

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Janez FURLAN

**VPLIV ZGRADBE PREDELNE STENE
NA UPOGIBNO TRDNOST IN MODUL ELASTIČNOSTI**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**EFFECT OF THE PARTITION WALL COMPOSITION
ON BENDING STRENGTH AND MODULUS OF ELASTICITY**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2005

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za žagarstvo in lesna tvoriva, kjer so bile opravljene meritve na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval doc. dr. Sergeja Medveda, za recenzenta pa prof. dr. Jožeta Resnika.

Mentor: doc. dr. Sergej MEDVED

Recenzent: prof. dr. Jože RESNIK

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Janez Furlan

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Vs
- DK UDK: 624.072.1:630*862.4
- KG mavčno-kartonske plošče/mavčno-vlakenne plošče/iverno-cementne plošče/iverne plošče z usmerjenim iverjem/upogibna trdnost/modul elastičnosti/vlažnost/debelina/prostorninska masa
- AV FURLAN, Janez
- SA MEDVED, Sergej (mentor)/RESNIK, Jože (recenzent)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, C. VIII/34
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
- LI 2005
- IN VPLIV ZGRADBE PREDELNE STENE NA UPOGIBNO TRDNOST IN MODUL ELASTIČNOSTI
- TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
- OP IX, 34 str., 5 pregl., 17 sl., 14 pril., 26 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Ugotavljali smo vpliv različnih predelnih sten na njihovo upogibno trdnost in modul elastičnosti. Različno smo kombinirali: mavčno-kartonske plošče, mavčno-vlakenne plošče, iverno-cementne plošče in iverne plošče z usmerjenim iverjem (OSB plošče). Z raziskavo smo ugotavljali, pri kateri zgradbi dosežemo najboljše vrednosti upogibne trdnosti in modula elastičnosti. Največji vpliv na omenjeni lastnosti imata uporabljen material in zgradba plošče. Stena iz OSB plošč ima najvišjo upogibno trdnost in najmanjši modul elastičnosti. Stene iz mavčnih in cementnih plošč prenesejo večje sile in manjše uklone, v primerjavi s ploščami z dolgimi lesenimi ivermi. Najšibkejša stena je bila iz mavčno-kartonske in mavčno-vlakenne plošče (G+MV plošče). Ugotovili smo, da z naraščanjem prostorninske mase predelne stene med 1,0 do 1,3 g/cm³ naraščata upogibna trdnost in modul elastičnosti.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Vs
- DC UDC: 624.072.1:630*862.4
- CX gypsum fibreboards/gypsum cardboards/concrete-fibreboard panel/OSB (oriented strand boards)/bending strength//modulus of elasticity/moisture content/thickness/density
- AU FURLAN, Janez
- AA MEDVED, Sergej (supervisor)/RESNIK, Jože (co-advisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, C. VIII/34
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
- PY 2005
- TI EFFECT OF THE PARTITION WALL COMPOSITION ON BENDING STRENGTH AND MODULUS OF ELASTICITY
- TD Graduation Thesis (Higher professional studies)
- NO XI, 34 p., 5 tab., 17 fig., 14 ann., 26 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB Partition walls were researched to establish the effect of different composites on their bending strength and modulus of elasticity. Gypsum fibreboards, gypsum cardboards, concrete-fibreboard panels, and oriented strength boards (OSB) were used in different compositions. The goal of research was to access which construction has the highest bending strength and modulus of elasticity. Both properties are primarily influenced by materials used, and by composition of the board. OSB composition has the highest bending strength and the lowest modulus of elasticity. Gypsum and concrete compositions have less strength and bend less than compositions containing long wooden fibres. Composition consisting of a card gypsum board and fibre gypsum board (G+MV board) is the weakest. It was found out that the bending strength and modulus of elasticity enlarge by increasing of the density (mass volume) from 1,0 to 1,3 g/cm³.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	IX
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	2
1.2 CILJ NALOGE	2
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	3
2 PREGLED LITERATURE	4
3 MATERIAL IN METODE DE LA	6
3.1 UPORABLJENI MATERIALI	6
3.1.1 Iverne plošče z usmerjenim iverjem (OSB -Oriented Strand Board)	6
3.1.2 Iverno-cementne plošče (Lesno cementne -CM plošče »Betony»)	7
3.1.3 Mavčno-kartonske plošče (Gips -G plošče » Knauf «)	8
3.1.4 Mavčno-vlaknene plošče (Vlaknasto-mavčne -MV plošče »Knauf Vidiwall«)	9
3.1.5 Primerjava posameznih vrst in lastnosti plošč	10
3.2 ZASNOVA PREIZKUSA	11
3.3 PRIPRAVA PREIZKUŠANCEV IN VZORČENJE	12
3.3.1 Priprava preizkušancev	12
3.3.2 Izdelava preizkušancev	12
3.3.3 Ugotavljanje upogibne trdnosti in modula elastičnosti preizkušanih zgradb predelnih sten	14
3.3.4 Merjenje debeline preizkušanih zgradb predelnih sten	15
3.3.5 Vrste lomov na zgradbah predelnih sten	17
3.3.6 Ugotavljanje prostorninske mase zgradb predelnih sten	17
3.3.7 Ugotavljanje vlažnosti zgradb predelnih sten	19
4 REZULTATI IN RAZPRAVA	20
4.1 SILE IN UKLONI ZGRADB PREDELNIH STEN	21
4.2 PROSTORNINSKA MASA ZGRADB PREDELNIH STEN	23
4.3 DEBELINA ZGRADB PREDELNIH STEN	24
4.4 UPOGIBNA TRDNOST PREDELNIH STEN	25

4.5	MODUL ELASTIČNOSTI PREDELNIH STEN	27
4.6	VLAŽNOST ZGRADB PREDELNIH STEN	29
4.7	LOMI ZGRADB PREDELNIH STEN	30
5	SKLEPI	32
6	VIRI	33
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Tehnične značilnosti uporabljenih plošč	10
Preglednica 2: Različne zgradbe glede na vrsto in debelino plošč	13
Preglednica 3: Povprečne vrednosti nekaterih mehanskih in fizikalnih lastnosti zgradb predelnih sten	20
Preglednica 4: Oblike lomov zgradb predelnih sten in odmik od sredine pritisnega valja do mesta loma	30
Preglednica 5: Shematski prikaz mehanskih in fizikalnih lastnosti zgradb predelnih sten	31

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Zgradba stene in razdalja med lesenimi pokončniki	12
Slika 2: Velikost plošče, razmaki med sponkami in označevanje zgradb	13
Slika 3: Skica preizkušanja upogibne trdnosti in modula elastičnosti	15
Slika 4: Mesti meritve debeline	16
Slika 5: Stroj za preizkušanje upogibne trdnosti, povezan z računalnikom	16
Slika 6: Shematski prikaz lomov	17
Slika 7: Shematski prikaz mesta loma in odmik od pritisknega valja	17
Slika 8: Shema izžagovanja preizkušancev iz zgradb preizkušanih na upogibno trdnost in modul elastičnosti	18
Slika 9: Maksimalne sile preizkušanih zgradb predelnih sten	21
Slika 10: Maksimalne sile in ukloni preizkušanih zgradb predelnih sten	22
Slika 11: Prostorninske mase zgradb predelnih sten in nihanja med posameznimi zgradbami	23
Slika 12: Odstopanja debelin zgradb predelnih sten	24
Slika 13: Vpliv zgradbe predelne stene na upogibno trdnost	25
Slika 14: Odvisnost med izmerjeno upogibno trdnostjo zgradb predelnih sten in upogibno trdnostjo plošč po podatkih proizvajalcev plošč	26
Slika 15: Razmerje med moduli elastičnosti	27
Slika 16: Razmerje med moduli elastičnosti preizkušanih zgradb predelnih sten in osnovnimi ploščami po podatkih proizvajalcev	28
Slika 17: Vlažnost zgradb predelnih sten	29

KAZALO PRILOG

- Priloga A1: Upogibne trdnosti, moduli elastičnosti, debeline, maksimalne sile za zgradbe sten zgrajene iz mavčno-kartonske in iverno-cementne plošče
- Priloga A2: Upogibne trdnosti, moduli elastičnosti, debeline, maksimalne sile za zgradbe sten zgrajene iz mavčno-kartonske in mavčno-vlaknene plošče
- Priloga A3: Upogibne trdnosti, moduli elastičnosti, debeline, maksimalne sile za zgradbe sten zgrajene iz mavčno-kartonske in OSB plošče
- Priloga A4: Upogibne trdnosti, moduli elastičnosti, debeline, maksimalne sile za zgradbe sten zgrajene iz dveh mavčno-kartonskih plošč
- Priloga A5: Upogibne trdnosti, moduli elastičnosti, debeline, maksimalne sile za zgradbe sten zgrajene iz mavčno-vlaknene in iverno-cementne plošče.
- Priloga A6: Povprečne vrednosti upogibnih trdnosti za vse zgradbe sten
- Priloga B1: Povprečne vrednosti modulov elastičnosti za vse zgradbe sten
- Priloga C1: Povprečne vrednosti debelin zgradb predelnih sten
- Priloga D1: Posamezne in povprečne vrednosti prostorninske mase za zgradbe sten zgrajene iz mavčno-kartonske in iverno-cementne plošče
- Priloga D2: Posamezne in povprečne vrednosti prostorninske mase za zgradbe sten zgrajene iz mavčno-kartonske in mavčno-vlaknene plošče
- Priloga D3: Posamezne in povprečne vrednosti prostorninske mase za zgradbe sten zgrajene iz mavčno-kartonske in OSB plošče
- Priloga D4: Posamezne in povprečne vrednosti prostorninske mase za zgradbe sten zgrajene iz dveh mavčno-kartonskih plošč
- Priloga D5: Posamezne in povprečne vrednosti prostorninske mase za zgradbe sten zgrajene iz mavčno-vlaknene in iverno-cementne plošče
- Priloga D6: Povprečne vrednosti prostorninskih mas za vse zgradbe sten
- Priloga E1: Vlažnost zgradb predelnih sten iz mavčno-kartonske in iverno-cementne plošče
- Priloga E2: Vlažnost zgradb predelnih sten iz mavčno-kartonske in mavčno-vlaknene plošče
- Priloga E3: Vlažnost zgradb predelnih sten iz mavčno-kartonske in OSB plošče
- Priloga E4: Vlažnost zgradb predelnih sten iz dveh mavčno-kartonskih plošč
- Priloga E5: Vlažnost zgradb predelnih sten iz mavčno-vlaknene in iverno-cementne plošče
- Priloga E6: Prikazane povprečne vlažnosti petih zgradb predelnih sten

1 UVOD

Človek in les sta od nekdaj tesno povezana. Človekova eksistenca je bila in je še vedno v precejšnji meri odvisna od lesa, saj je le-ta vedno bil in je še danes nepogrešljiva obogatitev človekovega življenja. Z dognanjem najsodobnejše tehnologije gradnja lesenih montažnih hiš danes združuje tradicionalne vrednote z modernimi oblikami ter zagotavlja zdravo in udobno bivanje.

Želja po lastnem domu je za večino od nas povezana s predstavo o hiši kot idealnem načinu bivanja. Popolna hiša je tista, ki upošteva zahteve investitorja oziroma uporabnika in spoštuje možnosti, ki jih nudi narava, se jim podreja in jih izkorišča v najboljši možni meri. Poleg tega se aktivno vklaplja v krajino. Biti mora lepa in funkcionalna, varčna in prijazna do okolja, neškodljiva za zdravje, trajna, zagotavljati mora prijetno počutje in varnost, da bomo v njej srečni. Čas, ki ga bomo vložili za višjo kakovost bivanja, se bo povrnil v mnogih letih zdravega in srečnega življenja.

V svetu se danes proizvede vedno več montažnih objektov. V Sloveniji se proizvede do 150 montažnih hiš na leto, kar pomeni manj kot pet odstotkov zgrajenih individualnih hiš v Sloveniji, kar je v primerjavi z državami Zahodne Evrope (npr: Nemčija, Švica, Avstrija) malo, saj se odstotek giblje okrog 30 (Hrovatin 2000). Ti objekti so sestavljeni iz lesene okvirne zgradbe na katere pritrdimo plošče in obloge, med njimi pa je sloj izolacije. Te plošče so iz novejših materialov, kot so: mavčno-kartonske plošče, mavčno-vlaknene plošče, iverno-cementne plošče, iverne plošče z usmerjenim iverjem (OSB) plošče in iverne plošče z minimalnimi dodatki lepila, saj le-ta vsebuje škodljiv formaldehid. Uporabljene plošče morajo biti okolju prijazne in enostavne za uporabo. Plošče so različnih debelin in imajo različne mehanske in fizikalne lastnosti, sestavljajo pa se tudi v različne zgradbe.

Izvedba zgradbe montažnega objekta je odvisna od stopnje izdelave elementov v tovarni in na terenu. Večje tovarne v svetu in pri nas v zadnjem času izdelujejo velikostenske sisteme, ki so izdelani iz lesene okvirne zgradbe, obložene z ploščami, med njimi pa je vmesni sloj zapolnjen z izolacijo. Tako sestavljeni elementi sten so dolgi od 8 do 12 metrov, odvisno od transporta in dostopnosti na gradbišču. Ti sistemi so v celoti izdelani v tovarni, kjer so pod stalnim nadzorom, z vgrajeno električno in vodovodno instalacijo, vgrajenimi okni in vrati, s fasado do zaključnega sloja, izolacijo in notranjimi stenami obloženimi s ploščnimi materiali. Tako zgrajene velikostenske elemente enostavno in hitro postavimo s pomočjo avtodvigal v nekaj dneh in s tem ne obremenjujemo okolja.

Manjše tovarne z nižjo zmogljivostjo postavljajo objekte tako, da pripeljejo nosilce in obložne plošče na objekt in tam sestavljajo, s tem obremenjujejo okolje in okolico daljši čas.

Oba načina gradnje sta v končni fazi energetsko varčna, ker porabimo zelo malo energije za ogrevanje objekta in sta potresno zelo obstojna, ker zdržita deveto stopnjo potresne obremenitve (Hrovatin 2000).

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

V Sloveniji se proizvede vedno več montažnih objektov z različnimi zgradbami sten. Glede na to, da ni nobenih primerjav, katera od njih prenese največje obremenitve, vsak od proizvajalcev montažnih hiš zagovarja svojo osnovno zgradbo predelnih sten.

Uporabljeni materiali za izdelavo zgradb predelnih sten imajo različne prednosti in pomanjkljivosti.

Prednosti ivernih plošč z usmerjenim iverjem so: najvišja upogibna trdnost (odlične mehanske lastnosti), nizka prostorninska masa in s tem povezana masa objekta. Slabost teh plošč je najslabša požarna odpornost in velik debelinski nabrek.

Iverno cementne plošče imajo nizek debelinski nabrek, kar je velika prednost in imajo dobre mehanske lastnosti, pomanjkljivost pa je njihova visoka prostorninska masa.

Prednost mavčno kartonskih plošč je v uporabi mavca, ki je prijeten na dotik saj ima enako pH kot koža. Te plošče imajo možnost vpijanja, oddajanja vode in s tem pripomorejo k dobri klimi in počutju v prostoru. So najcenejše med primerjanimi ploščami in se v današnjem času največ uporabljajo za stropne in stenske obloge.

Mavčno vlaknene plošče so zgrajene iz celuloznih vlaken in imajo odlične požarno-varnostne lastnosti. Slabost plošč je njihova krhkost in slabe mehanske lastnosti.

1.2 CILJ NALOGE

Namen raziskave je ugotoviti razlike v upogibni trdnosti in modulu elastičnosti glede na zgradbo predelnih sten, ki se uporabljajo na montažnih objektih. Cilj naloge je ugotoviti, pri kateri zgradbi stene dobimo največjo upogibno trdnost in modul elastičnosti.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Glede na lastnosti posameznih plošč predvidevamo, da bo imela zgradba predelne stene zgrajene iz iverne plošče z usmerjenim iverjem (OSB plošče) pri preizkusu na upogib največjo upogibno trdnost in modul elastičnosti. Sledile ji bodo iverno-cementne zgradbe. Najmanjšo upogibno trdnost naj bi imele zgradbe iz mavčno-vlaknenih plošč. Mavčno-kartonske plošče so namenjene kot obloge in imajo med naštetimi najmanjšo upogibno trdnost.

2 PREGLED LITERATURE

Medved in Jambreković (2000) sta proučevala razlike med klasično iverno ploščo in iverno ploščo z usmerjenim iverjem (OSB ploščo) debeline 22 mm. Ugotovila sta, da so OSB plošče pri gradnji hiše v Ameriki skoraj zamenjale vezane plošče. V Evropi se iverna plošča uporablja pretežno v pohištveni industriji, manj pa za gradbeništvo. S poizkusom sta ugotovila, da ima OSB plošča večjo upogibno trdnost, modul elastičnosti in manjšo prostorninsko maso ter debelinsko nabrekanje v primerjavi s klasično iverno ploščo. Ugotovila sta, da na upogibno trdnost vpliva velikost iverja v zunanjem sloju, orientiranost in vitkost iveri. Medtem ko modul elastičnosti zavisi od cele strukture plošče. Na obe mehanske lastnosti ima največji vpliv velikost iverja in vrsta lesa. Glede na to, da sta ugotovila, da so OSB plošče boljše, te razlike niso tako vidne pri debelinskem nabrekanju in upogibni trdnosti, saj je opazna razlika največja pri modulu elastičnosti. Glede na te ugotovitve so bile iverne plošče zapostavljene v gradbeništvu.

Srpčič (1999) je proučevala postopke zagotavljanja kakovosti gradnje montažnih hiš. V članku so opisani postopki za zagotavljanje kakovosti gradnje montažnih hiš, kamor štejemo projektiranje, t.j. pravilno izbiro sistema ustreznih materialov, statično kontrolo nosilnosti, preverjanje toplotne izolativnosti, ugotavljanje zvočne izolativnosti ter oceno požarne varnosti. V prvi fazi izdelave elementov se kakovost zagotavlja z uporabo materialov z nadzorovano kvaliteto ter upoštevanjem predpisanih delavnih faz, kjer mora biti zagotovljena občasna lastna in ter občasna kontrola tretje stroke. Ugotovila je, da je zagotavljanje kakovosti elementov montažnih objektov kompleksna naloga, v kateri morajo sodelovati tako projektanti, proizvajalci materialov in sestavnih delov ter izdelovalci elementov kot neodvisne pooblašene nadzorne institucije. Hkrati pa bi nujno vzpostaviti neposredno sodelovanje s tujimi institucijami za zagotavljanje kakovosti in doseči recipročno priznavanje certifikatov.

Kutnar (2003) je proučeval uporabnost ivernih plošč z usmerjenim iverjem (OSB plošč) pri lesnih zgradbah in ugotovil, da uspešno zamenjujejo druge lesene kompozite, predvsem v stanovanjskih zgradbah. Tako se uporabljajo za talne, stropne in stenske obloge, dekorativno pohištvo, palete, embalažni material itd.

Ramšak (2000) je proučeval zvočno izolativnost pregradnih zgradb v montažnih hišah. Kljub temu, da so gradbeni elementi v montažnih hišah praviloma precej lažji kot klasični masivni gradnji, je z ustrezno zasnovo in izvedbo možno zagotoviti dobro zvočno izolativnost ločilnih pregrad tudi v montažnih hišah. Posebno pozornost je pri montažnih hišah potrebno posvetiti zvočni izolaciji medetažnih zgradb pred udarnim zvokom na nizkofrekvenčnem področju.

Ugotovil je, da se problem v praksi rešuje pretežno z dodatnim obteževanjem medetažnih zgradb, z namestitvijo cementnih estrihov ali sloja nasutja, pri čemer je s stališča zvočne izolacije boljša uporaba nasutja.

Požarno varnost v montažnih hišah je ugotavljal Hajduković (2000). Ugotovil je, da je zgradba montažnih hiš lahka, stene so toplotno dobro izolirane, zato lahko pričakujemo, da pride v montažnih hiši do hitrega naraščanja požara. Flash-over oziroma požarni preskok nastopi razmeroma hitro, veliko hitreje kot v zidani masivno grajeni hiši. Razvoj požara je odvisen od uporabljenega materiala. Za proizvajalca oziroma izvajalca montažne stanovanjske hiše je obvezno upoštevanje zahtev glede požarne odpornosti nosilne zgradbe in požarnih lastnosti vgrajenih materialov. Upoštevati je potrebno minimalne odmike od sosednje stavbe, kar je povezano s prenosom požara na sosednje stavbe. Izvajalec končnih del je dolžan pri izvedbi instalacij kurišč, dimnikov, elektrike, vode itd. upoštevati ukrepe za preprečevanje požara. Dobri ukrepi za preprečevanje požara so avtomatsko odkrivanje in javljanje požara ter avtomatsko gašenje požara.

Hrovatin (2000) je opisala prednosti montažnih hiš v primerjavi s klasično zidano hišo. Opisala je postopek gradnje montažne hiše, prednosti in slabosti montažne gradnje, kakovost elementov montažnih objektov, opisala kraje vzorčnih naselij, problem vključevanja lesene montažne gradnje v slovensko kulturno krajino in pomemben vpliv izbire gradbene parcele.

Boršič (2003) je ugotavljal razliko med malostenskimi in velikostenskimi sistemi gradnje lesenih hiš. Ugotovil je, da so se včasih uporabljali malostenski sistemi z elementi, ki so bili široki 1,2 m in so se sestavljali ročno na gradbišču. V današnjem času, s pocenitvijo avtodvigal, je tehnologija izgradnje tako napredovala, da se izdelujejo velikostenski sistemi, dolžine od 8 do 12 m in se jih na gradbišču enostavno s pomočjo vijakov spaja skupaj. Tako je montažna hiša postavljena pod streho v nekaj dneh.

3 MATERIAL IN METODE DELA

3.1 UPORABLJENI MATERIALI

Za preizkušanje smo uporabili plošče, ki se jih v današnjem času največ uporablja na montažnih objektih. Ti materiali so mavčno-kartonske plošče, mavčno-vlaknene plošče, iverno-cementne plošče in iverne plošče z usmerjenim iverjem (OSB plošče). Za uporabo mavčno-kartonske plošče smo se odločili, ker se te plošče večinoma uporabljajo za zgornje plošče in služijo kot obloge, na katere se lahko nanašajo različni premazi. Če so plošče debelejšje od 12 mm, se jih lahko uporablja kot samostojne plošče. Mavčno-vlaknene plošče se uporabljajo enako kot mavčno-kartonske plošče, le da so te debelejšje in se lahko uporabljajo kot samostojne plošče. Iverno-cementne in iverne plošče z usmerjenim iverjem (OSB plošče) se uporabljajo kot spodnje nosilne plošče, ki dajejo togost zgradbi.

3.1.1 Iverne plošče z usmerjenim iverjem (OSB -Oriented Strand Board)

Iverne plošče z usmerjenim iverjem (OSB plošče) so večinoma trislojne plošče, zgrajene iz orientiranih dolgih vlaken olupljenih iglavcev, predvsem bora (mikro furnirjev), dolžine 150 mm, debeline maksimalno 4 mm in širine maksimalno 40 mm. Poleg bora se veliko uporabljajo tudi smreka, jelka in le nekaj listavcev. Vlakna OSB plošč so izdelana samo iz hlodovine majhnih premerov (maks.10 cm) hitrorastočih drevesnih vrst. Vlakna, ki se jih uporabijo za zunanji sloj troslojne plošče, so daljša vlakna, ki jih uporabljajo za srednji sloj, so krajša. Vlakna se oblepijo z vodoodbojnim lepilom in tvorijo ploščo. OSB plošče odlikuje visoka upogibna trdnost in trdnost v smeri vlaken. Imajo dobre fizikalne lastnosti. Zaradi uporabe vodoodbojnih lepil, kot so izocianatna, formaldehidna in melaminureaformaldehidna lepila, imajo OSB plošče visoko dimenzijsko stabilnost v primerjavi z ostalimi lesnimi ploščami. OSB ploščam narašča uporaba tudi zaradi njene homogenosti, enakih lastnosti na obeh straneh plošče, visoke vrednosti glede na ceno in številnih možnosti površinske obdelave. K uporabi OSB plošč bistveno prispevajo njihove posebne lastnosti. Med te prištevamo estetsko funkcijo, ker se po tem bistveno loči od ostalih lesnih plošč. Uporablja se lahko nebrušene, brušene, lakirane, barvane ali oblepljene plošče, odvisno od mesta uporabe in njihove funkcije.

Stiskanje OSB plošč v pretočnih stiskalnicah omogoča visoko fleksibilnost dimenzij, dolžin do 11,5 m in širine do 2,8 m.

Tehnične značilnosti ivernih plošč z usmerjenim iverjem (OSB plošč):

Dimenzije plošč so: 2500×1250 mm, 2800×2075 mm, 5000×1250 mm, 5000×2500 mm

Debelina plošč je 6 do 40 mm.

Prednosti ivernih plošč z usmerjenim iverjem (OSB plošč) so predvsem:

- največja upogibna trdnost plošč med primerjanimi (odlične mehanske lastnosti),
- večja potresna varnost montažnih objektov in togost zgradbe,
- nizka prostorninska masa plošč in masa objekta,
- trislojne plošče izdelane iz lesenih iveri,
- uporaba vododbojnega lepila,
- lepljenje plošč med seboj z lesnimi lepili,
- vsestranska uporabnost,
- možnost brušenja,
- možnost različne površinske obdelave,
- odlična toplotna in zvočna zaščita,
- okolju prijazne,
- dimenzijska raznolikost.

Pomanjkljivosti ivernih plošč z usmerjenim iverjem (OSB plošč):

- neprimerne za vlažne prostore, ker nabrekajo v stiku z vodo,
- slabša požarna varnost v primerjavi z ostalimi ploščami, ki nimajo lesa,
- uporaba lepila na osnovi formaldehida (vezivno sredstvo).

3.1.2 Iverno-cementne plošče (Lesno cementne -CM plošče »Betony«)

Osnovna recepturna mešanica za iverno-cementne (CM) plošče je 60 odstotkov cementa, 20 odstotkov lesa in 20 odstotkov vode. Plošče so izdelane iz tankega iverja (0,2 do 0,3 mm), dolžine 10 do 30 mm. Odlikuje jih visoka upogibna trdnost, modul elastičnosti in majhen debelinski nabrek.

Iverno-cementne plošče uporabljamo kot gradbene elemente, kot zunanje in notranje obloge, izolacijske zaščitne stene itd.

Tehnične značilnosti iverno-cementnih (CM) plošč:

Dimenzije plošč so: 2600×1250 mm, 2800×1250 mm, 3200×1250 mm.

Debeline plošč so: 8 mm, 10 mm, 12 mm, 14 mm, 16 mm, 18 mm, 20 mm, 24 mm, 28 mm in 40 mm.

Prednosti iverno-cementnih (CM) plošč so:

- troslojne iverno cementne plošče,
- vsebujejo cement, ki je negorljiv,
- sodijo v B1 razred požarne ogroženosti,
- dobre mehanske lastnosti,
- primerne kot nosilne plošče,
- odlična toplotna in zvočna zaščita,
- primerne za vlažne prostore,
- nizek debelinski nabrek,
- uporaba cementa kot vezivo,
- enostaven razrez z žagami za les.

Pomanjkljivost iverno-cementnih (CM) plošč je njihova velika prostorninska masa zaradi vsebnosti cementa.

Razen standardnih lesenih plošč se vse bolj uveljavljajo mavčne plošče. Glede na postopek proizvodnje in osnovne značilnosti ločimo:

- mavčno-kartonske plošče,
- mavčno-vlaknene plošče.

3.1.3 Mavčno-kartonske plošče (Gips -G plošče » Knauf «)

Surovina naravni mavec je bela naravna kamenina, ki je nastala v več zemeljskih obdobjih pred 100 do 200 milijoni let. Mavec je sestavljen iz kemičnih elementov kalcija, žvepla, kisika in vode. V sodobnem gradbeništvu služi mavec (po kemični zgradbi kalcijev dihidrat; $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$) kot dodatek pri pripravi ometa ter kot vezivni material pri izdelavi gradbenih elementov v obliki plošč. Kalcijev polhidrat je najpomembnejši začetni proizvod za mavčna gradiva, anhidrid je osnovni naravni proizvod za Knaufove estrihe. Jedro plošče je izdelano iz mavca, ki daje izdelku potrebno tlačno trdnost. Na jedro je obojestransko kaširan posebno pripravljen karton, ki zagotavlja posebno upogibno in natezno trdnost. Tako dobimo gladke troslojne plošče, ki se uporabljajo za notranje obloge. Za različne namene imajo pri Knaufu različne tipe plošč, ki se razlikujejo po kartonih in dodatkih v mavčnem jedru, s tem pa je določena tudi njihova uporaba.

Tehnične značilnosti mavčno-kartonskih (G) plošč :

Dimenzije plošč so: 2000×1250 mm, 2500×1250 mm, 3000×1250 mm.

Debeline plošč so: 9,5 mm, 12,5 mm, 15 mm, 18 mm, 20 mm in 25 mm

Prednosti mavčno-kartonskih (G) plošč so:

- toplotna in zvočna zaščita,
- mavec pripomore k dobremu počutju človeka,
- tople na otip in dajejo občutek udobja,
- mavec uravnava zračno vlago v zaprtih prostorih,
- gladke troslojne plošče za uporabo notranjih oblog,
- karton zagotavlja posebno upogibno in natezno trdnost,
- različni kartoni in dodatki (antipiretiki) v mavčnem jedru izboljšajo požarne lastnosti,
- večja požarna varnost s povečanjem debeline plošč,
- enostaven razrez z nožem,
- enostavno fugiranje in brušenje nastalih spojev,
- odličen oprijem za nanašanje premazov, tapet, keramičnih oblog itd.,
- najcenejše plošče.

Pomanjkljivost mavčno-kartonskih (G) plošč je, da plošče niso primerne za premaze na bazi vodnega stekla, apna in silikatne barve.

3.1.4 Mavčno-vlaknene plošče (Vlaknasto-mavčne -MV plošče »Knauf Vidiwall«)

Mavčno-vlaknene (MV) plošče so izdelane iz zelo kakovostnega posebnega mavca in posebnih celuloznih vlaken, ki so pridobljena po postopku mehanskega drobljenja izbranih vrst papirja. Mavčno-vlaknene plošče Knauf Vidiwall so uporabne na področjih suhomontažne gradnje, vključno s kuhinjami in kopalnicami ter podobnimi prostori. Plošče so prav tako uporabne za talno območje kot suhi estrih oziroma kot pohodni vrhnji sloj pri naknadni toplotni izolaciji stropov (neizkoriščeno podstrešje).

Tehnične značilnosti mavčno-vlaknenih (MV) plošč:

Dimenzije plošč so: 2600×1245 mm, 2800×1245 mm, 3200×1245 mm.

Debeline plošč so: 10 mm, 12,5 mm, 15 mm

Pomanjkljivosti mavčno-vlaknenih (MV) plošč so:

- krhkost,
- najnižja upogibna trdnost,
- neprimerne za premaze z barvami na apneni osnovi, silikatne barve ter barve na bazi vodnega stekla.

Prednosti mavčno-vlaknenih (MV) plošč so:

- izdelane iz celuloznih vlaken (star papir),
- uporaba mavca kot vezivo,
- tople in dajejo občutek udobja,
- dobra toplotna in zvočna zaščita plošč,
- uporabne za notranje in zunanje obloge,
- odlična požarna varnost (požarni razred A2),
- enostavno fugiranje in brušenje nastalih spojev,
- odličen oprijem za nanašanje premazov, tapet, keramičnih oblog itd.

3.1.5 Primerjava posameznih vrst in lastnosti plošč

Tehnične značilnosti plošč proizvajalcev so združene v primerjalni tabeli.

Preglednica 1: Tehnične značilnosti uporabljenih plošč

Lastnosti	Enota	G		CM		MV		OSB	
Debelina	mm	9.5		10.0 in 12.0		12.5 in 15.0		12.0	
Prostorninska masa	kg/m ³	850 do 1000		1300 do 1500		1050 do 1200		635 do 685	
Smer poteka vlaken ali iveri	/	prav.	vzpor.	prav.	vzpor.	prav.	vzpor.	prav.	vzpor.
Upogibna trdnost	N/mm ²	maks 7.2	maks 2.4	min 9		min 5	min 4	29	19
E-modul	N/mm ²	2500	2000	4500	4000	2800 do 3800		5200	2500
Vlažnost EN 322	%	/		6 do 12		5 do 13		6 do 12	
Koeficient toplotne prevodnosti	W/mK	0.21		0.26		0.29		0.12	
Difuzija vodne pare	/	/		22.6		18		300	
Nabrekanje (24h)	%	/		1.5		3		7	
Možnost žebljanja in sponkanja	/	da		da		da		da	
Brušenje	/	ne		da		da		da	
Požarni razred DIN 4102	/	A2		B1		A2		B2	

Legenda:

- * G Mavčno-kartonske plošče
- * MV Mavčno-vlaknene plošče
- * CM Iverno-cementne plošče
- * OSB Iverne plošče z usmerjenim iverjem

3.2 ZASNOVA PREIZKUSA

Raziskava je bila zasnovana z namenom primerjave nekaterih mehanskih in fizikalnih lastnosti različnih zgradb predelnih sten. V Sloveniji in svetu se za izdelavo predelnih sten na montažnih objektih uporabljajo različni ploščni materiali z različnimi mehanskimi in fizikalnimi lastnostmi. V tovarnah montažnih objektov se za izdelavo sten v današnjem času največ uporabljajo mavčno-kartonske plošče, mavčno-vlaknene plošče, iverno-cementne plošče in iverne plošče z usmerjenim iverjem (OSB plošče). Uporabljeni materiali za izdelavo zgradb imajo različne prednosti, kot so: dobre mehanske lastnosti, nizek debelinski nabrek, uporaba mavca, požarno varnostne lastnosti in cena plošč. Plošče se uporablja kot samostojne ali kot različne zgradbe sten različnih debelin. Glede na to, da ni nobenih primerjav, katera zgradba stene prenese največje obremenitve in vsak od proizvajalcev montažnih hiš zagovarja svojo osnovno zgradbo, smo se odločili, da bomo zgradbe predelnih sten preizkusili na upogibno trdnost in modul elastičnosti. Zgradbe sten smo izbrali glede na namen uporabe stene. Za preizkušanje smo uporabili pet različnih zgradb.

Odločili smo se za sledeče zgradbe:

- Mavčno-kartonske + iverno-cementne plošče (G+CM),
- Mavčno-kartonske + mavčno-vlaknene plošče (G+MV),
- Mavčno-kartonske + iverne plošče z usmerjenim iverjem (G+OSB),
- Mavčno-vlaknene plošče [2×] (MV),
- Mavčno-vlaknene plošče + iverno-cementne plošče (MV+CM).

Za vsako različico zgradb predelnih sten smo izdelali 13 preizkušancev. Velikost preizkušanih zgradb predelnih sten velikosti 650×300 mm smo določili tako, da smo za dolžino zgradb upoštevali razdaljo med pokončniki, za širino pa standard EN 789. Zgradbe predelnih sten smo preizkusili na stroju za preizkušanje mehanskih lastnosti.

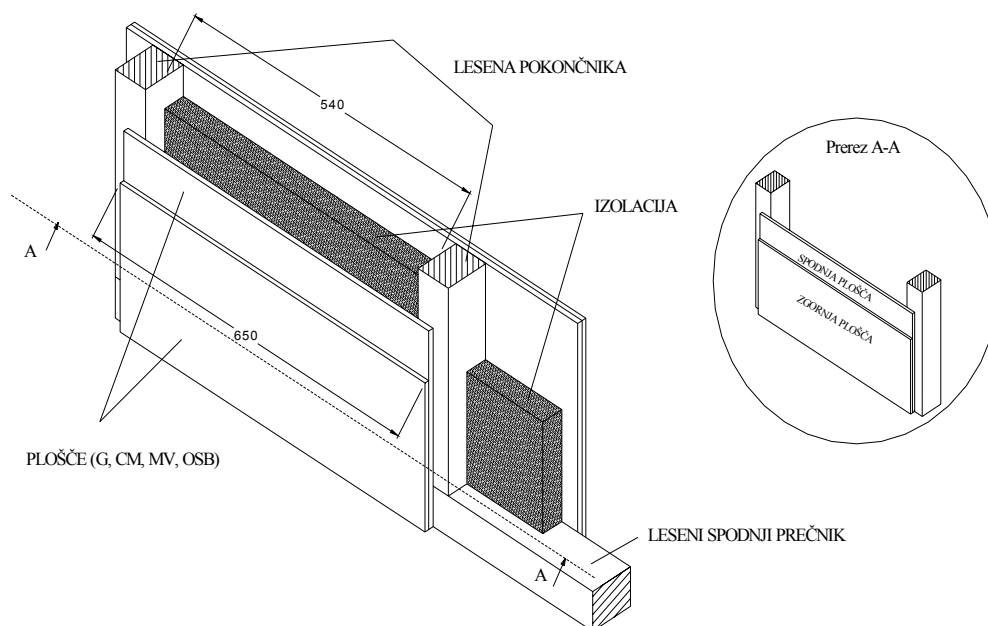
3.3 PRIPRAVA PREIZKUŠANCEV IN VZORČENJE

3.3.1 Priprava preizkušancev

Preizkušance smo pripravili v podjetju Jelovica lesna industrija d. d. SPE HIŠE. Uporabili smo mavčno-kartonske (G) plošče, mavčno-vlakenene (MV) plošče, iverno-cementne (CM) plošče in iverne plošče z usmerjenim iverjem (OSB plošče).

3.3.2 Izdelava preizkušancev

Standard EN 789 za preizkušanje gradbenih plošč na upogibno trdnost in modul elastičnosti predvideva širino preizkušanca 300 mm. Za dolžino preizkušancev smo vzeli dejansko razdaljo med lesenimi pokončniki, ki je 540 mm (slika 1), kateri smo prišteli 50 mm na vsako stran in dobili dolžino preizkušanca velikosti 650 mm.

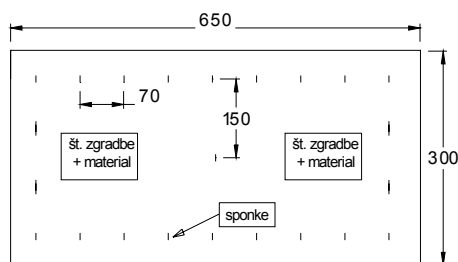


Slika 1: Zgradba stene in razdalja med lesenimi pokončniki

Preizkušance smo sestavili iz dveh plošč (slika 1. Prerez A-A). Zgornja plošča je vidna plošča in služi kot obloga, na katero se nanesejo različni premazi. Na zgornjo ploščo je stroj med preizkušanjem pritiskal s pritisknim valjem. V našem preizkušanju smo za zgornje plošče uporabili mavčno-kartonske in mavčno-vlakenene plošče. Spodnja plošča služi kot opora

zgornji ter daje trdnost predelni steni. Za spodnje plošče smo uporabili iverno-cementne plošče, OSB plošče in mavčno-vlakenne plošče.

Na zgornjih ploščah smo označili mesta pritrjevanja pocinkanih in nasmoljenih kovinskih sponk dolžine 20 mm. Sponke smo pritrdili s pomočjo pnevmatske pištole, na predhodno označenih mestih, po navodilih proizvajalca Knauf plošč (slika 2).



Slika 2: Velikost plošče, razmaki med sponkami in označevanje zgradb

Izdelane zgradbe smo oštevilčili s številko od 1 do 13 in s kraticami zapisali njihovo zgradbo.

Preglednica 2: Različne zgradbe glede na vrsto in debelino plošč

Različica	Zgornja plošča	Debelina plošče (mm)	Spodnja plošča	Debelina plošče (mm)	Skupna debelina (mm)	Število zgradb	Oznaka zgradb predelnih sten
1.	G	9.5	OSB	12	21.5	13	G+OSB
2.	G	9.5	MV	12.5	22	13	G+MV
3.	G	9.5	CM	12	21.5	13	G+CM
4.	MV	15	CM	10	25	13	G+ CM
5.	MV	15	VM	15	30	13	MV

Legenda:

- * G Mavčno-kartonske plošče
- * MV Mavčno-vlakenne plošče
- * CM Ivorno-cementne plošče
- * OSB Iverne plošče z usmerjenim iverjem
- * G+CM Mavčno-kartonske + ivorno-cementne plošče
- * G+MV Mavčno-kartonske + mavčno-vlakenne plošče
- * G+OSB Mavčno-kartonske + iverne plošče z usmerjenim iverjem
- * MV Mavčno-vlakenne plošče [2×]
- * MV+CM Mavčno-vlakenne plošče + ivorno-cementne plošče

Izdelane zgradbe so bile pripravljene za preizkušanje.

3.3.3 Ugotavljanje upogibne trdnosti in modula elastičnosti preizkušanih zgradb predelnih sten

Upogibno trdnost in modul elastičnosti smo ugotavljali po standardu SIST EN 310. Upogibna trdnost in modul elastičnosti sta ena najvažnejših mehanskih lastnosti ivernih in vlaknenih plošč. Modul elastičnosti se nanaša na togost materiala in predstavlja uklon materiala pri določeni obremenitvi.

Formula za izračun upogibne trdnosti,

$$f_m = \frac{3 \times F_{\max} \times l_1}{2 \times b \times t^2} \quad \dots(1)$$

kjer je:

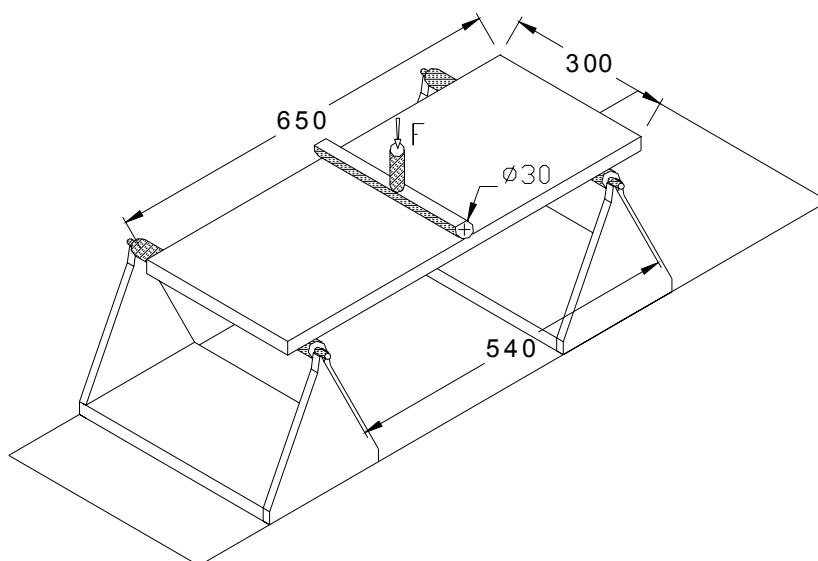
- * f_m Upogibna trdnost [N/mm²]
- * F_{\max} Sila loma [N]
- * l_1 Razdalja med podporama [mm]
- * b Širina preizkušanca [mm]
- * t Debelina preizkušanca [mm]

Formula za izračun modula elastičnosti,

$$E_m = \frac{l_1 \times (F_2 - F_1)}{4 \times b \times t^3 \times (a_2 - a_1)} \quad \dots(2)$$

kjer je:

- * E_m Modul elastičnosti [N/mm²]
- * F_2 40% maksimalne sile [N]
- * F_1 10% maksimalne sile [N]
- * b Širina preizkušanca [mm]
- * t Debelina preizkušanca [mm]
- * a_2 Uklon pri 40% maksimalne sile [N]
- * a_1 Uklon pri 10% maksimalne sile [N]



Slika 3: Skica preizkušanja upogibne trdnosti in modula elastičnosti

3.3.4 Merjenje debeline preizkušanih zgradb predelnih sten

Debelino plošč smo ugotavljali v skladu s SIST EN 323 standardu. Debelina plošč je odvisna od uporabe, saj se s spreminjanjem debeline spreminjajo mehansko-fizikalne lastnosti. Standard predvideva, da so preizkušanci klimatizirani v standardni klimi $T = 20^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 65\%$ (v našem primeru je to sobna temperatura). Debelino smo merili z mikrometrom na preizkušancih dimenzij $50 \times 50^{\pm 0.5}$ mm, na presečišču diagonal na površini plošče.

Debeline zgradb predelnih sten smo izračunali po naslednji enačbi,

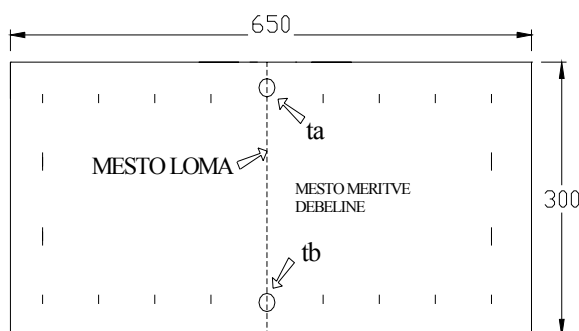
$$t = \frac{ta \times tb}{2}$$

...(3)

kjer je:

- * t Debelina zgrajene zgradbe sten [mm]
- * ta Debelina zgradbe na eni strani [mm]
- * tb Debelina zgradbe na drugi strani [mm]

Pri preizkušancih dimenzij 650×300 mm smo merili debelino preizkušancev na sredini, na mestu, kjer naj bi prišlo do loma z obeh strani (t_a , t_b) in upoštevali povprečje obeh meritev (slika 4). Merjenje debeline zgradb smo izvedli s pomočjo mikrometra na 0,01 mm natančno.



Slika 4: Mesti meritve debeline

Preizkus smo opravili na stroju za preizkušanje mehanskih trdnosti, ZWICK Z100. Na stroju smo nastavili razdaljo med podporama 540 mm, ki je enaka dejanski razdalji med lesenimi pokončniki in je različna od razdalje med podporama, kot jo predvideva SIST EN 310 standard. Na zgradbe sten je stroj pritiskal z zgornjim pritisknim valjem premera $30^{\pm 0.5}$ mm in hitrostjo pomika 10 mm/min. Preizkušanci so bili klimatizirani na sobno temperaturo. Za vsako zgradbo predelne stene smo imeli 13 preizkušancev. Pričeli smo s testiranjem. Ugotavljanje upogibne trdnosti, modula elastičnosti in maksimalne sile loma smo izvajali na sodobnem računalniško podprtem testnem stroju ZWICK Z100, ki je prikazan na sliki 5.

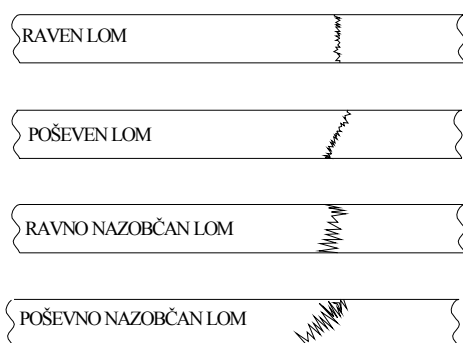


Slika 5: Stroj za preizkušanje upogibne trdnosti, povezan z računalnikom

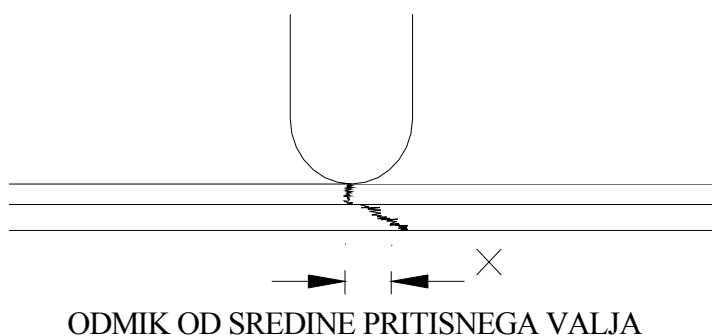
3.3.5 Vrste lomov na zgradbah predelnih sten

Vrste lomov smo ocenjevali glede na obliko loma (slika 6), ki je lahko ravna, poševna, ravno nazobčana ter poševno nazobčana in mesto nastanka loma, ki je določen glede na odmik od sredine pritisnega valja do mesta nastanka loma (slika 7). Opazovali smo, na kateri plošči se najprej pojavi lom in višino loma glede na debelino zgornje ali spodnje plošče.

VRSTE LOMOV



Slika 6: Shematski prikaz lomov



Slika 7: Shematski prikaz mesta loma in odmika od pritisnega valja

3.3.6 Ugotavljanje prostorninske mase zgradb predelnih sten

Ugotavljanje prostorninske mase je bilo opravljeno v skladu s standardom SIST EN 323. Prostorninska masa plošč je tesno povezana s fizikalno-mehanskimi lastnosti le-teh. Po definiciji je prostorninska masa kvocient med maso in volumnom. Prostorninska masa je masa kondicioniranega preizkušanca v enoti prostornine. Izražamo jo v g/cm^3 ali v kg/m^3 .

Formula za izračun prostorninske mase,

$$\rho = \frac{m}{b_1 \times b_2 \times t}$$

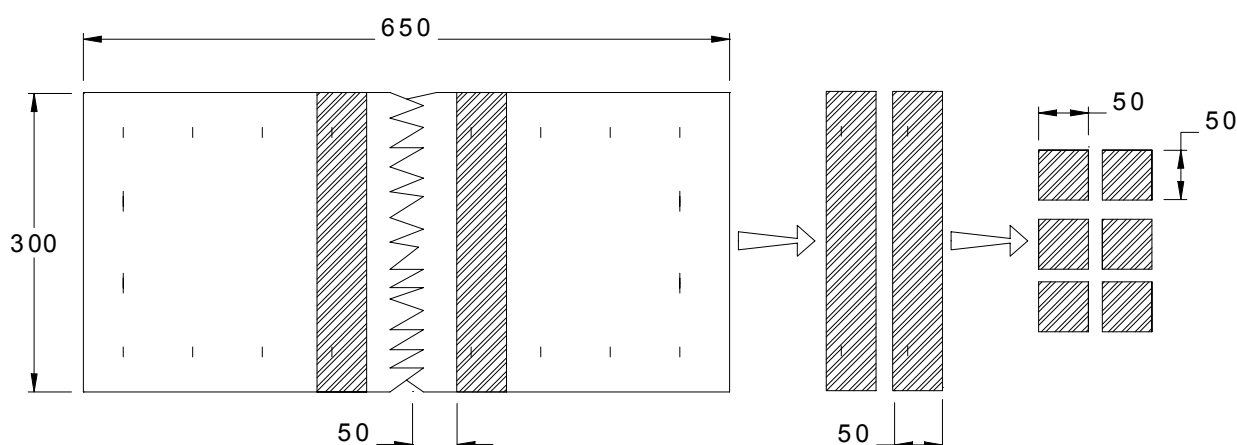
...(4)

kjer je:

- * ρ Prostorninska masa [g/cm^3]
- * m Masa preizkušanca [g]
- * b_1 Širina preizkušanca [cm]
- * b_2 Dolžina preizkušanca [cm]
- * t Debelina preizkušanca [cm]

Prostorninsko maso določamo na preizkušancih dimenzij $50 \times 50^{\pm 0.5}$ mm, ki smo jih izžagali iz plošč. Preizkušance se klimatizira v standardni klimi $T = 20^\circ\text{C}$, $\varphi = 65\%$. Po klimatiziranju se preizkušance stehta na 0,01g natančno in jim izmeri dimenzije. Širino in dolžino se izmeri s kljunastim merilom na 0,01mm natančno, debelino se izmeri z mikrometrom na 0,01mm natančno. Meritev se izvede na sredini roba s položajem kljunastega merila pod kotom 45° .

Preizkušance smo izbrali glede na predhodno pridobljene rezultate upogibnih trdnosti zgradb. Od vsake različne zgradbe sten smo vzeli preizkušance, ki so imeli srednjo vrednost upogibne trdnosti ter po dva preizkušanca z minimalno in maksimalno vrednostjo upogibne trdnosti. Iz preizkušancev dimenzij 650×300 mm, smo s pomočjo formatne krožne žage izžagali preizkušance velikosti 50×50 mm, kot je prikazano na sliki 8.



Slika 8: Shema izžaganja preizkušancev iz zgradb preizkušanih na upogibno trdnost in modul elastičnosti

Preizkušance smo odvzeli tako, da smo se od mesta loma odmaknili 50 mm na vsako stran in naredili prva reza. Nato smo vzporedno odžagali pas širine 50 mm in dolžine 300 mm. Iz vsakega pasu smo izžagali tri preizkušance velikosti 50×50 mm. Za vsako zgradbo smo dobili 30 kombinacij.

3.3.7 Ugotavljanje vlažnosti zgradb predelnih sten

Ugotavljanje vlažnosti lesa opisuje standard SIST EN 322. Vlažnost ugotavljamo z gravimetrično metodo. Vlažnost je razmerje med maso vode v plošči in maso absolutno suhe plošče. Po tej definiciji izračunamo vlažnost po spodnji enačbi.

Formula za izračun vlažnosti lesa,

$$H = \frac{m_v - m_0}{m_0} \cdot 100(\%)$$

...(5)

kjer je:

- * H Vlažnost lesa [%]
- * m_v Masa vlažnega preizkušanca [g]
- * m_0 Masa absolutno suhega preizkušanca [g]

Za ugotavljanje vlage smo uporabili preizkušance z minimalno maso 20g. Preizkušance smo stehali (klimatizirani-standardna klima $T=20^{\circ}\text{C}$, $\rho=65\%$) na dve decimalki natančno. Nato smo jih dali v sušilnik za 24 ur pri temperaturi $103^{\pm 0.2} \text{ }^{\circ}\text{C}$. Preizkušanci so posušeni, kadar je masa med posameznimi tehtanji konstantna – v roku 6 ur ne sme biti razlika med tehtanji večja od 0,1 % mase. Posušene preizkušance smo ponovno stehali. Iz dobljenih sprememb mas smo izračunali vsebnost vlage.

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

Preizkušane zgradbe predelnih sten iz različnih materialov imajo različne mehanske lastnosti (preglednica 3).

Preglednica 3: Povprečne vrednosti nekaterih mehanskih in fizikalnih lastnosti zgradb predelnih sten

Povprečja	Zgradbe predelnih sten				
	G+CM	G+MV	G+OSB	MV	MV+CM
f_m (N/mm ²)	4.55	3.33	9.74	4.21	5.34
E_m (N/mm ²)	1686	1379	1147	1899	1951
t (mm)	21.56	21.82	21.71	29.08	25.11
ρ (g/cm ³)	1.095	1.011	0.692	0.707	1.238
H (%)	11.23	13.86	11.09	13.64	11.79
F (N)	783	588	1702	1319	1246
Cena (sit/m ²)	1515	1947	1347	3350	2882

Legenda:

- * f_m Upogibna trdnost [N/mm²]
- * E_m Modul elastičnosti [N/mm²]
- * t Debelina zgradbe predelne stene [mm]
- * ρ Prostorninska masa [g/cm³]
- * H Vlažnost [%]
- * F Sila [N]
- * Cena Cena zgradbe za m² [sit]

Zgradbe predelnih sten:

- * G+CM Mavčno-kartonske + iverno-cementne plošče
- * G+MV Mavčno-kartonske + mavčno-vlaknene plošče
- * G+OSB Mavčno-kartonske + iverne plošče z usmerjenim iverjem
- * MV Mavčno-vlaknene plošče [2×]
- * MV+CM Mavčno-vlaknene plošče + iverno-cementne plošče

Iz preglednice 3 je razvidno, da ima zgradba stene zgrajene iz mavčno-kartonske in iverne plošče z usmerjenim iverjem (G+OSB plošče) najvišjo upogibno trdnost, sledijo ji zgradbe sten iz mavčno-vlaknenih in iverno-cementnih plošč (MV+CM), mavčno-kartonskih in iverno-cementnih plošč (G+CM) in zgradba stene iz dveh mavčno-vlaknenih plošč (MV). Najšibkejša zgradba predelne stene je iz mavčno-kartonske in mavčno-vlaknene plošče (G+MV).

Zgradba stene iz G+OSB plošče ima najnižjo prostorninsko maso, sledijo ji zgradbe sten iz dveh MV plošč, G+MV plošče, G+CM plošče ter zgradba stene z najvišjo prostorninsko maso iz MV+CM plošče.

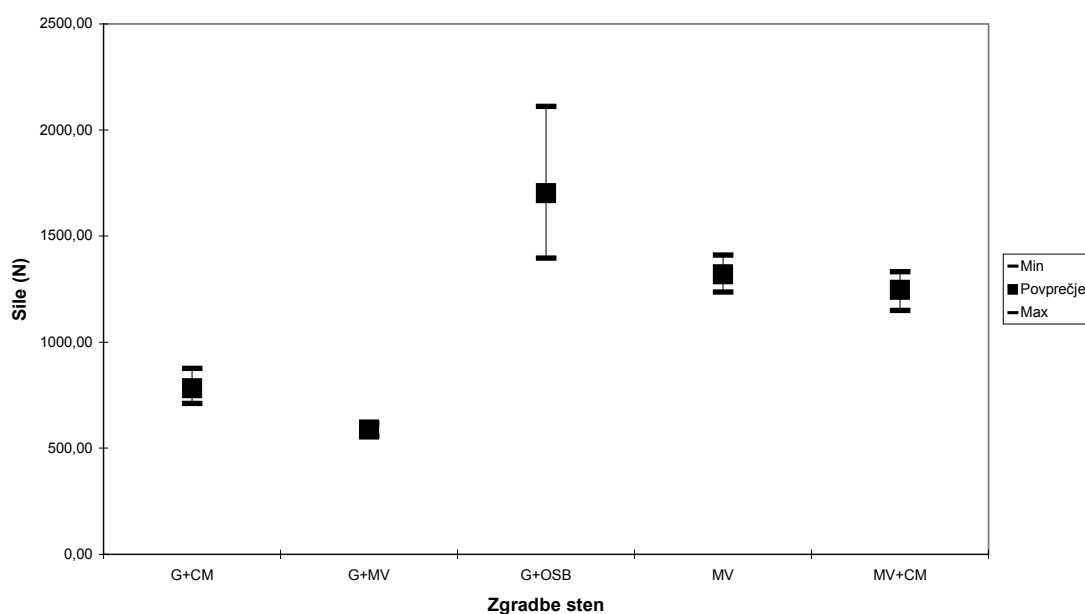
Najnižji modul elastičnosti ima zgradba stene iz G+OSB plošče, zgradba stene iz MV+CM plošče ima najvišji modul elastičnosti.

Zgradba stene iz G+MV plošče pri preizkušanju na upogib prenese najnižje sile, zgradba stene iz G+OSB plošče pa najvišje sile.

Najcenejša zgradba predelne stene je zgrajena iz G+OSB plošče. Sledijo ji zgradbe iz G+CM plošče, G+MV plošče in MV+CM plošče. Najdražja zgradba predelne stene je iz dveh MV plošč.

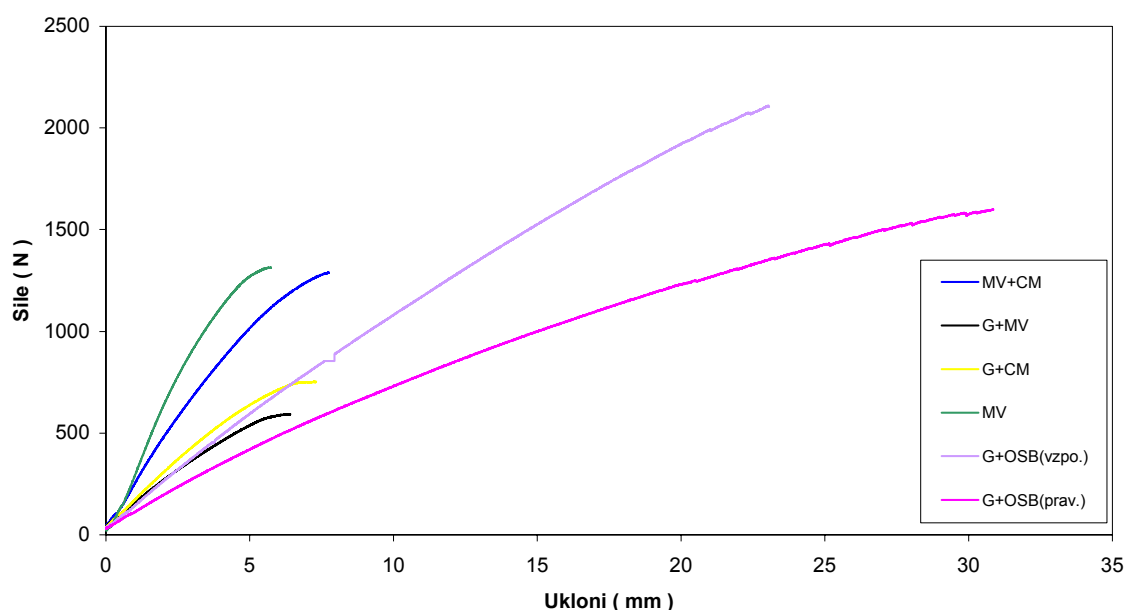
4.1 SILE IN UKLONI ZGRADB PREDELNIH STEN

Zgradba materiala in zgradba sten imata velik vpliv na maksimalne sile in uklone. Za doseganje velikih sil in uklonov potrebujemo kompakten material, ki ima dolge delce (iveri, vlakna itd) in primerno vezivno sredstvo (lepilo, mavec, cement itd). Daljši ko so delci večje je prekrivanje in je zato med njimi večja povezanost. Za doseganje maksimalnih sil so najbolj primerne plošče iz iveri iglastih drevesnih vrst in mehkih listavcev z nizko prostorninsko maso, ker imajo veliko specifično površino iverja. Že Halligan (1970), Liiri in sod. (1977), Schneider in sod. (1982) in Niemz (1982) so ugotovili, da večja specifična površina iverja pomeni tudi večjo možno površino oblepljanja in hkrati boljše lastnosti ivernih plošč.



Slika 9: Maksimalne sile preizkušanih zgradb predelnih sten

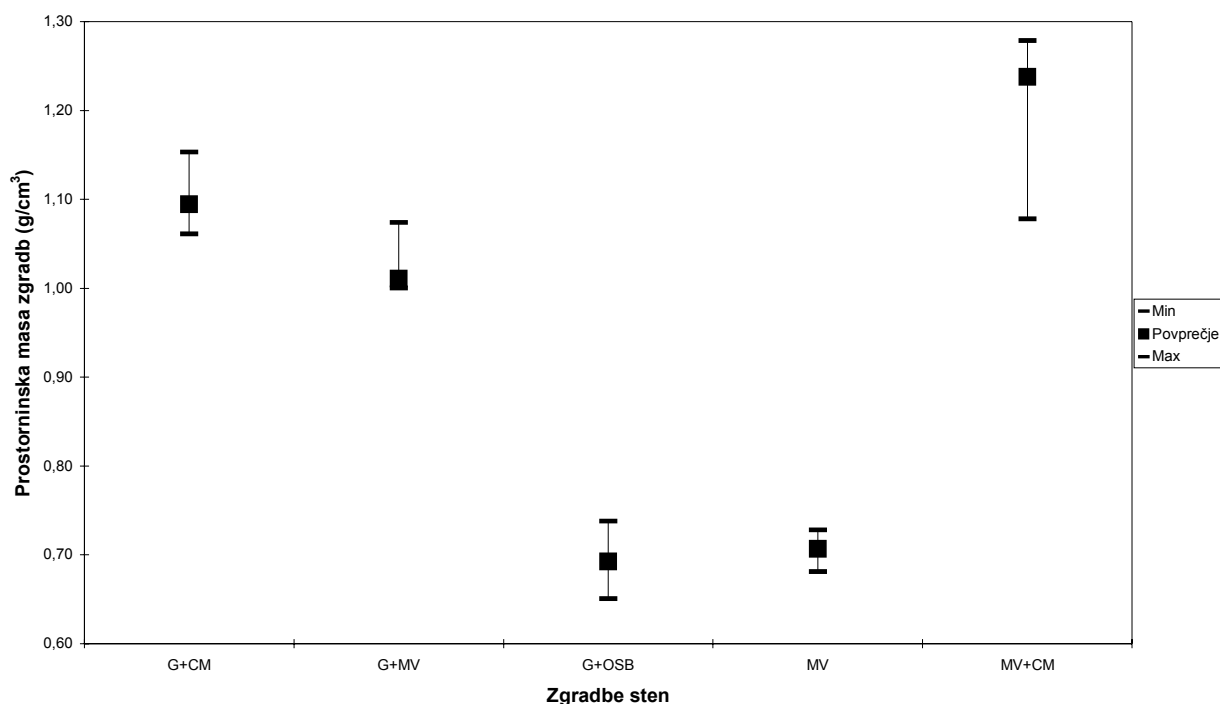
Za izračun modula elastičnosti so pomembne maksimalne sile in ukloni pri določeni obremenitvi zgradbe predelne stene. Zgradbe predelnih sten iz mavčnih (G in MV plošč) in cementnih (CM) plošč imajo pri preizkusu na upogib večje sile in manjše uklone. Posledica tega je večji modul elastičnosti. Zgradba stene iz iverne plošče (OSB) ima pri upogibu velike sile in uklone, zato je modul elastičnosti pri tej zgradbi najmanjši. Povezanost in prepletanje med dolgimi ivermi v zgradbah ivernih plošč je veliko v primerjavi z zgradbami, ki imajo kratka vlakna, malo prepletanj in zato prenesejo manjše sile. Zgradbe sten iz mavčno-kartonske in iverne plošče (G+OSB) z vzporedno usmerjenimi ivermi v zunanjem sloju na OSB plošči, pri preizkušanju na upogib prenesejo največje sile in uklone, pri prečnem poteku iveri pa manjše. Na podlagi dobljenih rezultatov raziskave ugotavljamo, da so ukloni pri zgradbah sten iz mavčnih in cementnih plošč manjši, v primerjavi s zgradbami sten iz ivernih plošč z dolgimi lesenimi iveri.



Slika 10: Maksimalne sile in ukloni preizkušanih zgradb predelnih sten

4.2 PROSTORNINSKA MASA ZGRADB PREDELNIH STEN

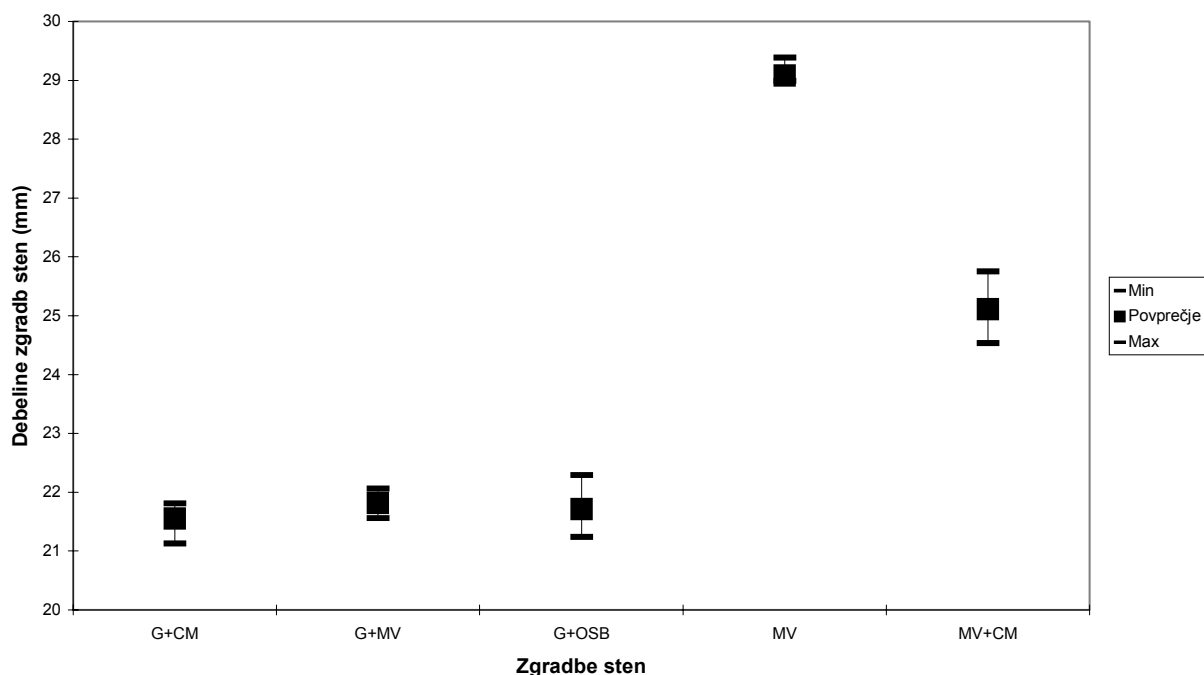
Na prostorninsko maso zgradb predelnih sten vpliva velikost delcev (iveri, vlaken itd), saj se finejši delci, pri izdelavi plošč bolj stisnejo zato je prostorninska masa višja. Nižja prostorninska masa, glede na ugotovitve Halligana (1970), pomeni večji delež praznih prostorov med delci. Zgradbe sten iz plošč z manjšimi prostori med delci (ivermi, vlakni) so bolj povezane kot tiste z večjimi praznimi prostori med delci. Vzrok za najnižjo prostorninsko maso zgradb iz mavčno-kartonske in iverne plošče z usmerjenim iverjem (G+OSB plošče) je v materialu in zgradbi spodnje nosilne OSB plošče. OSB plošče imajo najnižjo prostorninsko maso in najvišjo upogibno trdnost v primerjavi z ostalimi ploščami (preglednica 3). Najvišjo prostorninsko maso imajo zgradbe sten iz iverno-cementne in mavčno-vlaknene plošče (CM+MV). Prostorninske mase preizkušanih zgradb sten so prikazane na sliki 11.



Slika 11: Prostorninske mase zgradb predelnih sten in nihanja med posameznimi zgradbami

4.3 DEBELINA ZGRADB PREDELNIH STEN

Debelina zgradbe predelne stene je odvisna od namena uporabe, saj se s spreminjanjem debeline plošč spreminjajo tudi njihove mehansko-fizikalne lastnosti.

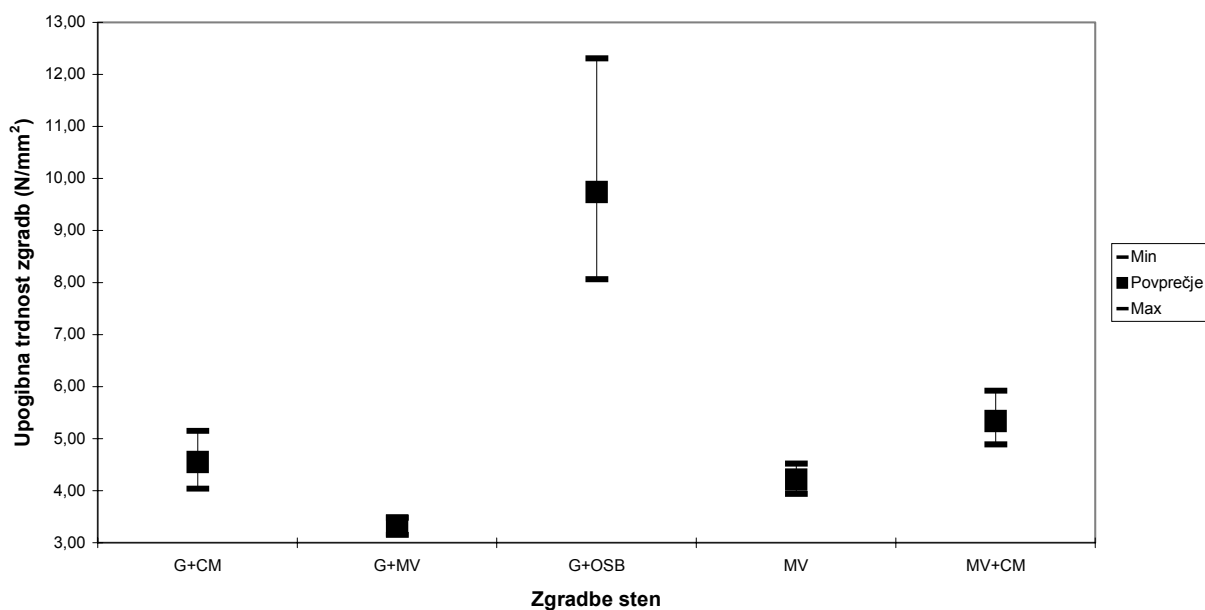


Slika 12: Odstopanja debelin zgradb predelnih sten

Različni proizvajalci montažnih objektov glede na namen uporabe objekta zagovarjajo svoje variante zgradb in debeline sten. Tako za različne namene uporabe prostorov lahko izberemo različne zgradbe sten različnih debelin. Z uporabo različnih vrst plošč se lahko izdelajo zgradbe sten z boljšimi mehanskimi lastnostmi. Ugotovili smo, da z enako debelino različnih zgradb predelnih sten dobimo različne mehanske in fizikalne lastnosti sten. Zgradbe predelnih sten iz ivernih plošč so lahko manjše debeline, saj je med ivermi veliko prepletanj vendar imajo kljub manjši debelini dovolj dobre mehanske lastnosti. Predelne stene zgradb zgrajene iz cementnih in mavčnih plošč so debelejšje, ker je prepletanje in povezanost med vlakni in iveri manjša. Z večanjem debeline zgradb povečamo debelino stene in zmanjšamo bivalni prostor. Ugotovili smo, da so mavčne plošče manjših debelin primernejše za prostore z manjšimi obremenitvami sten, cementne in iverne plošče enakih debelin so primernejše za bolj obremenjene stene. Cena plošč močno vpliva na debelino plošč in zgradbo sten, zato je pomembno, katero zgradbo izberemo.

4.4 UPOGIBNA TRDNOST PREDELNIH STEN

Upogibna trdnost zgradb predelnih sten je odvisna predvsem od vrste plošč, zgradbe plošč in zgradbe sten. Na sliki 13 so prikazane upogibne trdnosti preizkušanih zgradb predelnih sten.



Slika 13: Vpliv zgradbe predelne stene na upogibno trdnost

Upogibna trdnost plošč z naraščanjem prostorninske mase ivernih plošč narašča, kar sta ugotovila Medved in Pirkmaier (2000). Enako povezavo ugotovimo z uporabo zgradb sten zgrajenih iz materialov cementa (CM plošče) in mavca (G in MV plošč), z večanjem prostorninske mase zgradb nad $1,0$ do $1,3\text{g/cm}^3$ (preglednica 3).

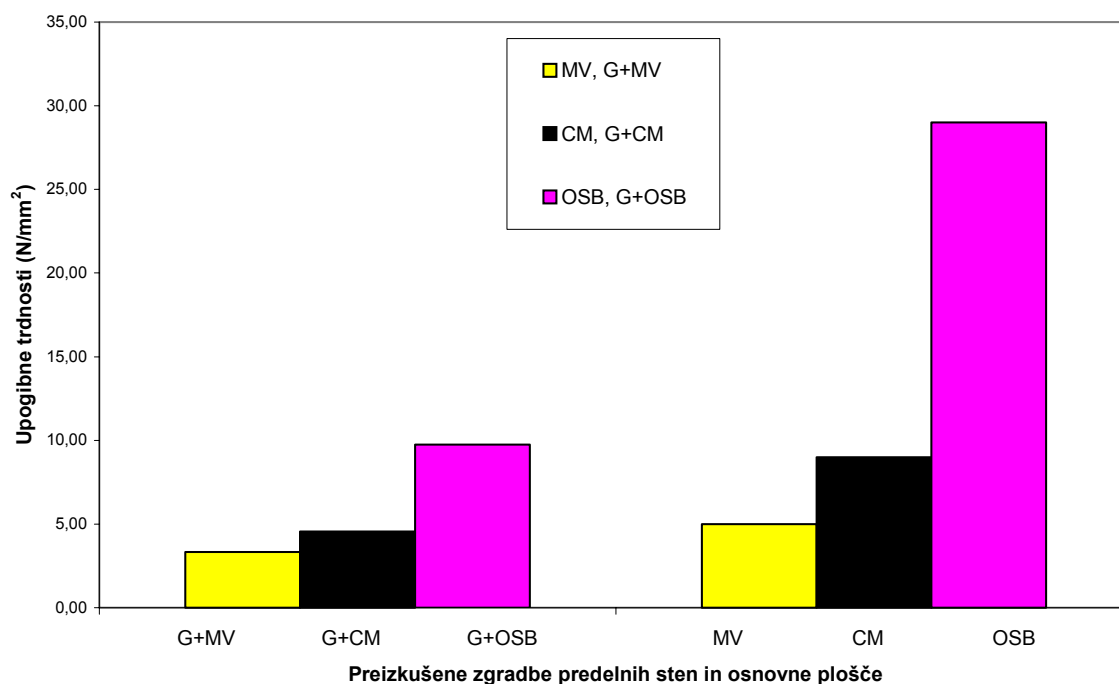
V dveh primerih zgradb sten zgrajenih iz mavčno-kartonske in iverne plošče z usmerjenim iverjem (G+OSB plošče) in dveh mavčno-vlaknenih (MV) plošč s prostorninsko maso približno $0,7\text{g/cm}^3$, dobimo različne upogibne trdnosti in sicer najvišjo pri G+OSB plošči. Vzrok za najvišjo upogibno trdnost zgradb iz G+OSB plošče je v materialu in zgradbi spodnje nosilne OSB plošče. OSB plošče imajo najvišjo upogibno trdnost in najnižjo prostorninsko maso med primerjanimi ploščami.

Zgradbe predelnih sten iz dveh MV plošč, izdelane iz papirja, z vlaknasto strukturo plošče, z malo prepletanj med vlakni in nizko prostorninsko maso, imajo manjšo upogibno trdnost.

Medved in Pirkmaier (2000) sta ugotovila, da modul elastičnosti plošč z naraščajočo debelino ivernih plošč pada. Zgradbe sten zgrajene z lesenih ivernih plošč (OSB) z večjimi ivermi so lahko tanjše zgradbe, saj je med ivermi veliko prepletanj in upogibna trdnost je pri njih

največja. Zgradbe sten zgrajene iz cementnih in mavčnih plošč so debelejše. Prepletanja med vlakni in iveri so manjša in tudi upogibna trdnost zgradb je manjša. Zgradbam sten z debelino nad 25 mm, zgrajenih iz mavčnih in cementnih plošč, upogibna trdnost pada.

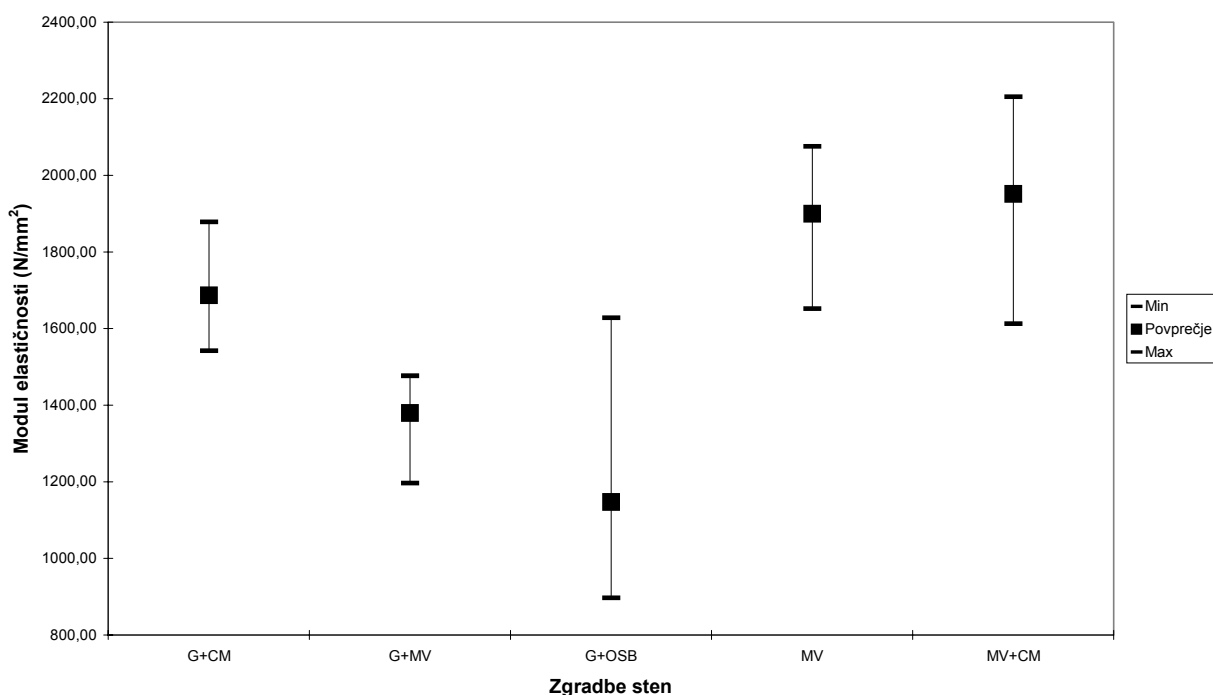
Pri pregledu upogibnih trdnosti plošč proizvajalcev in preizkušanih zgradb predelnih sten, smo ugotovili, da so upogibne trdnosti predelnih sten odvisne od upogibne trdnosti posameznega materiala (slika 14).



Slika 14: Odvisnost med izmerjeno upogibno trdnostjo zgradb predelnih sten in upogibno trdnostjo plošč po podatkih proizvajalcev plošč

4.5 MODUL ELASTIČNOSTI PREDELNIH STEN

Modul elastičnosti, je višji pri zgradbah predelnih sten, zgrajenih iz mavčnih in cementnih plošč (G+MV, G+CM, MV+CM plošč). Pri omenjenih zgradbah so pri višjih silah manjši ukloni in posledično večji moduli elastičnosti. Zgradbe sten iz ivernih plošč (OSB) z dolgimi ivermi, ki prenesejo velike sile in uklone, imajo najmanjši modul elastičnosti.

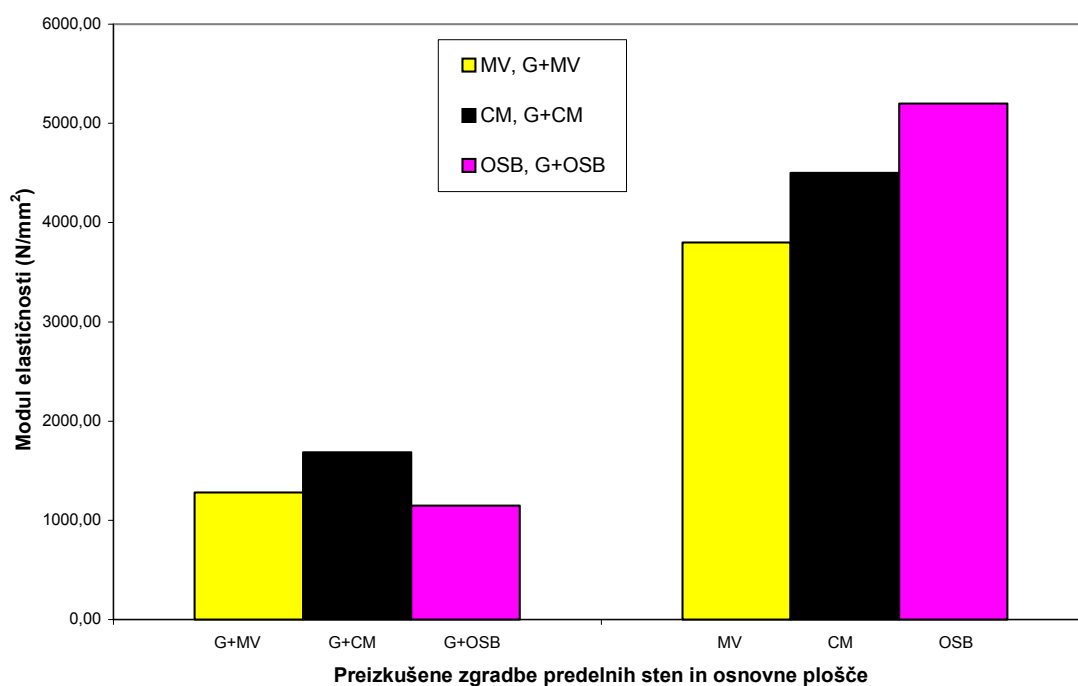


Slika 15: Razmerje med moduli elastičnosti

Modul elastičnosti z naraščanjem prostorninske mase zgradb nad $1,0$ do $1,3 \text{ g/cm}^3$ zgrajenih iz mavčnih in cementnih plošč (G+MV, G+CM, MV+CM) narašča (preglednica 3). Zgradbi sten iz mavčno-kartonske in iverne plošče z usmerjenim iverjem (G+OSB plošče) in dveh mavčno-vlaknenih (MV) plošč s podobno prostorninsko maso ($0,7 \text{ g/cm}^3$) imata različen modul elastičnosti. Že iz prostorninske mase plošč lahko sklepamo, da imajo OSB plošče večjo povezanost. Predvidevamo, da so vlakna pri MV ploščah bolj povezana kot iveri pri OSB ploščah. Zgradbe sten iz G+MV, G+CM, MV+CM, MV plošč z manjših iveri in vlaken z vezmi iz cementa ali mavca prenesejo večje sile in imajo manjši uklon, zato imajo večji modul elastičnosti. Zgradba stene iz iverne plošče (OSB) z dolgimi ivermi z vezmi lepila prenese velike sile in uklone, zato je modul elastičnosti med primerjanimi zgradbami najnižji.

Modul elastičnosti ni povsem odvisen od debeline zgradb predelnih sten, ker imajo različne zgradbe z debelino med 21 in 22 mm, različen modul elastičnosti. Ugotovili smo, da uporabljeni material in vrsta plošče močno vplivata na modul elastičnosti.

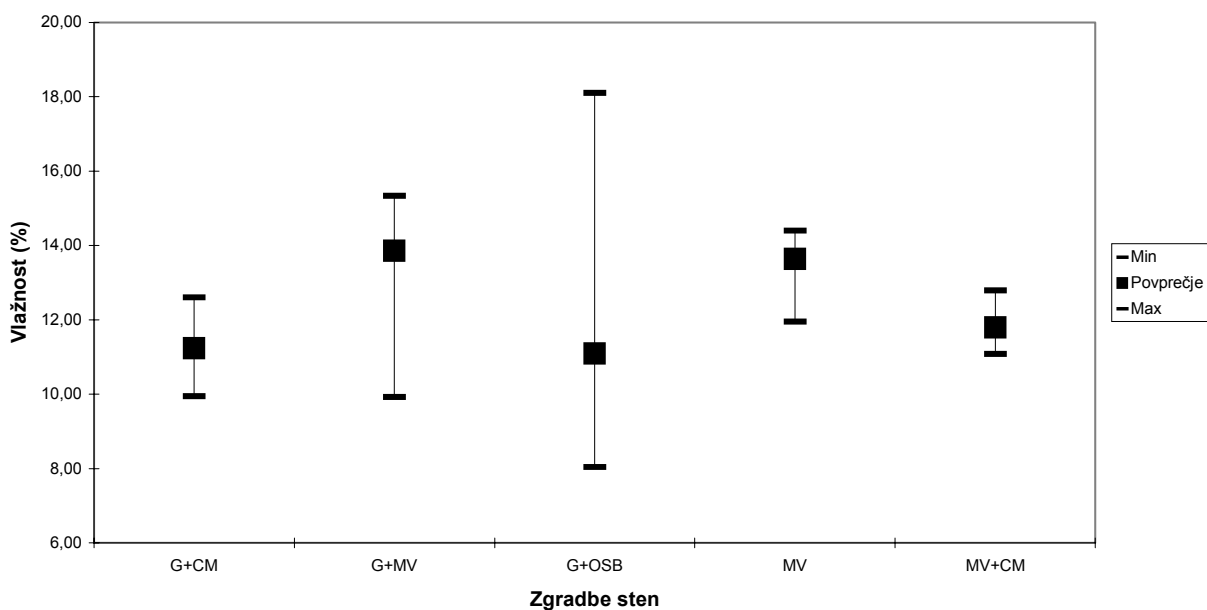
Ugotovili smo korelacijo med upogibno trdnostjo plošč po podatkih proizvajalcev in upogibno trdnostjo preizkušanih zgradb predelnih sten (slika 14). Med preizkušanimi zgradbami sten in osnovnimi ploščami nismo ugotovili povezave modula elastičnosti (slika 16).



Slika 16: Razmerje med moduli elastičnosti preizkušanih zgradb predelnih sten in osnovnimi ploščami po podatkih proizvajalcev

4.6 VLAŽNOST ZGRADB PREDELNIH STEN

Vsebnost vlage v zgradbah predelnih sten je zelo pomembna, saj ima vlažnost zelo velik vpliv na mehanske lastnosti plošč. Najvišje mehanske lastnosti ima les v absolutno suhem stanju, z višanjem vlažnosti do točke nasičenja celičnih sten pa le-te padajo. Pri spremembi klimatskih pogojev iz normalne v vlažno klimo, iverna plošča absorbira vodo, zaradi česar se ji poveča prostorninska masa. Posledično se zgradbi predelne stene veča debelina, kar predstavlja debelinski nabrek. Takrat lahko pride do popuščanja vezi ali do pretrganja vezi med vezivom (lepilo, cement, mavec itd.) in iverjem (vlakni). Zgradbe predelnih sten iz ivernih plošč bolj vpijajo vlago iz ozračja v primerjavi s ploščami zgrajenimi iz delcev mavca in cementa. Za vlažne prostore so primernejše zgradbe sten iz cementnih in mavčnih plošč. Dejanska vlažnost preizkušanih zgradb predelnih sten je prikazana na sliki 17.



Slika 17: Vlažnost zgradb predelnih sten

4.7 LOMI ZGRADB PREDELNIH STEN

V preglednici 4 so prikazani statistični podatki lomov zgradb predelnih sten.

Preglednica 4: Oblike lomov zgradb predelnih sten in odmik od sredine pritisnega valja do mesta loma

Zgradbe sten	Zg. pl. Sp. pl.	R (%)	P (%)	R N (%)	PN (%)	do10 (mm)	10 do 20 (mm)
G+CM	Zg. pl. G	70	30	/	/	13 lomov	/
	Sp. pl. CM	/	/	54	46	12 lomov	1 lom
G+OSB	Zg. pl. G	85	15	/	/	13 lomov	/
	Sp. pl. OSB	/	/	38	62	1 lom	12 lomov
G+MV	Zg. pl. G	62	38	/	/	8 lomov	6 lomov
	Sp. pl. MV	/	/	85	15	8 lomov	5 lomov
MV+CM	Zg. pl. MV	/	/	77	23	11 lomov	2 loma
	Sp. pl. CM	/	/	46	54	11 lomov	2 loma
MV	Zg. pl. MV	/	/	70	30	11 lomov	2 loma
	Sp. pl. MV	/	/	85	15	9 lomov	4 loma

Legenda:

- * Zg. pl. Zgornja plošča
- * Sp. pl. Spodnja plošča
- * R Ravni lomi [%]
- * P Poševni lomi [%]
- * R N Ravno nazobčani lomi [%]
- * P N Poševno nazobčani lomi [%]
- * do10 mm Odmiki od sredine pritisnega valja do mesta loma [mm]
- * 10 do 20 mm Odmiki od sredine pritisnega valja do mesta loma [mm]

Iz preglednice 4 je razvidno, da so lomi na mavčno-kartonski (G) plošči ravni. Najmočnejšo vez predstavljata kartonska sloja. Na iverno-cementnih (CM) ploščah je polovica lomov ravno in poševno nazobčanih. Vzrok za te oblike lomov je v zgradbi plošče izdelane iz kratkih iveri in cementa. Za iverne plošče z usmerjenim iverjem (OSB plošče) je značilen poševno nazobčan lom, kar je posledica zgradbe iveri, katere so dolge in se prepletajo. Ravno nazobčan lom je značilen za mavčno-vlaknene (MV) plošče izdelane iz vlaken, katera so kratka in je med njimi malo prepletanj.

Odmik loma od sredine pritisnega valja za plošče z ravnim ali ravno nazobčanim lomom je od 0 do 10 mm, za poševno nazobčan lom pa maksimalno 20 mm.

Z raziskavo smo ugotovili, da z različnimi zgradbami predelnih sten dosežemo različne mehanske lastnosti. Glede na določen namen uporabe montažnega objekta izberemo primerno zgradbo stene z izbranimi najboljšimi mehansko-fizikalnimi lastnostmi.

Preglednica 5: Shematski prikaz mehanskih in fizikalnih lastnosti zgradb predelnih sten

Lastnosti	Zgradbe predelnih sten				
	G+CM	G+MV	G+OSB	MV	MV+CM
fm	-	-	+++	-	o
Em	o	-	-	+	+
t	o	o	o	-	-
ρ	o	o	+	+	-
H	o	-	o	-	o
F	-	--	+	o	o
Cena	+	o	+	---	--

Legenda:

- * o Povprečje lastnosti (+/- 10 %)
- * - / + Mala sprememba do 30 % (+/- 10 do 40 %)
- * - - / + + Srednja sprememba do 60 % (+/- 40 do 70 %)
- * - - - / + + + Velika sprememba do 100 % (+/- 70 do 100 %)

Ugotovili smo, da vrsta in debelina zgradbe močno vplivata na ceno predelne stene montažnega objekta. Najcenejša zgradba predelne stene je zgrajena iz mavčno-kartonske in iverne plošče z usmerjenim iverjem (G+OSB plošče). Zgradba predelne stene z najboljšimi požarnimi lastnostmi je zgradba iz dveh mavčno-vlaknenih plošč (MV). Za stene z velikimi obremenitvami je najprimernejša zgradba stene iz G+OSB plošče. Za vlažne prostore so najprimernejše zgradbe sten iz iverno-cementnih (CM) plošč.

5 SKLEPI

S preizkušanjem smo ugotovili, da z različnimi zgradbami predelnih sten dosežemo različne mehanske lastnosti. Glede na določen namen uporabe montažnega objekta izberemo primerno zgradbo stene z izbranimi najboljšimi mehansko-fizikalnimi lastnostmi.

Ugotovili smo, da ima najvišjo upogibno trdnost zgradba stene, zgrajena iz mavčno-kartonske in iverne plošče z usmerjenim iverjem (G+OSB). Sledi ji zgradba stene iz mavčno-vlaknene in iverno-cementne plošče (MV+CM), mavčno-kartonske in iverno-cementne plošče (G+CM) in zgradba stene iz dveh mavčno-vlaknenih plošč (MV). Najšibkejša zgradba stene je sestavljena iz mavčno-kartonske in mavčno-vlaknene plošče (G+MV).

Pri zgradbi stene sestavljeni iz G+OSB plošč prihaja do vidnih razlik upogibne trdnosti v smeri poteka vlaken spodnje nosilne OSB plošče. OSB plošče z vzporednim potekom vlaken imajo večjo upogibno trdnost, plošče s prečnim potekom vlaken pa manjšo.

Na podlagi dobljenih rezultatov raziskave ugotavljamo, da so ukloni pri zgradbah sten iz mavčnih (G in MV) in cementnih plošč (CM) manjši, v primerjavi z zgradbo iz OSB plošče z dolgimi lesenimi iveri.

Z večanjem prostorninske mase zgradb sten nad 1,0 do 1,3 g/cm³ pri zgradbah sten iz cementnih (CM) in mavčnih (G in MV) plošč upogibna trdnost in modul elastičnosti naraščata.

Ugotovili smo, da vrsta in debelina zgradbe močno vplivata na ceno predelne stene, zato je pomembna specifičnost uporabe zgradbe predelne stene za določen namen v montažnem objektu.

Glede na ugotovitve ima zgradba iz G+OSB plošče najvišjo upogibno trdnost, prenese najvišje sile, ima najnižjo ceno ter najnižjo prostorninsko maso, s katero je povezana masa objekta. Kljub najnižjemu modulu elastičnosti lahko trdimo, da je ta zgradba najprimernejša. Zgradba predelne stene iz dveh MV plošč ima najvišji modul elastičnosti, vendar so ostale lastnosti, kot so cena, upogibna trdnost, prostorninska masa in debelina plošč neugodne.

6 VIRI

Boršič B. 2003. Malo- in velikostenski sistemi gradnje lesenih hiš. *Hiše*, 15, 4: 72-74

Čermak M. 1996. *Furnirji in plošče*. Ljubljana, Lesarska založba: 204 str.

Čarman P. 2001. Proučevanje ponudb slovenskih proizvajalcev montažnih hiš. *Diplomska naloga*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 66 str.

Hajduković M., Bajde M. 2000. Požarna varnost v montažnih hišah. *Priloga revije Les, Montažne hiše v Sloveniji*, Marec 2000: 50-53

Horvatin J. 2000. Montažna hiša. *Priloga Naša žene*, 4:2-22

Kutnar A. 2003. Uporabnost OSB plošč pri lesnih konstrukcijah. *Lesarski utrip*, 9, 7-8: 28-29

Meglič I. 2000. Statistični in trdnostni izračun montažnih hiš. *Diplomska naloga*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 59 str.

Medved S., Jambrekič V. 2003. Particleboards and their incorporation in construction. V: *International conference Wood in construction industry, -current trends*, Zagreb April 11th 2003: Zagreb, Faculty of Forestry: 43-48

Medved S., Pirkmaier S. 2000. *Praktikum za preizkušanje lesnih tvoriv iz dezintegriranega lesa (študijsko gradivo)*. Ljubljana, BF, Oddelek za lesarstvo: 72 str.

Ramšak M. 2000. Zvočna izolirnost pregradnih konstrukcij v montažnih hišah. *Priloga revije Les, Montažne hiše v Sloveniji*, Marec 2000: 54-57

Srpčič J. 1999. Preiskava in kontrola kakovosti elementov montažnih objektov. *Priloga revije Les*, Marec 1999: 23-24

Srpčič J. 1999. Zagotavljanje kakovosti gradnje montažnih hiš. *Priloga revije Les*, Oktober 1999: 22-24

Knauf-inovativni partner pri gradnji montažnih hiš. 2001. *Priloga revije Les*, Marec 2001: 31-32

SIST EN 310. Wood-based panels – Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. 1993: 8 str.

SIST EN 322. Wood-based panels – Determination of moisture content. 1993: 6 str.

SIST EN 323. Wood-based panels – Determination of density. 1993: 7 str.

Jelovica: Konstrukcija. 2004. Škofja Loka

http://www.jelovica.si/hise/konstrukcija_slo.html (20. junij 2004)

Jaris: Konstrukcija, material. 2004. Ljubljana

<http://www.jaris.si/monthise/jmhmaterial1htm> (20. junij 2004)

Kager hiše. 2004. Ptuj

<http://www.krager-hisa.si/sloindex%20slo.htm> (20. junij 2004)

Lumar: Konstrukcijske značilnosti. 2004. Maribor

http://www.lumar.si/standard/standard_php'd_stran=6 (20. junij 2004)

Marle: Gradbeni material. 2004. Maribor

http://www.marles-hise.si/podjetje.php?id_stran=6 (20. junij 2004)

Riko: Konstrukcija. 2004. Ribnica

<http://www.riko-hise.si/riko-hise/slo/default.asp?=15&odlID=15> (20. junij 2004)

Rihter: Ponudba montažne hiše, tehnologija. 2004. Ljubno ob Savinji

<http://www.rhter.si/content.asp?menuID=1854&Menu.tehnologija> (20. junij 2004)

Knauf: Proizvodi. 2004. Ljubljana

<http://www.knauf.si> (20. junij 2004)

EUROSTRAND OSB RAW. Tehnical data. St.Johann in Tirol

<http://www.egger.com> (10. junij 2004)

Falco, Betonyp, 2000. Tehnične značilnosti iverno-cementnih plošč.

ZAHVALA

Mentorju doc. dr. Sergeju MEDVEDU se zahvaljujem za pomoč pri zasnovi in izdelavi diplomske naloge. Za recenzijo in dodatne nasvete v zvezi z nalogo se zahvaljujem prof. dr. Jožetu RESNIKU. Za pomoč se zahvaljujem tehničnemu sodelavcu na Katedri za žagarstvo in lesna tvoriva Janezu RENKU, ki mi je pomagal pri izdelavi preizkušancev.

Za materialno podporo se zahvaljujem podjetju Jelovica lesna industrija d.d. SPE HIŠE, ki je prispevalo preizkušance.

Iskrena hvala tudi vsem ostalim, ki so mi bili v oporo in so mi kakorkoli pomagali v času izdelave diplomske naloge.

Na koncu bi se zahvalil staršem in sestri, ki so mi bili v veliko podporo pri študiju.

PRILOGE

Priloga A

V prilogi A so prikazane posamezne in povprečne vrednosti debelin, maksimalnih sil, lomov, upogibnih trdnosti in modulov elastičnosti za zgradbe sten zgrajene iz mavčno-kartonske in iverno-cementne (G+CM) plošče, mavčno-kartonske in mavčno-vlaknene (G+MV) plošče, mavčno-kartonske in iverne plošče z usmerjenim iverjem (G+OSB plošče), dveh mavčno-vlaknenih (MV) plošč in mavčno-vlaknene in iverno-cementne (MV+CM) plošče.

Priloga A1: Upogibne trdnosti, moduli elastičnosti, debeline, maksimalne sile za zgradbe sten zgrajene iz mavčno-kartonske in iverno-cementne plošče

G+CM (zgradbe sten)

Št.preizkušanca.	ta	tb	t (mm)	Fmaks (N)	fm (N/mm ²)	Em (N/mm ²)
1	22.20	21.6	21.80	711.01	4.04	1622.60
2	21.94	21.69	21.81	788.33	4.47	1628.89
3	21.25	21.39	21.32	796.33	4.73	1672.90
4	22.22	21.10	21.71	715.45	4.10	1566.38
5	21.61	21.74	21.67	820.32	4.72	1723.75
6	21.18	21.48	21.33	796.33	4.73	1878.06
7	21.56	21.68	21.62	838.99	4.85	1751.68
8	21.26	21.56	21.41	745.67	4.39	1799.65
9	21.56	21.69	21.69	812.32	4.66	1724.23
10	21.27	21.94	21.60	774.11	4.48	1655.85
11	21.44	21.94	21.69	765.22	4.39	1560.02
12	21.01	21.27	21.13	754.55	4.56	1860.67
13	21.63	21.25	21.44	876.31	5.15	1623.52
		Min	21.13	711.01	4.04	1542.13
		Maks	21.81	876.31	5.15	1878.06
		Povprečje	21.56	783.12	4.55	1686.45
		Stan. odklon	0.201	45.593	0.289	107.651
		KV %	0.93	5.82	6.35	6.38

Legenda:

* ta	Debelina zgradbe sten na eni strani [mm]
* tb	Debelina zgradbe sten na drugi strani [mm]
* t	Debelina zgradbe sten [mm]
* Fmaks	Maksimalna sila loma [N]
* fm	Upogibna trdnost [N/mm ²]
* Em	Modul elastičnosti [N/mm ²]
* Min	Minimalna vrednost
* Maks	Maksimalna vrednost
* Povprečje	Aritmetična povprečna vrednost
* Stan. odklon	Standardni odklon
* KV	Koeficient variacije [%]

Zgradbe predelnih sten:

* G+CM	Mavčno-kartonske + iverno-cementne plošče
* G+MV	Mavčno-kartonske + mavčno-vlakenne plošče
* G+OSB	Mavčno-kartonske + iverne plošče z usmerjenim iverjem
* MV	Mavčno-vlakenne plošče [2×]
* MV+CM	Mavčno-vlakenne plošče + iverno-cementne plošče

Priloga A2: Upogibne trdnosti, moduli elastičnosti, debeline, maksimalne sile za zgradbe sten
 zgrajene iz mavčno-kartonske in mavčno-vlakenne plošče

G+MV (zgradbe sten)

Št.preizkušanca.	ta	tb	t (mm)	Fmaks (N)	fm (N/mm ²)	Em (N/mm ²)
1	21.89	21.86	21.86	578.60	3.27	1196.72
2	21.50	21.87	21.68	575.05	3.30	1365.84
3	21.21	21.92	21.56	590.16	3.43	1476.87
4	21.74	21.91	21.82	603.49	3.42	1417.99
5	21.95	22.18	22.06	567.05	3.15	1350.50
6	21.86	21.85	21.85	583.94	3.30	1442.51
7	21.77	21.79	21.78	583.94	3.32	1447.24
8	21.86	21.96	21.91	615.05	3.46	1365.53
9	21.66	22.00	21.83	602.60	3.41	1376.69
10	21.88	21.64	21.66	557.27	3.21	1267.10
11	21.73	21.76	21.75	609.71	3.48	1394.70
12	21.85	22.01	21.93	587.49	3.30	1398.93
13	21.66	22.00	21.83	593.71	3.36	1437.41
		Min	21.56	557.27	3.15	1196.72
		Maks	22.06	615.05	3.48	1476.87
		Povprečje	21.82	586.54	3.33	1379.87
		Stan. odklon	0.127	17.401	0.105	76.78
		KV %	0.58	2.97	3.16	5.56

Priloga A3: Upogibne trdnosti, moduli elastičnosti, debeline, maksimalne sile za zgradbe sten zgrajene iz mavčno-kartonske in OSB plošče

G+OSB (zgradbe sten)

Št.preizkušanca.	ta	tb	t (mm)	Fmaks (N)	fm (N/mm ²)	Em (N/mm ²)
1	21.85	21.83	21.84	1621.13	9.18	941.86
2	21.43	21.75	21.59	1497.59	8.67	964.16
3	21.38	21.47	21.42	1439.82	8.47	896.70
4	21.88	22.05	21.96	1732.23	9.70	980.92
5	22.33	22.25	22.29	1820.22	9.89	1040.05
6	21.09	21.4	21.24	1600.69	9.58	954.93
7	21.47	21.76	21.62	1395.39	8.06	902.80
8	21.57	21.79	21.68	1469.16	8.44	1210.54
9	22.14	22.01	22.21	1983.76	10.86	1313.02
10	21.46	21.98	21.67	1912.66	11.00	1416.84
11	21.56	21.47	21.51	2109.98	12.31	1403.32
12	21.88	21.95	21.75	2059.32	11.75	1627.76
13	21.31	21.72	21.50	1487.83	8.69	1264.48
		Min	21.24	1395.39	8.06	896.70
		Maks	22.29	2109.98	12.31	1627.76
		Povprečje	21.71	1702.29	9.74	1147.49
		Stan. odklon	0.300	250.699	1.361	239.574
		KV %	1.38	14.73	13.97	20.88

Priloga A4: Upogibne trdnosti, moduli elastičnosti, debeline, maksimalne sile za zgradbe sten zgrajene z dveh mavčno-vlaknenih plošč

MV (zgradbe sten)

Št.preizkušanca.	ta	tb	t (mm)	Fmaks (N)	fm (N/mm ²)	Em (N/mm ²)
1	29.08	29.70	29.39	1324.33	4.14	2064.50
2	29.00	29.02	29.01	1339.44	4.30	1885.10
3	29.32	29.11	29.21	1260.33	3.99	1716.82
4	29.08	29.24	29.13	1319.88	4.20	1749.25
5	29.00	29.06	29.03	1409.65	4.52	2075.69
6	29.14	29.20	29.08	1370.55	4.38	1984.10
7	29.01	29.01	29.01	1314.55	4.22	1813.18
8	29.06	28.98	29.02	1278.11	4.10	1823.47
9	29.10	28.97	29.03	1350.99	4.33	1958.46
10	29.01	28.99	29.00	1328.77	4.27	2063.93
11	29.14	29.08	29.11	1236.34	3.94	1652.27
12	28.97	28.01	28.99	1351.88	4.34	2006.11
13	29.10	29.02	29.06	1266.56	4.05	1897.29

-se nadaljuje

- nadaljevanje

Min	28.99	1236.34	3.94	1652.27
Maks	29.39	1409.65	4.52	2075.69
Povprečje	29.08	1319.34	4.21	1899.24
Stan. odklon	0.112	48.508	0.166	140.777
KV %	0.38	3.68	3.95	7.41

Priloga A5: Upogibne trdnosti, moduli elastičnosti, debeline, maksimalne sile za zgradbe sten zgrajene iz mavčno-vlakenene in iverno-cementne plošče

MV+CM (zgradbe sten)

Št.preizkušanca.	ta	tb	t (mm)	Fmaks (N)	fm (N/mm ²)	Em (N/mm ²)	
1	25.00	26.45	25.73	1198.08	4.89	1908.91	
2	24.78	25.04	24.91	1149.20	5.00	1814.51	
3	25.10	25.08	25.09	1181.19	5.07	1869.62	
4	24.80	24.50	24.65	1332.29	5.92	2204.98	
5	25.40	26.10	25.75	1249.63	5.09	1612.47	
6	24.90	25.00	24.95	1263.85	5.48	2065.98	
7	25.14	25.02	25.07	1217.63	5.23	1791.22	
8	25.04	25.01	25.02	1194.52	5.15	1823.97	
9	25.29	25.42	25.35	1281.63	5.38	2009.35	
10	25.26	25.32	25.29	1294.07	5.46	1876.50	
11	25.11	24.81	24.96	1254.96	5.44	2158.30	
12	25.24	25.06	25.15	1282.51	5.47	2111.03	
13	25.44	24.61	24.53	1308.29	5.87	2119.55	
			Min	24.53	1149.20	4.89	1612.47
			Maks	25.75	1332.29	5.92	2204.98
			Povprečje	25.11	1246.76	5.34	1951.26
			Stan. odklon	0.357	54.746	0.314	174.873
			KV %	1.42	4.39	5.87	8.96

Priloga A6: Povprečne vrednosti upogibnih trdnosti za vse zgradbe sten

fm (N/mm ²)					
Zgradbe sten	G+CM	G+MV	G+OSB	MV	MV+CM
Min	4.04	3.15	8.06	3.94	4.89
Maks	5.15	3.48	12.31	4.52	5.92
Povprečje	4.55	3.33	9.74	4.21	5.34
Stan. odklon	0.29	0.11	1.36	0.17	0.31
KV %	6.35	3.16	13.97	3.95	5.87

Priloga B

V spodnji Prilogi B1 so zbrani podatki povprečnih vrednosti modulov elastičnosti za vse zgradbe sten.

Priloga B1: Povprečne vrednosti modulov elastičnosti za vse zgradbe sten

Em (N/mm ²)					
Zgradbe sten	G+CM	G+MV	G+OSB	MV	MV+CM
Min	1542.13	1196.72	896.70	1652.27	1612.47
Maks	1878.06	1476.87	1627.76	2075.69	2204.98
Povprečje	1686.45	1379.87	1147.49	1899.24	1951.26
Stan. odklon	107.65	76.78	239.57	140.78	174.87
KV %	6.38	5.56	20.88	7.41	8.96

Priloga C

V Prilogi C6 so prikazane povprečne, minimalne ter maksimalne vrednosti debelin za vse zgradbe sten.

Priloga C1: Povprečne vrednosti debelin zgradb predelnih sten

t (mm)					
Zgradbe sten	G+CM	G+MV	G+OSB	MV	MV+CM
Min	21.13	21.56	21.24	28.99	24.53
Maks	21.81	22.06	22.29	29.39	25.75
Povprečje	21.56	21.82	21.71	29.08	25.11
Stan. odklon	0.20	0.13	0.30	0.11	0.36
KV %	0.93	0.58	1.38	0.38	1.42

Priloga D

V prilogi D so prikazane posamezne vrednosti debelin, širin, dolžin in prostorninske mase za zgradbe sten zgrajene iz mavčno-kartonske in iverno-cementne plošče, mavčno-kartonske in mavčno-vlaknene plošče, mavčno-kartonske in OSB plošče, dveh mavčno-vlaknenih plošč in mavčno-vlaknene in iverno-cementne plošče. Uporabili smo 30 preizkušancev za vsako zgradbo. Za vse parametre so podani minimumi in maksimumi, standardni odklon, povprečje in koeficient variacije.

Priloga D1: Posamezne in povprečne vrednosti prostorninske mase za zgradbe sten zgrajene iz mavčno-kartonske in iverno-cementne plošče

G+CM (zgradbe sten)

Številka preizkušanca	Masa m (g)	Širina b_1 (mm)	Dolžina b_2 (mm)	Debelina t (mm)	Prostorninska masa ρ (g/cm ³)
1	60.93	50.03	50.63	21.92	1.097
2	60.51	50.76	50.41	21.69	1.090
3	59.14	50.81	50.84	21.24	1.078
4	59.93	50.81	50.08	21.81	1.080
5	59.74	50.04	50.49	21.54	1.098
6	57.82	50.02	50.84	21.07	1.079
7	62.73	50.01	50.76	22.04	1.121
8	59.96	50.69	50.49	21.75	1.077
9	57.68	50.73	50.25	21.32	1.061
10	61.68	50.59	50.16	21.62	1.124
11	59.10	50.66	50.40	21.57	1.073
12	57.91	50.74	50.03	21.26	1.073
13	58.51	50.04	50.74	20.88	1.104
14	60.69	50.05	50.08	21.13	1.146
15	61.97	50.75	50.08	21.14	1.153
16	57.01	50.10	50.72	20.78	1.080
17	59.51	50.05	50.81	20.92	1.119
18	57.14	50.81	49.95	20.87	1.079
19	58.63	50.58	50.14	21.65	1.068
20	57.29	50.17	49.99	21.13	1.081
21	57.97	49.98	50.62	21.42	1.070
22	59.08	49.99	50.68	21.65	1.077
23	57.69	49.92	50.91	21.21	1.070
24	58.71	49.89	51.01	21.52	1.072
25	59.52	50.79	50.09	21.29	1.099
26	60.92	50.84	50.05	21.21	1.129
27	61.82	50.09	50.79	21.23	1.145
28	61.33	50.79	50.03	21.34	1.131
29	59.93	50.23	50.79	21.43	1.096
30	58.56	50.83	49.93	21.52	1.072
		Min	49.93	20.78	1.061
		Maks	51.01	22.04	1.153
		Povprečje	50.43	21.37	1.095
		Stan. odklon	0.350	0.318	0.027
		KV %	0.69	1.49	2.42

Priloga D2: Posamezne in povprečne vrednosti prostorninske mase za zgradbe sten zgrajene iz mavčno-kartonske in mavčno-vlakenne plošče

G+MV (zgradbe sten)

Številka preizkušanca	Masa m (g)	Širina b_1 (mm)	Dolžina b_2 (mm)	Debelina t (mm)	Prostorninska masa ρ (g/cm ³)
1	56.46	49.97	50.82	21.83	1.018
2	57.04	50.60	49.91	21.85	1.034
3	57.24	50.02	50.82	21.08	1.068
4	57.99	50.68	49.95	21.64	1.059
5	58.21	49.91	50.62	21.66	1.064
6	57.83	51.10	50.52	21.77	1.029
7	57.88	50.63	49.92	21.68	1.056
8	58.54	49.99	50.93	21.64	1.063
9	59.08	49.93	50.74	21.71	1.074
10	56.4	49.96	50.55	21.85	1.022
11	57.64	50.08	50.60	21.84	1.041
12	57.47	50.66	50.01	21.88	1.037
13	58.66	49.97	50.93	21.85	1.055
14	56.81	49.96	50.82	21.86	1.024
15	56.75	50.21	50.76	21.85	1.019
16	56.17	50.13	51.10	21.88	1.002
17	56.35	50.65	50.02	21.84	1.018
18	55.94	50.24	51.00	21.83	1.000
19	56.23	50.81	49.98	21.86	1.013
20	56.88	50.87	50.09	21.84	1.022
21	56.83	49.97	50.50	21.84	1.031
22	57.72	49.93	50.74	21.83	1.044
23	57.9	50.79	49.91	21.82	1.047
24	57.76	50.76	50.09	21.85	1.040
25	59.19	50.00	50.65	22.32	1.047
26	56.68	49.88	50.68	21.80	1.029
27	57.36	49.86	50.74	21.92	1.034
28	57.06	49.90	50.90	22.15	1.014
29	55.73	50.76	49.96	21.86	1.005
30	55.7	49.87	50.65	21.81	1.011
		Min	49.91	21.08	1.000
		Maks	51.10	22.32	1.074
		Povprečje	50.65	21.81	1.011
		Stan. odklon	0.394	0.191	0.020
		KV %	0.78	0.87	2.02

Priloga D3: Posamezne in povprečne vrednosti prostorninske mase za zgradbe sten zgrajene iz mavčno-kartonske in OSB plošče

G+OSB (zgradbe sten)

Številka preizkušanca	Masa m (g)	Širina b_1 (mm)	Dolžina b_2 (mm)	Debelina t (mm)	Prostorninska masa ρ (g/cm ³)
1	39.45	50.65	49.94	21.54	0.724
2	38.83	50.24	50.68	21.51	0.709
3	40.20	50.93	49.69	21.66	0.733
4	37.05	50.24	50.05	21.43	0.688
5	37.77	50.01	50.47	21.37	0.700
6	37.92	49.26	50.64	21.62	0.703
7	38.06	50.12	50.07	21.41	0.708
8	39.39	49.99	50.60	21.44	0.726
9	35.54	50.77	49.90	20.89	0.672
10	35.62	49.84	49.95	21.14	0.677
11	36.50	49.96	50.64	21.03	0.686
12	39.42	50.80	50.07	21.00	0.738
13	37.53	50.71	50.06	21.18	0.698
14	37.21	50.00	50.67	21.17	0.694
15	35.72	50.61	49.98	21.34	0.662
16	35.18	50.51	49.94	21.43	0.651
17	36.31	50.30	50.43	21.10	0.678
18	34.86	49.83	50.45	20.99	0.661
19	36.88	50.48	50.70	21.45	0.672
20	37.92	50.29	50.69	21.51	0.692
21	35.86	50.17	50.54	21.35	0.662
22	36.73	50.73	50.51	21.63	0.663
23	39.19	50.77	50.01	21.76	0.709
24	38.89	50.01	50.69	21.84	0.702
25	35.94	49.88	50.79	21.02	0.675
26	36.20	50.92	49.93	20.99	0.678
27	37.17	50.65	50.05	21.01	0.698
28	38.21	50.72	49.96	21.23	0.710
29	37.30	50.71	49.99	21.03	0.700
30	37.59	50.02	50.57	21.15	0.703
		Min	49.69	20.89	0.651
		Maks	50.79	21.84	0.738
		Povprečje	50.29	21.31	0.692
		Stan. odklon	0.336	0.260	0.023
		KV %	0.67	1.22	3.27

Priloga D4: Posamezne in povprečne vrednosti prostorninske mase za zgradbe sten zgrajene iz dveh mavčno-kartonskih plošč

MV (zgradbe sten)

Številka preizkušanca	Masa m (g)	Širina b_1 (mm)	Dolžina b_2 (mm)	Debelina t (mm)	Prostorninska masa ρ (g/cm ³)
1	89.78	50.44	49.99	30.03	0.706
2	92.65	50.78	50.27	30.42	0.715
3	91.88	50.82	50.09	30.10	0.710
4	90.25	50.65	50.55	30.20	0.696
5	91.09	50.97	49.97	30.02	0.702
6	90.24	50.55	50.64	30.12	0.697
7	92.62	50.50	50.77	30.04	0.715
8	91.15	50.71	50.04	30.05	0.708
9	91.59	50.01	50.69	30.06	0.722
10	90.06	50.28	49.87	30.01	0.714
11	88.89	49.86	49.96	30.06	0.716
12	89.69	49.91	49.89	29.96	0.722
13	89.73	50.22	49.60	30.16	0.717
14	89.56	49.73	49.75	30.24	0.728
15	89.78	50.22	49.72	30.21	0.716
16	90.52	50.79	50.26	29.79	0.698
17	91.32	51.31	50.49	30.18	0.687
18	90.93	50.16	50.59	30.12	0.714
19	90.31	50.85	50.39	30.14	0.693
20	90.13	50.09	50.39	30.13	0.713
21	91.27	50.55	50.21	30.09	0.711
22	91.35	49.99	51.13	30.14	0.715
23	90.02	50.61	50.10	30.12	0.702
24	89.72	50.03	50.75	30.23	0.706
25	89.61	51.21	50.16	30.34	0.681
26	90.31	50.11	51.35	30.32	0.700
27	90.11	50.63	49.90	30.31	0.704
28	89.21	50.63	50.12	30.28	0.694
29	88.45	50.32	50.37	30.39	0.693
30	89.01	50.20	50.15	30.52	0.704
		Min	49.60	29.79	0.681
		Maks	51.35	30.52	0.728
		Povprečje	50.27	30.16	0.707
		Stan. odklon	0.409	0.151	0.011
		KV %	0.81	0.50	1.56

Priloga D5: Posamezne in povprečne vrednosti prostorninske mase za zgradbe sten zgrajene iz mavčno-vlakenene in iverno-cementne plošče

MV +CM (zgradbe sten)

Številka preizkušanca	Masa m (g)	Širina b_1 (mm)	Dolžina b_2 (mm)	Debelina t (mm)	Prostorninska masa ρ (g/cm ³)
1	77.58	49.94	50.49	24.24	1.269
2	77.83	50.13	50.29	24.18	1.277
3	77.36	50.19	50.10	24.34	1.264
4	78.53	50.62	50.59	24.44	1.255
5	78.56	50.15	50.59	24.28	1.275
6	78.87	50.69	50.00	24.71	1.259
7	77.41	49.95	50.28	24.76	1.245
8	67.23	50.00	50.29	24.80	1.078
9	75.56	50.18	49.88	24.84	1.215
10	77.77	50.65	50.00	24.54	1.251
11	76.84	50.72	49.96	24.37	1.244
12	77.08	50.71	50.00	24.64	1.234
13	78.56	50.61	49.99	24.28	1.279
14	77.91	50.76	49.97	24.30	1.264
15	78.51	50.70	50.00	24.37	1.271
16	77.8	50.81	50.01	24.69	1.240
17	77.83	50.09	50.89	24.49	1.247
18	78.31	50.72	49.50	24.62	1.267
19	76.79	50.44	49.92	24.62	1.239
20	76.26	50.66	50.00	24.48	1.230
21	77.21	50.38	50.04	24.90	1.230
22	76.11	49.88	50.28	24.74	1.227
23	76.69	50.51	49.97	24.91	1.220
24	76.19	49.91	50.39	24.73	1.225
25	75.41	50.57	49.86	24.96	1.198
26	75.51	50.58	49.97	24.82	1.204
27	76.65	49.92	50.54	24.92	1.219
28	75.83	50.20	49.93	24.46	1.237
29	76.36	50.26	49.87	24.54	1.241
30	76.93	49.92	50.44	24.62	1.241
		Min	49.50	24.18	1.078
		Maks	50.89	24.96	1.279
		Povprečje	50.13	24.59	1.238
		Stan. odklon	0.292	0.227	0.037
		KV %	0.58	0.92	3.00

Priloga D6: Povprečne vrednosti prostorninskih mas za vse zgradbe sten

ρ (g/m ³)					
Zgradbe sten	G+CM	G+MV	G+OSB	MV	MV+CM
Min	1.061	1.000	0.651	0.681	1.078
Maks	1.153	1.074	0.738	0.728	1.279
Povprečje	1.095	1.011	0.692	0.707	1.238
Stan. odklon	0.027	0.020	0.023	0.011	0.037
KV %	2.42	2.02	3.27	1.56	3.00

Priloga E

V prilogi E so prikazane posamezne, povprečne, minimalne ter maksimalne vlažnosti zgradb predelnih sten zgrajene iz mavčno-kartonske in iverno-cementne plošče, mavčno-kartonske in mavčno-vlaknene plošče, mavčno-kartonske in OSB plošče, dveh mavčno-vlaknenih plošč in mavčno-vlaknene in iverno-cementne plošče. Uporabili smo 10 preizkušancev za vsako zgradbo. Podani so še standardni odklon in koeficient variacije.

Priloga E1: Vlažnost zgradb predelnih sten iz mavčno-kartonske in iverno-cementne plošče

G+CM (zgradbe sten)

Številka preizkušanca	Končna masa m_2 (g)	Začetna masa m_1 (g)	Vlažnost H (%)
1	51.86	57.69	11.24
2	51.49	57.29	11.26
3	52.66	58.51	11.11
4	52.46	57.68	9.95
5	53.74	59.93	11.52
6	53.25	59.96	12.60
7	55.03	61.68	12.08
8	52.36	57.82	10.43
9	53.63	59.10	10.20
10	51.74	57.91	11.93
		Min	9.95
		Maks	12.60
		Povprečje	11.23
		Stan. odklon	0.852
		KV %	7.59

Priloga E2: Vlažnost zgradb predelnih sten iz mavčno-kartonske in mavčno-vlakenene plošče

G+MV (zgradbe sten)

Številka preizkušanca	Končna masa m_2 (g)	Začetna masa m_1 (g)	Vlažnost H (%)
1	49.96	57.04	14.17
2	50.79	57.99	14.18
3	51.17	58.66	14.64
4	50.67	55.70	9.93
5	50.66	57.72	13.94
6	50.29	57.90	15.13
7	50.08	57.76	15.34
8	50.34	57.99	15.20
9	48.95	55.94	14.28
10	49.41	56.46	14.27
		Min	9.93
		Maks	15.34
		Povprečje	13.86
		Stan. odklon	1.903
		KV %	13.73

Priloga E3: Vlažnost zgradb predelnih sten iz mavčno-kartonske in OSB plošče

G+OSB (zgradbe sten)

Številka preizkušanca	Končna masa m_2 (g)	Začetna masa m_1 (g)	Vlažnost H (%)
1	34.27	37.92	10.65
2	33.67	37.30	10.78
3	32.61	36.20	11.01
4	33.98	37.59	10.62
5	35.10	38.39	9.37
6	35.10	37.92	8.03
7	34.50	38.21	10.75
8	33.61	37.17	10.59
9	32.39	35.94	10.96
10	31.10	36.73	18.10
		Min	8.03
		Maks	18.10
		Povprečje	11.09
		Stan. odklon	2.632
		KV %	23.74

Priloga E4: Vlažnost zgradb predelnih sten iz dveh mavčno-kartonskih plošč

MV (zgradbe sten)

Številka preizkušanca	Končna masa m_2 (g)	Začetna masa m_1 (g)	Vlažnost H (%)
1	78.96	90.02	14.01
2	78.8	89.68	13.81
3	79.85	90.64	13.51
4	79.63	90.56	13.73
5	78.91	90.13	14.22
6	78.72	90.06	14.41
7	81.42	91.15	11.95
8	79.00	89.78	13.65
9	80.27	91.35	13.80
10	79.22	89.78	13.33
		Min	11.95
		Maks	14.41
		Povprečje	13.64
		Stan. odklon	0.674
		KV %	4.94

Priloga E5: Vlažnost zgradb predelnih sten iz mavčno-vlaknene in iverno-cementne plošče

MV+CM (zgradbe sten)

Številka preizkušanca	Končna masa m_2 (g)	Začetna masa m_1 (g)	Vlažnost H (%)
1	70.39	78.56	11.61
2	69.15	77.21	11.66
3	67.96	76.23	12.17
4	68.65	76.26	11.09
5	69.51	77.83	11.97
6	67.61	76.26	12.79
7	68.99	76.69	11.16
8	69.34	77.21	11.35
9	69.58	77.91	11.97
10	69.99	78.51	12.17
		Min	11.09
		Maks	12.79
		Povprečje	11.79
		Stan. odklon	0.527
		KV %	4.47

Priloga E6: Povprečne vlažnosti petih zgradb predelnih sten

H (%)					
Zgradbe sten	G+CM	G+MV	G+OSB	MV	MV+CM
Min	9.95	9.93	8.03	11.95	11.09
Maks	12.60	15.34	18.10	14.41	12.79
Povprečje	11.23	13.86	11.09	13.64	11.79
Stan. odklon	0.852	1.903	2.632	0.674	0.527
KV %	7.59	13.73	23.74	4.94	4.47