ciljem, da dobijo les in njegovi proizvodi vodilno vlogo v gradbeništvu in v opremljanju notranjih prostorov. V skladu z njim naj bi bil predviden cilj dvig povprečne letne porabe lesa v Evropi od 1 % na 4 % (CEI-Bois Roadmap 2010).

Z omenjenimi smernicami sovpadajo tudi trendi na področju moderne arhitekture, ki je ponovno obudila les kot idealni gradbeni material. »Zaradi pozitivnega potenciala, ki ga imata gradivo in tehnologija gradnje, velja masivna lesena hiša za ekološko hišo«. (Zbašnik Senegačnik, 2001). Neprestan razvoj gradiv, razvoj postopkov obdelave, vgradnje ter načinov zaščite vplivajo na konkurenčnost lesa kot gradbenega materiala. Poleg tega je bilo razvitih precej novih sistemov, tako da imajo projektanti in investitorji vedno večje možnosti izbire. Zato v prihodnosti lahko pričakujemo pomembne spremembe na področju lesene gradnje. Dejstvo je, da se les prav zaradi svojih odličnih mehanskih lastnosti, majhne specifične teže ter razvoja različnih tehnologij vrača v bivalne objekte. Stalen razvoj in velika konkurenca pa sili proizvajalce k izboljševanju sistemov in razvijanju novih materialov, kar vpliva na porast kvalitete lesene montažne gradnje.

Glavne razvojne tendence bi lahko povzeli v nekaj točkah; to so:

- pojav novih materialov in novih kompozitov,
- gospodarna izkoriščenost osnovnih materialov,
- večanje stopnje prefabrikacije,
- fleksibilnost,
- podaljševanje življenske dobe objekta,
- zmanjševanje porabe energije,
- zdravstvena neoporečnost,
- upoštevanje ekološkega aspekta,
- zniževanje cene končnemu produktu,
- povečevanje števila etaž.

Za razvoj pa so pomembni tudi eksperimentalni poskusi na področju montažne gradnje. Gre za številne inovativne ideje, mnoge od njih se bodo izka-

zale kot neprimerne, nekatere pa se bodo razvile in ponudile projektantom nove izzive. Bodo to večslojne plošče z gibljivo sredico, bo šel razvoj v smeri elementov iz papirja? Bodo to stavbe zgrajene po celičnem sistemu gradnje in razdeljene na premične zasebne celice, ki bi jih človek lahko vzel seboj, ko bi se preselil v drug kraj? Bodo postale vizionarske zamisli, ki jih snujejo futurologi in arhitekti vsakdanja praksa? Odgovore na taka in podobna vprašanja bo prinesla prihodnost. Na vsak način pa smo lahko prepričani, da bo masiven les ostal med najbolj cenjenimi gradbenimi materiali. Dejstvo je, da imamo v domačem kulturnem okolju izjemno bogato lesarsko dediščino, ki je lahko izziv tudi sodobnim oblikovalskim in projektantskim prizadevanjem. Poleg tega je Slovenija ena izmed dežel, ki je v veliki meri poraščena z gozdovi (več kot 50 %) in razpolaga s kakovostnim lesom.

Zaenkrat v Sloveniji prevladuje klasično zidana gradnja, proizvodnja montažnih hiš je v zadnjem obdobju v porastu, vseeno pa smo še vedno daleč pod povprečjem glede na države zahodne Evrope. Potencialni uporabniki lesa so premalo ekološko osveščeni, les in njegove pozitivne lastnosti se v javnosti premalo promovirajo. Kljub temu pa lahko pričakujemo, da se bo porast tovrstne gradnje nadaljeval ob upoštevanju sodobnih trendov na področju lesene montažne gradnje tudi v Sloveniji. □

literatura

1. **Arhitekturni muzej 2005.** Razstava: Helsinki, University of Technology, Departement of Architecture - Wood Studio
2. **Bügelmayer 2004.** Ein Schalenhaus. Bauen mit Holz, 1: 89-91 str.
3. **CEI-Bois Roadmap 2010,** The European Confederation of woodworking industries
4. **Deu, Ž. 2005.** Tipologija lesenih sten v večinski arhitekturi slovenskih kulturnih krajin. Les, 57, 6: 189, 190 str.
5. **Dujič, B. 2001.** Eksperimentalno podprto modeliranje odziva lesenih okvirnih panelov na vodoravno ciklično obtežbo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta gradbeništvo in geodezijo. Doktorska disertacija: 20, 21, 24 str.
6. **Grützmacher, B. 1998.** Niedrigenergie – Häuser aus Holz, Callwey, München: 31 str.
7. **Institut RWTH Aachen. 2003.** Lehrstuhl für Baukonstruktion. Bauen mit Holz 5: 30-33 .
8. **Juvanec, B. 1999.** Lesena montažna gradnja. Gotove hiše v Sloveniji, 9 str.
9. **Kobe, M. 2005.** Les v kmečki arhitekturi na Dolžu na Dolenjskem. Ljubljana. Diplomsko delo. Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo, 34 str.
10. **Kolb, J. 2001.** Dreigeschossiger aus Holzmodulen, Bauen mit Holz 1: 12-16 str.
11. **Krestel, S.; Trummer A. 2005.** Die Kielstegelement. Bauen mit Holz, 9. 31-33
12. **Kušar, J. 1983.** Prefabrikacija zgradb ali prefabrikacija elementov? Njun vpliv na urbanizem. Doktorska disertacija. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, 128 str.
13. **Leitner, K. 2003.** Faltwerke mit „Textiler Fuge“. Bauen mit Holz, 5. 30-33 str.
14. **Mittag, M. 1974.** Gradjevinske konstrukcije. Beograd, Gradjevinska knjiga: 108 str.
15. **Natterer, J. 1996.** Concepts and Details of Mixed Timber-Concrete Structure, International Conference »Composite Structures - Conventional and Innovative«, Conference Report: 175-180 str.
16. **Pearson, D. 1994.** Eko-bio hiša. Ljubljana, DZS: 14 str.
17. **Powell, K. 2003.** Trends in new home construction with an emphasis on composite wood: Woodbased Composite Center. Blacksburg, VA
18. **ProHolz Austria, 2002.** Mehrgeschossiger Holzbau in Österreich, Holzskeltt-und Holzmassivbauweise. Holzforschung Austria, ProHolz Information:13 str.
19. **Prospektno gradivo podjetja Riko**
20. **Schafer, J.; Klenke, V. 2000.** Holzbausysteme. Informationsdienst Holz. Bonn, Holzbauhandbuch, 12: Reihe 1, Teil 1, Folge 4, 20, 22, 32 str.
21. **Séquences Bois- Détails bois. 1999.** Paris, CNDB Comité National pour Développement du Bois
22. **Šernek, M., Jošt, M. 2004.** Konstruktivski kompozitni les. Les 56,7-8: 230, 231 str.
23. **Shigeru, B. 1997.** GG portfolio. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A.:33, 35 str.
24. **Zalokar, M.R. 2002.** Montažna enodružinska hiša. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo. Magistrsko delo: 99-101, 164, 167 str.
25. **Zbašnik Senegačnik, M. 2001.** Hiša iz masivnega lesa. Les, 53,10: 341 str.
26. <http://www.steko.de>
27. <http://www.bonellispa.com/docs/uk/standard.html>
28. <http://www.lignotrend.de>
29. <http://www.lignatur.ch>
30. <http://www.merk.de>,
31. <http://www.trusjoist.com>