

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Marko KOŠMRLJ

**KONSTRUKCIJSKI SKLOPI STEN LESENIH HIŠ
SLOVENSKIH PROIZVAJALCEV**

DIPLOMSKI PROJEKT

Univerzitetni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Marko KOŠMRLJ

**KONSTRUKCIJSKI SKLOPI STEN LESENIH HIŠ
SLOVENSKIH PROIZVAJALCEV**

DIPLOMSKI PROJEKT
Univerzitetni študij - 1. stopnja

**WALL CONTRUCTIONS BY SLOVENIAN TIMBER
BUILDING MANUFACTURERS**

B. SC. THESIS
Academic Study Programmes

Ljubljana, 2016

Diplomski projekt je zaključek Univerzitetnega študija Lesarstva – 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorico diplomskega dela imenoval doc. dr. Manjo Kitek Kuzman, za recenzenta pa prof. dr. Milana Šerneka.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Podpisni izjavljam, da je naloga rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Marko Košmrlj

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du1
DK	UDK 694:630*833.14
KG	lesena gradnja/pasivna gradnja/nizkoenergijska gradnja/plusenergijske hiše/znaki kakovosti/stenski sestavi
AV	KOŠMRLJ, Marko
SA	KUZMAN KITEK, Manja (mentorica)/ŠERNEK, Milan (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2016
IN	KONSTRUKCIJSKI SKLOPI STEN LESENIH HIŠ SLOVENSКИH PROIZVAJALCEV
TD	Diplomski projekt (Univerzitetni študij - 1. stopnja)
OP	VIII, 76 str., 21 pregl., 50 sl., 64 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Pri gradnji lesenih enostanovanjskih in večstanovanjskih objektov, poslovnih in stanovanjsko-poslovnih objektov, pri katerih običajno premoščamo le manjše razpetine, se najpogosteje uporabljajo naslednje vrste sistemov gradnje: masivna gradnja, skeletna gradnja in okvirna (panelna) gradnja. Vsak izmed slovenskih proizvajalcev lesenih montažnih hiš uporablja lasten sistem za izvedbo stenskih elementov. Cilj diplomskega projekta je bil primerjati izbrane konstrukcijske sklope sten različnih proizvajalcev in sistemov. Analizirana je bila njihova sestava (izolacija fasade, zunanja obloga, nosilna konstrukcija, parna ovira/obloga, izolacija na notranji strani, finalna obloga) in opredeljene njihove lastnosti: toplotna prehodnost, zvočna izolativnost, požarna odpornost, temperaturni zamik. Glede na to, da poznamo več konceptov energijsko varčne gradnje (nizkoenergijska, dobra nizkoenergijska, pasivna,) so primerjave konstrukcijskih sklopov sten tudi ustrezno rangirane.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Du1

DC UDC 694:630*833.14

CX timber building/passive housing/low energy housing/plusenergy
houses/quality signs/wall constructions

AU KOŠMRLJ, Marko

AA KUZMAN KITEK, Manja (supervisor)/ŠERNEK, Milan (co-advisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science
and Technology

PY 2016

TY WALL CONSTRUCTIONS BY SLOVENIAN TIMBER BUILDING
MANUFACTURERS

DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes)

NO VIII, 76 p., 21 tab., 50 fig., 64 ref.

LA sl

Al sl/en

AB In the construction of wooden single-family residential units and multi-storey
apartment buildings, office buildings, and mixed-use developments, where we
usually bridge only minor spans, the following types of construction systems
are most frequently used: solid timber constructions, timber frame and wood
panel. Each Slovenian manufacturer of wooden prefabricated houses uses
their own system for the execution of wall elements. The objective of the
thesis was to compare the selected wall construction assemblies of various
manufacturers and systems. We have analysed their composition (façade
insulation, exterior cladding, load-bearing construction, vapour barrier,
internal insulation, final cladding) and defined their characteristics: thermal
conductivity, soundproofing, fire resistance, temperature shift. Taking into
consideration several known energy-efficient construction concepts (low-
energy, good low-energy, passive), the comparisons of construction
assemblies have also been appropriately ranked.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	II
KEY WORDS DOCUMENTATION	III
KAZALO VSEBINE	IV
KAZALO PREGLEDNIC	VI
KAZALO SLIK	VII
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	2
1.2 CILJ RAZISKAVE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 MASIVNA KONSTRUKCIJA	3
2.1.1 Tradicionalna masivna lesena konstrukcija	3
2.1.2 Sodobna masivna lesena konstrukcija	4
2.2 SKELETNA KONSTRUKCIJA	5
2.3 OKVIRNA (PANELNA) KONSTRUKCIJA	5
2.4 PREDSTAVITEV IZBRANIH SLOVENSКИH PODJETIJ IN NJIHOVE PONUDBE	6
3 ENERGIJSKO UČINKOVITA LESENA GRADNJA	11
3.1 NIZKOENERGIJSKA HIŠA	11
3.2 PASIVNA HIŠA	11
3.2.1 Toplotna bilanca pasivne hiše	13
3.3 PLUSENERGIJSKA HIŠA	14
3.3.1 Aktivna hiša	14
4 ZNAKI KAKOVOSTI	16
5 GRADBENA FIZIKA	19
5.1 TOPLOTNA PREHODNOST	19
5.2 ZVOČNA ZAŠČITA STAVB	21
5.3 POŽARNA ODPORNOST	21
5.4 TEMPERATURNI ZAMIK	22
6 PREDSTAVITEV MATERIALOV VGRAJENIH V IZBRANE KONSTRUKCIJSKE SKLOPE	23
6.1 LEPLJEN LAMELIRAN LES	23
6.2 KRIŽNO LEPLJENE PLOŠČE	24
6.3 LESENI I-NOSILCI	25
6.4 PLOŠČA Z USMERJENIM IVERJEM ALI OSB PLOŠČA	25
6.5 LESNO VLAKNENA PLOŠČA	26
6.6 CEMENTNO IVERNA PLOŠČA	27
6.7 MAVČNO KARTONSKA PLOŠČA	28
6.8 MAVČNO VLAKNENA PLOŠČA	29
6.9 PARNE OVIRE IN ZAPORE	30
6.10 EKSPANDIRAN POLISTIREN (EPS, STIROPOR®)	30
6.11 CELULOZNA TOPLOTNA IZOLACIJA	32
6.12 KAMENA VOLNA	33

6.13	STEKLENA VOLNA	34
6.14	PLUTA	34
7	REZULTATI	36
7.1	PREGLED KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV STEN SLOVENSkih PROIZVAJALCEV LESENIH HIŠ	36
7.2	NIZKOENERGIJSKI KONSTRUKCIJSKI SKLOPI	36
7.3	DOBRI NIZKOENERGIJSKI KONSTRUKCIJSKI SKLOPI	49
7.4	PASIVNI KONSTRUKCIJSKI SKLOPI	53
7.5	REZULTATI KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV STEN	59
7.6	NIZKOENERGIJSKI KONSTRUKCIJSKI SKLOPI	60
7.7	DOBRI NIZKOENERGIJSKI KONSTRUKCIJSKI SKLOPI	63
7.8	PASIVNI KONSTRUKCIJSKI SKLOPI	65
8	PRIMERJALNA ANALIZA SESTAVE STENE IN PONUDBE	68
8.1	TOPLOTNA PREHODNOST IN DEBELINA ZUNANJE STENE	68
9	RAZPRAVA IN SKLEPI	69
9.1	SKLEPI	70
10	VIRI	71

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Delitev energijsko učinkovite gradnje po pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb	11
Preglednica 2:	Največje dovoljene toplotne prehodnosti homogenih gradbenih konstrukcij $U_{\max}$ kakor so opredeljene v različnih slovenskih pravilnikih o učinkoviti rabi energije v stavbah.....	19
Preglednica 3:	Pomen oznak fizikalnih lastnosti materialov	23
Preglednica 4:	Lastnosti lepljenega lameliranega lesa.....	23
Preglednica 5:	Lastnosti križno lepljenih plošč	24
Preglednica 6:	Lastnosti lepljenih I-nosilcev	25
Preglednica 7:	Lastnosti plošče z usmerjenim iverjem oz. OSB plošče	26
Preglednica 8:	Lastnosti lesno vlaknene plošče	27
Preglednica 9:	Lastnosti cementno iverne plošče	27
Preglednica 10:	Klasifikacija reakcije na ogenj po standardu EN 13501-1	27
Preglednica 11:	Lastnosti mavčno kartonske plošče.....	28
Preglednica 12:	Lastnosti mavčno vlaknene plošče.....	29
Preglednica 13:	Lastnosti ekspandiranega polistirena	31
Preglednica 14:	Lastnosti ekspandiranega polistirena z dodatki.....	32
Preglednica 15:	Lastnosti celulozne toplotne izolacije	33
Preglednica 16:	Lastnosti kamene volne	33
Preglednica 17:	Lastnosti steklene volne	34
Preglednica 18:	Lastnosti plute	35
Preglednica 19:	Nizkoenergijski konstrukcijski sklopi.....	36
Preglednica 20:	Dobri nizkoenergijski konstrukcijski sklopi	49
Preglednica 21:	Pasivni konstrukcijski sklopi.....	53

KAZALO SLIK

Slika 1:	Odgovori na vprašanje ankete: Predstavljajte si, da bi danes gradili nizkoenergijsko hišo. Za kakšno gradnjo bi se odločili? (n=406)	3
Slika 2:	Razvoj izvedbe masivne lesene konstrukcije	4
Slika 3:	a): Primer križnega spoja lesenih klad oz. brun/ b): Dvojna stena z vmesno izolacijo	4
Slika 4:	Križno lepljena plošča	4
Slika 5:	Skeletna konstrukcija.....	5
Slika 6:	a): Okvirna (panelna) konstrukcija, b) in c): Izdelava panelov na prekucnih mizah	6
Slika 7:	Prikaz horizontalne nosilnosti stenskega elementa z mavčno vlakneno ploščo in OSB obložno ploščo	6
Slika 8:	Prikaz tipičnih stenskih konstrukcij.....	13
Slika 9:	Fotografija toplotne kamere, na posnetku je primerjava izgub toplote pasivnega ovoja stavbe (na sliki desno) in klasičnega ovoja (na sliki levo)	13
Slika 10:	a): Aktivna hiša proizvajalca Lumar IG d.o.o., b): Koncept delovanja aktivne hiše	15
Slika 11:	Znaki kakovosti	16
Slika 12:	Znak CE	16
Slika 13:	Znak kakovosti RAL	17
Slika 14:	Znak certifikata Minergie za hiše	17
Slika 15:	Znak certifikata za pasivne hiše.....	17
Slika 16:	Znak kakovosti v graditeljstvu	18
Slika 17:	Znak certifikata FSC.....	18
Slika 18:	ÜA znak	18
Slika 19:	Stroški v življenjskem ciklusu (LCC) kontaktno izolacijske fasade v šestdesetletni življenjski dobi v odvisnosti od debeline toplotne izolacije.....	20
Slika 20:	Faktor oblike stavbe f_0 različno oblikovanih enostanovanjskih stavb (levo) in večstanovanjskih stavb sestavljenih iz enakih enot z merami 10x20x5 m (desno); stavbe z manjšim faktorjem oblike stavbe imajo manjše toplotne izgube skozi ovoj stavbe	20
Slika 21:	Primerjava nosilnosti lesene in jeklene konstrukcije v primeru požara.....	21
Slika 22:	Primerjava lesene in jeklene konstrukcije po požaru. Lesena je ohranila svojo nosilnost, medtem ko je pri jekleni konstrukciji zaradi vročine prišlo do porušitve.....	22
Slika 23:	Primer faznega zamika: Črna črta označuje temperaturo na zunanji strani, roza predstavlja oddajanje toplote pri izolaciji iz mineralne volne, ter modra pri izolaciji iz celuloznih vlaken (z dodatki).....	22
Slika 24:	Lepljen lameliran les	24
Slika 25:	Križno lepljena plošča	24

Slika 26:	a): I-nosilec narejen iz masivnega lesa in OSB plošče b): Prehod toplote skozi lesen I-nosilec in posnetek s termalno kamero	25
Slika 27:	Plošča z usmerjenim iverjem ali OSB plošča	26
Slika 28:	a): Vlaknena plošča MDF b): Izolacija iz lesnih vlaken.....	27
Slika 29:	Cementno iverna plošča.....	28
Slika 30:	Mavčno kartonska plošča	28
Slika 31:	Primerjava zvočne izolativnosti v različnih primerih postavitve	29
Slika 32:	Mavčno vlaknena plošča	30
Slika 33:	Polietilenska folija »Airstop VAP«	30
Slika 34:	a): Ekspandiran polistiren v obliki plošč b): Polistiren v obliki kroglic.....	31
Slika 35:	Plošča iz ekspandiranega polistirena z dodatki za boljšo toplotno izolativnost – Neopor®	32
Slika 36:	Celulozna toplotna izolacija.....	33
Slika 37:	Kamena volna	34
Slika 38:	Steklena volna.....	34
Slika 39:	Izolacijske plošče iz plute.....	35
Slika 40:	Primerjava lastnosti toplotne prehodnosti nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopov – rdeča črta označuje povprečje. Vrednosti pod rdečo črto predstavljajo boljše konstrukcijske sklope.....	61
Slika 41:	Primerjava zvočno izolacijskih lastnosti nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopov. Vrednosti nad rdečo črto predstavljajo boljše konstrukcijske sklope.....	61
Slika 42:	Primerjava požarnih lastnosti nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopov.....	62
Slika 43:	Primerjava temperaturnega zamika nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopov. Vrednosti nad rdečo črto predstavljajo boljše konstrukcijske sklope.....	62
Slika 44:	Primerjava lastnosti toplotne prehodnosti dobrih nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopov. Vrednosti pod rdečo črto predstavljajo boljše konstrukcijske sklope.....	63
Slika 45:	Primerjava zvočno izolacijskih lastnosti dobrih nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopov. Vrednosti nad rdečo črto predstavljajo boljše konstrukcijske sklope.....	64
Slika 46:	Primerjava požarnih lastnosti dobrih nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopov.....	64
Slika 47:	Primerjava lastnosti toplotne prehodnosti pasivnih konstrukcijskih sklopov. Vrednosti pod rdečo črto predstavljajo boljše konstrukcijske sklope.....	65
Slika 48:	Primerjava zvočno izolacijskih lastnosti pasivnih konstrukcijskih sklopov. Vrednosti nad rdečo črto predstavljajo boljše konstrukcijske sklope.....	66
Slika 49:	Primerjava požarnih lastnosti pasivnih konstrukcijskih sklopov	66
Slika 50:	Primerjava temperaturnega zamika pasivnih konstrukcijskih sklopov. Vrednosti nad rdečo črto predstavljajo boljše konstrukcijske sklope.	67

1 UVOD

Les je široko dostopen in edini obnovljivi gradbeni material z odličnimi izolacijskimi in mehanskimi lastnostmi, zaradi česar je bila gradnja lesenih objektov na slovenskem že od nekdaj močno razširjena.

Danes so sodobne lesene nizkoenergijske in pasivne hiše interdisciplinarno načrtovani objekti, v katerih so združena arhitekturna in gradbena znanja ter tehnološki razvoj. V Sloveniji so prisotna številna podjetja, ki imajo dovolj znanja in izkušenj, ki so jih pridobila pri konstruiranju in certificiranju lesenih hiš, kar dokazujejo številni novozgrajeni leseni objekti doma in v tujini. Čedalje več ljudi se zaveda pozitivnih vplivov lesene gradnje; eno izmed ključnih je zdravo bivalno okolje, ki vpliva na način življenja in zdravje uporabnika. Pri zasnovi sistema gradnje moramo upoštevati vse parametre ugodja, ki jih v svojem bivalnem okolju potrebuje človek. Tehnološke

rešitve moramo prilagoditi doseganju idealne temperature prostora, tako dejanske kot občutene, primerne vlažnosti in kvalitete zraka v prostoru. Bivalno okolje moramo ustvarjati z izbranimi materiali, za katere je znano, da ne škodujejo človekovemu zdravju, hkrati pa povečujejo občutek udobja bivanja.

Prednosti lesa so zagotovo njegova široka dostopnost, vsestranska uporabnost, ima odlično razmerje med maso in mehanskimi lastnostmi, njegova predelava pa ima zelo majhen vpliv na okolje. Les je tudi naravni akumulator atmosferskega ogljika. Strokovnjaki ocenjujejo, da se z vsakim kubičnim metrom lesa, porabljenega namesto drugega gradbenega materiala, v povprečju zmanjša količina emisij CO₂ v ozračje za 0,8 tone. Lesena hiša v svoji življenjski dobi hrani 10 do 25 ton ogljika, če dodamo še leseno opremo, pa od 12 do 30 ton ogljika, oz. okoli 60 ton CO₂ (Kitek Kuzman, 2012).

Pomen obnovljivih naravnih virov in posledično tudi lesa je predvsem v zadnjih letih zaradi dognanja znanosti doživel pravo revolucijo. Ljudje smo namreč vse od industrijske revolucije v 18. stoletju brezskrbno onesnaževali planet in brez vednosti o škodljivem vplivu na okolje (ali pa tudi ob zatiskanju oči pred očitnim problemom) brezmejno uporabljali fosilna goriva. Stranski produkt onesnaževanja so toplogredni plini, zaradi katerih smo ljudje povzročili uničevanje atmosferskih plasti. Ogljikov dioksid (CO₂), ki nastaja pri izgorevanju fosilnih goriv, povzroča segrevanje ozračja. V zadnjih desetletjih se je povprečna temperatura na Zemlji povečala za okoli 1 °C. Ob tako velikem obremenjevanju okolja se bo povprečna temperatura ozračja do leta 2100 povišala še za najmanj 4 °C, kar bo povzročilo taljenje ledu na severnem in južnem polu in s tem dvig morske gladine. Ob tem dogodku so napovedane močnejše vremenske spremembe. Poletja bodo bolj vroča, zime bolj mrzle, neurja bolj divja in naravne katastrofe obširnejše.

Trenutno obstaja mnogo različnih tehnologij koriščenja naravnih virov energije, ki dolgoročno zmanjšujejo odvisnost ljudi od okolju neprijaznih energentov. Električno energijo je mogoče dobiti iz tako imenovanih »zelenih virov«, kot so vetrne elektrarne, elektrarne, ki izkoriščajo plimovanje, solarne elektrarne in ostale. Vsi ti načini pridobivanja energije imajo visok potencial za ugoden oz. minimalen vpliv na okolje, vendar so na področju proizvodnje tovrstnih virov še potrebne raziskave. Ti viri so trenutno dražji, vendar vsekakor cenejši, kot bo odpravljanje posledic. »Zeleni viri« sedaj še ne morejo nadomeščati energije pridobljene iz fosilnih goriv, zato je svetovno prebivalstvo pred dilemo, kako zadovoljiti čedalje večje potrebe po energiji, hkrati pa zmanjšati izpust toplogrednih plinov in drugih škodljivih snovi v okolje.

Če smo še pred leti skrbeli za okolje le z ločevanjem odpadkov, je sedaj čas, da naredimo korak naprej in začnemo za okolje skrbeti na učinkovitejši način – z energetske varčno gradnjo. Energetsko varčen objekt mora biti skrbno načrtovan in brez možnosti za večje toplotne izgube.

Prav zato so poleg nizkoenergijskih objektov v visokem porastu pasivni objekti, v prihodnosti pa se lahko pričakuje tudi razcvet gradnje plusenergijskih hiš. S takimi in podobnimi ukrepi bi lahko lesna panoga v povezavi z drugimi prispevala velik delež k razbremenitvi in ohranitvi okolja.

Leta 2014 je bil sprejet Energetski zakon (Energetski zakon 2014. Uradni list RS, št. 17/2014), katerega namen je povečanje energetske učinkovitosti in varčevanja z energijo ter večja raba energije iz obnovljivih virov. Med drugim določa načela energetske politike, ter načela in ukrepe za doseganje zanesljive oskrbe z energijo. Med cilji zakona so med drugimi zapisani tudi večja proizvodnja in raba obnovljivih virov energije, učinkovita raba energije in energetska učinkovitost. Država s tem zakonom spodbuja dejavnosti za povečanje energetske učinkovitosti. V delu, kjer se zakon dotika energetske učinkovitosti stavb je zapisano, da morajo biti vse nove stavbe skoraj nič-energijske.

Vlada Republike Slovenije (v nadaljevanju RS) je v skladu s 331. členom Energetskega zakona (EZ-1) in v skladu z 9. členom Direktive 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta o energetske učinkovitosti stavb sprejela Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe za obdobje do leta 2020. S tem načrtom želi vlada RS doseči, da bodo do 31.12. 2020 vse nove stavbe skoraj nič-energijske in da bodo do 31.12. 2018 skoraj nič-energijske vse nove stavbe, ki jih javni organi uporabljajo kot lastniki.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Na slovenskem tržišču je iz leta v leto več proizvajalcev lesenih hiš in vsak uporablja svoj lasten sistem izvedbe. Mnogi so si med seboj zelo podobni, ob podrobnejši analizi pa ugotovimo, da lahko še tako majhna sprememba sestave sklopa zelo vpliva na lastnost konstrukcijskega sklopa.

Namen raziskave je pregled in primerjava sklopov sten izbranih proizvajalcev lesenih hiš. Temeljitega sistematičnega pregleda do sedaj še ni bilo narejenega.

Z raziskavo smo želeli ugotoviti, kateri materiali in katere kombinacije vgrajenih materialov izboljšajo lastnosti konstrukcijskih sklopov.

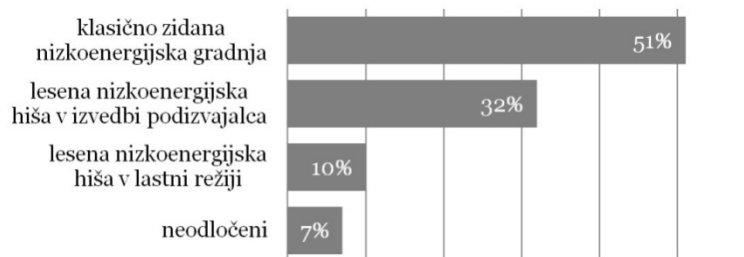
V Sloveniji je prisotnih mnogo proizvajalcev lesenih hiš, vendar bodo v raziskavi zajeti le slovenski.

1.2 CILJ RAZISKAVE

Vsak od proizvajalcev uporablja lasten sistem za izvedbo stenskih elementov in nudi več različnih izvedb. Izdelan je pregled izbranih konstrukcijskih sklopov sten za okvirni (panelni) sistem, skeletni in masivni sistem. Izdelane so primerjave sestavov konstrukcijskih sklopov (fasada, izolacija fasade, zunanja obloga, nosilna konstrukcija, parna ovira/obloga, izolacija na notranji strani, finalna obloga) in opredeljene lastnosti: toplotna prehodnost, zvočna izolativnost, požarna odpornost, temperaturni zamik. Glede na to, da poznamo več konceptov energijsko varčne gradnje (nizkoenergijska, dobra nizkoenergijska, pasivna,) so primerjave konstrukcijskih sklopov tudi ustrezno rangirane.

2 PREGLED OBJAV

V zadnjih osmih letih se je v Sloveniji delež lesene gradnje v stanovanjski gradnji povečal za okoli 30 %, kar predstavlja več kot deset odstotkov vseh novozgrajenih eno- in dvodružinskih hiš. K temu so veliko prispevale tudi nepovratne finančne spodbude Eko sklada. Po podatkih javnomnenjske raziskave »Ocena tržnega potenciala lesenih izdelkov in lesene gradnje« (2011), bi se dobra polovica (51 %) anketiranih odločila za klasičen način gradnje, 32 % bi se jih odločilo za leseno montažno gradnjo uveljavljenih proizvajalcev lesenih nizkoenergijskih hiš, 10 % pa v lastni režiji - tesarska izvedba (slika 1).



Slika 1: Odgovori na vprašanje ankete: Predstavljajte si, da bi danes gradili nizkoenergijsko hišo. Za kakšno gradnjo bi se odločili? (n=406) (Kitek Kuzman, 2012)

Danes ocenjujemo, da število lesenih zgrajenih objektov enodružinskih hiš še narašča. To potrjujejo tudi podatki proizvajalcev lesenih montažnih hiš, ki so v letu 2015 zgradili za okoli 10 % več lesenih montažnih objektov kot v letu 2012. Na področju gradnje javnih objektov so tudi opazni premiki; v zadnjih dveh letih je bilo zgrajenih več turističnih, industrijskih, ter vzgojno-izobraževalnih objektov. Predstavljeni so v monografiji Les v sodobni slovenski arhitekturi, 2. del avtorice Manje Kitek Kuzman (2015).

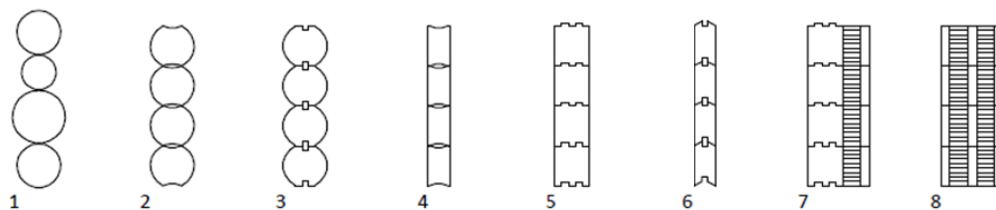
Sklepamo lahko, da bo zanimanje za leseno montažno gradnjo v prihodnosti še večje.

2.1 MASIVNA KONSTRUKCIJA

2.1.1 Tradicionalna masivna lesena konstrukcija

Kremsmünsterska listina iz leta 777, ki omenja sestavljanje lesenih hiš je za zgodovino slovenske kladne gradnje izrednega pomena, saj je listina dokaz, da ima lesena gradnja na slovenskih tleh že več stoletno tradicijo. Tedaj je bila v uporabi predvsem masivna konstrukcija, natančneje kladna oz. brunasta konstrukcija (slika 2 1-vodoravno zložena bruna postavljena eno na drugega). Ta tip konstrukcije se je ohranil vse do danes, saj je njena prednost v križnem sestavljanju brun z zarezi, ob čemer pride do visoke stabilnosti konstrukcije zaradi blokiranja z lastno težo (slika 3 a), zaradi česar ne potrebujemo dodatnih vezi za dober spoj.

Klasično konstrukcijo z enojno steno vse pogosteje nadomešča njena nadgrajena oblika – konstrukcija z dvojno steno. Njena prednost je v tem, da lahko v prostor med stenama namestimo izolacijo, ki znatno izboljša izolacijske lastnosti brunaric in obenem še vedno daje izgled klasične lesene brunarice (slika 3 b).



1 - vodoravno zložena bruna, postavljena eno na drugega, 2 - obtesana bruna enakega prereza postavljena na ležiščno površino, 3 - bruna z ležiščno površino povezana s peresom in utorom, 4 - lesena stena z odvzetim materialom na stiku, 5 - lesena stena z dvojnimi rogli, 6 - lesena stena s sedlasto ležiščno površino na pero in utor, 6 - lesena stena s toplotno izolacijo, posamezni sloji bodo izdelani na gradbišču v delovnih fazah, 7 - prefabricirani elementi

Slika 2: Razvoj izvedbe masivne lesene konstrukcije (Kitek Kuzman, 2012)



Slika 3: a): Primer križnega spoja lesenih klad oz. brun (Talg, 2014) / b): Dvojna stena z vmesno izolacijo (Seinit, 2014)

2.1.2 Sodobna masivna lesena konstrukcija

Danes poznamo tudi druge vrste masivnih konstrukcij. V največji meri gre za konstrukcije iz ploskovnih elementov, ki so med seboj lepljeni, mozničeni ali žebljani. Take plošče so lahko bodisi polne ali pa imajo votle prostore, ki jih lahko zapolnimo z izolacijo. Prednost gradnje s ploščami oz. kompoziti je ta, da lahko z njihovo pomočjo dosežemo visoko stopnjo prefabrikacije objekta že v proizvodni hali, imajo visoko mehansko trdnost, so dimenzijsko stabilnejše kot ostale konstrukcije, omogočajo gradnjo z manj dimenzijskimi omejitvami, iz njih pa lahko izdelamo vse elemente - stenske, stropne in strešne.

Masivna oblika gradnje je lahko izvedena tudi še z drugimi elementi. Npr. masivni leseni zidaki, križno lepljenimi ploščami (Cross Laminated Timber (CLT) (slika 4) in različne »sendvič plošče«, ki se uporabljajo predvsem za protihrupno zaščito kot stenski in stropni elementi.



Slika 4: Križno lepljena plošča (Stora Enso, 2015)

2.2 SKELETNA KONSTRUKCIJA

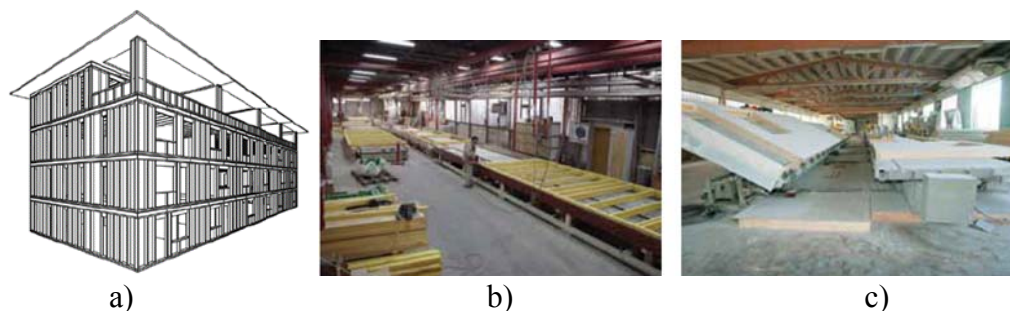
Skeletna konstrukcija (slika 5) je sestavljena iz stebrov in nosilcev, katere imenujemo primarni nosilni elementi. Nad ali med nosilno konstrukcijo pa se polagajo še sekundarni nosilni elementi (npr. strop). Omogoča visoko stopnjo prefabrikacije, saj se lahko vse stropne in stenske elemente izdelava že v tovarni, le montaža je nekoliko dolgotrajnejša, predvsem zaradi mnogih spojev. Nosilni element niso več stene, temveč skelet, kar nam omogoča tudi naknadno spremembo tlorisa hiše. Stebri in nosilci so izdelani večinoma iz žaganega masivnega lesa, vse več pa se uporablja lepljen lameliran les in konstrukcijski kompoziti (LVL, LSL, PSL), kar omogoča konstrukciji večjo dimenzijsko stabilnost. Zaradi višje cene se konstrukcijski kompoziti redkeje uporabljajo v gradnji enodružinskih hiš.



Slika 5: Skeletna konstrukcija (Damahaus, 2015)

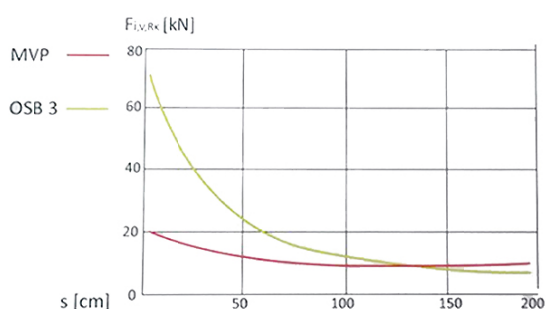
2.3 OKVIRNA (PANELNA) KONSTRUKCIJA

Okvirna oz. panelna konstrukcija (slika 6 a) se je razvila na podlagi stebrne nosilne konstrukcije in danes pri nas in v svetu predstavlja prevladujoč sistem gradnje eno- in dvoetažnih lesenih hiš. Razvoj panelnih sistemov gradnje je v Sloveniji od leta 1980 dalje potekal od malostenskega k velikostenskemu sistemu, od osnovnih mer k modularni gradnji in od izvedbe na gradbišču do prefabrikacije v tovarni (Kitek-Kuzman, 2012). Nosilnost pri tem tipu konstrukcije zagotavljajo osrednji del sestavljen iz linijskih elementov in obojestransko pritrjena obloga iz tanjših elementov. Linijski elementi so običajno postavljeni v pravokotnem rastru, praviloma pa so narejeni iz masivnega lesa, redkeje iz konstrukcijskega kompozitnega lesa. Za oblogo se lahko uporabljajo različne plošče, kot npr. mavčno kartonska, mavčno vlaknena, iverna, cementno-iverna, plošče iz lesnih vlaken, vezane plošče ter plošče z usmerjenim iverjem (OSB). Prostor med ploščami je zapolnjen s toplotno izolacijo - mineralno, stekleno ali kameno volno, v novejšem času tudi celulozo, volno, kokosom, konopljo, bombažem, tekstilom ali lesnimi vlakni.



Slika 6: a): Okvirna (panelna) konstrukcija, b) in c): Izdelava panelov na prekucnih mizah (Marles hiše Maribor 2015)

Za nosilnost stenskega elementa v vodoravni smeri je zelo pomembna izbira obložnega materiala in razmik veznih sredstev (Kitek-Kuzman, 2012). Z izbiro pravega OSB obložnega materiala ter s postavitvijo pokončnih linijskih elementov na razmike, manjše od 50 cm, zagotovimo bistveno večjo horizontalno nosilnost stenskega elementa, s tem pa dobimo tudi večji prevzem povečanih obremenitev v primeru večje višine objekta. Mavčno vlaknena plošča se pri višjih objektih (tri- ali večetažnih) ne izkaže kot dobra izbira materiala, saj lahko pride v natezni diagonali do tvorbe razpok, kar bistveno zmanjša vodoravno togost stenskega elementa in stabilnost objekta (slika 7).



Slika 7: Prikaz horizontalne nosilnosti stenskega elementa z mavčno vlakneno ploščo in OSB obložno ploščo (Premrov, 2011)

2.4 PREDSTAVITEV IZBRANIH SLOVENSKIH PODJETIJ IN NJIHOVE PONUDBE

Pregledanih je bilo 25 proizvajalcev lesenih montažnih objektov, ki delujejo na območju Slovenije. Izbor podjetij je bil izdelan na podlagi natančnega pregleda spletnih strani slovenskih proizvajalcev. Izbor vsebuje skupino 18 proizvajalcev, od tega šest večjih podjetij, ki so člani Sekcije slovenski proizvajalci montažnih hiš, preostali pa so bodisi člani Obrtne zbornice – Sekcije lesnih strok – Odbor tesarjev ali pa so samostojni podjetniki. Med končno selekcijo podjetij so prišla le slovenska podjetja, ki so imela na spletnih straneh zadostno količino podatkov.

V nadaljevanju bodo na kratko predstavljena izbrana podjetja.

1 - Marles hiše Maribor d.o.o.

Podjetje Marles hiše Maribor d.o.o. je najstarejši in največji slovenski proizvajalec montažnih objektov. Lesene montažne hiše podjetja Marles so izdelane z okvirno oziroma s panelno konstrukcijo, med katero je nameščen izolacijski material. Odvisno od tipa konstrukcijskega sklopa je lahko izolacijski material bodisi steklena volna, Neopor, celulozna ali lesena vlakna, največkrat izolacijske materiale med seboj kombinirajo.

Podjetje ima v ponudbi nizkoenergijske, dobre nizkoenergijske ter pasivne konstrukcijske sklope.

Poleg programa lesenih hiš podjetje vodi tudi program stavbnega pohištva, katerega vgrajuje v svoje konstrukcije. Marles hiše Maribor d.o.o. je član sekcije »slovenski proizvajalci lesenih montažnih stavb«.

Spletni naslov: <http://www.marles.com/si>

2 - Jelovica hiše d.o.o.

Podjetje Jelovica hiše d.o.o. je eden najstarejših proizvajalcev lesenih montažnih objektov, velja pa tudi za vodilnega slovenskega proizvajalca lesenih montažnih stavb, oken in vrat. Sodi med evropske pionirje na področju energetske varčne gradnje. Nosilna konstrukcija je panelna konstrukcija, med katero so lahko vgrajeni različni izolacijski materiali; kamena volna, stiropor, Neopor ali lesna vlakna.

Podjetje ima v ponudbi nizkoenergijske, dobre nizkoenergijske ter pasivne konstrukcijske sklope.

Jelovica hiše d.o.o. je članica sekcije »slovenski proizvajalci lesenih montažnih stavb«.

Spletni naslov: <http://jelovica.si/>

3 - Lumar IG d.o.o.

Podjetje Lumar IG d.o.o. obstaja že od leta 1992 in je eden od vodilnih slovenskih proizvajalcev nizkoenergijskih in pasivnih montažnih objektov. Je ponudnik panelne konstrukcije. Podjetje ima v ponudbi nizkoenergijske, dobre nizkoenergijske ter pasivne konstrukcijske sklope. Lumar IG d.o.o. je prvi na trgu predstavil aktivno hišo.

Lumar IG d.o.o. je član sekcije »slovenski proizvajalci lesenih montažnih stavb«.

Spletni naslov: <http://www.lumar.si/>

4 - Rihter d.o.o.

Podjetje Rihter d.o.o. se ukvarja z gradnjo nizkoenergijskih in pasivnih montažnih objektov, ter nadgradnjo obstoječih objektov in ostrešij. Rihter d.o.o. uporablja panelno nosilno konstrukcijo, v katero so vgrajeni kamena volna, stiropor, lesna vlakna ali celuloza.

Podjetje Rihter d.o.o. je član sekcije »slovenski proizvajalci lesenih montažnih stavb«.

Spletni naslov: <http://www.rihter.si/>

5 - Riko hiše d.o.o.

Podjetje Riko hiše d.o.o. je usmerjeno v visokokakovostno ekološko gradnjo lesenih montažnih objektov. Nosilna konstrukcija je v masivni izvedbi po lastnem patentu (nosilne stene so pravzaprav lepljen lameliran les večjih dimenzij), na katero je pritrjena izolacija iz lesenih ali celuloznih vlaken. V pasivni izvedbi nekaterih konstrukcijskih sklopov je masivna lesena stena nadomeščena z lesenimi I – nosilci, ali pa je sklop izvede z obema – masivno leseno steno in lesenimi I – nosilci.

V svoji ponudbi imajo nizkoenergijske in pasivne konstrukcijske sklope.

Riko hiše d.o.o. je član sekcije »slovenski proizvajalci lesenih montažnih stavb«.

Spletni naslov: <http://www.riko-hise.si/si/>

6 - Kager hiša d.o.o.

Kager hiša d.o.o. je slovensko družinsko podjetje, ki se ukvarja z gradnjo lesenih montažnih stavb s stebrno nosilno konstrukcijo, med katero je vstavljena izolacija iz lesnih vlaken, stiropora ali kamene volne.

Podjetje ima ustanovljene podružnice že po šestih državah v Evropi in je tudi član sekcije »slovenski proizvajalci lesenih montažnih stavb«.

Spletni naslov: <http://www.kager.si/>

7 - Lesoteka hiše d.o.o.

Podjetje Lesoteka hiše d.o.o. je nastalo na temeljih podjetja Smreka in obdržalo tradicijo sistema gradnje lesenih hiš z brunami. Poleg masivne konstrukcije iz lesenih brun uporabljajo kot nosilno konstrukcijo še križno lepljene plošče. Kot izolacijski material podjetje uporablja kameno volno in lesna vlakna, v svoji ponudbi pa imajo nizkoenergijske in pasivne hiše.

Spletni naslov: <http://www.lesoteka-hise.si/>

8 - CBD d.o.o.

Podjetje CBD d.o.o. (Contemporary building design) se ukvarja s projektiranjem in konstruiranjem gradbenih konstrukcij in je specializiran za vse lesene konstrukcije na potresnih območjih.

Sodelujejo z vsemi večjimi slovenskimi proizvajalci lesenih montažnih hiš.

Spletni naslov: <http://www.cbd.si/>

9 - Promles d.o.o.

Promles d.o.o. je mlado podjetje, ki proizvaja nizkoenergijske in pasivne montažne objekte in je tudi zastopnik za tuja podjetja s področja lesene gradnje.

Spletni naslov: <http://www.promles-hise.si/>

10 - Pergola d.o.o.

Pergola d.o.o. je proizvajalec nizkoenergijskih montažnih stanovanjskih hiš, s stransko dejavnostjo izdelave ostrešij, slikopleskarskih del, krovsko kleparskimi deli, sanacijo in rekonstrukcijo podstrešij, ter izdelavo projektne dokumentacije.

Spletni naslov: <http://www.pergola.si/>

11 - Javušnik d.o.o.

Družinsko podjetje Javušnik d.o.o. obstaja od leta 1993, čeprav korenine podjetja v preteklost segajo še mnogo dlje. Podjetje se poleg proizvodnje lesenih montažnih hiš ukvarja še s primarno predelavo lesa in s storitvami povezanimi z lesno dejavnostjo.

Spletni naslov: <http://www.javusnik.si/>

12 - Montas d.o.o.

Ljubljanski proizvajalec lesenih montažnih hiš Montas proizvaja nizkoenergijske montažne objekte.

Spletni naslov: <http://www.montazne-hise-montas.si/>

13 - GLIN Nazarje d.o.o.

Podjetje GLIN Nazarje d.o.o. ima med zajetimi podjetji najdaljšo tradicijo predelave lesa. Primarna dejavnost podjetja je bila proizvodnja stavbnega pohištva, z leseno gradnjo pa so se pričeli ukvarjati šele v letu 2013.

Spletni naslov: <http://www.glin.si/montazne-hise>

14 - Neopan d.o.o.

Proizvajalec lesenih montažnih hiš iz Gornje Radgone že 25 let izdeluje in gradi nizkoenergijske lesene montažne hiše.

Spletni naslov: <http://www.neopan.si>

15 - Žiher d.o.o.

Družinsko podjetje Žiher d.o.o. se že od leta 1983 ukvarja z gradnjo lesenih montažnih hiš. So proizvajalec nizkoenergijskih in montažnih konstrukcijskih sistemov.

Spletni naslov: <http://www.ziher.si/ziher-hise.aspx>

16 - Jaris d.o.o.

Podjetje Jaris d.o.o. je bilo ustanovljeno leta 2000. V svoji ponudbi imajo nizkoenergijske in pasivne konstrukcijske sklope s skeletno nosilno konstrukcijo. Pri gradnji hiš sodelujejo tudi z ostalimi slovenskimi podjetji.

Spletni naslov: <http://www.jaris.si/>

17 - CI produkt d.o.o.

Glavna dejavnost podjetja CI produkt d.o.o. je lesena gradnja stanovanjskih in nestanovanjskih objektov, ter energetska prenova objektov z naravnimi in ekološkimi materiali. Poleg tega se podjetje ukvarja še z masivno gradnjo, inženiringom, strešnimi konstrukcijami ter gradnjo počitniških hiš.

Spletni naslov: <http://www.ciprodukt.si/>

18 - Ekoart Miha Bogataj s.p.

Podjetje Ekoart Miha Bogataj s.p. je bilo ustanovljeno leta 1992 in se ukvarja s proizvodnjo nizkoenergijskih lesenih objektov. Njihove konstrukcije so zasnovane z velikim poudarkom na vgradnji ekoloških materialov. So edino slovensko podjetje, ki ima v svoji ponudbi sistem masivne gradnje brez uporabe lepil. Ekorat namreč uporablja križnomozničen sistem (IQ wood) izdelave masivnih stenskih, stropnih ali strešnih elementov.

Spletni naslov: <http://www.ekoart.si/>

3 ENERGIJSKO UČINKOVITA LESENA GRADNJA

Danes poznamo več konceptov energijsko varčne gradnje: nizkoenergijska, pasivna, energijsko samozadostna in plusenergijska hiša. Preglednica 1 predstavlja delitev energijsko učinkovite gradnje po pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb.

Preglednica 1: Delitev energijsko učinkovite gradnje po pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb (Žegarac Leskovar in Premrov, 2010)

Delitev skladno s pravilnikom razred	Letna potreba po toploti za ogrevanje (kWh/m ² a)	V praksi uporabljena delitev
A1	≤ 10	1 litrska hiša
A2	10-15	Pasivna hiša
B1	15-25	Dobra nizkoenergijska hiša
B2	25-35	Nizkoenergijska hiša

V Sloveniji je bil leta 2010 sprejet Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Ur.l. RS, št. 52/2010) (PURES). PURES sodi med gradbeno zakonodajo in skladno z zakonom o graditvi objektov pokriva vse tri faze graditve: projektiranje, gradnjo in vzdrževanje stavb. Uporablja se pri gradnji novih stavb in rekonstrukciji stavbe oziroma njenega posameznega dela, kjer se posega v več kot 25 odstotkov površine toplotnega ovoja, če je to tehnično izvedljivo. V takem primeru je treba uporabljati določila pravilnika v celoti. Sanacija v skladu s Pravilnikom o energetski učinkovitosti stavb pomeni, da postanejo energetske sanirane stavbe energetske učinkovite in da morajo uporabljati 25 odstotkov obnovljivih virov energije.

3.1 NIZKOENERGIJSKA HIŠA

Nizkoenergijska hiša je objekt, ki za letno ogrevanje na kvadratni meter površine porabi od 25 do 35 kWh. Za doseganje nizkih energijskih števil sta potrebna dobro izoliran in zrakotesen ovoj zgradbe ter zasteklitev s toplotnoizolacijskim steklom. Nizkoenergijske hiše je potrebno konvencionalno ogrevati. Svež zrak se v stavbo dovaja prisilno – po notranjem razdelilnem sistemu, izrabljen zrak se iz zgradbe odsesava brez izrabljanja njegove toplote. Zrakotesnost nizkoenergijske hiše je $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$.

3.2 PASIVNA HIŠA

Ime pasivna hiša ne izhaja iz pasivne izrabe sončne energije, temveč iz dejstva, da zgradba ne potrebuje več aktivnega ogrevalnega sistema. Pasivna hiša ni nova tehnologija gradnje, temveč dosledno izpeljana nizkoenergijska zgradba (Zbašnik-Senegačnik, 2007).

Pasivna hiša je energijsko varčna zgradba, pri kateri je visok bivalni standard zagotovljen brez običajnih ogrevalnih sistemov ali klimatskih naprav. Letna poraba energije za ogrevanje in ohlajevanje ne sme presegati 15 kWh/m^2 . Potrebna toplota za ogrevanje se

dovaja v prostore prek prezračevalne naprave, ki zagotavlja sočasno tudi vračanje toplote izrabljenega zraka. Konstrukcija mora biti izvedena brez toplotnih mostov. Skupna poraba primarne energije je lahko največ $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Za boljšo predstavo, kako varčna je pravzaprav pasivna hiša, $15 \text{ kWh}/\text{m}^2$ predstavlja energijo približno 1,5 l kurilnega olja oz. 1,6 l zemeljskega plina oz. 2,4 l utekočinjenega naftnega plina, kar je kar 80 % manj porabe energije, kot pri stavbah, grajenih po trenutnih veljavnih predpisih.

Značilne specifične vrednosti za pasivne hiše: (Feist, 2002)

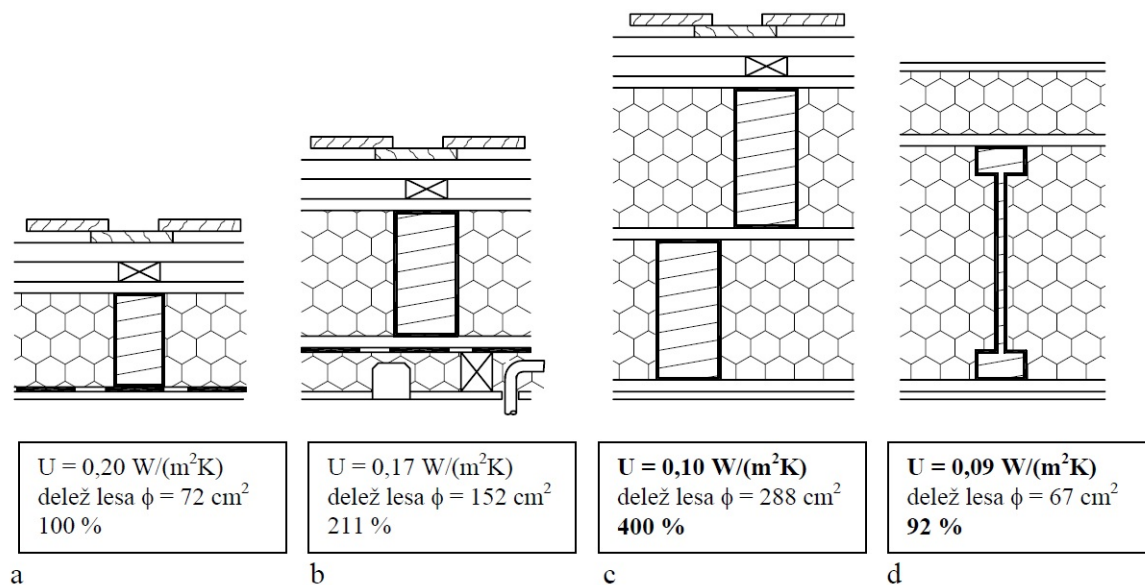
- letna potrebna toplota za ogrevanje $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- skupna letna poraba primarne energije $\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- letna poraba električne energije $\leq 18 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- toplotne izgube $\leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$
- zrakotesnost $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$ (pri tlačni razliki 50 Pa se sme odvesti oz. dovesti največ 0,6 celotnega volumna zraka v hiši v eni uri)

Konstrukcija stene pasivne hiše je lahko masivna, torej iz zidakov ali betona, lahko pa je lahka, največkrat lesena. Pasivna hiša z leseno konstrukcijo ima to prednost, da je večina izolacije nameščene med nosilno konstrukcijo. S tem se občutno zmanjša debelina stene v primerjavi s pasivnimi hišami v masivni izvedbi. Četudi velja les kot dober naravni izolator, pa vseeno pri lesenih montažnih hišah konstrukcija predstavlja toplotne mostove (toplotni mostovi so mesta na ovojju stavbe, kjer prihaja do bistveno povečanega prehoda toplote skozi ovoj kot posledica zmanjšanega toplotnega upora). Temu problemu se je mogoče elegantno izogniti s pravilno vgradnjo lesa oz. z vgradnjo I-nosilcev (slika 8, prikaz c in d). Najučinkovitejša konstrukcija za gradnjo pasivnih lesenih montažnih hiš je zagotovo z lesenimi I-nosilci, saj je ob približno enakih mehanskih lastnostih delež lesa približno štirikrat manjši kot pri izvedbi zamaknjenih stebrov.

Slovenski proizvajalci lesenih montažnih hiš se kljub temu večinoma poslužujejo metode zamaknjenih pokončnikov (slika 8 c).

Kljub temu, da lahko za gradnjo izberemo le najboljše komponente primerne za pasivno hišo, pa to še ni dovolj, da bi zgradba postala pasivna. Za doseganje standarda pasivne hiše je potreben integralni načrt, kjer so posamezne komponente smiselno povezane. (Zbašnik-Senegačnik, 2007). Izgradnja pasivne hiše zahteva sodelovanje med strokovnjaki; arhitektom, strokovnjakom gradbene fizike, (lesarstva), ter strojnih in elektroinštalacij. Za vse sodelujoče mora biti izvedeno dodatno izobraževanje, saj brez novega znanja ni mogoče strokovno načrtovati pasivne hiše, prav tako pa ni možna njena pravilna izvedba.

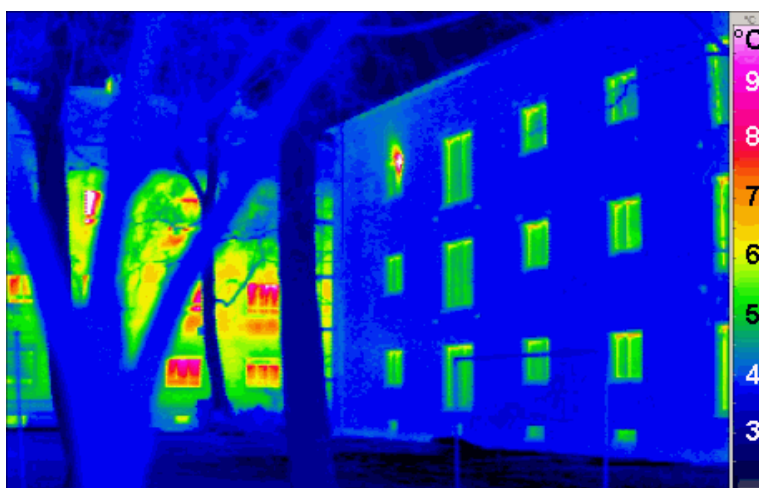
Pasivna hiša je pravzaprav izboljšava nizkoenergijske hiše, kar pomeni tudi, da ima boljše izolacijske lastnosti. S tem se poleg prihranka na energiji in izboljšanja kakovosti bivanja izboljša tudi lastnost stene tako, da se zmanjša možnost za nastanek rose na notranjih površinah.



Slika 8: Prikaz tipičnih stenskih konstrukcij (Zbašnik-Senegačnik, 2007)

3.2.1 Toplotna bilanca pasivne hiše

Osnovna zahteva pri projektiranju pasivne hiše je vedno zmanjšati toplotne izgube (slika 9) in optimizirati solarne dobitke - pasivna hiša mora dobro izkoriščati sončno energijo. Velikega pomena je pravilna orientacija hiše in razporeditev bivalnih prostorov, s pravilnim razmerjem steklenih in stenskih površin, saj lahko po eni strani skozi steklene površine solarno energijo dobivamo, hitro pa jo tudi izgublamo. Večina steklenih površin mora biti obrnjena proti jugu, zato, da je dobiček toplote skozi okna pozimi čim večji, vendar morajo biti steklene površine kakovostno izvedene. V nasprotnem primeru so tudi toplotni dobitki brez pomena.



Slika 9: Fotografija toplotne kamere, na posnetku je primerjava izgub toplote pasivnega ovoja stavbe (na sliki desno) in klasičnega ovoja (na sliki levo) (Feist, 2003)

Toploto v pasivni hiši izgublamo na dva načina – s transmisijo (prehod toplote skozi ovoj stavbe) in s prezračevanjem. Do transmissijskih izgub prihaja po celotnem ovoju stavbe, zato je zelo pomembno, da je razmerje med zunanji površinami in volumnom objekta čim manjše. Razmerje med površino ovoja in volumnom objekta imenujemo faktor oblike, najmanjši pa je pri enostavnih oblikah – okroglih pravokotnih, osemkotnih in elipsastih objektih. Največji problem izgube toplote so toplotni mostovi, zaradi katerih prihaja do večjih izgub toplote, hladnejših temperatur v zimskih mesecih in kondenzacije vodne pare, s čimer pride do pojava plesni in razvoja gliv. To lahko resno škoduje zdravju in gradbenim elementom. Predvsem lesu, saj je ob takih pogojih dovzeten za okužbo s hišnimi gobami.

Dobitki toplote niso povezani zgolj z izkoriščanjem sončne energije – pri gradnji pasivne hiše je potrebno upoštevati, koliko ljudi bo stalno bivalo v hiši, saj vsak človek oddaja toploto. Tudi oddaja toplote raznih gospodinjskih aparatov je odvisna od števila uporabnikov. Dogrevanje je pri pasivnih hišah potrebno le 30-50 dni na leto, odvisno od števila sončnih dni.

PHPP – program za izračun energetske bilance objekta

PHPP (Passive house planning package) je pomembno orodje za načrtovanje in optimizacijo pasivnih in nizkoenergijskih hiš. Vključuje vse, kar je pomembno pri načrtovanju pravilno delujoče pasivne hiše. PHPP izračun zajema izračun energijske bilance, načrtuje okna, prezračevalne sisteme, določa moči ogrevanja oziroma hlajenja, načrtuje ogrevanje in oskrbo s toplo vodo, načrtuje porabo primarne energije in napoveduje emisije CO₂. S programom PHPP je narejena natančna analiza toplotnih izgub, potrebne energije za ogrevanje, morebitno pregrevanje in ostale parametre glede na arhitekturo, konstrukcijski sistem in orientacijo hiše. Na osnovi PHPP je vsaka hiša optimirana in tako zagotovljen izbor pravih materialov in najboljša cena.

3.3 PLUSENERGIJSKA HIŠA

Plusenergijska hiša je zgradba, ki ustreza energijsko samozadostni hiši, pridobivanje električne energije v sončnih celicah pa je tako obširno, da je dosežen presežek. To se doseže z aktivno izrabo sončne energije in izkoriščanjem vseh možnih energijskih prihrankov. Višek energije se odda v javno električno omrežje (Zbašnik Senegačnik 2007). Hiša postane plusenergijska šele potem, ko je celostno opremljena z napravami, ki omogočajo zbiranje in rekuperacijo sončne energije. Vsa pridobljena energija se uporablja za pripravo tople vode, ogrevanje prostorov, zračenje in razsvetljava.

Zelo pomembna je pravilna umestitev objekta v okolje, saj mora dobro izkoristiti toplotne dobitke spomladi, jeseni in pozimi, poleti pa mora imeti možnost naravnega senčenja. Pri gradnji se uporablja čim več naravnih materialov.

3.3.1 Aktivna hiša

Koncept aktivne hiše je zasnovan tako, da ni pomembna le potreba po toploti za ogrevanje ampak tudi energijska potreba za delovanje aktivne hiše in vseh naprav v hiši (slika 10 b). Je stavba, ki ima pasivni ovoj, prijetno bivalno okolje, izkorišča obnovljive vire energije in ima za svoje delovanje vgrajene pametne inštalacije. V skladu z okoljevarstvenim konceptom stavbe je pri hiši navadno tudi električni avtomobil, katerega polnimo z

energijo pridobljeno z izkoriščanjem naravnih virov energije. Aktivna hiša skoraj ni več odvisna od fosilnih goriv.

Podjetje Lumar IG je prvi tovrsten objekt predstavilo leta 2013 (slika 10 a).



Slika 10: a): Aktivna hiša proizvajalca Lumar IG d.o.o., b): Koncept delovanja aktivne hiše (Lumar IG, 2015)

4 ZNAKI KAKOVOSTI

Znaki kakovosti omogočajo podjetju, da lahko svoje proizvode ponuja na različnih trgih, kupcem pa zagotavljajo kakovost in varnost.

Od leta 1998 dalje v Sloveniji deluje sekcija »slovenski proizvajalci lesenih montažnih stavb« (SPLMS), katere člani so najvidnejši slovenski proizvajalci lesenih montažnih stavb. To so Jelovica hiše d.o.o., Riko Hiše d.o.o., Lumar IG d.o.o., Marles hiše Maribor d.o.o., Rihter d.o.o. ter Kager Hiša d.o.o.. Člani sekcije nudijo različne tipe gradenj, vsem pa je značilna vrhunska kakovost izvedbe in energetska varčnost. Med slovenskimi ponudniki lesenih hiš prevladujejo predvsem trije tipi konstrukcije – masivna, okvirna in skeletna konstrukcija, od katerih največ slovenskih proizvajalcev uporablja okvirni tip konstrukcije.

Podjetje lahko postane član SPLMS, če izpolnjuje ostre kriterije kakovosti, ki jih dokazuje z različnimi certifikati, ki jih podeljujejo priznane neodvisne institucije. Znaki kakovosti (slika 11) ščitijo kupce pred slabo kakovostjo.

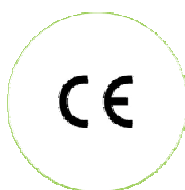


Slika 11: Znaki kakovosti (SPLMS, 2015)

V nadaljevanju so predstavljeni najpogostejši znaki kakovosti.

CE znak

Znak CE (slika 12) na izdelku ali njegovi embalaži potrjuje, da izdelek, ki je proizveden v evropski ali drugi državi, izpolnjuje zahteve Evropske Unije glede varnosti za uporabo, zdravstvene ustreznosti in varstva okolja ter ostalih zahtev, ki jih zahtevajo standardi oziroma evropska tehnična soglasja.



Slika 12: Znak CE (<http://ec.europa.eu>, 2015)

Znak kakovosti RAL

Znak kakovosti RAL (slika 13) je znak nemškega združenja proizvajalcev montažnih hiš, ki temelji na standardu DIN 1052. Je znak kakovosti za proizvodnjo stenskih, stropnih in strešnih elementov.



Slika 13: Znak kakovosti RAL (RAL, 2015)

Certifikat Minergie za hiše

Minergie je švicarski nadstandardni certifikat za gradnjo visoko učinkovitih nizkoenergijskih objektov (slika 14). Švicarski gradbeni standard zahteva, da se poleg porabe energije za ogrevanje bivalnih prostorov, upošteva tudi poraba energije za pripravo sanitarne vode in električni pogon prezračevalnega sistema.



Slika 14: Znak certifikata Minergie za hiše (Minergie, 2015)

Certifikat za pasivne hiše

Passivhaus Institut (PHI) iz Darmstadt-a v Nemčiji, ki je tudi uradna institucija za certificiranje na področju pasivnih hiš, opredeljuje standarde za pasivno gradnjo in nadzor nad izvedbo gradnje. S pridobljenim certifikatom (slika 15) podjetja izkazujejo odlično energijsko kakovost svojih objektov. Kriteriji, ki jih inštitut določa, so definirani v skladu s standardi, ki veljajo v EU. Certifikat dokazuje, da hiša, izračunana po programu PHPP, z vgrajenimi komponentami (okna, vrata, gradbeni sistemi, prezračevalne naprave) in ob upoštevanju ostalih kriterijev pasivne gradnje, resnično ustreza rezultatom, ki jih je podjetje predvidelo z izračunom že v fazi načrtovanja. Celotna poraba energije mora znašati od 10 do 15 kWh/m² na leto.



Slika 15: Znak certifikata za pasivne hiše (Passivhaus Institut, 2015)

Znak kakovosti v graditeljstvu

Znak kakovosti v graditeljstvu (slika 16) označuje izdelke in storitve, ki izpolnjujejo visoke, strokovno pripravljene in mednarodno primerljive zahteve glede kakovosti. Je neobvezen certifikacijski znak in blagovno storitvena znamka. Naročnikom in potrošnikom

pomaga pri odločitvi za investicijo ali naročilo. Prijaviteljem v postopku ocenjevanja pa omogoči primerjavo s konkurenco.



Slika 16: Znak kakovosti v graditeljstvu (ZRMK, 2015)

Certifikat FSC

FSC (Forest Stewardship Council oziroma Svet za nadzor gozdov) je certifikat, katerega namen je podpiranje vzornega, trajnostnega gospodarjenja z gozdovi na svetovni ravni. Brez certifikata FSC (slika 17) ni mogoče izvažati surovin in izdelkov na zahtevna tuja tržišča.



Slika 17: Znak certifikata FSC (FSC, 2015)

Avstrijsko tehnično soglasje - Üa znak

Znak ÜA (slika 18) je avstrijski znak kakovosti, ki potrjuje, da konstrukcijski sistemi ustrezajo avstrijskim predpisom in zahtevam na področju montažne gradnje.



Slika 18: ÜA znak (ÜA, 2015)

5 GRADBENA FIZIKA

Znano je, da preživimo okoli 90 % časa v zaprtih prostorih, zato je zelo pomembno, da so stavbe izvedene čim bolj kakovostno. Objekt mora biti v prvi vrsti statično dovršen. Kljubovati mora vremenskim vplivom in tektonskim premikom. Poleg tega mora biti dobro toplotno in zvočno izoliran, temperatura v prostorih pa ne sme pretirano nihati. Od izvedbe izgradnje je odvisno naše počutje, produktivnost, najbolj pomembna pa sta zagotovitev varnosti in zdravega bivalnega prostora.

V nadaljevanju bodo predstavljene najpomembnejše lastnosti stenskih sestavov.

5.1 TOPLOTNA PREHODNOST

Toplotna prevodnost materiala λ (W/mK) nam pove, koliko toplote preide v eni sekundi skozi 1 m² snovi z debelino 1 m pri temperaturni razliki 1 K. V preglednici 2 so zabeležene največje dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti gradbenih konstrukcij.

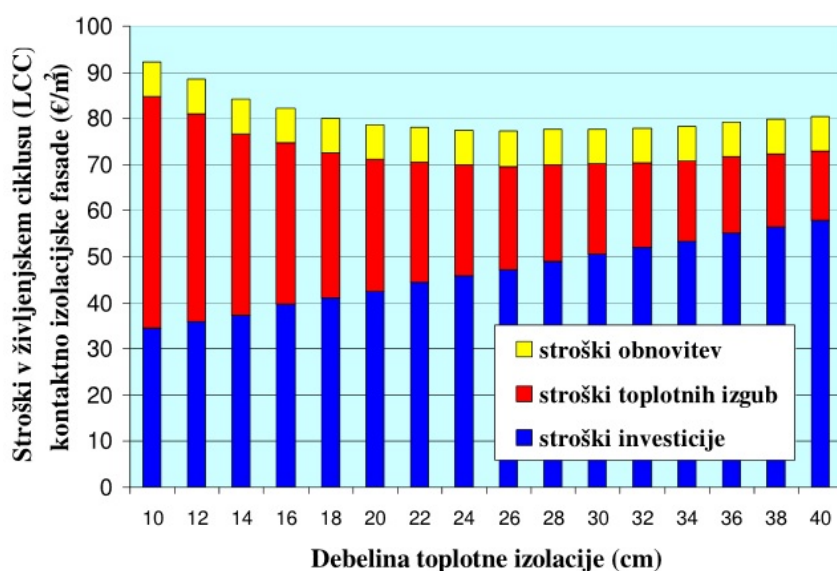
Preglednica 2: Največje dovoljene toplotne prehodnosti homogenih gradbenih konstrukcij $U_{\max}$ kakor so opredeljene v različnih slovenskih pravilnikih o učinkoviti rabi energije v stavbah (Medved, 2010)

Največja dovoljena toplotna prehodnost gradbenih konstrukcij $U_{\max}$ (W/m ² K)			
	2002	2008	2010
Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom	0,6	0,28	0,28
Strop proti neogrevanemu podstrešju	0,35	0,2	0,2
Stene med ogrevanimi prostori	1,6	0,9	0,9
Stropna konstrukcija med ogrevanimi stanovanji	1,35	1,35	0,9
Poševne in ravne strehe	0,25	0,2	0,2

Toplotna prehodnost konstrukcije U [W/m²K] je odvisna od več različnih dejavnikov; od zunanjih temperatur in vlažnosti zraka, smeri in jakosti vetra, kratkovalovnega sevanja na površino gradbene konstrukcije ter dolgovalovnega sevanja, ki ga zunanja površina gradbene konstrukcije izmenjuje z okoljem. Od notranjih dejavnikov prav tako vpliva na lastnost toplotne prehodnosti temperatura, vlažnost in hitrost gibanja zraka, ter dolgovalovno sevanje med gradbenimi konstrukcijami in toplotnimi viri v prostoru. Seveda pa je toplotna prehodnost konstrukcije odvisna tudi od vgrajenih elementov v konstrukcijskem sklopu. Zaporedje vgradnje materialov ne vpliva na samo toplotno prehodnost, vpliva pa na toplotno akumulativnost in torej na odziv stavbe na temperaturne razlike. Zato mora biti izolacijski material praviloma na zunanji strani stavbe, seveda če je zaradi gradbenih omejitev taka izvedba mogoča.

Pomembno je, da ima vgrajeni izolacijski material čim nižjo toplotno prehodnost. Namreč, nižja kot je toplotna prehodnost materiala, boljše so njegove izolacijske lastnosti, vendar le z vgradnjo zadostne količine izolacije dosežemo dober izolacijski ovoj stavbe. Smiselno je presoditi, kolikšna debelina izolacije v konstrukcijskem sklopu je s stroškovnega vidika še smotrna. Vitirano (2010) je ugotovil, da je ob trenutnih cenah energije za ogrevanje

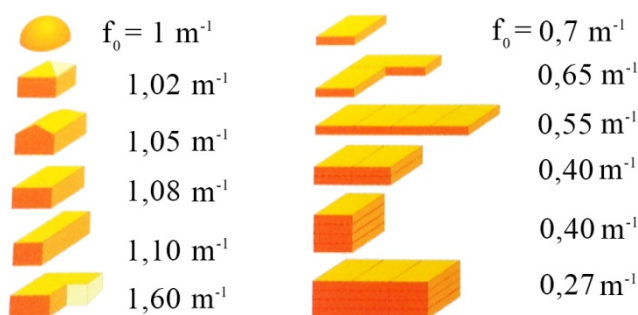
stroškovno najbolj optimalna vgradnja toplotne izolacije do 26 cm (slika 19). Večje debeline toplotnih izolacij so upravičene ob višjih cenah energentov, nižjih cenah toplotnih izolacij in predvsem ob zavedanju, da želimo z energijo varčevati in na tak način varovati okolje. Na podlagi zgoraj naštetih dejstev in vplivov je Vitirano (2010) prišel tudi do zaključka, da je z ekonomskega vidika še smotno vgrajevati do 35 cm debele izolacijske sloje. Za tako debelino se investitorji odločajo zaradi problematike varovanja okolja, zmanjšanja porabe neobnovljivih energentov in nevarnosti dviga cen energije.



Slika 19: Stroški v življenjskem ciklusu (LCC) kontaktno izolacijske fasade v šestdesetletni življenjski dobi v odvisnosti od debeline toplotne izolacije (Fragmat, 2015)

Toplotno prehodnost gradbenih konstrukcij se na objektu meri, ko konstrukcija ni osončena in kadar se temperatura okolice ne spreminja za več kot 2K.

Na toplotni tok, ki prehaja skozi ovoj stavbe, vplivajo poleg toplotnih prehodnosti gradbenih konstrukcij tudi njihova površina ter oblika stavbe (slika 20). (Medved, 2010)



Slika 20: Faktor oblike stavbe f_0 različno oblikovanih enostanovanjskih stavb (levo) in večstanovanjskih stavb sestavljenih iz enakih enot z merami 10x20x5 m (desno); stavbe z manjšim faktorjem oblike stavbe imajo manjše toplotne izgube skozi ovoj stavbe (Medved, 2010)

5.2 ZVOČNA ZAŠČITA STAVB

Zvočna izolativnost stavbnega ovoja je prav tako pomembna kot toplotna, saj je dokazano, da dolgotrajna izpostavitve hrupu oz. motečemu zvoku škodljivo vpliva na naše zdravje. Ker odstranitev vira hrupa navadno ni možna, si lahko pomagamo z zvočno izolacijo. Zvočno izolacijske lastnosti materiala so odvisne predvsem od njegove mase, zato bolj kot je stena masivna, boljše zvočno izolacijske lastnosti ima.

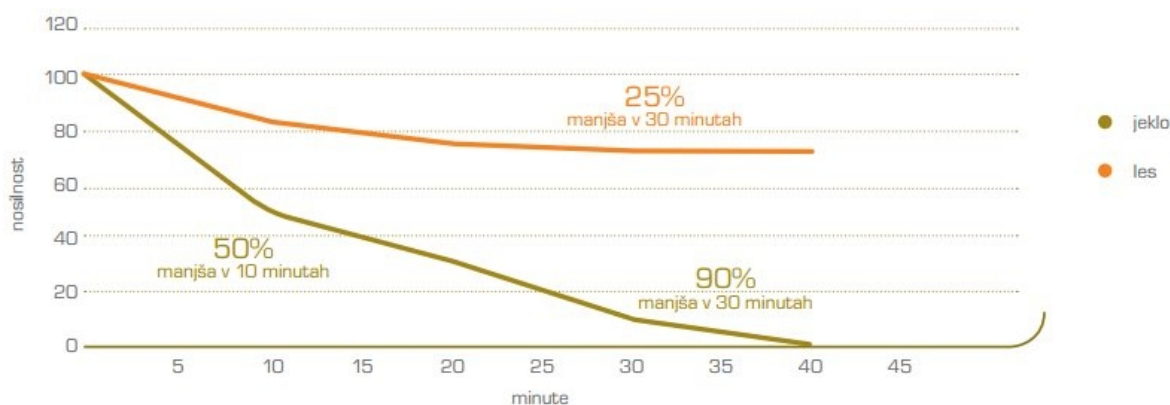
Zvočna izolativnost je označena z R_w [dB] in nam pove, za koliko dB se zvok zmanjša. Npr. konstrukcijski sklop z zvočno izolativnostjo $R_w = 45$ dB bo zunanji hrup 80 dB znižal na 35 dB.

Ob nepravilni vgradnji medetažnih konstrukcij lahko pride do zvočnih mostov. To so mesta, kjer se gradbene konstrukcije stikajo. Na učinek zvočnega mostu vpliva zasnova obeh konstrukcij in način njune povezave. Zvočni most povzročajo tudi vezni elementi v lahkih gradbenih konstrukcijah (Medved, 2010).

5.3 POŽARNA ODPORNOST

Požarna odpornost REI [min] nam pove, koliko minut od začetka požara imamo na voljo za evakuacijo in je definirana kot čas od začetka segrevanja do trenutka, ko gradbeni element ne more več izpolnjevati svojih osnovnih nalog.

Pravilno dimenzionirana lesena konstrukcija ima bistveno boljše požarne lastnosti kot npr. konstrukcija iz jekla ali armiranega betona. Sposobnost lesa za prevajanje toplote je namreč zelo majhna, saj prevaja toploto 300 – 400 krat počasneje kot jeklo. Požarno nezaščitenjena jeklena konstrukcija začne izgubljati na nosilnosti že pri temperaturi okoli 230 °C (slika 21), medtem ko lesena konstrukcija na površju sicer poogleni (0,6 mm/min), vendar ta pooglenela plast onemogoča zraku, da bi vdrl globlje v les in tako omogočil nadaljnje gorenje (slika 22). Četudi s stroškovnega vidika ni racionalna, je najboljša zaščita za ohranitev nosilnosti lesene konstrukcije predimenzioniranje.



Slika 21: Primerjava nosilnosti lesene in jeklene konstrukcije v primeru požara (Marles, 2015)



Slika 22: Primerjava lesene in jeklene konstrukcije po požaru. Lesena je ohranila svojo nosilnost, medtem ko je pri jekleni konstrukciji zaradi vročine prišlo do porušitve (J Rose Carpentry, 2015)

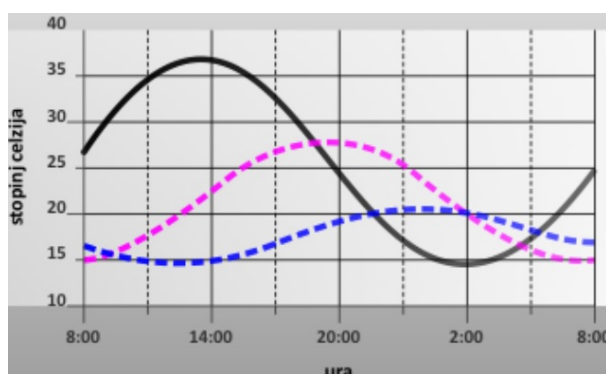
5.4 TEMPERATURNI ZAMIK

Temperaturni ali fazni zamik je čas, po katerem toplota prične prehajati iz zunanosti v notranjost objekta. Pove nam, s kolikšnim časovnim zamikom se bo maksimalna temperatura na zunanji strani konstrukcije prenesla na notranjo stran.

Če dosežemo fazni zamik vsaj 12 h, preprečimo, da bi se prostor pozimi preveč ohladil in poleti preveč pregrel. Daljši kot je fazni zamik, manjše je temperaturno nihanje v prostoru (slika 23). Oddajanje toplote v prostor pa ni odvisno le od temperaturnega zamika, temveč tudi od toplotnega dušenja in toplotnega toka, ki prehaja v notranjost in je odvisen od izolativnosti konstrukcije. Zato lahko uporabimo npr. izolacijo, ki ima sicer dobre izolacijske lastnosti, vendar nižji temperaturni zamik, saj se toplotni tok v tem primeru upočasni. S tem v prostor pride manj toplotne energije in tudi temperaturna nihanja so manj občutna.

Kot že omenjeno je temperatura v notranjem prostoru odvisna tudi od toplotnega dušenja. Če je stenski faktor dušenja enak 20, to pomeni, da je nihanje notranje temperature pri nihanju zunanje temperature za 20 °C enako 1 °C.

Veliko bolj kot temperaturni zamik je za udobno bivanje pomembno čim manjše nihanje temperature v notranjosti, saj je navsezadnje znosneje prenesti nihanje za 1 °C, kot npr. 5 °C.



Slika 23: Primer faznega zamika: Črna črta označuje temperaturo na zunanji strani, roza predstavlja oddajanje toplote pri izolaciji iz mineralne volne, ter modra pri izolaciji iz celuloznih vlaken (z dodatki). (Ekoprodukt, 2015)

6 PREDSTAVITEV MATERIALOV VGRAJENIH V IZBRANE KONSTRUKCIJSKE SKLOPE

Preglednica 3 prikazuje pomen oznak, ki se pojavljajo v nadaljevanju. Predstavljene so tudi enote oznak.

Preglednica 3: Pomen oznak fizikalnih lastnosti materialov

Oznaka	Pomen	Enota
m	Masa	g
ρ	Gostota	kg/m ³
λ	Toplotna prevodnost	W/(mK)
β_0	Hitrost gorenja	mm/min
f	Upogibna trdnost	Pa
E	Modul elastičnosti	MPa

6.1 LEPLJEN LAMELIRAN LES

Lepljen lameliran les (slika 24) je najosnovnejši element kakovostne lesene gradnje in hkrati eden od novodobnih kompozitov z velikim gradbenim potencialom. Iz dolžinsko in ploskovno spojenih lamel lesa je mogoče dosegati dimenzije, katerih z masivnim lesom ne bi mogli (tudi do 50 m v dolžino), lastnosti materiala v kombinaciji z načinom izdelave pa omogočajo odpornost proti različnim škodljivim vplivom, katerim so podvrženi leseni objekti, tako stanovanjski kot tudi industrijski.

Lamele so med seboj zlepljene z visoko kakovostnimi lepili za konstrukcijsko rabo, ki so odporna proti vodi, vlagi, temperaturi in biološkim dejavnikom (Kitek Kuzman, 2012). Zlepljene lamele so orientirane tako, da zagotavljajo večjo nosilnost in boljšo dimenzijsko stabilnost nosilca, manjši pa je tudi pojav pokanja lesa, saj se ob razrezu lesa na lamele sprostijo napetosti, ki so prisotne v lesu.

Še ena od prednosti lepljenega lameliranega lesa je gotovo požarna odpornost, saj ob morebitnem požaru pri velikih dimenzijah nosilcev zunanja plast zgori in ustvari nekakšno zaščito notranjosti pred ognjem. Tako je material še vedno dovolj nosilen, da se konstrukcija ob ustreznem dimenzioniranju ne podre in zagotavlja dovolj časa za evakuacijo iz stavbe (v analiziranih konstrukcijah je ta čas od 30 do 90 minut).

Lepljen lameliran les se lahko uporablja kot material za okvirno konstrukcijo ali pa se ga uporabi kot masivno leseno steno.

Preglednica 4: Lastnosti lepljenega lameliranega lesa

Fizikalne lastnosti	Požarne lastnosti	Mehanske lastnosti
$\rho = 450 - 520 \text{ kg/m}^3$	$\beta_0 = 0,65 \text{ mm/min}$	$f_{m,k} = 24 - 36 \text{ MPa}$
$\lambda = 0,13 \text{ W/(mK)}$		$E_{m,0} = 11600 - 14700 \text{ MPa}$
		$E_{m,90} = 390 - 460 \text{ MPa}$



Slika 24: Lepljen lameliran les (Moelven, 2014)

6.2 KRIŽNO LEPLJENE PLOŠČE

Križno lepljen les (slika 25) je izdelan po podobni filozofiji kot furnirna plošča, le da je izdelan iz križno zloženih in zlepljenih smrekovih lamel. Križno lepljenje zmanjša dimenzijsko delovanje lesa na zanemarljivo vrednost. Križno lepljena plošča je vedno sestavljena iz lihega števila slojev, število slojev pa je odvisno od potrebne nosilnosti. Križno lepljen les omogoča visoko stopnjo prefabrikacije montažne hiše, saj se lahko v tovarni natančno izdela celotno konstrukcijo, ki se jo na gradbišču le še sestavi.

Tudi ta lesni kompozit se ob morebitnem požaru izkazuje kot požarno dobro odporen in zagotavlja dovolj časa za varno evakuacijo.

Križno lepljene plošče se uporablja za stenske, stropne in strešne elemente.

Preglednica 5: Lastnosti križno lepljenih plošč

Fizikalne lastnosti	Požarne lastnosti	Mehanske lastnosti
$\rho = 480 - 500 \text{ kg/m}^3$	$\beta_0 = 0,67 \text{ mm/min}$ (zgornji sloj)	$f_{m,k} = 23 - 24 \text{ MPa}$
$\lambda = 0,18 \text{ W/(mK)}$	$\beta_0 = 0,76 \text{ mm/min}$ (spodnji sloj)	$E_{m,0} = 12000 \text{ MPa}$
		$E_{m,90} = 370 \text{ MPa}$



Slika 25: Križno lepljena plošča (Stora Enso, 2014)

6.3 LESENI I-NOSILCI

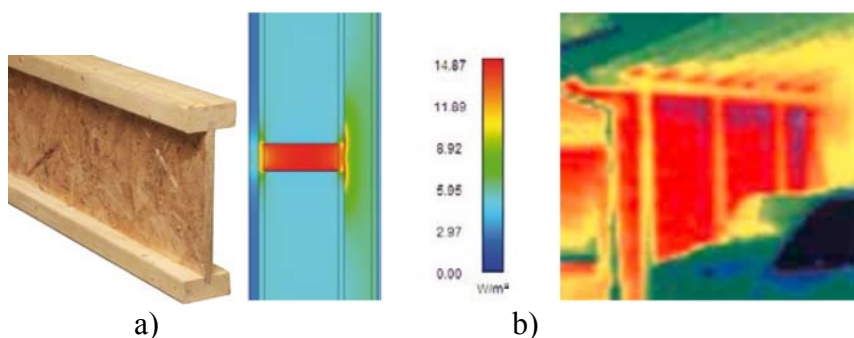
I-nosilci (slika 26 a) v gradbeništvu vsekakor niso novost, so pa novost I-nosilci, narejeni izključno iz masivnega lesa in lesnih kompozitov. Zunanja dela imenovana pasnici sta navadno narejena iz lameliranega oz. slojnatega furnirnega lesa (LVL) ali pa iz masivnega lesa, kateremu se izžagajo grče in napake, nato pa je les spojen z zobatim spojem za optimalno nosilnost. Sredinski del, stojina je v novejših sistemih narejen iz OSB ali HDF plošče, starejše izvedbe pa so bile narejene iz furnirne plošče.

I-nosilec iz lesa je idealna rešitev za odpravo toplotnih mostov, ki sicer nastajajo ob klasični leseni gradnji (slika 26 b), še dodatno zmanjšanje pa lahko dosežemo z izolacijo stojine – t.i. termo nosilci (taki primeri so izvedba Marles hiše d.o.o. »Pasiv natura« ter pasivna konstrukcijska sklopa proizvajalca Riko hiše d.o.o.).

I-nosilce se uporablja za stenske, stropne in strešne elemente, le da so pri vgradnji v stene stojine navadno izolirane.

Preglednica 6: Lastnosti lepljenih I-nosilcev

Fizikalne lastnosti	Požarne lastnosti	Mehanske lastnosti
$m = 2,3 - 6,4 \text{ kg/m}$	$\beta_0 = 0,9 \text{ mm/min}$	-



Slika 26: a): I-nosilec narejen iz masivnega lesa in OSB plošče (Srsloan, 2014), b): Prehod toplote skozi lesen I-nosilec in posnetek s termalno kamero (Steico, 2014)

6.4 PLOŠČA Z USMERJENIM IVERJEM ALI OSB PLOŠČA

OSB plošča (slika 27) je izdelana iz večjih kosov ploščatih iveri dolgih do 200, širokih do 50 in debelih do 2 mm. Za izdelavo iveri se uporablja predvsem hlodovina iglavcev (Medved, 2008). Zunanja sloja OSB plošče sta sestavljena iz večjih gradnikov, kar poveča upogibno trdnost, za dobro povezavo med ivermi pa skrbi lepilo, ki je najpogostejše melamin-urea formaldehidno (MUF), melamin formaldehidno (MF) ali poliizocianatno (pMDI). Stopnja oblepljenosti ploščatih iveri je kar 50 %, kar pomeni, da ima OSB plošča manj oslabitvenih mest kot velika večina ostalih lesnih kompozitov. Tudi način natresanja ploščatih iveri ima veliko vlogo pri kakovosti in lastnostih plošče.

- Natresanje je lahko vzporedno z zunanjsima slojema, pri čemer ima plošča lastnosti podobne masivnemu lesu.
- Natresanje je lahko pravokotno na zunanja sloja, pri čemer plošča dobi lastnosti podobne furnirni plošči.

- c) Natresanje je lahko naključno, pri čemer so lastnosti plošče najbolj podobne lastnostim iverne plošče.

Prav zaradi naštetih lastnosti, širokega spektra uporabnosti glede na način izdelave in majhne emisije formaldehida je OSB plošča v gradbeništvu že skoraj izpodrinila furnirno in iverno ploščo.

Preglednica 7: Lastnosti plošče z usmerjenim iverjem oz. OSB plošče

Fizikalne lastnosti	Požarne lastnosti	Mehanske lastnosti
$\rho = 580 - 750 \text{ kg/m}^3$	$\beta = 0,9 \text{ mm/min}$	$f_{m,0,k} = 14,8 - 25,5 \text{ MPa}$
$\lambda = 0,12 - 0,30 \text{ W/(mK)}$		$f_{m,90,k} = 7,4 - 13 \text{ MPa}$
		$E_{m,0} = 4930 - 6780 \text{ MPa}$
		$E_{m,90} = 1980 - 2680 \text{ MPa}$



Slika 27: Plošča z usmerjenim iverjem ali OSB plošča (Silverwood, 2014)

6.5 LESNO VLAKNENA PLOŠČA

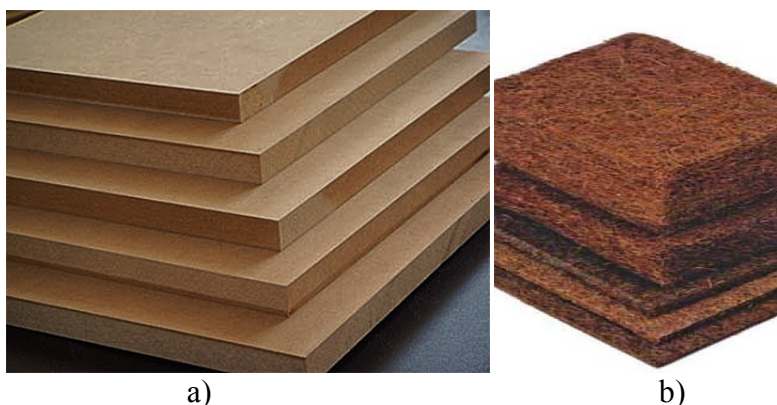
Za uporabo v gradbene namene morajo plošče poleg velike dimenzijske stabilnosti in majhnega debelinskega nabreka imeti tudi dobre mehanske, toplotno in akustično izolativne lastnosti, biti morajo ognjevarne, če pa jih uporabljamo kot krovne plošče, pa morajo imeti tudi odlično paropropustnost (Medved, 2008). Lesno vlaknene plošče (slika 28) so s svojim širokim razponom gostote, različnimi dodatki in postopki izdelave eden izmed najbolj univerzalnih materialov v lesnem gradbeništvu. Glede na gostoto jih delim na SB (soft board), MDF (medium density fiberboard) in HDF (high density fiberboard). Za lahke vlaknene plošče se uporablja predvsem les iglavcev, medtem ko se za gostejše uporablja les trdih listavcev (Medved, 2009). Lahko se jih uporablja kot fasadne plošče, izolacijske materiale, obloge konstrukcij, stojino pri I-nosilcih itd.

Kot izolacijski material imajo s parafinom prepojene vlaknene plošče vrhunske lastnosti pri vodoodbojnosti, zelo dobro pa tudi prepuščajo paro, zato konstrukcijski sklopi zunanjih sten, kateri vsebujejo lesno vlaknene fasadne plošče, navadno nimajo prisotne paropropustne folije, saj le-te ne potrebujejo. Edina vidnejša pomanjkljivost lesno vlaknenih plošč je požarna neodpornost, zato se lesnim vlaknom v procesu izdelave plošč za izolacijo dodaja antipirene (navadno borove soli) za povečevanje požarne odpornosti. Kljub tej pomanjkljivosti imajo lesno vlaknene plošče še vedno izjemne lastnosti glede toplotne in zvočne izolativnosti in zaradi svoje gostote tudi dobro zadržujejo toploto

(pomembno z vidika faznega zamika). Zelo so popularne tudi zaradi svoje biološke neoporečnosti, preproste inštalacije, odstranitve in reciklaže.

Preglednica 8: Lastnosti lesno vlaknene plošče

Fizikalne lastnosti	Požarne lastnosti	Mehanske lastnosti
$\rho = 160 - 800 \text{ kg/m}^3$	$\beta = 0,9 \text{ mm/min}$	$f_{m,k} = 18 - 22 \text{ MPa}$
$\lambda = 0,07 - 0,14 \text{ W/(mK)}$		$E_m = 2700 - 3700 \text{ MPa}$



Slika 28: a): Vlaknena plošča MDF (Vir: Blažič, 2014), b): Izolacija iz lesnih vlaken (Ekoprodukt, 2014)

6.6 CEMENTNO IVERNA PLOŠČA

Cementno iverna plošča (slika 29) ima podobne lastnosti kot iverna plošča, le da je za vezivo iveri uporabljeno cementno vezivo. Take plošče so odpornejše na vremenske vplive, vendar morajo biti predhodno testirane na odpornost proti zmrzali. Ob izpostavitvi vodi po 24 urah nabreknejo manj, kot klasične iverne plošče in sicer za 1,5 %. Zaradi odsotnosti lepila nimajo emisij formaldehida, zaradi cementa pa so tudi težje kot klasične iverne plošče. Cementno iverna plošča je zvočno izolativna, težko gorljiva in je odporna na lesne škodljivce.

Možna uporaba v zaprtih prostorih, pokritih prostorih, in na prostem. V stavbah je lahko vgrajena v stene, strop, strešne konstrukcije ali tla.

Preglednica 9: Lastnosti cementno iverne plošče

Fizikalne lastnosti	Požarni razred po standardu EN 13501-1 (preglednica 10)	Mehanske lastnosti
$\rho = 1275 - 1425 \text{ kg/m}^3$	B-s1, d0	$f_{m,k} = 9 \text{ MPa}$
$\lambda = 0,26 \text{ W/(mK)}$		$E_m = 4500 \text{ MPa}$

Preglednica 10: Klasifikacija reakcije na ogenj po standardu EN 13501-1

Stopnja vnetljivosti	Količina dima	Goreče kapljice
A1, A2 – nevnetljivo	s1 – malo ali nič dima	d0 – ni kapljic
B, C – težko vnetljivo	s2 – omejena količina dima	d1 – omejeno kapljanje
D, E – normalna vnetljivost	s3 – neomejena količina dima	d2 – veliko kapljic



Slika 29: Cementno iverna plošča (Cnb homes, 2014)

6.7 MAVČNO KARTONSKA PLOŠČA

Mavčno kartonska plošča (slika 30) je narejena iz mavca obdanega s kartonom na vsaki ploskvi. Zaradi materiala, iz katerega je plošča narejena je plošča ognjevarna, saj je sam mavec negorljiv, pri morebitnem požaru pa se tudi prisotna voda upari in tako upočasni prehod toplote iz ene strani na drugo – dokler vsa voda ne izpari je najvišja temperatura v sosednjem prostoru 100 °C. Mavčno kartonske **ognjevarne plošče** imajo poleg naravne odpornosti na ogenj v mavcu dodane tudi različne dodatke za slabšo gorljivost (npr. steklena vlakna). V obeh primerih mavčno kartonske plošče se ob morebitnem požaru iz plošče izloča le malo dima.

Plošča reducira tudi zvok in hrup, kar lahko dosežemo bodisi z debelino plošče, bolj zanesljiv način pa je s kombinacijo dveh mavčnih plošč različnega tipa. (Slika 31)

Mavčno kartonske plošče so neodporne na vodo in vlago, saj se v prostorih s povišano vlago ali ob izpostavitvi vodi uničijo, zato njihova vgradnja ni priporočljiva v kopalnicah, kuhinjah, pralnicah itd. Določeno stopnjo vodoodpornosti lahko dosežemo z vodoodbojnim slojem.

Uporablja se za hitro suhomontažno izdelavo notranjih zidov in stropov.

Preglednica 11: Lastnosti mavčno kartonske plošče

Fizikalne lastnosti	Požarni razred po standardu EN 13501-1 (preglednica 10)	Mehanske lastnosti
$\rho = 780 \text{ kg/m}^3$	A2-s1, d0	$f_{m,0,k} = 4,9 \text{ MPa}$
$\lambda = 0,25 - 0,30 \text{ W/(mK)}$		$f_{m,90,k} = 1,8 \text{ MPa}$
		$E_m = 3500 \text{ MPa}$



Slika 30: Mavčno kartonska plošča (Craftprocontracting, 2014)

Sistem Knauf	Razred upornosti proti ognju	Obloga na obeh str. stene min. debelina d mm	Teža brez izolacije pribl. kg/m ²	Debelina stene D mm	Profil stenski C-profil v mm	Zvočna zaščita izolacija ²⁾ min. debelina mm	mera zvočne izolacije ¹⁾ R _w dB
W111 Knauf pregradna stena	enojna podkonstrukcija					osni razmak stojk ≤ 625 mm	
	EI 30	12,5 Silentboard	39	75	50	40	56
				100	75	60	59
				125	100	80	60
W112 Knauf pregradna stena	enojna podkonstrukcija					osni razmak stojk ≤ 625 mm	
	EI 90	12,5 Silentboard + 12,5 Diamant	65	100	50	40	66
				125	75	60	67
				150	100	80	67
	EI 90	2 x 12,5 Silentboard	75	100	50	40	67
				125	75	60	69
				150	100	80	70
W115 Knauf pregradna stena	dvojna podkonstrukcija					osni razmak stojk ≤ 625 mm	
	EI 90	12,5 Silentboard + 12,5 Diamant	67	155	2 x 50	2 x 40	74

Slika 31: Primerjava zvočne izolativnosti v različnih primerih postavitve (Knauf, 2014)

6.8 MAVČNO VLAKNENA PLOŠČA

Mavčno-vlaknene plošče (slika 32) so izdelane iz mavca in celuloznih vlaken. Postopek izdelave (z vodo) omogoča, da mavec prodre globoko med vlakna in jih tesno obda. S tem plošča pridobi na požarni odpornosti. Kljub izboljšani sestavi v primerjavi z mavčno-kartonsko ploščo ima mavčno vlaknena plošča še vedno razmeroma slabe mehanske lastnosti.

Mavčno-vlaknene so v primerjavi z mavčno-kartonsko ploščo odpornejše na vlago, zato se lahko vgrajujejo v prostore s povišano zračno vlago, kot npr. kopalnice, kuhinje, pralnice itd.

Preglednica 12: Lastnosti mavčno vlaknene plošče

Fizikalne lastnosti	Požarni razred po standardu EN 13501-1 (preglednica 10)	Mehanske lastnosti
$\rho = 1100 - 1250 \text{ kg/m}^3$	A2-s1, d0	$f_{m,0,k} = 5 - 7,2 \text{ MPa}$
$\lambda = 0,32 \text{ W/(mK)}$		$f_{m,90,k} = 4,6 - 5,8 \text{ MPa}$
		$E_m = 2500 - 3800 \text{ MPa}$

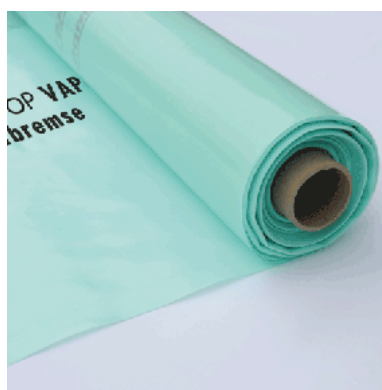


Slika 32: Mavčno vlaknena plošča (Globalsources, 2014)

6.9 PARNE OVIRE IN ZAPORE

Z vgradnjo parne zapore zagotovimo, da je stavba difuzijsko zaprta. V primeru, da je relativna zračna vlažnost prostora previsoka lahko vodna para enakomerna izhaja iz hiše, v primeru prenizke relativne zračne vlažnosti pa lahko vodna para enakomerno prehaja skozi folijo v notranjost hiše. S tem se vzpostavi ugodna bivalna mikroklima v prostoru, kar je eden od pogojev za zdravo in kakovostno bivanje.

Kot parne ovire ali zapore se uporabljajo različne metode in materiali, najpogosteje pa se stavbo difuzijsko zapre s folijami (slika 33). V konstrukcijskih sklopih montažnih hiš slovenskih proizvajalcev se najpogosteje uporablja polietilenska folija ali »PE folija«, ki je odporna proti gorenju, njena vgradnja pa je mogoča v vseh delih hiše.



Slika 33: Polietilenska folija »Airstop VAP« (Ekoprodukt, 2014)

6.10 EKSPANDIRAN POLISTIREN (EPS, STIROPOR®)

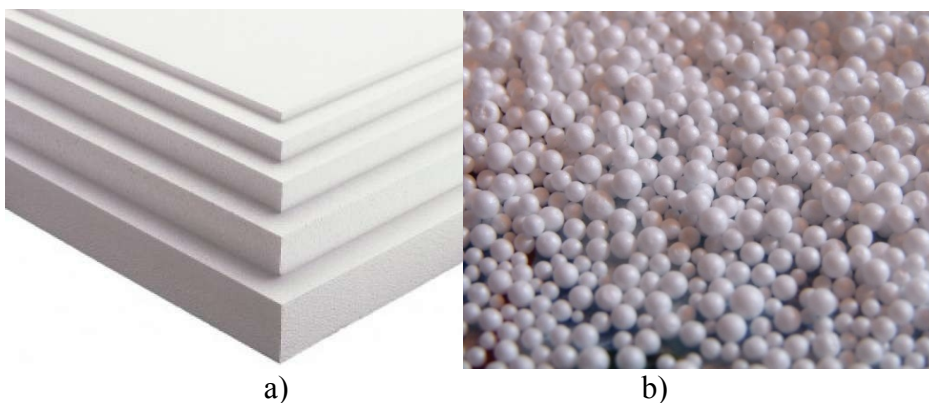
Ekspandiran polistiren (slika 34) pripravljajo iz zmesi, ki vsebuje 90-95 % polistirena in 5-10 % plinastega sredstva, ponavadi pentana ali ogljikovega dioksida. Ekspanzijo dosežejo s segrevanjem, običajno s paro. V mehurčkih v ekspandiranem polistirenu je ujet zrak, ki prispeva k zelo nizki toplotni prevodnosti tega gradiva. Zato ekspandiran polistiren veliko uporabljamo kot toplotno izolacijski material, najpogosteje v obliki obložnih plošč. Ekspandiran polistiren lahko uporabljamo tudi v obliki drobnih kroglic, ki jih nasujemo v prostore, ki so v konstrukciji pripravljeni za izolacijo (Petrič, 2008).

Ekspandiran polistiren je paroprepusten, ne vpija vode, je dobro veziven z lepili in je dimenzijsko stabilen.

Preglednica 13: Lastnosti ekspandiranega polistirena

Fizikalne lastnosti	Požarni razred po standardu EN 13501-1 (preglednica 10)	Mehanske lastnosti
$\lambda = 0,034 - 0,043 \text{ W/(mK)}$	E-d2	$f_m = 1,6 - 11,3 \text{ MPa}$
$\rho = 11 - 30 \text{ kg/m}^3$		$E_m = 4 - 18 \text{ MPa}$

Klasičen ekspandiran polistiren prenaša temperature do 75 °C, kratkotrajno tudi do 90 °C, kar v primeru požara ni ugodno, saj je že najnižja temperatura ognja 525 °C.



Slika 34: a): Ekspandiran polistiren v obliki plošč (Aus-styrene, 2014), b): Polistiren v obliki kroglic (Dut, 2014)

Proizvajalci hiš pogosteje kot navaden ekspandiran polistiren uporabljajo plošče iz ekspandiranega polistirena z dodatki za boljšo toplotno izolativnost - Neopor[®].

Neopor[®] (slika 35) je izboljšana verzija klasičnega ekspandiranega polistirena z dodatkom majhnega odstotka grafitnih delcev, katerih naloga je odbijanje toplote. Neopor[®] ima mnogo boljšo toplotno izolativnost kot EPS, saj ima pri gostoti 15 kg/m³ enako toplotno izolativnost kot EPS pri gostoti 23,5 kg/m³, kar pomeni tudi manjšo potrebno debelino plošč za doseganje ustrezne izolativnosti. Z manjšo debelino plošč se zmanjša tlorisna površina zidov, kar pomeni učinkovitejšo izrabo zazidljive površine, pa tudi manjše dimenzije osnovnih profilov, okenskih polic, sider, itd.

Neopor[®] je paroprepusten, ne vpija vode, je dobro veziven z lepili in je dimenzijsko stabilen.

Preglednica 14: Lastnosti ekspandiranega polistirena z dodatki

Fizikalne lastnosti	Požarni razred po standardu EN 13501-1 (preglednica 10)	Mehanske lastnosti
$\lambda = 0,030 - 0,032 \text{ W/(mK)}$	E-d2	$f_m = 1,6 - 11,3 \text{ MPa}$
$\rho = 11 - 30 \text{ kg/m}^3$		$E_m = 4 - 18 \text{ MPa}$

Neopor[®] prenaša temperature do 80 °C, kratkotrajno tudi do 95 °C, kar v primeru požara ni ugodno, saj je že najnižja temperatura ognja 525 °C.



Slika 35: Plošča iz ekspandiranega polistirena z dodatki za boljšo toplotno izolativnost – Neopor[®] (Heim-baustoffe, 2014)

6.11 CELULOZNA TOPLOTNA IZOLACIJA

Celulozna toplotna izolacija (slika 36) je edina toplotna izolacija, ki je narejena iz recikliranih materialov. Narejena je namreč iz zmletega časopisnega ali belega papirja, kateremu je za zniževanje gorljivosti dodana borova sol. Borova sol je tudi naravni konzervans in celulozni toplotni izolaciji zagotavlja zaščito pred plesnimi, glivami in insekti. Tudi ob morebitnem vdoru glodavcev v konstrukcijo, borova sol posrka telesno vlago in žival dehidrira (Ekoprodukt, 2015)

Celulozna toplotna izolacija lahko sprejema odvečno vlago, ki jo ob sicer klasični izolaciji (kamena volna, EPS) sprejme le lesena konstrukcija, kar sčasoma privede do trohnobe. Ker lahko celulozna izolacija sprejme več vodne pare kot les, celo uravnava vlažnost lesene konstrukcije.

Pomemben faktor izolacijskega materiala je tudi fazni zamik. Fazni zamik toplotne izolacije je priporočen na vsaj 12 ur, kar dosežemo z izolacijo iz celuloznih vlaken debeline 30 cm. Zaradi daljšega faznega zamika se hiše poleti ne pregrevajo, pozimi pa je poraba toplotne energije zaradi daljšega faznega zamika nižja.

Izolacijo iz celuloze se v konstrukcijo vpihuje, natresa ali prši na stene. Natresanje je najbolj enostavno, vendar se izvaja predvsem za suhomontažne pode, zato je vpihovanje najpogostejši način vgradnje celulozne izolacije. Uporablja se za pode, stene in strešne konstrukcije, vpihuje pa se ga med nosilno konstrukcijo, pri čemer se vpihan material tesno prilega nosilni konstrukciji in se ne poseda.

Zvočno izolativnost objekta lahko povečamo s pršenjem celuloznih kosmičev na stene. Sam postopek deluje tako, da stroj za izpihovanje celuloze hkrati prši še vodo, kar povzroči

da se zaradi še prisotnega lignina, ki deluje kot naravno lepilo, kosmiči celuloze sprimejo skupaj in ustvarijo trdno plast izolacije.

Preglednica 15: Lastnosti celulozne toplotne izolacije

Fizikalne lastnosti	Požarni razred po standardu EN 13501-1 (preglednica 10)	Mehanske lastnosti
$\lambda = 0,030 - 0,032 \text{ W/(mK)}$	B	-
$\rho = 11 - 30 \text{ kg/m}^3$		-
$\rho_{\text{vpihovanje}} = 40 - 55 \text{ kg/m}^3$ (streha) in $55 - 65 \text{ kg/m}^3$ (stene)		
$\rho_{\text{pršenje}} \approx 85 \text{ kg/m}^3$		



Slika 36: Celulozna toplotna izolacija (Ekoprodukt, 2014)

6.12 KAMENA VOLNA

Kamena volna (slika 37) je najbolj široko uporabljena izolacija v slovenski montažni gradnji. Na voljo je v različnih gostotah, gostota, ki variira med 10 in 100 kg/m^3 pa je odvisna od mesta vgradnje izolacije. Z večjo gostoto se povečata mehanska trdnost in požarna odpornost, vendar je toplotna izolativnost najugodnejša pri gostoti med 50 in 80 kg/m^3 , kjer dosega toplotno prevodnost med $0,035$ in $0,040 \text{ W/mK}$.

V nezahtevni stanovanjski gradnji skrb za požarno varnost ni tako pereč problem, zato se lahko vgradi tudi izolacijo z nižjo gostoto za boljšo toplotno izolativnost, saj je kamena volna že tako negorljiv material – temperatura njenega tališča je namreč pri okoli 1000 °C . Ob izpostavitvi vodi ali vlagi izgublja na toplotni izolativnosti, zato jo je potrebno vgraditi na primerno mesto (da lahko vodna para nemoteno prehaja skozi volno) in jo tudi ustrezno zaščititi s paroprepustnim fasadnim ometom ali drugimi izvedbami fasadne obloge.

Preglednica 16: Lastnosti kamene volne

Fizikalne lastnosti	Požarni razred po standardu EN 13501-1 (preglednica 10)	Mehanske lastnosti
$\lambda = 0,032 - 0,045 \text{ W/(mK)}$	A1	-
$\rho = 10 - 100 \text{ kg/m}^3$		-



Slika 37: Kamena volna (Ais-group, 2014)

6.13 STEKLENA VOLNA

Steklena volna (slika 38) ima zelo podobne lastnosti kot kamena volna. Mesto njene vgradnje je pogostejše na notranji strani pod stropom ali pod strešno konstrukcijo, redkeje pa se uporablja za toplotno izolacijo celotne stavbe, saj ima slabše požarne lastnosti kot kamena volna – njeno tališče je pri okoli 550 °C. Kljub slabši požarni odpornosti steklena volna po standardu EN 13501-1 še vedno spada v razred A1. Zaradi svoje strukture in nižje razslojne trdnosti zahteva drugačen način vgradnje kot kamena volna.

Steklena volna je prav tako kot kamena volna občutljiva na vlažno okolje, saj s povišano vlažnostjo izgublja na toplotni izolativnosti, zato je potrebno vgrajeno stekleno volno ustrezno zaščititi.

Preglednica 17: Lastnosti steklene volne

Fizikalne lastnosti	Požarni razred po standardu EN 13501-1 (preglednica 10)	Mehanske lastnosti
$\lambda = 0,032 - 0,045 \text{ W/(mK)}$	A1	-
$\rho = 10 - 100 \text{ kg/m}^3$		-



Slika 38: Steklена volna (Ursa, 2014)

6.14 PLUTA

Pluta (slika 39) je naraven in obnovljiv izolacijski material. Pluto se že dlje časa uporablja kot gradbeno izolacijo, saj ima ugodne termo in zvočno izolacijske lastnosti in tudi para lahko nemoteno prehaja iz ene strani na drugo, kar je ključnega pomena za zdravo in kakovostno bivanje.

Pluta je primerna za izolacijo na vseh mestih – na zunanji ali notranji strani, med konstrukcijo, za izolacijo tal, stropov in podstrešij. Pluta naj bi tudi bila, kljub svojemu biološkemu poreklu, odporna na insekte in glodavce.

Preglednica 18: Lastnosti plute

Fizikalne lastnosti	Požarni razred po standardu EN 13501-1 (preglednica 10)	Mehanske lastnosti
$\lambda = 0,038 - 0,045 \text{ W/(mK)}$	B - s1, d0	-
$\rho = 120 \text{ kg/m}^3$		-



Slika 39: Izolacijske plošče iz plute (Greenbuildingadvisor, 2014)

7 REZULTATI

V nadaljevanju je predstavljenih 80 konstrukcijskih sklopov izbranih slovenskih proizvajalcev lesenih montažnih stavb, saj je le na tak način mogoče dobiti dovolj dober vpogled v trenutno stanje in smer razvoja slovenskih lesno-stavbarskih podjetij. Vsi podatki in vsi prikazi konstrukcijskih sklopov so pridobljeni na podlagi natančne preučitve spletnih strani proizvajalcev.

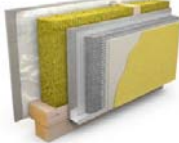
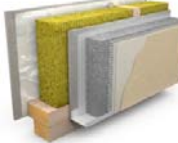
7.1 PREGLED KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV STEN SLOVENSКИH PROIZVAJALCEV LESENIH HIŠ

Vsak od proizvajalcev lesenih hiš uporablja lasten sistem za izvedbo stenskih elementov. Predstavljeni so le nekateri konstrukcijski sklopi sten za okvirni (panelni), skeletni in masivni sistem. Vsak proizvajalec nudi več različnih izvedb za določen energijski razred. Izbrane konstrukcije lahko delimo glede na izvedbo nosilne konstrukcije. To so masivna, okvirna ter skeletna konstrukcija. Stenski sestavi se nato med seboj ločijo še po energetski učinkovitosti in sicer na nizkoenergijsko, dobro nizkoenergijsko ter pasivno izvedbo.

7.2 NIZKOENERGIJSKI KONSTRUKCIJSKI SKLOPI

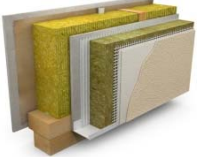
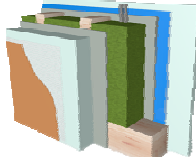
Pri nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopih (preglednica 19) je letna potreba po toploti za ogrevanje od 25-35 kWh/m²a – delitev v skladu s pravilnikom, razred B1. Izpolnjujejo pogoje za pridobitev sredstev iz Eko sklada.

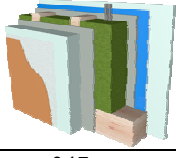
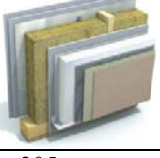
Preglednica 19: Nizkoenergijski konstrukcijski sklopi

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Marles hiše Maribor Basic N6	Marles hiše Maribor Mega N10
		
Debelina stene	240 mm	296 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,190 W/m ² K	0,150 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	≥ 44 dB	≥ 46 dB
Požarna odpornost (REI)	60 min	60 min
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Armirana malta (2,5 mm) in zaključni omet (2 mm)	Armirana malta (2,5 mm) in zaključni omet (2 mm)
Izolacija fasade	Neopor 60 mm	Neopor 100 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Mavčno vlaknena plošča 15 mm	Mavčno vlaknena plošča 15 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna 120 mm	Kamena volna 140 mm
Nosilna konstrukcija	Les 60/140 mm	Les 60/160 mm
Parna ovira/obloga	PE folija 0,2 mm	PE folija 0,2 mm
Izolacija na notranji strani	-	-
Finalna obloga	Mavčno vl. plošča 15 mm	Mavčno vl. plošča 15 mm

Se nadaljuje

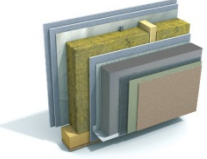
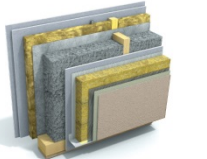
Nadaljevanje

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Marles hiše Maribor Mega DOH	Jelovica hiše OPTIMA
		
Debelina stene	296 mm	287 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,160 W/m ² K	0,170 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	≥ 49 dB	> 44 dB
Požarna odpornost (REI)	60 min	90 min
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Armirana malta (4-5 mm) in zaključni omet (2 mm)	Fasadni dekorativni omet 5 mm in lepilo 1mm
Izolacija fasade	Kamena volna 100 mm	Stiropor 100 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Mavčno vlaknena plošča 15 mm	Cementno iverna plošča 16 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna 140 mm	Kamena volna 140 mm
Nosilna konstrukcija	Les 60/160 mm	Les 80/140 mm
Parna ovira/obloga	PE folija 0,2 mm	Cementno iverna plošča 12 mm in PE folija 0,25 mm
Izolacija na notranji strani	-	-
Finalna obloga	Mavčno vlaknena plošča 15 mm	Mavčno kartonska plošča 12,5 mm

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Jelovica hiše OPTIMA +	Lumar IG STANDARD
		
Debelina stene	347 mm	305 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,140 W/m ² K	0,164 W/m ² k
Zvočna izolativnost (Rw)	> 44 dB	-
Požarna odpornost (REI)	90 min	-
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Fasadni dekorativni omet 5 mm in lepilo 1mm	Dekorativni omet 2 mm in malta z mrežico 3 mm
Izolacija fasade	Stiropor 160 mm	Stiropor 100 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Cementno iverna plošča 16 mm	Mavčno vlaknena plošča 15 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna 140 mm	Kamena volna 160 mm
Nosilna konstrukcija	Les 80/140 mm	Les 160 mm
Parna ovira/obloga	Cementno iverna plošča 12 mm in PE folija 0,25 mm	Mavčno vlaknena plošča 15 mm in PE folija 0,2 mm
Izolacija na notranji strani	-	-
Finalna obloga	Mavčno kartonska plošča 12,5 mm	Mavčno vlaknena plošča 10 mm

Se nadaljuje

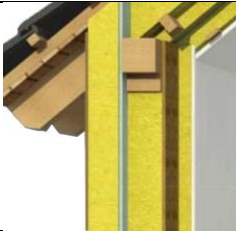
Nadaljevanje

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Lumar IG SUPER STANDARD	Lumar IG PRESTIGE
		
Debelina stene	345 mm	365 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,126 W/m ² k	0,137 W/m ² k
Zvočna izolativnost (Rw)	-	-
Požarna odpornost (REI)	-	-
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Dekorativni omet 2 mm in malta z mrežico 3 mm	Dekorativni omet 2 mm in malta z mrežico 3 mm
Izolacija fasade	Stiropor 140 mm	Kamena volna 100 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Mavčno vl. plošča 15 mm	Mavčno vl. plošča 15 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna 160 mm	Celulozna vlakna/kamena volna 160 mm
Nosilna konstrukcija	Les 160 mm	Les 160 mm in lesena podkonstrukcija 60 mm
Parna ovira/obloga	Mavčno vlaknena plošča 15 mm in PE folija 0,2 mm	Mavčno vlaknena plošča 15 mm
Izolacija na notranji strani	-	Kamena volna 60 mm
Finalna obloga	Mavčno vlaknena plošča 10 mm	Mavčno vlaknena plošča 10 mm

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Rihter STANDARD	Rihter OPTIMAL
		
Debelina stene	310 mm	370 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,150 W/m ² K	0,120 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	-	≥46 dB
Požarna odpornost (REI)	-	60 min
Temperaturni zamik (D [h])	12	11
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Malta in fasadni omet 6 mm	Paropropustni omet 6 mm
Izolacija fasade	Stiropor 140 mm	Kamena volna 140 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Mavčna vl. plošča 15 mm	Mavčno vl. plošča 15 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna 120 mm	Kamena volna 120 mm
Nosilna konstrukcija	Les 120 mm	Les 80/120 mm
Parna ovira/obloga	Parna zapora 0,2 mm in mavčno vl. plošča 15 mm	OSB plošča 15 mm
Izolacija na notranji strani	-	Kamena volna 50 mm z lesenimi letvami 60 mm
Finalna obloga	Mavčno kartonsko ognjevarna plošča 12,5 mm	Mavčno kartonsko ognjevarna plošča 15 mm

Se nadaljuje

Nadaljevanje

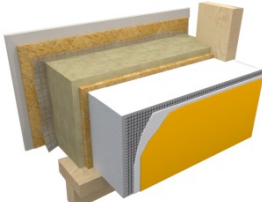
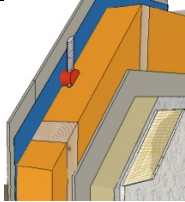
Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Rihter OPTIMAL +	Rihter NATURA
		
Debelina stene	410 mm	450 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,110 W/m ² K	0,120 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	-	≥46 dB
Požarna odpornost (REI)	-	60 min
Temperaturni zamik (D [h])	12h	18 h
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Paropropustni omet 6 mm	Paropropustni omet 8 mm
Izolacija fasade	Kamena volna 140 mm	Fasadna lesno vl. plošča 60 mm + les. podkonstr. 60 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Mavčno vl. plošča 15 mm	Mavčno vl. plošča 15 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna 160 mm	Lesna vlakna 220 mm
Nosilna konstrukcija	Les 160 mm	Les 80/220 mm
Parna ovira/obloga	OSB plošča 15 mm	OSB plošča 15 mm
Izolacija na notranji strani	Kamena volna 50 mm z lesenimi letvami 60 mm	Lesna vlakna 40 mm in lesena podkonstr. 60 mm
Finalna obloga	Mavčno kartonsko ognjevarna plošča 15 mm	Mavčno kartonsko ognjevarna plošča 15 mm

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Lesoteka hiše LBZ BASIC	Lesoteka hiše LBZ BASIC ECO
		
Debelina stene	285 mm	303 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,180 W/m ² K	0,180 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	-	-
Požarna odpornost (REI)	-	-
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Brune 90 mm	Malta + omet 0,3 mm
Izolacija fasade	-	-
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Paroprepustna folija 0,2 mm	Cementna plošča 12,5 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna 160 mm	Lesna vlakna 180 mm
Nosilna konstrukcija	Les 160 mm	Les 180 mm
Parna ovira/obloga	Paroprepustna folija 0,2 mm	Paroprepustna folija 0,2 mm (2x)
Izolacija na notranji strani	-	-
Finalna obloga	Mavčno vl. plošča ali lesena obloga 15 mm	Bruna 90 mm

Se nadaljuje

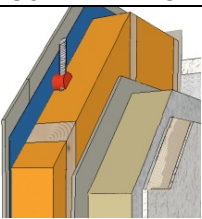
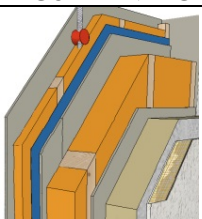
Nadaljevanje

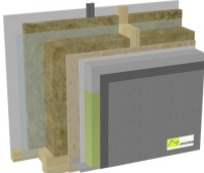
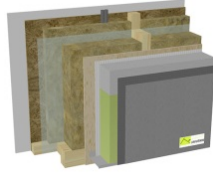
Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Riko hiše LESENA STENA	CBD LESENA MASIVNA
		
Debelina stene	220 - 360 mm + fasada	260 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,270 - 0,130 W/m ² K	0,200 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	47 – 59 dB	≥ 52 dB
Požarna odpornost (REI)	60 min	60 min
Temperaturni zamik (D [h])	13 - 22,5 h	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Omet/les/kamen/kovina/ opeka/cementno vl. pl./umetne mase	Malta in dekorativni zaključni omet
Dodatna izolacija oz. zaščita	Izolacija iz lesnih vlaken 60 mm	-
Izolacija	Izolacija iz lesnih vlaken 60 - 200 mm	Izolacija 160 mm (na zunanji strani nosilne konstr.)
Nosilna konstrukcija	Lesena lepljena masivna stena 100 mm	Lesena križno lepljena plošča 100 mm
Dodatna izol. na notranji strani	-	-
Finalna obloga	Vidna masivna lepljena stena	Vidna lesena površina ali mavčno vlaknena plošča

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Promles VARČNA	Pergola PERGOLA CLASSIC
		
Debelina stene	350 mm	300 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,180 W/m ² K	0,137 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	-	-
Požarna odpornost (REI)	-	-
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Malta in zaključni omet 7 mm	Lepilo in zaključni omet 7 mm
Izolacija fasade	Stiropor 150 mm	Stiropor 100 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	OSB plošča 10 mm	Mavčno vl. plošča 12,5 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna 160 mm	Steklena volna 160 mm
Nosilna konstrukcija	Les 7/160 mm	Les 60/160 mm
Parna ovira/obloga	Parna zapora 0,5 mm in OSB plošča	PE folija 0,112 mm
Izolacija na notranji strani	-	-
Finalna obloga	Mavčno kartonska plošča 12,5 mm	Mavčno vl. plošča 12,5 mm

Se nadaljuje

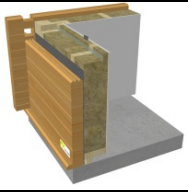
Nadaljevanje

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Pergola PERGOLA PREMIUM	Pergola PERGOLA ENERGY
		
Debelina stene	350 mm	410 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,116 W/m ² K	0,099 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	-	-
Požarna odpornost (REI)	-	-
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Mreža, lepilo in zaključni omet 7 mm	Mreža, lepilo in zaključni omet 7 mm
Izolacija fasade	Stiropor 150 mm	Stiropor 150 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Mavčno vl. plošča 12,5 mm	Mavčno vl. plošča 12,5 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Steklena volna 160 mm	Steklena volna 160 mm
Nosilna konstrukcija	Les 60/160	Les 60/160 mm
Parna ovira/obloga	PE folija 0,112 mm	Mavčno vl. plošča 12,5 mm + PE folija 0,112 mm
Izolacija na notranji strani	-	Steklena volna 50 mm + lesena podkonstr. 44/50 mm
Finalna obloga	Mavčno vl. plošča 12,5 mm	Mavčno vl. plošča 12,5 mm

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Javušnik STANDARD	Javušnik JAVUŠNIK
		
Debelina stene	326 mm	407 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,137 W/m ² K	0,110 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	-	-
Požarna odpornost (REI)	-	-
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Malta + fasadni omet 5 mm	Malta + fasadni omet 5 mm
Izolacija fasade	Stiropor 100 mm	Stiropor 150 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Mavčno vl. plošča 12,5 mm	Mavčno vl. plošča 12,5 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna 150 mm	Kamena volna 150 mm
Nosilna konstrukcija	Les 60/150 mm	Les 60/150 mm
Parna ovira/obloga	PE folija 0,2 mm	PE folija 0,2 mm + OSB plošča
Izolacija na notranji strani	Kamena volna 40 mm + lesena podkonstr. 44/60 mm	Kamena volna 50 mm + lesena podkonstr. 60/60 mm
Finalna obloga	Mavčno kartonska plošča 12,5 mm	Mavčno kartonska plošča 12,5 mm

Se nadaljuje

Nadaljevanje

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Javušnik Bruna z lesenim opažem	Javušnik Bruna z mavčno kartonsko ploščo
		
Debelina stene	303 – 457 mm	297 - 464 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,154 - 0,197 W/m ² K	0,154 - 0,197 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	-	-
Požarna odpornost (REI)	-	-
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Lesena bruna 90 - 250 mm	Lesena bruna 90 - 250 mm
Izolacija fasade	-	-
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	-	-
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna 150 mm	Kamena volna 150 mm
Nosilna konstrukcija	Les 60/150 mm	Les 60/150 mm
Parna ovira/obloga	Airstop folija 0,2 mm + paroprepustna folija med lesenimi brunami in konstrukcijo 0,5 mm	Airstop folija 0,2 mm + paroprepustna folija med lesenimi brunami in konstrukcijo 0,5 mm
Izolacija na notranji strani	Kamena volna 40 mm + lesena podkonstr. 44/60 mm	Kamena volna 40 mm + lesena podkonstr. 44/60 mm
Finalna obloga	Lesen opaž 19 mm	Mavčno kartonska pl. 12,5 mm

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Montas STANDARD	Montas PREMIUM
		
Debelina stene	290 mm	326,2 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	-	-
Zvočna izolativnost (Rw)	-	-
Požarna odpornost (REI)	-	-
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Malta + fasadni omet 6-8 mm	Malta + fasadni omet 6-8 mm
Izolacija fasade	Stiropor 100 mm	Stiropor 120 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Mavčno vl. plošča 15 mm	Mavčno vl. plošča 15 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	140 mm	Kamena volna 160 mm
Nosilna konstrukcija	Lepljen les 7/140 mm	Lepljen les 7/160 mm
Parna ovira/obloga	PE folija 0,2 mm + mavčno vl. plošča 15 mm	PE folija 0,2 mm + mavčno vl. plošča 15 mm
Izolacija na notranji strani	-	-
Finalna obloga	Mavčno kartonska plošča 10 mm	Mavčno kartonska plošča 10 mm

Se nadaljuje

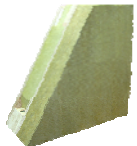
Nadaljevanje

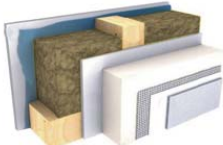
Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Montas PREMIUM EKSTRA	Montas PREMIUM BIO/EKO
		
Debelina stene	416 mm	366 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	-	-
Zvočna izolativnost (Rw)	-	-
Požarna odpornost (REI)	-	-
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Malta + fasadni omet 6-8 mm	Malta + fasadni omet 6-8 mm
Izolacija fasade	Kamena volna 150 mm	Lesna vlakna/kamena volna 100 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Mavčno vl. plošča 15 mm	Mavčno vl. plošča 15 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna 160 mm	Lesna vlakna 160 mm
Nosilna konstrukcija	Lepljen les 88/160 mm	Lepljen les 88/160 mm
Parna ovira/obloga	PE folija 0,2 mm + mavčno vl. plošča 15 mm	Parna ovira eko folija + mavčno vl. plošča 15 mm
Izolacija na notranji strani	Kamena volna 60 mm + lesena podkonstrukcija ?/60 mm	Lesna vlakna 60 mm + lesena podkonstrukcija ?/60 mm
Finalna obloga	Mavčno kartonska plošča 10 mm	Mavčno kartonska plošča 10 mm

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	GLIN Nazarje GLIN/GLIN OPTI	GLIN Nazarje GLIN PLUS
	-	-
Debelina stene	350 mm	360 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,124 W/m ² K	0,114 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	-	-
Požarna odpornost (REI)	-	-
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Malta + fasadni omet 4 mm	Malta + fasadni omet 4 mm
Izolacija fasade	Stiropor 150 mm	Neopor 150 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Mavčno vl. plošča 15 mm	Mavčno vl. plošča 15 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Steklena volna 160 mm	Steklena volna 160 mm
Nosilna konstrukcija	Les 80/160 mm	Les 80/160 mm
Parna ovira/obloga	PE folija 0,2 mm	PE folija 0,2 mm + mavčno vl. plošča 15 mm
Izolacija na notranji strani	-	-
Finalna obloga	Mavčno vl. plošča 15 mm	Mavčno vl. plošča 10 mm

Se nadaljuje

Nadaljevanje

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Neopan STANDARD	Neopan EKO
		
Debelina stene	270 – 360 mm	270 – 360 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,160 – 0,120 W/m ² K	0,160 – 0,120 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	-	-
Požarna odpornost (REI)	-	-
Temperaturni zamik (D [h])	7,92 – 9,42	10,45 – 13,16
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Malta + fasadni omet 4,5 mm	Malta + fasadni omet 4,5 mm
Izolacija fasade	Stiropor 60/100/150 mm	Kamena volna 60/100/150 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Konstrukcijska lesno vl. plošča 22 mm	Konstrukcijska lesno vl. plošča 22 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Stiropor 100/150 mm	Kamena volna 150 mm
Nosilna konstrukcija	Lepljen les 100/150 mm*	Lepljen les 100/150 mm*
Parna ovira/obloga	Konstrukcijska lesno vl. plošča 22 mm	Konstrukcijska lesno vl. plošča 22 mm
Izolacija na notranji strani	-	-
Finalna obloga	Mavčno kartonska ognjevarna plošča 12,5 mm	Mavčno kartonska ognjevarna plošča 12,5 mm

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Neopan NATUR	Žiher hiše NIZKOENERGIJSKA STENA
		
Debelina stene	270 – 360 mm	310 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,160 – 0,120 W/m ² K	0,130 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	-	-
Požarna odpornost (REI)	-	-
Temperaturni zamik (D [h])	12,6 – 16,42	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Malta + fasadni omet 4,5 mm	Fasadni omet
Izolacija fasade	Naravna pluta 60/100/150 mm	Stiropor 120 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Konstrukcijska lesno vl. plošča 22 mm	Mavčno vl. plošča 12,5 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Naravna pluta 150 mm	Kamena volna 160 mm
Nosilna konstrukcija	Lepljen les 100/150 mm*	Les ?/160 mm
Parna ovira/obloga	Konstrukcijska lesno vl. plošča 22 mm	PE folija 0,2 mm
Izolacija na notranji strani	-	-
Finalna obloga	Mavčno kartonska ognjevarna plošča 12,5 mm	Mavčno vl. plošča 12,5 mm

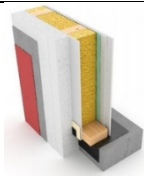
*nosilne konstrukcije Neopan so sestavljene tako, da je med nosilnimi elementi stene vgrajeno osnovno izolacijsko sredstvo, katero se v konstrukcijskem sklopu uporablja.

- lepljen les 2x (40/250 mm), izoliran s 70mm izolacijskega materiala
- lepljen les 2x (40/125 mm), izoliran s 70 mm izolacijskega materiala – Zaključni venec

Se nadaljuje

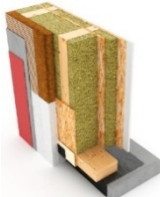
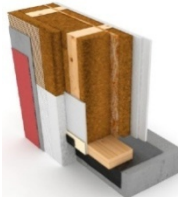
Nadaljevanje

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Jaris PRIJAZNA	Jaris VARČNA (*2,5 litrska nizkoenergijska hiša)
	-	-
Debelina stene	304,5 mm	324,5 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,177 W/m ² K	0,134 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	-	-
Požarna odpornost (REI)	-	-
Temperaturni zamik (D [h])	6,5	11,45
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Silikonsko-silikatni zaključni omet 7 mm	Silikonsko-silikatni zaključni omet 7 mm
Izolacija fasade	Leseno vlaknena fasadna plošča 60 mm	Leseno vlaknena fasadna plošča 60 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	-	-
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Celulozni kosmiči 160 mm	Celulozni kosmiči 180 mm
Nosilna konstrukcija	Les 7/160 mm	Les 7/180 mm
Parna ovira/obloga	OSB plošča 15 mm	OSB plošča 15 mm
Izolacija na notranji strani	Instalacijski kanal brez vmesne izolacije 50 mm	Instalacijski kanal z vmesno izolacijo 50 mm
Finalna obloga	Mavčno kartonska plošča 12,5 mm	Mavčno kartonska plošča 12,5 mm

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Kager VITA NOVA	Kager hiša OPTIMA* ¹
		
Debelina stene	273 mm	275 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,161 W/m ² K	0,158 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	-	≥ 46 dB
Požarna odpornost (REI)	30 min	60 min
Temperaturni zamik (D [h])	10,3	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Malta + silikonski omet 5 mm	Malta in silikonski omet 5 mm
Izolacija fasade	Stiropor 70 mm	Stiropor 80 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Mavčno vl. plošča 15 mm	Mavčno vl. plošča 15 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna 100 mm	Kamena volna** 160 mm
Nosilna konstrukcija	Lepljen les 80/100 mm	Lepljen les 80/160 mm
Parna ovira/obloga	Parna zapora in lesna gradbena plošča 18 mm	Parna zapora PE folija
Izolacija na notranji strani	Izolacija 40 mm + lesena podkonstr. 50 mm	-
Finalna obloga	Mavčno vl. plošča 15 mm	Mavčno vl. plošča 15 mm

Se nadaljuje

Nadaljevanje

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Kager DOH ^{*2}	Kager BIO ^{*3}
		
Debelina stene	315 mm	315 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,169 W/m ² K	0,176 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	≥ 52 dB	≥ 52 dB
Požarna odpornost (REI)	60 min	60 min
Temperaturni zamik (D [h])	11,4	13,1
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Malta + silikonski omet 5 mm	Malta + silikonski omet 5 mm
Izolacija fasade	Plošča iz lesnih vlaken 60 mm	Plošča iz lesnih vlaken ^{**2} 60 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	-	-
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna 160 mm	Lesna vlakna 160 mm
Nosilna konstrukcija	Lepljen les 80/160 mm	Lepljen les 80/160 mm
Parna ovira/obloga	OSB plošča 15 mm	OSB plošča 15 mm
Izolacija na notranji strani	Kamena volna ^{**} 40 mm in lesena podkonstr. 60 mm	Lesna vlakna 40 mm in lesena podkonstr. 60 mm
Finalna obloga	Mavčno vl. plošča 15 mm	Mavčno vl. plošča 15 mm

^{*1}Sistem ima več različic fasadne obloge. Poleg opisane so na voljo tudi kamnita fasada in fasada v izvedbi lesenega opaža. Pri slednji se toplotna prehodnost spremeni na 0,165 W/m²K, pri izvedbi v kamnu pa se ta spremeni na 0,176 W/m²K.

^{*2}Sistem ima več različic fasadne obloge. Poleg opisane so na voljo tudi kamnita fasada in fasada v izvedbi lesenega opaža. Pri slednji se toplotna prehodnost spremeni na 0,163 W/m²K, pri izvedbi v kamnu pa se ta spremeni na 0,164 W/m²K. Spremeni se tudi fazni zamik – pri izvedbi v leseni fasadi na 12,4 h ter pri izvedbi v kamniti fasadi na 11,6 h.

^{*3}Sistem ima več različic fasadne obloge. Poleg opisane so na voljo tudi kamnita fasada in fasada v izvedbi lesenega opaža. Pri slednji se toplotna prehodnost spremeni na 0,170 W/m²K, pri izvedbi v kamnu pa se ta spremeni na 0,171 W/m²K. Spremenita se tudi fazna zamika pri posameznih izvedbah; pri izvedbi lesene fasade se fazni zamik spremeni na 14,1 h, pri izvedbi fasade v kamnu pa je fazni zamik 13,3 h.

^{**}Kamena volna, ki se uporablja za izolacijo na notranji strani stene ima nižjo gostoto ($\rho = 30 \text{ kg/m}^3$) kot kamena volna med leseno konstrukcijo ($\rho = 50 \text{ kg/m}^3$).

^{**2}Lesna vlakna, ki se uporabljajo za izolacijo fasade imajo višjo gostoto ($\rho = 240 \text{ kg/m}^3$) kot vlakna med leseno konstrukcijo in na notranji strani konstrukcije ($\rho = 50 \text{ kg/m}^3$). Iz tega lahko razberemo, da gre v tem primeru za vlakneno ploščo imenovano »Soft board«.

Se nadaljuje

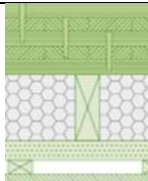
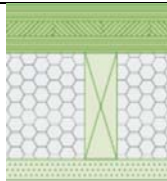
Nadaljevanje

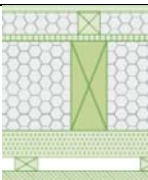
Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Ci produkt KLASIK MASIV X-LAM	Ci produkt EKO KLASIK
		
Debelina stene	343 mm	318 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	-	0,168 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	-	-
Požarna odpornost (REI)	-	-
Temperaturni zamik (D [h])	-	17,9
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Paropropustna fasada 8 mm	Paropropustna fasada 8 mm
Izolacija fasade	Lesno vlaknena plošča 60 mm	Lesno vlaknena plošča 60 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	-	-
Izolacija med nosilno konstrukcijo	-	Celulozna vlakna 160/180 mm
Nosilna konstrukcija	Križno lepljena plošča 100 mm	Les 160/180 mm
Parna ovira/obloga	-	OSB plošča 15 mm
Izolacija na notranji strani	Kamena volna 160 mm	Lesno vlaknena plošča 60 mm
Finalna obloga	Mavčno kartonska ognjevarna plošča 15 mm	Mavčno kartonska ognjevarna plošča 15 mm

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Ci produkt EKO KLASIK+	Ci produkt EKO MASIV
		
Debelina stene	388 mm	403 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,131 W/m ² K	-
Zvočna izolativnost (Rw)	-	-
Požarna odpornost (REI)	-	-
Temperaturni zamik (D [h])	19	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Paropropustna fasada 8 mm	Paropropustna fasada 8 mm
Izolacija fasade	Lesno vlaknena plošča 60 mm	Lesno vlaknena plošča 60 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	-	-
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Celulozna vlakna 160/180 mm	-
Nosilna konstrukcija	Les 160/180 mm	Križno lepljena plošča 100 mm
Parna ovira/obloga	OSB plošča 15 mm	-
Izolacija na notranji strani	Celulozna vlakna 100 mm	Lesno vlaknena plošča 60 mm
Finalna obloga	Mavčno kartonska ognjevarna plošča 2x12,5 mm	Mavčno kartonska ognjevarna plošča 15 mm

Se nadaljuje

Nadaljevanje

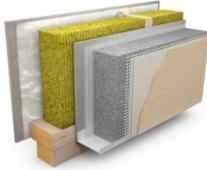
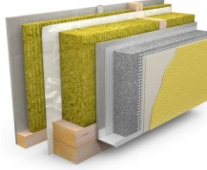
Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	EkoArt MASIVNA BIO GRADNJA	EkoArt MASIVNA X-LAM GRADNJA
		
Debelina stene	-	-
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	-	-
Zvočna izolativnost (Rw)	-	-
Požarna odpornost (REI)	-	-
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Lesena obloga ali propustna fasada 2 mm	Lesena obloga ali propustna fasada 2 mm
Izolacija fasade	Lesno vlaknena plošča 60 mm	Lesno vlaknena plošča 60 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	-	-
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Lesna vlakna 140-240 mm	Lesna vlakna 140-240 mm
Nosilna konstrukcija	iqwood plošča 150-210 mm	Križno lepljena plošča 95 mm
Parna ovira/obloga	-	-
Izolacija na notranji strani	-	-
Finalna obloga	2x mavčnokartonska plošča/kosmate deske z glinenim ometom na trstiki ali lesena obloga	2x mavčnokartonska plošča/kosmate deske z glinenim ometom na trstiki ali lesena obloga

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	EkoArt SKELETNE HIŠE
	
Debelina stene	-
LASTNOSTI	
Toplotna prehodnost (U)	-
Zvočna izolativnost (Rw)	-
Požarna odpornost (REI)	-
Temperaturni zamik (D [h])	-
SESTAVA SKLOPA	
Fasada	Lesena obloga ali propustna fasada 2 mm
Izolacija fasade	Lesno vlaknena plošča 60 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	-
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Celulozna vlakna 200 mm
Nosilna konstrukcija	Les 60x200 mm
Parna ovira/obloga	OSB plošča 15 mm
Izolacija na notranji strani	Lesna vlakna 50 mm
Finalna obloga	2x mavčnokartonska plošča/kosmate deske z glinenim ometom na trstiki ali lesena obloga

7.3 DOBRI NIZKOENERGIJSKI KONSTRUKCIJSKI SKLOPI

Pri dobrih nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopih (preglednica 20) je letna potreba po toploti za ogrevanje od 15-25 kWh/m²a – delitev v skladu s pravilnikom, razred B1. Izpolnjujejo pogoje za pridobitev sredstev iz Eko sklada.

Preglednica 20: Dobri nizkoenergijski konstrukcijski sklopi

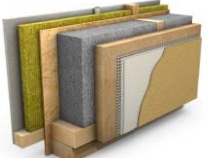
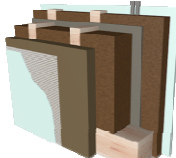
Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Marles hiše Maribor MEGA N14	Marles hiše Maribor MEGA PLUS N10
		
Debelina stene	336 mm	354 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,120 W/m ² K	0,120 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	≥ 46 dB	≥ 46 dB
Požarna odpornost (REI)	60 min	60 min
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Malta 2,5 mm + omet 2 mm	Malta 2,5 mm + omet 2 mm
Izolacija fasade	Neopor 140 mm	Neopor 100 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Mavčno vl. plošča 15 mm	Mavčno vl. plošča 15 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna 140 mm	Kamena volna 140 mm
Nosilna konstrukcija	Les 60(80)/160 mm	Les 60(80)/160 mm
Parna ovira/obloga	PE folija 0,2 mm	PE folija 0,2 mm
Izolacija na notranji strani	-	Kamena volna 40 mm + lesena podkonstr. 60/60 ali 60/44 mm
Finalna obloga	Mavčno vl. plošča 15 mm	Mavčno vl. plošča 15 mm

Se nadaljuje

Nadaljevanje

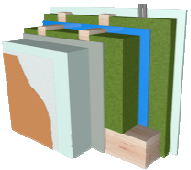
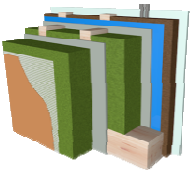
Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Marles hiše Maribor MEGA PLUS N10 NATURA	Marles hiše Maribor EKO
		
Debelina stene	354 mm	317 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,133 W/m ² K	0,150 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	≥ 48 dB	≥ 46 dB
Požarna odpornost (REI)	60 min	60 min
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Malta 2,5 mm + omet 2 mm	Malta 2,5 mm + omet 2 mm
Izolacija fasade	Neopor 100 mm	Lesno vlaknena plošča 60 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Mavčno vl. plošča 15 mm	-
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Vpihana cel. vl. 160 mm*	Lesno vl. plošča 160 mm
Nosilna konstrukcija	Les 60(80)/160 mm	Les 60(80)/160 mm
Parna ovira/obloga	PE folija 2 mm	OSB plošča 15 mm
Izolacija na notranji strani	Kamena volna 40 mm + podkonstr. 60/60 ali 60/44 mm	Lesno vl. pl. 60 mm + lesena podkonstr. 60/60 ali 60/44 mm
Finalna obloga	Mavčno vl. plošča 15 mm	Mavčno vl. plošča 15 mm

*ρ=60-65 kg/m³

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Marles hiše Maribor EKO NATURA	Jelovica hiše EKO +
		
Debelina stene	317 mm	347 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,160 W/m ² K	0,160 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	≥ 50 dB	≥ 45 dB
Požarna odpornost (REI)	60 min	90 min
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Armirana malta 2,5 mm in zaključni omet 2 mm	Fasadni omet 7 mm
Izolacija fasade	Lesno vl. plošča 60 mm	Lesno vl. plošča 60 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	-	-
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Vpihana celulozna vlakna 160 mm*	Lesna volna 140 mm
Nosilna konstrukcija	Les 60(80)/160 mm	Les 80/140 mm
Parna ovira/obloga	OSB plošča 15 mm	OSB plošča
Izolacija na notranji strani	Kamena volna 40 mm + lesena podkonstr. 60/60 mm ali 60/44 mm	Lesna volna 100 mm + lesena podkonstr. 100 mm
Finalna obloga	Mavčno vl. plošča 15 mm	Mavčno kartonska plošča 18 mm

Se nadaljuje

Nadaljevanje

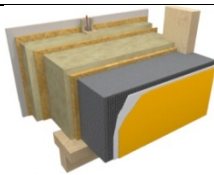
Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Jelovica hiše TERMO +	Jelovica hiše TERMO NATUR
		
Debelina stene	412 mm	412 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,117 W/m ² K	0,120 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	≥ 45 dB	≥ 46 dB
Požarna odpornost (REI)	90 min	90 min
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Fasadni omet 5 mm	Fasadni omet 6 mm
Izolacija fasade	Stiropor 160 mm	Kamena volna 160 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Cementno iverna pl. 16 mm	Cementno iverna pl. 16 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna 140 mm	Kamena volna 140 mm
Nosilna konstrukcija	Les 80/140 mm	Les 80/140 mm
Parna ovira/obloga	Parna zapora 0,25 mm	Parna zapora 0,2 mm + cementno iverna pl. 12 mm
Izolacija na notranji strani	Kamena volna 60 mm + lesena podkonstr. 60 mm	Lesna volna 60 mm + lesena podkonstr. 60 mm
Finalna obloga	Mavčno kartonska pl. 18 mm	Mavčno kartonska pl. 18 mm

*ρ=60-65 kg/m³

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Lumar IG EKO&BIO	Riko hiše RIKO PLUS STENA
		
Debelina stene	328 mm	272,5 – 385 mm + fasada
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,166 W/m ² K	0,190 – 0,134 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	-	44 – 51 dB
Požarna odpornost (REI)	-	90 min
Temperaturni zamik (D [h])	-	9,1 - 16,6
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Armirana malta 6 mm in zaključni omet 2 mm	Omet/les/kamen/kovina/opeka/cementno vl. pl./umetne mase
Izolacija fasade	Lesno vl. plošča 60 mm	Lesna vlakna 60 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	-	-
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Celulozna vlakna / lesna vlakna 160 mm	Celulozna vlakna 160/200/240 mm
Nosilna konstrukcija	Les 160 mm	I - profili
Parna ovira/obloga	Parna zapora 0,2 mm + OSB plošča 15 mm + mavčno vl. plošča 15 mm	OSB plošča
Izolacija na notranji strani	Lesno vl. plošča 60 mm + lesena podkonstr. 60 mm	Brez ali izolacija iz lesnih vlaken 40/60 mm
Finalna obloga	Mavčno vl. plošča 10 mm	Mavčno vl plošča 12,5/25 mm

Se nadaljuje

Nadaljevanje

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Promles VARČNA +	Kager OPTIMA PLUS* ¹
		
Debelina stene	414,5 mm	338 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	-	0,137 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	-	≥ 46 dB
Požarna odpornost (REI)	-	60 min
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Malta in zaključni omet 5 mm	Malta + akrilni omet 8 mm
Izolacija fasade	Neopor 150 mm	Stiropor 80 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	OSB plošča 15 mm	Mavčno vl. plošča 15 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna DP5 160 mm	Kamena volna 160 mm
Nosilna konstrukcija	Les 160 mm	Lepljen les 80/160 mm
Parna ovira/obloga	OSB plošča 10 mm (2x)	Parna zapora
Izolacija na notranji strani	Kamena volna DP3 50 mm in lesena podkonstrukcija	Kamena volna** 40 mm + lesena podkonstr. ?/60 mm
Finalna obloga	Mavčno vl. plošča 12,5 mm	Mavčno vl. plošča 15 mm

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	CBD MASIVNA STENA
	
Debelina stene	345 mm
LASTNOSTI	
Toplotna prehodnost (U)	0,150 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	≥ 52 dB
Požarna odpornost (REI)	60 min
Temperaturni zamik (D [h])	-
SESTAVA SKLOPA	
Fasada	Malta in zaključni omet
Dodatna izolacija oz. zaščita	-
Izolacija	Izolacija 180 mm
Nosilna konstrukcija	Lesena križno lepljena plošča 100 mm
Dodatna izol. na notranji strani	Izolacija 50 mm
Finalna obloga	Mavčno vl. plošča 15 mm

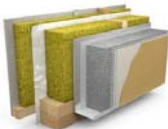
*¹Sistem ima več različic fasadne obloge. Poleg opisane so na voljo tudi kamnita fasada in fasada v izvedbi lesenega opaža. Pri slednji se toplotna prehodnost spremeni na 0,143 W/m²K, pri izvedbi v kamnu pa se ta spremeni na 0,151 W/m²K.

**Kamena volna, ki se uporablja za izolacijo na notranji strani stene ima nižjo gostoto ($\rho = 30 \text{ kg/m}^3$) kot kamena volna med leseno konstrukcijo ($\rho = 50 \text{ kg/m}^3$).

7.4 PASIVNI KONSTRUKCIJSKI SKLOPI

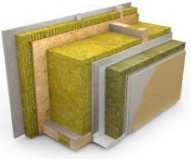
Pri pasivnih konstrukcijskih sklopih (preglednica 21) je letna potreba po toploti za ogrevanje od 10-15 kWh/m²a – delitev v skladu s pravilnikom, razred A2. Izpolnjujejo pogoje za pridobitev sredstev iz Eko sklada.

Preglednica 21: Pasivni konstrukcijski sklopi

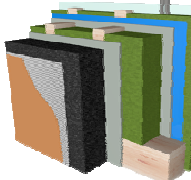
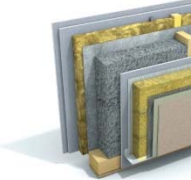
Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Marles hiše Maribor MEGA PLUS PASIV N14	Marles hiše Maribor MEGA PLUS PASIV N14 NATURA
		
Debelina stene	397 mm	397 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,100 W/m ² K	0,106 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	≥ 46 dB	≥ 47 dB
Požarna odpornost (REI)	60 min	60 min
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Armirana malta 2,5 mm in zaključni omet 2 mm	Armirana malta 2,5 mm in zaključni omet 2 mm
Izolacija fasade	Neopor 140 mm	Neopor 140 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Mavčno vl. plošča 15 mm	Mavčno vl. plošča 15 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna 160 mm	Vpihana cel. vlakna 160 mm*
Nosilna konstrukcija	Les 60(80)/160 mm	Les 60(80)/160 mm
Parna ovira/obloga	PE folija 0,2 mm	PE folija 0,2 mm
Izolacija na notranji strani	Kamena volna 60 mm + lesena podkonstr. 60/60 mm ali 60/44 mm	Kamena volna 60 mm + lesena podkonstr. 60/60 mm ali 60/44 mm
Finalna obloga	Mavčno vl. plošča 15 mm	Mavčno vl. plošča 15 mm

Se nadaljuje

Nadaljevanje

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Marles hiše Maribor PASIV	Marles hiše Maribor PASIV NATURA
		
Debelina stene	494 mm	494 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,090 W/m ² K	0,090 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	≥ 46 dB	≥ 46 dB
Požarna odpornost (REI)	60 min	60 min
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Armirana malta 2,5 mm in zaključni omet 2 mm	Armirana malta 2,5 mm in zaključni omet 2 mm
Izolacija fasade	Kamena volna 100 mm	Lesno vl. plošča 60 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Mavčno vl. plošča 15 mm	-
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna 280 mm	Vpihana cel. vlakna 360 mm*
Nosilna konstrukcija	Les 60/160 mm	Les (termo nosilci) 60/360 mm
Parna ovira/obloga	OSB plošča 15 mm	OSB plošča 15 mm
Izolacija na notranji strani	Kamena volna 60 mm + lesena podkonstr. 60/60 mm ali 60/44 mm	-
Finalna obloga	Mavčno vl. plošča 15 mm	Mavčno vl. plošča 15 mm

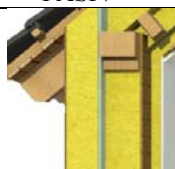
*ρ=60-65 kg/m³

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Jelovica hiše PASIV	Lumar IG LUMAR PASIVE ENERGY
		
Debelina stene	452 mm	405 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,093 W/m ² K	0,120 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	≥ 45 dB	-
Požarna odpornost (REI)	90 min	-
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Fasadni omet 5 mm	Armirana malta 3 mm in zaključni omet 2 mm
Izolacija fasade	Stiropor Neo super F 200 mm	Kamena volna 140 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Cementno iverna pl. 16 mm	Mavčno vl. Plošča 15 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna 140 mm	Celulozna vlakna 160 mm
Nosilna konstrukcija	Les 80/140 mm	Les 160 mm
Parna ovira/obloga	Parna zapora 0,2 mm + cementno iverna pl. 12 mm	Parna zapora 0,2 mm, mavčno vl. plošča 15 mm
Izolacija na notranji strani	Kamena volna 60 mm + lesena podkonstr. 60 mm	Kamena volna 60 mm + lesena podkonstr. 60 mm
Finalna obloga	Mavčno kartonska pl. 18 mm	Mavčno vl. plošča 10 mm

Se nadaljuje

Nadaljevanje

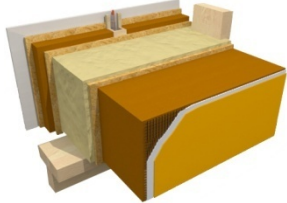
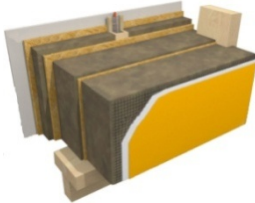
Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Lumar IG LUMAR PASIV EKO	Rihter PASIV
		
Debelina stene	455,5 mm	470 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	$< 0,1 \text{ W/m}^2\text{k}$	$0,09 \text{ W/m}^2\text{k}$
Zvočna izolativnost (Rw)	-	-
Požarna odpornost (REI)	-	-
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Armirana malta 6 mm in zaključni omet 2 mm	Paropropustni fasadni omet 6 mm
Izolacija fasade	Lesno vl. plošča 60 mm	Kamena volna 200 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	-	Mavčno vl. plošča 15 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Celulozna vl. 360 mm	Kamena volna 160 mm
Nosilna konstrukcija	Les v izvedbi I-nosilcev 360 mm	Les 160 mm
Parna ovira/obloga	OSB plošča 15 mm	OSB plošča 15 mm
Izolacija na notranji strani	-	Kamena volna 50 mm in lesena podkonstr. 60 mm
Finalna obloga	Mavčno vl. plošča 12,5 mm	Mavčno kartonska ognjevarna plošča 15 mm

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Rihter PASIV +	Riko hiše PASIVNA PLUS STENA
		
Debelina stene	530 mm	472,5 – 505 mm + fasada
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	$0,08 \text{ W/m}^2\text{k}$	$0,10 - 0,089 \text{ W/m}^2\text{k}$
Zvočna izolativnost (Rw)	$\geq 46 \text{ dB}$	$> 51 \text{ dB}$
Požarna odpornost (REI)	60 min	90 min
Temperaturni zamik (D [h])	14	17,8 - 21,9
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Paropropustni fasadni omet 6 mm	Omet/les/kamen/kovina/opeka/cementno vl. pl./umetne mase
Izolacija fasade	Kamena volna 200 mm	Lesna vlakna 60 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Mavčno vl. plošča 15 mm	-
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna 220 mm	Celulozna vlakna 360 mm
Nosilna konstrukcija	Les 220 mm	Les v izvedbi I-nosilcev, obdani z lesnimi vlakni
Parna ovira/obloga	OSB plošča 15 mm	OSB plošča
Izolacija na notranji strani	Kamena volna 50 mm in lesena podkonstr. 60 mm	Brez izolacije ali izolacija iz lesnih vlaken 40/60 mm
Finalna obloga	Mavčno kartonska ognjevarna plošča 15 mm	Mavčno vlaknena plošča 12,5/25 mm

Se nadaljuje

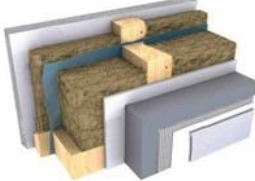
Nadaljevanje

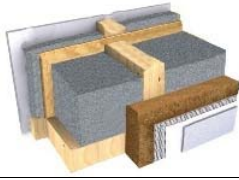
Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Riko hiše PASIVNA LESENA STENA	CBD SISTEM PASIV
		
Debelina stene	520 mm + fasada	520 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,096 W/m ² K	0,100 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	≥ 59 dB	≥ 52 dB
Požarna odpornost (REI)	60 min	60 min
Temperaturni zamik (D [h])	> 23	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Omet/les/kamen/kovina/ opeka/cementno vl. pl./umetne mase	Lesena fasada
Dodatna izolacija oz. zaščita	Izolacija iz lesnih vlaken 60 mm	Izolacija iz lesnih vlaken 40 mm
Izolacija in podkonstrukcija	Celulozna vlakna 360 mm I-nosilci 360 mm	Lesna vlakna 300 mm I-nosilci 300 mm
Nosilna konstrukcija	Lesena lepljena masivna stena 100 mm	Lesena križno lepljena plošča 60 mm
Dodatna izol. na notranji strani	-	Izolativna volna 50 mm
Finalna obloga	Vidna masivna lepljena stena	Mavčno vl. plošča 15 mm

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Promles PASIV	Promles EKO PASIV
		
Debelina stene	424,5 mm	429,5 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	-	-
Zvočna izolativnost (Rw)	-	-
Požarna odpornost (REI)	-	-
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Malta in zaključni omet 7 mm	Malta in zaključni omet 7 mm
Izolacija fasade	Kamena volna FKL 160 mm	Lesna vlakna 80 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	OSB plošča 15 mm	OSB plošča 10 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Kamena volna DP5 160 mm	Celuloza 260 mm
Nosilna konstrukcija	Les 160 mm	Les 260 mm
Parna ovira/obloga	OSB plošča 10 mm (2x)	OSB plošča 10 mm (2x)
Izolacija na notranji strani	Kamena volna DP3 50 mm in lesena podkonstrukcija	Lesna vlakna 50 mm in lesena podkonstrukcija
Finalna obloga	Mavčno vl. plošča 12,5 mm	Mavčno vl. plošča 12,5 mm

Se nadaljuje

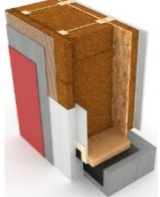
Nadaljevanje

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Jaris PASIVNA	Žiher hiše PASIVNA STENA
	-	
Debelina stene	454,5 mm	375,5 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,093 W/m ² K	0,100 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	-	-
Požarna odpornost (REI)	-	-
Temperaturni zamik (D [h])	17,75	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Silikonsko-silikatni zaključni omet 7 mm	Zaključni sloj
Izolacija fasade	Lesno vlaknena fasadna plošča 100 mm	Neopor 120 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	-	Mavčno vl. plošča 12,5 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Celulozni kosmiči 220 mm	Kamena volna 160 mm
Nosilna konstrukcija	Les 220 mm	Les 160 mm
Parna ovira/obloga	OSB plošča 15 mm	PE folija
Izolacija na notranji strani	Izolacija 100 mm	Kamena volna 50 mm in lesena podkonstr. 60 mm
Finalna obloga	Mavčno kartonska plošča 12,5 mm	Mavčno vlaknena plošča 18 mm

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Žiher hiše EKO PASIVNA STENA	Kager OPTIMAplusPASIV* ¹
		-
Debelina stene	425 mm	415 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,110 W/m ² K	0,102 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	-	≥ 46 dB
Požarna odpornost (REI)	-	60 min
Temperaturni zamik (D [h])	-	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Zaključni sloj	Malta + silikonski omet 5 mm
Izolacija fasade	Lesna vlakna 120 mm	Stiropor 160 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	-	Mavčno vl. plošča 15 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Celulozna plošča 220 mm	Kamena volna 160 mm
Nosilna konstrukcija	Les 220 mm	Les 80/160 mm
Parna ovira/obloga	OSB plošča 12 mm	Parna zapora
Izolacija na notranji strani	Celulozna plošča 50 mm in lesena podkonstr. 60 mm	Toplotna izolacija 40 mm in lesena podkonstr. 60 mm
Finalna obloga	Mavčno kartonska pl. 12,5 mm	Mavčno vl. plošča 15 mm

Se nadaljuje

Nadaljevanje

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Kager BIO PASIV* ²	Lesoteka hiše LBN PREMIUM
		
Debelina stene	470 mm	508 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,106 W/m ² K	0,09 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	≥ 46 dB	-
Požarna odpornost (REI)	60 min	-
Temperaturni zamik (D [h])	16,9	-
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Malta + silikonski omet 5 mm	Malta + omet 0,6 mm
Izolacija fasade	Plošča iz lesnih vlaken** 60 mm	-
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	Mavčno vl. plošča 15 mm	Cementna plošča 12,5 mm
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Lesna vlakna 300 mm	Kamena volna 360 mm
Nosilna konstrukcija	Les v izvedbi I-nosilcev 300 mm	Les 360 mm (3 x 120 mm)
Parna ovira/obloga	OSB plošča 15 mm	PE folija 0,2 mm (2x)
Izolacija na notranji strani	Lesna vlakna 40 mm in lesena podkonstr. 60 mm	-
Finalna obloga	Mavčno vl. plošča 15 mm	Bruna 115 mm

*¹Sistem ima dve različici fasadne obloge. Poleg opisane je na voljo tudi fasada v izvedbi lesenega opaža. Pri slednji se toplotna prehodnost spremeni na 0,110 W/m²K.

*²Sistem ima dve različici fasadne obloge. Poleg opisane je na voljo tudi fasada v izvedbi lesenega opaža. Pri slednji se toplotna prehodnost spremeni na 0,104 W/m²K. Prav tako se spremeni fazni zamik na 17,9 h.

** Lesna vlakna, ki se uporabljajo za izolacijo fasade imajo višjo gostoto ($\rho = 240 \text{ kg/m}^3$) kot vlakna med leseno konstrukcijo in na notranji strani konstrukcije ($\rho = 50 \text{ kg/m}^3$).

Se nadaljuje

Nadaljevanje

Proizvajalec in tip konstrukcijskega sklopa	Ci produkt EKO PASIV	Ci produkt EKO PASIV+
		
Debelina stene	438 mm	508 mm
LASTNOSTI		
Toplotna prehodnost (U)	0,128 W/m ² K	0,098 W/m ² K
Zvočna izolativnost (Rw)	-	-
Požarna odpornost (REI)	-	-
Temperaturni zamik (D [h])	23	24,2
SESTAVA SKLOPA		
Fasada	Paropropustna fasada 8 mm	Paropropustna fasada 8 mm
Izolacija fasade	Lesno vlaknena plošča 80 mm	Lesno vlaknena plošča 80 mm
Zunanja obloga nosilne konstrukcije	-	-
Izolacija med nosilno konstrukcijo	Celulozna vlakna 240 mm	Celulozna vlakna 240 mm
Nosilna konstrukcija	Les 240 mm	Les 240 mm
Parna ovira/obloga	OSB plošča 15 mm	OSB plošča 15 mm
Izolacija na notranji strani	Lesno vlaknena plošča 80 mm	Celulozna vlakna 140 mm
Finalna obloga	Mavčno kartonska ognjevarna plošča 15 mm	Mavčno kartonska ognjevarna plošča 2x12,5 mm

7.5 REZULTATI KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV STEN

Pregled in analiza sta po ureditvi podatkov pokazala, kako se konstrukcijski sklopi različnih proizvajalcev razlikujejo v lastnostih glede na vgrajene materiale. Najbolj opazne razlike nastanejo zaradi vgrajenih izolacijskih materialov. Med nizkoenergijskimi konstrukcijskimi sklopi je glavni in najpogosteje uporabljen izolacijski material mineralna volna, ki ima odlične požarne lastnosti. Kot sekundarni izolacijski material se najpogosteje pojavlja stiropor, ki je požarno sicer neodporen, vendar se lastnosti konstrukcije zaradi vgrajenega stiropora bistveno izboljšajo. Za primerjavo vzemimo konstrukcijska sklopa proizvajalca Lumar IG d.o.o. tipa »standard« ter »super standard«, med katerima je razlika le ta, da je v tipu »super standard« vgrajenega za 40 mm več stiropora. Razlika v toplotni prehodnosti med stenskima sestavoma je $U = 0,038 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Razlike v lastnostih pa ne nastajajo zgolj zaradi količine vgrajenega izolacijskega materiala, temveč tudi zaradi vrste izolacijskega materiala. Toplotna prehodnost pri konstrukcijskih sklopih proizvajalca Kager hiša d.o.o. tipa »doh« (kamena volna) »bio« (lesna vlakna) se ob enaki debelini različnih izolacijskih materialov razlikuje za $U = 0,007 \text{ W/m}^2\text{K}$. Med tema dvema konstrukcijskima sklopoma lahko tudi opazimo, da se ob vgraditvi lesnih vlaken kot glavnega izolacijskega materiala poveča temperaturni zamik za skoraj dve uri.

Ob primerjavi konstrukcijskih sklopov proizvajalcev Žiher hiše d.o.o., CI Produkt d.o.o., Marles hiše Maribor d.o.o. ter Lumar IG d.o.o. z enako debelino, vendar drugo vrsto izolacije, je bilo ugotovljeno, da je bil med primerjanimi sklopi toplotno najbolj izolativen stenski sestav, ki je vseboval izolacijo iz kamene volne ter stiropora, s toplotno prehodnostjo $U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$. Za primerjavo ostalih lastnosti ni dovolj podatkov. Druga najboljša je bila izolacija iz lesnih vlaken, katere toplotna prehodnost je bila $U = 0,15$

W/m^2K , na tretjem mestu po izolativnosti pa je kombinacija celuloznih kosmičev in lesnih vlaken. Seveda je potrebno tu omeniti, da se za izdelavo umetnih izolacijskih materialov porabi bistveno več energije, kot za naravne izolacijske materiale, kar seveda močno vpliva na okolje.

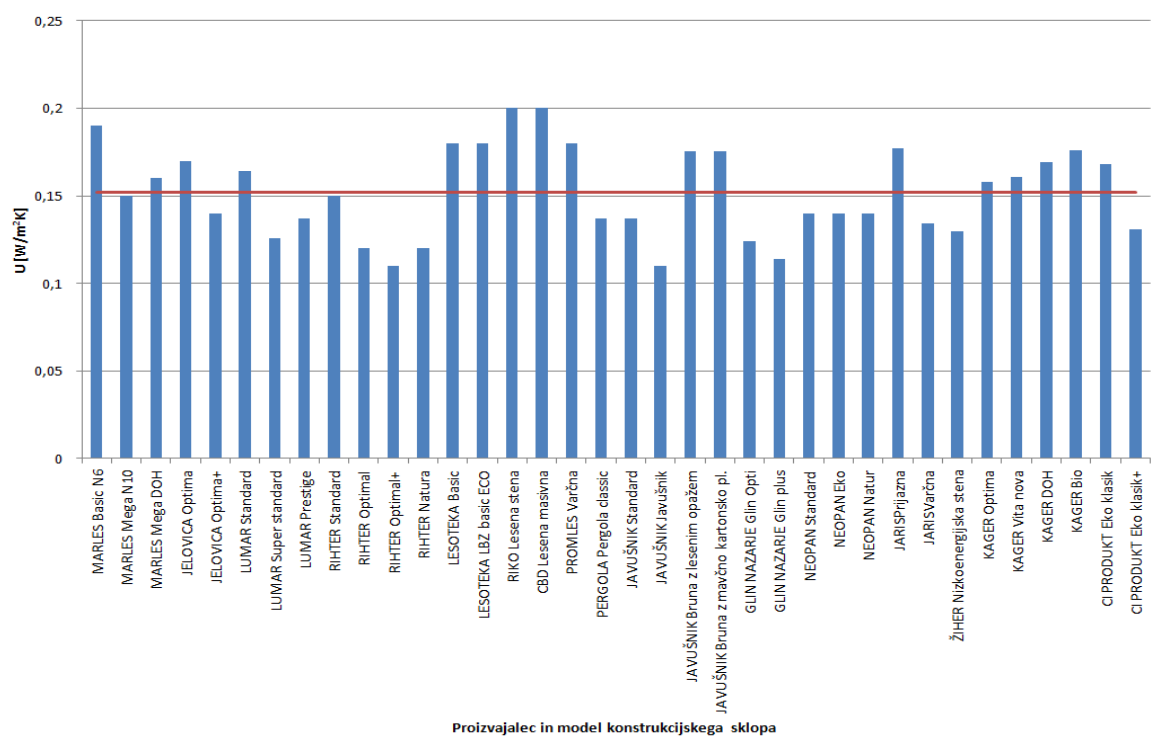
Opazimo lahko, da so ob tanjših vgrajenih slojih izolacije umetni izolacijski materiali boljši toplotni izolatorji kot naravni materiali, vendar pa naravni izolacijski materiali prednjačijo pred umetnimi izolacijami v zvočni izolativnosti ter v dolžini faznega oziroma temperaturnega zamika. Na podlagi podatkov analiziranih konstrukcij lahko ugotovimo, da naravni materiali bolje zvočno izolirajo stavbo kot umetni. To je najbolj opazno pri dobrih nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopih proizvajalca Marles hiše Maribor d.o.o., kjer omogoča kombinacija celuloznih in lesnih vlaken kar za 4 dB boljšo zvočno izolativnost, kot enaka debelina kamene volne v kombinaciji z Neoporom. K zvočni izolaciji veliko prispevajo tudi ostali materiali vgrajeni v steno, zato ima vsak proizvajalec za izboljšavo zvočne izolacije svojo rešitev: nekateri v konstrukcijske sklope vgrajujejo materiale različnih gostot, drugi vgrajujejo po dve mavčni plošči različnih gostot. Proizvajalci, ki imajo v svoji ponudbi konstrukcijske sklope v masivni izvedbi, se takih rešitev ne poslužujejo, saj je dovolj dober zvočni izolator že sama nosilna konstrukcija (npr. Riko hiše d.o.o., CBD d.o.o., CI produkt d.o.o. in Javušnik d.o.o.).

Masivna nosilna konstrukcija je boljše toplotno in zvočno izolativna kot skeletna ali panelna (predalčna) nosilna konstrukcija, poleg tega pa prispeva tudi k faznem zamiku, saj je ta pri masivnih izvedbah bistveno večji.

7.6 NIZKOENERGIJSKI KONSTRUKCIJSKI SKLOPI

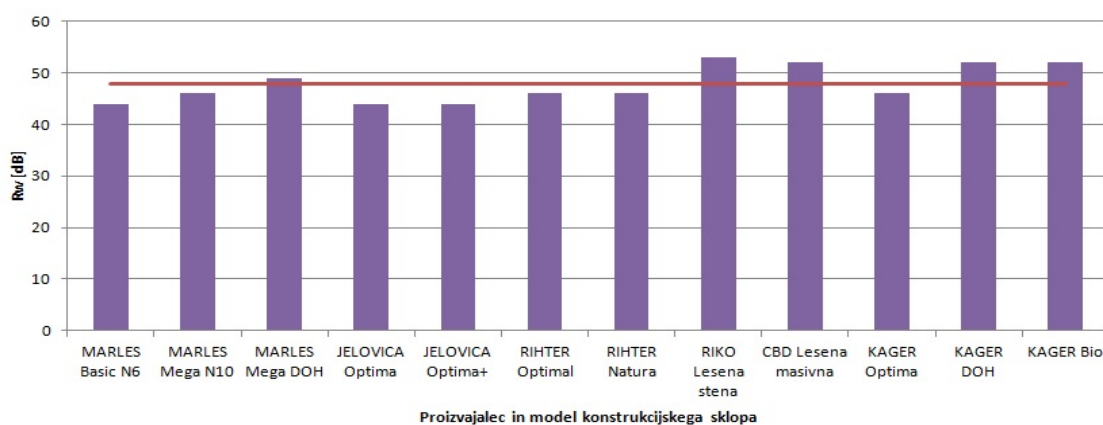
Med nizkoenergijskimi stenskimi sestavi je mogoče opaziti, da je med najbolj in najmanj toplotno izolativnim konstrukcijskim sklopom za skoraj $0,1 W/m^2K$ razlike, k čemur najbolj pripomore debelina toplotne izolacije 140 mm. Poleg debeline toplotne izolacije ima velik vpliv pri izolacijskih lastnostih tudi material toplotne izolacije – bolj izolativen konstrukcijski sklop ima vgrajeno kameno volno, slabše izolativen pa lesna vlakna.

Skoraj vsem od opisanih konstrukcijskih sklopov, ki imajo toplotno prehodnost pod povprečno vrednostjo je skupno, da imajo bodisi izolacijo iz naravnega materiala ali pa je izolacijski sloj zelo tanek. Skupne debeline izolacijskih slojev se gibljejo med 160 in 360 mm. Vsi od konstrukcijskih sklopov so znotraj meja vrednosti (slika 40), ki jih določa Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb Ur.l. RS, št. 77/2009; letna poraba energije za ogrevanje znaša $25-35 kW/m^2a$ (preglednica 1).



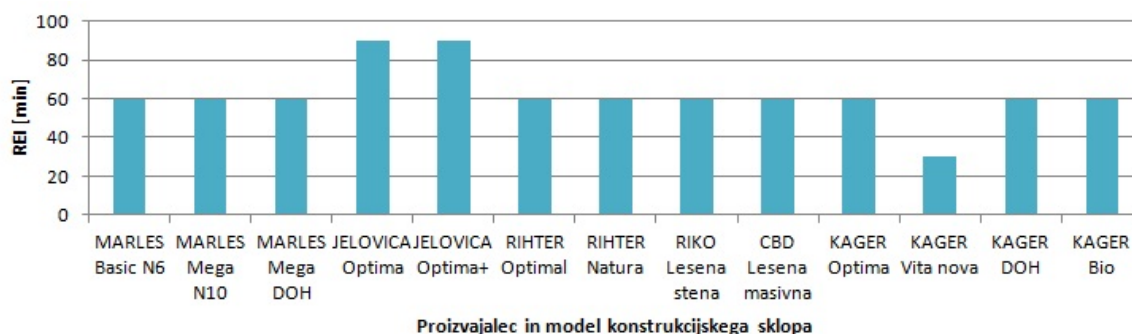
Slika 40: Primerjava lastnosti toplotne prehodnosti nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopov – rdeča črta označuje povprečje. Vrednosti pod rdečo črto predstavljajo boljše konstrukcijske sklope.

Primerjava zvočno izolacijskih lastnosti pokaže ravno obratno sliko, kot primerjava toplotno izolacijskih lastnosti, saj zvok bolje izolirajo konstrukcije z vgrajenimi naravnimi materiali in masivno leseno konstrukcijo, četudi je debelina izolacijskega sloja iz umetnih materialov, kot sta npr. mineralna volna in stiropor, večja (slika 41). Med prikazanimi izbranimi nizkoenergijskimi konstrukcijskimi sklopi je zvočno najbolj izolativen sklop podjetja Riko hiše d.o.o. »lesena stena«.



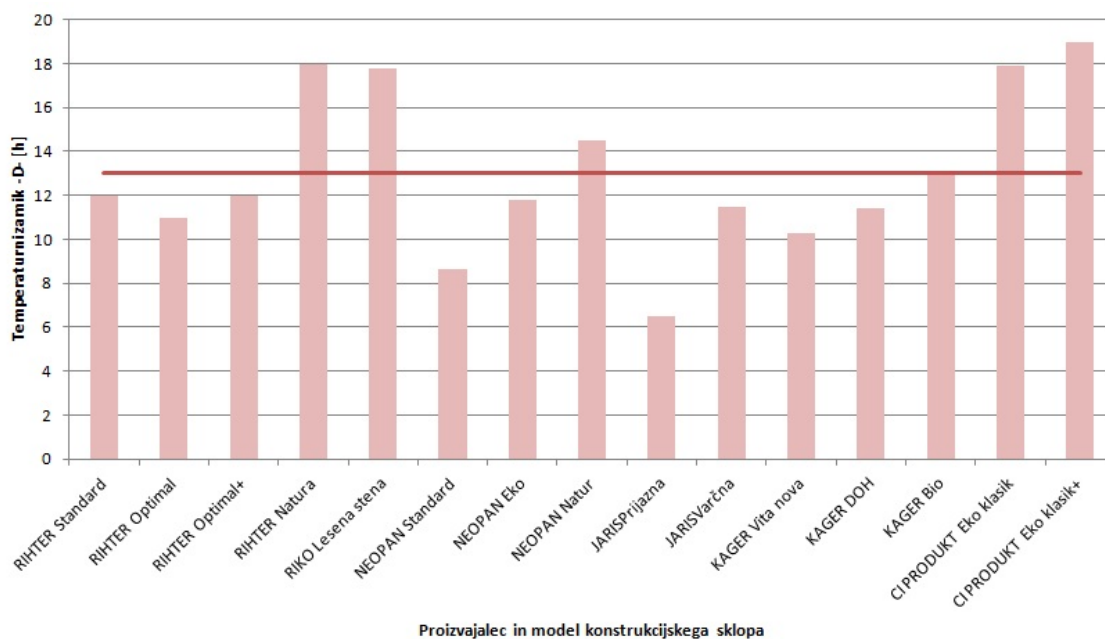
Slika 41: Primerjava zvočno izolacijskih lastnosti nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopov. Vrednosti nad rdečo črto predstavljajo boljše konstrukcijske sklope.

Izbrani stenski sestavi slovenskih proizvajalcev lesenih hiš so ob izbruhu požara v večini varni za evakuacijo 60 min (REI 60). Izjema so le konstrukcijski sklopi proizvajalca Jelovica hiše d.o.o. (REI 90), ter konstrukcijski sklop Kager hiša d.o.o. »vita nova« (REI 30). Pri sklopih podjetja Jelovica hiše d.o.o. je razlog najverjetneje v zamenjavi mavčno kartonastih in mavčno vlaknenih plošč za cementno iverne plošče, ki so težje vnetljive. Konstrukcijski sklop »vita nova« ima zaradi manjše količine kamene volne in večje količine stiropora nižjo požarno odpornost (slika 42).



Slika 42: Primerjava požarnih lastnosti nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopov

Nizkoenergijski konstrukcijski sklopi, ki imajo podatek o temperaturnem zamiku imajo v večini med 10 in 12 ur temperaturnega zamika (Rihter hiše d.o.o., Neopan d.o.o., Jaris d.o.o., Kager hiša d.o.o.). Večji temperaturni zamik in s tem manjše temperaturno nihanje v objektu imajo le konstrukcije, ki imajo vgrajen izolacijski material naravnega izvora. Manjši temperaturni zamik imajo bodisi konstrukcije z majhno debelino izolacije, bodisi konstrukcije, ki kot glavni izolacijski material uporabljajo ekspanziran polistiren (slika 43).

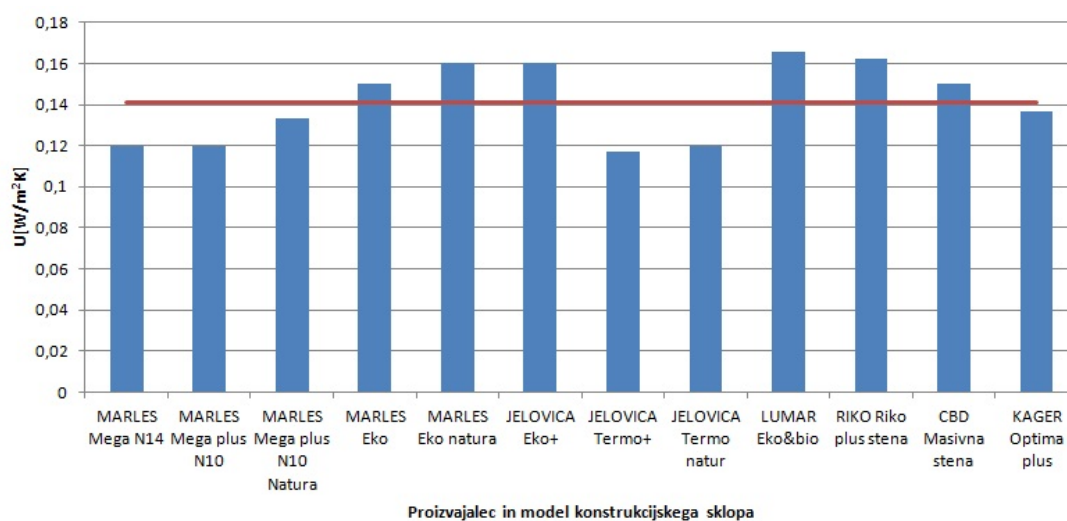


Slika 43: Primerjava temperaturnega zamika nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopov. Vrednosti nad rdečo črto predstavljajo boljše konstrukcijske sklope.

7.7 DOBRI NIZKOENERGIJSKI KONSTRUKCIJSKI SKLOPI

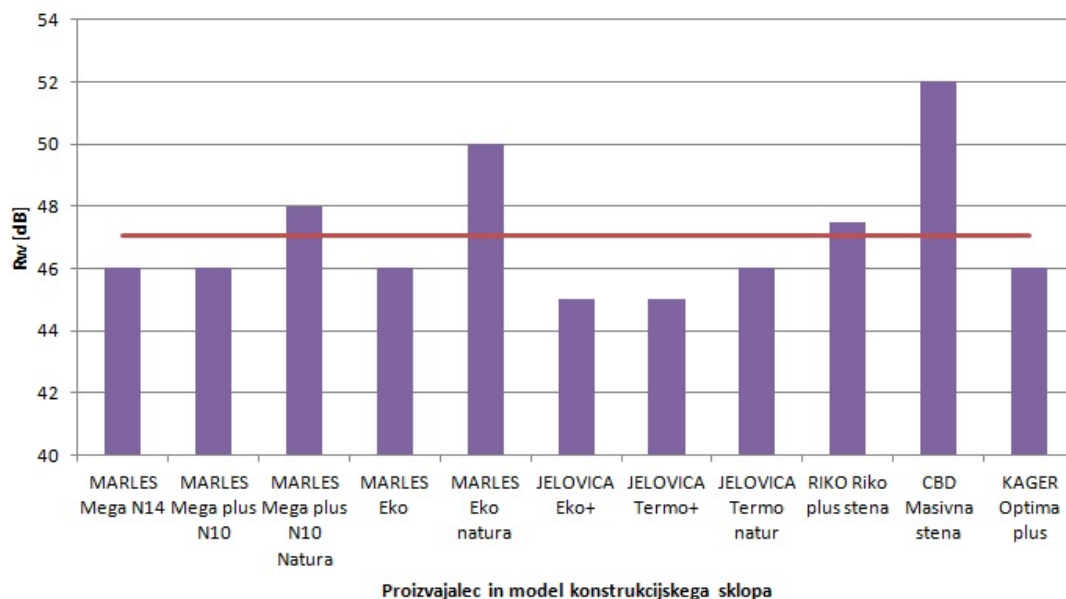
Toplotna prehodnost izbranih dobrih nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopov se giblje med $0,117 - 0,166 \text{ W/m}^2\text{K}$ (slika 44). Največja razlika temperaturne prehodnosti med nizkoenergijskimi in dobrimi nizkoenergijskimi sklopi je opazna predvsem zaradi količine izolacijskega materiala. Skupne debeline izolacijskih slojev se gibljejo med 260 in 360 mm.

Vsi analizirani izbrani konstrukcijski sklopi so znotraj meja vrednosti, ki jih določa Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb Ur.l. RS, št. 77/2009; letna poraba energije za ogrevanje znaša $15\text{--}25 \text{ kW/m}^2\text{a}$ (preglednica 1).



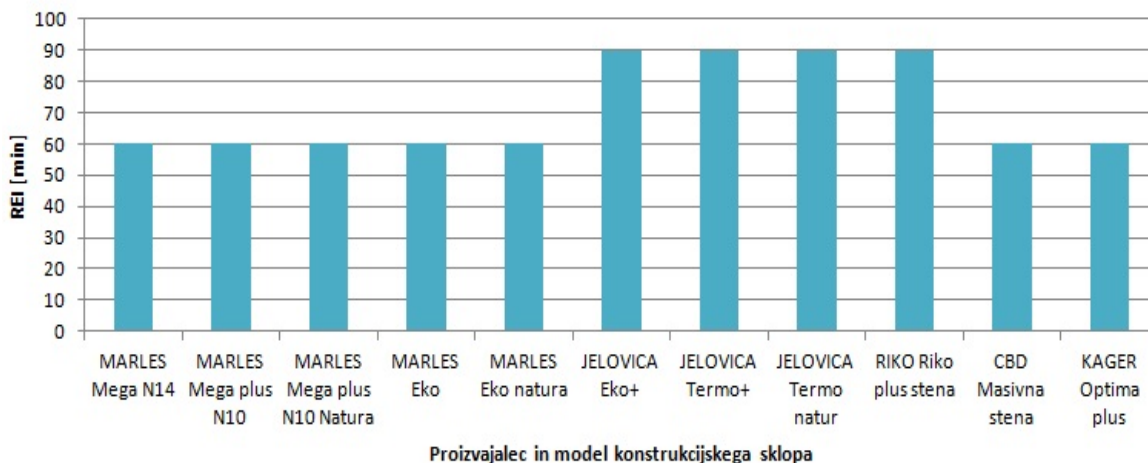
Slika 44: Primerjava lastnosti toplotne prehodnosti dobrih nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopov. Vrednosti pod rdečo črto predstavljajo boljše konstrukcijske sklope.

Na sliki 45 je prikazana zvočna izolativnost dobrih nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopov. Opazimo lahko, da je zvočno daleč najbolj izolativna konstrukcija CBD »masivna stena«, za katero proizvajalec navaja, da ima $R_w \geq 52 \text{ dB}$. To je doseženo z masivno leseno konstrukcijo in izolacijo iz lesnih vlaken debeline 330 mm.



Slika 45: Primerjava zvočno izolacijskih lastnosti dobrih nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopov. Vrednosti nad rdečo črto predstavljajo boljše konstrukcijske sklope.

Ob primerjanju požarnih lastnosti (slika 46) zopet ugotovimo, da je tudi pri dobrih nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopih evakuacijski čas večinoma 60 min (REI 60). Izjema so le konstrukcijski sklopi proizvajalcev Jelovica hiše d.o.o. in Riko hiše d.o.o., kateri imajo v primeru požara evakuacijski čas 90 minut (REI 90). Ob primerjavi je opazno, da imajo vsi dobri nizkoenergijski konstrukcijski sklopi obeh proizvajalcev vgrajene cementno- iverne plošče.

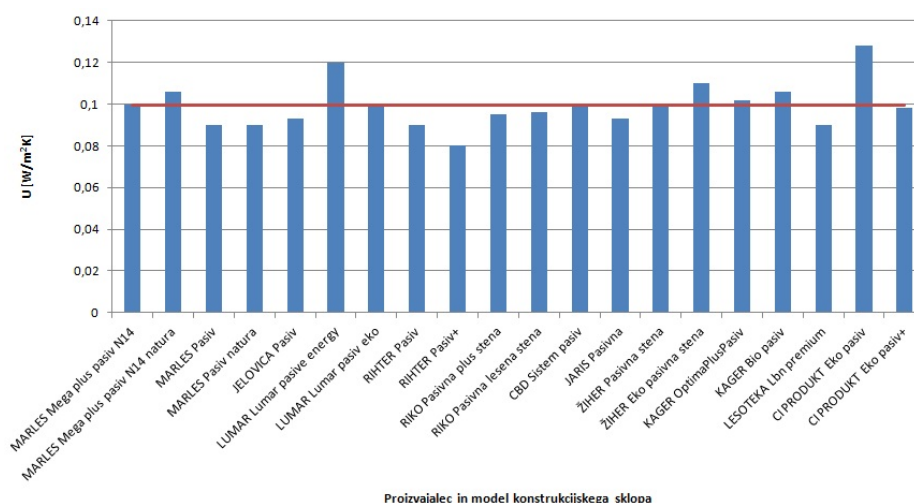


Slika 46: Primerjava požarnih lastnosti dobrih nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopov

7.8 PASIVNI KONSTRUKCIJSKI SKLOPI

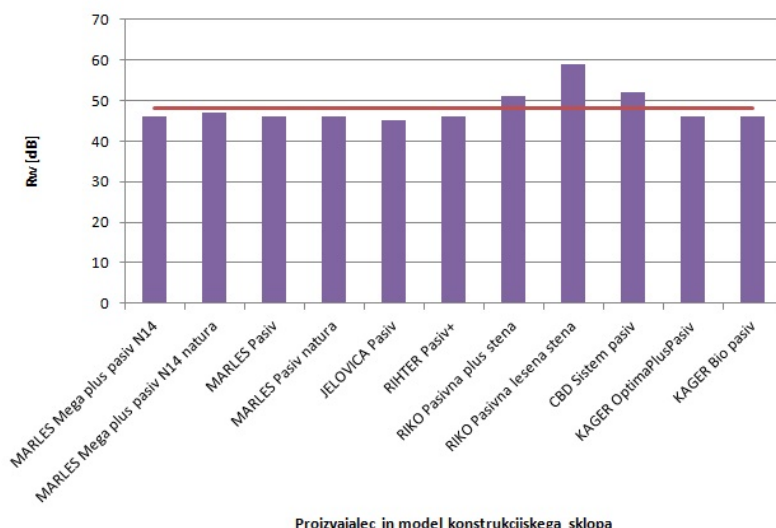
Vrednosti temperaturne prehodnosti pasivnih konstrukcijskih sklopov (slika 47) se med izbranimi proizvajalci gibljejo med 0,080 in 0,128 W/m²K, debeline izolacijskih slojev pa znašajo med 360 in 470 mm.

Vsi od izbranih analiziranih konstrukcijskih sklopov so znotraj meja vrednosti, ki jih določa Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb Ur.l. RS, št. 77/2009; letna poraba energije za ogrevanje znaša 10-15 kW/m²a.



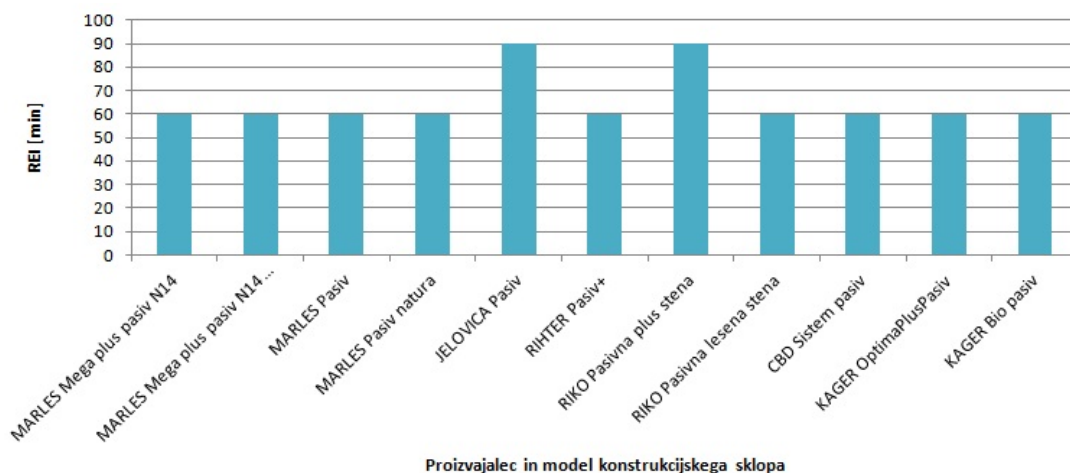
Slika 47: Primerjava lastnosti toplotne prehodnosti pasivnih konstrukcijskih sklopov. Vrednosti pod rdečo črto predstavljajo boljše konstrukcijske sklope.

Zvočno izolacijske lastnosti se pri pasivnih sistemih le še izboljšajo (slika 48). Konstrukcijski sklop proizvajalca Riko hiše d.o.o. »pasivna lesena stena« znaša že več kot 59 dB, kar je proizvajalec dosegel z nosilno masivno steno debeline 100 mm, skupno debelino izolacije 420 mm in z vgradnjo I – nosilcev, ki imajo manjši prenos vibracij zvoka v notranjost. Tudi sicer je mogoče opaziti višjo zvočno izolativnost konstrukcij kot pri nizkoenergijskih in dobrih nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopih, na kar najbolj vplivata debelina izolacijskega sloja, ter vgradnja I – nosilcev (pri nekaterih proizvajalcih).



Slika 48: Primerjava zvočno izolacijskih lastnosti pasivnih konstrukcijskih sklopov. Vrednosti nad rdečo črto predstavljajo boljše konstrukcijske sklope.

Na sliki 49 je vidno, da je tudi pri pasivnih sklopih večine analiziranih proizvajalcev čas za evakuacijo v primeru požara 60 min (REI 60), le pri proizvajalcih Jelovica hiše d.o.o. ter Riko hiše d.o.o. ta čas znaša 90 min (REI 90). V primeru proizvajalca Jelovica hiše d.o.o. gre zopet za vgradnjo cementno ivernih plošč, pri proizvajalcu Riko hiše d.o.o. pa teh plošč ni, zato lahko sklepamo, da so tako visoko požarno odpornost dosegli z dodatkom antipirenov v toplotno izolacijo.



Slika 49: Primerjava požarnih lastnosti pasivnih konstrukcijskih sklopov

Temperaturni oz. fazni zamik je pri pasivnih konstrukcijskih sklopih praviloma večji kot pri nizkoenergijskih in dobrih nizkoenergijskih sklopih, zato je tudi nihanje temperature minimalno oz. skoraj neopazno. Med sklopi, ki imajo zabeležen podatek o temperaturnem zamiku (Riko hiše d.o.o., Rihter hiše d.o.o., CBD d.o.o., Kager hiša d.o.o.) najbolj izstopata proizvajalca CI Produkt in Riko, katerih konstrukcijski sklopi imajo temperaturni zamik 23 – 24,2 ur. Ob podrobnejši analizi je bilo ugotovljeno, da so vsi trije sklopi, ki imajo prevladujočo vrednost temperaturnega zamika izdelani po tehnologiji masivne

gradnje in da imajo vgrajene naravne izolacijske materiale. Konstrukcijski sklop Rihter »pasiv+«, ki ima sicer najboljšo toplotno izolativnost, pa v tej kategoriji krepko zaostaja za ostalimi, saj ima kot glavni izolacijski material vgrajeno kameno volno (slika 50).



Slika 50: Primerjava temperaturnega zamika pasivnih konstrukcijskih sklopov. Vrednosti nad rdečo črto predstavljajo boljše konstrukcijske sklope.

8 PRIMERJALNA ANALIZA SESTAVE STENE IN PONUDBE

Toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa je v največji meri odvisna od količine vgrajene toplotne izolacije. Količina in vrsta vgrajene izolacije sta zelo različna od proizvajalca, ter od ostalih materialov vgrajenih v steni.

8.1 TOPLOTNA PREHODNOST IN DEBELINA ZUNANJE STENE

V nizkoenergijskih sistemih se debelina vgrajene toplotne izolacije giblje med 160 in 360 mm. Debelina 160 mm kamene volne še vedno zadostuje standardom nizkoenergijske hiše, medtem ko bi debelina 360 mm že ustrezala standardom pasivne hiše, vendar podjetje, ki ima v ponudbi tak model stene v tem trenutku še nima certifikata za gradnjo pasivnih hiš. Z ekonomskega vidika (poglavje 5.1) so debeline izolacij v tem razponu ob trenutnih cenah energentov upravičene. Najpogostejša in hkrati tudi povprečna debelina toplotne izolacije med analiziranimi nizkoenergijskimi sklopi je 260 mm, kar je z ekonomskega vidika najbolj optimalna debelina toplotne izolacije (poglavje 5.1). Najpogostejši tip toplotne izolacije je kamena volna v kombinaciji s stiroporom, s čimer proizvajalci dosežejo, da ima konstrukcija ob najmanjši debelini vgrajene toplotne izolacije čim boljše toplotno izolacijske lastnosti, četudi na račun okolju manj prijaznih materialov in kakovostne bivalne klime, kot ob vgradnji naravnih izolacijskih materialov. Najvišja toplotna prehodnost izmed nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopov znaša $0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$, najnižja $0,110 \text{ W/m}^2\text{K}$, povprečna pa $0,152 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Debeline izolacijskih slojev dobrih nizkoenergijskih konstrukcijskih sklopov so pričakovano višje kot pri nizkoenergijskih sklopih. Povprečna debelina je približno 295 mm, kar pomeni tudi nižjo povprečno toplotno prehodnost ($0,141 \text{ W/m}^2\text{K}$). Opazno je, da pri analiziranih konstrukcijskih sklopih prevladuje vgradnja naravnih izolacijskih materialov (celulozna vlakna, lesna vlakna).

Tudi pri pasivnih konstrukcijskih sklopih je razvidna uporaba naravnih materialov – najpogosteje se pojavlja izolacija iz celuloznih vlaken, kljub temu, da je kamena volna toplotno bolj izolativna.

V analiziranih konstrukcijskih sklopih pasivnih hiš je povprečna debelina toplotne izolacije 395 mm, s povprečno toplotno prehodnostjo konstrukcije $0,100 \text{ W/m}^2\text{K}$. Najboljšo toplotno prehodnost dosega konstrukcijski sklop proizvajalca Rihter hiše d.o.o. »pasiv+«, z debelino izolacijskega sloja 470 mm. Četudi ostali dosegajo višje toplotne prehodnosti, pa vsi konstrukcijski sklopi še vedno sodijo med pasivne. Iz tega sledi, da se lahko tudi z manj vgrajene toplotne izolacije dosega dovolj dobro toplotno prehodnost, da lahko objekt zadostuje standardom pasivne hiše. Najtanjši izolacijski sloj je debel le 330 mm, kar je z ekonomskega vidika zelo ugodno.

9 RAZPRAVA IN SKLEPI

Pri gradnji lesenih objektov so najpogostejše uporabljeni okvirni, skeletni in masivni sistemi gradnje. Vsak od izbranih proizvajalcev uporablja lasten sistem za izvedbo stenskih elementov, vsem pa je značilna energetska varčnost in kakovost izvedbe. Sistematičen pregled konstrukcijskih sklopov sten za različne sisteme je pokazal najpogostejše uporabljene izvedbe sklopov in njihove primerjave lastnosti. S tem smo dobili dober vpogled v stanje sodobne slovenske lesene gradnje.

Zaradi sprejetja energetskega zakona so vsi izmed zajetih konstrukcijskih sklopov lesenih hiš slovenskih proizvajalcev najmanj nizkoenergijski, kar je z okoljevarstvenega vidika pozitivno, saj energijsko varčna gradnja močno prispeva k razbremenitvi okolja. Ta korak politike k razbremenitvi okolja se močno pozna v lastnostih in sestavi konstrukcijskih sklopov lesenih hiš, saj mora biti konstrukcija izvedena brez toplotnih mostov, s kakovostnimi materiali.

Pomembno vlogo pri zagotavljanju kvalitete lesene gradnje ima sekcija slovenskih proizvajalcev lesenih montažnih stavb (SPLMS). Člani sekcije veljajo za najbolj uveljavljene na področju lesene montažne gradnje in ponujajo najbolj trajnostne, energijsko varčne in kvalitetne lesene montažne stavbe. To so podjetja z dolgo tradicijo montažne gradnje in so razvojno in tehnološko jedro slovenske lesene montažne gradnje. Člani sekcije svoje članstvo upravičujejo s številnimi certifikati, ki dokazujejo, da njihovi konstrukcijski sistemi izpolnjujejo stroge kakovostne zahteve standardov in predpisov doma in na tujem. Konstrukcijski sklopi sten lesenih hiš slovenskih proizvajalcev sicer ustrezajo standardom osrednje evropskih držav, ki so po klimatskih razmerah precej podobne slovenskim; dolge in hladne zime, ter vroča poletja, z vmesnimi deževnimi obdobji. Iz tega sledi, da so take konstrukcije primerne za gradnjo skoraj po celi Evropi.

Poleg večjih podjetij se v zadnjem času pojavlja nezanimljivo število lesenih hiš, zgrajenih v lastni režiji in preko manjših obrtnikov – tesarskih delavnic, za katere pričakujemo, da se bo glede na trende v drugih alpskih deželah njihovo število le še povečalo. V raziskavi je zajetih 18 slovenskih proizvajalcev lesenih montažnih stavb, od katerih približno 50 % kot nosilno konstrukcijo uporablja okvirno oz. panelno konstrukcijo, kar omogoča visoko stopnjo prefabrikacije in proizvodnjo v kontroliranem okolju. Razvidno je, da večina proizvajalcev v svoje stene vgrajuje materiale, ki ob primeru požara ob gorenju sproščajo malo ali nič dima in so težko vnetljivi. S tem lahko v primeru požara dosežejo daljši evakuacijski čas.

Pomembne lastnosti konstrukcijskega sklopa so toplotna prehodnost, temperaturni oz. fazni zamik, požarna odpornost in zvočna izolativnost. Te lastnosti se konstrukcijskemu sklopu spreminjajo z vgradnjo različnih materialov. Analiza izbranih sklopov je pokazala, da slovenski proizvajalci pogosto uporabljajo kameno ter stekleno volno, lesna in celulozna vlakna, stiropor, neopor in pluto. Skoraj vsi izbrani analizirani proizvajalci v nizkoenergijskih sistemih kot toplotno izolacijo uporabljajo kameno volno, v kombinaciji s stiroporom, saj je taka kombinacija cenovno najugodnejša, nudi pa dovolj dobro toplotno izolativnost, da hiša ustreza nizkoenergijskemu standardu in ima dovolj dobro požarno odpornost (REI). Proizvajalci pasivnih sistemov najraje uporabljajo naravne izolacijske materiale, saj ti premorejo dovolj dobro toplotno izolativnost, predvsem pa imajo zelo ugoden fazni zamik. Med kombinacijami izolacijskih materialov je toplotno najbolj ugodna kombinacija različnih plasti kamene volne, saj je toplotna prehodnost toplotno najbolj izolativnega sklopa $0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$. Čeprav umetni izolacijski materiali objekt toplotno najboljše izolirajo, pa se naravni materiali bolje kot umetni odrežejo pri zvočni

izolaciji, ter pri temperaturnem zamiku. Primerjava različnih sklopov je pokazala, da so mnoge konstrukcije predimenzionirane. Številni proizvajalci z debelino vgrajene toplotne izolacije pretiravajo, saj je pri trenutnih cenah energentov za ogrevanje največja debelina toplotne izolacije, ki je ekonomsko še upravičena, 360 mm.

Med raziskavo je bilo ugotovljeno, da je kot izolacijski material najbolje uporabiti naravne materiale – lesna in celulozna vlakna, saj se z vgradnjo take izolacije temperaturni oz. fazni zamik konstrukcije poveča, s tem pa se zmanjša nihanje temperature v prostoru, hkrati pa je konstrukcija bolj zvočno izolirana, kot ob uporabi umetnih izolacijskih materialov. Dodatno zvočno izolacijo lahko dosežemo z izbiro masivne gradnje namesto skeletne ali okvirne konstrukcije.

Na podlagi analiziranih sklopov lahko povzamemo, da je za zagotovitev največjega udobja bivanja priporočljivo izbrati sodobno leseno masivno konstrukcijo, z zadostno količino naravnega izolacijskega materiala in s prezračevano fasado. Tako dobimo konstrukcijski sklop, v katerem les deluje le minimalno, izolacijski material pa poskrbi za dovolj dobro toplotno izolativnost, ter za ugoden fazni zamik.

9.1 SKLEPI

- slovenski proizvajalci lesenih montažnih hiš najpogosteje uporabljajo tri različne izvedbe nosilne konstrukcije – skeletno, okvirno (panelno) in masivno leseno nosilno konstrukcijo
- najboljši toplotni izolatorji so umetni izolacijski materiali
- najboljši zvočni izolatorji so naravni izolacijski materiali v kombinaciji z masivno nosilno leseno konstrukcijo
- požarno najbolj odporni konstrukcijski sklopi imajo vgrajene umetne izolacijske materiale, cementne ali mavčne obložne plošče ali pa imajo v toplotno izolacijo dodane antipirene za preprečevanje gorljivosti
- najugodnejši fazni zamik imajo konstrukcijski sklopi z vgrajenimi naravnimi izolacijskimi materiali
- najboljše lastnosti konstrukcije dosežemo z izbiro sodobne lesene masivne konstrukcije, z vgradnjo zadostne količine naravnih izolacijskih materialov in s prezračevano fasado.

10 VIRI

Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe za obdobje do leta 2020 (AN sNES), 2015

Aktivna hiša proizvajalca Lumar IG d.o.o.

http://www.lumar.si/LumarImageUpload/460/Lumar_1_1542013_133115.jpg
30.jun.2015

Betonyp, 2012. Tehnični list. Falco woodindustry.

www.falco-woodindustry.com/doc/Falco_Folder_Betonyp_EN_2012.pdf (13. jul. 2015)

Celulozna toplotna izolacija (Ekoprodukt, 2014)

http://ss1.spletnik.si/4_4/000/000/2af/8ec/TRENDISOL.jpg 24.maj 2014

Cementno iverna plošča (Cnb homes, 2014)

<http://www.ua.all.biz/img/ua/catalog/1430169.jpeg> 22.maj 2014

Dens Deck Prime Roof board 2009. Tehnični list. GP Gypsum

http://www.gaf.com/Commercial_Roofing_Systems/EnergyGuard_Insulation/Dens_Deck_Prime_Roof_Board/Dens_Deck_Prime_Roof_Board_Data_Sheet.pdf (15. jul. 2015)

Dvojna stena z vmesno izolacijo (Seinit, 2014)

<http://www.seinit.fi/WEB/image/hirsi.jpg> 25.maj 2014

EN 13501-1. 2007. Classification of reaction to fire: 56 str.

Energetski zakon 2014. Uradni list RS, št. 17/2014

Eurotherm EPS F-WO, 2009. Tehnični list. JUB kemična industrija d.o.o.

<http://www.eurotherm-izolacija.si/wp-content/uploads/2013/05/230102-EUROTHERM-EPS-F-W0-TL-SVN-2013-03-21.pdf> (14. jul. 2015)

Expanderter polystyrol-hartschaum, 2005. Tehnični list. Form pack

<http://www.formpack.de/downloads/dateien/Styropor.pdf> (14. jul. 2015)

Feist W. 2003. Izboljšanje energetske učinkovitosti obstoječih objektov: čas je za dejanja!. Bioklimatske zgradbe, 7, 7, 17-18

Ekspandiran polistiren v obliki plošč (Aus-styrene, 2014)

<http://atraktiv.si/cache/atraktiv/485-eps-62cba067b861d6bc.jpg> 23.maj 2014

Fermacell gypsum fiberboard, 2005. Tehnični list. Fermacell

http://www.fermacell.co.uk/en/docs/FERMACELL_Gypsum_Fibreboard__COSH_H_Safety_Data_Sheet.pdf (14. jul. 2015)

Fotografija toplotne kamere, na posnetku je primerjava izgub toplote pasivnega ovoja stavbe (na sliki desno) in klasičnega ovoja (na sliki levo) (Feist, 2003)

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f2/Passivhaus_thermogram_gedaemmt_ungedaemmt.png 9.avg.2015

Grobovšek B. 2013. Toplotna stabilnost strešnih konstrukcij. ZRMK

http://www.ekoprodukt.si/toplotna-stabilnost_fazni-zamik.html (6. jun. 2015)

Izolacijske plošče iz plute (Greenbuildingadvisor, 2014)

http://www.greenbuildingadvisor.com/sites/default/files/ICB_boards_MedRes.jpg
24.maj 2014

Izolacija iz lesnih vlaken (Ekoprodukt, 2014)

<http://www.ekoprodukt.si/domov.html> (30. mar. 2014)

I-nosilec narejen iz masivnega lesa in OSB plošče (Srsloan, 2014)

<http://www.mycfhouse.com/2013/06/formaldehyde-free-flooring-and-roofing-and-walling-part-i/> 22.maj 2014

K717 Knauf silentboard, 2012. Tehnični list. Knauf Ljubljana d.o.o.

<http://knauf.voipex.si/tehnichni-listi/knauf-plosce/slike/K717%20slo%20WEB.pdf>
(14. jul 2015)

K713T Knauf thermoboard, 2012. Tehnični list. Knauf Ljubljana d.o.o.

<http://knauf.voipex.si/tehnichni-listi/knauf-plosce/slike/K713T%20slo%20WEB.pdf>
(14. jul. 2015)

K716 Knauf diamant, 2009. Tehnični list. Knauf Ljubljana d.o.o.

<http://knauf.voipex.si/tehnichni-listi/knauf-plosce/slike/K716%20slo%20WEB.pdf>
(14. jul. 2015)

Kamena volna (Ais-group, 2014)

<http://www.ais-group.com.au/media/images/product/large/Multi-Purpose-Slab650-7-3.jpg> 24.maj 2014

Kitek Kuzman M. 2008. Gradnja z lesom – izziv in priložnost za Slovenijo, 1. izd. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 309 str.

Kitek Kuzman M. 2012. Lesene konstrukcije v stanovanjski in javni gradnji | Slovenija, 1. izd. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 145 str.

Knauf 2010. Protipožarna zaščita gradbenih konstrukcij s sistemi KNAUF na osnovi evropskih standardov EN. Knauf Ljubljana d.o.o.

<http://knauf.voipex.si/tehnichni-listi/pozarna-zascita/slike/pozarna.pdf> (15. jul. 2015)

Koncept delovanja aktivne hiše (Lumar IG, 2015)

<http://www.lumar.si/> (29.dec. 2015)

Križno lepljena plošča (Stora enso, 2015)
<http://www.clt.info/en/24.avg.2015>

Kunič R. 2010. Kolikšna debelina toplotnih izolacij v fasadah je še upravičena? Fragmat
<http://www.fragmat.si/download/clanki/Kolikšna%20debelina%20toplotnih%20izolacij%20v%20fasadah%20je%20se%20upravljena.pdf> (10. jul. 2015)

Kunič R. 2008. Izredno učinkovita srebrno-siva izolacija. Delo & dom, 16, 40: 62-63

Kušar D. 2012. Zgradbe in požar 2. del
www.fa.uni-lj.si/filelib/1_strani_predmetov/alozj_muhic/pozarna_varnost_v_objektih/2011-2012/poar_2.ppt (9. jun. 2015)

Križno lepljena plošča (Stora enso, 2014)
<http://hybrid-build.co/solutions/clt/> 22.maj2014

Lepljen lameliran les (Moelven, 2014)
<http://www.moelven.com/ImageBank/tre-200%20%5B1%5D.jpg> 22.maj 2014

Mavčno kartonska plošča (Craftprocontracting, 2014)
<http://mrwilliamsburg.files.wordpress.com/2010/03/chinesedrywallvirginia.jpg>
22.maj 2014

Mavčno vlaknena plošča (Globalsources, 2014)
<http://www.safestb2b.com/uploads/wood-fiber-reinforced-gypsum-board-ad-5f78d.jpg> 23.maj 2014

Medved S. 2010. Gradbena fizika. 1. izd. Ljubljana, Fakulteta za strojništvo: 320 str.

Petrič M. 2008. Nelesni materiali v izdelkih lesnopredelovalne in pohištvene industrije. 1. izd. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 148 str.

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah 2010. Uradni list RS, št. 52/2010

Premrov M. 2011. Lesene konstrukcije. 1. izd. Maribor, fakulteta za gradbeništvo: 347 str.

Primer križnega spoja lesenih klad oz. brun (Talg, 2014)
<http://www.talg.si/wp-content/uploads/2014/06/kri%C5%BEni-spoj-570x379.jpg>
25.maj 2014

Primerjava nosilnosti lesene in jeklene konstrukcije v primeru požara (Marles, 2015)
<http://www.marles.si/hise/si/image/original/968/slika+primerjave+trdnosti.jpg>
6.feb.2015

<http://www.jrosecarpentry.co.uk/resources/glue%20factory%20%20%20%20%2078.jpg?timestamp=1343041819775> 29.jul. 2015

http://ss1.spletnik.si/4_4/000/000/37f/455/fazni-zamik.png 6.feb.2015

<http://www.silverwood.eu/wp-content/uploads/2011/05/OSB.jpg> 22.maj 2014

<http://knauf.voipex.si/tehnichni-listi/knauf-plosce/slike/K716%20slo%20WEB.pdf>
24.maj 2015

Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb Ur.l. RS, št. 77/2009,
2009

Steklena volna (Ursa, 2014)
<http://www.rimljan.si/Slike/schwenk.jpg> 24.maj 2014

ÜA znak (ÜA, 2015)
<http://www.holzbau-meiberger.at/typo3temp/pics/edb2acf765.jpg> 30.jul.2015

Vlaknena plošča MDF (Vir: Blažič, 2014)

<http://www.blazic.eu/programi/ploskovni-material/ostala-ponudba/mdf-plosce>
22.maj 2014

Zbašnik Senegačnik M. 2007. Pasivna hiša. 1. izd. Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo: 130 str.

Znak CE (<http://ec.europa.eu>, 2015)

<http://ec.europa.eu> 30.jul.2015

Znak kakovosti RAL (RAL, 2015)

http://www.window.de/fileadmin/_processed_/csm_ral_alles_01106f7ac0.jpg
30.jul.2015

Znak certifikata Minergie za hiše (Minergie, 2015)

http://www.stoll-trabold.ch/fileadmin/_processed_/csm_minergie2_695316bde2.jpg
30.jul.2015

Znak certifikata za pasivne hiše (Passivhaus Institut, 2015)

http://www.lebensraumholz.de/tl_files/lebensraumholz/grafiken/siegel_Komp_gebaeudehuelle_kuehlgebraessigt_DE.gif 30.jul.2015

Znak kakovosti v graditeljstvu (ZRMK, 2015)

http://www.gi-zrmk.si/media/cache/image/198-zkg_logotip-7d7c6dfa4ee79871.jpg
30.jul.2015

Znak certifikata FSC (FSC, 2015)

<http://www.investmichel.pl/aktualnosci/8.jpg> 30.jul.2015

Znaki kakovosti (SPLMS, 2015)

<http://www.splms.si/index.php/si/les/kakovost-gradnje> 30.jul. 2015

Žegarac Leskovar V., Premrov M. 2011. Architectural design approach for energy efficient timber frame public buildings. Maribor, Faculty of Civil Engineering: 113 str.

Žegarac Leskovar V., Premrov M. 2011. Študijske delavnice s področja energijsko učinkovitih lesenih objektov = Study workshops from energy efficiency of timber buildings. Les, 63,10: 370-374

*Slike stenskih prerezov konstrukcijskih sklopov so bile vzete iz uradnih spletnih strani proizvajalcev.

Zahvala:

Rad bi se zahvalil mentorici doc. dr. Manji Kitek Kuzman za potrpežljivost ter usmerjanje h končnim ciljem diplomske naloge, ter prof. dr. Milanu Šerneku za recenzijo diplomskega dela. Zahvalil bi se tudi vsem profesorjem oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani za trud v času mojega študija, seveda pa bi se želel zahvaliti še vsem, ki so me v času študija podpirali.