

UNIVERZA V MARIBORU
FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

Zsolt Balaskó

**IZOLACIJSKI MATERIALI IZ LESENIH
VLAKEN IN CELULOZE**

Diplomsko delo

Maribor, september 2012



Univerza v Mariboru

Fakulteta za gradbeništvo

Diplomsko delo univerzitetnega študijskega programa arhitektura 1. st.

IZOLACIJSKI MATERIALI IZ LESENIH VLAKEN IN CELULOZE

Študent: Zsolt BALASKÓ
Študijski program: univerzitetni, arhitektura 1. st.

Mentor: izr. prof. dr. METKA SITAR, univ. dipl. inž. arh.

Somentor: asist. MARKO JAUŠOVEC, univ. dipl. inž. arh.

Lektor: Irena VARGA

Maribor, september 2012



Univerza v Mariboru

Fakulteta za gradbeništvo

Številka: G1006391
Maribor, 14.05.2012

Na osnovi 330. člena Statuta Univerze v Mariboru (Ur. l. RS, št. 6/2012) izdajam

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Zsolt Balaskó, študent(ka) univerzitetnega študijskega programa 1. stopnje ARHITEKTURA, lahko izdela diplomsko delo pri predmetu Arhitekturni elementi II.

MENTOR(ICA): izr. prof. dr. Metka Sitar
SOMENTOR(ICA): Marko Jaušovec, univ. dipl. inž. arh.

Naslov diplomskega dela:

IZOLACIJSKI MATERIALI IZ LESENIH VLAKEN IN CELULOZE

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

INSULATION MATERIALS MADE OF WOOD FIBERS AND CELLULOSE

Diplomsko delo je potrebno izdelati skladno z "Navodili za izdelavo diplomskega dela" in ga oddati v treh izvodih ter en izvod elektronske verzije do 30.09.2012 v referatu za študentske zadeve.

Pravni pouk: Zoper ta sklep je možna pritožba na senat članice v roku 3 delovnih dni.



DEKAN
red. prof. dr. Miroslav Premrov

Obvestiti:

- kandidata -ko,
- mentorja,
- somentorja,
- odložiti v arhiv

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici izr. prof. dr. Metki Sitar za pomoč in vodenje pri opravljanju diplomskega dela. Prav tako se zahvaljujem somentorju asist. Marku Jaušovcu in lektorici Ireni Varga ter Márku Szabu za pregled angleškega dela.

IZOLACIJSKI MATERIALI IZ LESENIH VLAKEN IN CELULOZE

Ključne besede: toplotna izolacija, lesena vlakna, celuloza

UDK: 699.866:677.1(043.2)

Povzetek

Diplomska naloga obravnava toplotnoizolacijske materiale iz lesenih vlaken in celuloze, primerja te materiale s klasičnimi materiali in podaja konkretni primer uporabe le-teh v prostostoječi enodružinski hiši.

V prvem sklopu obravnavamo omenjene materiale v splošnem. Podamo kratek zgodovinski pregled le-teh, opišemo njihove lastnosti. Z izračuni primerjamo materiale iz lesenih vlaken in celuloze s klasičnimi materiali. Pri tem upoštevamo veljavni Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stanovanjih. Primerjamo tudi cene in ugotovljamo optimalne rešitve za toplotno izolacijo individualnih hiš.

V drugem sklopu uporabimo izračunane vrednosti in jih preverimo na konkretnem primeru prostostoječe enodružinske hiše. Pri tem prikažemo rezultate za izbran izolacijski material ter tako predstavimo uporabo izolacijskih materialov iz lesenih vlaken in celuloze v projektantski praksi.

INSULATION MATERIALS MADE OF WOOD FIBERS AND CELLULOSE

Key words: thermal insulation, wood fibers, cellulose

UDK: 699.866:677.1(043.2)

Abstract

The thesis discusses the thermal insulation made of wood fibers and cellulose, compares these materials with classic materials, and presents concrete example of its use in the individual single-family detached home.

In the first section, the insulation materials made of wood fibers and cellulose are discussed in general. The historical backgrounds of the production of these materials as well as their properties are presented. Materials made of wood fibers and cellulose are compared with classic insulation materials through calculations. In these calculations the new regulations on efficient use of energy in housing are considered. We also compare the prices and optimal solutions for house insulation.

In the second section, the results of analysis on the own single-family detached home, which we have designed during our survey are presented, including the calculations of thermal materials used. Further, the cases of houses projects with the use of thermal materials made of wood fibres and cellulose are described.

VSEBINA

1 UVOD	1
1.1 Opredelitev obravnavanega področja	1
1.2 Namen in cilji diplomskega dela	2
1.3 Predpostavke in omejitve.....	2
1.4 Metode raziskovanja	2
2 ZGODOVINSKI PREGLED UPORABE TOPLOTNOIZOLACIJSKIH MATERIALOV.....	3
2.1 Uvod o stavbni energetiki	3
2.2 Razvoj izolacijskih materialov skozi čas	4
2.2.1 Ekspandiran in ekstrudiran polistiren.....	4
2.2.2 Steklena volna	5
2.2.3 Kamena volna.....	6
2.2.4 Perlit	7
2.3 Razvoj izolacijskih materialov iz lesenih vlaken in celuloze	7
2.3.1 Izolacijski materiali iz celuloze.....	7
2.3.2 Izolacijski materiali iz lesenih vlaken	9
3 ZNAČILNOSTI PROIZVODOV IZ LESENIH VLAKEN IN CELULOZE.....	11
3.1 Klasični izolacijski materiali	11
3.2 Naravni (alternativni) izolacijski materiali	12
3.2.1 Izolacijski materiali iz celuloze.....	13
3.2.2 Izolacijski material iz lesenih vlaken	13
3.3 Vrste in uporaba proizvodov iz lesenih vlaken in celuloze	13
3.4 Toplotna zaščita stavb.....	16
3.4.1 Izhodišča.....	16
3.4.2 Analiza toplotne prehodnosti za posamezne arhitekturne elemente	20
3.5 Cenovna primerjava izvedbe toplotne izolacije v različnih materialih.....	29
3.6 Akumulacija toplote in fazni zamik.....	29
4 PRIMERI DOBRE PRAKSE UPORABE OBRAVNAVANIH PRODUKTOV	33

4.1 Hiša, izolirana z izolacijskim materialom iz lesenih vlaken.....	33
4.2 Hiša, izolirana z izolacijskim materialom iz celuloze	37
5 LASTNI PRIMER ENODRUŽINSKE HIŠE = IZVEDBA ARHITEKTURNIH ELEMENTOV Z IZOLACIJSKIM MATERIALOM IZ CELULOZE	40
5.1 Optimalna uporaba izolacijskih materialov	40
5.1.1 Uporaba materialov iz lesenih vlaken	40
5.1.2 Uporaba izolacijskih materialov iz celuloze	40
5.2 Načrt prostostoječe enodružinske hiše (Risbe: 9 – Priloge)	41
5.2.1 Izvedba stenske konstrukcije s fasado.....	41
5.2.2 Izvedba talne plošče	44
5.2.3 Izvedba toplotne izolacije strehe	46
5.3 Povzetek.....	47
6 SKLEP.....	49
7 VIRI IN LITERATURA.....	51
8 SEZNAMI	54
8.1 Seznam slik.....	54
8.2 Seznam preglednic	55
9 PRILOGE: NAČRT ENODRUŽINSKE HIŠE.....	57
Priloga 1: Situacija M: 1:500	
Priloga 2: Tlorisa M: 1:100	
Priloga 3: Prereza M: 1:50	
Priloga 4: Fasade M: 1:100	
Priloga 5: Fasadni rez M: 1:20	

UPORABLJENI SIMBOLI

k, U – toplotna prehodnost

d – debelina

λ – toplotna prevodnost

μ – količnik difuznega upora

c – specifična toplotna kapaciteta

ρ – gostota

Φ – prehod toplote

A – površina

T_i – temperatura notranjega prostora

T_e – temperatura zunanjega zraka

α_i – notranja toplotna prestopnost na notranji strani konstrukcije

α_e – zunanja toplotna prestopnost na zunanji strani konstrukcije

α_t – toplotna prestopnost proti tlom

R – toplotni upor prehodu toplote skozi gradbeno konstrukcijo

R_i – upor konvektivnemu in sevalnemu prestopu toplote znotraj prostora

R_k – upor prevodu toplote homogene konstrukcije

R_e – upor konvektivnemu in sevalnemu prestopu toplote na zunanji strani konstrukcije

b – toplotna vpojnost

f – fazni zamik

UPORABLJENE KRATICE

BASF – Badische Anilin- und Soda-Fabrik

OKI – Organsko kemijska industrija

met – vrednost za intenzivnost presnavljanja (58 W/m^2 površine telesa)

clo – toplotna upornost obleke

EN 13501-1 – klasifikacija na podlagi podatkov iz preizkusov odziva na ogenj

DIN 4102 - nemška klasifikacija na podlagi podatkov iz preizkusov odziva na ogenj

PURES – Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stanovanjih, 2010

1 UVOD

1.1 Opredelitev obravnavanega področja

Uporaba izolacijskih materialov sega v prazgodovino, vendar so se le-ti pričeli množično uporabljati šele v prejšnjem stoletju, pri čemer gre praviloma za umetne materiale. V zgodovini človeštva zasledimo različne načine bivanja in izgradnje zatočišč, vendar so vsi nastali iz enakih razlogov. Ljudje so želeli varnost zase in za svojo družino, ki predstavlja najmanjšo enoto družbe. Poleg varnosti so želeli pridobiti čim bolj ugodne pogoje za življenje, zato so izbirali takšna mesta za zatočišče in materiale za gradnjo, ki omogočajo ugodno klimo.

Prvi način izoliranja pred mrazom je uporaba živalskih kož pri ljudeh, ki služi kot nekakšna obleka. To prakso so čez čas prenesli tudi na svoje domove, ki so jih oblagali z različnimi materiali in s tem zagotovili ugodno klimo v notranjih prostorih, kar je vplivalo tudi na kakovost življenja v le-teh. Pri tem so v začetku uporabljali naravne materiale, kar se je z razvojem spremenilo z uvedbo novih umetnih materialov. Tako so ljudje počasi zanemarili izjemne izolativne in konstrukcijske lastnosti naravnih materialov. V zadnjem času pa se počasi vračamo k izhodiščnim naravnim materialom, vendar z novimi pristopi. Sodobne tehnologije omogočajo uporabo in predelavo naravnih virov v nove proizvode, ki s pravilnim pristopom načrtovanja omogočajo kakovostno toplotno zaščito stavb, kar obenem zmanjšuje onesnaževanje okolja. Učinkovitejša toplotna zaščita omogoča razbremenitev okolja različnih primesi kot posledice intenzivnejšega ogrevanja stavb in pristopa do načrtovanja fasadnega ovoja.

1.2 Namen in cilji diplomskega dela

Namen diplomskega dela je raziskati in predstaviti nove pristope k tehnologijam predelave naravnih materialov za toplotno zaščito stavb, pri čemer se bomo omejili na uporabo lesenih vlaken, lesenih vlaken v kombinaciji z lesom in materialov iz celuloze.

Cilj diplomskega dela je na podlagi pridobljenega teoretičnega znanja predstaviti uporabo ter prednosti in slabosti novih naravnih materialov z vidika njihove uporabe v arhitekturi in gradbeništvu. S pomočjo različnih prikazov bomo predstavili ustreznost uporabe toplotnoizolacijskih materialov iz lesenih vlaken in celuloze v primerjavi z običajnimi materiali. Primerjali bomo njihove lastnosti in možnosti vgraditve v različne arhitekturne elemente ter s pomočjo izračunov prikazali optimalne rešitve toplotne zaščite stavb na primeru projektnih rešitev arhitekturne zasnove individualne hiše.

1.3 Predpostavke in omejitve

Omejili se bomo na toplotno zaščito stavb s proizvodi iz lesenih vlaken in celuloze. Pri tem bomo prikazali in opisali različne rešitve za tehnološko, konstrukcijsko in ekonomsko najprimernejšo izvedbo toplotne zaščite, kar bomo preverili na primeru arhitekturno-konstrukcijskih rešitev posameznih elementov individualne hiše.

1.4 Metode raziskovanja

V teoretičnem delu bomo uporabili deskriptivno metodo, ki temelji na obstoječi literaturi in virih. Poleg tiskanih slovenskih in tujih bomo uporabili tudi digitalne vire. Za načrtovanje arhitekturne zasnove in projektne prikaze bomo uporabili računalniški program AutoCAD.

2 ZGODOVINSKI PREGLED UPORABE TOPLOTNOIZOLACIJSKIH MATERIALOV

2.1 Uvod o stavbni energetiki

Današnja tehnika omogoča, da gradimo stavbe, ki niso popolnoma odvisne od okoljskih dejavnikov, kar uravnavamo z visoko zmogljivimi ogrevalnimi sistemi. Zgodovinsko gledano, ljudje v preteklosti niso imeli te možnosti, zato so jo nadomeščali z izgradnjo samo. To so dosegli v ljudskem stavbarstvu, ko se je tehnologija omejila na dosegljive materiale in na izkušnje graditeljev. Poleg tega so se prilagodili fizičnemu okolju in klimatskim pogojem, značilnim na območju nastanka stavbe. (Zöld, 2011)

Osnove za načrtovanje z upoštevanjem solarnih in klimatskih pogojev je podal že Vitruvij. Rekel je, da je treba hiše načrtovati glede na pot Sonca. Hiše, orientirane proti jugu, dobijo več toplote, zato naj bi hiše z večjimi odprtinami gradili tako, da so orientirane proti severu, da se ne bi pregrevale. Poudarjal je tudi, da se gradnja hiš mora spreminjati glede na geografsko lego območja. (Zöld, 2011; Szabó, 2001)

Določilo o gradnji, ki naj ne moti osončenosti drugih stavb, podaja že Justinijanov kodeks. Leta 1452 je tudi Leone Battista Alberti podal pravila glede osončenosti in osenčenosti stavb. (Zöld, 2011)

V prejšnjem stoletju je vprašanje energijsko zavednega načrtovanja izgubilo na pomenu. Tehnični razvoj je omogočil prekinitev sožitja z naravo. Pomembno je postalo dimenzioniranje in načrtovanje arhitekturnih elementov z vidika toplotne zaščite stavb. (Zöld, 2011)

2.2 Razvoj izolacijskih materialov skozi čas

Pomembnost toplotne zaščite in vzporedno s tem uporabe materialov, ki omogočajo ugodno toplotno zaščito, se je povečala s t. i. energetske krize. To velja tudi za Slovenijo. (Seliškar, 1994)

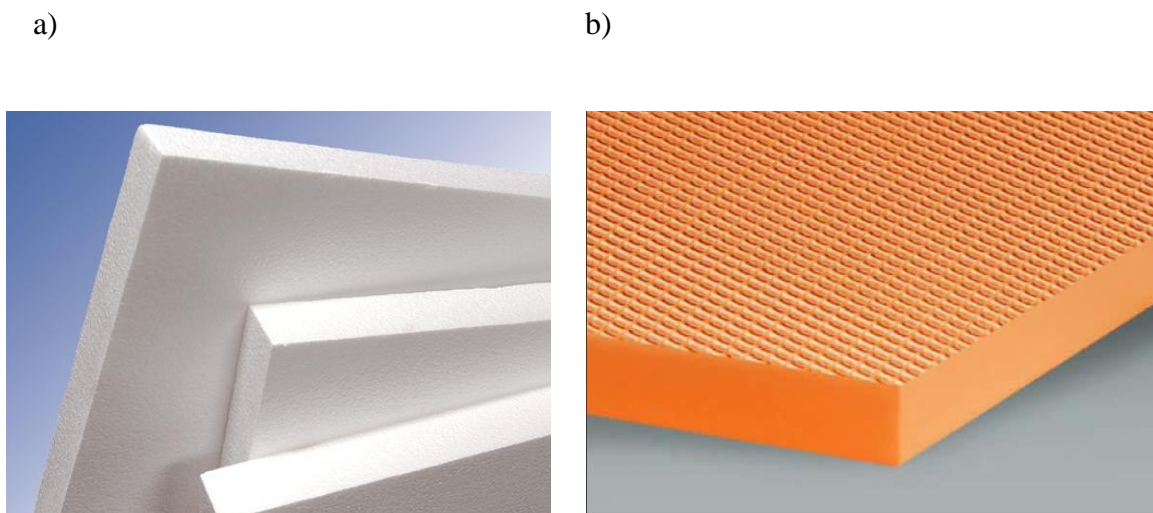
V Evropi so se že zgodaj pričeli ukvarjati s toplotno zaščito stavb. Zaostrili so kriterije in izboljšali toplotno izolacijo obodnih sten. Poleg koeficienta »k« oz. »U« (koeficient toplotnega prehoda) je postala pomembna tudi toplotna izguba. To je pomenilo, da je bilo treba izolirati tudi okna, kot so to zahtevali predpisi iz leta 1970. (Seliškar, 1994)

Predpis Pravilnik o tehničnih ukrepih in pogojih za toplotno energijo v stavbah iz leta 1970 je v takratni Jugoslaviji zahteval, da se pri 60 % relativni vlažnosti in pri 20 °C notranje temperature zraka v naših klimatskih pogojih prepreči nastajanje kondenza na notranjih površinah. Ta predpis ni nudil jamstva za ugodno klimo v prostorih ter za pravilno in trajno delovanje konstrukcije. To je bil prvi predpis, ki je veljal za toplotno tehniko v stavbah. Na toplotno tehniko sta vplivala tudi dokumenta iz leta 1984, to sta Zakon o graditvi objektov in Pravilnik o racionalni rabi energije pri gretju in prezračevanju objektov ter pripravi tople vode. Leta 1990 je sledil Pravilnik o tehničnih normativih za projektiranje in izvajanje zaključnih del v gradbeništvu. Leta 2002 je bil izdan nov Zakon o graditvi objektov in tudi Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, ki ga je nasledil Pravilnik o zaščiti stavb pred vlago iz leta 2004, Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah iz leta 2008 in končno Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah iz leta 2010, ki je v veljavi še danes. (Seliškar, 1994; Pravilnik o tehničnih ukrepih in pogojih za toplotno energijo v stavbah, 1970)

2.2.1 Ekspandiran in ekstrudiran polistiren

V največji meri se za toplotno zaščito stavb danes uporabljajo anorganski izolacijski materiali. Med najbolj znanimi je ekspandiran polistiren (EPS), znan pod imenom »stiropor«, katerega so razvili leta 1951 v tovarni BASF v Zvezni republiki Nemčiji. V Jugoslaviji je bil edini proizvajalec polistirena podjetje OKI iz Zagreba (Organsko-kemijska industrija) s produktom, imenovanim »okirol«. (Seliškar, 1994)

Ekstrudiran polistiren (XPS) pridobivajo iz posebnih granulatov. Ta material ne vpija vode, zato je odličen pri izolaciji temeljev in obrnjene strehe. Uporablja se tudi pri zaščiti hidroizolacije in pri zelenih strehah. (Fatelep, 2009)



Slika 2.1:

a) Ekspandiran polistiren (EPS)

Vir: http://www.mix-trgovina.si/gradbenimaterializolacija-c-87_52_97.html (28. 08. 2012)

b) Ekstrudiran polistiren (XPS)

Vir: <http://www.webgradnja.hr/katalog/10847/knauf-insulation-polyfoam-ultragrip-se-izolacija-podova-xps-ekstrudirani-polistiren/> (28. 08. 2012)

2.2.2 Steklena volna

Steklena volna je izolacijski material, narejen iz steklenih vlaken, ki v majhni meri vsebuje tudi organska veziva. Za proizvodnjo je potrebno zelo malo surovine. Iz enega kubičnega metra surovine proizvedemo 150 kubičnih metrov materiala, kar je dovolj za tri enodružinske hiše. Proizvaja se iz recikliranih snovi, ne gori in je odličen zvočni izolator. (Fatelep, 2009)

S stekleno volno je delo lahko, z ročnimi orodji se lahko oblikuje v kakršnokoli obliko. Po podatkih Urada za varstvo okolja Nemčije steklena volna ni škodljiva za zdravje ljudi. Uporablja se tudi pri notranji in zunanji izolaciji stavb. (Fatelep, 2009)



Slika 2.2: Steklena volna

Vir: http://www.jozankft.hu/hoszigeteles_termekeink/uvegyapot_kozetgyapot.aspx (28. 08. 2012)

2.2.3 Kamena volna

Kamena volna je izolacijski material, podoben stekleni volni. Razlika je v tem, da je pri tem materialu surovina kamen, katerega taliyo za proizvodnjo kamene volne. Izolacijsko funkcijo dobi material iz zraka, ki se nahaja med kamenimi delci materiala. Ne trohni, ne gnije, ne spreminja oblike, je negorljiv in kemično nevtralen. (Fatelep, 2009; Seliškar, 1994)

Proizvaja se v različnih gostotah in glede na to se vgradi v različne arhitekturne elemente. Pri vgrajevanju moramo paziti na to, da se dobro zaščiti pred navlaženjem z atmosfersko vlago, kondenzno vlago in vlago v prostorih s parno zaporo. (Fatelep, 2009; Seliškar, 1994)



Slika 2.3: Kamena volna

Vir:
http://szigetelokboltja.com/index.php?shop=1&term=183&user_page=1 (28. 08. 2012)

2.2.4 Perlit

Material se izdeluje iz vulkanskega steklastega materiala perlita, ki vsebuje vezano vodo. Pri zelo visokih temperaturah ekspandira, ker se majhna zrna drobnega peska omehčajo, voda izpari in jih izvotli. Nasipna prostornina se lahko poveča do petnajstkrat. Je zelo dober toplotnoizolacijski material. Odporen je proti ognju, obstojen proti staranju, vlagi, kemikalijam, ne gnije, ne trohni. (Seliškar, 1994)



Slika 2.4: Perlit

Vir:

http://holnaphaz.blog.hu/2012/04/26/melyiket_valasszam_2 (28. 08. 2012)

2.3 Razvoj izolacijskih materialov iz lesenih vlaken in celuloze

2.3.1 Izolacijski materiali iz celuloze

Izolacijski materiali iz celuloznih vlaken se uporabljajo že zelo dolgo. Med te materiale spadajo vlakna iz bombaža, slame, lesenih kosmičev, konoplje, koruznih vlaken in papirja. Raziskovanje in uporaba teh izolacijskih materialov datira v leto 1917, ko so v Združenih državah Amerike začeli raziskovati to vrsto izolacijskih materialov. Množična, industrijska uporaba pa se je razširila v 50-ih letih 20. stoletja. V letih 1973 in 1974 je nastopila naftna kriza, zato se je povečalo zanimanje za izolacijske materiale, da bi prihranili čim več sredstev pri ogrevanju stavb. Leta 1977 so Združene države Amerike izdale zakon, s katerim so tistim, ki toplotno izolirajo svoje hiše, davek zmanjšali. Tako se je zelo povečalo povpraševanje po izolacijskih materialih. Leta 1976 se je 100 podjetij ukvarjalo z izolacijskimi materiali iz celuloze na 125-ih lokacijah, leta 1978 pa že 350 na več kot 500-tih lokacijah. (Guba, 2006)

Pri proizvodnji izolacijskih materialov iz celuloze je bilo zelo pomembno, da je bil vhodni material zelo poceni. Zaradi tehnike vpihovanja je bil odličen za uporabo pri naknadni

izolaciji oziroma sanaciji obstoječih objektov. Leta 1978 so z zakonom določili potrebne značilnosti teh materialov, in sicer: gostoto pri vgrajevanju, odpornost proti koroziji, minimalno količino ognjeodporne snovi in žarilno-gorilno sposobnost. Poleg tega so določili tudi R vrednost (termični upor), kar je recipročna vrednost pri nas uporabljene U vrednosti (toplotna prehodnost). S tem so sicer preprečili nekvalitetno množično proizvodnjo, obenem pa so tudi izboljšali kakovost proizvedenih materialov. Leta 1985 je bila poslana vloga Kongresu, naj spremeni vrednost ognjeodpornosti in vrednosti ponovno poda po določenih preizkusih. Vrednost ognjeodpornosti so podali zaradi pritiska proizvajalcev mineralne volne. Menili so, da celulozna izolacija ne more doseči vrednosti, ki so jo zahtevali. Vendar so se zmotili, saj njihova teza ni temeljila na znanstvenih preizkusih. Od teh spoznanj naprej se je povečala uporaba izolacijskih materialov iz celuloze. To se je zgodilo zato, ker so ugotovili, da celulozna vlakna v primerjavi s stekleno volno boljše ščitijo konstrukcijo pred požarom, ker celulozna vlakna preprečijo, da bi kisik prišel v neposredno bližino konstrukcije. Drugi faktor je bil porast ekološko ozaveščene gradnje. Med vsemi izolacijskimi materiali prav izolacijski materiali iz celuloze vsebujejo največ recikliranih delcev, za produkcijo pa se porabi v primerjavi s stekleno volno manj energije. (Guba, 2006)

V Evropi se je začela proizvodnja izolacijskega materiala iz celuloze pred približno 25 leti. Najprej se je uveljavila proizvodnja v Nemčiji, največ pa se je uporabljal v skandinavskih državah. (Anico Kft., 2009)

Celulozna toplotna izolacija se uporablja pri sanacijah, pri novogradnjah in proizvodnji prefabriciranih arhitekturnih elementov. Je okolju prijazen material in zdravju ni škodljivo. Sestavljen je iz celuloznih vlaken in soli. Prav zaradi teh vlaken dobijo ti materiali prednost pred drugimi. Celulozna vlakna so del lesenih vlaken, zato imajo nizko toplotno prevodnost, ugodno uravnajo vlago in ugodno prepuščajo zrak. Pozimi preprečujejo prehod toplote skozi stene, poleti pa bistveno zmanjšujejo pregrevanje stavb. Nudijo ugodno zvočno zaščito in zaščito proti požaru. Njihova prednost je v tem, da se material ne polaga na steno, ampak se vpiha v vnaprej narejeno konstrukcijo, s čimer se lahko zagotovi tudi zapolnitev majhnih, nedostopnih prostorov. (Tehnični katalog Vekover, 2007)



Slika 2.5: Izolacijski material iz celuloze

Vir: http://www.ageka.fr/isolation_isocell.php (28. 08. 2012)

2.3.2 Izolacijski materiali iz lesenih vlaken

Lesene delce so začeli industrijsko lepiti že v 19. stoletju. Takšni obrati so bili v pretežni meri v Združenih državah Amerike, v Evropi pa so se pojavili na Poljskem. Na začetku 20. stoletja so uvedli napravo za sušenje furnirjev in leta 1910 so že nastali vsi pogoji za množično proizvodnjo furnir plošč. (Szegeđi, 2012)

Po prvi svetovni vojni se je proizvodnja predelanih lesenih materialov pospešila. V Združenih državah Amerike so se skoncentrirali na gradbeno industrijo in industrijo vozil, v Evropi so se pa osredotočili na pohištvo in na papir. Takrat so začeli proizvajati tudi barvne furnir plošče. (Szegeđi, 2012)

Po drugi svetovni vojni se v Evropi neha proizvodnja barvnih furnir plošč, saj se prekine izvoz tropskega lesa iz ZDA. Pojavijo se plošče iz lesenih vlaken, ki nadomestijo plastovite plošče. Obrati za proizvodnjo plošč iz lesenih vlaken se pojavijo povsod po svetu. (Szegeđi, 2012)

Plošče iz lesenih vlaken so ugodna toplotna zaščita tako pozimi, kot poleti. Uporabljajo se tudi za strešne, talne in stenske elemente. Nudijo odlično toplotno in zvočno zaščito, dobro uravnavajo vlago, so narejeni iz naravnih materialov, montaža je enostavna in niso škodljivi zdravju. Imajo največjo toplotno kapaciteto med do zdaj uporabljenimi toplotnoizolacijskimi materiali, kar ima pomembno vlogo pri faznem zamiku toplote poleti. Pri proizvodnji teh plošč uporabljajo ekološka lepila in se material lahko popolnoma reciklira. Poleg toplotne in zvočne zaščite nudijo zelo dobro zaščito pred požarom. (Tehnični katalog Hofatex, 2009)



Slika 2.6: Izolacijska plošča iz lesenih vlaken

Vir: Tehnični katalog Hofatex, 2009

3 ZNAČILNOSTI PROIZVODOV IZ LESENIH VLAKEN IN CELULOZE

Za današnje arhitekturne rešitve obstaja široka paleta tehničnih rešitev za ugodno toplotno zaščito stavb. Ugodno toplotno zaščito predstavljajo sami zunanji zidovi ali v kombinaciji z učinkovitejšimi izolacijskimi sistemi, pritrjenimi na zidove. (Kószó, 2003)

Pri izboru izolacijskih materialov moramo upoštevati različne fizikalne lastnosti materialov, kot so tlačna trdnost, difuzijska prepustnost, trajnost materiala, protipožarna odpornost, občutljivost na navlaženje. Vedno bolj se upoštevajo tudi lastnosti, kot so vsebnost škodljivih snovi, ekološka neoporečnost proizvodnje, razpoložljivost surovin, primernost za ponovno uporabo in razgradnjo. Poleg tega se upošteva tudi cena izdelka. Izolacijske materiale lahko glede na uporabljeno surovino delimo na klasične in alternativne materiale. (Jurčevič, 2010)

3.1 Klasični izolacijski materiali

Med klasičnimi izolacijskimi materiali se največ uporabljajo materiali iz mineralnih vlaken, kot so kamena in steklena vlakna. Ti materiali so lahko različne gostote. Tehnologija proizvodnje določa dolžino vlaken. Materiali iz silikatnih vlaken (steklena volna) so inaktivni z vodo in so netopni. So porozni materiali, zato niso primerni za uporabo na mestih, izpostavljenih vlagi, imajo pa odlične lastnosti glede difuzije pare. Posledica je, da se zelo hitro posušijo. Dobra lastnost teh materialov je, da ne gorijo, saj so sestavljeni iz anorganskih delcev. Uničenje vlaken se pojavi pri kameni volni pri 650 °C, pri stekleni volni pa pri 400 °C. Toplotna prevodnost materiala je med 0,030 in 0,045 W/mK. Spadajo med najboljše toplotne izolatorje, vendar se pri navlaženju zelo poveča njihova toplotna prehodnost. Materiali se slabo razgrajujejo, zato predstavljajo problem z ekološkega vidika. Tudi proizvodnja mineralne in steklene volne je ekološko problematična, vendar je cenovno ugodna. (Jurčevič, 2010; Kószó, 2003)

Drugi zelo razširjen klasični izolacijski material je ekspandiran polistiren (EPS). Toplotna prevodnost materiala je med 0,035 in 0,040 W/mK. Če ga pravilno vgradimo, je obstojen, ni strupen ter je odporen proti anorganskim kislinam in solem. Ni pa odporen proti organskim topilom, UV-sevanju in temperaturi nad 80 °C. Ne vpija vode, razen takrat, ko je dolgo časa izpostavljen delovanju vodne pare. Z ekološkega vidika moramo upoštevati, da predstavlja naftni derivat. (Jurčević, 2010)

3.2 Naravni (alternativni) izolacijski materiali

Izolacijske materiale ne moremo uvrstiti med ekološko primerne, če ne izpolnjujejo določenih pogojev. Te zahteve so, da morajo biti materiali naravni, za njihovo izdelavo se mora porabiti čim manj energije, pri čemer se ne sme dodajati človeku in okolju škodljivih primesi. Njihova nahajališča morajo biti čim bližje, da se izognemo dolgim prevozom in obremenitvam okolja. (Kralj, 2009)

Med alternativne izolacijske materiale sodijo toplotno izolacijski materiali iz celuloze, lesa, ovčje volne, konoplje, slame, plute, bombaža. Praviloma je vrednost toplotne prehodnosti teh materialov nekoliko višja kot pri klasičnih materialih. Giblje se med 0,040 in 0,050 W/mK, kar uvršča materiale med dobre toplotne izolatorje. Paroprepustnost je v primerjavi s paroprepustnostjo klasičnih materialov večja, kar je pomembno, saj s tem uravnava vlago v prostoru ter so sposobni določeno količino vodne pare zadržati in jo po potrebi vračati v prostor. (Nemanič, 2006)

Izolacijskim materialom ponavadi dodajajo različne primesi, ki jih zavarujejo pred škodljivci, kot so glodavci in insekti. Celuloznim in materialom iz lesenih vlaken dodajajo borovo sol, ki je topna v vodi in ni škodljiva ljudem. Deluje kot naravni konzervans, ki preprečuje nastanek plesni in odvrča insekte ter varuje tudi pred glodavci. Pri materialih iz slame moramo razpeti mrežo za zaščito. Pri ovčji volni so škodljivi le insekti, zato ji dodajajo pesticid klorfenapir. Zaščito pred glodavci predstavljajo tudi ostra volnena vlakna, ki nastanejo pri posebnem razrezu. (Nemanič, 2006)

Naravni materiali spadajo v razred gorljivosti B2, kar pomeni, da so materiali primerni za vgraditev v stavbe. Borova sol tudi dodatno varuje pred ognjem. Pri materialih iz celuloze in lesenih vlaken velja, da material gori do neke mere, nato se pojavi zoglenela plast, ki

preprečuje razširjanje ognja naprej. Konoplja je negorljiva, slamo pa zaščitimo z ilovnatimi ometi. (Nemanič, 2006)

3.2.1 Izolacijski materiali iz celuloze

Izolacijski material iz celuloze je v osnovi izdelan iz starega papirja, ki ga najprej na grobo razrežejo in med posebnim postopkom razvlaknjenja dodajo borovo sol. Ta na kosmičih naredi impregnacijski sloj, ki ščiti pred plesnijo in insekti. Zaradi borove soli je potrebno pri delu uporabljati zaščitna sredstva. Ti materiali so primerni za uporabo za izolacijo streh, stropov, suhomontažnih podov, v hišah z leseno votlo konstrukcijo in na stenah. Lahko se uporabijo v razsutem stanju ali se stiskajo v posebne mehke vlaknaste plošče (za oblaganje sten). Pri uporabi v razsutem stanju se material vpahuje s posebnim strojem na površino ali v kalup. Prednost pri tej tehnologiji je, da omogoča enakomerno razporeditev materiala po površini in se zapolnijo vsi deli, tudi težko dostopni koti. Lahko se izognemo vsem stikom, brez katerih ne gre pri izolacijah s ploščami. To je recikliran material, zato je pri proizvodnji potrebno malo energije. Ima dobre toplotno izolativne lastnosti z 12- do 15-urnim časovnim zamikom. Časovni zamik pomeni, da material toliko časa zadržuje toploto, preden ta preide v ta prostor. Toplotna prevodnost materiala je 0,040–0,045 W/mK. Lahko se vgradi tudi papirna parna ovira, ki dobro uravnava zračno vlago, kajti material sprejema ali oddaja veliko vodne pare, ne da bi pri tem izgubil toplotnoizolativne lastnosti. (Kralj, 2009)

3.2.2 Izolacijski material iz lesenih vlaken

Lesena vlakna so lahko tudi v razsuti obliki ali pa se z mineralnimi vezivi oblikujejo v plošče. Uporabljajo se za izoliranje vseh delov hiše, največkrat v obliki plošč. Zapolnijo vse nedostopne kote podobno kot celulozni kosmiči. Imajo zelo veliko gostoto in njihova toplotna prehodnost se giblje okoli 0,40 W/m²K. Dobra lastnost je tudi časovni zamik prehoda toplote. (Kralj, 2009)

3.3 Vrste in uporaba proizvodov iz lesenih vlaken in celuloze

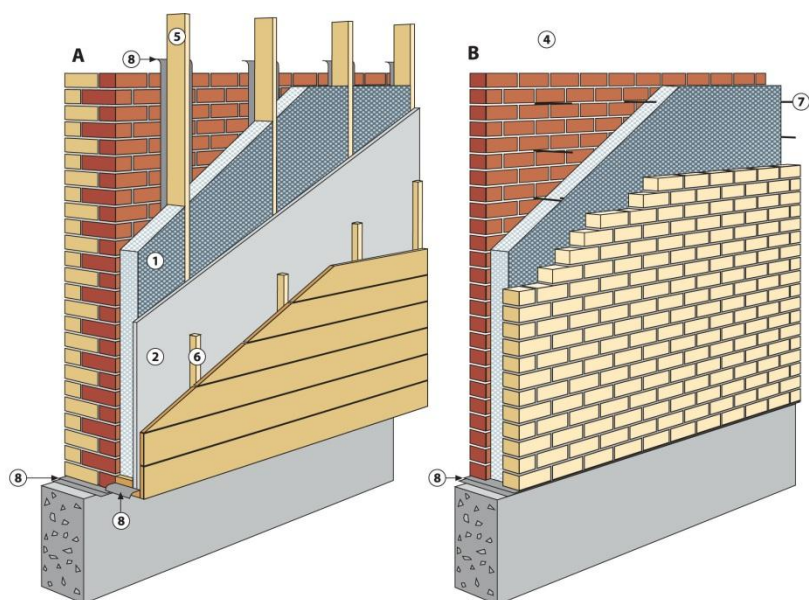
Izolacijski materiali iz lesenih vlaken in celuloze so materiali, ki nudijo učinkovito zaščito zgradb pred toplotnimi izgubami pozimi in prekomernim segrevanjem notranjih prostorov poleti ter tudi zaščito pred hrupom. (Tehnični katalog podjetja Hofatex, 2009)



Slika 3.1: Uporaba plošče Hofafest UD

Vir: Tehnični katalog Hofatex, 2009

Plošče iz lesenih vlaken so primerne kot univerzalna izolacija pri novogradnjah in tudi pri rekonstrukciji. So odlična dopolnitev izolacije, ki je nameščena med špirovci, ki imajo majhno toplotno kapaciteto. (Tehnični katalog podjetja Hofatex, 2009)



Slika 3.2: Uporaba izolacije iz celuloze

A – Obešena lesena obloga

B – Obešena opečna obloga

1 – Celulozna izolacija

2 – Parna zapora

4 – Izolacija iz lesenih vlaken

5 – Opaž za izolacijo

6 – Letve

7 – Ojačanje stene

8 – Hidroizolacija

Vir: Tehnični katalog Vekover, 2007

Preglednica 1: Vrste in značilnosti proizvodov iz lesenih vlaken in celuloze

Material	Toplotna prevodnost λ_D (W/mK)	Količnik difuznega upora μ	Specifična toplotna kapaciteta C (J/kgK)	Razred gorljivosti po EN 13501-1	Razred gorljivosti po DIN 4102	Gostota ρ (kg/m³)
Plošče iz lesnih vlaken	0,049	5	2100	E	B2	260
Plošče iz lesnih vlaken z dodanimi vodilnimi letvami	0,039	5	2100	E	B2	150
Plošče iz lesnih vlaken za stropne elemente	0,04	5	2100	E	B2	160
Plošče iz lesnih vlaken kot plavajoči pod	0,046	5	2100	E	B2	250
Plošče iz lesnih vlaken kot podloga pod pohodni sloj	0,046	5	2100	E	B2	230
Plošče iz lesnih vlaken za talne konstrukcij e	0,046	5	2100	E	B2	230
Plošče iz lesnih vlaken po EN 13171	0,039	5	2100	E	B2	150

Plošče iz lesenih vlaken za notranjo toplotno izolacijo	0,041	5	2100	E	B2	170
Toplotna izolacija iz celuloze	0,039	1-2	1944	E	B1	28–40, 38–65

Vir: Tehnični katalog podjetja Hofatex, 2009; Tehnični katalog podjetja Isocell, 2008; Magyar házak, 2010

3.4 Toplotna zaščita stavb

3.4.1 Izhodišča

Toplotna zaščita je potrebna iz higienskih in zdravstvenih razlogov zato, da se zagotovi primerna klima v notranjih prostorih in s tem kakovost bivanja v teh prostorih. Za doseganje tega je potrebno omogočiti ugodno temperaturo v stanovanjih. Poleg tega je izrednega pomena čim nižja poraba energije za ogrevanje in hlajenje. To lahko zagotovimo s čim boljše toplotno zaščito stavb, da ima stavba čim manj stika z zunanjo klimo. (Moritz, 1975)

Kako zagotoviti ugodno mikroklimo v stanovanju? Mikroklima je vezana na del prostora, kjer so posamezni elementi v medsebojni odvisnosti. V tem delu prostora mikroklima vpliva na izmenjavo toplote ter na metabolizem predmetov in živih organizmov. Značilnost mikroklime je, da so značilnosti skupka sestavnih elementov obravnavanega dela prostora različni od okoljskih značilnosti in se na svoj način spreminjajo. Vzdrževanje mikroklime velikokrat omogoča umetno vgrajena naprava. (Zöld, 2011)

Pri arhitekturnih elementih je zelo pomembna njihova toplotna zaščita, ki vpliva na temperaturo notranjih prostorov. Poleg tega je zelo pomembno tudi vzdrževanje toplote v samem elementu. (Zöld, 2011)

Pri notranji mikroklimi je zelo pomembna tudi človekova dejavnost v samem prostoru. To lahko popišemo z enoto met, kar znaša 58 W/m^2 površine telesa. Pri tem velja za odrasle

ljudi, da je približna površina telesa enaka $1,8 \text{ m}^2$. Odvisno od aktivnosti je lahko različno tudi število metov:

Preglednica 2: Odvisnost različnih aktivnosti in metov po standardu ISO 8996

Aktivnost	Št. metov	Količina v W/m^2
Sedenje	1,0–1,2	58–70
Hišna dela	2,0–3,4	116–198
Hoja	2,0–4,6	116–267
Ples	2,4–4,4	140–256

Vir: Medved, 1997

Tudi obleka nudi ljudem toplotno zaščito in ima določeno toplotno upornost, kar označimo z oznako clo. Tipične vrednosti so:

Preglednica 3: Število clo v odvisnosti od oblečenosti osebe

Vrsta oblačila	Količina v clo
Nago telo	0
Lahka obleka	0,3
Poslovna obleka	1
Zimska obleka	1,5

Vir: Medved, 1997

Velja pravilo, da mora biti temperatura zraka v prostoru višja pri manjši aktivnosti in lažji obleki. (Medved, 1997)

Pri prenosu toplote v gradbenih konstrukcijah upoštevamo prvi in drugi zakon termodinamike. Prvi zakon pravi, da se energija ne more uničiti ali ustvariti iz nič, lahko le spremeni obliko. Drugi zakon pa govori o tem, da toplota vedno teče iz toplejšega telesa na hladnejše. V osnovi se prenos toplote lahko zgodi na tri načine: s prevodom, s konvekcijo in s sevanjem. (Medved, 1997)

Prenos toplote v gradbenih konstrukcijah poteka s kombinacijo vseh treh načinov prenosa toplote in poteka zaradi temperaturne razlike med dvema prostoroma. Tople stene praviloma sevajo na hladne, pri katerih se površinska temperatura enih zniža, drugih pa

poveča. Toplota prestopa iz toplega zraka v notranjosti na površino zidu. Ker je notranja površina zidu toplejša se toplota prevaja po zidu proti zunanji, hladnejši površini, od koder prestopa v zunanji prostor. Stena je toplejša od okolice, tako seva del toplote v okolico. (Medved, 1997)

Prehod toplote lahko izračunamo po enačbi:

$$\Phi = k \cdot A \cdot (T_i - T_e) \quad (3.1)$$

k – toplotna prehodnost

A – površina

T_i – temperatura notranjega prostora

T_e – temperatura zunanjega prostora

Toplotna prehodnost je enaka:

$$k = \frac{l}{\frac{l}{\alpha_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{l}{\alpha_e}} \quad (3.2)$$

α_i – notranja toplotna prestopnost v prostoru

d – debelina homogene stene, skozi katero se prevaja toplota

α_e – zunanja toplotna prestopnost na zunanji strani konstrukcije

Toplotni tok lahko podamo tudi z upori prehodu toplote. To lahko izračunamo po enačbi:

$$\Phi = \frac{A}{R} \cdot (T_i - T_e) \quad (3.3)$$

A – površina

R – toplotni upor prehodu toplote skozi gradbeno konstrukcijo

T_i – temperatura notranjega prostora

T_e – temperatura zunanjega prostora

Toplotni upor pa izračunamo po enačbi:

$$R = \frac{l}{k} = R_i + R_k + R_e = R_i + \frac{d}{\lambda} + R_e \quad (3.4)$$

R_i – upor konvektivnemu in sevalnemu prestopu toplote znotraj prostora

R_k – upor prevodu toplote homogene konstrukcije

R_e – upor konvektivnemu in sevalnemu prestopu toplote na zunanji strani konstrukcije

k – toplotna prehodnost

d – debelina homogene stene, skozi katero se prevaja toplota

(Medved, 1997)

Preglednica 4: Tabela potrebne toplotne prehodnosti za posamezne elemente po PURES-u

Št. Gradbeni elementi	U_{\max} [W/(m ² K)]
1 Zunanje stene proti neogrevanim prostorom	0,28
2 Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom - manjše površine, ki skupaj ne presegajo 10 % površine neprozornega dela zunanje stene	0,60
3 Stene, ki mejijo na ogrevane sosednje stavbe	0,50
4 Stene med stanovanji in stene proti stopniščem, hodnikom in drugim manj ogrevanim prostorom	0,70
Notranje stene in medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nestanovanjskih stavbah	0,90
5 Zunanja stena ogrevanih prostorov proti terenu	0,35
6 Tla na terenu (ne velja za industrijske stavbe)	0,35
7 Tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo	0,35
8 Tla nad zunanjim zrakom	0,30
9 Tla na terenu in tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo pri panelnem - talnem ogrevanju (ploskovnem gretju)	0,30
10 Stropi proti neogrevanemu prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh (ravne ali poševne strehe)	0,20
11 Terasa manjše velikosti, ki skupaj ne presegajo 5 % površine strehe	0,60
12 Strop proti terenu	0,35
13 Vertikalna okna ali balkonska vrata in greti zimski vrtovi z okvirji iz lesa ali umetnih mas	1,30
Vertikalna okna in balkonska vrata in greti zimski vrtovi z okvirji iz kovin	1,60
14 Strešna okna, steklene strehe	1,40

15 Svetlobniki, svetlobne kupole (do skupno 5 % površine strehe)	2,40
16 Vhodna vrata	1,60
17 Garažna vrata	2,00

Vir: PURES, 2010

3.4.2 Analiza toplotne prehodnosti za posamezne arhitekturne elemente

Za analizo toplotne prehodnosti smo uporabili idejno zasnovo enodružinske hiše, projektirane pri predmetu Arhitekturni elementi II, s toplotno zaščito s klasičnimi izolacijskimi materiali. Preračunali smo tri arhitekturne elemente in jih primerjali med seboj. To so: zunanji zid, talna plošča in strešna konstrukcija v sestavi poševne strehe.

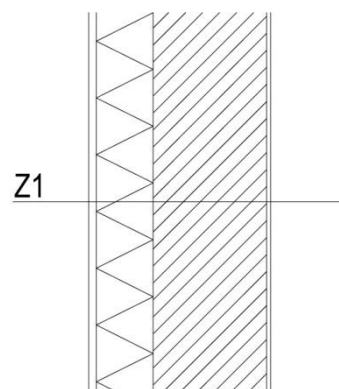
3.4.2.1 Zunanji zid - Primerjava izvedbe toplotne izolacije iz ekspandiranega polistirena, lesenih vlaken in celuloze

I. Zunanji zid : opeka + omet

Z1: Toplotna izolacija iz klasičnega materiala –
ekspandiranega polistirena

Material	Debelina [cm]	λ [W/mK]
Zunanji omet	2,00	0,700
Toplotna izolacija iz ekspandiranega polistirena	15,00	0,041
Opečni zid	30,00	0,330
Notranji omet	1,00	0,850

Vir: lasten, po Medved, 1997



Slika 3.3: Izvedba zunanjega zidu s toplotno zaščito iz klasičnih izolacijskih materialov (Z1) M: 1:20

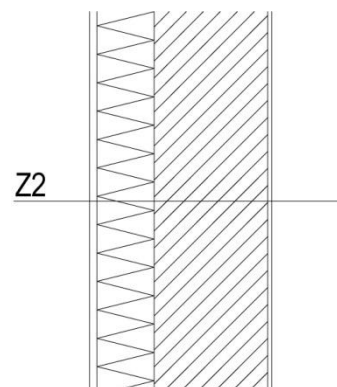
Vir: lasten, povzeto po Osztrtoluczky, 2009

$$k = \frac{l}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{l}{\frac{1}{8} + \frac{0,01}{0,85} + \frac{0,30}{0,33} + \frac{0,15}{0,041} + \frac{0,02}{0,70} + \frac{1}{23}} = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Z2: Toplotna izolacija iz lesenih vlaken

Material	Debelina [cm]	λ [W/mK]
Zunanji omet	2,00	0,700
Toplotna izolacija Hofatex SysTherm IA	15,00	0,041
Opečni zid	30,00	0,330
Notranji omet	1,00	0,850

Vir: lasten, po Medved, 1997; Tehnični katalog Hofatex, 2009



Slika 3.4: Izvedba zunanjega zidu s toplotno zaščito iz lesenih vlaken (Z2)
M: 1:20

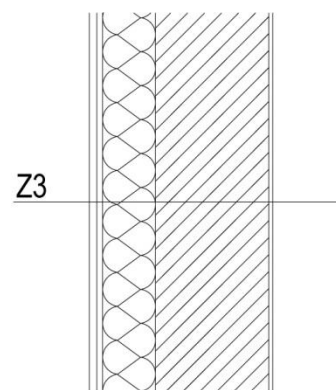
Vir: lasten, povzeto po Osztrroluczky, 2009

$$k = \frac{l}{\frac{l}{a_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{l}{a_e}} = \frac{l}{\frac{l}{8} + \frac{0,01}{0,85} + \frac{0,30}{0,33} + \frac{0,15}{0,041} + \frac{0,02}{0,70} + \frac{l}{23}} = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Z3: Toplotna izolacija iz celuloze

Material	Debelina [cm]	λ [W/mK]
Zunanji omet	2,00	0,700
OSB-plošča	1,50	0,100
Toplotna izolacija Isocell	14,00	0,033
Opečni zid	30,00	0,330
Notranji omet	1,00	0,850

Vir: lasten, po Medved, 1997; Tehnični katalog Isocell, 2008;
Készházportál Kft, 2009



Slika 3.5: Izvedba zunanjega zidu s toplotno zaščito iz celuloze (Z3) M: 1:20

Vir: lasten, povzeto po Osztrroluczky, 2009
in Tehničnem katalogu Vekover 2007

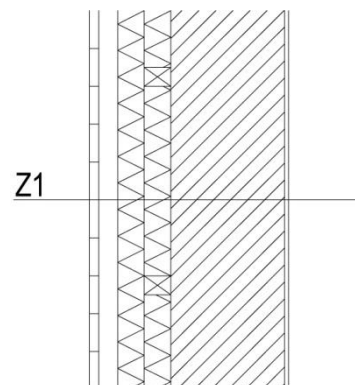
$$k = \frac{l}{\frac{l}{a_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{l}{a_e}} = \frac{l}{\frac{l}{8} + \frac{0,01}{0,85} + \frac{0,30}{0,33} + \frac{0,14}{0,033} + \frac{0,015}{0,10} + \frac{0,02}{0,70} + \frac{l}{23}} = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$$

II. Zunanji zid: opeka + lesena obloga

Z1: Toplotna izolacija iz klasičnih materialov –
ekspandiran polistiren

Material	Debelina [cm]	λ [W/mK]
Lesena fasadna obloga	2,00	0,210
Zračni sloj	5,00	0,026
Toplotna izolacija iz ekspandiranega polistirena med prečnimi letvami	7,00	0,041
Toplotna izolacija iz ekspandiranega polistirena med vzdolžnimi letvami	7,00	0,041
Opečni zid	30,00	0,330
Notranji omet	1,00	0,850

Vir: lasten, po Medved, 1997; Jároli, 2004



Slika 3.6: Zunanji zid iz opeke z leseno oblogo, izoliran s klasičnim izolacijskim materialom M: 1:20

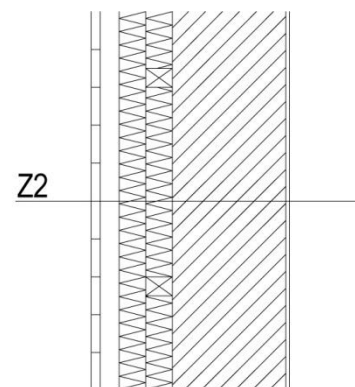
Vir: lasten, povzeto po Osztróluczky, 2009

$$k = \frac{l}{\frac{l}{\alpha_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{l}{\alpha_e}} = \frac{l}{\frac{l}{8} + \frac{0,01}{0,85} + \frac{0,30}{0,33} + \frac{0,07}{0,041} + \frac{0,07}{0,041} + \frac{0,05}{0,026} + \frac{0,024}{0,21} + \frac{l}{23}} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Z2: Toplotna izolacija iz lesenih vlaken

Material	Debelina [cm]	λ [W/mK]
Lesena fasadna obloga	2,40	0,210
Zračni sloj	5,00	0,026
Toplotna izolacija Hofatex Therm med prečnimi letvami	7,00	0,039
Toplotna izolacija Hofatex Therm med vzdolžnimi letvami	7,00	0,039
Opečni zid	30,00	0,330
Notranji omet	1,00	0,850

Vir: lasten, po Medved, 1997; Jároli, 2004; Tehnični katalog Hofatex, 2009



Slika 3.7: Zunanji zid iz opeke z leseno oblogo, izoliran z izolacijskim materialom iz lesenih vlaken M: 1:20

Vir: lasten, povzeto po Osztróluczky, 2009

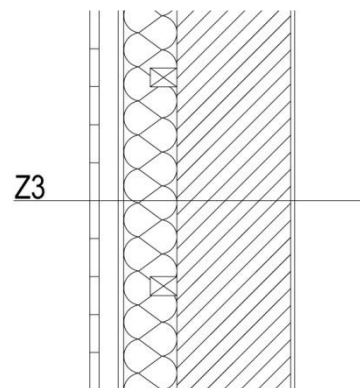
$$k = \frac{l}{\frac{l}{\alpha_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{l}{\alpha_e}} = \frac{l}{\frac{l}{8} + \frac{0,01}{0,85} + \frac{0,30}{0,33} + \frac{0,07}{0,039} + \frac{0,07}{0,039} + \frac{0,05}{0,026} + \frac{0,024}{0,21} + \frac{l}{23}} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Z3: Toplotna izolacija iz celuloze

Material	Debelina [cm]	λ [W/mK]
Lesena fasadna obloga	2,00	0,210
Zračni sloj	5,00	0,026
OSB-plošča	1,50	0,100
Toplotna izolacija Isocell med vzdolžnimi in prečnimi letvami	15,00	0,033
Opečni zid	30,00	0,330
Notranji omet	1,00	0,850

Vir: lasten, po Medved, 1997; Jároli, 2004; Tehnični katalog

Isocell, 2008; Készházportál Kft, 2009



Slika 3.8: Zunanji zid iz opeke z leseno oblogo, izoliran z izolacijskim materialom iz celuloze
M: 1:20

Vir: lasten, povzeto po Osztrölczy, 2009 in Tehničnem katalogu Vekover

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,01}{0,85} + \frac{0,30}{0,33} + \frac{0,15}{0,033} + \frac{0,015}{0,10} + \frac{0,05}{0,026} + \frac{0,024}{0,21} + \frac{1}{23}} = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$$

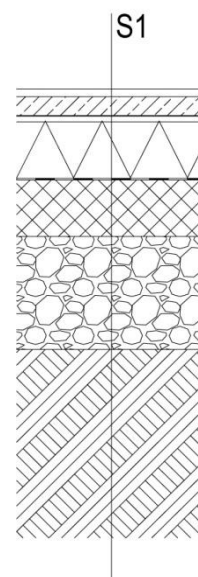
Rezultati izračuna toplotne prehodnosti ustrezajo zahtevam PURES-a, ki določa največjo toplotno prehodnost pri zunanjih zidovih 0,28 W/m²K. Pri enaki debelini toplotne izolacije smo tako ugotovili, da je toplotna prehodnost pri različnih izvedbah zunanjega zidu enaka pri ekspandiranem polistirenu in ploščah iz lesenih vlaken, v primeru izvedbe zunanjega zidu z leseno oblogo pa manjša pri toplotni izolaciji iz celuloze.

3.4.2.2 Tla na terenu

S1: Toplotna izolacija iz klasičnih materialov –
ekspandiran polistiren

Material	Debelina [cm]	λ [W/mK]
Finalni tlak	2,00	0,210
Plavajoči estrih	5,00	1,280
Parna zapora	0,15	0,190
OSB-plošča	1,50	0,100
Toplotna izolacija iz ekspandiranega polistirena	15,00	0,041
Hidroizolacija	0,40	0,190
Armiranobetonska plošča	15,00	1,550
Nasutje	30,00	0,810

Vir: lasten po Medved, 1997; Biosolar, 2011; Seliškar, 1994; Készházportál Kft, 2009



Slika 3.9: Sestava talne plošče s toplotno izolacijo iz klasičnih materialov M: 1:20

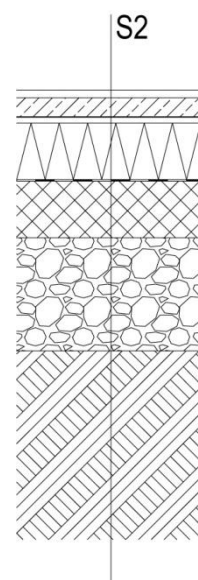
Vir: lasten, povzeto po Osztröluczy, 2009

$$k = \frac{l}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_t}} = \frac{l}{\frac{1}{8} + \frac{0,30}{0,81} + \frac{0,15}{1,55} + \frac{0,004}{0,19} + \frac{0,15}{0,041} + \frac{0,015}{0,10} + \frac{0,0015}{0,19} + \frac{0,05}{1,28} + \frac{0,02}{0,21} + \frac{1}{6}} = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$$

S2: Toplotna izolacija iz lesenih vlaken

Material	Debelina [cm]	λ [W/mK]
Finalni tlak	2,00	0,210
Plavajoči estrih	5,00	1,280
Parna zapora	0,15	0,190
OSB-plošča	1,50	0,100
Toplotna izolacija Hofatex Therm	15,00	0,039
Hidroizolacija	0,40	0,190
Armiranobetonska plošča	15,00	1,550
Nasutje	30,00	0,810

Vir: lasten, po Biosolar, 2011; Seliškar, 1994; Tehnični katalog Hofatex, 2009; Medved, 1997; Készházportál Kft, 2009



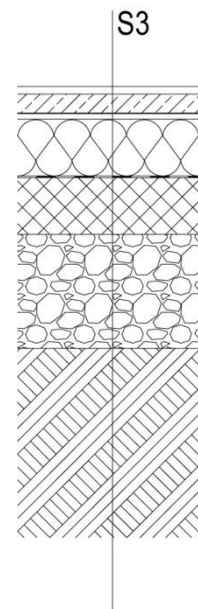
Slika 3.10: Sestava talne plošče s toplotno izolacijo iz lesenih vlaken M: 1:20

Vir: lasten, povzeto po Osztröluczy, 2009

$$k = \frac{l}{\frac{l}{\alpha_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{l}{\alpha_t}} = \frac{l}{\frac{l}{8} + \frac{0,30}{0,81} + \frac{0,15}{1,55} + \frac{0,004}{0,19} + \frac{0,15}{0,039} + \frac{0,015}{0,10} + \frac{0,0015}{0,19} + \frac{0,05}{1,28} + \frac{0,02}{0,21} + \frac{l}{6}} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$$

S3: Toplotna izolacija iz celuloze

Material	Debelina [cm]	λ [W/mK]
Finalni tlak	2,00	0,210
Plavajoči estrih	5,00	1,280
Parna zapora	0,15	0,190
OSB-plošča	1,50	0,100
Toplotna izolacija Isocell	14,00	0,033
Hidroizolacija	0,40	0,190
Armiranobetonska plošča	15,00	1,550
Nasutje	30,00	0,810



Vir: lasten, po Medved, 1997; Seliškar, 1994; Tehnični katalog Isocell 2008; Biosolar, 2011; Készházportál Kft, 2009

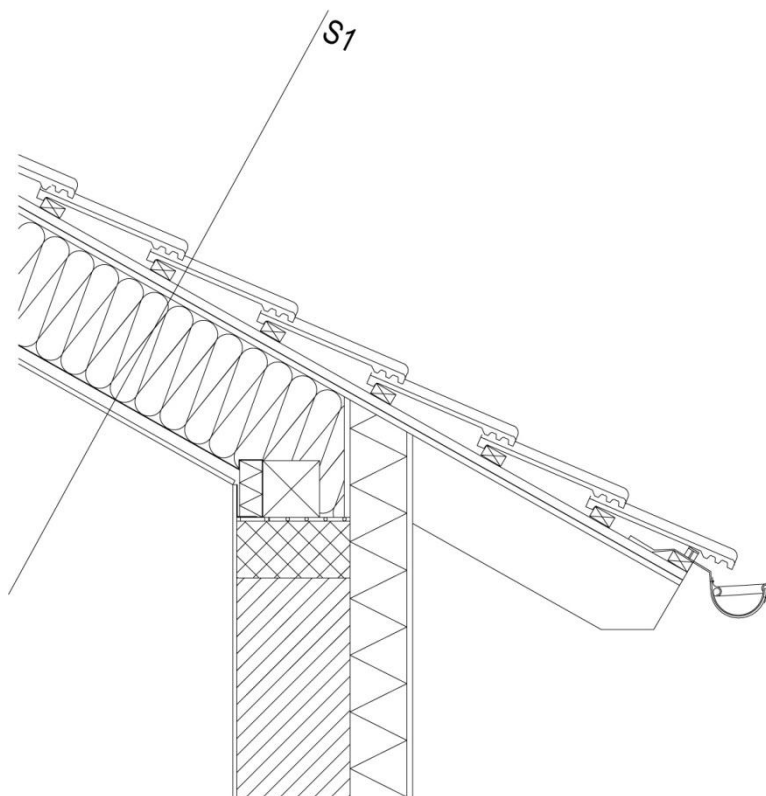
Slika 3.11: Sestava talne plošče s toplotno izolacijo iz celuloze M: 1:20

Vir: lasten, povzeto po Osztrölczky, 2009 in Tehničnem katalogu Vekover, 2007

$$k = \frac{l}{\frac{l}{\alpha_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{l}{\alpha_t}} = \frac{l}{\frac{l}{8} + \frac{0,30}{0,81} + \frac{0,15}{1,55} + \frac{0,004}{0,19} + \frac{0,14}{0,033} + \frac{0,015}{0,10} + \frac{0,0015}{0,19} + \frac{0,05}{1,28} + \frac{0,02}{0,21} + \frac{l}{6}} = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Iz rezultatov je razvidno, da pri različnih izvedbah talne plošče dobimo približno enak rezultat pri enaki debelini toplotne izolacije iz kombinacij steklene volne in ekspandiranega polistirena ter za izolacijski material iz lesenih vlaken. V vseh primerih rezultati zadoščajo zahtevam PURES-a, ki določa maksimalno toplotno prehodnost za tla na terenu 0,35 W/m²K.

3.4.2.3 Sestava poševne strehe



Slika 3.12: Streha s toplotno izolacijo iz klasičnih materialov M: 1:20

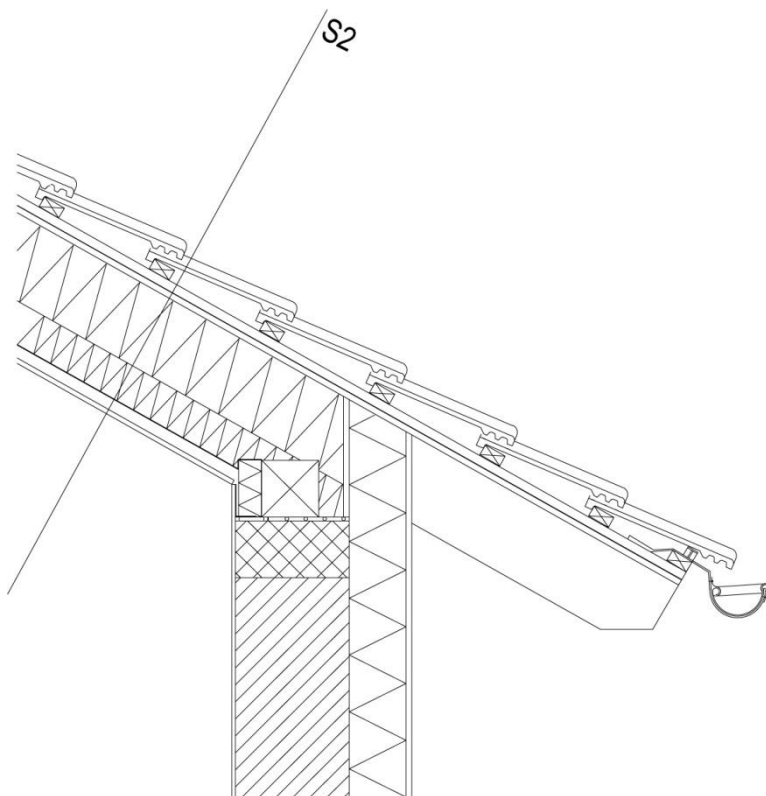
Vir: lasten, povzeto po Osztröluczky, 2009

S1: Toplotna izolacija iz klasičnih materialov

Material	Debelina [cm]	λ [W/mK]
Kritina	3,80	0,990
Prečna letev	3,00	0,026
Vzdolžne letve	2,40	0,026
Sekundarna (paroprepustna) kritina	0,06	0,190
Opaž za sekundarno kritino	1,60	0,140
Toplotna izolacija iz steklene volne	30,00	0,041
Parna zapora	0,15	0,190
Letve (zračni sloj)	3,00	0,026
Mavčnokartonska plošča	1,25	0,210

Vir: lasten, po Medved, 1997; Seliškar, 1994; Biosolar, 2011

$$k = \frac{l}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{l}{\frac{1}{8} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{0,03}{0,026} + \frac{0,0015}{0,19} + \frac{0,30}{0,041} + \frac{0,016}{0,14} + \frac{0,0006}{0,19} + \frac{0,024}{0,026} + \frac{0,03}{0,026} + \frac{0,038}{0,99} + \frac{1}{23}} = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$$



Slika 3.13: Streha s toplotno izolacijo iz lesenih vlaken M: 1:20

Vir: lasten, povzeto po Osztrölczy, 2009

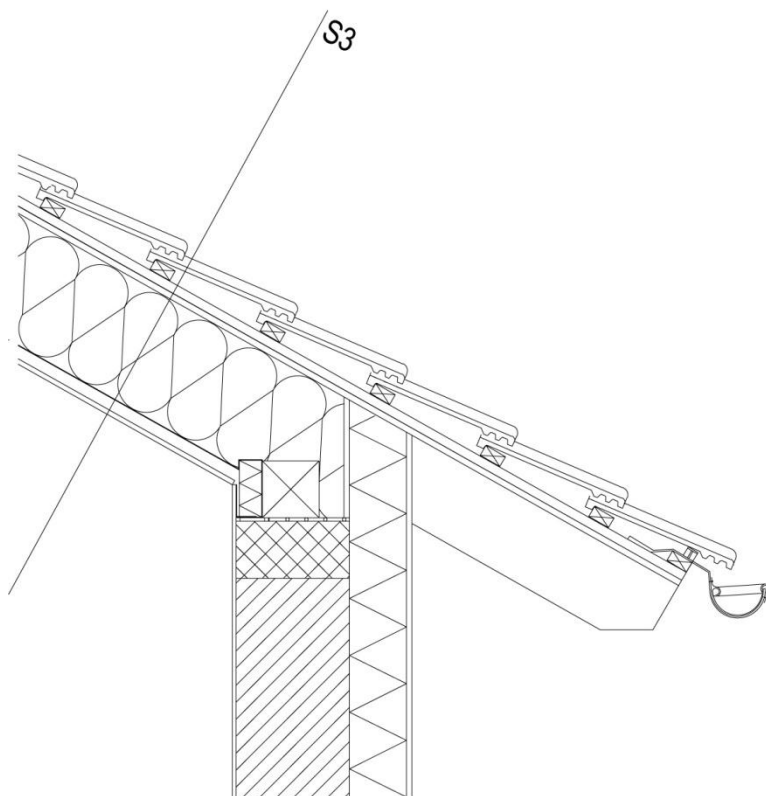
S2: Toplotna izolacija iz lesenih vlaken

Material	Debelina [cm]	λ [W/mK]
Kritina	3,80	0,990
Prečne letve	3,00	0,026
Vzdolžne letve	2,40	0,026
Sekundarna (paroprepustna) kritina	0,06	0,190
Opaž za sekundarno kritino	1,60	0,140
Toplotna izolacija Hofafest UD	20,00	0,049
Toplotna izolacija Hofatex Therm DK	10,00	0,039
Parna zapora	0,15	0,190
Letve (zračni sloj)	3,00	0,026
Mavčnokartonska plošča	1,25	0,210

Vir: lasten, po Medved, 1997; Seliškar, 1994; Biosolar, 2011; Tehnični katalog Hofatex 2009

$$k = \frac{l}{\frac{l}{a_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{l}{a_i}} = \frac{l}{\frac{l}{8} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{0,03}{0,026} + \frac{0,0015}{0,19} + \frac{0,10}{0,039} + \frac{0,20}{0,049} + \frac{0,016}{0,14} + \frac{0,0006}{0,19} + \frac{0,024}{0,026} + \frac{0,03}{0,026} + \frac{0,038}{0,99} + \frac{l}{23}}$$

$$= 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$$



Slika 3.14: Streha s toplotno izolacijo iz celuloze M: 1:20

Vir: lasten, povzeto po Osztröuczky, 2009 in Tehničnem katalogu

S3: Toplotna izolacija iz celuloze

Material	Debelina [cm]	λ [W/mK]
Kritina	3,80	0,990
Prečne letve	3,00	0,026
Vzdolžne letve	2,40	0,026
Sekundarna (paroprepustna) kritina	0,06	0,190
Opaž za sekundarno kritino	1,60	0,140
Toplotna izolacija Isocell	30,00	0,033
Parna zapora	0,15	0,190
Letve (zračni sloj)	3,00	0,026
Mavčnokartonska plošča	1,25	0,210

Vir: lasten po Medved, 1997; Seliškar, 1994; Biosolar, 2011; Tehnični katalog Isocell 2008

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{0,03}{0,026} + \frac{0,0015}{0,19} + \frac{0,30}{0,033} + \frac{0,016}{0,14} + \frac{0,0006}{0,19} + \frac{0,024}{0,026} + \frac{0,03}{0,026} + \frac{0,038}{0,99} + \frac{1}{23}} =$$

$$0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Iz izračunov vidimo, da sta rezultata toplotne prehodnosti pri izvedbi toplotno izoliranega ostrejša s stekleno volno in plošče iz lesenih vlaken skoraj identična. Opazna razlika je pri celulozi, kjer je toplotna prehodnost strehe veliko manjša. V vseh treh primerih so rezultati v skladu s PURES-om, ki zahteva največjo toplotno prehodnost skozi stropove v sestavi ravnih ali poševnih streh $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$.

3.5 Cenovna primerjava izvedbe toplotne izolacije v različnih materialih.

Preglednica 5: Primerjava cen materialov

Material	Cena v €/ m ² za zid 1	Cena v €/ m ² za zid 2	Cena v €/ m ² za tla	Cena v €/ m ² za streho
Ekspandiran polistiren in steklena volna	7,77	5,18	6,97	12,36
Izolacijske plošče iz lesenih vlaken	52,43	26,98	36,82	90,75
Izolacijski material iz celuloze	12,01	8,58	7,39	25,74

Vir: Tehnični katalog Hofatex 2009; Merkur, 2011; Ekoprodukt – Cenik 2012

Iz tabele je razvidno, da je najcenejša izvedba toplotne izolacije s klasičnimi materiali. Izolacija iz lesenih vlaken je približno petkrat dražja od toplotne zaščite iz klasičnih materialov, kot sta ekspandiran polistiren in steklena volna.

3.6 Akumulacija toplote in fazni zamik

Poleg toplotne prehodnosti na ugodje bivanja in rabo energije vpliva tudi sposobnost akumuliranja toplote. Pri tem sta pomembni lastnosti masa oziroma gostota in specifična toplota materiala. (Ekoprodukt, 1998)

Temperatura zunanjega zraka niha s periodo 24 ur. Amplituda temperaturnega vala vdira skozi steno in se pri tem zmanjšuje, duši. Karakteristična vrednost, s katero to opišemo, je dušenje temperature, časovno razliko, ki se pojavi med pojavom najvišje notranje temperature in temperaturo na površini, pa imenujemo fazni zamik. Faktor dušenja

amplitude lahko določimo iz karakteristike toplotne zakasnitve D . (Grobovšek, 2010; Medved, 1997)

Pomemben dejavnik pri toplotni zaščiti stavb je namreč fazni zamik prehoda toplote. Za idealno toplotno zaščito je odločilnega pomena izbira materiala, ki omogoča počasen prehod toplote skozi konstrukcijo. Tako, da material uspešno akumulira toploto v sebi. Dušenje amplitude pokaže, kako močno je mogoče zmanjšati prehod temperature skozi gradbeni element, fazni zamik pa pove, koliko ur je možen zamik prehoda maksimalnih temperatur. Fazni zamik je časovna zapora med pojavom najvišje temperature zunaj in pojavom najvišje temperature znotraj v prostoru. (Kager hiša, 2009)

Najenostavneje lahko pojasnimo fazni zamik tako, da je pri tem težnja, da dosežemo takšen časovni zamik prehoda toplote skozi arhitekturni element, da najvišja dnevna temperatura v notranji prostor prodre šele takrat, ko se zunaj že ohladi toliko, da s prezračevanjem segretega prostora lahko dosežemo nasprotno delovanje. Najboljše je, če pri tem dosežemo zamik 12 ur. Nato se akumulirana toplota v elementu zopet odvaja navzven. Tako na notranjem delu konstrukcije ne pride do enakega povišanja temperature kot na zunanem delu. Ta pojav je zelo pomemben pri strehah, ker poleti pride do pregrevanja teh elementov, saj se lahko temperatura dvigne na 80 °C. Problem pri izvedbi strehe je, da ima strešna konstrukcija zelo malo akumulacijsko maso, saj jo sestavlja skoraj izključno toplotna izolacija. Pri strehi je torej zelo pomembno, da se dušenje amplitude in fazni zamik dosežeta z izolacijskim materialom, ki ima nizko toplotno prevodnost. Cilj je doseči vrednost 10 za dušenje amplitude in najmanj 12 ur faznega zamika. (Milenković, 2010)

Hitrost odvajanja toplote materiala, ki opredeljuje odvajanje toplote iz njegove površine v notranjost, opišemo z lastnostjo toplotne vpojnosti. Toplotna vpojnost se defnira z izrazom

$$b = \sqrt{\lambda \cdot c \cdot \rho} \quad (3.5)$$

Večji b pomeni intenzivnejši odvod toplote; ti materiali so primerni za akumulacijo toplote. (Medved, 1997)

V zimskem času je bolj pomembna toplotna prehodnost (U), v poletnem času pa večji pomen dobi dušenje amplitude in fazni zamik (Grobovšek, 2010; Medved, 1997)

Preglednica 6: Fazni zamiki toplotnoizolacijskih materialov v izvedbi toplotne zaščite za posamezni element

Material	Fazni zamik [h]			
	Zid 1	Zid 2	Talna plošča	Strešna konstrukcija
Ekspandiran polistiren in steklena volna	3,00	2,00	2,83	5,33
Izolacijski material iz lesenih vlaken	19,95	21,00	25,97	52,71
Izolacijski material iz celuloze	6,07	4,33	4,20	11,50

Vir: Tehnični katalog podjetja Hofatex, 2009; Škvorc, 2011

Iz tabele vidimo, da je fazni zamik toplotnih izolacij iz lesenih vlaken od 5- do 8-krat večji kot fazni zamik klasičnih toplotnih izolacij ter, da fazni zamik pri klasičnih izolacijskih materialih ne presega želenih 12 ur, pri toplotnih izolacijah iz lesenih vlaken pa v vseh primerih presega. Izolacijski materiali iz celuloze imajo dvakrat večji fazni zamik kot ekspandiran polistiren in steklena volna, vendar ne dosegajo želenih 12 ur zamika. To skoraj dosega samo strešni element s faznim zamikom 11,50 ur.

V nadaljevanju preizkušamo, kaj pomeni enak fazni zamik pri klasičnih materialih in v ceni le-teh. Raziskujemo, če se splača zaradi ugodnih rezultatov faznega zamika odločiti za izbiro teh materialov, ali je ekonomsko bolj ugodno, če ostajamo pri klasičnih materialih.

Če hočemo doseči enak fazni zamik kot pri materialih iz lesenih vlaken, moramo doseči naslednje debeline izolacijskih materialov:

Preglednica 7: Debeline izolacijskih materialov pri faznem zamiku izolacijske plošče iz lesenih vlaken

Material	Zid 1	Zid 2	Talna plošča	Strešna konstrukcija
Klasični izolacijski materiali – ekspandiran polistiren in steklena volna	100,00	105,00	137,53	296,68
Izolacijski material iz celuloze	46,00	48,50	86,57	137,50

Vir: lasten, povzeto po Škvorc, 2011

Ugotovitve:

Iz rezultatov sklepamo, da ne moremo doseči optimalne debeline izolacijskih materialov pri klasičnih materialih in celulozi. Ugotovili smo, da je razlika med ceno klasičnih izolacijskih materialov in izolacijskih materialov iz celuloze dosti manjša kot pri klasičnih izolacijskih materialih in izolacijskih materialih iz lesenih vlaken. Vendar ima celuloza boljše, to je nižjo toplotno prevodnost in z njo lahko dosežemo približno dvakrat večji fazni zamik. Zato bomo optimirali pri projektu enodružinske hiše izvedbo toplotne zaščite iz celuloze.

4 PRIMERI DOBRE PRAKSE UPORABE OBRAVNAVANIH PRODUKTOV

4.1 Hiša, izolirana z izolacijskim materialom iz lesenih vlaken

PODATKI O STAVBI

Arhitektura:	Arhitektni studio DMG
Lokacija:	Radomlje
Investitor:	zasebni
Leto izvedbe:	2009
Zazidana površina:	224,7 m ²
Etažnost:	P + N



Slika 4.1: Hiša S v Radomljah

Vir: http://www.lesena-gradnja.si/html/pages/hisa-s_newfilename.htm# (29. 08. 2012)

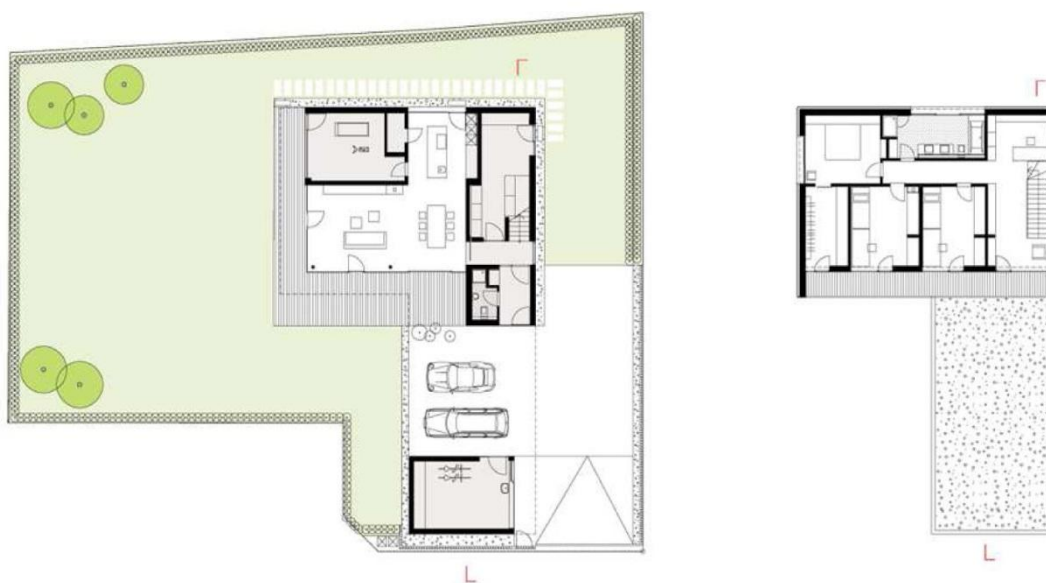


Slika 4.2: Južna fasada podnevi in ponoči



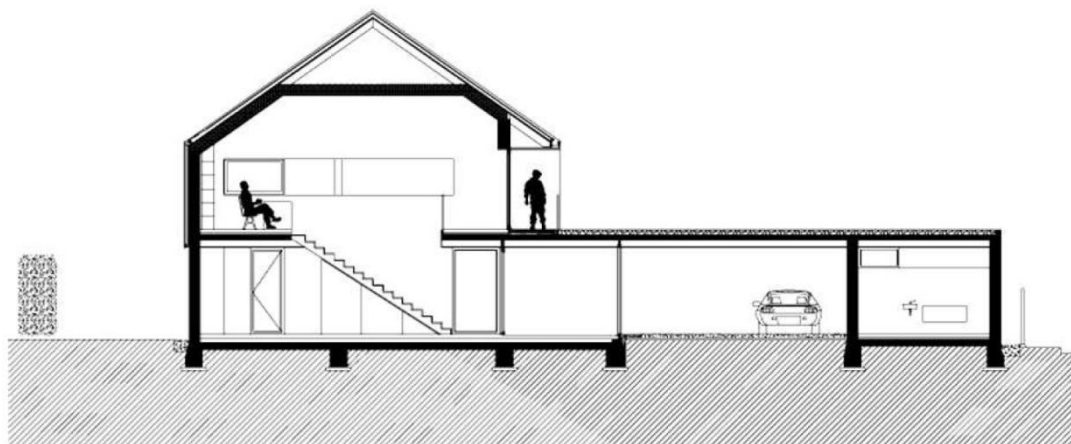
Vir: http://www.lesena-gradnja.si/html/pages/hisa-s_newfilename.htm# (29. 08. 2012)

Hišo v Radomljah so poimenovali Hiša S. Hiša je nizkoenergijska in sodobno oblikovana. Stoji v novorastočem naselju v bližini Radomelj. Pred načrtovanjem so temeljito raziskali program, lokacijo, energetske varčnost, način bivanja naročnikov in pri tem so upoštevali sodobni princip načrtovanja stanovanjske hiše. (Arhitekturni studio DMG, 2009)



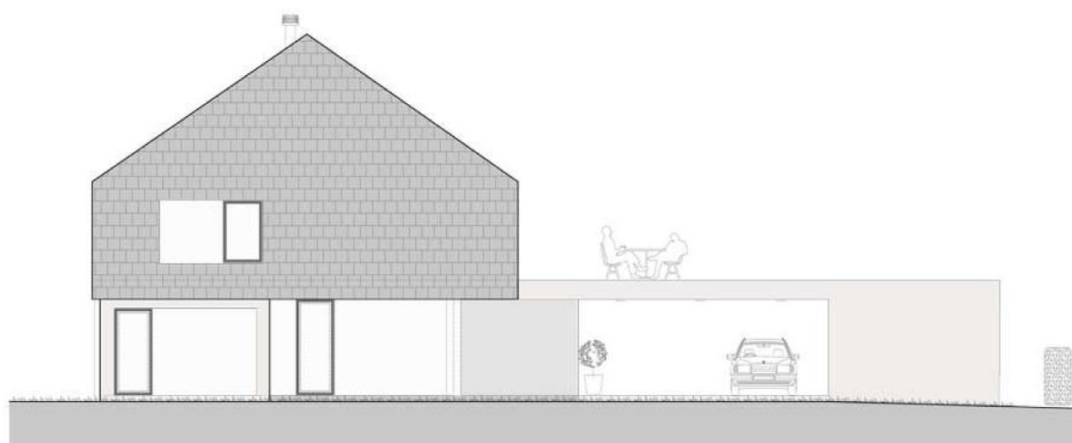
Slika 4.3: Tloris pritličja in mansarde

Vir: http://www.lesena-gradnja.si/html/pages/hisa-s_newfilename.htm# (29. 08. 2012)



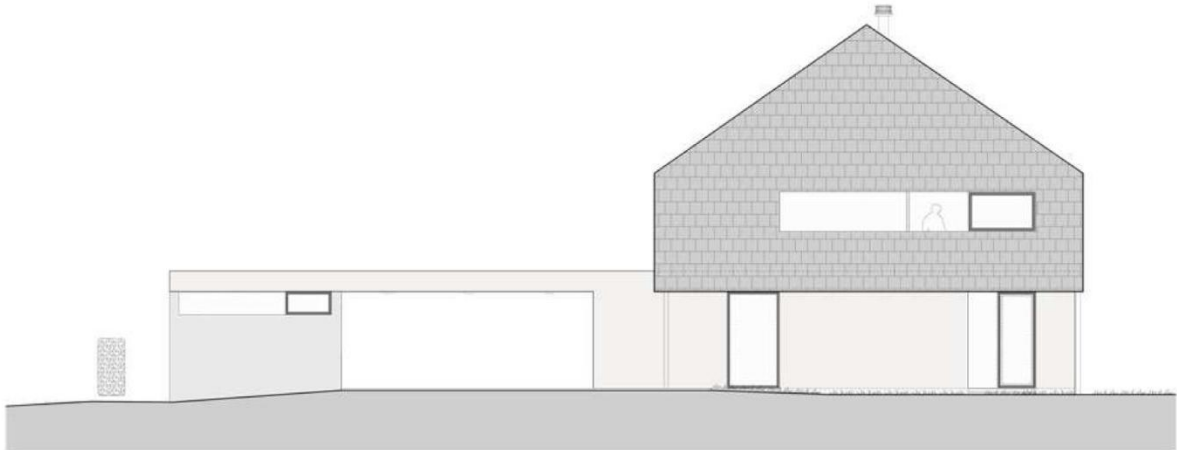
Slika 4.4: Prerez

Vir: http://www.lesena-gradnja.si/html/pages/hisa-s_newfilename.htm# (29. 08. 2012)



Slika 4.5: Zahodna fasada

Vir: http://www.lesena-gradnja.si/html/pages/hisa-s_newfilename.htm# (29. 08. 2012)



Slika 4.6: Vzhodna fasada

Vir: http://www.lesena-gradnja.si/html/pages/hisa-s_newfilename.htm# (29. 08. 2012)

Zazidalni načrt je pogojeval pozicijo objekta, zasnovo stavbne mase ter vertikalne in tlorisne gabarite. Pritlični del je prek steklenih površin tesno povezan z vrtom. Kot nasprotje tega je spalni del v nadstropju urejen bolj zaprto. To se vidi ne samo v količini steklenih površin, ampak tudi v uporabi materialov na fasadi. Hiša je racionalno zasnovana, grajena z naravnimi materiali. (Arhitekturni studio DMG, 2009)

Difuzijsko odprt sistem omogoča prehod vlage iz konstrukcije, ki jo sestavljajo leseni pokončniki. Strop je lesen, sestavljajo ga navzkrižno lepljene masivne lesene plošče. Za toplotno zaščito stavbe so uporabili naravne materiale, za fasadno izolacijo pa lesnovlakenne plošče. Medprostor nosilne konstrukcije je izoliran z lesnimi vlakni. Objekt je ekološko naravnan. Omogoča življenje v zdravi mikroklimi, je energetsko varčen in je protipotresno varen. Poleg tega zelo malo obremenjuje okolje in izkorišča naravne energetske vire, saj hišna tehnika temelji na toplotni črpalki. (Arhitekturni studio DMG, 2009)

4.2 Hiša, izolirana z izolacijskim materialom iz celuloze

PODATKI O STAVBI

Arhitektura:	Barbara Žičič, Veronika Ščetin, Peter Pogačnik
Lokacija:	Zbilje
Investitor:	zasebni
Leto izvedbe:	2007
Zazidana površina:	248 m ²
Etažnost:	P + N



Slika 4.7: Hiša Kastelec

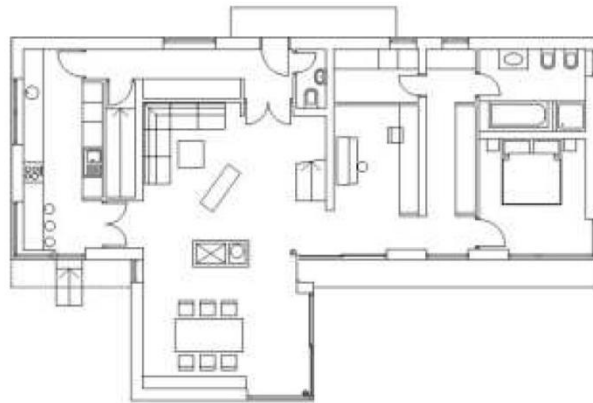
Vir: <http://www.lesena-gradnja.si/html/pages/si-baza-nodatkov-hisa-kastelec.htm#> (12. 09. 2012)

Hiša Kastelec je enodružinska stanovanjska hiša. Stoji na robu stanovanjskega naselja na Zbiljah pri gozdu. Zasnova je skladna z odnosom do narave tako z arhitekturnega, kot z ekološkega in tehnološkega vidika. (Biro pomlad d.o.o., 2009)



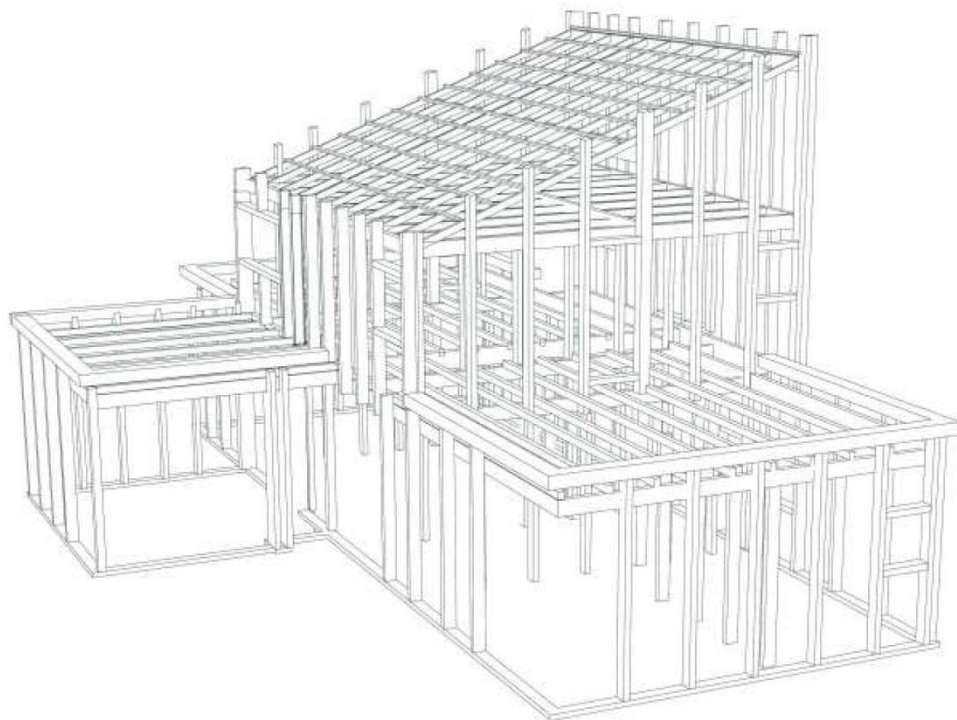
Slika 4.8: Pogledi na hišo

Vir: <http://www.lesena-gradnja.si/html/pages/si-baza-podatkov-hisa-kastelec.htm#> (12. 09. 2012)



Slika 4.9: Tloris pritličja

Vir: Biro pomlad d.o.o., 2009



Slika 4.10: Lesena konstrukcija hiše

Vir: Biro pomlad d.o.o., 2009

Hiša se prilagaja konfiguraciji terena in gozdu. Geometrijsko je sestavljena iz pritličnega telesa v obliki T, na katerem stoji prirezan kvader. Dva geometrijska telesa se ločita tudi v obdelavi fasade, saj je pritlični del obdelan z lesenimi oblogami, nadstropje je ometano. Omet so uporabili tudi pri izdelavi fasade garaže. Za gradnjo so uporabili naravne materiale. Za skeletno konstrukcijo so izbrali les, hišo pa so izolirali z izolacijskim materialom iz celuloze. (Biro pomlad d.o.o., 2009)

Hiša je nizkoenergijska. Fasada je podrejena zasebnosti, sončni orientaciji in vedutam. Proti vrtu so vgrajene velike steklene površine, ki omogočajo pasivno ogrevanje. Poleg tega nudijo te površine povezavo med zunanjim in notranjim prostorom. (Biro pomlad d.o.o., 2009)

5 LASTNI PRIMER ENODRUŽINSKE HIŠE = IZVEDBA ARHITEKTURNIH ELEMENTOV Z IZOLACIJSKIM MATERIALOM IZ CELULOZE

5.1 Optimalna uporaba izolacijskih materialov

Pri načrtovanju posameznih arhitekturnih elementov moramo upoštevati zahteve po PURES-u 2010, to je zadostiti moramo zahtevam po maksimalni toplotni prehodnosti arhitekturnih elementov oboda. Poleg tega poskušamo zadostiti oziroma se približati optimalnemu rezultatu faznega zamika. Pri tem ne smemo pozabiti na ekonomičnost gradnje, kar smo podali kot enega ciljev.

5.1.1 Uporaba materialov iz lesenih vlaken

Pri uporabi plošč iz lesenih vlaken moramo upoštevati pravila pri izvedbi pritrditve teh plošč. Pri strešni konstrukciji se plošče polagajo med špirovce. Izolacijo držijo kontraletve in se h konstrukciji pritrdijo z ustreznimi vijaki in žebli. Pri montažni plošči kot stenski oblogi moramo na konstrukcijo namestiti nosilne letve na osno razdaljo nosilnih letev v odvisnosti od širine plošč. Nosilne letve se polagajo na razdaljo 30–70 cm. Plošče se pritrdijo s sponkami iz plemenitega jekla ali s ploščatimi mozniki. Na tleh se lahko položijo na mokre in suhomontažne plavajoče pode. Ker se te plošče režejo, z njimi lahko zapolnimo tudi prazne prostore. (Tehnični katalog Hofatex, 2009)

Plošče lahko delujejo kot začasen opaž v strešni konstrukciji ali v obodnih stenah, kjer so lahko izpostavljene zunanjim meteorološkim vplivom tudi več tednov. (Tehnični katalog Hofatex, 2009)

5.1.2 Uporaba izolacijskih materialov iz celuloze

Izolacijski material iz celuloze se uporablja največkrat za lesene strešne konstrukcije, za stene in talne plošče. Pri celulozi je pomembno, da se izdelava konstrukcija iz letev in desk. S

posebnim strojem se vpihuje material v kalup. Postopek je hiter in lahko z njim dosežemo, da se izpolnijo vsi zračni prostori. (Kralj, 2009; Tehnični katalog Isocell, 2008; Tehnični katalog Vekover, 2007)

S tehniko mokrega pršenja lahko izolacijski material nanašamo tudi na stene. Pri tem dosegamo tudi različne gostote izolacijskega materiala. Prednost je, da ni odvečnega materiala, saj se lahko preostanek koristi tudi drugje. Moramo vgraditi tudi papirno parno oviro, da s tem dobro uravnavamo zračno vlago. (Kralj, 2009; Tehnični katalog Isocell, 2008; Tehnični katalog Vekover, 2007)

5.2 Načrt prostostoječe enodružinske hiše (Risbe: 9 – Priloge)

5.2.1 Izvedba stenske konstrukcije s fasado

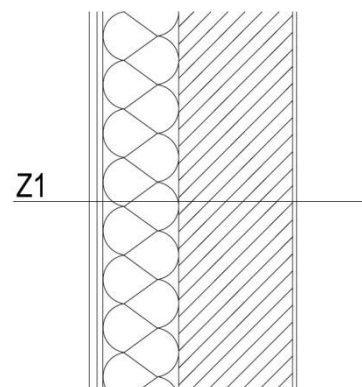
Pri načrtovanju oboda prostostoječe enodružinske hiše smo uporabili izolacijski material iz celuloze. Vzrokov je bilo več. Ugotovili smo, da debelina 15 cm toplotne izolacije zunanje stene zadošča za doseg zahtev PURES-a. Primerjali smo tudi ceno materialov. Ugotovili smo, da so plošče iz lesenih vlaken za povprečnega investitorja predrage, kljub temu da imajo poleg dobrih karakteristik faktorja toplotne prehodnosti izjemno dobre lastnosti pri faznem zamiku. Ugotovili smo tudi, da je cena klasičnih izolacijskih materialov približno enaka ceni izolacijskega materiala iz celuloze oz. ni tako pretirano dražja kot izolacija iz lesenih vlaken. Poleg tega smo dobili dvakrat boljše rezultate pri faznem zamiku celuloze v primerjavi s klasičnimi materiali.

Poskušali smo doseči poleg ugodne toplotne prehodnosti tudi ugoden fazni zamik, zato smo debelino toplotne izolacije zunanje stene povečali na 20 cm in s tem poskusili dobiti ugodno klimo v hiši.

Z1

		λ [W/mK]
ZUNANJI OMET	2,00	0,700
OSB-PLOŠČA	1,50	0,100
TOPLOTNA IZOLACIJA IZ CELULOZE	20,00	0,033
OPEČNI ZID	30,00	0,330
NOTRANJI OMET	1,00	0,850

Vir: lasten, po Medved, 1997; Tehnični katalog podjetja Isocell, 2008; Készházportál Kft, 2009



Slika 5.1: Detajl sestave zunanje stene
1 M: 1:20

$$k = \frac{l}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{l}{\frac{1}{8} + \frac{0,01}{0,85} + \frac{0,30}{0,33} + \frac{0,20}{0,033} + \frac{0,015}{0,10} + \frac{0,02}{0,70} + \frac{1}{23}} = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$$

S toplotno izolacijo debeline 20 cm smo dosegli prehod toplote k , kot ga predpisuje PURES 2010. Dobili smo rezultat $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ne samo, da smo dosegli ugodno toplotno prehodnost, ampak smo šli z rezultatom krepko pod mejo največje dopuščene toplotne prehodnosti, ki znaša za Zunanje stene proti neogrevanim prostorom $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$.

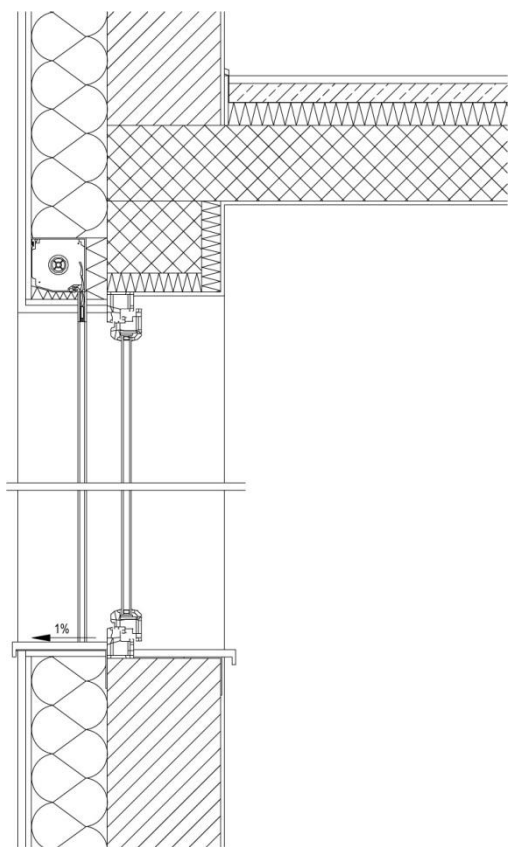
Upoštevali smo tudi fazni zamik toplotne izolacije iz celuloze v steni, ki znaša 26 min/cm . Ta podatek smo upoštevali pri izračunu. (Škvorc, 2011)

$$f = 26 \cdot 20 = 520 \text{ min}$$

$$f = 8,67 \text{ h}$$

Z 20 cm debelo toplotno izolacijo smo dosegli torej fazni zamik $8,67 \text{ h}$. Pri tem ni upoštevana celotna konstrukcija, ampak samo izolacija.

Izvedba okenskih odprtin

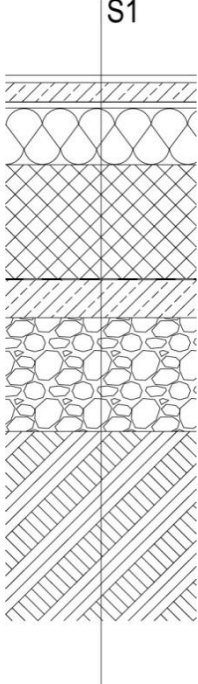


Slika 5.2: Detajl vgradnje okna s sončno zaščito M: 1:20

5.2.2 Izvedba talne plošče

Hiša je načrtovana s temeljno ploščo. Na robovih plošče je protizmrazalni zid, ki služi obenem tudi za toplotno izolacijo, ki preprečuje vdor hladnega zraka pod temeljno ploščo.

S1		λ [W/mK]	
PARKET	2,00	0,210	
PLAVAJOČI ESTRIH	5,00	1,280	
PARNA ZAPORA	0,15	0,190	
OSB-PLOŠČA	1,50	0,100	
TOPLOTNA IZOLACIJA IZ CELULOZE	15,00	0,033	
AB-PLOŠČA	30,00	1,550	
HIDROIZOLACIJA	0,40	0,190	
PODBETON	10,00	1,280	
NASUTJE	30,00	0,810	



Vir: lasten, po Medved, 1997; Seliškar, 1994; Tehnični katalog Isocell, 2008;

Biosolar, 2011; Készházportál Kft, 2009

Slika 5.3: Detajl sestave tal M: 1:20

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_t}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,30}{0,81} + \frac{0,10}{1,28} + \frac{0,004}{0,19} + \frac{0,30}{1,55} + \frac{0,15}{0,033} + \frac{0,015}{0,10} + \frac{0,0015}{0,19} + \frac{0,05}{1,28} + \frac{0,02}{0,21} + \frac{1}{6}} = 0,17$$

W/m^2K

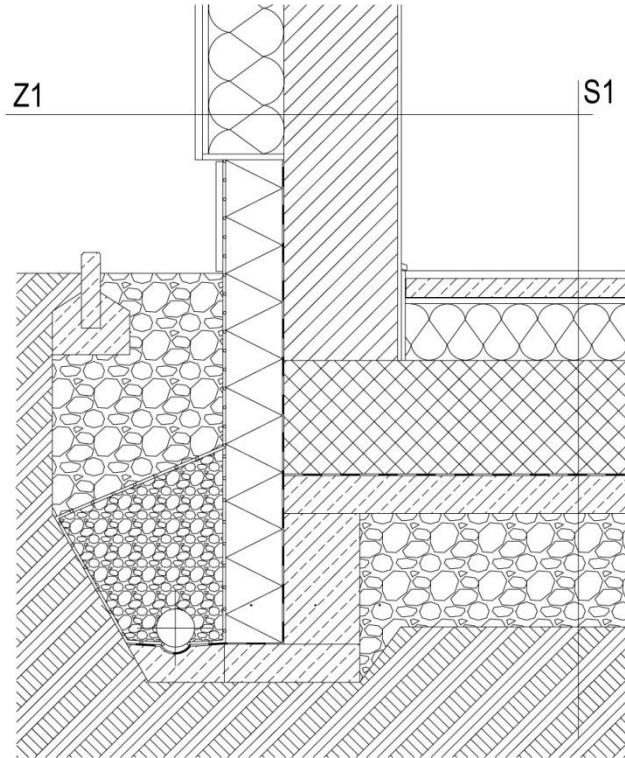
S k-faktorjem 0,17 W/m²K smo dobili ugoden rezultat in s tem zadostili zahteve PURES-a, ki zahteva za maksimalno toplotno prehodnost 0,35 W/m²K.

Za fazni zamik smo uporabili podatek 18 min/cm, kar velja za toplotno izolacijo iz celuloze pri prostem nasutju. Ta podatek smo uporabili pri izračunu faznega zamika za naš objekt. (Škvorc, 2011)

$$f = 18 \cdot 15 = 270 \text{ min}$$

$$f = 4,50 \text{ h}$$

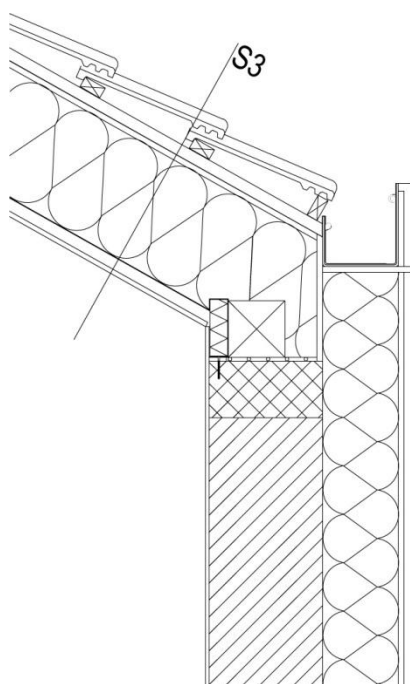
Pri talni plošči smo dobili fazni zamik 4,50 ure. Pri talni plošči nam pomaga protizmrazalni zid, ki preprečuje vdor hladnega zraka pod temeljno ploščo. Poleg tega v zemlji sprememba temperature ni tako visoka, da bi se lahko učinkovito izkoristil fazni zamik.



Slika 5.4: Detajl izvedbe temeljne plošče in cokla M: 1:20

5.2.3 Izvedba toplotne izolacije strehe

Streha je dvokapna, obložena z opečnimi strešniki. Hiša nima napuščev, naklon strehe pa je 29°. V osnovi je streha lesena konstrukcija, zato moramo izjemno paziti na fazni zamik, da se podstrešje ne pregreva pretirano v poletnem času. Les ne akumulira toplote, kot opeka, zato moramo to sposobnost v celoti prenesti na toplotno izolacijo. Poleti se lahko pojavi v strešni konstrukciji temperatura od 60 do 80 °C. (Milenković, 2010; Grobovšek, 2010)



Slika 5.5: Streha in žleb M: 1:20

S3

	λ [W/mK]	
OPEČNA KRITINA	4,00	0,990
PREČNA LETEV	3,00	0,026
VZDOLŽNA LETEV	3,00	0,026
SEKUNDARNA KRITINA	0,06	0,190
OSB-PLOŠČA	1,50	0,100
TOPLOTNA IZOLACIJA IZ CELULOZE	30,00	0,033
PARNA/VETRNA ZAPORA	0,15	0,190
ZRAČNI SLOJ	3,00	0,026
MAVČNOKARTONSKA PLOŠČA	1,25	0,210

Vir: lasten po Medved, 1997; Seliškar, 1994; Biosolar, 2011; Tehnični katalog Isocell, 2008; Készházportál Kft, 2009

$$k = \frac{l}{\frac{l}{\alpha_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{l}{\alpha_i}} = \frac{l}{\frac{l}{8} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{0,03}{0,026} + \frac{0,0015}{0,19} + \frac{0,30}{0,033} + \frac{0,015}{0,10} + \frac{0,0006}{0,19} + \frac{0,03}{0,026} + \frac{0,03}{0,026} + \frac{0,04}{0,99} + \frac{l}{23}} =$$

$$0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Rezultati zadoščajo za zahteve PURES-a za Strope proti neogrevanemu prostoru, strope v sestavi ravnih ali poševnih streh (raven ali poševne strehe), za katere pravilnik podaja največjo toplotno prehodnost 0,20 W/m²K. (PURES, 2010)

Za fazni premik za toplotno izolacijo iz celuloze smo dobili rezultat 23 min/cm. To vrednost bomo upoštevali pri izračunu faznega zamika za naš element. (Škvorc, 2011)

$$f = 23 \cdot 30 = 690 \text{ min}$$

$$f = 11,50 \text{ h}$$

Za fazni premik smo dobili rezultat 11,50 ure, ki je zelo blizu zamiku za 12 ur. Najbolj problematičen del glede pregrevanja je prav podstrešje, vendar, če upoštevamo fazni zamik materiala, ugodno vplivamo na mikroklimo v hiši. (Grobovšek, 2010)

5.3 Povzetek

Poskušali smo zadostiti zahtevam investitorjev. Zasnovali smo hišo, ki je ekološka, z uporabo naravnih materialov, zadošča energetskim zahtevam in je cenovno ugodna, s sodobnim videzom.

Preglednica 8: Celuloza kot toplotnoizolacijski material

Arhitekturni element	Debelina izolacije [cm]	Cena [€/m ²]	Maksimalna toplotna prehodnost po PURES-u [W/m ² K]	Toplotna prehodnost arh. elementa [W/m ² K]	Optimalni fazni zamik [h]	Fazni zamik izolacijskega sloja [h]
Zid	20,00	17,55	0,28	0,14	12,00	8,67
Talna plošča	15,00	7,09	0,35	0,18	12,00	4,50
Streha	30,00	21,87	0,20	0,08	12,00	11,50

Vir: lasten; PURES, 2010; Ekoprodukt – Cenik 2012; Škvorc, 2011

Rezultati toplotne prehodnosti ustrezajo zahtevam PURES-a. Pri faznem zamiku smo se približali rezultatom, ki so optimalni glede ugodne mikroklimo v stanovanju. Nismo sicer dosegli optimuma, vendar smo manjšemu faznemu zamiku optimirali debelino toplotne

izolacije in stroške, ki smo jo uporabili za toplotno zaščito. Cilj je bil, takšna rešitev, ki ustreza zahtevam PURES-a, z boljšim rezultatom pri faznem zamiku in uporaba iz naravnih materialov za primerno ceno.

6 SKLEP

Toplotnoizolacijske materiale so začeli množično uporabljati šele v prejšnjem stoletju. Najbolj je na uporabo vplivala naftna kriza v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja. Takrat so se začeli pojavljati tudi naravni materiali za toplotno zaščito stavb. Predelava lesa in celuloze datira v konec 19. in začetek 20. stoletja. Intenzivnejša uporaba naravnih materialov za toplotno zaščito pa se začne po drugi svetovni vojni, še posebej v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja.

Danes je vedno bolj prisotna zahteva po uporabi naravnih materialov. Na tak način skušamo graditi trajnostne stavbe, ki so okolju prijazne.

V diplomski nalogi smo se osredotočili na izolacijske materiale iz lesenih vlaken in celuloze. Pri tem smo skušali primerjati naravne in klasične izolacijske materiale. Z izračuni ter izvedbenimi detajli smo pokazali prednosti in slabosti uporabe enih in drugih materialov.

Ugotovili smo, da je toplotna prehodnost materialov skoraj enaka ne glede na izolacijski material. Pri izolacijskem materialu iz celuloze smo dobili sicer nižje vrednosti, vendar razlika ni bila velika. Pri klasičnih izolacijskih materialih in materialih iz lesenih vlaken pa je bil rezultat skoraj identičen. Pri pregledu cen smo ugotovili, da je celulozni material nekoliko dražji od klasičnih, materiali iz lesenih vlaken pa so povprečno petkrat dražji. Vprašali smo se, zakaj uporabiti takšne materiale, če nam ne nudijo boljših vrednosti pri toplotni prehodnosti in so dražji od klasičnih materialov. Po preračunih in raziskavi smo ugotovili, da prednost teh materialov lahko pripišemo faznemu zamiku. Večji fazni zamik nam omogoča, da se stavba poleti počasneje pregreje, pozimi pa se počasneje ohladi. Pri preračunih faznega zamika materialov smo ugotovili, da je fazni zamik pri izolacijskem materialu iz celuloze dvakrat večji kot fazni zamik pri klasičnih materialih, rezultati materialov iz lesenih vlaken pa so za osemkrat večji od klasičnih izolacijskih materialov.

Po podatkih so najboljši izolacijski materiali iz lesenih vlaken, vendar moramo upoštevati, da so petkrat dražji od klasičnih materialov. Zato smo se odločili, da pokažemo pri prostostoječi enodružinski hiši rešitve z izolacijskim materialom iz celuloze, saj s tem materialom dobimo dvakrat boljše rezultate pri faznem zamiku, cena pa ni mnogo višja od cen klasičnih materialov. Celuloza se v praksi pretežno uporablja pri lahkih konstrukcijah, mi pa smo pokazali rešitve za masivno gradnjo.

Ugotavljamo, da se danes vedno bolj uporabljajo naravni materiali, vendar so cenovno zelo dragi za povprečnega državljana. Problem vidimo v tem, da Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah podaja pri toplotni zaščiti samo zahteve po toplotni prehodnosti, faznega zamika pa ne omenja. Z ustrezno subvencijo bi se ljudje lažje odločali, saj se verjetno ne bodo odločali za material iz lesenih vlaken, dokler se cene ne bodo znižale.

7 VIRI IN LITERATURA

Hofatex, 2009. *Tehnični katalog podjetja Hofatex*, Banská Bystrica

Isocell, 2008. *Tehnični katalog podjetja Isocell*, Neumarkt am Wallersee

Jurčević, D., 2010. *Uporaba izolacijskih plošč iz lesenih vlaken v gradbeništvu (Diplomsko delo)*, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta

Kószó, J., 2003. *Családi ház*, Szeged: Szukits Könykiadó

Kralj, D., 2009. *Predelava izolativnih materialov: primer lahkega betona na osnovi agregata iz lahko pihanega stekla in poliuretana*, Maribor: Založba Pivec

Medved, S., 1997. *Toplotna tehnika v zgradbah*, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Milenković, Z., 2010. *Prednosti izolacije iz lesenih vlaken (Seminarska naloga pri predmetu Uvod v gradbeništvo)*, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Ministrstvo za okolje in prostor, 2010. *Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah - Tehnična smernica TSG - I - 004:2010 Učinkovita raba energije*, Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor

Moritz, K., 1975. *Pravilno i pogrešno kod toplotne zaštite, zaštite od vlage, zaštite građevinskih objekata*, Beograd: Građevinska knjiga

Osztrólczy, M., 2009. *Hőszigetelés*, Budapest: Cser Kiadó

Seliškar, N., 1994. *Stavbarstvo*, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo

Vekover, 2007. *Tehnični katalog podjetja Vekover*, Valmiera

Zöld, A., 2011. *Épületenergetika*, Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Spletni viri:

- http://www.szjmuhely.hu/Termeszetes_okohoszigeles/Termeszetes_celluloz_alapu_hoszigeles_elonyei/Okohoszigeles_tortenete.html, 02. 07. 2012
- <http://www.anico-keszhazak.hu/cegismerteto>, 02. 07. 2012
- <http://magyarhazak.com/?celluloz-szigeles,12,,,2>, 02. 07. 2012
- <http://biosolar.hu/stuff/uploads/lambda.pdf>, 10.07.2012
- <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT64.htm>, 10. 07. 2012
- <http://fenntarthato.hu/epites/lexikon/hovezetesi-tenyezo>, 10. 07. 2012
- <http://www.merkur.si/gradnja/termoizolacije/steklena-volna>, 18. 07. 2012
- <http://www.ekoprodukt.si/trendisol-in-toplotna-stabilnost.html>, 24. 07. 2012
- <http://www.kager-haus.com/veste-zakaj/fazni-zamik.aspx>, 24. 07. 2012
- http://ss1.spletnik.si/4_4/000/000/2f7/22c/Cenik-za-kupce-06.06.2012.pdf, 25. 07. 2012
- <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT43.htm>, 25. 07. 2012
- http://ss1.spletnik.si/4_4/000/000/2c6/6d9/Prednosti-eko-materialov-pri-gradnji-lesenih-his.pdf, 25. 07. 2012
- <http://fahaz.info/termekek/borornahazak/veszprem.html>, 14. 08. 2012
- http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r01/predpis_PRAV3431.html, 26. 08. 2012
- <http://www.fatelep.ich.hu/szigeles-fajta.html>, 26. 08. 2012.
- http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r02/predpis_PRAV4222.html, 26. 08. 2012
- http://www.mix-trgovina.si/gradbenimaterializolacija-c-87_52_97.html, 28. 08. 2012
- <http://www.webgradnja.hr/katalog/10847/knauf-insulation-polyfoam-ultragrip-seizolacija-podova-xps-ekstrudirani-polistiren/>, 28. 08. 2012
- http://www.jozankft.hu/hoszigeles_termekeink/uveggyapot_kozetgyapot.aspx, 28. 08. 2012
- http://szigetelokboltja.com/index.php?shop=1&term=183&user_page=1, 28. 08. 2012
- http://holnaphaz.blog.hu/2012/04/26/melyiket_valasszam_2, 28. 08. 2012

- <http://www.bien.hu/gyilkos-hoszigetelo:-az-azbeszt,otthon-csalad,praktikak-es-tippek,114086>, 28. 08. 2012
- http://panelopoly.nyme.hu/P15_Tortenet.ppt, 28. 08. 2012
- http://www.ageka.fr/isolation_isocell.php, 28. 08. 2012
- <http://csaladhazepites.com/horizont-keszhazak/horizont-fal-es-fodemszerkezeti-retegredek>, 29. 08. 2012
- http://www.lesena-gradnja.si/html/pages/hisa-s_newfilename.htm#, 29. 08. 2012
- http://eptan.fmk.nyme.hu/eptan/pubszabocikk_files/Pub200102.pdf, 03.09.2012
- <http://www.lesena-gradnja.si/html/pages/si-baza-podatkov-hisa-kastelec.htm#>, 12. 09. 2012

8 SEZNAMI

8.1 Seznam slik

Slika 2.1: Ekspandiran polistiren (EPS) in ekstrudiran polistiren (XPS)

Slika 2.2: Steklena volna

Slika 2.3: Kamena volna

Slika 2.4: Perlit

Slika 2.5: Izolacijski material iz celuloze

Slika 2.6: Izolacijska plošča iz lesenih vlaken

Slika 3.1: Uporaba plošče Hofafest UD

Slika 3.2: Uporaba izolacije iz celuloze

Slika 3.3: Izvedba zunanjšega zidu s toplotno zaščito iz klasičnih izolacijskih materialov (Z1) M: 1:20

Slika 3.4: Izvedba zunanjšega zidu s toplotno zaščito iz lesenih vlaken (Z2) M: 1:20

Slika 3.5: Izvedba zunanjšega zidu s toplotno zaščito iz celuloze (Z3) M: 1:20

Slika 3.6: Zunanji zid iz opeke z leseno oblogo, izoliran s klasičnim izolacijskim materialom M: 1:20

Slika 3.7: Zunanji zid iz opeke z leseno oblogo, izoliran z izolacijskim materialom iz lesenih vlaken M: 1:20

Slika 3.8: Zunanji zid iz opeke z leseno oblogo, izoliran z izolacijskim materialom iz celuloze M: 1:20

Slika 3.9: Sestava talne plošče s toplotno izolacijo iz klasičnih materialov M: 1:20

Slika 3.10: Sestava talne plošče s toplotno izolacijo iz lesenih vlaken M: 1:20

Slika 3.11: Sestava talne plošče s toplotno izolacijo iz celuloze M: 1:20

Slika 3.12: Streha s toplotno izolacijo iz klasičnih materialov M: 1:20

Slika 3.13: Streha s toplotno izolacijo iz lesenih vlaken M: 1:20

Slika 3.14: Streha s toplotno izolacijo iz celuloze M: 1:20

Slika 4.1: Hiša S v Radomljah

Slika 4.2: Južna fasada podnevi in ponoči

Slika 4.3: Tloris pritličja in mansarde

Slika 4.4: Prerez

Slika 4.5: Zahodna fasada

Slika 4.6: Vzhodna fasada

Slika 4.7: Hiša Kastelec

Slika 4.8: Pogledi na hišo

Slika 4.9: Tloris pritličja

Slika 4.10: Lesena konstrukcija hiše

Slika 5.1: Detajl sestave zunanje stene

Slika 5.2: Detajl vgradnje okna s sončno zaščito M: 1:20

Slika 5.3: Detajl sestave tal M: 1:20

Slika 5.4: Detajl izvedbe temeljne plošče in cokla M: 1:20

Slika 5.5: Streha in žleb M: 1:20

8.2 Seznam preglednic

Preglednica 1: Vrste in značilnosti proizvodov iz lesenih vlaken in celuloze

Preglednica 2: Odvisnost različnih aktivnosti in metov po standardu ISO 8996

Preglednica 3: Število clo v odvisnosti od oblečenosti osebe

Preglednica 4: Tabela potrebne toplotne prehodnosti za posamezne elemente po PURES-u

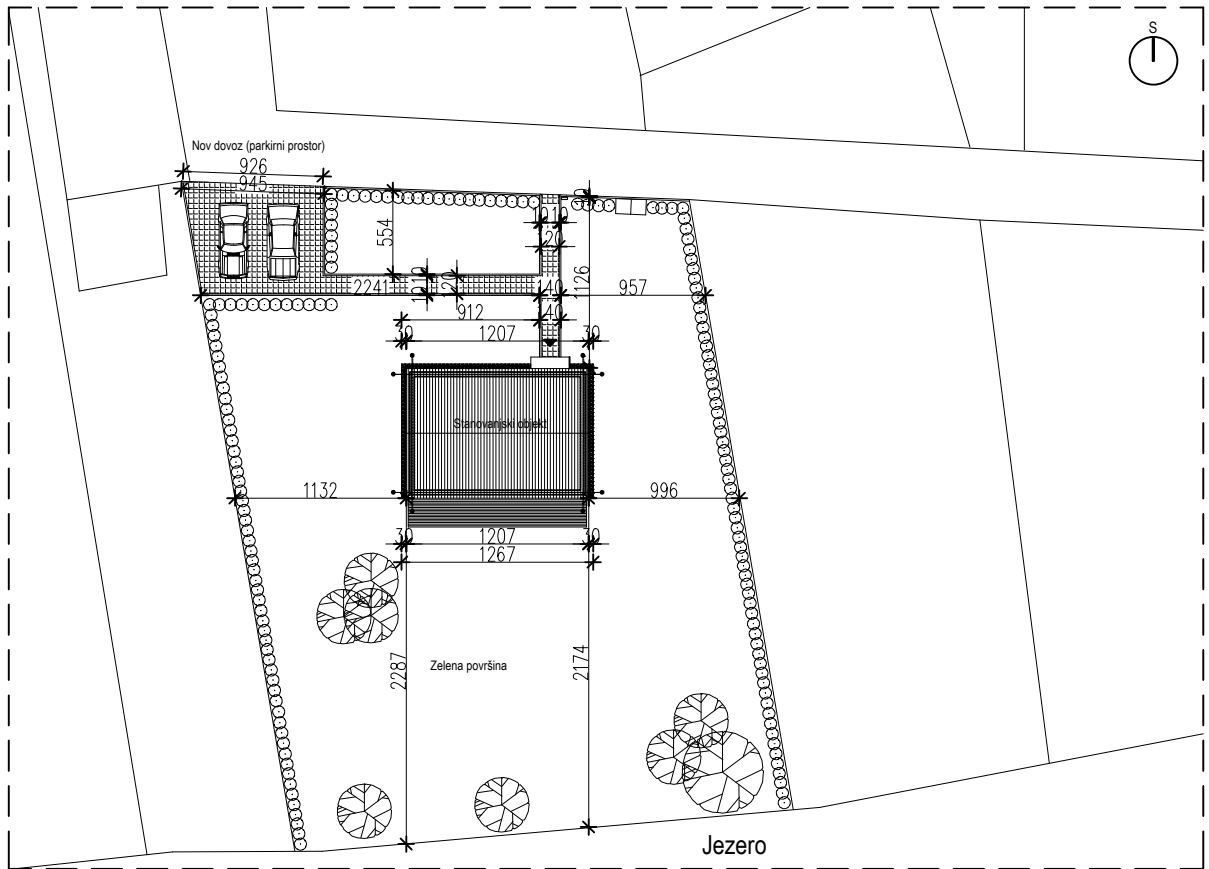
Preglednica 5: Primerjava cen materialov

Preglednica 6: Fazni zamiki toplotnoizolacijskih materialov v izvedbi toplotne zaščite za posamezni element

Preglednica 7: Debeline izolacijskih materialov pri faznem zamiku izolacijske plošče iz lesenih vlaken

Preglednica 8: Celuloza kot toplotnoizolacijski material

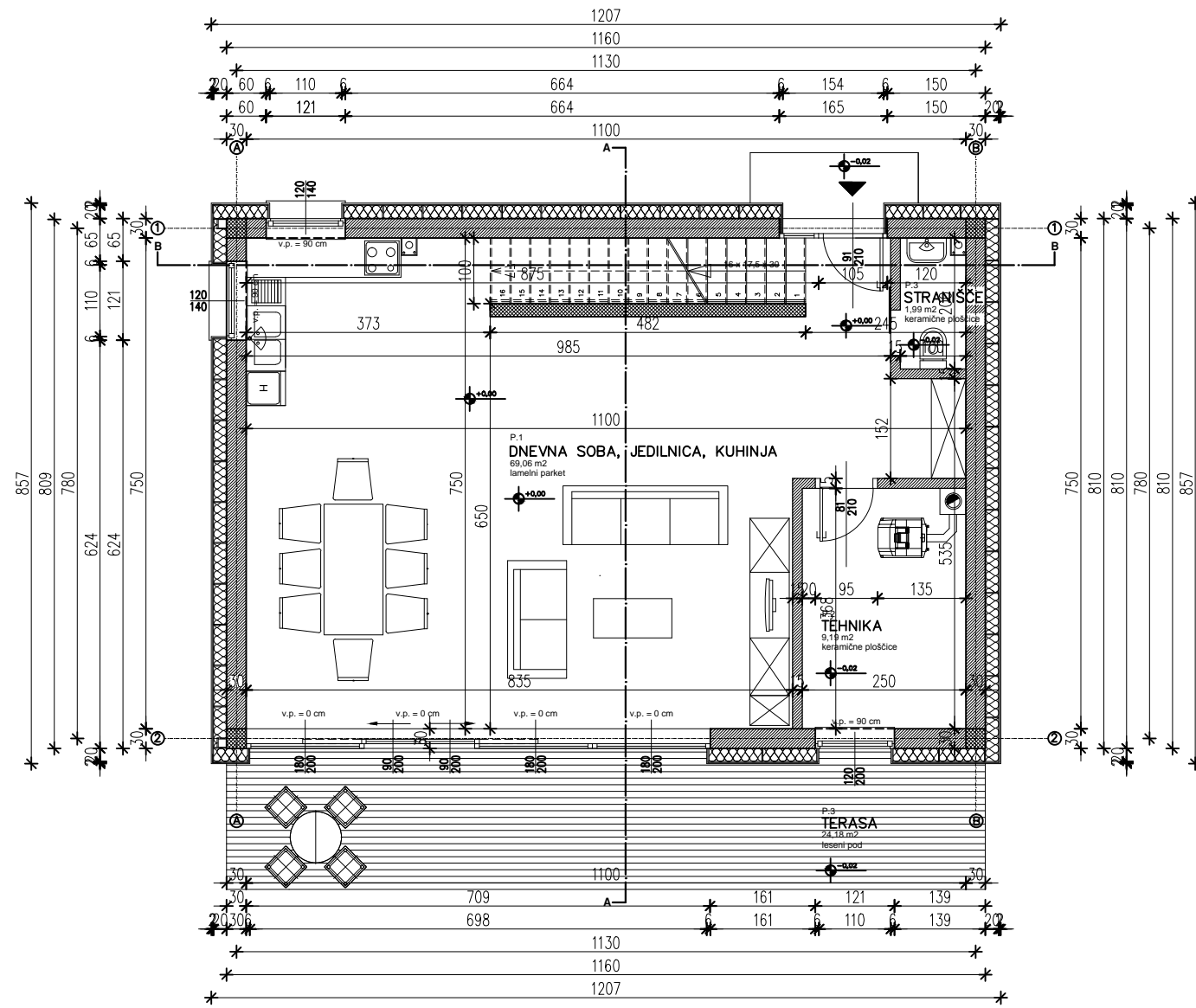
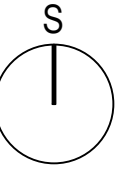
9 PRILOGE: NAČRT ENODRUŽINSKE HIŠE



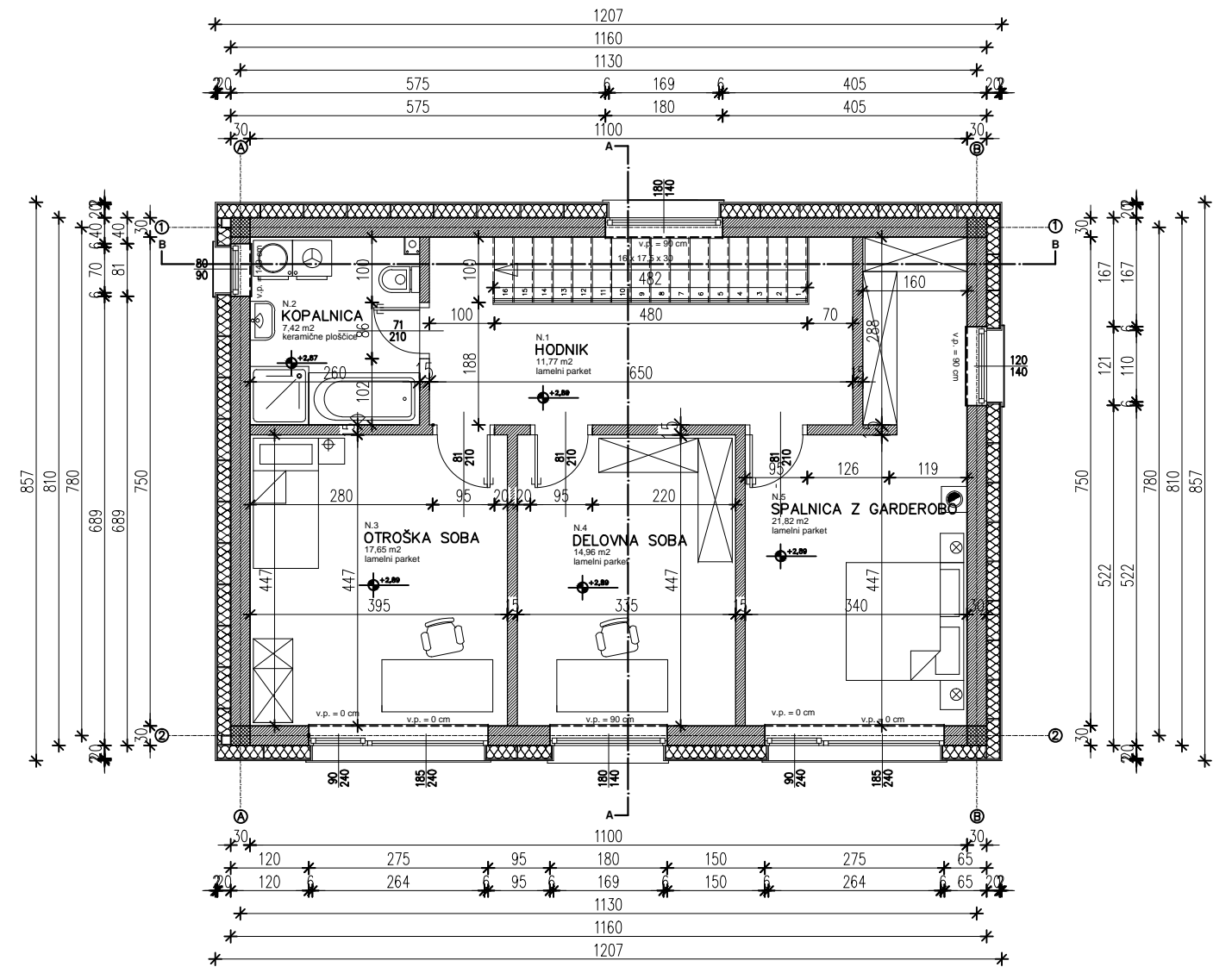
Legenda:

	Gramoz
	Tlak
	Posoda za smeti
	Poštni nabiralnik
	Cipresa
	Tisa

Načrt enodružinske hiše	
Vsebina:	Situacija
Merilo:	1:500
Št. priloge:	1

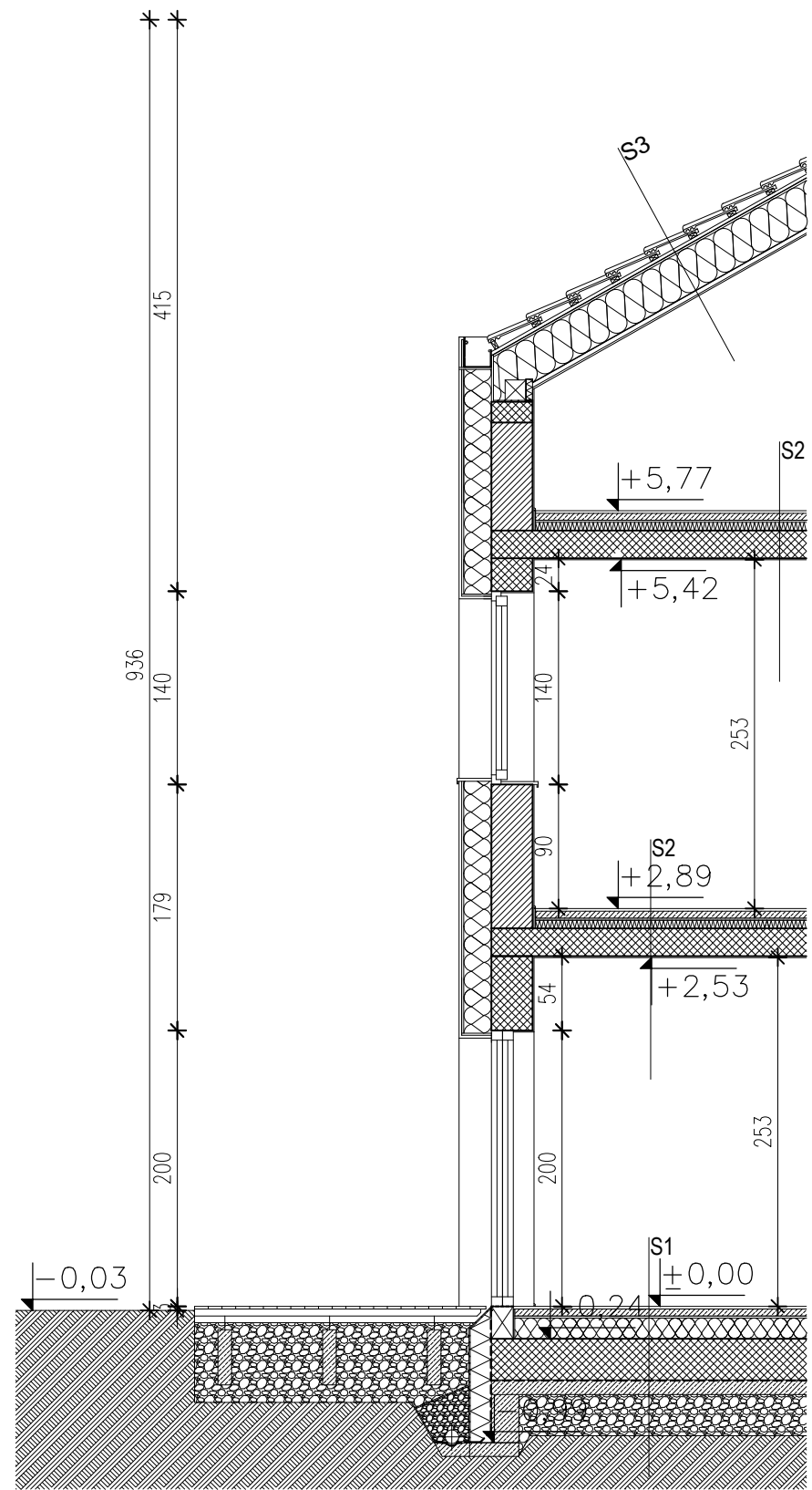


Tloris pritličja

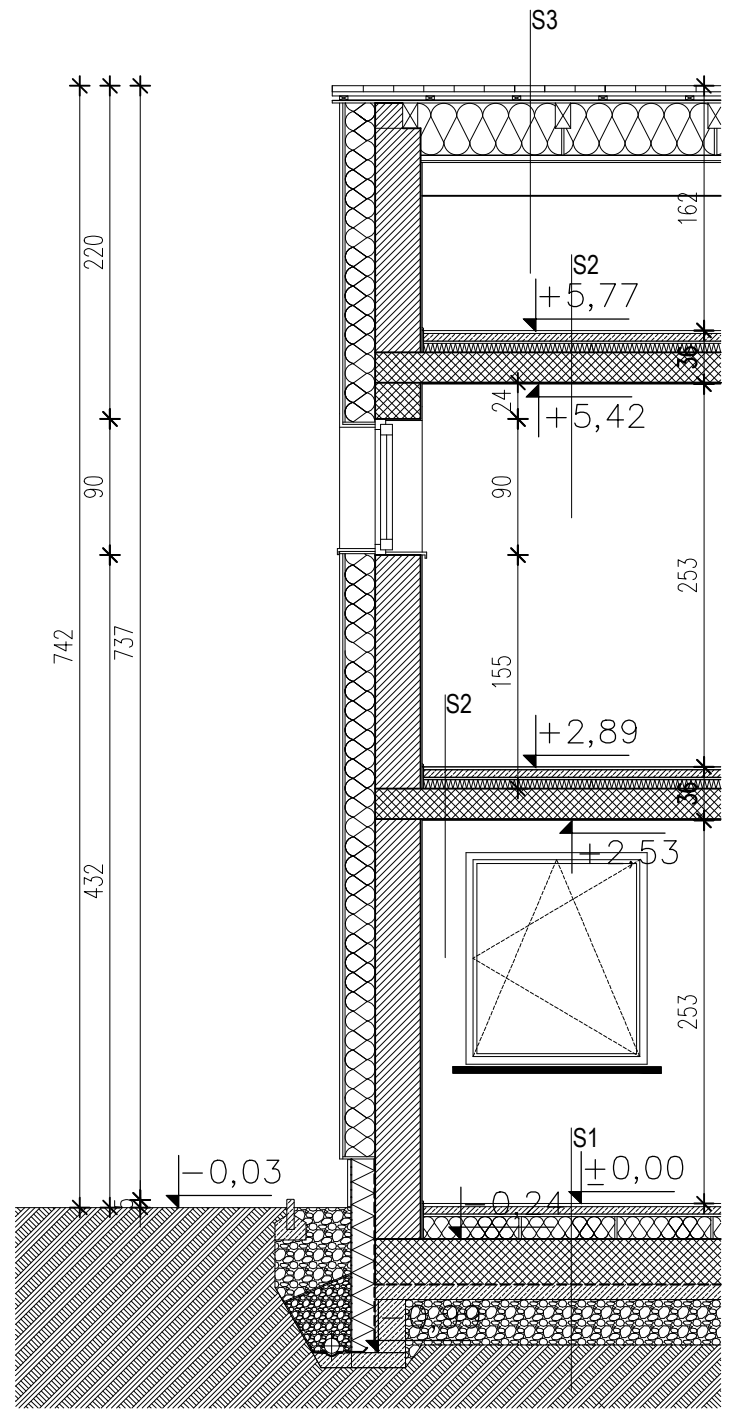


Tloris nadsrtopja

Načrt enodružinske hiše	
Vsebina:	Tlorisa
Merilo: 1:100	Št. priloge: 2



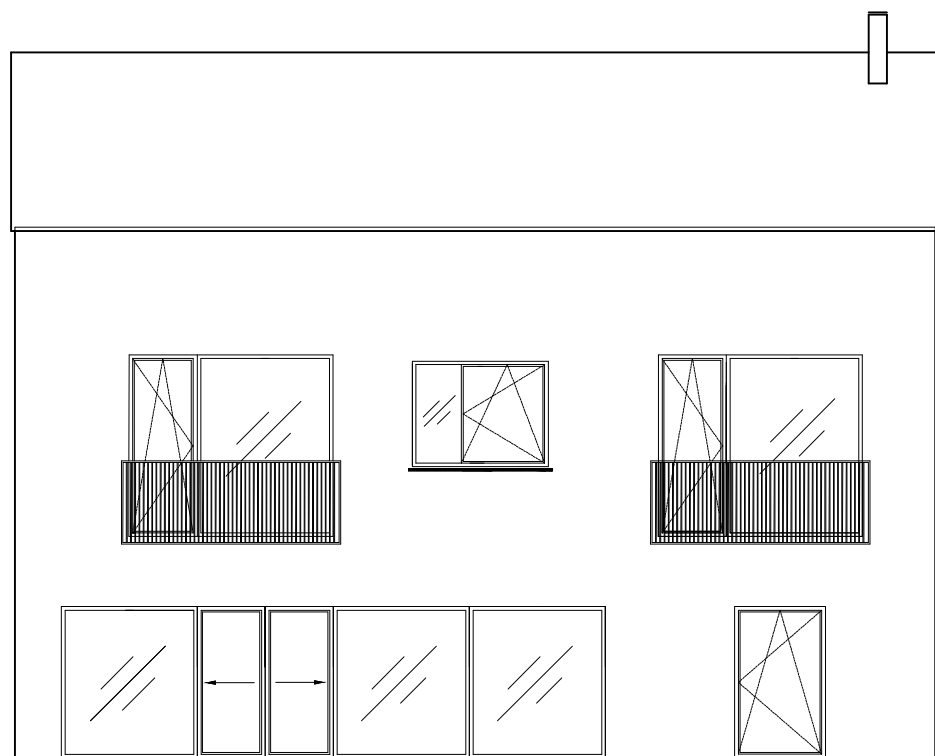
Del prereza A-A



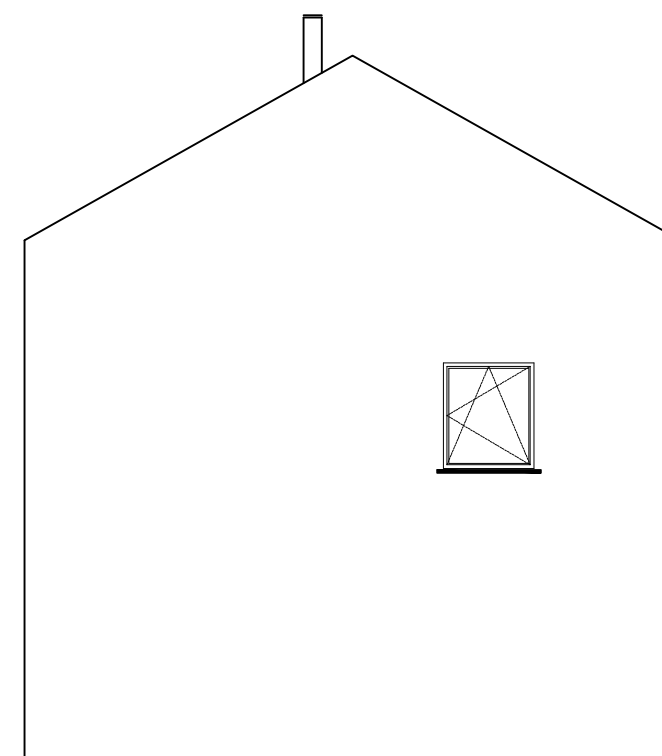
Del prereza B-B

S3	
Opečna kritina	2,00 cm
Letve	3,00 cm
Vzdolžne letve	3,00 cm
Paroprepustna folija	0,06 cm
OSB plošča	1,50 cm
Toplotna izolacija iz celuloze	30,00 cm
Parna zapora	0,15 cm
Zračni sloj	3,00 cm
Mavčnokartonska plošča	1,25 cm
S2	
Parket	2,00 cm
Plavajoči estrih	5,00 cm
Parna zapora	0,15 cm
Toplotna izolacija iz lesenih vlaken	6,00 cm
AB plošča	20,00 cm
Notranji omet	1,00 cm
S1	
Parket	2,00 cm
Plavajoči estrih	5,00 cm
Parna zapora	0,15 cm
OSB plošča	1,50 cm
Toplotna izolacija iz celuloze	15,00 cm
Temeljna plošča	30,00 cm
Hidroizolacija	0,40 cm
Podbeton	10,00 cm
Nasutje	30,00 cm
Z1	
Zunanji omet	2,00 cm
OSB plošča	1,50 cm
Toplotna izolacija iz celuloze	20,00 cm
Opeka	30,00 cm
Notranji omet	1,00 cm

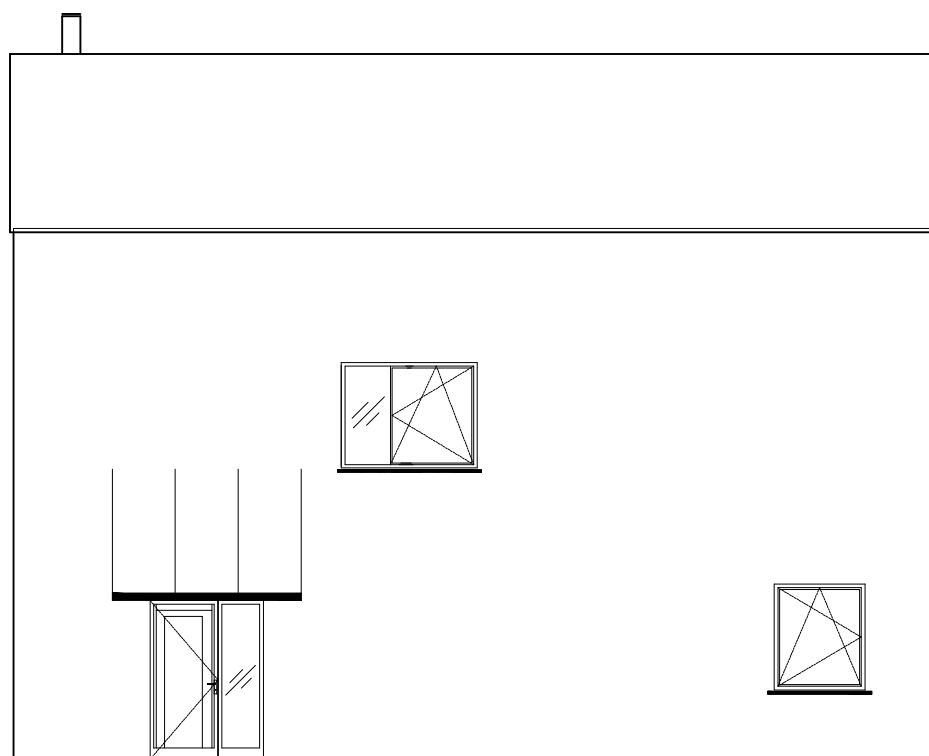
Načrt enodružinske hiše	
Vsebina:	Prereza
Merilo: 1:100	Št. priloge: 3



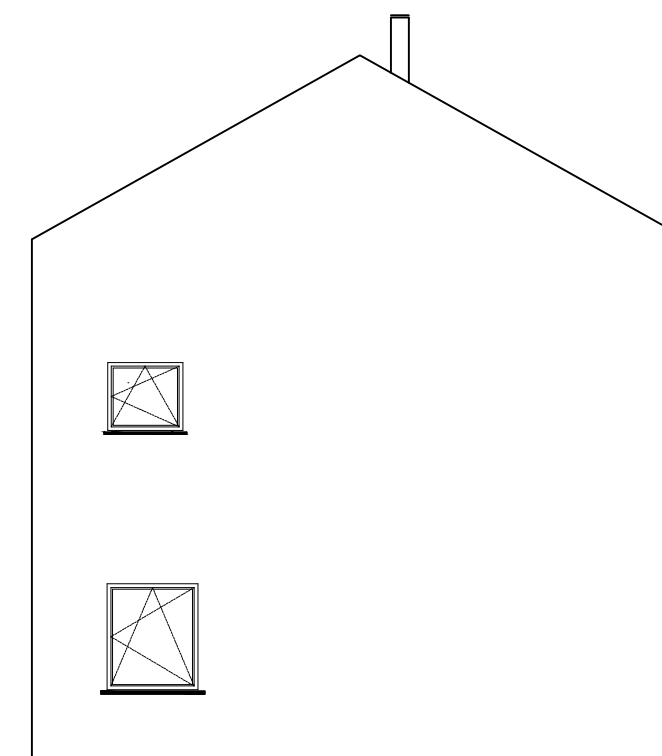
Južna fasada



Vzhodna fasada



Severna fasada



Zahodna fasada

Načrt enodružinske hiše	
Vsebina:	Fasade
Merilo: 1:100	Št. priloge: 4

S3

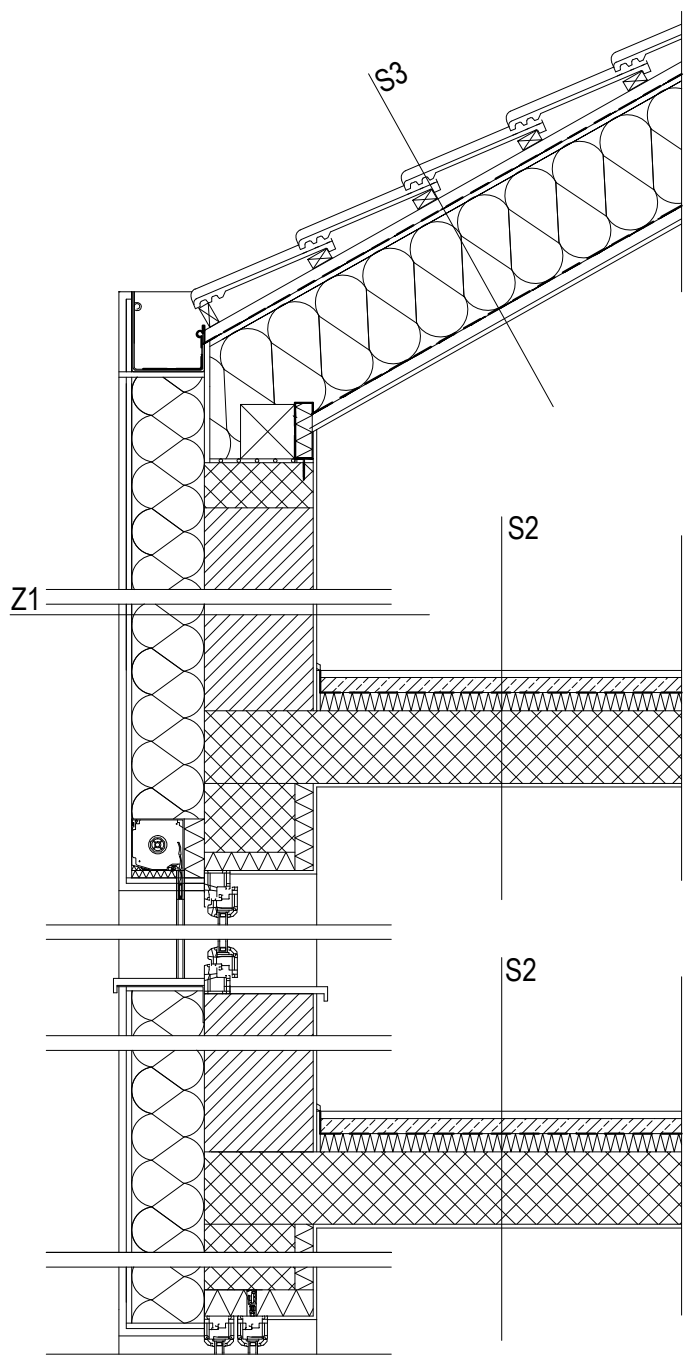
Opečna kritina	2,00 cm
Letve	3,00 cm
Vzdolžne letve	3,00 cm
Paroprepustna folija	0,06 cm
OSB-plošča	1,50 cm
Toplotna izolacija iz celuloze	30,00 cm
Parna zapora	0,15 cm
Zračni sloj	3,00 cm
Mavčnokartonska plošča	1,25 cm

S2

Parket	2,00 cm
Plavajoči estrih	5,00 cm
Parna zapora	0,15 cm
OSB-plošča	1,50 cm
Toplotna izolacija iz lesenih vlaken	6,00 cm
AB plošča	20,00 cm
Notranji omet	1,00 cm

Z1

Zunanji omet	2,00 cm
OSB-plošča	1,50 cm
Toplotna izolacija iz celuloze	20,00 cm
Opečni zid	30,00 cm
Notranji omet	1,00 cm



Načrt enodružinske hiše

Vsebina: Fasadni rez

Merilo: 1:20 Št. priloge: 5