

Skeletni sistem lesene gradnje

avtor **Benedikt BORŠIČ**, Fakulteta za gradbeništvo Maribor

izvleček

Od lesenih sistemov, namenjenih za večetažne objekte, je najbolj znan velikostenski (panelni) sistem, ki ga pri nas obvladuje večina proizvajalcev. Mnogo manj znan, a z vidika arhitekturne zasnove in namembnosti, npr. za večstanovanjske ali poslovne prostore, zelo zanimiv in v svetu zelo pogosto uporabljen, je skeletni sistem gradnje lesenih objektov. Članek predstavlja skeletni sistem, ki omogoča gradnjo ne samo eno- ali dvoetažnih družinskih hiš, temveč tudi večetažnih (večstanovanjskih) objektov.

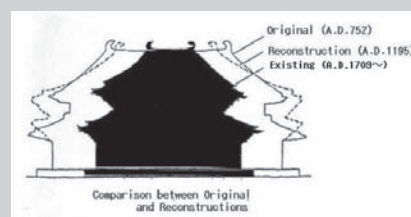
Ključne besede: večetažni objekti, velikostenski (panelni) sistem, skeletni sistem

Uvod

Že od pradednih časov si je človek s sestavljanjem elementov ustvarjal življenjska bivališča. Pri tem je uporabljal naravne materiale. Zaradi enostavne obdelave je bil najbolj uporaben prav les. Industrijski razvoj v 19. in 20. stoletju je prinesel na tržišče umetne materiale, ki so les precej izpodrinili, še posebej iz gradnje večetažnih objektov. Danes se uporaba lesenih elementov v večetažni gradnji ponovno povečuje.

Sistemi večetažne lesene gradnje

Da obstajajo kvalitetni načini lesene gradnje, so vedeli že zdavnaj. To dokazujejo nekateri objekti po svetu, ki že več stoletij opravljajo svojo funkcijo. Lep primer je tempelj Todaj-ji v mestu Nara na Japonskem, ki je bilo v obdobju 710-784 prestolnica japonske države. Tempelj so prvič postavili okoli leta 743 n.št. Skozi zgodovino so ga spremljali potresi in uničevali požari, tako da so ga večkrat obnavljali. Tempelj Todaj-ji je lep primer večetažnega lesenega objekta, zgrajenega v skeletnem sistemu (**slika 1**). Slika prikazuje rekonstrukcije objekta skozi stoletja. V 12. stol. je dobil celo nekoliko širšo obliko, temni del skice pa kaže njegovo današnjo obliko iz začetka 18. stol (okoli leta 1709). Ocenjujejo, da je objekt za okoli 30 % ožji, kot je bil na začetku. In še podatek o njegovi višini: zavidljivih 48,6 m.



Slika 1. Todaj-ji tempelj, Nara, Japonska (rekonstrukcije templja skozi zgodovino)

Danes najbolj razširjeni sistemi lesene gradnje eno- in dvodružinskih objektov so prikazani v spodnji preglednici (**slika 2**). Med njimi zasledimo tudi skeletni sistem, ki se deli na dva znana načina skeletne gradnje.

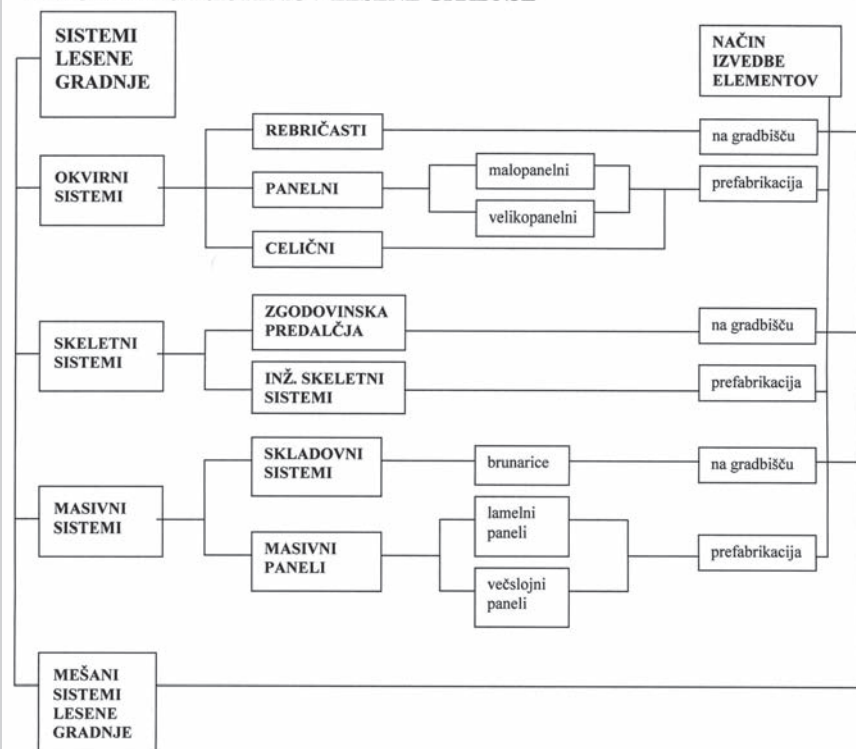
Moramo pa vedeti, da niso vsi sistemi, zaradi določenih konstrukcijskih zahtev, uporabni v večetažni stanovanjski gradnji. Za večetažno gradnjo pridejo v poštev sistemi po reducirani preglednici (**slika 3**). Kar se tiče skeletnega sistema, tako ostane t.i. inženirski skelet, za katerega je značilna visoka stopnja prefabrikacije.

Problemi pri gradnji večetažnih objektov

Razlogi, zaradi katerih z običajnimi sistemi lesene gradnje, kot jih poznamo pri eno-ali dvodružinskih objektih, ne moremo kar sestavljati tri-ali večnadstropnih objektov, so naslednji:

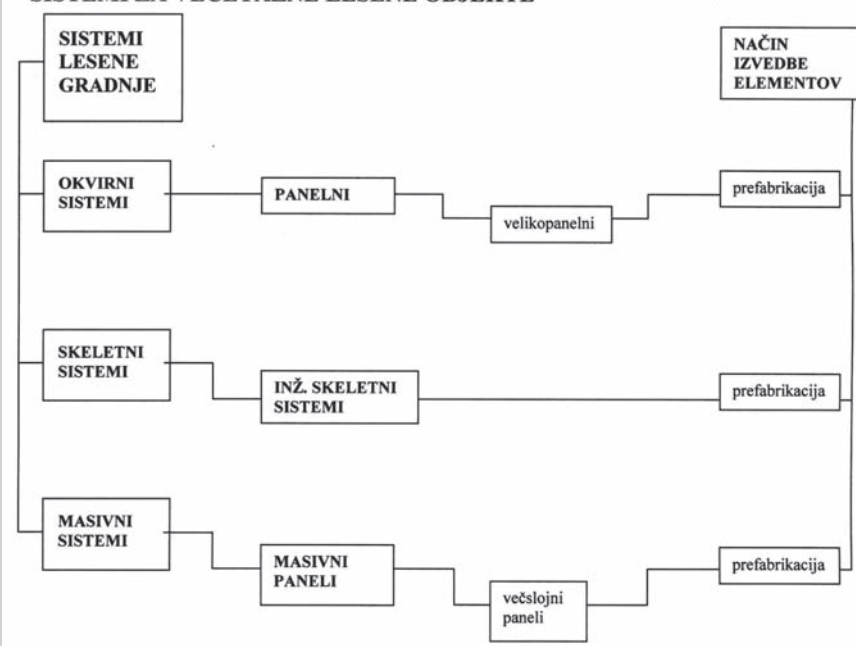
- občutno večje skupne obtežbe,

PREGLEDNICA SISTEMOV LESENE GRADNJE



□ Slika 2. Preglednica sistemov lesene gradnje

SISTEMI ZA VEČETAŽNE LESENE OBJEKTE



□ Slika 3. Preglednica sistemov za večetažne objekte

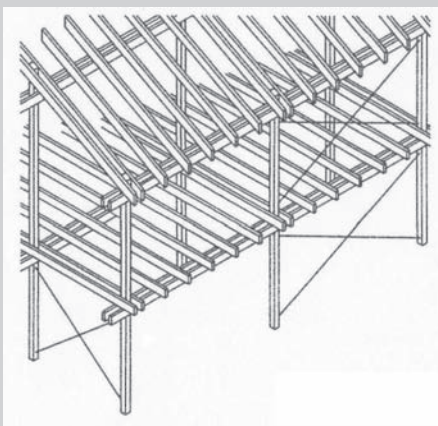
- zahteve po drugačni zvočni zaščiti,
- dodatne zahteve po požarni varnosti,
- ostrejšje zahteve glede izvedbe priključkov, vozlišč, balkonskih elementov, inštalacijskih poti,
- upoštevanje časovnih deformacij nosilnih elementov v vertikalni smeri,
- upoštevanje nujnega krajšega časa gradnje zaradi zaščite pred vremenskimi vplivi.

Vse to so razlogi, ki zahtevajo dopolnitev obstoječih sistemov za uporabo v večetažnih objektih.

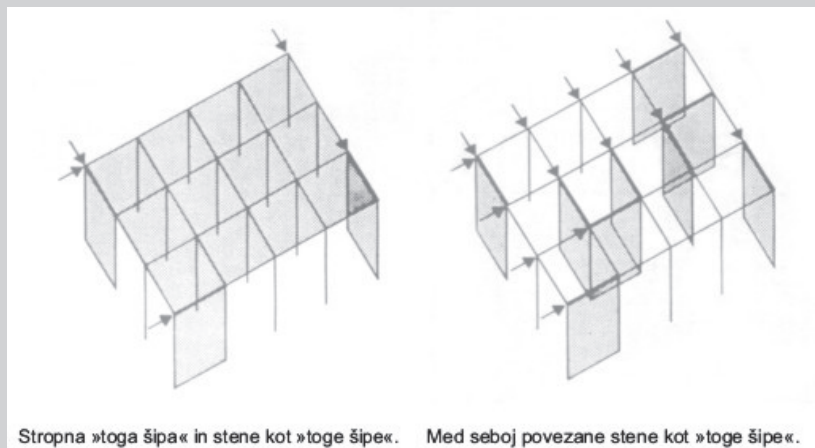
Skeletni sistem

Skeletna gradnja spada med najstarejše načine gradnje in jo najdemo po vsem svetu. V zgodnjih začetkih je bila to gradnja na kolih (mostiščarji), kasneje pa so se razvili različni zgodovinski skeleti. Razlog za razširjenost skeletne gradnje gre iskati v enostavnosti izvedbe osnovnih skeletnih konstrukcij. Prve skeletne konstrukcije so bile iz lesenih kolov, ki so jih zabili v zemljo, mednje pa prepletli veje ter jih zapolnili z blatom. Skozi stoletja se je razvila t.i. predalčna skeletna gradnja, pri kateri so skelet in diagonale znotraj njega obložili z deskami. Ta način gradnje je bil in je še vedno znan v Evropi. Nadaljnji razvoj je pomenila predalčna gradnja z zazidanim prostorom med skeletom. Iz tega načina gradnje se je razvil današnji način skeletne gradnje, pri katerem prostor med nosilnimi stebri in nosilci zapolnimo s prefabriciranimi ali na mestu izdelanimi montažnimi stenami.

Leseni skelet je t.i. "odprti sistem". Nosilna konstrukcija je sestavljena iz podpornikov (stebrov) in nosilcev, ki so postavljeni na določenem razmiku, ki je običajno enak v dani smeri (t.i. "raster"). Omogoča tako rekoč poljub-



□ Slika 4. Skeletni sistem



□ Sliki 5a) in b). Princip zavetrovanja

no izvedbo fasad (s prefabriciranimi elementi ali z izvedbo na mestu samem) in postavitve pregradnih sten. Stene v skeletnem sistemu ne prevzemajo nosilne funkcije v vertikalni smeri, zato so možne svobodnejše tlorisne zasnove.

Na primarne nosilne elemente ali mednje se polagajo sekundarni nosilni elementi, npr. stropovi. Ti elementi so lahko iz tramov, brun, posameznih sestavljenih plohov ali pri manjših razponih tudi iz debelejših desk (v novejšem času se uporabljajo tudi razni prefabricirani nosilci sestavljenih prereзов ali lesene plošče). Medtem ko se pri gradnji z velikostenskimi paneli proizvajajo toge šipe, ki so sposobne prevzeti vertikalno in horizontalno obtežbo, se pri skeletni gradnji vertikalne obremenitve prenašajo prek nosilcev in stebrov, ki lahko neodvisno od polnilnih elementov, ki zapirajo prostor, ostanejo vidni. Zunanje stene in notranje pregradne stene tako pri skeletni gradnji praviloma ne prenašajo vertikalne obtežbe, lahko pa jih uporabimo za zagotovitev horizontalne stabilnosti objekta, za t.i. "zavetrovanje konstrukcije" (slika 4).

Stene so pogosto prefabricirani elementi, možna je tudi uporaba zidakov za pozidavo prostora med stebri. V zadnjih letih je uspešen razvoj na pod-

ročju materialov prispeval svoj delež tudi v skeletni gradnji. Možne so kombinacije sten iz stekla in toplotno izolacijskih materialov, kar omogoča odprta nosilna skeletna konstrukcija.

Posebnosti skeletnega sistema

Značilnosti skeletne gradnje so:

- zasnova konstrukcije poteka po t.i. temeljni mreži ali modulu (rastru),
- velika možnost oblikovanja konstrukcije na bazi različnih modulov,
- prilagodljiva tlorisna oblika zaradi lahko prestavljivih notranjih in zunanjih sten,
- nosilni skelet in stene za vmesne prostore so medsebojno neodvisni,
- leseni skelet je lahko od znotraj ali zunaj viden ali pa obojestransko zaprt,
- stiki med posameznimi elementi se izvajajo z jeklenimi spojnimi elementi, značilno za t.i. "inženirski skelet",
- velika upogibna togost spojev,
- velika mera prefabrikacije,
- možna samostojna gradnja pri nenosilnih elementih (notranje stene),

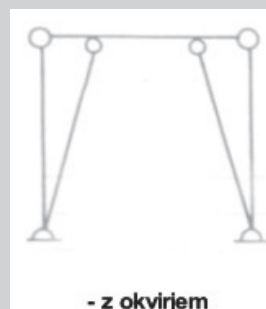
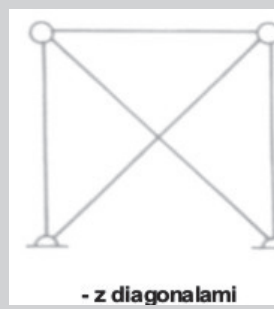
- horizontalno stabilnost zagotavljajo stropni elementi, z jeklenimi ali lesenimi diagonalami in/ali stenski elementi (slika 5).
- prenos obremenitev preko stebrov omogoča točkovne temelje in s tem minimalno poseganje v ekosistem tal,
- možnost izvedbe velikih steklenih površin (možnost izkoriščanja solarne energije!), ki pa hkrati zahtevajo ustrezno zaščito pred soncem v poletnih mesecih (slika 6).

Raster – horizontalna in vertikalna zasnova

Skeletne gradnje (bodisi jeklene, betonske ali lesene) so grajene na horizontalni temeljni zasnovi, t. i. modularni gradnji ali modulu (pogosto mu sledi tudi vertikalni modul). Osnovni ali temeljni modul pomenita osnovno horizontalno razporeditev stebrov vsake skeletne gradnje, ki prinaša red v oblikovanje objekta. Z besedo modul je mišljen konstrukcijski razmik med nosilnimi stebri in nosilci. Velikost modula se lahko za vsako konstrukcijo na novo definira. Izbira primarnega modula pa je odvisna od konstrukcijskih zahtev po uporabnosti, estetskem dizajnu, materialnih danostih ...



□ Slika 6. Skeletna gradnja omogoča veliko steklenih površin



□ Slike 7a), b), c), d): Načini izvedbe zavetrovanja

Načrtovanje

Pri načrtovanju lesene skeletne gradnje se priporočajo naslednji koraki:

- izvedba predizmer terena,
- izbira vrste skeletne gradnje,
- izbira rastra (temeljne mreže med nosilnimi stebri),
- konstrukcija vozlišč (izbira načina stikovanja),
- določitev detajlov izgradnje,
- statični izračun,
- načrtovanje izvedbe.

Na načrtovanje skeletnega objekta vplivajo pogoji terena, okoliška klima, prostorski urbanistični pogoji, krajinska arhitektura, razpoložljivost lesa, finančno stanje investitorja, osebne želje investitorja in ne nazadnje sposobnost samega izvajalca gradnje.

Pri načrtovanju skeletnega objekta se skeletna konstrukcija in prostor znotraj skeleta oblikujeta sočasno, kajti nima pomena oblikovati skelet, nato pa "tiščati" željeni tloris vanj, kakor tudi projektanti nikoli ne smejo dopustiti, da osebne želje investitorja prevladajo nad konstrukcijskimi zahtevami. Pomembno je, da je skeletna konstrukcija grajena in oblikovana tako, da izraža

svojo moč in trajnost, kajti dosedanje izkušnje kažejo, da je običajna življenjska doba teh konstrukcij od 150 do 300 let, možna pa je tudi doba 500 ali več let. Eno izmed osnovnih načel oblikovanja lesenih konstrukcij je, da naj bi bila njihova življenjska doba tolikšna, da v naravi zrastejo nova drevesa, in sicer takšna, kot so bila potrebna za postavitev objekta.

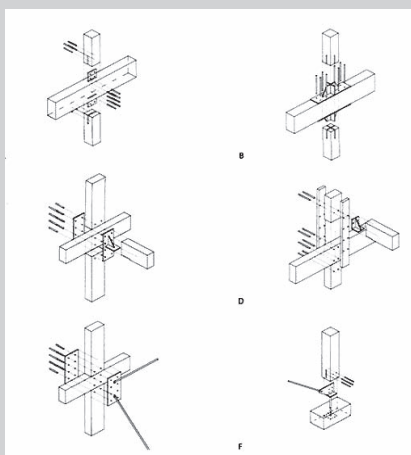
Odvisno od vrste konstrukcije znašajo razponi od 2,50 m do 7,50 m. Kot ekonomičen razpon se je pri gradnji stanovanjskih in gradnji poslovnih večnamenskih prostorov izkazal razpon od 3,50 do 4,50 m. Pri teh razponih so glavni nosilci velikokrat lepljeni. Ali bodo nosilci lepljeni ali iz žaganega lesa, je odvisno od željenega optičnega videza, požarne odpornosti in nosilnosti. Za dimenzioniranje nosilnih prereзов je velikokrat merodajna tudi dimenzija elementov, ki se nanje priključujejo, in ne nazadnje velikokrat pozabljena t.i. "požarna obremenitev". Če želimo gospodarno uporabljati prereze iz masivnega žaganega lesa, potem moramo izbirati razporeditev nosilnih elementov (stebrov, nosilcev) v stanovanjski gradnji z osnim razmikom okoli 4,50 m.

Zavetrovanje

Horizontalne sile, ki obremenjujejo konstrukcijo, so lahko posledica vetra, potresa, udarcev, netočnosti montaže, deformiranja posameznih konstrukcijskih elementov. Da bi zagotovili prostorsko stabilnost objekta, ki je zgrajen v skeletnem sistemu, je vedno potrebno vgraditi elemente zavetrovanja (slika 7).

V preteklosti so bile to predvsem lesene ročice, ki so jih vgradili v ravnino stebra in nosilca. Na ta način se je v tej ravnini oblikoval trikotnik, ki je predstavljal stabilen element v lastni ravnini. Danes se zavetrovanje izvaja predvsem z uporabo jeklenih vrvi in kotnih profilov, ki so povzeti iz jeklene skeletne gradnje. Možna je tudi uporaba klasičnih zidanih zidov ali montažnih panelnih sten.

V novejšem času je uporaba prefabriciranih jeklenih pločevin v stikih bistveno povečala togost posameznih vozlišč, s čimer se je zmanjšalo potrebno število zavetrovalnih elementov v skeletu (slika 8), saj elementi zavetrovanja ne nazadnje odvzemajo koristen prostor v objektu.



□ Slika 8. Prikaz nekaterih načinov stikovanja elementov

Uporabnost sistema

Skeletna gradnja se zaradi svojih sistemskih značilnosti (ponavljajoči se enaki prostori) uporablja bolj za upravne objekte, šolske zgradbe in tam, kjer potrebujemo večje prostore in večjo prilagodljivost tlorisa. Prav tako jo lah-

ko uporabljamo pri nadgradnjah in dozidavah k obstoječim objektom. Primerna je za uporabo na razgibanih terenih, ker omogoča prilagajanje višin etaž višinam terena. Velika prilagodljivost lesene skeletne gradnje in točkovno temeljenje pomenita tako enega od sistemov gradnje, ki za svojo izvedbo zahteva minimalne posege v okolje.

Sklep

Na koncu povejmo, da v splošnem govorimo o skeletni gradnji takrat, kadar je:

- nosilna konstrukcija objekta sestavljena iz vertikalnih in horizontalnih lesenih prerezov,
- konstrukcija rastersko urejena in
- s skeletno zasnovo omogočeno da so fasadne stene in predelne stene poljubno nameščene.

Lesen skelet je lahko zunaj ali znotraj objekta viden, enostransko (zunaj ozi-

roma znotraj) prekrit ali pa obojestransko prekrit.

Ne nazadnje velja omeniti, da je posebno pozornost v skeletni gradnji treba posvetiti še detajlom priključevanja sten na stebre, detajlom vgradnje gradbenega pohištva in zasteklitvi in zaradi vidnih lesenih nosilnih elementov še požarni obremenitvi le-teh. In ne pozabimo na pomen konstrukcijske zaščite lesenih elementov, ki so prav v skeletnem sistemu običajno bolj izpostavljeni.

Viri:

Z. Bezenšek, Sistemi večetažne lesene gradnje, diplomsko delo, (VŠŠ) FG Maribor, 2003

R. Menoni, Trdnostna analiza EMH-skeletni sistem, diplomsko delo, (VŠ) FG Maribor, 2002

Holzrahmenbau-Mehrgeschossig, Karlsruhe 1996

BDZ,

kratke vesti

Lani razgibana gospodarska aktivnost predelovalnih dejavnosti

Obseg proizvodnje je lani v povprečju za 1,6 odstotka presegel raven iz leta 2002, za predelovalne dejavnosti pa je bila značilna razgibana gospodarska aktivnost. Po zmerni 1,4-odstotni medletni rasti v prvem lanskem četrtletju je sledilo obdobje upadanja proizvodne aktivnosti. V drugem in tretjem četrtletju se je obseg proizvodnje tako znižal, in sicer za 0,2 odstotka oz. 0,3 odstotka. V zadnjem četrtletju lanskega leta pa je sledila izrazita okrepitev, saj je bil obseg proizvodnje v tem obdobju na medletni ravni višji za 5,8 odstotka, ugotavljajo analitiki vladnega urada za makroekonomske analize in razvoj v

zadnji številki Ekonomskega ogledala.

Največjo rast obsega proizvodnje so lani dosegle izrazito izvozno usmerjene dejavnosti, in sicer je v povprečju znašala 3,6 odstotka. Poleg tega so uspele za 2,4 odstotka dvigniti raven zaposlenosti in za 2,3 odstotka znižati obseg zalog na enoto proizvodnje. Znotraj te skupine izstopata proizvodnja kemikalij in kemičnih izdelkov, kjer so raven proizvodne aktivnosti najbolj povečali (za 11,8 odstotka), ter proizvodnja strojev in naprav, ki je zabeležila največji upad obsega proizvodnje (za šest odstotkov).

Zmerno izvozne dejavnosti so lani v povprečju beležile 1,3-odstotno rast obsega proizvodnje, vendar ob 2,3-odstotnem padcu zaposlenosti in 12,4-odstotnem povečanju zalog na enoto proizvodnje. Najvišjo, 11,3-odstotno rast proizvodne aktivnosti so dosegli v proizvodnji električne in optične opreme, a so zaloge povečali kar za 30,8 odstotka. Najbolj se je obseg proizvodnje znižal v proizvodnji usnja (za 13 odstotkov) ter tekstilij in tekstilnih izdelkov (za 11,4 odstotka), poroča STA.

Pri panogah, ki so usmerjene pretežno na domači trg, je proizvodna aktivnost lani skorajda stagnirala, saj je rast obsega proizvodnje dosegla 0,4 odstotka, še ugotavljajo analitiki.