

UDK 630*833

Pregledni znanstveni članek (*Preview Scientific Paper*)

Les - konstrukcijsko gradivo v sodobni arhitekturi

Wood - constructional material in contemporary architecture

Martina Zbašnik-Senegačnik¹, Janez Kresal²

Izvleček

V zadnjih desetletjih, ko je okolje čedalje bolj onesnaženo, postajajo vse bolj cenjena tudi naravna gradiva, ki nimajo negativnih vplivov na okolje in človeka. Tudi les zopet pridobiva konstrukcijsko funkcijo, ki jo je nekoč v graditeljstvu že imel. V članku je predstavljenih nekaj konstrukcijskih sistemov za gradnjo lesenih zgradb, ki se uporabljajo danes.

Ključne besede: skeletne konstrukcije, prefabricirane konstrukcije, kompozitne oblike konstrukcij

Abstract

In the last decades, when our environment has become increasingly polluted, natural building materials that do not have negative effect on the environment and human beings have been more and more appreciated. Wood as a building material has already regain its constructional function that it once had in the building profession. In the article, some constructional systems in use today for wooden buildings have been shown.

Keywords: *skeleton construction, prefabricated construction, composite forms of construction*

1. UVOD

Les je eno najstarejših gradiv, ki jih je človek uporabljal za gradnjo, saj je lahko dostopen in sorazmerno poceni, enostaven za obdelavo in vzdrževanje in ima dolgo življenjsko dobo. Predvsem stanovanjske hiše so bile grajene v lesu v vseh zgodovinskih obdobjih do začetka 19. stol., ko sta to naravno gradivo začela izpodrinjati opeka in beton (le v Srednji Evropi, kajti v Ameriki in Skandinaviji so stanovanjske hiše še sedaj v pretežni meri lesene).

V začetku 20. stoletja se je zopet pojavilo zanimanje za gradnjo lesenih hiš, vendar so bili to le osamljeni primeri, ki so temeljili na sentimentalni

romantiki in ne na racionalnih izhodiščih, zato se ta način gradnje ni razširil.

Industrijska revolucija je povzročila pravi razcvet industrije gradiv. Naravna gradiva (les, kamen, glina) so najprej zamenjala umetna anorganska gradiva (kovine, steklo, opeka, keramika, cement, beton...), in nato še umetna polimerna gradiva (umetna toplotno-izolacijska gradiva, umetna lepila, kiti, fugirne mase, kompozitna sintetična gradiva (iverne plošče, lesonitne plošče, kerrock...) itd. Umetna gradiva so sicer v nekaterih primerih bolj uporabna in cenejša, vendar pa imajo veliko več negativnih vplivov na okolje in človeka kot naravna gradiva. V svojem življenjskem ciklusu (pridobivanje surovin, proizvodnja polizdelkov, prodaja, vgradnja, uporaba, odstranitev) emitirajo hlape, prah, vlakna in strupene ter radioaktivne snovi, zaradi česar je ogroženo tudi človeko-

vo zdravje. Najbolj škodljive snovi imajo kancerogeno, mutageno in alergično delovanje. Posledice se kažejo v obliki raznih težav in bolezni, nekatere med njimi so lahko tudi smrtonosne.

V zadnjih desetletjih postaja ekološka osveščenost vse večja. Ena od posledic zaskrbljenosti nad obremenjevanjem okolja in človekovega zdravja je tudi drugačen odnos do gradiv z visokim negativnim potencialom. Naravna gradiva (les, kamen, glina) postajajo vse bolj cenjena. Les je zopet začel dobivati vidnejšo konstrukcijsko funkcijo. Predsodke o barakarski in poceni gradnji so v zadnjih letih (predvsem v tujini, deloma pa tudi pri nas) začele izpodrinjati prednosti lesene gradnje:

- nižji stroški,
- hitrejša gradnja (tudi do 50%, saj ni potreben čas za sušenje, tako kot pri zidani konstrukciji),

¹ asist. dr., dipl. ing. arh., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, Zoisova 12, 1000 LJUBLJANA

² prof. dr., dipl. ing. arh., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, Zoisova 12, 1000 LJUBLJANA

- ugodna bivalna klima v prostoru,
- trajnost lesa pri pravilnem vzdrževanju,
- les je ekološko gradivo (les je obnovljiva surovina; predelava in obdelava zahtevata malo energije; les je lokalna surovina, zato transportni stroški niso visoki; les se reciklira; rast lesa reducira CO₂ iz zraka in proizvaja O₂),
- les je najbolj zdravo gradivo (ob pravilni površinski obdelavi).

2. KONSTRUKCIJSKI SISTEMI IZ LESA

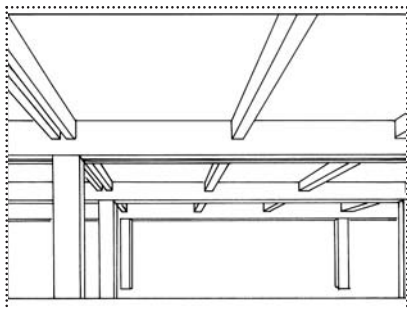
Les so kot konstrukcijsko gradivo znova odkrili šele v zadnjih letih. Na tržišču se pojavljajo novi konstrukcijski sistemi iz lesa, ki so ponekod že začeli izpodrivati klasična konstrukcijska gradiva (opeka, beton). Ti elementi izrabljajo ugodne lastnosti lesa (dobre statične lastnosti, trajnost lesa, cenenost in razširjenost materiala...). Finančna bilanca lesenih zgradb je praviloma ugodnejša od klasično grajenih zgradb.

Sistemi lesenih konstrukcij so različni, na splošno razlikujemo naslednje skupine:

- * skeletne konstrukcije,
- * prefabricirane ploskovne konstrukcije,
- * sovprežne konstrukcije.

2.1. Skelete konstrukcije

Leseni skelet je t.i. "odprti sistem". Nosilna konstrukcija je iz podpornikov in nosilcev, pri čemer stene ne prevzemajo nosilne funkcije, zato so možne kasnejše spremembe tlorisne zasnove. Leseni podporniki in nosilci so izdelani v delavnici, konstrukcija pa je sestavljena na gradbišču. Sistem skeletne



Slika 1. Skeletna konstrukcija

gradnje je najstarejši od vseh omenjenih načinov. Primer najbolj elementarne uporabe tega sistema je slovenski kozolec.

2.2. Prefabricirane ploskovne konstrukcije

Prefabricirane konstrukcije so leseni ploskovni elementi za stene, tla, fasade ali strešne konstrukcije in predstavljajo veliko prednost pred klasično opečno in betonsko gradnjo:

- enostavna obdelava v delavnici;
- transport velikih lesenih gradbenih elementov je enostaven, zahteva le malo logistike;
- vitki gradbeni elementi so lahko kombinirani z drugimi gradivi (npr. z izolacijo, skupna debelina stenske konstrukcije je pri enaki toplotni izolativnosti manjša kot pri masivni steni);
- groba gradbena dela se opravi v krajšem času.

Ploskovne prefabricirane konstrukcije so lahko izdelane samo iz lesa ali pa kombinirane še z drugimi gradivi. Glede na sestavo ločimo dve vrsti ploskovnih konstrukcij:

- enovite ploskovne konstrukcije,
- kombinirane ploskovne konstrukcije.

2.2.1. Enovite ploskovne konstrukcije

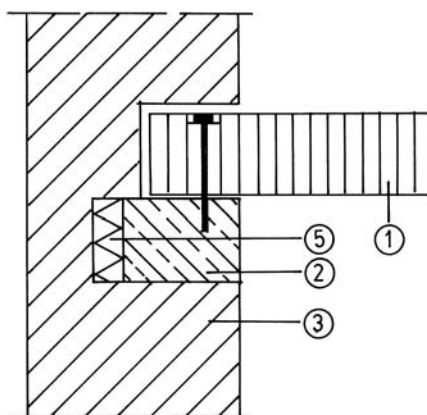
To so prefabricirane konstrukcije iz lesenih elementov (deske, letve, tramiči, plohi), ki so na različne načine pove-

zani med seboj:

Lepljene plošče - stenski, stropni in strešni elementi iz desk, ki so zlepljene med seboj. Plošče so izdelane v različnih dolžinah, širine 80-120 cm, po potrebi do 195 cm, ter debelinah od 10 do 24 cm. Plošče iz lepljenega lesa so sposobne prenašati obtežbo takoj po vgraditvi. Možne so različne površinske obdelave.

Žebljane plošče - osnovni element so masivne, površinsko obdelane deske, ki so vertikalno razporejene in z žebli povezane med seboj. Deske, ki sestavljajo žebljane plošče so širine 8-12 cm za stene (odvisno od razpona), 12-24 cm za stropove, optimalna debelina desk je 24-33 mm. Ti žebljani elementi tvorijo nosilno strukturo za stene, stropove in strehe. Posebej primerni so za premoščanje velikih razponov. Stropne plošče iz žebljanih desk zahtevajo zelo majhno debelino (12 cm debela plošča omogoča razpon skoraj 5m).

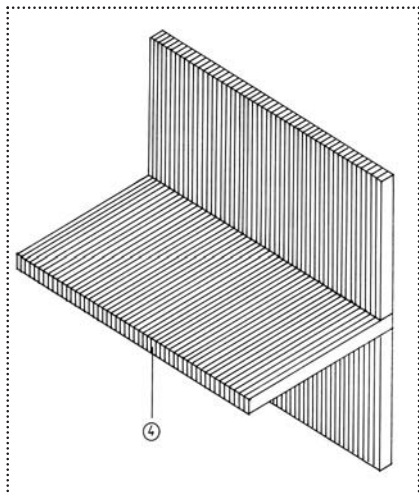
Žebljane plošče so lahko poljubno široke (glede na število desk), v vzdolžni smeri pa prav tako lahko namestimo več desk. Plošče posebej dobro prenašajo točkovne obremenitve, saj se ta (zaradi koncentriranega žebljanja) prenese na sosednje deske. Zvezo med deskami lahko ojačamo z lokalnim lepljenjem na mestu, kjer prihaja do večjih obremenitev. Lepljenje se omeji le na eno stran deske, da se s tem prepreči nastanek monolita. Ele-



Legenda:

- 1 - lepljena plošča
- 2 - beton
- 3 - opečni zid
- 4 - žebljana plošča
- 5 - toplotna izolacija
- 6 - iverna plošča
- 7 - lesene letve
- 8 - armiranobetonska plošča
- 9 - vetrna zapora
- 10 - zunanja fasadna obloga
- 11 - prezračevalni sloj
- 12 - mineralna vlakna
- 13 - leseni tram
- 14 - specialni nožnik
- 15 - stropna plošča, utorjena v tram

Slika 2. Lepljena plošča na opečni zidu



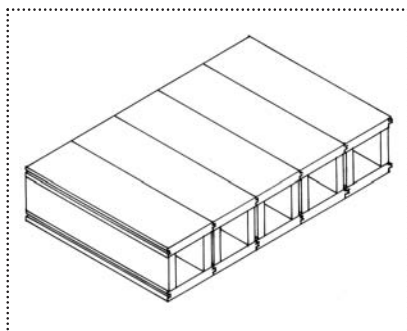
Slika 3. Žebljena plošča

ment iz žebeljanih desk ima tudi to prednost, da prevzame silo v ravnini elementa, pravokotno na os desk. Lahko služi tudi kot zavetrovanje. Zaradi velike lesne mase lahko uporabimo 2-4 cm manj toplotne izolacije iste k-vrednosti kot z običajnimi stenami. Z velikim zamikom temperaturne amplitude zagotovimo poletno toplotno zaščito z vrednostmi, ki odgovarjajo opečni gradnji. Parna zapora v večini primerov ni potrebna.

Velika lesna masa nudi tudi zadovoljivo zvočno zaščito, ki bi jo pri leseni gradnji sicer dosegli le z velikimi stroški. V določene deske se lahko vreže dodatno zarezo, da plošče s tem pridobijo lastnosti akustičnega stropa.

Običajne konstrukcije iz žebeljanih plošč imajo požarno odpornost 30 min., minimalno ojačani elementi pa dosežejo tudi požarno odpornost 60 in 90 min.

Kasetirane plošče - nosilni elementi so



Slika 4. Kasetirana plošča

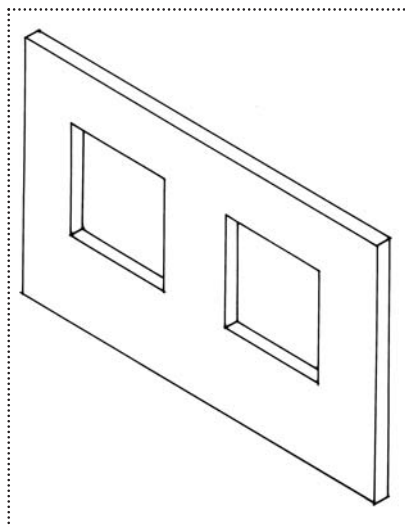
industrijsko izdelani, škatlasto oblikovani leseni gradbeni elementi iz masivnih letev. Imajo modularno konstrukcijo in dvojno zvezo na pero in utor. Primerne so predvsem kot nosilni stropni in strešni elementi. Ti leseni elementi imajo dobro nosilnost (kar se doseže z minimalno konstrukcijsko višino), izolativnost in akumulativnost. Prazni kanali v konstrukciji se lahko zapolnijo s toplotno izolacijo, kar zboljša k-vrednost. Standardne višine elementa so 12 do 30 cm, dolžina pa do 16 m. Površine so lahko, glede na uporabo, različno površinsko obdelane.

Stropovi iz kasetiranih plošč imajo predhodnika v tramovnem stropu.

2.2.2. Kombinirane ploskovne konstrukcije

Kombinirane prefabricirane konstrukcije so sestavljene iz različnih gradiv, pri čemer les opravlja nosilno funkcijo.

Stenske plošče - prefabricirani konstrukcijski elementi - lesene plošče (cele stene z odprtinami za okna in vrata) so izdelane v delavnicah in montirane na gradbišču. Taki elementi so lahko dolgi do 20 m, širina je odvisna od transportnih možnosti. To je t.i. "zaprt sistem" iz nosilnih sten, ki jih lahko primerjamo z opečno gradnjo. Kasnejše spremembe tlorisa niso možne, ker imajo stene nosilno funkcijo.

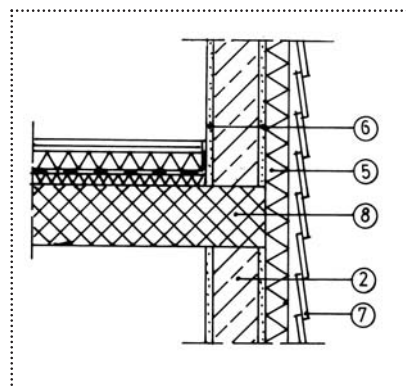


Slika 5. Stenska plošča

Nosilna konstrukcija je iz masivnega lesa iglavcev, vgrajena je tudi izolacija. Finalna obdelava sten je različna - vezana ploščica ali mavčne ploščice (z dekorativnim fasadnim ometom na zunanjih stenah).

Stenske plošče iz izgubljenega opaža in betona

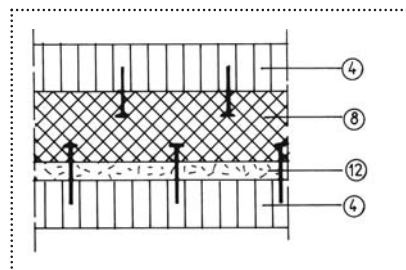
Stenski opažni elementi kot izgubljen opaž iz iverke se skupaj z letvami, izolacijo, okni in stranskim opažem iz hrastovega lesa izdelava v delavnici, na gradbišču pa montira in zalije z betonom. Beton zadosti statičnim, zvočnim in požarnim predpisom. Tudi instalacije so vgrajene že v stenske elemente.



Slika 6. Stenska plošča iz izgubljenega opaža in betona

Stenske žebeljane plošče - elementi iz žebeljanih plošč se lahko uporabijo za izdelavo kombiniranih stenskih plošč za predelne (nosilne in nenosilne notranje stene) ter fasadne stene. Prefabricirani stenski elementi iz žebeljanih plošč omogočajo uporabo desk slabše trdnosti, kar zniža stroške gradnje.

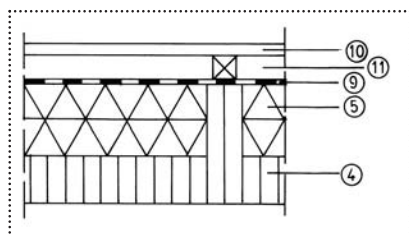
Notranje stene so izvedene v kombinaciji z betonom tako, da se žebeljane ploščice namesti na obeh straneh betonske stene in poveže s



Slika 7. Notranja nosilna stenska žebljana plošča

posebnimi mozniki. Na zunanji strani služi plast mineralnih vlaken kot parna zapora.

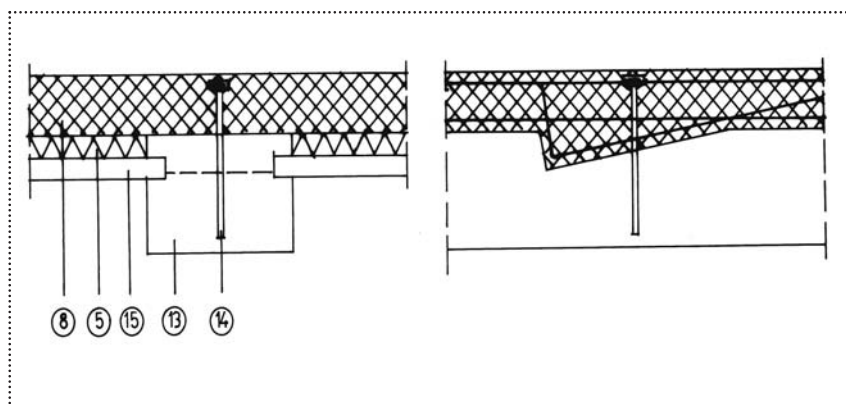
Zunanje nosilne (fasadne) stene so sestavljene iz žeblijanih plošč, vetrne zapore, prezračevalnega sloja in zunanjega opaža. Parni zapori se v večini primerov lahko odpovejo.



Slika 8. Zunanja stenska žeblijana plošča

2.3. Sovprežne konstrukcije (les-beton)

Konstrukcije te vrste so primerne predvsem za stropove. Sestavljeni so iz lesenih elementov, ki so prekriti s plastjo betona. To je lahko strop iz tramov, desk ali žeblijanih plošč. Les se nahaja v natezni coni, beton pa v tlačni. Kot povezava med obema gradivoma služi zareza v lesu in hkrati sidranje s specialnimi mozniki, pri čemer se prečna sila preko zareze prenese od betona na les. Moznik prevzame nastopajočo natezno silo in postane z odstranitvijo podpore prednapet, tako da se deformacije zaradi krčenja betona močno zmanjšajo. Znotraj moznika in pravokotno na lesen element se lahko položi lahka armatura, s tem se obtežba razdeli prečno na strop.



Slika 9. Sovprežna konstrukcija

Sovprežna konstrukcija iz lesenih podpornikov in betona je zelo primerna pri sanacijah starih zgradb, kjer ima obstoječi strop že slabšo nosilnost.

Ta tehnika izrablja običajne prednosti lesenih konstrukcij, pa tudi prednosti masivne gradnje z betonom. Ohranjene so vse moderne zahteve statike, gradbene fizike ter požarne odpornosti, dopolnjene še z zvočno zaščito ter zmožnostjo pasivne akumulacije toplote betona.

3. SKLEP

V času, ko se čedalje bolj zavedamo onesnaženosti okolja ter negativnih posledic na naše zdravje, uporaba naravnih gradiv v graditeljstvu ni več le moda, temveč postaja nuja. Les ni veče le pomožno gradivo (za pohištvo, obloge, surovina za polizdelke), temveč zopet dobiva konstrukcijsko funkcijo (ki jo je v zgodovini že imel). Gradnja lesenih hiš ponekod v Srednji Evropi postaja vse bolj razširjena, pri nas so to zaenkrat še osamljeni primeri. Boljše poznavanje konstrukcijskih lastnosti lesa ter argumentirana predstavitev lesa kot naravnega in zdravega gradiva lahko privede do številnejšega odločanja za tak način gradnje. Les je eno redkih gradiv, ki ne povzroča škodljivih emisij, v svojem življenjskem ciklusu potrebuje zelo malo energije, zaradi bogatih zalog surovin v našem prostoru je to lokalno gradivo, ki ne zahteva veliko transporta, dobro vpliva na bivalno ugodje v prostoru, tudi v fazi razpada ne obremenjuje okolja.

VIRI

1. BRETTSTAPELSYSTEME - MASSIVES BAUEN MIT HOLZ, Detail 1/97, Verlag für Architektur und Baudetail, München, 1997, 80.
2. FERTIGDECKEN UND WANDELEMENTE AUS LEIMHOLZ, Detail 8/97, Verlag für Architektur und Baudetail, München, 1997, 1452.
3. HOLZ IM HOLZ, Deutschebauzeitschrift 9/97, Bartelsmann Fachzeitschriften, Gütersloh, 1997, 47-52.
4. HOLZSTREBEWERK, Deutschebauzeitschrift 1/97, Bartelsmann Fachzeitschriften, Gütersloh, 1997, 77-82.
5. INNOVATIVE LEICHTBAUWEISE IM TRAGWERKBAU, Detail 1/97, Verlag für Architektur und Baudetail, München, 1997, 76.
6. Moser, K.: DER NEUE HOLZBAU, Detail 1/97, Verlag für Architektur und Baudetail, München, 1997, 8-9.
7. Natterer, J.: STAPELBAUWEISE UND HOLZ-BETON-VERBUNDBAUWEISE, Detail 1/97, Verlag für Architektur und Baudetail, München, 1997, 10-18.
8. WOHN- UND ATELIERHAUS IN TOKIO, Detail 1/98, Verlag für Architektur und Baudetail, München, 1998, 37-41.
9. WOHNBEBAUUNG IN RÖDENTAL-SPIITTELSTEIN, Detail 1/97, Verlag für Architektur und Baudetail, München, 1997, 41-45.
10. WOHNHAUS BEI BAD TÖLZ, Detail 1/98, Verlag für Architektur und Baudetail, München, 1998, 42-46.
11. WOHNHAUS IN INNSBRUCK, Detail 7/97, Verlag für Architektur und Baudetail, München, 1997, 1125-1129.
12. WOHNHAUS IN MÜNCHEN, Detail 1/97, Verlag für Architektur und Baudetail, München, 1997, 46-50.
13. WOHNHAUS IN TORONTO, Detail 1/98, Verlag für Architektur und Baudetail, München, 1998, 47-50.
14. Zbašnik-Senegačnik, M.: NEGATIVNI VPLIVI GRADIVA NA ČLOVEKA IN OKOLJE, doktorska disertacija, Fakulteta za arhitekturo Univerze v Ljubljani, Ljubljana, 1996.