

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Lojk, M., 2016. Večetažne lesene konstrukcije. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Lopatič, J.): 30 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5927/>

Datum arhiviranja: 19-10-2016

University  
of Ljubljana  
Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Lojk, M., 2016. Večetažne lesene konstrukcije. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Lopatič, J.): 30 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5927/>

Archiving Date: 19-10-2016

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM PRVE STOPNJE  
GRADBENIŠTVO**

Kandidatka:

**MARTINA LOJK**

**VEČETAŽNE LESENE KONSTRUKCIJE**

Diplomska naloga št.: 265/B-GR

**MULTI-STOREY TIMBER STRUCTURES**

Graduation thesis No.: 265/B-GR

**Mentor:**

izr. prof. dr. Jože Lopatič

Ljubljana, 22. 09. 2016

## **STRAN ZA POPRAVKE**

Strani z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

*»Ta stran je namenoma prazna.«*

## IZJAVE

Spodaj podpisana študent Martina Lojk, vpisna številka 26110428, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Večetažne lesene konstrukcije.

## IZJAVLJAM

1. da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;
4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;
5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;
7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Podpis študenta

**BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČKI**

<b>UDK:</b>	<b>624.011.1:728.22(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Martina Lojk</b>
<b>Mentor:</b>	<b>izr. prof. dr. Jože Lopatič</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Večetažne lesene konstrukcije</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>Diplomska naloga – univerzitetni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>30 str., 31 sl.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>večetažne lesene konstrukcije, nosilni sistemi, lesene konstrukcije, potresna ogroženost, slovenska podjetja</b>

**Izvleček:**

Skozi zgodovino se je razvilo veliko nosilnih sistemov lesenih konstrukcij. Najbolj pogosti so: kladna ali brunasta nosilna konstrukcija, predalčna nosilna konstrukcija, stebrna nosilna konstrukcija, okvirna nosilna konstrukcija, panelna nosilna konstrukcija in masivna nosilna konstrukcija. Pri gradnji večetažnih stavb pa se najpogosteje uporabljajo okvirna, panelna ter masivna nosilna konstrukcija. Na podlagi raznih raziskav so na svetu zgradili že veliko število večetažnih lesenih stavb. Predstavila sem nekaj zanimivejših: Murray Grove Tower, The Tree, Hoho tower in Tamedia. V Sloveniji je delež lesenih novogradenj glede na naravne danosti še vedno majhen. Glavni razlog tega je slabše poznavanje sodobne napredne gradnje. Tu skoraj ne najdemo večetažne stavbe, saj Slovenija spada med potresno ogrožene države in vpliv potresne obtežbe na lesene konstrukcije še ni povsem raziskan. Opisala sem poslovno stavbo Eltima in skladišče Ekoprodukt. Kar nekaj slovenskih podjetij se je v preteklosti ukvarjalo z izgradnjo večetažnih lesenih konstrukcij pri nas ali v tujini. Nekatere sem predstavila tudi v nalogi.

## **BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

**UDC:** 624.011.1:728.22(043.2)

**Author:** Martina Lojk

**Supervisor** Assoc. Prof. Jože Lopatič Ph.D

**Title:** Multi-storey timber structures

**Document Type:** Graduation thesis – University studies

**Scope and tools:** 30 p., 31 fig.

**Keywords:** multi-storey timber structures, load-bearing systems of timber structures, seismic threat, slovenian companies

### **Abstract:**

In the past many loadbearing systems in timber construction has been developed. The basic systems are: log construction, timber-frame construction, balloon-frame and platform-frame construction, panel construction, frame construction nad solid timber construction. For multi-storey timber buildings are preferred: frame construction, panel construction and timber solid construction. Based on many research, a large numer of multi-storey timber construction has been built. I presented some of them: Murray Grove Tower, The Tree, Hoho tower and Tamedia. Slovenia has not many new buildings made of wood, according to forestation. The main reason for that is lack of knowledge of advanced timber construction. Also it has very little multi-storey timber construction, because it belong to coutries with high seismic threat and seismic loadbearing of timber construction has not been explored yet. I have presented office building Eltima and storehouse Ekoprodukt. Many slovenian companies have participated in construction of multi-storey timber buildings. Some of them i presented in this thesis.

## ZAHVALA

Zahvaljujem se izr. prof. dr. Jožetu Lopatiču za mentorstvo pri izdelavi diplomske naloge.

Posebna zahvala pa gre staršem, ki so mi omogočili študij in vedno stali ob strani. Zahvalila bi se tudi vsem ostalim za kakršnokoli podporo in pomoč tekom študija in pisanja diplome.



## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>NOSILNI SISTEMI LESENIH KONSTRUKCIJ</b>	<b>2</b>
2.1	Kladna oziroma brunasta nosilna konstrukcija	3
2.2	Predalčna nosilna konstrukcija	4
2.3	Steberna nosilna konstrukcija	5
2.4	Panelna nosilna konstrukcija	6
2.4.1	Glavni nosilni elementi	6
2.4.2	Vezna sredstva	8
2.5	Okvirna nosilna konstrukcija	9
2.5.1	Vezna sredstva	10
2.6	Masivna nosilna konstrukcija	10
2.6.1	Lepila za izdelavo križno lepljenih plošč	12
2.6.2	Vezna sredstva za povezovanje križno lepljenih plošč	12
2.7	Lamelirane lepljene konstrukcije	13
2.8	Sovprežne lesene konstrukcije iz lesa in drugih materialov	13
<b>3</b>	<b>PRIMERI VEČETAŽNIH STAVB PO SVETU</b>	<b>15</b>
3.1	Murray Grove Tower, Velika Britanija	15
3.2	The tree, Bergen, Norveška	16
3.3	Tamedia, Zurich, Švica	17
3.4	Hoho tower, Dunaj, Avstrija	18
<b>4</b>	<b>VEČETAŽNE KONSTRUKCIJE V SLOVENIJI</b>	<b>19</b>
4.1	Lesena gradnja v Sloveniji	19
4.2	Potresna ogroženost lesenih konstrukcij na Slovenskem	19
4.2.1	Zasnova lesenih konstrukcij na potresnih območjih	21
4.3	Gradnja večetažnih lesenih objektov v Sloveniji	22
4.3.1	Poslovna stavba Eltima, Komenda	22
4.3.2	Poslovno skladiščni objekt Ekoprodukt, Komenda	23
4.4	Lesena nadgradnja obstoječih objektov v Sloveniji	23
4.4.1	Hotel Breza, Rogaška Slatina	23
4.4.2	Terme Čatež, Čatež	24
<b>5</b>	<b>SLOVENSKA PODJETJA</b>	<b>25</b>
5.1	CBD-contemporary building design	25
5.2	Riko hiše	25
5.3	Marles hiše	26

---

<b>6 ZAKLJUČEK .....</b>	<b>27</b>
<b>VIRI.....</b>	<b>28</b>

**KAZALO SLIK**

<i>Slika 1: Osnovni nosilni sistemi lesenih konstrukcij: A-kladna oz. brunasta konstrukcija, B-predalčna konstrukcija, C-stebna konstrukcija, D-okvirna konstrukcija, E-panelna konstrukcija, F-masivna konstrukcija (Lopatič, 2008)</i> .....	2
<i>Slika 2: Sodobna kladna konstrukcija (Lesena gradnja)</i> .....	3
<i>Slika 3: Razvoj kladne masivne konstrukcije (Kolb, 2008)</i> .....	4
<i>Slika 4: Predalčna nosilna konstrukcija v Nemčiji (Wikipedia)</i> .....	4
<i>Slika 5: Stebna nosilna konstrukcija (Sitar, 2012)</i> .....	5
<i>Slika 6: Gradnja objekta iz panelnih elementov (Roofing Orlando)</i> .....	6
<i>Slika 7: Tipska sestava stropnega elementa (Premrov, Dobrila 2008)</i> .....	7
<i>Slika 8: Primeri konstrukcijskih sklopov panelne gradnje (Kolb, 2008)</i> .....	7
<i>Slika 9: Različni načini sidranja panelov (Kolb, 2008)</i> .....	8
<i>Slika 10: Pritrjevanje stene na stropno ploščo (Kolb, 2008)</i> .....	8
<i>Slika 11: Nosilna konstrukcija okvirnega sistema, šolsko poslopje, Švica (Kolb, 2008)</i> .....	9
<i>Slika 12: Primeri stikanja s pomočjo kovinskih veznih elementov (Kolb, 2008)</i> .....	10
<i>Slika 13: Križnolepljene lesene plošče (Dujic, 2009)</i> .....	10
<i>Slika 14: Usmerjenost lesnih vlaken, glede na smer obremenitev (Dujic, 2009)</i> .....	11
<i>Slika 15: Gradnja iz križno lepljenih masivnih plošč (Cbd-križnolepljen les)</i> .....	11
<i>Slika 16: Detajl stikovanja s temeljno ploščo (Dujic, 2009)</i> .....	12
<i>Slika 17: Primer lamelirane lepljene konstrukcije (Hoja)</i> .....	13
<i>Slika 18: Primer lesenega sovprežnega nosilca v kombinaciji z jeklom (Dicam)</i> .....	14
<i>Slika 19: Stolpnica Murray Grove (Waughthistleton)</i> .....	15
<i>Slika 20: Shematski prikaz nosilne</i> .....	15
<i>Slika 21: Stolpnica The tree (Timber design and tehnology-The tree)</i> .....	16
<i>Slika 23: Objekt Tamedia: A-Skeleta konstrukcija stavbe, B-Izgled stavbe po koncu gradnje, C-Primer zlaganja posameznih delov nosilne konstrukcije, D- Detajl lesenega spoja (Archdaily)</i> .....	17
<i>Slika 22: Stolpnica Hoho Tower (Timber design and technology)</i> .....	18
<i>Slika 24: Karta potresne ogroženosti Sredozemlja (Amazonaws)</i> .....	20
<i>Slika 25: Potresna ogroženost Slovenije –pospešek tal za povratno dobo 1000 let (Arso)</i> ...	21
<i>Slika 26: Poslovna stavba Eltima v času izgradnje (Cbd-Eltima)</i> .....	22
<i>Slika 27: Objekt Ekoprodukt: A-Poslovno skladišče med gradnjo prve faze; B-Poslovno skladišče po končani izgradnji prve faze (Cbd-Ekoprodukt)</i> .....	23
<i>Slika 28: Lesena nadgradnja hotela Breza (Kuzman, 2012)</i> .....	24
<i>Slika 29: Lesena nadgradnja hotela v Termah Čatež (Cbd-Terme Čatež)</i> .....	24
<i>Slika 30: Objekta podjetja Riko: A-Večstanovanjski objekt v Londonu; B- Hotel Salvan (Riko-reference)</i> .....	25
<i>Slika 31: Objekta podjetja Marles: A-Hotel Snežna Kraljica; B- Osnovna šola Solčava (Marles-reference)</i> .....	26

*»Ta stran je namenoma prazna«*

## 1 UVOD

V sodobnem gradbeništvu les predstavlja pomemben konstrukcijski material, saj ima poleg dobrih fizikalnih in mehanskih lastnosti tudi ugodne estetske lastnosti. Zaradi vedno večjega okoljevarstvenega ozaveščanja pa ima ta prednost pred ostalimi gradbenimi materiali, saj so pri gradnji z njim zelo zmanjšani izpusti CO<sub>2</sub>, iz energetskega vidika pa je zmanjšana tudi poraba energije. Veliko prednost pred ostalimi materiali predstavljajo šelastnosti kot so majhna lastna teža glede na nosilnosti, lahka obdelava ter enostavni tehnološki postopki gradnje oziroma montaže. Z razvojem sodobnih veznih sredstev, ekoloških vodoodpornih lepil visoke trdnosti, sredstev za zaščito lesa ter novimi tehnologijami gradnje, pridobivajo lesene konstrukcije zopet pomembno vlogo v gradbeništvu. Velik izziv predstavljajo večetažne lesene stavbe, katerih gradnja je hitrejša in cenovno ugodnejša kot pri gradnji z drugimi materiali. Skozi zgodovino se je razvilo veliko lesenih konstrukcijskih sistemov, ki pa za potrebe večetažnih stavb, zaradi različnih ekonomskih ali konstrukcijskih omejitev, niso vsi primerni. Prve večetažne stavbe v preteklosti so bile zgrajene na način kladnega konstrukcijskega sistema ali zečetne oblike okvirnega konstrukcijskega sistema, kjer so stebri segali prek celotne višine stavbe brez prekinitev. Kasneje so te oblike konstrukcij zamenjale okvirne konstrukcije s prekinjenimi stebri, katere so se gradile na način »nadstropje za nadstropje«. Vsako nadstropje se je gradilo kot posamezna enota, postavljena na nosilni okvir predhodnega nadstropja. Ta sistem gradnje večetažnih stavb je ostal eden vodilnih do druge polovice 20. stoletja. Sledili so razvoji na drugih področjih, zato je lesena večetažna gradnja v osrednji Evropi skoraj povsem izginila iz vsakdana. Šele nedolgo nazaj se je les vrnil kot alternativni material pri gradnji večetažnih stavb in zahtevnejših objektov. Glavni razlogi za to so uporaba novih konstrukcijskih sistemov gradnje, preoblikovanje zahtev o požarni varnosti ter razvoj na področju zvočno izolacijskih materialov. Navadno se večji leseni objekti gradijo iz visoko prefabriciranih elementov, kar zmanjša količino dela na gradbišču in skrajša čas izgradnje objekta, obenem pa zahteva zelo dobro premišljen koncept in zasnovo ter natančno izdelavo elementov.

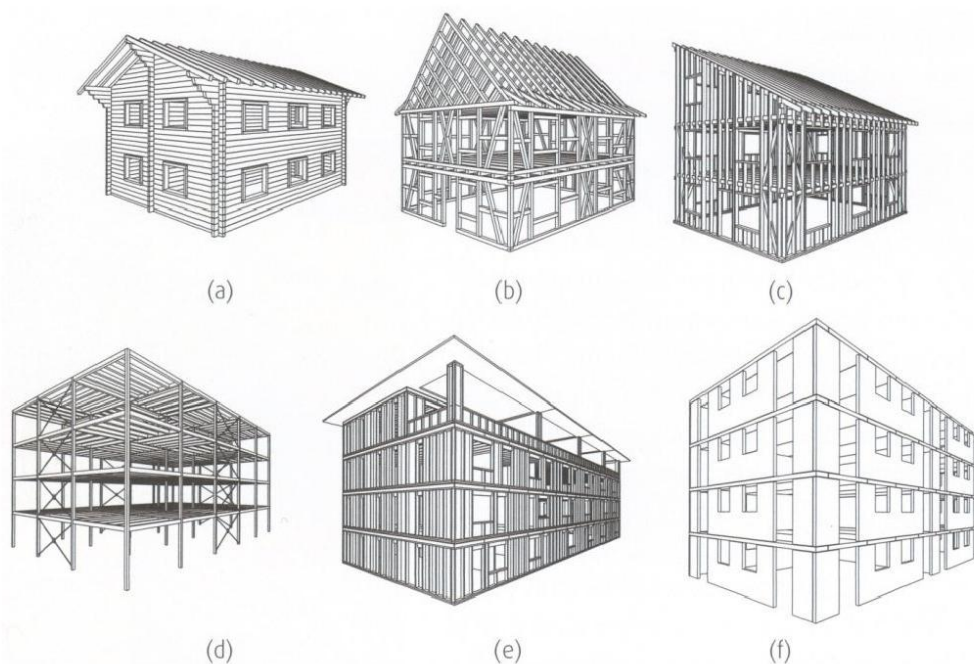
V prvem delu diplomske naloge se posvetimo različnim sistemom lesenih konstrukcij, ki so se razili skozi zgodovino. Tu predstavimo značilnosti posameznih sistemov ter njihove prednosti in glavna področja njihove uporabe. V naslednjem poglavju se spoznamo z največjimi dosežki večetažnih lesenih objektov po svetu na področju sodobne lesene gradnje. V zadnjem delu pa se posvetimo gradnji večetažnim lesenim konstrukcij v Sloveniji. Predstavim še stanje lesene gradnje v Sloveniji in nekaterim področjem, ki se pri nas s tem ukvarjajo.

## 2 NOSILNI SISTEMI LESENIH KONSTRUKCIJ

Zaradi vedno pogostejše uporabe lesa, kot glavnega materiala nosilne konstrukcije, so se s časom razvijali tudi novejši in naprednejši sistemi nosilnih konstrukcij. Ker je uporaba upogibnega nosilca pri klasičnih nosilnih sistemih, omejena z dimenzijami prečnega prereza ter dolžinami razpetin, ki so odvisne od same narave lesa, so se razvile sistemi z boljšim izkoristkom materiala ter takimi nosilnimi sistemi nosilnih mehanizmov, ki lahko dosežejo razpetine tam blizu 200m (Lopatič, 2008).

Na izbiro nosilnega sistema vpliva veliko dejavnikov. Zagotoviti moramo arhitekturnim, gradbeno-konstrukcijskim in gradbeno-fizikalnim zahtevam. Osnovni nosilni sistemi lesenih konstrukcij so:

- Kladna oziroma brunasta nosilna konstrukcija,
- Predalčna nosilna konstrukcija,
- Stebrna nosilna konstrukcija,
- Panelna nosilna konstrukcija,
- Okvirna nosilna konstrukcija in
- Masivna nosilna konstrukcija.



*Slika 1: Osnovni nosilni sistemi lesenih konstrukcij: A-kladna oz. brunasta konstrukcija, B-predalčna konstrukcija, C-stebrna konstrukcija, D-okvirna konstrukcija, E-panelna konstrukcija, F-masivna konstrukcija (Lopatič, 2008)*

Trenutno se največ uporabljajo nosilni sistemi: panelna nosilna konstrukcija, okvirna nosilna konstrukcija in masivna nosilna konstrukcija. Ti sistemi se lahko zelo razlikujejo po zasnovi in po samem izgledu. Sistemi se lahko razlikujejo tudi med državami ali regijami ali različnimi tipi stavbe. Glavni kriteriji za izbiro nosilnega sistema stavbe so dimenzije prostorov in funkcionalnost, situacija in lokacija objekta ter zasnova in material nosilne konstrukcije (Kolb, 2008).

Večetažne nosilne konstrukcije zaradi velikosti in posledično večje obtežbe na elemente nosilne konstrukcije težje zadostijo vsem zahtevam, zato je pri njih izbira nosilnega sistema nekoliko manjša. Kladna nosilna konstrukcija ter predalčna nosilna konstrukcija, ki predstavljata tradicionalno leseno konstrukcijo se v sodobnih večetažnih konstrukcijah praviloma ne uporabljata. Pojavili pa so se drugonosilni sistemi, kot so lamelirane nosilne konstrukcije (ki se večina uporabljajo za gradnjo večjih industrijskih objektov) ter sovprežne lesene konstrukcije. Izbira nosilnega sistema je predvsem odvisna od želenega arhitekturnega izgleda stavbe ter konstrukcijske učinkovitosti. Največje število etaž lesenih konstrukcij je odvisno od tehnične regulative, ki je v vsaki državi različna. V Veliki Britaniji, Italiji in Švici je dovoljena gradnja šest nadstropij in višjih stavb ob izpolnjenih določenih pogojih. V Združenih državah Amerike je dovoljena gradnja štirih nadstropij, z dovoljenjem pristojnih organov pa tudi pet in šest nadstropnih lesenih stavb. Na področju lesenih stavb potekajo raziskave o zagotavljanju ustrezne potresne odpornosti in odpornosti na obtežbo z vetrom v mejnem stanju nosilnosti in mejnem stanju uporabnosti ter na zagotavljanju ustrezne požarne odpornosti. Na podlagi teh raziskav je bila v Berlinu zgrajena sedem nadstropna v Londonu pa devetnadstropna stavba (Saje, 2008).

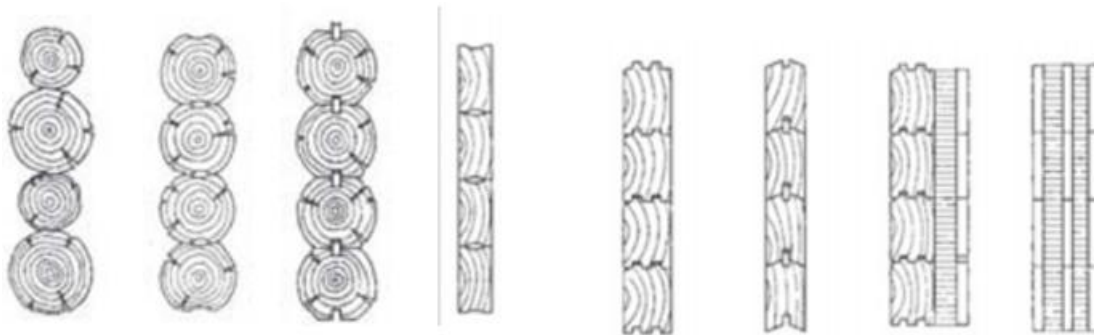
## 2.1 Kladna oziroma brunasta nosilna konstrukcija

Kladna oziroma brunasta nosilna konstrukcija ima dolgo tradicijo v nekaterih državah Evrope. Vplivala je na razvoj lesene arhitekture, saj je bilav preteklosti zelo razširjena. Ponekod v Rusiji in Skandinaviji so bile poleg enostanovanjskih stavb v kladni konstrukciji zgrajene tudi zahtevnejši objekti, kot so palače, stolpi in cerkve. V današnjem času se kladna nosilna konstrukcija pojavlja zelo poredko, največkrat pa pri enostanovanjskih stavbah v pretežno gorskem svetu (Kolb, 2008).



*Slika 2: Sodobna kladna konstrukcija (Lesena gradnja)*

V preteklosti je bila kladna konstrukcija enoplastna in je predstavljala tako nosilno funkcijo kot zaščito pred zunanjimi vplivi. Moderni standardi pa zahtevajo poleg nosilnosti tudi večjo izolacijo in udobje bivanja v notranjosti. Te zahteve so vodile do sodobnejših konstrukcijskih sklopov iz več plasti, kjer ima vsaka plast svojo funkcijo. Nekateri od teh prefabriciranih sistemov še vedno uporabljajo za nosilno konstrukcijo horizontalno postavljene klade, kar predstavlja neke vrste sodobno kladno ali brunasto nosilno konstrukcijo. Klade ali brune pri sodobni konstrukciji pa so lahko bruna iz masivnega lesa ali večslojno lepljenih elementov. Razvoj kladne oz. brunaste nosilne konstrukcije je prikazan na spodnji sliki (Kolb, 2008).



Slika 3: Razvoj kladne masivne konstrukcije (Kolb, 2008)

Nekatere starejše in dobro ohranjene stavbe pričajo o tem da je možna gradnja večetažnih stavb tudi s kladno konstrukcijo, vendar se zaradi konstrukcijskih in ekonomskih razlogov tega načina danes več ne uporablja (Kolb, 2008).

## 2.2 Predalčna nosilna konstrukcija

Predalčna nosilna konstrukcija je tradicionalen način gradnje v vzhodni in osrednji Evropi, ter ponekod v Angliji, Nemčiji, Danski in Nizozemski. V večini predalčnih konstrukcij nosilno konstrukcijo predstavljajo vidni leseni okviri in diagonale. Ta način gradnje se je najprej razvil na področjih, kjer količina lesa ni zadostovala za gradnjo kladnih konstrukcij. Vse do sredine 19. stoletja je pri večini gradenj iz predalčne konstrukcije ostala nosilna konstrukcija vidna. Z vidnimi lesenimi okviri so želeli imitirati kamen in opeke, ter ustvariti na stavbah urban videz.

Verjeli so da ima take vrste gradnja boljšo požarno odpornost. V sodobnem času se predalčna gradnja uporablja zelo redko. Nadomestili so jo sodobnejši leseni sistemi, ki so tako ekonomsko kot konstrukcijsko bolj zanimivi za uporabo. Kljub temu je lahko predalčna konstrukcija rešitev v primerih kot so vrtni hiške ali enostavni eno ali dvonadstropni pomožni objekti. Pri tem so leseni nosilni okviri skriti za različnimi oblogami. Veliko starejših lesnih stavb zgrajenih s predalčno nosilno konstrukcijo pričča o tem, da je možna gradnja večetažnih stavb s takim načinom gradnje. Konstrukcija v takih stavbah mora biti zaščiten pred vremenskimi vplivi med gradnjo. Danes pa se tega načina ne uporablja veliko, saj zaradi velike izpostavljenosti nosilne konstrukcije zahteva večje strošek in pogosto vzdrževanja (Kolb, 2008).



Slika 4: Predalčna nosilna konstrukcija v Nemčiji (Wikipedia)

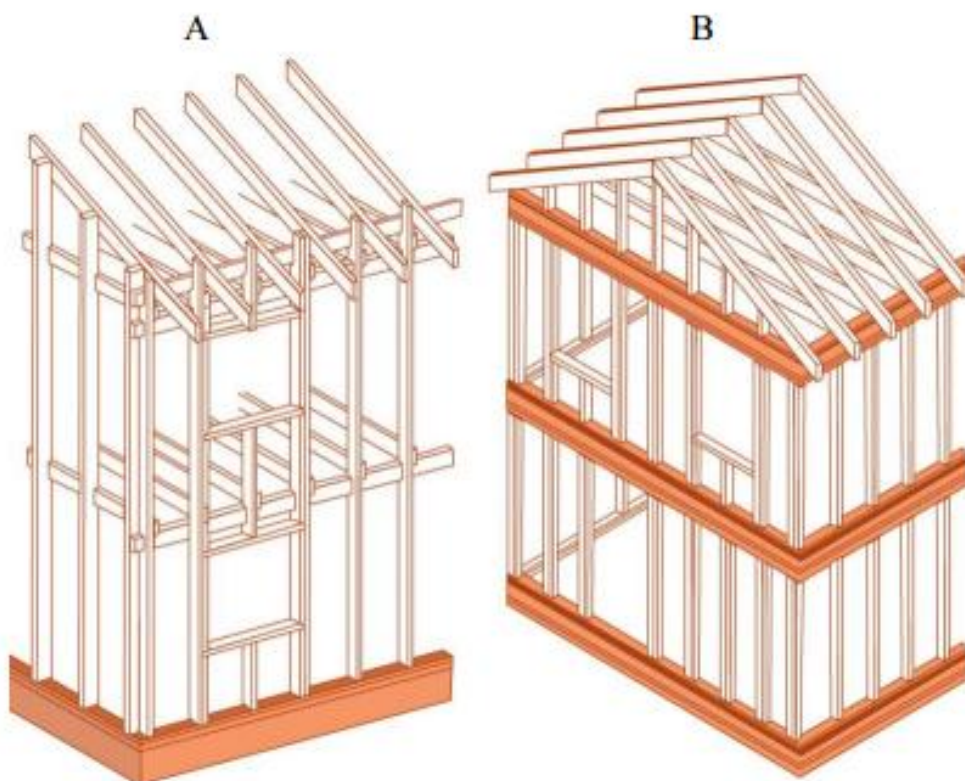


### 2.3 Steberna nosilna konstrukcija

V sredini 19.stol. so klasično ročno obdelovanje lesa izpodrinili novi obdelovalni stroji. V tistem času se je tudi znižala cena prevoza in začeli so se pojavljati novi materiali, ki so do takrat bili nepredstavljeni. To je vplivalo tudi na razmere v arhitekturi in gradbeništvu. Nove ideje, materiali in načini gradnje so nadomestili leseno gradnjo v Evropi. Medtem ko v hitro razvijajoči ZDA, kjer je veliko prednost pomenila hitra izgradnja se je pojavila nova oblika gradnje z lesom »Balloon frame«, ki jo pri nas imenujemo steberna konstrukcija. Steberna konstrukcija predstavlja lesene stebre postavljene razmeroma blizu enega poleg drugega, ki so zavarovani z žebljanimi deskami in ploščami. Uveljavila sta se dva načina gradnje steberne konstrukcije:

->**the balloon-frame system**« (Slika A): kjer so elementi zunanje stene stebri, ki segajo čez dve ali več etaž. Horizontalne elemente pa predstavljajo plošče z vezmi in stropniki, ki so pritrjene na stebre z zarezi in čepi. Višina stavbe je omejena z dolžino stebrov.

->**the platform frame**« (Slika B): kjer so elementi zunanje stene stebri ki segajo preko etaže. S takim načinom gradnje lahko vsako nadstropje stavbe gradimo posebej, krajši nosilni elementi pa predstavljajo več fleksibilnost pri oblikovanju arhitekture. Ta način je primernejši za gradnjo večetažnih stavb.(Kolb, 2008)



Slika 5: Steberna nosilna konstrukcija (Sitar, 2012)

## 2.4 Panelna nosilna konstrukcija

Na podlagi tradicionalne stebrne nosilne konstrukcije se je razvil sistem panelne montažne gradnje z večjo stopnjo prefabrikacije. Nosilna konstrukcija panelne gradnje je sestavljena iz linijskih elementov pravokotnega prereza, ki nosijo celotno konstrukcijo in obtežbo. Konstrukcija je navadno z obeh strani obdana z oblogo, ki celotno konstrukcijo stabilizira, ščiti ter zmanjšajo pomike konstrukcije pri horizontalnih obremenitvah. Glavna prednost panelnega sistema pred starejšimi je večja stopnja prefabrikacije v tovarni, kjer so zasnovane in izdelane stene, stropovi in strehe kot gradbeni elementi. Na gradbišču se elementi samo sestavljajo in pritrjujejo, kar zelo pospeši čas izgradnje. (Kolb, 2008)

Za linijski del elementov se lahko uporablja masiven ali konstrukcijski kompozitni les, za obodne plošče pa lahko izbiramo med ivernimi ploščami, vezanimi ploščami ali ploščami z usmerjenimi ivermi (OSB). Pri panelni gradnji lahko izbiramo tudi med malostenskimi in velikostenskimi elementi, ki pa se razlikujejo samo v velikosti površine plošče. (Lopatič 2008)

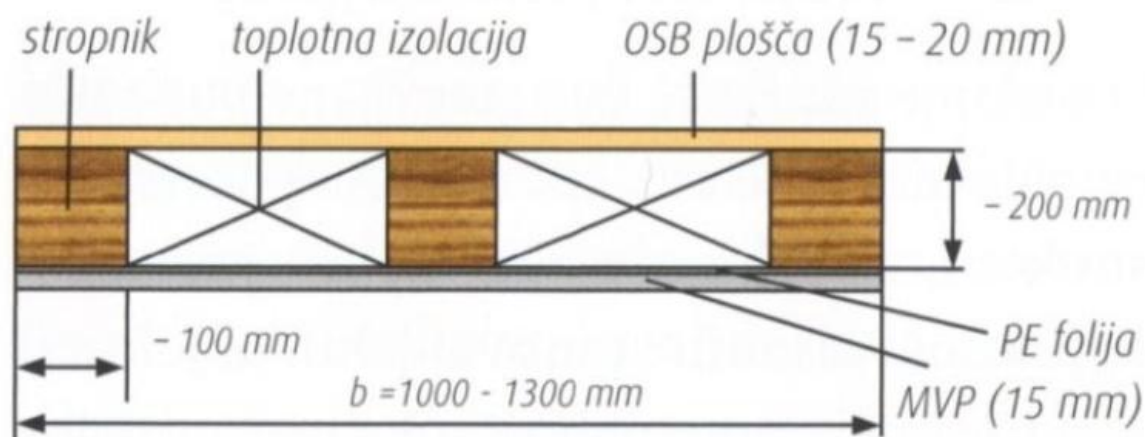
Montažni panelni sistemi večetažnih stanovanjskih objektov temeljijo večinoma na uporabi velikopanelnega montažnega konstrukcijskega sistema, kjer so stenski elementi vključno z vsemi odprtinami izdelani v obratu, zato je gradnja na gradbišču veliko hitrejša. (Premrov, Dobrila 2008).



Slika 6: Gradnja objekta iz panelnih elementov (Roofing Orlando)

### 2.4.1 Glavni nosilni elementi

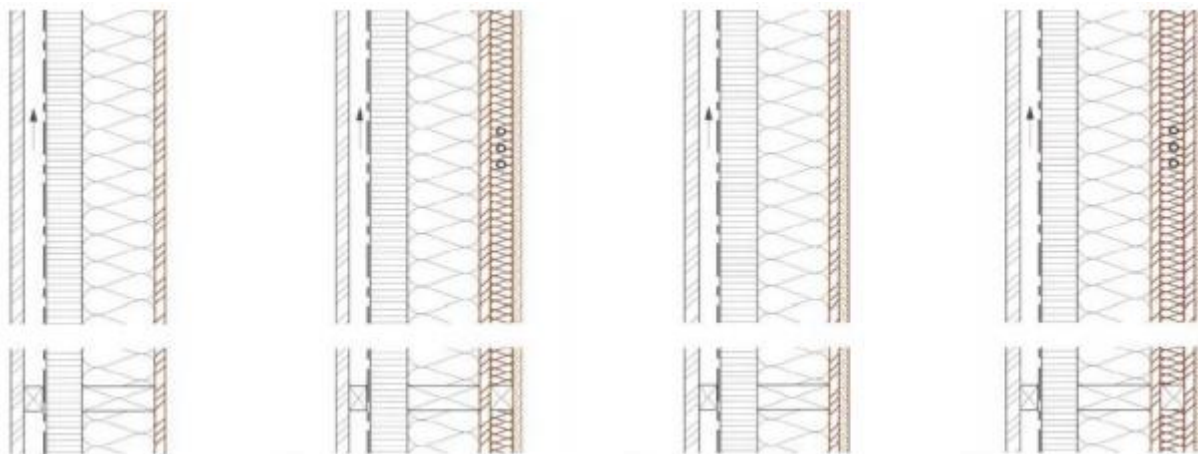
Montažne stropne elemente običajno sestavljajo leseni stropniki med katere se položi toplotna izolacija. Na pohodno stran se lahko položi OSB ploščo na spodnjo stran pa mavčno vlakneno ploščo. V stropnem elementu predpostavimo da prevzamejo vso nosilnost stropniki ploščam pa ne pripišemo nobene nosilnosti, zato pride celoten element nekoliko predimenzioniran. (Premrov, Dobrila 2008).



Slika 7: Tipska sestava stropnega elementa (Premrov, Dobrila 2008)

Montažni stenski elementi medsebojno sestavljajo povezan stenski sistem, ki so osnovni nosilni konstrukcijski elementi. Na nosilnost montažnih stenskih elementov najbolj vplivata nosilnost panelnih sten ter medsebojna povezanost. Element je navadno sestavljen iz nosilnega lesnega okvirja, ki je ponavadi sestavljen iz treh stebričev ter treh ali dveh gred ki so nanj pritrjene. Okvir, ki prenaša večji delež celotne vertikalne obtežbe je obložen na eni ali obeh straneh s ploščami (Premrov, Dobrila 2008).

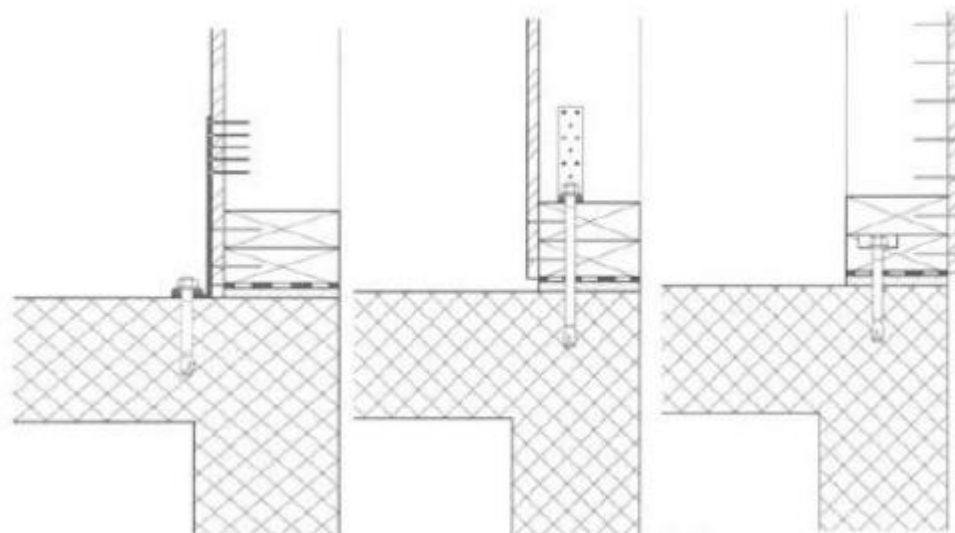
Sestavasklopa stene je odvisen od podnebnih značilnosti kraja in zahtev glede toplotne prevodnosti posamezne vrste stavbe. Poznamo veliko različnih načinov postavitve izolacijskih materialov. Lahko izbiramo med različnimi števili materialov ter njihovo debelino in pozicijo v steni (notranja stran stene ali zunanja). Izbiramo lahko tudi lego ovoja stavbe in stopnjo zrakotesnosti konstrukcijskega sklopa ter še veliko drugih podrobnosti (Kolb, 2008).



Slika 8: Primeri konstrukcijskih sklopov panelne gradnje (Kolb, 2008)

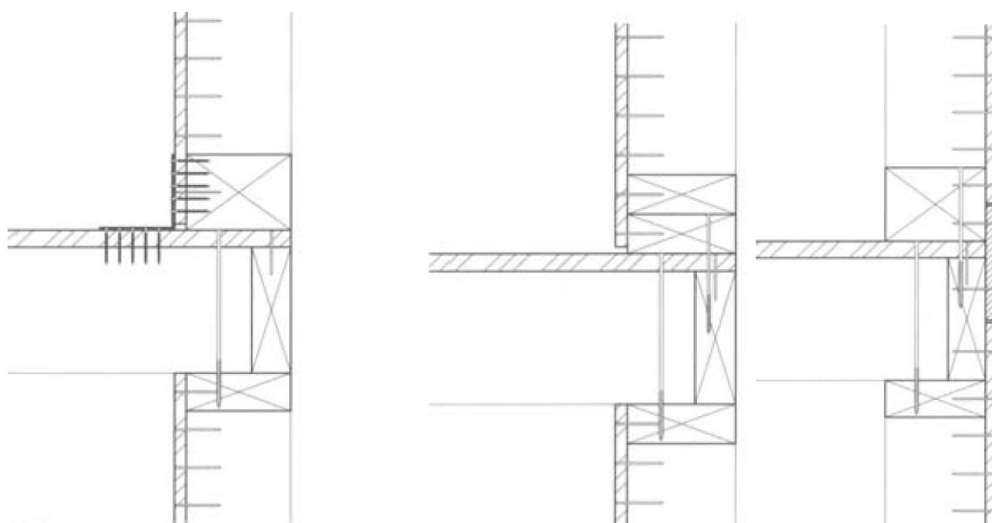
### 2.4.2 Vezna sredstva

Vezna sredstva imajo pri panelni gradnji zelo velik pomen saj zagotavljajo stabilnost objekta v vertikalni in horizontalni smeri ter povezujejo stavbo v celoto. Da preprečimo večje horizontalne pomike ali morebitne dvige stene zaradi rotacije, panelne stene pritrjujemo na armiranobetonske plošče z jeklenimi sidri. Sidrna glava se zasidra v beton in privije se navojno glavo na matici. Sidro je lahko pritrjeno na panel na različne načine. Lahko ga direktno sidramo v panel, tako da je sidro v notranjosti stebra, ali pa ga privijamo na jeklene kotnike, ki so z žebli pritrjeni na panel.



Slika 9: Različni načini sidranja panelov (Kolb, 2008)

Panelne stene in stropne se med seboj pritrjuje z različnimi veznimi sredstvi. Najpogostejši so: vijalji, moznički, žebli, lesni vijaki, trni in krempljaste plošče. Na sliki je prikazano spajanje stene s stropno ploščo s kotnikom in lesnimi vijaki ter z vijačenjem (Kolb, 2008).



Slika 10: Pritrjevanje stene na stropno ploščo (Kolb, 2008)

## 2.5 Okvirna nosilna konstrukcija

V preteklosti je prav pogostejša uporaba lesenih okvirnih konstrukcij prinesla leseni gradnji pomembnejšo vlogo v gradbeništvu. K temu so prispevali novejši linijski leseni elementi ter razvoj veznih sredstev. S svojo zasnovo daje okvirna konstrukcija veliko možnosti pri izbiri načinov razdelitve notranjih prostorov ter možnosti velikih okenskih odprtin. Okvirna konstrukcija je moderna oblika lesene gradnje. Sestavljajo jo nosilni stebri in grede katere povezujejo vezna sredstva. Ta osnovna nosilna konstrukcija podpira strop sestavljen iz stropnikov- prefabriciranih elementov, ki spadajo pod sekundarno konstrukcijo. Stene ki zapirajo odprtine med stebri so lahko pritrjene neodvisno od nosilne konstrukcije saj ne prispevajo k stabilnosti konstrukcije. Možna je tudi vgradnje velikih oken ali zastekljenih fasad. Nosilno konstrukcijo je možno postaviti znotraj zunanjih sten zaradi različnih konstrukcijskih razlogov. (npr. zaščita pred vremenskimi vplivi ali zrakotesnost ovoja stavbe). Glede na obliko nosilne konstrukcije bi lahko rekli da je okvirna nosilna konstrukcija nasprotje masivni in panelni nosilni konstrukciji. Pri masivni in panelni gradnji nosilni sistem temelji na linijskem konceptu prenašanja obtežbe, medtem ko je pri okvirnih sistemih je obtežba skoncentrirana v vozliščih elementov. Nosilni elementi pri okvirnih konstrukcijah navadno ostanejo vidni, vendar so pogosto združeni z notranjo opremo ali kot element spuščenega stropa odvisno od arhitekture notranjosti.

Vedno več naročnikov in investorjev se odloča za leseno okvirno konstrukcijo saj daje možnost spreminjanja ureditve notranjosti in notranjih prostorov. Pri modernih okvirnih konstrukcijah dajejo lepljeni elementi in sodobna spajanja z inovativnimi veznimi sredstvi konstrukciji večjo kvaliteto.

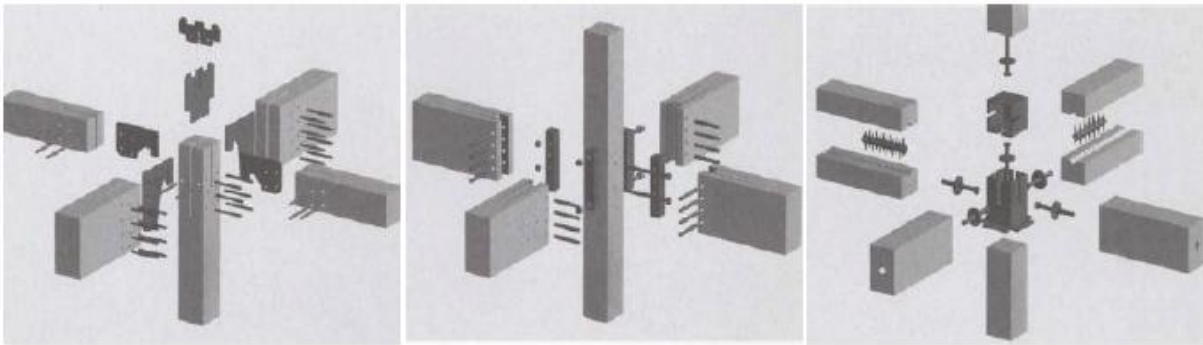
Okvirno konstrukcijo sestavlja primarna konstrukcija, katere naloga je prenašanje vse obtežbe na temelje objekta. Na primarno konstrukcijo je pritrjena sekundarna konstrukcija z različnimi nalogami. Elementi nosilne konstrukcije so najpogosteje iz laminiranega lepljenega lesa ali masivnega lesa. Konstrukcijski elementi, ki prevzamejo horizontalno obtežbo so lahko: jeklene diagonale, diagonalne jeklene plošče ali drugi leseni elementi (Kolb, 2008).



Slika 11: Nosilna konstrukcija okvirnega sistema, šolsko poslopje, Švica (Kolb, 2008)

### 2.5.1 Vezna sredstva

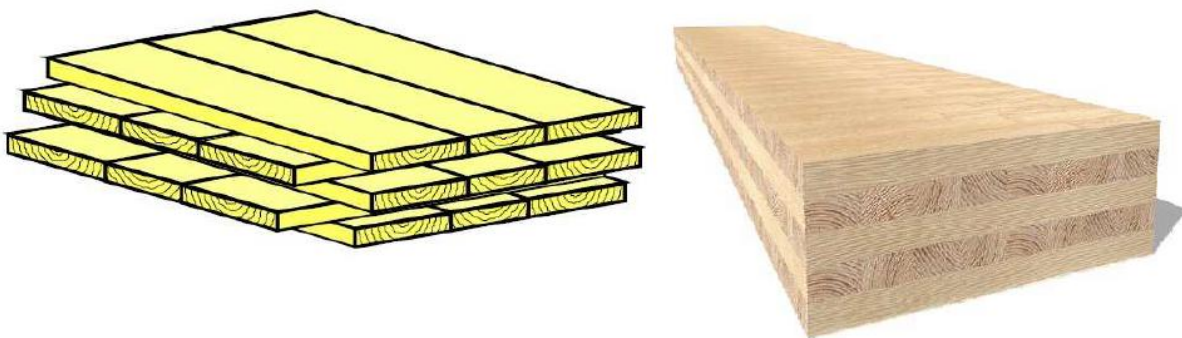
V preteklosti so bili stiki elementov lesenih okvirnih konstrukcij večinoma vceloti iz lesa. Najpogostejši so bili stiki z naleganjem, kar pa je primerno le pri obtežbi v eni smeri. Osnova razdalja med elementi je bila odvisna od obtežbe in dopustnega elementov. Pri sodobnejših stikovanjih elementov okvirne konstrukcije pa se pogosto uporablja kovinske vezne elemente. Na sliki (Slika 12) so prikazani trije načini stikovanja elementov. Izbira vrste stika je odvisna od tega ali se stebel nadaljuje v višje etaže ali se konča. Jeklene povezave lahko tudi skrijemo, da niso vidne. Tak način spajanje je tudi veliko hitrejši saj so vsi elementi že prej pripravljeni. Jeklo pa s svojimi odličnimi mehanskimi lastnostmi prinese stiku veliko nosilnost (Kolb, 2008).



Slika 12: Primeri stikanja s pomočjo kovinskih veznih elementov (Kolb, 2008)

### 2.6 Masivna nosilna konstrukcija

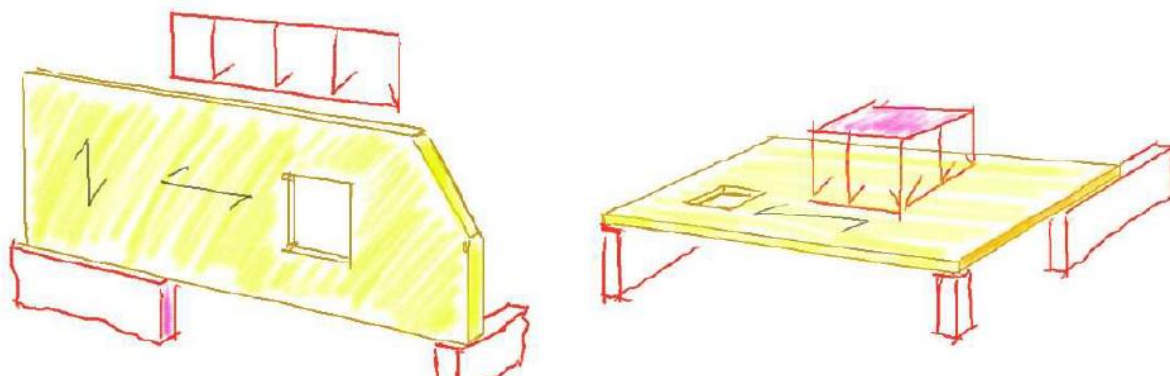
Z razvojem so se pojavili napredni masivni prefabricirani nosilni elementi, ki lahko samostojno opravljajo nosilno funkcijo (Lopatič, 2008). Sodobne masivne lesene konstrukcije so sestavljene iz lesenih sten in stropov, ki imajo plošče iz lepljenih oz. mozničenih elementov. Zaradi stabilne strukture se večinoma uporabljajo križno lepljene plošče. Križnolepljene plošče imajo dobre enakomerne mehanske in deformacijske lastnosti. Sestavljene se iz križno zloženih lesenih lamel, ki so pod pritiskom zlepljene v ploščo. Za osnovno surovino se največkrat uporablja les iglavcev, ki je tehnično posušen. Plošče so izdelane v lihem številu lamel: tri, pet ali sedem, odvisno od vrste uporabe, za medsebojno orientacijo sosednjih lamel je značilen pravi kot (Dujic, 2009).



Slika 13: Križnolepljene lesene plošče (Dujic, 2009)

Za potrebe povečanja nosilnosti v eni smeri imata lahko dva zaporedna sloja enako orientiranost lamel. Za doseganje višjih upogibnih nosilnosti se lahko izdelajo plošče z

dvojnimi zunanji robovi, za doseganje višjih strižnih napetosti pa se lahko izdelajo plošče z dvojnimi osrednjimi deli. Za višjo nosilnost v prečni smeri lahko uporabimo kombinacijo tenkih vzdolžnih nosilnih slojev in debelejših prečnih. Les kot naravni material je nehomogen. S križnim lepljenjem lamel dosežemo, da imajo enakomernejše mehanske lastnosti v vseh smereh in se pri obremenitvah tudi obnašajo bolj homogeno. Zaradi križno orientiranih lamel in homogenosti mehanskih lastnosti v vseh smereh, jih lahko uporabljamo tako za stropne kot za stenske elemente. Pri tem pa moramo upoštevati usmerjenost vlaken glede na smer obtežbe (Dujčić, 2009).



Slika 14: Usmerjenost lesnih vlaken, glede na smer obremenitev (Dujčić, 2009)

Križno lepljene plošče so po velikosti primerne za gradnjo etažnih sten s prehodno izdelavo odprtih za vrata in okna in pripravljenimi površinami za stikovanje na robovih. S pravilno povezavo plošč v konstrukcijo lahko dosežemo, da stenski elementi prevzamejo vodoravno obtežbo v ravnini stene in pravokotno nanjo. Tako je lahko celotna konstrukcija odporna na vse delovanje vodoravne obtežbe kot sta veter in potres. Masivno križno lepljene plošče imajo tudi dobre požarne odpornosti. Življenska doba križnolepljenih plošč znaša, ob ustrezni graditvi, tudi več kot petdeset let (Dujčić, 2009).



Slika 15: Gradnja iz križno lepljenih masivnih plošč (Cbd-križnolepljen les)

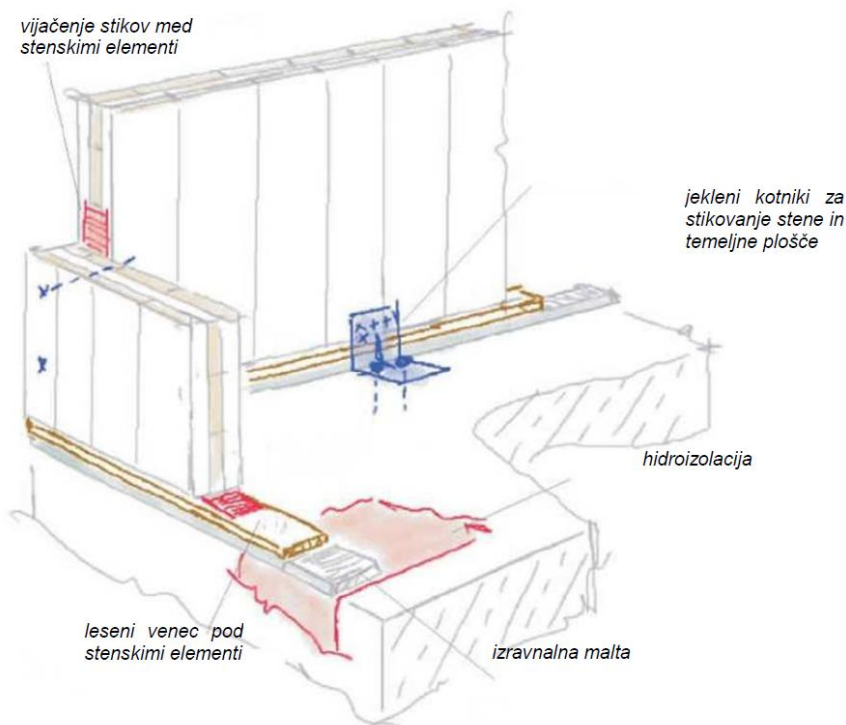
### 2.6.1 Lepila za izdelavo križno lepljenih plošč

K razvoju lepljenih lesenih konstrukcij je veliko pripomogel tudi razvoj sintetičnih lepil. Prav lepila so tista, ki zagotavljajo lepljenim lesenim konstrukcijam v nekaterih primerih prednost pred armiranobetonskimi in jeklenimi konstrukcijami. Lepilo mora zadostiti številnim zahtevam da ustreza evropskim standardom. Odporno mora biti na klimatske spremembe, kemikalije in mikroorganizme, trdnost na stiku mora biti večja ali enaka, kot je trdnost lesa na strig vzporedno ali pravokotno na vlakna .

Večina proizvajalcev lesenih križno lepljenih plošč uporablja za lepljenje enokomponentno poliuretansko lepilo Purbond, ki za povezovanje elementov v celoto izkorišča naravno vlago v lesu brez potrebe po topilih in formaldehidu. Popolno zlepljenje se doseže šele v stiskalnici (Dujčić, 2009).

### 2.6.2 Vezna sredstva za povezovanje križno lepljenih plošč

Križno lepljene stenske panele v temeljno konstrukcijo pritrjujemo s kovinskimi sidri. Dvižna sidra prevzamejo silo ki nastane pri vodoravni obremenitvi, strižna sidra pa prevzamejo strižno silo ob zdrsu stene. V temeljno betonsko ploščo sidra pritrdimo s sidrnimi vijaki, v leseno ploščo pa z lesnimi vijaki ali obročastimi žebliji. Tudi stene na medetažno konstrukcijo lahko pritrdimo z lesnimi vijaki ali obročastimi žebliji, s katerimi kovinski kotnik pritrdimo na steno in medetažno konstrukcijo. Stike med posameznimi paneli se običajno izvede s preklopnim vijačenim spojem (Dujčić, 2009).



Slika 16: Detajl stikovanja s temeljno ploščo (Dujčić, 2009)



## 2.7 Lamelirane lepljene konstrukcije

Lamelirane lepljene lesene konstrukcije se v večji meri uporablja za izgradnjo nestanovanjskih stavb, kot so trgovski centri, objekti za šport in prosti čas, industrijske stavbe ter kulturne objekte in sakralne objekte. Tu so potrebne dobre konstrukcijske lastnosti lesa, večja trdnost in dimenzijska stabilnost saj imajo objekti večje razpone. V večetažnih stavbah pridejo v poštev posamezni lamelirani elementi kot so stebri in grede, ki predstavljajo sestavni del drugih tipov konstrukcijskih sistemov. Lameliran lepljen les je sodobno kompozitno gradivo, z enakomernejšimi in boljšimi lastnostmi kot naraven les. Sestavljen je iz lepljenih tankih lamel, pri katerih vlakna potekajo vzporedno in so ploskovno zlepljene z lepili. Lepljen lameliran les prinaša tudi veliko svobode pri oblikovanju konstrukcij. S to tehnologijo lahko izdelamo razne nosilce različnih velikih razponov, poljubno oblikovane ukrivljene elemente s konstantno ali spremenljivo višino. Elementi pridobljeni s lepljenjem lamel, so lahko celotni nosilni sistemi ali pa le sestavni del večjih sistemov kot so stebri, grede okvirjev ter osnovni elementi paličja... Lepljeni lamelirani leseni elementi so lahko tudi gradniki rabrastih in mrežastih lupinastih konstrukcij (Lopatič, 2008).



*Slika 17: Primer lamelirane lepljene konstrukcije (Hoja)*

## 2.8 Sovprežne lesene konstrukcije iz lesa in drugih materialov

Sovprežne konstrukcije predstavljajo konstrukcijske elemente, ki so sestavljeni iz najmanj dveh ali več materialov. Kombinacija pride do izraza ob vzpostavitvi ustrezne povezave med njimi. Material v geometrijskem prerezu izberemo glede na napetostno stanje prereza, tako da kar najbolj izkoristimo same karakteristike materiala. Les ima veliko prednosti v primerjavi z ostalimi konstrukcijskimi materiali. Odlikujeta ga: nizka cena, toplotna izolativnost, majhna teža v primerjavi z nosilnostjo, lahko obdelava, estetski izgled, ekološka neoporečnost... Ob pravilni kombinaciji z drugimi materiali lahko te prednosti še bolj izkoristimo.

Elemente iz žaganega lepljenega lesa večkrat kombiniramo z elementi iz lesno predelanih materialov, kot so furnirne, iverne, vlaknaste ali OSB plošče. Pod sovporežne konstrukcije

lahko štejemo tudi mavčno vlaknene plošče pritrjene na leseni okvir (panelna gradnja), ter vse lepljene nosilce, ki so kombinirani iz lamel različnih mehanskih lastnosti. Vse večje konstrukcije pa se v glavnem gradijo v kombinaciji lesa z jeklom ali karbonom. Veliko raziskav pa poteka na prednapetih lesenih nosilcih. Namesto jeklenih palic ali kablov lahko za ojačitve uporabimo tudi jeklene lamele ali trakove, kot alternativo pa lahko uporabimo tudi trakove iz ogljikovih (karbonskih) vlaken. (Tajnik, Premrov, Dobrila, 2008)

Pri sovprežnih lesenih konstrukcijah iz lesa in betona, pa najpogosteje nastopa skeletna konstrukcija iz lesa in tlačena plošča iz betona. V primerjavi z navadnimi lesenimi konstrukcijami se ponaša z večjo nosilnostjo, boljšo zvočno izolativnostjo, požarno odpornostjo. Za vezna sredstva med lesenimi gredami in betonsko ploščo lahko uporabimo prekržane lesne vijake, pribite prefabricirane pločevine, ježevke in specialna vezna sredstva (Saje, 2008).



*Slika 18: Primer lesenega sovprežnega nosilca v kombinaciji z jeklom (Dicam)*

### 3 PRIMERI VEČETAŽNIH STAVB PO SVETU

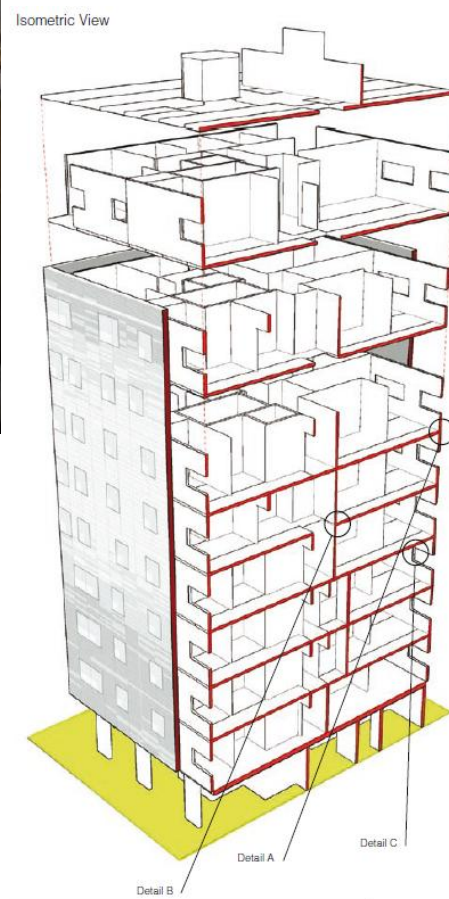
#### 3.1 Murray Grove Tower, Velika Britanija

Stolpnica MurrayGrove Tower je bila v času gradnje najvišja sodobna lesena večetažna zgradba na svetu. Dokončana je bila januarja 2009. Pritličje stavbe je betonsko, ostalih osem etaž pa je zgrajenih iz križno lepljenih lesenih plošč. Devetnadstropna stavba ima 29 stanovanj v pritlični etaži pa so pisarne. Unikatna konstrukcija je rezultat raziskav o zmanjševanju emisij CO<sub>2</sub> v celotnem procesu gradnje. Proces gradnje prefabriciranih lesenih konstrukcijskih elementov je bil zelo hiter, stavba je bila dokončana že v 49 tednih. Poleg tega je takšen sistem gradnje zelo natančen, objekt pa predstavlja zdravo bivalno okolje.



Slika 19: Stolpnica Murray Grove (Waughthistleton)

Stanovanja so v tlorisu razporejena v celični strukturi okrog centralnega jedra. Vsi nosilni elementi so hkrati tudi dobra zvočna izolacija za hrup med stanovanji in od zunaj(Eoinc).



Slika 20: Shematski prikaz nosilne konstrukcije Murray Grove Tower (Eoinc)

### 3.2 The tree, Bergen, Norveška

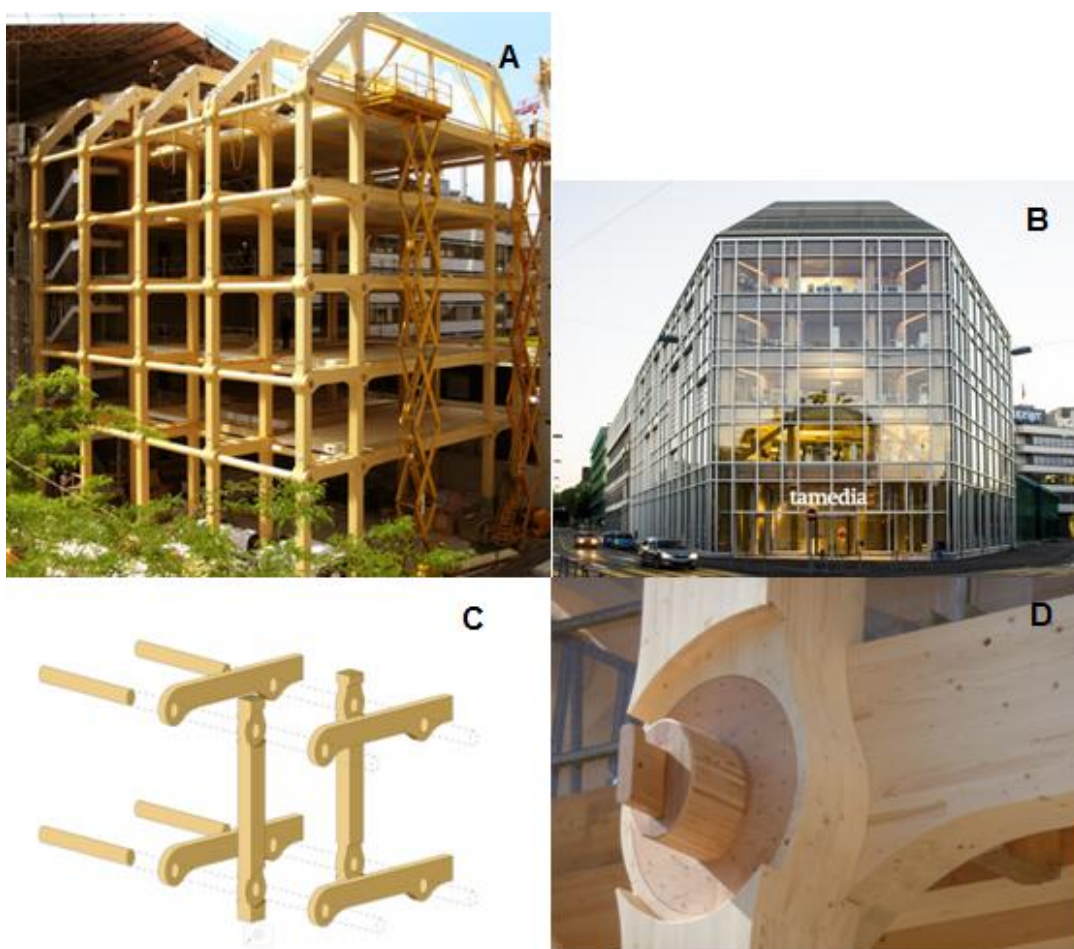
The tree je trenutnoena najvišjih sodobnih lesenih večetažnih zgradb na svetu. Nahaja se v mestu Bergen, sega v višino kar 49 metrov, ima pa 14 nadstropij. Končana je bila oktobra 2015. Stanovanjska stavba ima 62 luksuznih stanovanj s teraso, balkoni ter garažno hišo. Objekt je zgrajen iz različnih vrst lesa, v večji meri iz jelke. Na zunanji strani je zaščiten s steklom in jeklom kar ga ščiti pred klimatskimi vplivi. Za nosilno konstrukcijo so si projektanti izbrali kombinacijo križnih lameliranih plošč in lepljene skeletne konstrukcije grajene na betonskih temeljih. Stavba ima na dveh straneh zasteklitev in balkone, ki zaščitijo lepljeno lamelirano konstrukcijo ter dajejo stavbi edinstven videz zaradi vidne konstrukcije. Drugi dve strani sta zaščiteni z dodatno izolacijo in kovinskimi ploščami, ki ne potrebujejo nobenega vzdrževanja. Objekt zadostuje tudi kriterijem pasivne hiše. Velik izziv pri gradnji štirinajst nadstropnega objekta je bil preprečiti nihanje stavbe pri močnem vetru. Zato je lepljen lameliran okvir ojačan z dodatnimi diagonalami. Na strehi pa je stavba obtežena z betonskimi elementi, ki niso del konstrukcijskega nosilnega sistema predstavlja pa balast in s tem zmanjšujejo gibanje stavbe(Timber design and tehnology-The tree).



Slika 21: Stolpnica The tree (Timber design and tehnology-The tree)

### 3.3 Tamedia, Zurich, Švica

V centru glavnega mesta Švice stoji poslovna stavba Tamedia, dokončana je bila aprila 2013. Zaradi svojega videza privabi marsikateri pogled mimoidočega. Objekt je sedem nadstropna stavba z vidno leseno nosilno skeletno konstrukcijo, ki je sestavljena iz posameznih lesenih lepljenih lameliranih elementov. Posebnost te konstrukcije je da so vsi nosilni elementi narejeni iz lesa, delani z milimetrsko natančnostjo. Stavba združuje tradicionalno japonsko arhitekturo in moderni stil zahodnih držav. Elementi konstrukcije so bili rezkani in narejeni v obratu zato so jih na gradbišču samo sestavili. Celoten projekt je bil velik izziv tako za izdelovalca nosilnih elementov, kot za gradbenike. Dvojna steklena fasada dopušča da je nosilna konstrukcija stavbe dobro vidna tudi od zunaj, hkrati pa z naravno ventilacijo zagotavlja energetske učinkovitost po strogih švicarskih standardih(Archdaily).



Slika 22: Objekt Tamedia: A-Skeleta konstrukcija stavbe, B-Izgled stavbe po koncu gradnje, C-Primer zlaganja posameznih delov nosilne konstrukcije, D- Detajl lesenega spoja (Archdaily)

### 3.4 Hoho tower, Dunaj, Avstrija

Naslednji objekt z nazivom »najvišjega lesene zgradbe na svetu« naj bi zgradili na Dunaju. V višino naj bi merila kar 84m, imela pa bo 24 nadstropij. Objekt bosta sestavljali dve stavbi, katerih prostori bodo namenjeni hotelom, apartmajem, restavracijam in pisarnam. Nosilna konstrukcija stolpnice bo neke vrste sovprežna konstrukcija, kombinacija lesene konstrukcije in betona. Lesenega deleža bo 76 odstotkov. V hibridni konstrukciji bo betonsko jedro, ki omogoča vertikalni dostop v stavbo in obenem varuje samostoječo leseno konstrukcijo. Z različnimi materiali bodo skušali doseči visoke standarde in zahteve statike, požarne varnosti, prožnosti ter ekonomske kakovosti. Lesen sistem gradnje zagotavlja visoko učinkovitost v smislu visoke toplotne izolacije in uporabnosti. Lesena kompozitna medetažne plošče bodo pritrjene na betonsko jedro, ter podprti z lesenim nosilnim sistemom na robu stavbe. Ta sistem pa bo nosil še ovoj stavbe, ki bo kombinacija prefabriciranih lesenih plošč in betona. Z gradnjo naj bi pričeli pomladi ali poleti 2016, o kateri pa še ni nobenih zapisov (Timber design and technology-Hoho tower).



Slika 23: Stolpnica Hoho Tower (Timber design and technology)

## 4 VEČETAŽNE KONSTRUKCIJE V SLOVENIJI

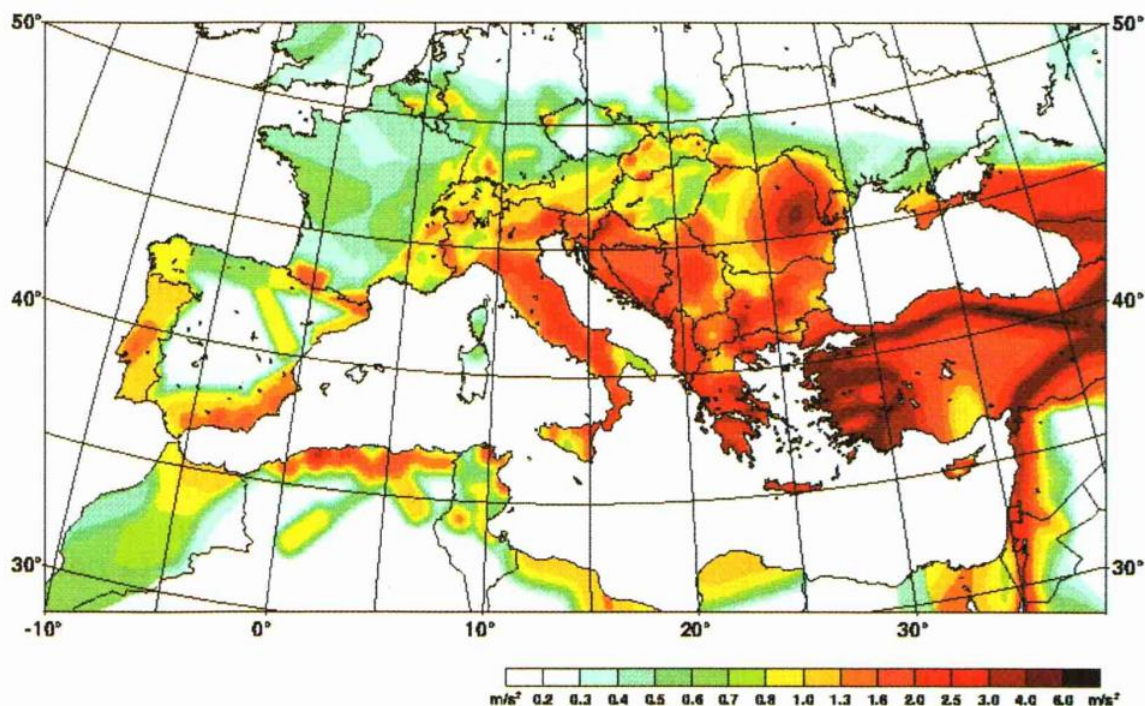
### 4.1 Lesena gradnja v Sloveniji

Slovenija je dežela gozdov in lesa, saj je tretja najbolj gozdnata država v Evropi. To nam v današnjem času, v katerem so okoljevarstveni vidiki vse bolj pomembni, veliko pripomore za doseg trajnostnega razvoja. Predstavlja veliko priložnosti in izzivov na področju lesene gradnje. Raba lesa ima ekonomske, ekološke in socialne prednosti, zato mora Slovenija odgovorno in dolgotrajno ravnati z njim. Značilnosti sodobne napredne lesene gradnje se odražajo v dobrih gradbeno-fizikalnih lastnostih, ekološki neoporečnosti vgrajenih materialov, manjši porabi energije za pripravo in vgradnjo materialov, nizkih stroških ogrevanja, dobri potresni odpornosti, primerljiva cena s klasično gradnjo, visoka kakovost bivanja in tudi visoka kvaliteta slovenskih proizvajalcev. Lesena gradnja v Sloveniji je v vzponu, vendar je glede na naravne danosti in geografsko lego delež lesenih novogradenj še zmeraj majhen. Glede na javnomnenjsko raziskavo *Slovensko javno mnenje o leseni gradnji*, ki ga je opravil oddelek za lesarstvo Biotehniške fakultete se je pokazalo, da glavni razlog zakaj se ljudje odločajo za klasično gradnjo pri gradnji stanovanjskih stavb v nepoznavanju prednosti sodobne lesene gradnje. Prisotni so predsodki o trajnosti lesenih objektov, požarni varnosti in estetski pomisleki glede kombinacije klasične-zidane gradnje z lesom.

V današnjem času se delež lesene gradnje počasi povečuje zaradi vzpodbujevanja nizkoenergijske gradnje. Veliko priložnost za leseno gradnjo predstavlja tudi načrtovana celovita prenova stavbnega fonda z novimi inovativnimi rešitvami za zagotavljanje izrabe obnovljivih virov energije (medetažna konstrukcija, sanacija obstoječih lesenih stropnih konstrukcij, napredni fasadni ovoji, prizidki...)(Kuzman,2008).

### 4.2 Potresna ogroženost lesenih konstrukcij na Slovenskem

V Sloveniji skoraj ne najdemo večetažnih lesenih konstrukcij. Glavni razlog je v tem, da Slovenija spada med potresno ogrožene države. Leži na robu aktivnega pasu, ki se iz Sredozemlja nadaljuje preko Turčije, Irana do Himalaje in dalje do Indonezijskega otočja. Severneje od nas je potresov bistveno manj in njihove posledice nimajo večjih razsežnosti, posledica tega je razširjenost večetažnih lesenih konstrukcij v državah severno od nas (Amazonaws).

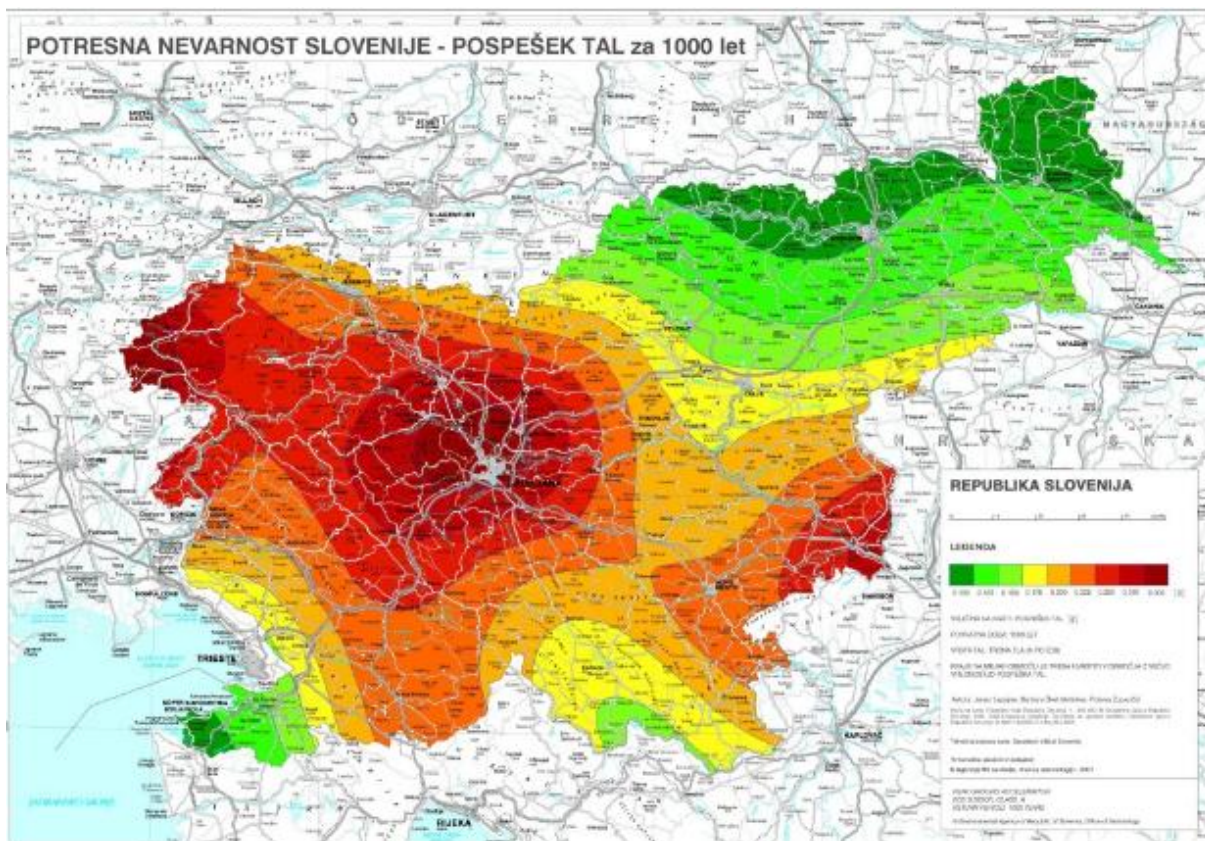


Slika 24: Karta potresne ogroženosti Sredozemlja (Amazonaws)

V zadnjih letih se je v Sloveniji povečalo zanimanje za leseno gradnjo. Proizvajalci in investitorji kažejo interes po gradnji večnadstropnih objektov in konstrukcij večjih dimenzij, vendar je inženirsko znanje o obnašanju lesenih konstrukcij na potresnih območjih napram znanju o obnašanju konstrukcij in drugačnih materialov zelo pomankljivo. Pri lesenih konstrukcijah je glavni problem pomankljivo poznavanje lastnosti sestavljenih elementov oz. konstrukcijskih sklopov. Tako so navadno osnova za določanje nosilnosti in deformabilnosti kar eksperimentalno dobljeni rezultati obnašanja posameznega konstrukcijskega sklopa. Večina obstoječih večetažnih novejših lesenih objektov drugod po Evropi, ni bilo izpostavljena močnejšim potresom, saj dežele, kjer stoji največ teh objektov niso potresno ogrožene. Zato podatkov o dejanskem obnašanju takšnih lesenih objektov nimamo, lahko pa si pomagamo z različnimi vrstami poškodb tovrstnih objektov. S preišljenim načrtovanjem in računsko določitvijo potresne odpornosti nosilne konstrukcije zmanjšujemo tveganje, ki je posledica predvidevanja potresne odpornosti lesenih konstrukcij (B. Dujić, R. Žarnič; 2008).

Tudi v Sloveniji, ki jo sicer uvrščamo med srednje ogrožene države, imamo različno potresno ogroženost glede na lokacijo. Vidimo, da so najmanj potresno ogrožena območja v prekmurju in obmorskih krajih, čez osrednjo Slovenijo od severozahoda proti jugovzhodu pa poteka rdeči pas višje potresne ogroženosti. V tem pasu so najbolj ogroženi Bovško z Breginjskim kotom, širša okolica Ljubljane in območje Brežic (Amazonaws).





Slika 25: Potresna ogroženost Slovenije –pospešek tal za povratno dobo 1000 let (Arso)

#### 4.2.1 Zasnova lesenih konstrukcij na potresnih območjih

Za projektiranje objektov na potresnih območjih veljajo gradbeni predpisi v obliki standarda Evrokod 8, ki velja za Evropo in tudi za Slovenijo, ob upoštevanju nacionalnih dodatkov. Ta standard podaja splošna pravila za projektiranje in analizo, v nadaljevanju pa dobimo tudi posebna pravila za projektiranje lesenih konstrukcij na potresnih območjih. Osnovne zahteve za projektiranje lesenih konstrukcij pa so zapisane v standardu Evrokod 5.

Pri zasnovi lesenih konstrukcij, si lahko pomagamo z splošnimi pravili za stavbe, ki so enaka za vse konstrukcije ne glede na material. Pomembni so naslednji dejavniki:

- upoštevanje potresne nevarnosti v zgodnji fazi snovanja stavbe,
- enostavnost konstrukcije,
- jasen in neposreden prenos potresnih sil na temelje,
- zveznost in simetrija,
- uporaba pravilno razporejenih konstrukcijskih elementov,
- statična nedoločenost,
- nosilnost in togost v dveh horizontalnih smereh,
- torzijska nosilnost in togost,
- ustrezna povezava ostalih nosilnih elementov z medetažnimi ploščami (toge plošče),
- ustrezno temeljenje,
- racionalna razporeditev mas,
- majhna vitkost,
- ujemanje računskega modela in izvedene konstrukcije ter
- pravilnost konstrukcije v tlorisu in po višini.

### 4.3 Gradnja večetažnih lesenih objektov v Sloveniji

Začetek gradnje večetažnih stavb v Sloveniji, bi lahko postavili že v 70. leta prejšnjega stoletja z gradnjo večetažnih objektov z leseno predalčno nosilno konstrukcijo, ki so dosegali tudi višine do 30m. Danes se najpogosteje pojavljajo v stanovanjski in javni gradnji. Pri proizvajalcih in investitorjih se kaže vedno večje zanimanje za graditev lesenih večnadstropnih stanovanjskih objektov in konstrukcij večjih dimenzij. Države na severu, kjer potresna ogroženost ni omejitev pri številu etaž postavile glede požarne odpornosti. V potresno ogroženih državah pa so omejitve pri številu etaž postavljene na osnovi potresnega vpliva na lesene okvirne konstrukcije.

Projektiranje in gradnja večetažnih lesenih objektov se od nižjih objektov razlikujejo v večji skupni obtežbi, zahtevi po drugačni zvočni zaščiti, dodatnih pogojih projektiranja in izpolnjevanja požarne varnosti, posebnosti glede nekaterih konstrukcijskih elementov (priključkov, vozlišč, balkonskih elementov, inštalacijskih poti), upoštevanje časovnih deformacij nosilnih elementov v vertikalni smeri, ter hitrosti in poteku gradnje zaradi zaščite pred vremenskimi vplivi. V Sloveniji trenutno predstavlja največji dosežek, izgradnja poslovnega objekta Ekoprodukt v Komendi, katerega skupna višina ob odločitvi za nadgradnjo dveh etaž 14m(Kuzman, 2012).

#### 4.3.1 Poslovna stavba Eltima, Komenda

Poslovna stavba Eltima je trenutno najvišja lesena stavba izdelana iz križno lepljenih masivnih plošč v Sloveniji. Objekt ima tri etaže s teraso. Dimenzije obstoječe temeljne plošče 5 x 15 m, so omejevale največjo možno svetlo širino objekta, razmerje višine 12,9m in širine pa je zahtevalo izjemno tog in nosilen konstrukcijski sistem. Zaradi uporabe križno lepljenih masivnih plošč je konstrukcija toga in nosilna. Objekt je bil postavljen v Komendi leta 2012. Konstrukcija je v celoti izvedena iz križno lepljenih masivnih plošč, katerih debeline znašajo 10 cm, medetažne plošče 15cm, strešna plošča pa 12 cm. Čas izgradnje je znašal 70 dni(Cbd-Eltima).



Slika 26: Poslovna stavba Eltima v času izgradnje (Cbd-Eltima)

### 4.3.2 Poslovno skladiščni objekt Ekoprodukt, Komenda

Poslovno skladiščni objekt v Komendi je najzahtevnejši projektiran lesen objekt v Sloveniji. Objekt Ekoprodukt se izvaja v dveh fazah. Prva faza je bila zgrajena avgusta 2010 in zajema objekt višine 7,5m. Objekt ima v poslovnem delu konzolni previs preko 8 m, kar predstavlja velik dosežek pri konstruiranju z lesom. Po končani izvedbi prve faze objekta bo sledila nadgradnja dveh poslovnih etaž, do skupne višine 14m. Objekt je zaradi slabe nosilnosti tal temeljen na temeljni plošči debeline 50cm. Primarna nosilna konstrukcija je večinoma izvedena z lesenimi križno lepljenimi ploščami, z izjemo skladišča kjer verikalno obtežbo prenašajo jekleni stebri. Stropna konstrukcija je narejena iz lesenih križno lepljenih lesenih plošč in kombinacijo lesenih in jeklenih nosilcev. Leseni ovoj izdelan v obliki lesenega okvirja, ki s pomočjo lesenih križnolepljenih plošč prenaša horizontalno obtežbo vetra. Večji razponi v poslovnem delu so se zaradi prihranka pri uporabi materiala izvedli kot rebričasti strop z uporabo tanke križnolepljene plošče in lesenih reber na spodnji strani. Konzolni previs je zaradi okenskih in vratnih odprtin v drugi etaži nekoliko oslavljen, zato so osrednjo steno ojačali z jeklenimi kotniki na zgornjem in spodnjem robu(Cbd-Ekoprodukt).



Slika 27: Objekt Ekoprodukt: A-Poslovno skladišče med gradnjo prve faze; B-Poslovno skladišče po končani izgradnji prve faze(Cbd-Ekoprodukt)

### 4.4 Lesena nadgradnja obstoječih objektov v Sloveniji

V zadnjem času se kaže velik interes za obnovo in nadgradnjo obstoječega stavbnega fonda. Zaradi specifičnosti obstoječih gradenj se projektanti velikokrat odločijo za leseno nadgradnjo, saj se izkaže za najugodnejšo zaradi zelo majhne teže in hitrosti gradnje. Nadgradnja je lahko skeletna konstrukcija, okvirna konstrukcija ali pa v leseni masivni izvedbi. V prihodnosti lahko pričakujemo še več lesenih nadgradenj obstoječih objektov(Kuzman,2012).

#### 4.4.1 Hotel Breza, Rogaška Slatina

V Termah Olimia so leta 2009 nadgradili armiranobetonski objekt hotel Breza. Nadgradili so ga z dvema lesenima etažama iz križno lepljenih masivnih plošč. Pred izvedbo nadgradnje je bilo potrebno raziskati interakcijo toge armiranobetonske konstrukcije z leseno nadgradnjo v primeru močnejšega potresa. Na stiku se namreč srečata dva povsem različna materiala, kjer zgornji leseni sistem, ki ob potresu zaniha, vzbudi spodnjo armirano-betonsko konstrukcijo in obratno. Pri lahki okvirnih konstrukcijah iz lesa in jekla, se ob nihanju

spodnjega težjega dela konstrukcije pojavi efekt biča oziroma povečanega nihanja. To je glavni razlog za izbiro masivnega lesenega sistema iz križno lepljenih lesenih plošč, saj je sistem tog in lahko zaduši nihanje spodnje armiranobetonske plošče. Z dodanimi mavčnimi oblogami pa zagotavlja tudi veliko ognjevarnost (Kuzman, 2012).



Slika 28: Lesena nadgradnja hotela Breza (Kuzman, 2012)

#### 4.4.2 Terme Čatež, Čatež

V Termah Čatež so leta 2011 nadgradili zidan objekt z dvema lesenima etažama iz križno lepljenih lesenih plošč. Pred izvedbo je bilo potrebno preveriti, kako se bo zidana podlaga odzivala na leseno nadgradnjo in obratno. Uporaba kateregakoli drugega materiala na tem objektu nebi bila možna, saj so temelji preobremenjeni in so se ponekod posedali že pred nadgradnjo. Pri nadgradnji so uporabljali le najlažje materiale. Na koncu je dodatna obtežba znašala samo 6 odstotkov teže spodnjega dela objekta. Po izračunih geomehanikov bi se investitorji s takšnim načinom gradnje lahko odločili tudi za dograditev treh nadstropij in s tem dosegli maksimalno dodatno obremenitev, ki v tem primeru znaša 10 odstotkov (Kuzman, 2012).



Slika 29: Lesena nadgradnja hotela v Termah Čatež (Cbd-Terme Čatež)

## 5 SLOVENSKA PODJETJA

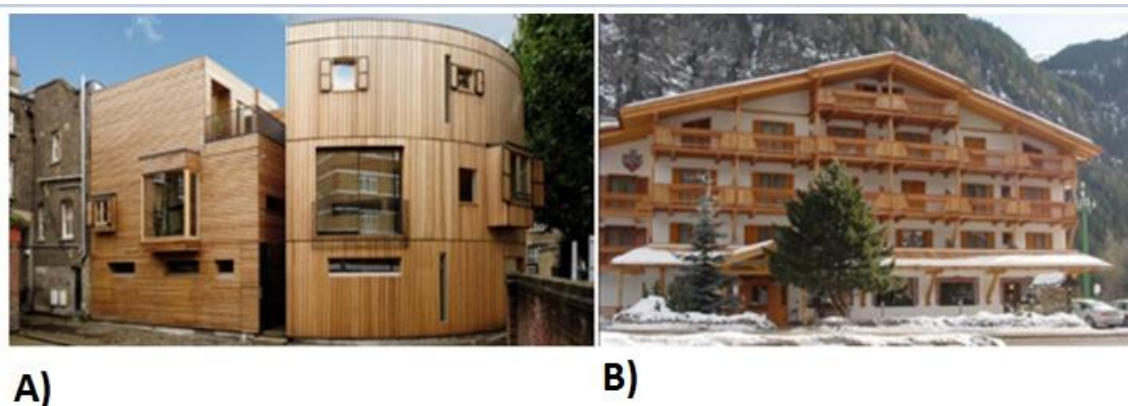
V Sloveniji imamo kar nekaj podjetij, ki se ukvarjajo v gradnjo lesenih objektov. Večina teh podjetij je usmerjenih k projektiranju in gradnji manjših objektov in montažnih hiš, a najdemo tudi taka ki so sodelovala pri gradnji zahtevnejših lesenih objektov ali večetažnih stavb pri nas ali v tujini. Nekatera sem predstavila v nadaljevanju.

### 5.1 CBD-contemporary building design

Podjetje CBD, s sedežem v Celju je eno vodilnih projektantskih podjetij na področju lesene gradnje. Ukvarja se s projektiranjem vseh vrst lesenih konstrukcij. Svojo željo po napredku dokazujejo tudi z razvojno-raziskovalnim delom na področju lesenih konstrukcij in potresnega inženirstva. Glavna področja njihovega dela so: izdelava projektne dokumentacije, projektiranje vseh vrst gradbenih konstrukcij ter izvedba objektov iz križno lepljenih plošč. V sodelovanje s proizvajalci križno lepljenih lesenih masivnih plošč izvaja tako enodružinske kot tudi večstanovanjske, poslovne in industrijske objekte. Sodelovali so pri gradnji in nadgradnji nekaj najzahtevnejših lesenih objektov v Sloveniji, kot so: poslovna stavba Eltima, poslovno skladišče Ekoprodukt (ki velja za najzahtevnejši leseni objekt v Sloveniji), mladinski hotel Punkl ter veliko število enostanovanjskih hiš(Cbd-Storitve).

### 5.2 Riko hiše

Podjetje Riko proizvaja in trži ekološke in nizkoenergijske lesene stavbe. Pri gradnji objektov sodelujejo z arhitekti, gradbene elemente pa izdelujejo v proizvodnem obratu v Ribnici po lastnem patentu. Danes je podjetje zelo uspešno in mednarodno priznano, kar kažejo s številnimi domačimi in tujimi certifikati ter z drugimi oblikovalskimi in arhitekturnimi priznanji. Njihov sistem gradnje ustreza ekološkim standardom ter je oblikovan povsem po meri naročnika. Gradijo stanovanjske hiše, stanovanjska naselja ter javne objekte in druge zahtevnejše stavbe. Zgradili so tudi veliko število večetažnih objektov v tujini. Večina teh so hoteli in turistični objekti. Leta 2004 so v Dolomitih zgradili hotel Salvan z masivno konstrukcijo. Objekt ima poleg lesenega pritličja še 3 lesena nadstropja in mansardo. V Londonu so leta 2006 zgradili večstanovanjski objekt prav tako z masivno konstrukcijo. Objekt ima poleg lesenega pritličja še dve leseni nadstropji(Riko-predstavitev).



Slika 30: Objekta podjetja Riko: A-Večstanovanjski objekt v Londonu; B- Hotel Salvan (Riko-reference)

### 5.3 Marles hiše

Podjetje Marles hiše Maribor je eno najstarejših slovenskih proizvajalcev različnih vrst montažnih objektov. Danes je eno vodilnih podjetij v Evropi na področju sodobne lesene gradnje. Marlesovi objekti so sodobno zasnovani in prilagojeni različnim namenom ter krajinskim in podnebnim razmeram. Njihov način gradnje omogoča hitro vselitev. Sodelujejo tudi z raziskovalnimi institucijami, s konkurenco ter poslovnimi partnerji na različnih področjih, ki so usmerjeni v spodbujanje in razvoj montažne gradnje. Leta 2006 so zgradili hotel Snežna kraljica v kraju Sljeme pri Zagrebu. Objekt ima klasično betonsko pritličje z dvema lesenima nadstropjema in leseno mansardo. Nosilna konstrukcija lesenega dela stavbe je okvirna panelna. Istega leta so v občini Solčava zgradili osnovno šolo prav tako z okvirno panelno konstrukcije. Objekt ima leseno pritličje, dve etaži in mansardo (Marles-storitve).



**A)**

**B)**

*Slika 31: Objekta podjetja Marles: A-Hotel Snežna Kraljica; B- Osnovna šola Solčava (Marles-reference)*

## 6 ZAKLJUČEK

V današnjem času se uporaba lesa kot gradbenega materiala povečuje. Glavni razlog so vedno večja okoljska ozaveščenost ter ugodne mehanske lastnosti. Že v preteklosti so ljudje z lesom gradili tudi večje in zahtevnejše objekte, a so jih začasno izpodrinili novejši in nosilnejši materiali. S pojavom novih naprednih oblik uporabe lesa ter razvojem veznih sredstev in zaščite lesa se njegova uporaba zopet počasi povečuje. Tako se danes les porablja skoraj pri vseh vrstah gradbenih objektov. Najpogostejša je uporaba pri montažnih hišah ter nezahtevnih manjših objektih in mostovih, veliko pa se vedno pogosteje uporablja tudi pri gradnji zahtevnejših objektov, kot so večje hale ter večetažne stavbe. Za gradnjo večetažnih stavb se najpogosteje uporabljajo naprednejši leseni konstrukcijski sistemi kot so: panelna gradnja, gradnja z masivnimi križnolepljenimi ploščami ter okvirne lesene konstrukcije. Nosilni sistem lesenega objekta je lahko tudi kombinacija različnih nosilnih sistemov ali celo različnih materialov v sistemu sovprežne nosilne konstrukcije. Pri objektih kjer je potrebno premostiti večje dolžine, kot so razne hale ali športni objekti, se veliko uporablja lamelirane konstrukcije. Pri večetažnih konstrukcijah pa so navadno lemelirani elementi le sestavni del drugih nosilnih sistemov. Po svetu se je v zadnjih letih pojavilo zanimanje za gradnjo večetažnih stavb z večjim številom etaž, zato se je na tem področju pojavilo veliko raziskav in kot rezultat teh so bile zgrajene lesene stolpnice, katerih prednosti pred stavbami iz drugih gradbenih materialov so majhni izpusti toplogrednih plinov, ugodje bivanja in zaradi velike prefabrikacije gradbenih elementov zelo zmanjšan čas gradnje objekta. Vsako leto se število visokih večetažnih lesenih konstrukcij veča in naslov najvišje lesene večetažne stavbe, vsakih par let pripada drugi stavbi. Omejitve višine in števila etaž so v nekaterih državah omejene. V Sloveniji smo glede na ostale države v zaostanku po številu gradenj večetažnih lesenih objektov. Glavni razlog za to je, da Slovenija leži na potresno ogroženem območju in vpliv potresne obtežbe na lesene konstrukcij še ni povsem raziskan. Višine ki jih dosegajo objekti v drugih državah pri nas nebi bilo možno doseči, a kljub temu se na tem področju nahaja še veliko neizkoriščenih možnosti. Omejitve pri višini lesene stavbe in številu etaž v Sloveniji sicer nimamo direktno omejene, imamo pa omejitve na področju požarne odornosti. Slovenija je gozdnata deleža in z velikim številom proizvajalcev lesenih objektov ima veliko možnosti lesene gradnje, ki pa se pri števil novih gradenj ne kažejo. Največji razlog odločanja za klasično gradnjo je nepoznavanje prednosti sodobne lesene gradnje ter včasih povsem neupravičen strah pred slabo požarno odpornostjo in majhno življensko dobo objekta. Poleg gradnje lesenih objektov se les velikokrat uporablja pri nadgradnji ali sanaciji objektov, saj ima poleg dobre nosilnosti majhno lastno težo in je tako jeobremenitev obstoječega objekta manjša, kot pri uporabi drugih materialov

## VIRI

- Dujič, B. 2008. Konstrukcije iz križno lepljenih lesenih panelov-prava pot sodobnega gradbeništva. *LesWood*, 55, 1/2:17-18
- Dujič, B., Žarnić, Ž. 2008. Vrednotenje potresne odpornost lesene gradnje: Kuzman, M. K. (ur.). *Gradnja z lesom – izziv in priložnost za Slovenijo*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta. Oddelek za lesarstvo: str. 176-180.
- Kolb, J. 2008. *Systems in Timber Engineering*. Basel, Birkhäuser: str.38-41, 50-53, 54-59, 60-61, 62-85, 86-111.
- Kuzman, M. 2012. *Lesene konstrukcije v stanovanjski in javni gradnji: Gradnja večetažnih stanovanjskih stavb*: str.107,123
- Kuzman, M. 2008. *Potencial lesene gradnje v Sloveniji - Slovensko javno mnenje o leseni gradnji*; Kuzman, M. K. (ur.). *Gradnja z lesom – izziv in priložnost za Slovenijo*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: str.212-219.
- Lopatič, J. 2008. *Konstrukcijski sistemi naprednih lesenih konstrukcij*. V: Kuzman, M. K. (ur.). *Gradnja z lesom – izziv in priložnost za Slovenijo*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: str.132-137.
- Premrov, M., Dobrila, P. 2008. *Panelna gradnja lesenih stanovanjskih stavb* V: Kuzman, M. K. (ur.). *Gradnja z lesom – izziv in priložnost za Slovenijo*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta. Oddelek za lesarstvo: str. 152-156.
- Saje, F. 2008. *Sodobne lesene konstrukcije*: Kuzman, M. K. (ur.). *Gradnja z lesom – izziv in priložnost za Slovenijo*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta. Oddelek za lesarstvo: str 138-142.
- Sitar, A. 2012. *Nosilni sistemi sodobnih lesenih konstrukcij*. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A.Sitar): str.8.
- Kilar, Slak, 2008. *Zasnova lesenih konstrukcij na potresnih območjih* : Kuzman, M. K. (ur.). *Gradnja z lesom – izziv in priložnost za Slovenijo*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta. Oddelek za lesarstvo: str. 176-180.
- Tajnik, M., Premrov, M., Dobrila, P. 2008. *Sovprežne konstrukcije v kombinaciji z lesom*; Kuzman, M. K. (ur.). *Gradnja z lesom – izziv in priložnost za Slovenijo*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta. Oddelek za lesarstvo: str:158-162.
- Lesena gradnja. 2016.  
[http://www.lesena-gradnja.si/html/img/pool/Obna\\_anje\\_kladnik\\_konstrukcij.pdf](http://www.lesena-gradnja.si/html/img/pool/Obna_anje_kladnik_konstrukcij.pdf)  
(ridobljeno 3.8.2016.)
- Wikipedia. 2016.  
[https://sl.wikipedia.org/wiki/Predal%C4%8Dna\\_lesena\\_gradnja#/media/File:Mosbach\\_kickelhein.jpg](https://sl.wikipedia.org/wiki/Predal%C4%8Dna_lesena_gradnja#/media/File:Mosbach_kickelhein.jpg) (Pridobljeo 27.7.2016.)



Roofing Orlando. 2016

<http://orlando-roofing-companies-roofing-orlando-fl-roofing-contractor.com/wood-panel-passivhaus-in-british-columbia> (Pridobljeno 30.7.2016.)

Hoja. 2016

<http://www.hoja.si/pozar.html>(Pridobljeno 3.8.2016.)

Dicam. 2016

<http://www.dicam.unitn.it/217/timber-structures>(Pridobljeno 5.8.2016.)

Waughthistleton. 2016

<http://www.waughthistleton.com/project/murray-grove/>(Pridobljeno 10.8.2016.)

Eoinc. 2016

[http://eoinc.weebly.com/uploads/3/0/5/1/3051016/murray\\_grove\\_case\\_study.pdf](http://eoinc.weebly.com/uploads/3/0/5/1/3051016/murray_grove_case_study.pdf)  
(Pridobljeno 10.8.2016.)

Timber design and technology-The tree. 2016

<http://www.timberdesignandtechnology.com/treet-the-tallest-timber-framed-building-in-the-world/>(Pridobljeno 12.8.2016.)

Timber design and technology-Hoho tower. 2016

<http://www.timberdesignandtechnology.com/reach-higher-with-wood%E2%80%A8-84-meter-24-storey-hoho-tower/> (Pridobljeno 12.8.2016.)

Arcdaily. 2016

<http://www.archdaily.com/478633/tamedia-office-building-shigeru-ban-architects>  
(Pridobljeno 14.8.2016.)

Amazonaws. 2016

<s3.amazonaws.com/a.nnotate/docs/2010-07-29/njwHuUbwWLCJ/potresi.pdf>  
(Pridobljeno 14.8.2016.)

Arso. 2016

[http://www.arso.gov.si/potresi/potresna%20nevarnost/projektني\\_pospesek\\_tal.html](http://www.arso.gov.si/potresi/potresna%20nevarnost/projektني_pospesek_tal.html)  
(Pridobljeno 14.8.2016.)

Cbd-križnolepljen les. 2016

<http://www.cbd.si/lesena-gradnja/krizno-lepljen-les-xlam> (Pridobljeno 3.8.2016.)

Cbd-Eltima.2016

<http://www.cbd.si/projekti-s/190-poslovni-objekti/268-poslovna-stavba-eltima-v-komendi>  
(Pridobljeno 15.8.2016.)

Cbd-Ekoprodukt.2016

<http://www.cbd.si/projekti-s/190-poslovni-objekti/270-poslovno-skladiscni-objekt-ekoprodukt>  
(Pridobljeno 15.8.2016.)

Cbd-Terme Čatež.2016

<http://www.cbd.si/projekti-s/278-nadgradnje/346-nadgradnja-hotela-terme-v-termah-catez>

(Pridobljeno 15.8.2016.)

Cbd.storitve.2016

<http://www.cbd.si/storitve>

(Pridobljeno 15.8.2016.)

Riko-reference. 2016

<http://www.riko-hise.si/si/reference?pid=41&project=lesena-hisa-v-britanski-prestolnici>

(Pridobljeno 15.8.2016.)

Riko-predstavitev.2016

<http://www.riko-hise.si/si/podjetje/predstavitev>

(Pridobljeno 15.8.2016.)

Marles-reference. 2016

<http://www.marles.com/hise/reference>

(Pridobljeno 15.8.2016.)

Marles-storitve. 2016

<http://www.marles.com/hise/marles/o-nas>

(Pridobljeno 15.8.2016.)