

izvleček

Gradnja iz masivnega lesa je ena izmed najstarejših gradbenih tehnik. Predmet raziskave "Gradnja iz masivnega lesa" so novejši masivni konstrukcijski sistemi. Primarni nosilni elementi masivnih konstrukcijskih sistemov so sestavljeni iz masivnih ploščatih lamel. Posamezni konstrukcijski elementi so povezani s pomočjo lepljenja, žebljanja oz. jeklenih ali lesenih moznikov. Na ta način je formirana lesena ploskovna konstrukcija, ki se lahko uporablja za stropne elemente, vertikalne stenske elemente ali strešne elemente.

Današnja masivna gradnja ni premočrtno nadaljevanje tradicionalne kladne gradnje, ampak nadgradnja v industrijski produkt, ki poskuša ponovno poudariti ekološke in psihološke kvalitete lesa.

ključne besede:

masivna lesena gradnja, lesene ploskovne konstrukcije, stikovanje elementov, žebljanje, lepljenje, moznichenje

Članek je nadgradnja raziskave "Novi načini uporabe lesa - gradnja iz masivnega lesa", ki je bila izvedena na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete leta 2003/2004. Namen in cilj raziskave je prikazati zgodovino in razvoj različnih konstrukcijskih sistemov s poudarkom na novejših masivnih izvedbah. Zato bodo v delu obravnavani proizvodi lesene masivne gradnje v homogeni ploskovni obliki. Sistemi kasetiranih plošč - profili v obliki U opaža (sistem Lignatur) ali dvojnega U opaža (sistem Wiwa in vsi sendvič elementi) imajo praviloma drugačno zgradbo in niso predmet te raziskave.

Razvoj in zgodovina

Na sliki (Slika 1) so prikazani konstrukcijski sistemi in njihova stopnja prefabrikacije. Če primerjamo kladno gradnjo, za katero je značilno sestavljanje posameznih elementov na gradbišču in panelno konstrukcijo, vidimo, da je stopnja prefabrikacije pri slednji velika, saj je zanjo značilna kombinacija elementov sestavljena v steno.

Tradicionalna kladna gradnja (nem. Blockbau, Massivholzbau, Holzmassivbauweise, ang. Log construction, fran. Bois massif, En bois empilés).

Prva oblika masivne gradnje je bila kladna - brunasta gradnja, ki jo najdemo tako v alpskem prostoru kakor tudi v Rusiji in Skandinaviji.

Ta način gradnje je močno vplival na razvoj zgodnje evropske lesene gradnje. Uporabljali so ga za stanovanjske hiše, mostove, stolpe in cerkve. Znanje so tesarji prenašali ustno iz roda v rod. Uporablja se še danes.

Princip gradnje: bruna so horizontalno položena drugo na drugo, lahko tudi vertikalno, stiki so zapolnjeni z malto, blatom, ilovico ali rastlinskimi vlakni, zveze so obremenjene le na tlak - zarez in utor. Velikost enega prostora je omejena na dolžino hloda. Značilna je velika poraba lesa.

abstract

Building with solid timber is one of the oldest building techniques. The subject of the research "building in solid timber" are contemporary wooden construction systems. The primary load-bearing elements of wooden construction systems are composed of solid planar lamellas. Particular construction elements are joined together by glue, nails or by steel and wooden treenails, thus forming a wooden planar construction that can be used for elements of ceilings, vertical walls or roofing.

Contemporary solid timber building isn't linear continuation of traditional log structures, but transformation into an industrial product that repeatedly stresses ecological and psychological qualities of wood.

key words:

solid timber construction, planar wooden construction, joints, nails, glue, treenail

Moderna oblika masivne lesene gradnje (nem. Holzmassivbauweise, Hmbauweise, ang. Massive wood building).

Določajo jo ploščati, masivni leseni elementi večjih dimenzij. Njihove prednosti: omejitev za prostore v horizontalni smeri odpade, večji konstrukcijski elementi - masivna bruna so nadomeščena z manjšimi enotami.

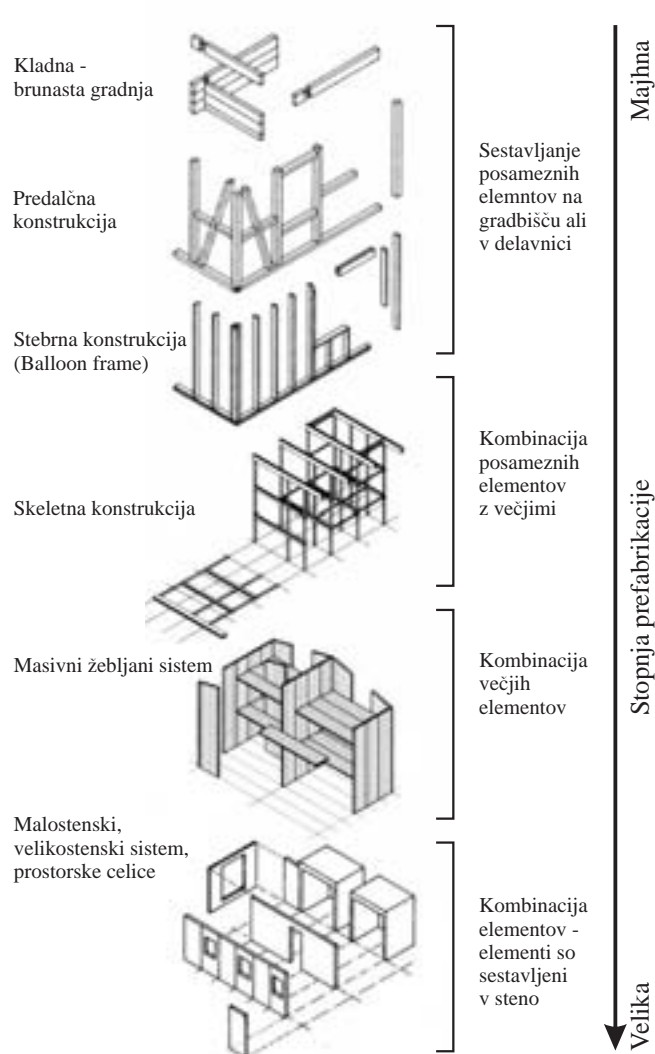
Posamični masivni leseni elementi so lahko enoslojni ali večslojni, vzporedno ali križno medseboj povezani. Z različnimi načini povezovanja, kot so žebljanje, lepljenje ali moznichenje so posamične slabosti uravnovešene in nastanejo velike ploskovne, homogene plošče.

Glede na način stikovanja ločimo različne masivne lesene proizvode (npr. Brettstapel ali Brettsperrholzelemente). Možne so tudi izvedbe novih sistemov z različnimi kombinacijami lesa in/ali lesnih tvoriv (npr. sistem Lignotrend, Homogen 80 idr).

Značilno za tovrstno gradnjo je, da je prenos obtežbe preko masivnih velikoploskovnih lesenih elementov in da je sloj izolacije ločen od nosilne strukture. Zavetrovanje je pri historičnih zgradbah določeno s konstrukcijskimi dimenzijami, pri modernih izvedbah pa s ploskovnimi elementi.

Zaradi lesene masivne konstrukcije in ponavadi uporabljene obloge, ima taka zgradba veliko požarna varnost. Posebno za večnadstropno gradnjo so uporabljeni ploskovni konstrukcijski elementi. Pri takem načinu gradnje je bistveni kriterij zavetrovanje in tehnika stikovanja posameznih elementov. V primerjavi s panelno konstrukcijo se masivna lesena gradnja (lesene ploskovne konstrukcije) razlikuje v uporabi lesa kot nosilne masivne lesene stenem.

Stopnja prefabrikacije se bo v prihodnosti še bistveno povečala in razvila. Današnja moderna masivna oblika lesene gradnje torej ni linearno nadaljevanje tradicionalne kladne gradnje (Slika 2), ampak sprememba v industrijski produkt s

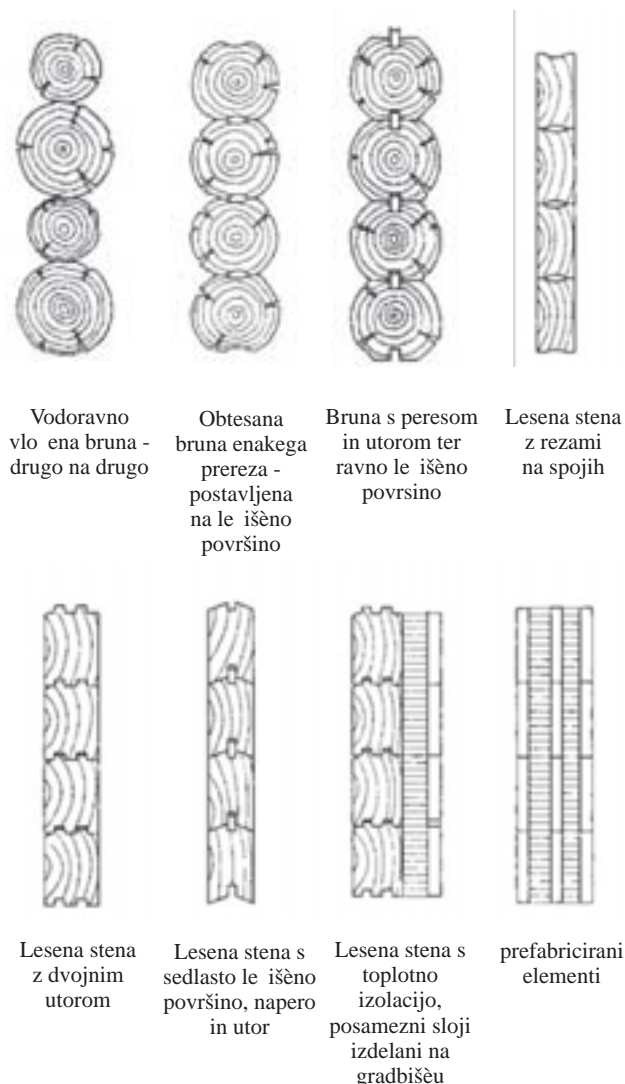


Slika 1: Pregled različnih konstrukcijskih sistemov glede na stopnjo prefabrikacije.
Review of different construction systems according to level of prefabrication.

ponovno poudarjenimi ekološkimi in psihološkimi kvaliteta lesa.

Značilnosti moderne gradnje z masivnim lesom:

- enostavna izdelava stenskih (uporablja se deske debeline 2,4 do 6 cm, širine 8 do 12 cm), stropnih in strešnih (odvisno od razpona 12 do 24 cm) konstrukcijskih elementov,
- za izdelavo konstrukcijskih elementov je možna uporaba manjvrednega lesa
- difuzijsko odprt način gradnje s samouravnavanjem nihanja vlage v prostoru (med posameznimi elementi je potrebno predvideti fuge, potrebno je upoštevati spremembe dimenzij lesa glede na vlago),
- odprava parozapornih slojev,
- dobra toplotna akumulacija,
- dobra ekološko energetska bilanca (v 1 m³ lesa je vezano 930 kg CO₂),
- masivne lepljene plošče omogočajo izdelavo elementov pod kontroliranimi pogoji v tovarni in sestavljanje le-teh v kratkem času na gradbišču,
- zaradi transportne omejitve so širine elementov do 2,50 m, dolžine pa tudi več kot 10 m.



Slika 2: Razvoj lesene masivne stene. (Vir: Mittag, M., 1974: Građevinska konstrukcije. Građevinska knjiga, Beograd, str. 43., CNDB, 1997-2000: Séquences Bois- Détails bois. Comité National pour Développement du Bois, Paris, str. 13, 22, 87.)
Development of the solid timber wall.

Masivne lesene plošče so sestavljene iz letvic masivnega lesa, ki so med seboj širinsko-robno, v primeru večslojnih plošč pa tudi ploskovno zlepljene (EN 12775). Razlikujemo dva tipa enoslojnih masivnih lesenih plošč:

- plošče z dolžinsko spojenimi letvicami; označujemo jih z oznako "SC" (showing cuts) in
- plošče z dolžinsko ne-spojenimi letvicami, označujemo jih z oznako "NC" (no cuts).

Večslojne plošče so sestavljene iz dveh vzporednih zunanjsih slojev in vsaj enega prečno potekajočega notranjega sloja.

Plošče morajo izpolnjevati zahteve glede:

- dimenzijskih odstopanj,
- vlažnosti ob izdelavi,
- kvalitete zlepljenosti,
- biološke trajnosti,
- mehanske lastnosti: plošče za konstrukcijsko uporabo, plošče za nekonstrukcijsko uporabo,
- sproščanja formaldehida.

Plošče, ki so namenjene za točno določen namen uporabe, morajo, če je to potrebno, izpolnjevati še dodatne zahteve (SIST, Novi standardi na področju lesenih tvoriv - njihov vpliv na proizvodnjo, trženje in uporabo).



Slika 3: Zgodovinska masivna lesena gradnja (kladna gradnja): Lovrenc na Pohorju. (Vir: Hiše, let.2, dec. 2000, št. 6.)
Historical solid timber construction (log structure): Lovrenc na Pohorju.

Osnovni gradniki masivnih lesenih plošč so lahko: ostrorobi, poševno žebljani, z obdelanimi robovi, z zamaknjenimi robovi, s profilom - kanal, na pero in utor.

Stropni elementi se lahko spajajo na vzmet, preklop, z moznikom, na pero-utor (Slika 5).

Novejši sistemi lesene masivne gradnje

Z razvojem lesenih konstrukcijskih sistemov so prišli na tržišče novi proizvodi. Sem prištevamo industrijsko izdelane škatlaste in ploskovne elemente iz lesa iglavcev.

Med nove sisteme spadajo: Lignotrend, Homogen 80, System Haas, KLH, Bresta, Klimaplan in drugi.

1. Masivni žebljani sistem (*Brettstapelbauweise*)

Sistem *Brettstapelbauweise* je razvil prof. Julius Natterer na Ecole Polytechnique de Lausanne v Švici. V nasprotju z ostalimi sistemi ni sestavljen iz več slojev, ampak iz pokončno postavljenih lamel, ki so med seboj zlepljene, mozničene ali žebljane in tako tvorijo leseno ploščo, ki prenaša obremenitev v eni smeri. Ponavadi znaša debelina lamel od 24 do 60 mm. Širine



Slika 4: Moderna lesena masivna gradnja. (Vir: Riko hiše, prospektno gradivo)
Modern solid timber construction.



Elementi so med seboj spojeni na **pero in utor**
1 lesena lepljena plošča
2 toplotna izolacija
3 finalna izdelava



Masivne letvice z zamaknjenimi robovi so med seboj **ebljane**



Plošče s **širinsko in debelinsko** (troslojno) zlepljenimi letvicami

Slika 5: Različne izvedbe lesenih masivnih plošč. (Vir: CNDB, 1997-2000: Séquences Bois- Détails bois. Comité National pour Développement du Bois, Paris)
Various types of solid timber panels.

elementov so od 60 do 125 mm, največ 2,5 m (odvisno od transporta) in dolžine do 10 m.

Na področju večnadstropne gradnje se masivne žebljane plošče najpogosteje uporablja kot stropni element, možne pa so tudi kombinacije elementov s skeletno in okvirno konstrukcijo (Slika 6a, 6b).

2. Lignotrend CH

System Lignotrend (mizarstvo Eckert in Joseph Lumplecker - Holzindustrieberatung Weyer) je prišel na tržišče leta 1993. Sistem je sestavljen iz masivnih, ploščatih lamel lesa iglavcev. Stenski elementi so sestavljeni iz križno lepljenih slojev desk različne debeline in strukture (npr. elementi s kanalom). Medprostorji so lahko zapolnjeni z ekološkimi izolacijskimi materiali in instalacijami. Standardni elementi so dolžine 2,5 m do 3,5 m.

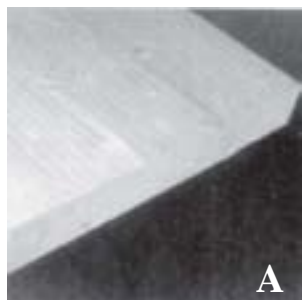
Uporaba: kot stenski elementi, strop in strešni elementi. Možnost kombinacije z drugimi sistemi (Slika 6d).

3. LenoTec® (MERK-Dickholz®)

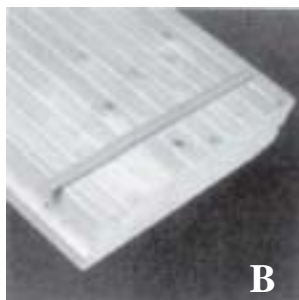
Podjetje Merk, Aichach se je na tržišču pojavilo leta 1994 kot akcija "*Wohnungsbau in Holzsystembauweise*" (Gradnja stanovanj v lesenem sistemu). Podjetje Merk je razvilo tehniko žebljanja. Osnovni gradnik so širinsko in debelinsko zlepljene smrekove lamele, ki so v najmanj treh križno postavljenih slojih. Tako nastanejo homogeni leseni ploskovni elementi.

Dimenzije: dolžina x širina v m: 14,80 m (max 20 m) x 4,80 m. Standardne debeline v mm: 85, 115, 135, 159, 189, 243, 297 mm.

Uporaba: stenski elementi (nosilni, nenosilni), predelne stene, stropni elementi, rebričaste plošče, souprežne stropne konstrukcije les-beton (za izvedbo stropov z večjim razponom so uporabni tudi mešani konstrukcijski sistemi les-beton), strešni elementi, plošče za mostove, ukrivljena opažna konstrukcija. Možnost kombinacije z drugimi sistemi.



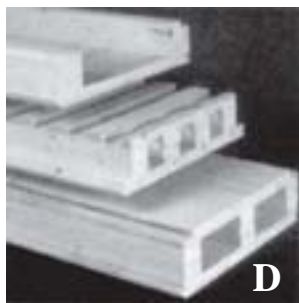
Stikovanje z eblji
(nem. Brettstapel genagelt)



Stikovanje z mozniki
(nem. Dubelholz - Elemente)



KLH



Lignotrend

Slika 6: Novejši sistemi masivne gradnje (Vir: Pro:Holz Information: Mehrgeschossiger Holzbau in Österreich. Holzskelett- und Holzmassivbauweise)
Contemporary solid timber building systems.

4. KLH

Masivne plošče KLH (Slika 6c) so podobne ploščam LenoTec. Izdelek je bil razvit v Avstriji na Technische Universität Graz (dr. Schichofer in Sägeindustrie Steiermark).

Masivne lesene plošče so izdelane iz lesa iglavcev, po strogih okoljevarstvenih zahtevah. Sestavljene so iz več slojev križno zloženih in ploskovno lepljenih desk. Plošče so 3,5 in 7 slojne.

Danes so pomembne zahteve po izpopolnjevanju inovativne, ekološke in ekonomske gradnje. Pri novejših masivnih konstrukcijskih sistemih je osnovni gradbeni material les, kombiniran s potrebnim izolacijskim materialom ter notranjimi in zunanji stenski oblogami. Tehnično dovršene konstrukcije iz masivnega lesa iglavcev izpolnjujejo visoke zahteve glede potresne, požarne varnosti ter toplotne in zvočne izolativnosti.

Z izboljšanjem ponudbe in seznanjanjem investitorja z možnostmi, ki jih nudi masivna lesena gradnja, je danes nastopila nova doba. Moderna arhitektura je ponovno obudila les kot idealni gradbeni material. Želja po ekonomičnem in odgovornem delu z zemeljskimi dobrinami je odgovornost vse bolj rastočega ekološkega zavedanja posameznika.

Viri in literatura

- Comite international d'histoire de l'art, 1997, Glossarium Artis- Holzbaukunst- Architecture en Bois- architecture in wood., Ladenburg. K.G. Saur Verlag GmbH & Co KG Munchen, str. 82
- Cerliani, C., Baggenstos, T., 1997: *Sperrholz architektur*. Baufachverlag Lignum, Zurich.
- Cerliani, C., Baggenstos, T., 2000: Holzplattenbau. Baufachverlag Lignum, Zurich.
- CNDB, 1997-2000: Séquences Bois- Détails bois. Comité National pour Développement du Bois, Paris.
- Gornik Bučar, D., Mrzelj F., 1998: Žagarški praktikum. Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Ljubljana.
- Swiss open-air museum, 1999: Ballenberg, Brienz, CH
- Guide to the Swiss Open-Air Museum, 1999: Ballenberg. Swiss Open-Air Museum, Brienz, CH.
- Kolb, J., 1995 : Systembau mit Holz. Baufachverlag Dietikon, Lignum, Zürich, Schweiz.
- Kušar, J., 1995: Slowenische Holzkonstruktionen- Erbe. Internationales Holzbauseminar für Architektur-und Bauingenieurstudenten 1.-8. februar 1995. Univerza v Ljubljani, TU Wien, Ljubljana, 11-22.
- Mrzelj, F., 1996: Žagarstvo. ČZD Kmečki glas, Ljubljana.
- Mušič, M., 1970: Arhitektura slovenskega kozolca. Cankarjeva založba, Ljubljana.
- Mittag, M., 1974: Građevinske konstrukcije. Građevinska knjiga, Beograd.
- Natterer, J., Herzog, T., Volz M., 1996: Holzbau Atlas. 2. verb. Und erw. Aufl. Köln: R. Müller, München.
- Pro:Holz Information: Mehrgeschossiger Holzbau in Österreich. Holzskelett- und Holzmassivbauweise. 4.2. Herstellung Von Brett zum Brettsperrholz
- Pearson, D., 1994: Eko-bio hiša. DZS, Ljubljana.
- Rozman, V., 1987: Konstrukcije v lesarstvu. Zveza društev inženirjev in tehnikov gozdarstva in lesarstva Slovenije, Ljubljana.
- SIST in Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, 2003: Novi standardi na področju lesnih tvoriv- njihov vpliv na proizvodnjo, trženje in uporabo, Ljubljana 03.10.2003
- Saje, F., 1997: Novejši razvoj lesenih konstrukcij. V: 19. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije, Bled, oktober 1997, Slovensko društvo gradbenih konstruktorjev, Ljubljana.
- Saje, F., 1997: Možnost razvoja lesenih konstrukcij. Gradbeni vestnik 11-12: 338-343.
- Turk, S., 1957: Lesene inženirske konstrukcije I, Projektiranje lesenih konstrukcij. Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo- Gadbeni oddelek- Inštitut za lesene konstrukcije, Univerza v Ljubljani.
- Turk, S., 1959: Lesene konstrukcije IV, Lesene ploskovne konstrukcije. Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo- Gadbeni oddelek- Inštitut za lesene konstrukcije, Univerza v Ljubljani.
- Weiss, W., 1991: Fachwerk in der Schweiz. Birkhäuser Verlag. Basel, Boston, Berlin.

asist Manja Kitek Kuzman
Univerza v Ljubljani
Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
manja.kuzman@bf.uni-lj.si

prof dr Jože Kušar
Univerza v Ljubljani
Fakulteta za arhitekturo
joze.kusar@arh.uni-lj.si