

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav základního zpracování dřeva

**NÁVRH ROUBENÉ DŘEVOSTAVBY**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2016/2017

Bc. Eva Peterková

*Prohlašuji, že jsem práci: „Návrh roubené dřevostavby“ vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.*

*Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.*

*Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladu spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.*

V

dne

podpis studenta

*Tímto bych chtěla poděkovat všem, kteří mi jakkoli přispěli ke zpracování mé diplomové práce. V první řadě velmi děkuji mé vedoucí diplomové práce doc. Dr. Ing. Havířové za odborné konzultace, kontrolu technických výkresů a cenné rady při vypracovávání mé diplomové práce.*

*V neposlední řadě bych ráda poděkovala i mé rodině za umožnění studií na univerzitě a jejich podporu v průběhu mého studia.*

## **ABSTRAKT**

Autor                      Eva Peterková  
Název práce              Návrh roubené dřevostavby

Diplomová práce se zabývá návrhem roubené stavby. Roubenka je navržena z lepených masivních profilů tak, aby byly splněny požadavky na tepelnou ochranu budov. Masivní skladba je doplněna o tepelně izolační vrstvu.

První část práce je věnována problematice masivních staveb a obecným údajům o tepelných vlastnostech staveb a požadavcích kladených na novostavby. V praktické části práce jsou navrženy varianty skladby obvodové stěny, které jsou dále mezi sebou porovnány podle předem zvolených kritérií. Na vybranou skladbu je zpracována výkresová dokumentace a v rámci programu ENERGIE je provedeno posouzení energetické náročnosti budovy.

**Klíčová slova:** roubenka, masivní stavba, rámová konstrukce, součinitel prostupu tepla, nízkoenergetický standard

## **ABSTRACT**

Name                      Eva Peterková  
Title of thesis            Construction projects of log cabin

The diploma thesis deals with the proposal of the timbered buildings. In the proposal of log house is used glued massive profiles in order to meet the requirements for thermal protection of buildings. The massive composition is complemented by layer of heat insulation.

In the first part of diploma thesis is devoted to the problems of solid wood house and the general information on the thermal properties of buildings. In the practical part of this thesis variants of peripheral walls are designed and these walls are compared according to preselected criteria between each other. The selected wall is processed by the drawing documentation and calculation of the energy performance of the building is done in the program ENERGY.

**Key words:** log cabin, timbered building, timber frame construction, heat transfer coefficient, low energy standard

# OBSAH

1	ÚVOD.....	1
2	CÍL PRÁCE.....	2
3	METODIKA.....	3
4	SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY.....	4
4.1	Konstrukční systémy dřevěných staveb .....	4
4.1.1	Roubené (srubové) stavby.....	4
4.2	Vlastnosti masivního dřeva .....	6
4.2.1	Třídy pevnosti rostlého dřeva.....	6
4.3	Lepené lamelové dřevo .....	7
4.4	Konstrukční systém roubených staveb s ohledem na tepelně technickou náročnost budovy .....	9
4.4.1	Ukázka skladby obvodové stěny s přídatnou izolací.....	10
4.5	Energetické vlastnosti staveb .....	15
4.5.1	Součinitel prostupu tepla.....	17
5	Návrh rodinného domu.....	19
5.1	Obvodová stěna.....	20
5.1.1	Izolační materiál.....	21
5.1.2	Skladba obvodové stěny.....	23
5.1.2.1	Masivní roubená skladba.....	23
5.1.2.2	Varianta A – umístění izolace mezi masivní hranoly.....	24
5.1.2.3	Varianta B – umístění izolace ze strany exteriéru.....	25
5.1.2.4	Varianta C – umístění izolace ze strany interiéru.....	26
5.1.3	Posouzení variant obvodových stěn .....	27
5.1.4	Skladba obvodové stěny rodinného domu .....	32
5.2	Vnitřní příčka .....	35
5.3	Základy.....	36
5.4	Podlaha.....	36

5.5	Konstrukce střechy .....	39
5.6	Truhlářské prvky .....	40
5.6.1	Okna .....	41
5.6.2	Balkónové dveře.....	42
5.6.3	Vchodové dveře.....	42
5.7	Vyhodnocení energetické náročnosti budovy .....	42
5.8	Technická zpráva .....	48
6	DISKUZE .....	54
7	ZÁVĚR.....	56
8	SUMMARY .....	57
9	ZDROJE .....	58
10	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	60
11	SEZNAM TABULEK .....	61
12	SEZNAM PŘÍLOH.....	62
12.1	Část výpočtů tepelně technického posouzení – součást vazby.....	62
12.2	Část výkresová – zvlášť ve volné vazbě.....	63

# 1 ÚVOD

Dřevo jako dostupný materiál byl základním prvkem pro stavby obydlí již od pradávna. Důkazem jsou stavby, které se dochovaly až do současnosti. Podíl staveb, kde nosnou konstrukci tvoří právě dřevo, se neustále zvyšuje. Ačkoli podíl nově stavěných rámových dřevostaveb a masivních roubenek není ještě na takové úrovni jako v zemích Severní Evropy či Kanady, za posledních málo let stoupl na úroveň 10 %. Sruby nabízejí přirozené a zdravé bydlení díky difúzně otevřené skladbě stěny, která dýchá, ale také udržují vlhkost prostředí v optimální hladině.

Nicméně se stále se zvyšujícími požadavky na tepelnou ochranu budov se zpřísňují požadavky na tepelně technické vlastnosti obálky konstrukce. Samotná masivní konstrukce tyto požadavky nesplňuje, proto jsou již zcela běžné úpravy obvodových stěn doplněním vrstvy izolačního materiálu.

Tato práce se zabývá alternativami obvodové stěny tak, aby bylo dosaženo požadavků na tepelnou ochranu budovy.



## 2 CÍL PRÁCE

Cílem práce je navrhnout roubený rodinný dům s využitím lepených dřevěných profilů. Dispoziční řešení roubenky je v souladu s platnými hygienickými předpisy a normami. Je navrženo několik variant skladby obvodových stěn, které jsou na základě zvolených kritérií – součinitel prostupu tepla, tepelný odpor konstrukce, vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách, množství zkondenzované vodní páry – posouzeny a je vybrána nejvhodnější skladba obvodové stěny.

Nedílnou součástí práce je zpracování výkresové dokumentace v rozsahu potřebném pro stavební povolení (tj. půdorys podlaží, minimálně dva řezy, výkres základů, celkové pohledy na stavbu, jednotlivé detaily). Rodinný dům je posouzen z hlediska energetické náročnosti.

### 3 METODIKA

Zvolená metodika práce spočívá v návrhu rodinného domu tak, aby byly dodrženy technické a hygienické požadavky na výstavbu budov. Navržen je jednopodlažní dům s dispozicí 4 + kk. Obvodová stěna je tvořena konstrukčním systémem s využitím lepených profilů z masivního dřeva, vnitřní příčky jsou vystavěny pomocí klasického rámového systému výstavby dřevostaveb, založeného na výstavbě stylem „Two by four“.

Obvodová stěna je navržena v několika variantách, které se mezi sebou liší jak skladbou, tak šířkou použitých hranolů, nebo izolace. Všechny varianty jsou na základě výpočtu porovnány a je vybrána nejvýhodnější skladba. Mezi kritéria volby varianty obvodové stěny patří součinitel prostupu tepla, vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách, množství zkondenzované vodní páry a teplota, při které ke kondenzaci dochází. Výpočet vlastností obvodové stěny je proveden pomocí programu TEPLO (studentská verze).

Nosná konstrukce střechy je řešena pomocí vazníků v programu PAMIR.

Součástí práce je vyhodnocení energetické náročnosti navržené roubenky. Pro zhodnocení je použit program ENERGIE (studentská verze).

## 4 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Stavební konstrukce ze dřeva mají bohatou tradici. Můžeme se pochlubit dochovanými historickými objekty postavenými ze dřeva. Stavby se nacházejí nejenom v horských oblastech, ale i v Pošumaví, také na Českomoravské vrchovině či Valašsku, nesmíme opomenout ani stavby na Slovensku.

V rámci budov, u nichž je nosným materiálem dřevo, patří srubové stavby mezi nejstarší. Mezi běžná lidová stavení patřily dřevěné srubové obytné domy, stodoly, seníky a hospodářské stavby, pod kterými si můžeme představit mlýny, sýpky nebo pilnice. Ani tyto stavby se neubránily postupem času vývoji a četnost staveb se odvíjela podle současných dostupných technologií, např.: v poválečných letech minulého století se u nás rozvíjela zejména výroba konstrukčních systémů z malých panelů (Bukovský a kol. 2002).

### 4.1 Konstrukční systémy dřevěných staveb

V rámci staveb, jejichž nosným materiálem je dřevo, se uplatňují tyto základní konstrukční systémy:

- Srubová konstrukce
- Sloupková konstrukce
- Skeletová konstrukce
- Panelová konstrukce
- Hrázděná konstrukce (Kolb 2008).

#### 4.1.1 Roubené (srubové) stavby

Základním principem je vodorovné ukládání dřevěných trámů z nehraněného, polohraněného či hraněného řeziva. Jedná se pak o kuláče, polokuláče a hranoly. Takto uložené trámy se mezi sebou spojují v ložní spáře, která vzniká v místech styku jednotlivých trámů. Ty se mohou spojovat na tupo s výřezem ve tvaru V (ten slouží k tomu, aby docházelo k praskání dřeva v tomto směru), postupem času se spoje vyvíjely a zdokonalením technologií se začal používat spoj na pero a drážku, spoj s vloženým perem, nebo ozubený spoj. Další variantou je možnost použití spojovacích

prostředků, což je ale pro naši historii méně typický až výjimečně používaný spoj (Štefko a kol. 2009).

V rohových spojih se při použití nehraněného řeziva (kuláčů) využívá nejčastěji přeplátování zhlaví jednotlivých trámů, které navzájem přesahují, a to nejčastěji 100 až 200 mm. Takto opatřené rohové spojení patří mezi nejjednodušší, nejstarší a nejvíce používané. Aby nedocházelo k posunu jednotlivých trámů, jsou, jak nahoře, tak dole, jednotlivé trámy o  $\frac{1}{4}$  své výšky vyříznuty. V případě hraněného řeziva (hranolů) se nejčastěji řeší rohový spoj pomocí rybinového spoje, jehož výhodou je, že vzájemné šikmé seříznutí zabraňuje vybočení trámů kterýmkoli směrem, avšak provedení spoje je technologicky přijatelné. Jinou variantou je použití rovného plátu opatřeného kolíkem z tvrdého dřeva, který zabraňuje vzájemnému vybočení trámů. Od 18. století se začal uplatňovat tzv. zámkový spoj, který je tvořen soustavou zalamovaných plošek, které jsou náhradou za šikmou plochu v rybině. V naší zemi se tento spoj objevuje v oblastech, kde se vyskytovali zručnější tesaři, nebo je tohoto spoje využito u náročnějších staveb, jakými byly kostely, patrové domy apod. Jedná se o nejpracnější a nejsložitější spoj (Škabrada 1999, Müller a kol. 1996).

Napojení vnitřních nosných stěn a příček je na stejné bázi jako rohové spoje.

Při stavbě srubových staveb je třeba při navrhování a realizaci dbát konstrukčních zásad, které jsou založené na dlouholetých zkušenostech. Mimořádný význam má u masivních staveb míra sesednutí – pro každé poschodí je nezbytné počítat sesednutí až 25 mm. V návaznosti na tento jev, který je zapříčiněný fyzikálními vlastnostmi dřeva (viz. 3.2. Vlastnosti masivního dřeva), je třeba takových opatření, aby mohla stavba bez překážky sedat (Kolb 2008).

Tvoří-li obvodové stěny klasických roubených staveb trámy šířky 140 až 160 mm, v žádném případě nesplňují požadavky na požadovanou hodnotu tepelného odporu, kterou udává platná ČSN. Tyto stavby nejsou vhodné pro bydlení. V rámci zlepšení tepelně-technických vlastností stavby se objevují i realizace s dodatečnou tepelnou izolací z minerálních nebo skelných vláken, která je aplikována buď z vnější, nebo z vnitřní strany roubené obvodové stěny. V případě aplikování izolace je nutností vrstva parozábrany, bez které by díky vysoké hodnotě difúzního odporu vnější roubené stavby docházelo k překročení vypočteného množství zkondenzované vodní páry, než kterou připouští platná ČSN (Bukovský a kol. 2002).

Právě se zvyšujícími se požadavky člověka na bydlení a vlastní kvalitu konstrukcí jsou v novodobých srubových stavbách nahrazovány masivní profily strojně

profilovaným vysušeným dřevem. Masivní prvek může být buď z jednoho kusu prodloužen spoji (nejčastěji zubovitým), nebo z lepeného profilu. Umístované dřevo je vysušeno na vlhkost odpovídající klimatické vlhkosti oblasti výstavby budovy.

Nejmodernější srubové konstrukce s ohledem na tepelně technickou náročnost budov se navrhují buď jako jednoplášťové s přídatnou vrstvou tepelné izolace, nebo jako dvojité konstrukce s vrstvou tepelné izolace umístěné uprostřed (Štefko a kol. 2009).

## **4.2 Vlastnosti masivního dřeva**

Dřevo je organickým materiálem složeným z buněk. Díky své stavbě je anizotropním materiálem, proto ve třech hlavních směrech vykazuje odlišné vlastnosti (jedná se o směr rovnoběžný s vlákny, kolmo na vlákna v radiálním směru a kolmo na vlákna v tangenciálním směru).

Hustota patří mezi nejdůležitější fyzikální charakteristiku dřeva. Má pozitivní vliv na většinu mechanických vlastností. Nicméně hustota dřeva je odvislá od jeho vlhkosti, protože se zvyšující se vlhkostí se zvětšuje i hmotnost dřeva a zároveň vzrůstající vlhkost podmiňuje i bobtnání dřeva.

Vlhkost dřeva podmiňuje většinu mechanických vlastností. Dřevo je hygroskopickým materiálem, proto si s okolím neustále vyměňuje vlhkost. Se zvyšující se vlhkostí dochází k bobtnání dřeva, ale pouze tehdy, když voda proniká do buněčných stěn až do chvíle, kdy jsou zcela nasyceny (bod nasycení buněčných vláken odpovídá cca 28% vlhkosti). Se snižující se vlhkostí dochází v této oblasti k opačnému jevu, k sesychání. Dřevo výrazně sesychá ve směru kolmo k vláknům, sesychání podélně s vlákny je zanedbatelné. Průřez se může zmenšit až o 7 % (Vaverka a kol. 2008, Koželouh 1998).

### **4.2.1 Třídy pevnosti rostlého dřeva**

Rostlé dřevo, které má být umístěno do staveb, se musí vizuálně či strojně třídit podle platných norem

- EN 518 Konstrukční dřevo – Třídění – požadavky na normy pro vizuální třídění podle pevnosti

- EN 519 Konstrukční dřevo – Třídění – Požadavky na dřevo strojně tříděné podle pevnosti a na třídící stroje

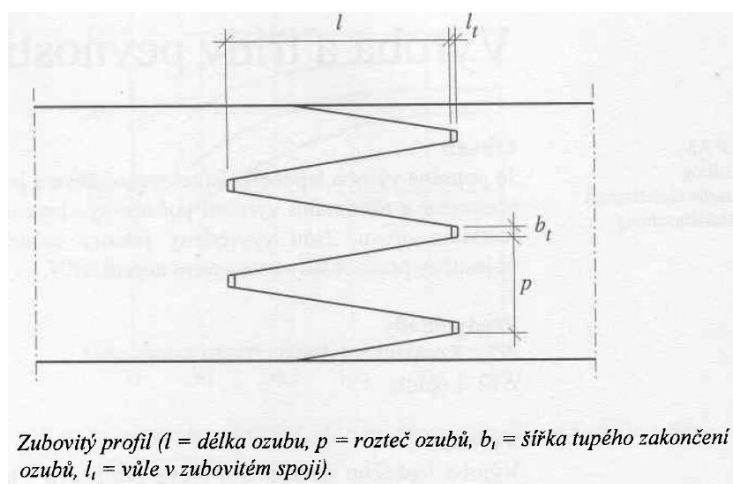
Stejně tak se musí určit charakteristické hodnoty pevnosti, tuhosti a hustoty podle platné normy

- EN 384 Konstrukční dřevo – Zjišťování charakteristických hodnot pevnosti, tuhosti a hustoty

Jehličnaté dřevo společně se dřevem topolovým je rozděleno do devíti tříd pevnosti. Listnaté dřevo má šest tříd pevnosti. Celý systém zahrnuje veškeré jakostní třídy existující v Evropě. Každá třída pevnosti má přiřazený kompletní soubor charakteristických hodnot, tudíž při zvolení dané třídy pevnosti jsou k dispozici veškeré potřebné informace o materiálu, potřebné pro výpočet dřevěných konstrukcí (Koželouh 1998).

### 4.3 Lepené lamelové dřevo

Lepené lamelové dřevo se vyrábí z řeziva s maximální tloušťkou 40 až 50 mm, v délce 1,5 až 5 metrů. Jednotlivé řezivo se třídí podle platných norem jako u rostlého dřeva.



Obr. 1 Detail zubovitého spoje (Koželouh 1998)

Aby bylo docíleno větších profilů, nastavuje se řezivo na čelních koncích pomocí zubovitého spoje a tak se vytváří tzv. nekonečná lamela (Koželouh 1998). Tento zubovitý spoj musí odpovídat požadavkům platné normy

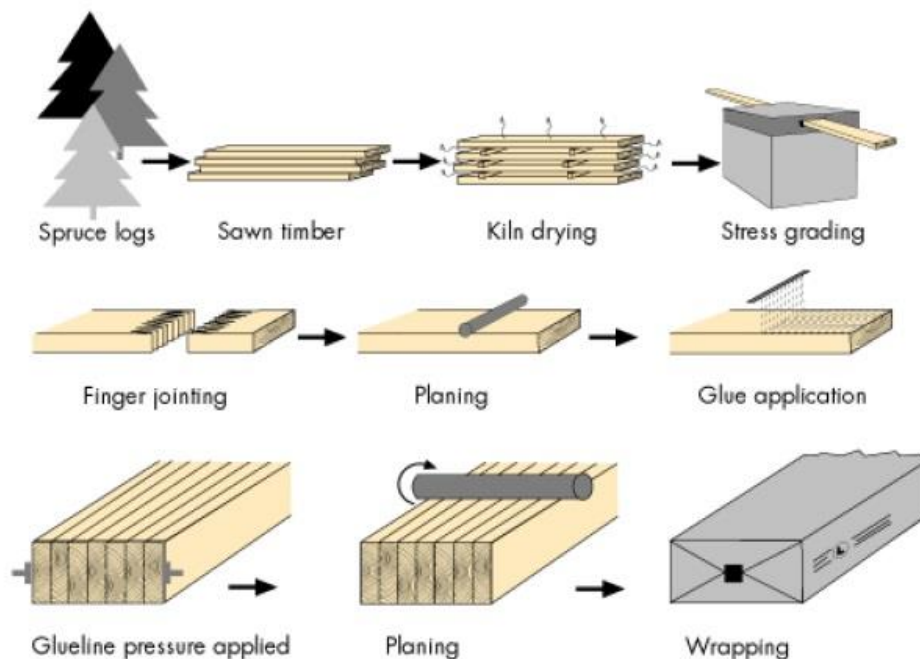
- prEN 385 Konstrukční dřevo nastavované zubovitým spojem – Požadavky na užité vlastnosti a minimální výrobní požadavky

Řezivo musí být vysušeno na maximální vlhkost 15 %, aby byla zajištěna správná funkčnost lepidel. Proto se řezivo uměle vysouší na vlhkost 8 až 15 %. Tato vlhkost odpovídá vytápěným vnitřním prostorům. Tímto jsou téměř vyloučeny dodatečné změny dřeva, které vznikají následným vysoušením masivního dřeva. Takto je docíleno výroby lepených profilů o daných rozměrech bez následných tvarových změn (Augustin a kol. 2008).

Při lepení se využívají fenolická a aminová lepidla, na která jsou kladeny požadavky podle

- prEN 301 Fenolická a aminová lepidla pro nosné díly dřevěných konstrukcí – Klasifikace a technické požadavky.

K vytvrzení lepidla dochází v lisu. Rozdíl ve vlhkostech sousedních lamel nesmí být větší jak 5 %. (Augustin a kol. 2008, Koželouh 1998).



**Obr. 2** Postup výroby BSH hranolů (Augustin a kol. 2008)

V našich podmínkách je hlavní surovinou pro výrobu lepeného lamelového dřeva smrk, případně borovice.

**Tab. 1** Parametry lepeného lamelového dřeva udávané výrobcem

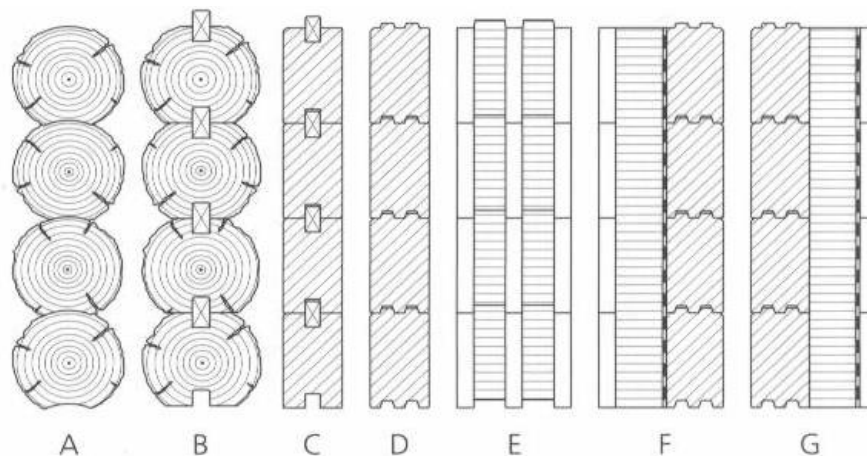
Základní vlastnosti BSH (dle ČSN EN 1194)				
vlhkost dřeva	10-12% ± 2%			
třída pevnosti		GL24h	GL28c	GL32c
hustota [kg/m <sup>3</sup> ]	$\rho_k$	380	380	410
Charakteristické hodnoty pevností [N/mm <sup>2</sup> ]				
pevnost v ohybu	$f_{m,k}$	24,00	28,00	32,00
pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	16,50	16,50	19,50
pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	0,40	0,40	0,45
pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	24,00	24,00	26,50
pevnost v tlaku kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	2,70	2,70	3,00
pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	2,70	2,70	3,20
Charakteristické hodnoty tuhostí [kN/mm <sup>2</sup> ]				
průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,mean}$	11,60	12,60	13,70
5% kvantil modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{0,05}$	9,40	10,20	11,10
průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,mean}$	0,39	0,39	0,42
průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	$G_{mean}$	0,72	0,72	0,78
Požární vlastnosti (dle EN 13501)				
reakce na oheň	Třída D-s2, d0			
míra zuhelnatění	0,7 mm/min			
Nabízené rozměry	šířka	výška		
minimálně	80 mm	80 mm		
maximálně	260 mm	2000 mm		
nárůst po	20 mm	40 mm		
Pro zakřivené dílce se tloušťka lamel odvíjí od poloměru zakřivení. Maximální délka profilů je 24 m. Dovolené odchylky průřezu se řídí normou ČSN EN 336.				

## 4.4 Konstrukční systém roubených staveb s ohledem na tepelně technickou náročnost budovy

V rámci ušetření materiálu a snížení tepelné náročnosti budovy je snaha sloučit dřevěné masivní části budovy společně s tepelnou izolací do jednoho elementu. Vývoj roubených staveb prošel za dobu svého vývoje mnohými změnami, které jsou odvislé od požadavků společnosti a dostupných technologií.



Tepelně izolační schopnost srubové stěny může být podpořena a zlepšena využitím přídatné izolace. Tato izolace může být aplikována na obou stranách roubené stěny.



**Obr. 3** Postup vývoje masivních obvodových stěn (Kolb 2008)

Vhodným izolačním materiálem je materiál na bázi dřeva, aby bylo zachováno přirozené dýchání stěn (Kolb 2008, Vaverka a kol. 2008).

#### 4.4.1 Ukázka skladby obvodové stěny s přídatnou izolací

firma           **OK PYRUS, s.r.o.**  
 sídlo            Husovická 4, 614 00 Brno

##### **Uložení izolace dovnitř roubené stěny mezi masivní hranoly.**

*Parametry udávané výrobcem (OKPYRUS 2009)*

Varianta č. 1

Lepný hranol BSH (smrk) šířky 160 mm na vnější straně

Minerální izolace ISOVER šířky 60mm

Lepný hranol BSH (smrk) šířky 120 mm na vnitřní straně konstrukce

Tepelný odpor konstrukce obvodové stěny	3,87 m <sup>2</sup> K/W
Součinitel prostupu tepla obvodové stěny	0,248 W/ m <sup>2</sup> K

Varianta č. 2

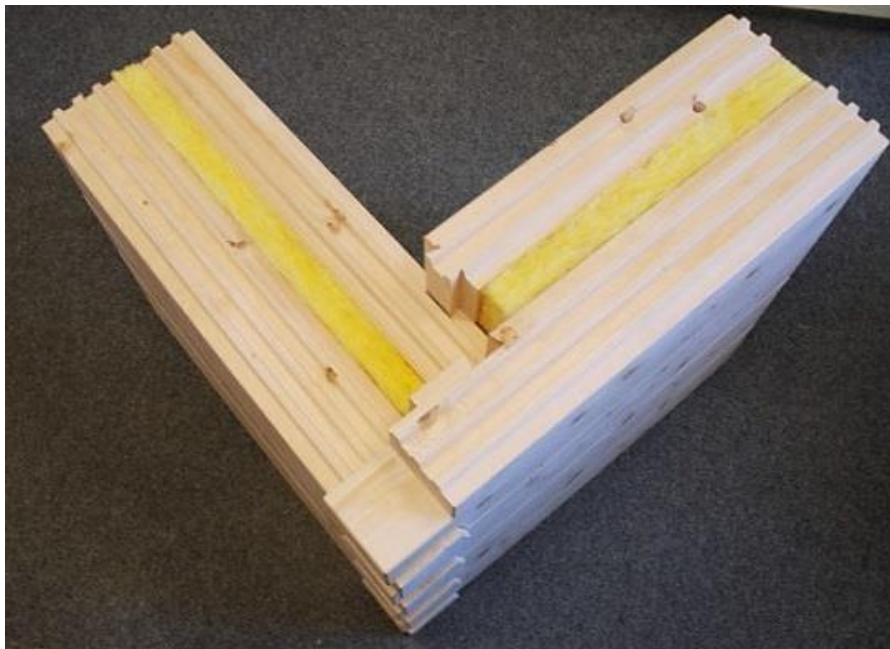
Lepený hranol BSH (smrk) šířky 160 mm na vnější straně

Minerální izolace ISOVER šířky 120mm

Lepený hranol BSH (smrk) šířky 120 mm na vnitřní straně konstrukce

Tepelný odpor konstrukce obvodové stěny  $5,58 \text{ m}^2\text{K/W}$

Součinitel prostupu tepla obvodové stěny  $0,174 \text{ W/ m}^2\text{K}$



**Obr. 4** Fotografie zdvojené masivní obvodové stěny (OKPYRUS 2009)

firma **LOGHOUSE d.o.o.**  
sídllo Savinjska cesta 4, SI – 3331 Nazarje, Slovenia

### **Uložení izolace z vnější strany roubené stěny.**

*Parametry udávané výrobcem (LOGHOUSE 2012)*

#### Varianta č. 1

Masivní hranol (smrk) šířky 100 mm na vnitřní straně

Minerální izolace v dřevěném rámu šířky (80 mm + 80 mm) 160mm

Vzduchová mezera 50 mm

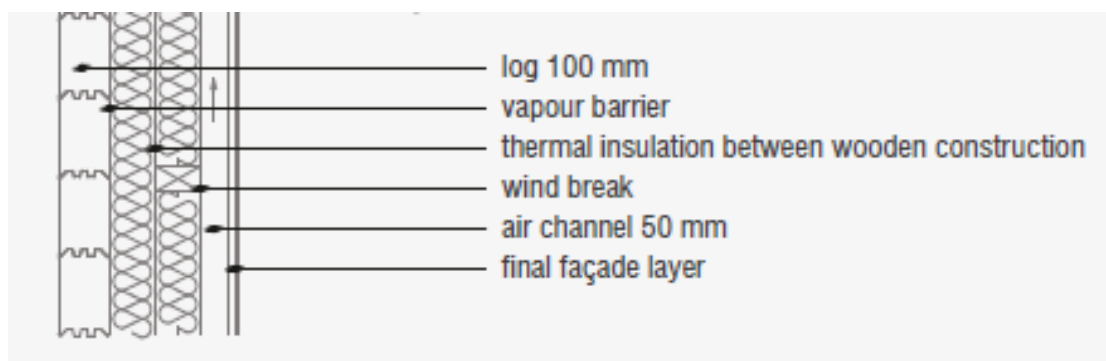
Fasádní vrstva

Tepelný odpor konstrukce obvodové stěny	5 m <sup>2</sup> K/W
Součinitel prostupu tepla obvodové stěny	0,200 W/ m <sup>2</sup> K

#### Varianta č. 2

Šířka použité izolace ve skladbě stěny je (100 mm + 100 mm) 200 mm

Tepelný odpor konstrukce obvodové stěny	5,88 m <sup>2</sup> K/W
Součinitel prostupu tepla obvodové stěny	0,170 W/ m <sup>2</sup> K



**Obr. 5** Schéma obvodové stěny s masivním hranolem ze strany interiéru (LOGHOUSE 2012)



**Obr. 6** Obvodová stěna s masivním hranolem ze strany interiéru (LOGHOUSE 2012)

### **Uložení izolace z vnitřní strany roubené stěny.**

*Parametry udávané výrobcem (LOGHOUSE 2012)*

#### *Varianta č. 1*

Masivní hranol (smrk) šířky 100 mm na vnější straně

Minerální izolace v dřevěném rámu šířky (80 mm + 80 mm) 160 mm

Instalační předstěna bez izolace 60 mm

Vnitřní opláštění SDV deskou

Tepelný odpor konstrukce obvodové stěny  $5 \text{ m}^2\text{K/W}$

Součinitel prostupu tepla obvodové stěny  $0,20 \text{ W/ m}^2\text{K}$



**Obr. 7** Obvodová stěna s masivním hranolem ze strany exteriéru (LOGHOUSE 2012)

### Varianta č. 2

Masivní hranol (smrk) šířky 100 mm na vnější straně

Minerální izolace v dřevěném rámu šířky (80 mm + 80 mm) 160 mm

Instalační předstěna s tepelnou izolací 60 mm

Vnitřní opláštění SDV deskou

Tepelný odpor konstrukce obvodové stěny 6,494 m<sup>2</sup>K/W

Součinitel prostupu tepla obvodové stěny 0,154 W/ m<sup>2</sup>K

### Varianta č. 3

Masivní hranol (smrk) šířky 100 mm na vnější straně

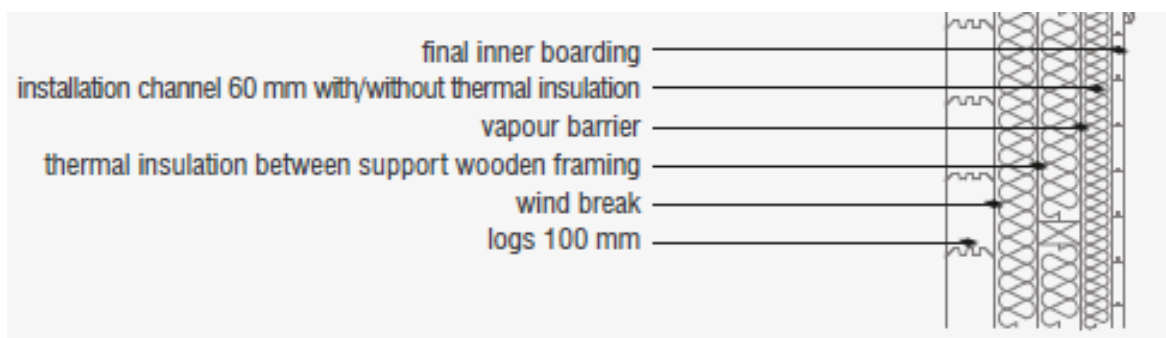
Minerální izolace v dřevěném rámu šířky (100 mm + 100 mm) 200 mm

Instalační předstěna s tepelnou izolací 60 mm

Vnitřní opláštění SDV deskou

Tepelný odpor konstrukce obvodové stěny 7,519 m<sup>2</sup>K/W

Součinitel prostupu tepla obvodové stěny 0,133 W/ m<sup>2</sup>K



**Obr. 8** Schéma obvodové stěny s masivním hranolem ze strany exteriéru (LOGHOUSE 2012)

## 4.5 Energetické vlastnosti staveb

Energetické vlastnosti budovy jsou definovány celkovým množstvím dodané energie do budovy (objektu). Celkové množství dodané energie se skládá z energie, která je potřeba dodat na vytápění objektu, na jeho chlazení, zároveň i na mechanické větrání či úpravu relativní vlhkosti vzduchu v budově. Nesmí se opomenout energie, která je třeba na přípravu teplé vody, na osvětlení. Množství energie se dá ponížít o případnou produkci výroby elektřiny fotovoltaickými články nebo kogeneračními jednotkami.

Z důvodu jednotného stanovení hodnoty energetické náročnosti budov, je od roku 2007 zavedena v naší legislativě (vyhláška č. 78/2013 Sb.) povinnost opatřit veškeré nové budovy energetickým štítkem (ENVIROS 2016, TZBINFO 2013).

### PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. xxx/2012 Sb., o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: .....

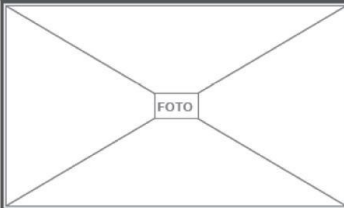
PSC, místo: .....

Typ budovy: .....

Plocha obálky budovy: ..... m<sup>2</sup>

Objemový faktor tvaru A/V: ..... m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

Celková energeticky vztažná plocha: ..... m<sup>2</sup>



FOTO

### ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)	Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)																												
<b>Měrné hodnoty kWh/(m<sup>2</sup>·rok)</b>																													
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Mimořádně úsporná <b>A</b></td><td style="text-align: center;">Dop. A</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Velmi úsporná <b>B</b></td><td style="text-align: center;">XXX B</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Úsporná <b>C</b></td><td style="text-align: center;">C</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Méně úsporná <b>D</b></td><td style="text-align: center;">D</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Nehospodárna <b>E</b></td><td style="text-align: center;">E</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Velmi nehospodárna <b>F</b></td><td style="text-align: center;">F</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Mimořádně nehospodárna <b>G</b></td><td style="text-align: center;">G</td></tr> </table>	Mimořádně úsporná <b>A</b>	Dop. A	Velmi úsporná <b>B</b>	XXX B	Úsporná <b>C</b>	C	Méně úsporná <b>D</b>	D	Nehospodárna <b>E</b>	E	Velmi nehospodárna <b>F</b>	F	Mimořádně nehospodárna <b>G</b>	G	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Dop.</td><td style="text-align: center;">Dop.</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">XXX</td><td style="text-align: center;">XXX</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">C</td><td style="text-align: center;">C</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">D</td><td style="text-align: center;">D</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">E</td><td style="text-align: center;">E</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">F</td><td style="text-align: center;">F</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">G</td><td style="text-align: center;">G</td></tr> </table>	Dop.	Dop.	XXX	XXX	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
Mimořádně úsporná <b>A</b>	Dop. A																												
Velmi úsporná <b>B</b>	XXX B																												
Úsporná <b>C</b>	C																												
Méně úsporná <b>D</b>	D																												
Nehospodárna <b>E</b>	E																												
Velmi nehospodárna <b>F</b>	F																												
Mimořádně nehospodárna <b>G</b>	G																												
Dop.	Dop.																												
XXX	XXX																												
C	C																												
D	D																												
E	E																												
F	F																												
G	G																												
Hodnoty pro celou budovu <small>MWh/rok</small>	XX,X																												
	XX,X																												

Obr. 9 Podoba energetického štítku (TZBINFO 2013)

Energetický štítek nezohledňuje pouze vlastnosti stavební konstrukce (součinitele prostupu tepla, odpor stavebné konstrukce aj.), ale celkovou hodnotu energie, která je potřebná do budovy dodat. Je třeba znát klimatické prostředí budovy. Posuzovanou budovu rozčlenit na zóny, podle nároku na vnitřní prostředí a pohodu (jedná-li se o obytné místnosti, či garáž, letní zahradu aj.). Ve výpočtu se zohledňují tepelné zisky vlivem osob, spotřebičů (ENVIROS 2016, TZBINFO 2013).


### DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input checked="" type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input checked="" type="checkbox"/>
Střechu:	<input checked="" type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input checked="" type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input checked="" type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input checked="" type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

Popis opatření je v protokolu příkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou **Doporučení**

### PODÍL ENERGO NOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu  
MWh/rok



■ Elekřina ze sítě – XX,X  
■ Slunce a en. prostředí – XX,X  
■ Zemní plyn – XX,X

### UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení	
	$U_{en}$ W/(m <sup>2</sup> ·K)	Dílní dodané energie					Měrné hodnoty	KWh/(m <sup>2</sup> ·rok)
Mimořádné úsporná	<b>A</b>	Dop.		Dop.		Dop.		
	<b>B</b>		Dop.			XX	XX Dop.	
	<b>C</b>	X,XX	XX					
	<b>D</b>	Dop.		XX				
	<b>E</b>	XX			Dop.			
	<b>F</b>				XX			
Mimořádné netěsnopodmínka	<b>G</b>							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		XX,X	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X	

Zpracovatel: ..... Osvědčení č.: .....

Kontakt: ..... Vyhотовeno dne: .....

..... Podpis: .....

Obr. 10 Energetický štítek – ukazatele energetické náročnosti (TZBINFO 2013)

Štítek je ukazatelem jak celkové dodané energie, tak udává i množství energie, která je čerpána z neobnovitelných zdrojů. Jedná se o zdroj, u kterého se předpokládá

v budoucnu jeho vyčerpání (několik stovek let). Mezi tyto zdroje lze zařadit ropu, zemní plyn, fosilní paliva (TZBINFO 2013).

Dalším vyobrazeným ukazatelem je průměrný součinitel prostupu tepla obálkou posuzované budovy. Ten zohledňuje vliv všech ochlazovaných konstrukcí, které tvoří hranici budovy. U novostaveb nesmí překročit hodnotu  $U_{em}=0,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ .

#### 4.5.1 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla vyjadřuje, kolik tepla uniká z vnitřního prostředí do vnějšího přes plochu  $1 \text{ m}^2$  při jednotkovém teplotním spádu, jak vnějšího, tak vnitřního prostředí. Úzce souvisí s hodnotou tepelného odporu konstrukce ( $R$ ) a je jeho obrácenou hodnotou. Tepelný odpor lze spočítat jako součet tepelných odporů jednotlivých částí konstrukce ( $R_i$ ) a okrajových podmínek ze strany interiéru a exteriéru ( $R_{si}$ ,  $R_{se}$ ). Podmínkou pro výpočet je znalost jednotlivých součinitelů tepelné vodivosti ( $\lambda$ ), které udává buď výrobce, nebo jsou uvedeny v normě ČSN 73 0540 a šířky jednotlivých částí konstrukce.

Hodnoty pro okrajové podmínky ze strany interiéru a exteriéru jsou uvedeny v ČSN 73 0540-3 (2005).

- Pro obvodovou stěny ze strany interiéru, platí  $R_{si}=0,13 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$
- Pro střešní plášť ze strany interiéru, platí  $R_{si}=0,1 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$
- Pro podlahu ze strany interiéru, platí  $R_{si}=0,17 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$
- Pro vnější povrch konstrukce, platí  $R_{se}=0,04 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$
- Při styku se zeminou, platí  $R_{se}=0,00 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$

V ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – část 2, jsou uvedené požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro jednotlivé části konstrukce s převažující vnitřní návrhovou teplotou v rozmezí teplot (včetně)  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  až  $22 \text{ }^\circ\text{C}$ .



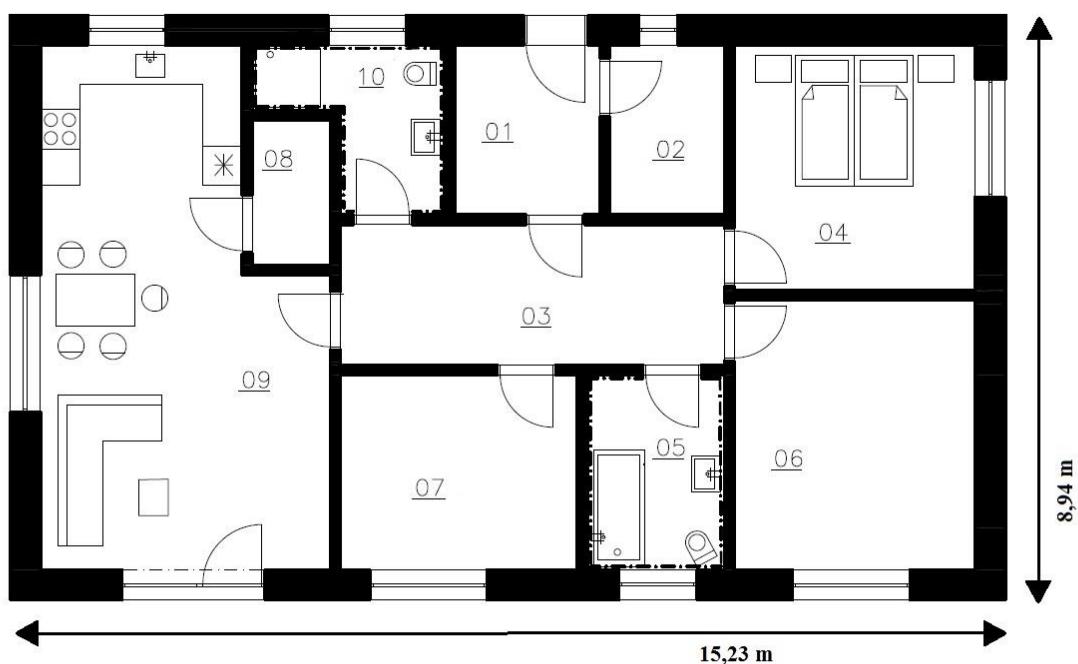
**Tab. 2** Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla – ČSN 73 0540

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 <sup>1)</sup>	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 <sup>1)</sup>	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině <sup>4), 6)</sup>	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině <sup>6)</sup>	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami <sup>3)</sup>	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 <sup>2)</sup>	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 <sup>7)</sup>	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9

## 5 Návrh rodinného domu

Pro diplomovou práci je navržen rodinný dům pro vícečlennou rodinu. Stavba není navržena na žádný konkrétní pozemek. Při návrhu se vycházelo z požadavků, které uvádí norma ČSN 73 4301: Obytné budovy.

Dům je navržen do tvaru obdélníka, jehož vnější rozměry jsou 15,23 × 8,94 m.



### DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ

01	zádveř	06	pokoj
02	technická místnost	07	pokoj
03	chodba	08	spíž
04	ložnice	09	obytný prostor s kuchyní
05	koupelna s WC	10	koupelna s WC

Obr. 11 Studie rodinného domu

Vstup do objektu je ze severní strany. Ze zádveř je přístup do technické místnosti. Na předsíň navazuje chodba, ze které je přístup do všech pokojů, a tím je zamezeno průchozím místnostem.

V pravé části domu, která je situovaná na východ, se nachází ložnice (SV) a pokoj. Ložnice je dostatečně prostorná pro umístění dvoulůžkové postele. Se svojí šířkou 3,71 m splňuje požadavek na minimální šířku místnosti 2,4 m. Objem vzduchu místnosti je 39,2 m<sup>3</sup> (norma vyžaduje 30 m<sup>3</sup>).

Na jižní stranu je situována koupelna, která vyplňuje prostor mezi pokoji a dále jeden pokoj. V koupelně bude umístěn akumulční kotol pro regulaci ohřevu teplé vody a otopné soustavy.

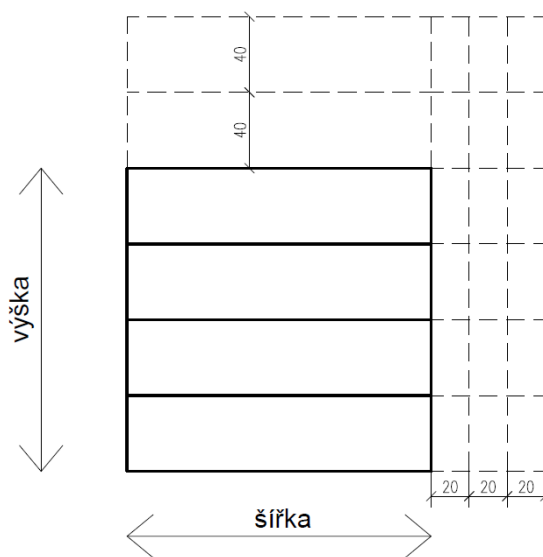
Oba pokoje by měly sloužit jako pokoje pro děti. Jejich okna jsou situovaná na jižní stranu. Svými rozměry splňují požadavek pro umístění jednoho lůžka (jsou širší jak 1,95 m a objem vzduchu je větší jak 20 m<sup>3</sup>). Oba pokoje splňují svojí půdorysnou plochou požadavek normy a jsou větší jak 8 m<sup>2</sup>, jeden pokoj má půdorysnou plochu 15,40 m<sup>2</sup> a druhý 10,89 m<sup>2</sup>.

V levé části domu, která je situovaná na západ, je umístěna kuchyň (SZ) propojená s obytnou částí (JZ), ze které je možný vstup na terasu. Součástí kuchyňského prostoru je i zabudovaná spíž, která bude odvětrávaná přes střešní prostor. Propojení mezi obývací částí a kuchyňskou linkou je tvořeno jídelní částí. Obývací prostor je oproti požadované minimální šířce, která je 3,3 m, širší o 1,16 m.

Na severní straně domu je vedle zádveří umístěna ještě jedna koupelna se sprchovým koutem a s toaletou.

## 5.1 Obvodová stěna

Obvodová stěna je tvořena lepeným smrkovým masivním hranolem. Tyto hranoly jsou u nás dostupné ve formátu od 80 cm v nárůstu po 2 cm až do šířky 280 cm. Výška hranolu je možná od 8 cm v nárůstu po 4 cm. Nicméně šířka a výška výrobce je uváděna s vodorovnou orientací lamel, které se vyrábějí v tloušťce 4 cm.



Obr. 12 Schéma BSH hranolu

V roubence budou hranoly otočeny o 90°, proto je jejich šířka ve skladbách rozdílná o 4 cm a ne o 2 cm. Skladba obvodové stěny je doplněná o vrstvu izolačního materiálu tak, aby bylo dosaženo daného cíle.

### 5.1.1 Izolační materiál

#### ISOVER UNI

Jedná se o tepelnou izolaci vyrobenou z minerální plsti, jejíž vlákna jsou hydrofobizovaná. Je vhodná na zateplení vnějších stěn, střech, stropů. Mezi hlavní přednosti materiálu patří dobré tepelně izolační vlastnosti, požární odolnost, pohltivost zvuku. Zároveň má skladba nízký difúzní odpor, proto je propustná pro vodní páru a umožňuje dýchání skladby. Díky hydrofobizovaným vláknům je pro vodu odpudivá. Jedná se o ekologicky nezávadný materiál (ISOVER 2016).

**Tab. 3** Technické vlastnosti izolace ISOVER UNI uváděné výrobcem (ISOVER 2016)

Parametr	Jednotka	Hodnota	Norma	
<b>TEPELNÉ VLASTNOSTI</b>				
Soubor podmínek pro deklarované hodnoty $l(10^{\circ}\text{C})$ a $(u_{\text{iso}})$	-	-	ČSN EN ISO 10456	
Deklarovaný součinitel tepelné vodivosti $\lambda_D$ (stanovený na základě série měřených hodnot podle ČSN EN 12667)	$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$	0,035	ČSN EN 13162	
Měrná tepelná kapacita $c_i$	$\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$	800	ČSN 73 0540-3	
<b>MECHANICKÉ VLASTNOSTI</b>				
Charakteristická hodnota zatížení	$\text{kNm}^{-3}$	0,40	ČSN EN 1991-1-1 ČSN EN 1990	
<b>PROTIPOŽÁRNÍ VLASTNOSTI</b>				
Reakce na oheň	-	A1	ČSN EN 13501-1	
Rozměrová stabilita při teplotě $(70 \pm 2) ^{\circ}\text{C DS (T+)}$	%	$\leq 1$	ČSN EN 1604	
Maximální teplota použití	$^{\circ}\text{C}$	200	-	
Bod tání $t_f$	$^{\circ}\text{C}$	$\geq 1000$	DIN 4102 díl 17	
<b>AKUSTICKÉ VLASTNOSTI</b>				
Praktický činitel zvukové pohltivosti $\alpha_p$ dle ČSN EN ISO 354 a ČSN EN ISO 11654	Frekvence	Hz	125    250    500    1000    2000    4000	
	Tloušťka	40	mm	0,15    0,40    0,85    0,95    0,95    1,00
		60	mm	0,25    0,70    1,00    1,00    1,00    1,00
		80	mm	0,35    0,95    1,00    1,00    1,00    1,00
		100	mm	0,45    1,00    1,00    1,00    1,00    1,00
Stanovení jednočíselné veličiny podle ČSN EN ISO 11654	Jednočíselné hodnoty	-	$\alpha_w$ $\alpha_{str}$ NCR	
	Tloušťka	40	mm	0,70 (MH)    0,79    0,80
		60	mm	1,00    0,93    0,95
		80	mm	1,00    1,01    1,00
		100	mm	1,00    1,05    1,05
<b>OSTATNÍ VLASTNOSTI</b>				
Propustnost pro vodní páru	Faktor difúzního odporu ( $\mu$ ) MU	-	1    ČSN EN 12086	
Měrný odpor proti proudění vzduchu $AF_v$	$\text{kPa}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-2}$	12,3	ČSN EN 29053	

Objemová hmotnost izolace je  $40 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  (ISOVER 2016).

## STEICO

Steico je šetrný izolační materiál ze dřeva k životnímu prostředí. Zachovává veškeré výhody dřeva. Jedná se o difúzně otevřený materiál, proto nebrání prostupu vlhkosti ven. Zároveň je schopný vlhkost regulovat díky své sorpční schopnosti. V konstrukci zajišťuje jak tepelnou, tak zvukovou izolaci. Vzhledem ke své objemové hmotnosti neseseďá (STEICO 2016).

**Tab. 4** Technické parametry izolace STEICO uváděné výrobcem (STEICO 2016)

### TECHNICKÉ PARAMETRY STEICOflex

Výroba a kontrola dle ČSN EN 13171	
Označení desek	WF – EN 13171 – T2 – TR1 – AF5
Třída reakce na oheň dle ČSN EN 13501-1	E
Deklarovaný součinitel tepelné vodivosti $\lambda_D$ [W/(m*K)]	0,038
Deklarovaný tepelný odpor $R_D$ [(m <sup>2</sup> *K)/W]	0,50/0,75/1,05/1,30/1,55/2,10/ 2,60/3,15/3,65/4,20/4,70/5,25/ 5,75/6,30
Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	cca 50
Součinitel difúzního odporu $\mu$	1/2
Měrná tepelná kapacita $c$ [J/(kg*K)]	2.100
odpor proti proudění vzduchu [(kPa*s)/m <sup>2</sup> ]	≥ 5
Kód odpadu (EAK)	030105/170201
Složení	dřevní vlákna, polyolefinová vlákna, fosforečnan amonný

## TERMO-KONOPI COMBI-JUTE

Izolační materiál z technického konopí a juty. Neobsahuje žádné zdraví škodlivé látky a nedráždí ani kůži, ani dýchací ústrojí. Jedná se o materiál s nízkým difúzním odporem, proto je vhodný do difúzně otevřených skladeb, vlhkost propouští a nekondenzuje v něm vlhkost. Má vynikající akumulární schopnosti. Odpuzuje škůdce, protože neobsahuje žádné bílkoviny (KONOPI 2011).

**Tab. 5** Technické parametry konopné izolace (KONOPI 2011)

Bauaufsichtliche Zulassung	ETA-05/0037											
Inhaltsstoffe	65-70 % Hanffasern, 20-25 % Jutefasern, 8-10 % Polyester-Bikofasern, 2-5 % Soda als Brandschutz											
Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	EN 1602	30–42										
Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]	0,040											
Wärmedurchlasswiderstand R [m <sup>2</sup> ·K/W] bei Dicke [mm]	0,75	1,00	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50
	30	40	50	60	80	100	120	140	160	180	200	220
Spezifische Wärmekapazität c [ J/(kg·K)]	2300											
Dampfdiffusionswiderstandszahl μ	EN 12086	1-2										
Längenbez. Strömungswiderstand [kPa·s/m <sup>2</sup> ]	EN 29053	3,0										
Baustoffklasse	EN 13501-1	B2, normalentflammbar/Euroklasse E										
Max. Einsatztemperatur [°C]	120											
Anfälligkeit für Schimmel	EN ISO 846	Kein Schimmelpilzwachstum feststellbar										
Dickentoleranz	–5% oder 5 mm, +20% oder 20 mm											
Längen- und Breitentoleranz	Länge ± 2%, Breite ± 1,5%											
Wasseraufnahme [kg/m <sup>2</sup> ]	4,2											
Lieferform	Matten oder Rollen											
Dicken [mm]	30 – 220											
Standardmaße [mm]	<u>Mattenware:</u> 1200 x 625 1200 x 580 (Holzbaumaß) 2400 x 1000 <u>Rollenware:</u> Länge 6000 – 10000 (dickenabh.) Breiten von 625 oder 580											
Sondermaße	Ab 40 Matten gleicher Breite bieten wir Maßanfertigung ohne Aufpreis											

## 5.1.2 Skladba obvodové stěny

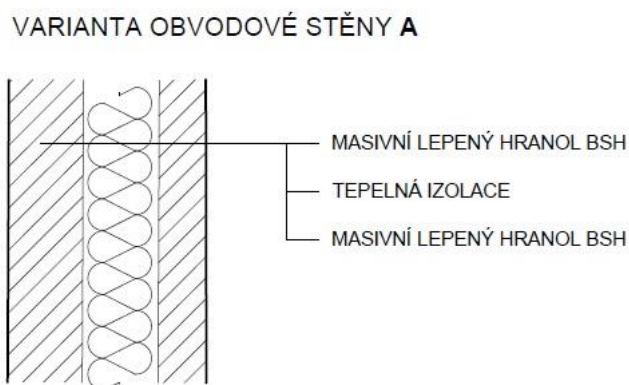
Navržené alternativy obvodových stěn se mezi sebou liší umístěním izolace. Jednotlivé varianty, při stejném uložení izolace, se mezi sebou liší šířkou masivního lepeného hranolu a použitou izolací.

### 5.1.2.1 Masivní roubená skladba

Obvodová stěna se skládá pouze z lepených hranolů v šířce rovnající se nejsilnější porovnávané skladbě stěny, tj. 440 mm.

### 5.1.2.2 Varianta A – umístění izolace mezi masivní hranoly

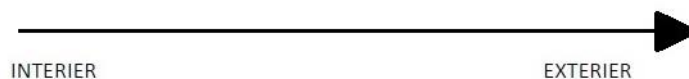
Skladba obvodové stěny je tvořena masivním lepeným hranolem BSH, který je umístěn z obou stran izolace.



**Obr. 13** Schéma obvodové stěny A

**Tab. 6** Posuzované varianty obvodové stěny A

VARIANTA	HRANOL BSH [mm]	IZOLACE [mm]			HRANOL BSH [mm]	CELKOVÁ TLOUŠŤKA STĚNY [mm]
		ISOVER	STEICO	KONOPÍ		
A1	80	120			120	320
A1	80		120		120	320
A1	80			120	120	320
A2	120	120			80	320
A2	120		120		80	320
A2	120			120	80	320
A3	120	120			120	360
A3	120		120		120	360
A3	120			120	120	360
A4	120	120			160	400
A4	120		120		160	400
A4	120			120	160	400
A5	200	160			80	440
A5	200		160		80	440
A5	200			160	80	440



### 5.1.2.3 Varianta B – umístění izolace ze strany exteriéru

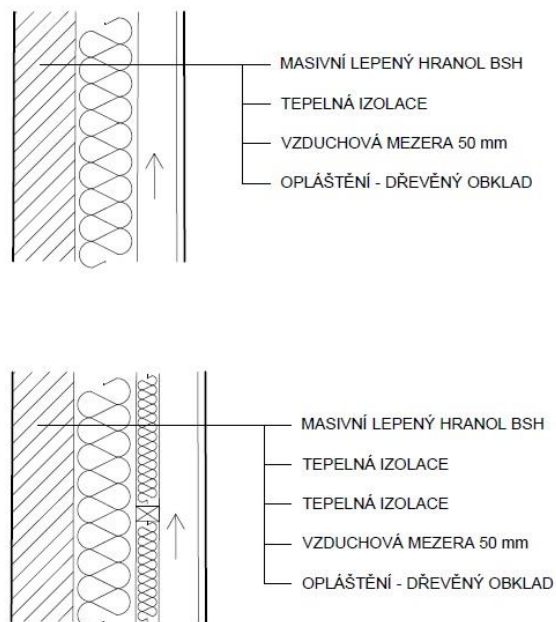
Obvodová stěna je tvořena masivním lepeným hranolem ze strany interiéru, na který navazuje vrstva izolace. Dále je zde vzduchová mezera v šířce 50 mm a výsledné opláštění dřevěným obkladem ze strany exteriéru, který by zachovával vzhled roubené stavby.



Obr. 14 Skladba stěny s vnějším dřevěným opláštěním (TZBINFO)

Składba je počítána ještě ve druhé variantě, kdy je oblast izolace zdvojená.

#### VARIANTA OBVODOVÉ STĚNY B

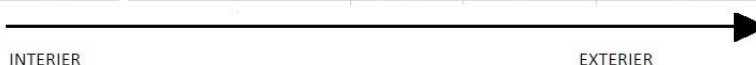


Obr. 15 Schéma obvodové stěny B



**Tab. 7** Posuzované varianty obvodové stěny B

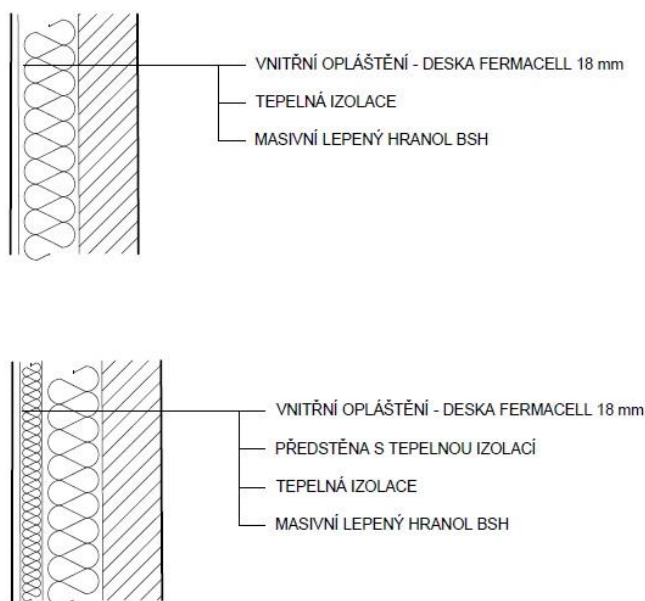
OBVODOVÁ STĚNA B							
VARIANTA	HRANOL BSH [mm]	IZOLACE [mm]			VZDUCHOVÁ MEZERA	DŘEVĚNÝ OBKLAD [mm]	CELKOVÁ TLOUŠŤKA STĚNY [mm]
		ISOVER	STEICO	KONOPI			
B1	80	120			50	20	270
B1	80		120		50	20	270
B1	80			120	50	20	270
B2	120	120			50	20	310
B2	120		120		50	20	310
B2	120			120	50	20	310
B3	160	120			50	20	350
B3	160		120		50	20	350
B3	160			120	50	20	350
B4	120	120/80			50	20	390
B4	120		120/80		50	20	390
B4	120			120/80	50	20	390
B5	160	120/80			50	20	430
B5	160		120/80		50	20	430
B5	160			120/80	50	20	430



#### 5.1.2.4 Varianta C – umístění izolace ze strany interiéru

Skladba obvodové stěny je tvořena vnitřním opláštěním deskou FERMACELL v tloušťce 18 mm, na kterou navazuje vrstva izolace. Masivní lepený hranol je ze strany exteriéru. Skladba je počítána ještě ve druhé variantě, kdy je před vrstvou izolace ještě předstěna v šířce 60 mm, která je také vyplněná izolací.

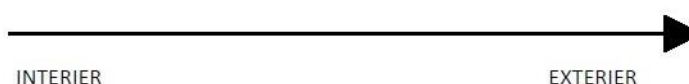
VARIANTA OBVODOVÉ STĚNY C



**Obr. 16** Schéma obvodové stěny C

Tab. 8 Posuzované varianty obvodové stěny C

OBVODOVÁ STĚNA C						
VARIANTA	FERMACELL [mm]	IZOLACE [mm]			HRANOL BSH [mm]	CELKOVÁ TLOUŠŤKA STĚNY [mm]
		ISOVER	STEICO	KONOPI		
C1	20	120			120	260
C1	20		120		120	260
C1	20			120	120	260
C2	20	120			160	300
C2	20		120		160	300
C2	20			120	160	300
C3	20	60/120			80	280
C3	20		60/120		80	280
C3	20			60/120	80	280
C4	20	60/120			120	320
C4	20		60/120		120	320
C4	20			60/120	120	320
C5	20	60/120			160	360
C5	20		60/120		160	360
C5	20			60/120	160	360



### 5.1.3 Posouzení variant obvodových stěn

Pro výpočet skladby a získání jednotlivých parametrů, na jejichž základě budou jednotlivé skladby mezi sebou porovnány, byl použit program TEPLŮ, který slouží pro základní tepelně technické posouzení skladby stavební konstrukce.

Do programu byly zadány skladby jednotlivých stěn. Materiálové vlastnosti byly zadány buď z knihovny, pokud daný materiál obsahovala, nebo byly zadány ručně podle uvedených hodnot v katalogu výrobce.

Mezi zadávané hodnoty, které jsou potřebné pro výpočet patří:

- Tloušťka materiálu  $D$  [m]
- Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]
- Měrné teplo materiálu  $C$  [ $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]
- Objemová hmotnost materiálu  $R_0$  [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]
- Faktor difúzního odporu  $M_{i,w}$  [-]

Mezi zadané okrajové podmínky byla ve výpočtu zvolena třída vlhkosti 3, střední vlhkost. Tepelný odpor na vnitřní straně konstrukce a na vnější straně konstrukce je dán normou, proto volíme odpor na vnitřní straně  $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ ,

na vnější  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ . Návrhová teplota pro interiér  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  s vlhkostí  $50 \%$ , pro exteriér  $-14 \text{ }^\circ\text{C}$  a vlhkostí  $84 \%$ , která byla dopočítána dle vzorce

$$\varphi_e = \frac{93 \cdot \theta_e - 3153,5}{\theta_e - 39,17}$$

kde  $\theta_e$  je návrhová hodnota teploty v exteriéru, kde musí platit  $-21 \text{ }^\circ\text{C} \leq \theta_e \leq 25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Pro výpočet vnitřní povrchové teploty a teplotního faktoru ještě zadáváme odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce  $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ , pro vnější stranu konstrukce  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ .

Tab. 9 Získané hodnoty obvodové stěny A

označení	Konstrukce		součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]	hodnocení dle ČSN 73 0540-2:2011 z hlediska parametru U	tepelný odpor konstrukce R [m <sup>2</sup> K/W]	vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách [°C]	množství z kondenzované vodní páry za rok		množství vypařitelné vodní páry za rok [kg/m <sup>2</sup> rok]
	izolace	lepený profil masivní					množství [kg/m <sup>2</sup> rok]	při teplotě [°C]	
A1	ISOVER UNI		0,195	doporučené	4,967	18,38	0,0612	5	0,2261
A1	STEICO		0,205	požadované	4,696	18,3	0,0582	5	0,2298
A1	TERMO-KONOPI		0,212	požadované	4,538	18,24	0,056	5	0,2317
A2	ISOVER UNI		0,195	doporučené	4,967	18,38	0,0342	5	0,2269
A2	STEICO		0,205	doporučené	4,696	18,3	0,0324	5	0,2293
A2	TERMO-KONOPI		0,212	doporučené	4,538	18,21	0,031	5	0,2307
A3	ISOVER UNI		0,184	doporučené	5,275	18,47	0,0343	5	0,1867
A3	STEICO		0,193	doporučené	5,004	18,39	0,0322	5	0,1894
A3	TERMO-KONOPI		0,199	doporučené	4,846	18,35	0,0307	5	0,1908
A4	ISOVER UNI		0,174	doporučené pro pasivní budovy	5,582	18,55	0,0322	5	0,1691
A4	STEICO		0,182	doporučené	5,312	18,48	0,03	5	0,172
A4	TERMO-KONOPI		0,188	doporučené	5,154	18,44	0,0285	5	0,1735
A5	ISOVER UNI		0,145	doporučené pro pasivní budovy	6,725	18,79	0,0148	5	0,1916
A5	STEICO		0,153	doporučené pro pasivní budovy	6,364	18,72	0,0138	5	0,1931
A5	TERMO-KONOPI		0,158	doporučené pro pasivní budovy	6,154	18,68	0,013	5	0,1939

Tab. 10 Získané hodnoty obvodové stěny B

označení	Konstrukce		součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]	hodnocení dle ČSN 73 0540-2:2011 z hlediska parametru U	tepelný odpor konstrukce R [m <sup>2</sup> K/W]	vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách [°C]	množství z kondenzované vodní páry za rok		množství vypařitelné vodní páry za rok [kg/m <sup>2</sup> rok]
	izolace	lepený profil masivní					množství [kg/m <sup>2</sup> rok]	při teplotě [°C]	
B1	ISOVER UNI	lepený profil masivní	0,218	doporučené	3,385	17,69	0,0005	-10	0,1879
B1	STEICO	lepený profil masivní	0,232	požadované	4,325	18,19	0,0306	0	0,6731
B1	TERMO-KONOPI	lepený profil masivní	0,241	požadované	4,054	18,08	0,0297	0	0,6776
B2	ISOVER UNI	lepený profil masivní	0,204	požadované	3,897	18,01	0,0288	0	0,6804
B2	STEICO	lepený profil masivní	0,216	požadované	4,633	18,3	0,0127	0	0,6588
B2	TERMO-KONOPI	lepený profil masivní	0,224	požadované	4,362	18,21	0,012	0	0,6625
B3	ISOVER UNI	lepený profil masivní	0,192	doporučené	4,204	18,15	0,0114	0	0,6648
B3	STEICO	lepený profil masivní	0,203	požadované	4,941	18,4	0,0055	-5	0,6518
B3	TERMO-KONOPI	lepený profil masivní	0,21	požadované	4,67	18,32	0,0053	-5	0,6553
B4	ISOVER UNI	lepený profil masivní	0,139	doporučené pro pasivní budovy	4,512	18,26	0,0051	-5	0,6576
B4	STEICO	lepený profil masivní	0,149	doporučené pro pasivní budovy	6,919	18,84	0,0165	0	0,6387
B4	TERMO-KONOPI	lepený profil masivní	0,155	doporučené pro pasivní budovy	6,467	18,76	0,0159	0	0,6415
B5	ISOVER UNI	lepený profil masivní	0,142	doporučené pro pasivní budovy	6,204	18,71	0,0154	0	0,6433
B5	STEICO	lepený profil masivní	0,142	doporučené pro pasivní budovy	6,765	18,81	0,0238	0	0,643
B5	TERMO-KONOPI	lepený profil masivní	0,148	doporučené pro pasivní budovy	6,775	18,81	0,0068	0	0,6354
					6,512	18,77	0,0064	0	0,637

Tab. 11 Získané hodnoty obvodové stěny C

označení	Konstrukce		součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]	hodnocení dle ČSN 73 0540-2:2011 z hlediska parametru U	tepelný odpor konstrukce R [m <sup>2</sup> K/W]	vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách [°C]	množství zkondenzované vodní páry za rok		množství vypařitelné vodní páry za rok [kg/m <sup>2</sup> rok]
	lepený profil masivní izolace	rok					množství [kg/m <sup>2</sup> rok]	při teplotě [°C]	
	lepený profil masivní		0,281	doporučené	3,385	17,69	0,0005	-10	0,1879
C1	ISOVER UNI		0,214	požadované	4,414	18,23	3,2099	10	4,5631
C1	STEICO		0,227	požadované	4,143	18,12	3,0837	10	4,6214
C1	TERMO-KONOPI		0,236	požadované	3,986	18,05	2,584	10	4,0373
C2	ISOVER UNI		0,201	požadované	4,722	18,33	2,7801	10	4,7405
C2	STEICO		0,212	požadované	4,451	18,24	2,6285	10	4,8078
C2	TERMO-KONOPI		0,22	požadované	4,293	18,18	2,1781	10	4,2002
C3	ISOVER UNI		0,164	doporučené pro pasivní budovy	5,821	18,63	3,5094	10	3,6355
C3	STEICO		0,176	doporučené pro pasivní budovy	5,415	18,53	3,4472	10	3,6662
C3	TERMO-KONOPI		0,184	doporučené pro pasivní budovy	5,178	18,47	2,8176	10	3,0834
C4	ISOVER UNI		0,157	doporučené pro pasivní budovy	6,128	18,69	3,2251	10	3,738
C4	STEICO		0,167	doporučené pro pasivní budovy	5,722	18,61	3,1419	10	3,7776
C4	TERMO-KONOPI		0,174	doporučené pro pasivní budovy	5,486	18,55	2,5549	10	3,1735
C5	ISOVER UNI		0,149	doporučené pro pasivní budovy	6,436	18,75	2,9478	10	3,8505
C5	STEICO		0,159	doporučené pro pasivní budovy	6,03	18,67	2,8478	10	3,8975
C5	TERMO-KONOPI		0,165	doporučené pro pasivní budovy	5,793	18,62	2,3028	10	3,2734

## 5.1.4 Skladba obvodové stěny rodinného domu

Na základě zvolených parametrů byla vybrána jako skladba pro obvodovou stěnu varianta A5 s použitou izolací ISOVER UNI. U této skladby veškeré hodnotící parametry vyšly nejlépe v porovnání s ostatními stěnami a bude zachován vzhled roubené stavby jak z exteriéru, tak interiéru. Celková tloušťka stěny je 44 cm.

### VÝSTUP Z PROGRAMU TEPLO

## KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

### Teplo 2014 EDU

Název úlohy : **obvodová skladba A5 isover**  
Zpracovatel : Eva Peterková  
Zakázka : DP  
Datum : 23.11.2016

### ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednoplášťová  
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m<sup>2</sup>K

#### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m <sup>3</sup> ]	Mi [-]	Ma [kg/m <sup>2</sup> ]
1	smrkovy lepeny	0,2000	0,1300	2510,0	400,0	157,0	0.0000
2	Isover Uni	0,1600	0,0350	800,0	40,0	1,0	0.0000
3	smrkovy lepeny	0,0800	0,1300	2510,0	400,0	157,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	smrkovy lepeny hranol	---
2	Isover Uni	---
3	smrkovy lepeny hranol	---

#### Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m<sup>2</sup>K/W  
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -14.0 C  
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 C  
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %  
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

### Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 6.725 m<sup>2</sup>K/W  
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.145 W/m<sup>2</sup>K**

Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>kc</sub> : 0.17 / 0.20 / 0.25 / 0.35 W/m<sup>2</sup>K  
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

### Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z<sub>pT</sub> : 2.3E+0011 m/s  
Teplotní útlum konstrukce Ny\* podle EN ISO 13786 : 1564.5  
Fázový posun teplotního kmitu Psi\* podle EN ISO 13786 : 19.9 h

### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T<sub>si,p</sub> : 18.79 C  
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f<sub>Rsi,p</sub> : **0.964**

### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

<u>rozhraní:</u>	<u>i</u>	<u>1-2</u>	<u>2-3</u>	<u>e</u>
theta [C]:	19.4	11.8	-10.8	-13.8
p [Pa]:	1285	479	474	152
p,sat [Pa]:	2246	1381	242	184

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

<u>Kond.zóna</u>	<u>Hranice kondenzační zóny</u>		<u>Kondenzující množství</u>
<u>číslo</u>	<u>levá</u>	<u>[m] pravá</u>	<u>vodní páry [kg/(m<sup>2</sup>s)]</u>
1	0.3600	0.3600	5.171E-0009

### Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok M<sub>c,a</sub>: **0.0148 kg/(m<sup>2</sup>.rok)**  
Množství vypařitelné vodní páry za rok M<sub>ev,a</sub>: **0.1916 kg/(m<sup>2</sup>.rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 5.0 C.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

**STOP, Teplo 2014 EDU**



## VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: obvodová skladba A5 isover

### Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota  $T_i$ : 20,0 C  
Převažující návrhová vnitřní teplota  $T_{iM}$ : 20,0 C  
Návrhová venkovní teplota  $T_{ae}$ : -14,0 C  
Teplota na vnější straně  $T_e$ : -14,0 C  
Návrhová teplota vnitřního vzduchu  $T_{ai}$ : 20,0 C  
Relativní vlhkost v interiéru  $R_{Hi}$ : 50,0 % (+5,0%)

### Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	smrkovy lepeny hranol	0,200	0,130	157,0
2	Isover Uni	0,160	0,035	1,0
3	smrkovy lepeny hranol	0,080	0,130	157,0

### I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek:  $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,746$

Vypočtená průměrná hodnota:  $f_{Rsi,m} = 0,964$

Kritický teplotní faktor  $f_{Rsi,cr}$  byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota  $f_{Rsi,m}$  (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

### II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek:  $U_{,N} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vypočtená hodnota:  $U = 0,145 \text{ W/m}^2\text{K}$

**$U < U_{,N}$  ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

### III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky: 1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.  
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.  
3. Roční množství kondenzátu  $M_{c,a}$  musí být nižší než  $0,1 \text{ kg/m}^2\text{,rok}$ ,  
nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Limit pro max. množství kondenzátu odvozený z min. plošné hmotnosti materiálu v kondenzační zóně činí:  $0,384 \text{ kg/m}^2\text{,rok}$   
(materiál: Isover Uni).

Dále bude použit limit pro max. množství kondenzátu:  $0,100 \text{ kg/m}^2\text{,rok}$

Vypočtené hodnoty: V kci dochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

Roční množství zkondenzované vodní páry  $M_{c,a} = 0,0148 \text{ kg/m}^2\text{,rok}$

Roční množství odpařitelné vodní páry  $M_{ev,a} = 0,1916 \text{ kg/m}^2\text{,rok}$

**Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant.**

**$M_{c,a} < M_{ev,a}$  ... 2. POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

**$M_{c,a} < M_{c,N}$  ... 3. POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

## 5.2 Vnitřní příčka

Vnitřní příčky jsou tvořeny klasickou rámovou konstrukcí, kterou tvoří KVH hranoly o rozměrech 60 × 120 mm. Šířka sloupku 120 mm je zvolena kvůli použité izolaci ISOVER, která vyplňuje prostor mezi sloupky. Slouží zde především jako zvuková izolace. Bude zvolen stejný typ izolace – ISOVER UNI.

Rámová konstrukce je oboustranně opláštěna sádrovláknitou deskou FERMACELL o tloušťce 15 mm, která zajišťuje nejenom ztužení konstrukce, ale slouží i jako protipožární opatření a částečně i jako hluková izolace. Deska je vhodná na použití i do vlhčích místností (FERMACELL 2016).

Tab. 12 Parametry sádrovláknité desky udávané výrobcem (FERMACELL 2016)

<b>CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY</b> <b>SÁDROVLÁKNITÁ DESKA FERMACELL</b>	
objemová hmotnost	1150 ± 50 kg/m <sup>3</sup>
součinitel difúzního odporu [μ]	13
součinitel tepelné vodivosti [λ]	0,32 W/mK
měrná tepelná kapacita [c]	1,1 kJ/kgK
tvrdost (Brinellova zkouška)	30 N/mm <sup>2</sup>
bobtnavost po 24 hodinách uložení ve vodě	< 2 %
součinitel tepelné roztažnosti	0,001 %/K
roztažnost/smrštění při změně rel. vlhkosti o 30% při 20°C	0,25 mm/m
ustálená vlhkost při 65% relativní vlhkosti a 20°C	1,3 %
třída reakce na oheň podle ČSN EN 13 501-1	A2
hodnota pH	7 – 8

## 5.3 Základy

Základová konstrukce je tvořena základovými pasy v šířce 560 mm, které jsou z betonové směsi třídy C20/25. Základy podpírají obvodové stěny a komín. Nosné zdi v budově díky střešní konstrukci z vazníků nejsou, proto více pasů není potřeba.

Prostor mezi pasy je vysypán zhutněnou zeminou, na které je vrstva podkladního betonu v tloušťce 50 mm. Následuje železobetonová deska v tloušťce 150 mm, na které je položena vrstva hydroizolace, která slouží jako ochrana vůči vztlínající vlhkosti ze základů do nosných stěn.

## 5.4 Podlaha

Podlahu tvoří vrstva izolace – ISOVER TDPT. Tato izolace z minerálních vláken patří mezi nejpevnější podlahové desky s dobrými tepelně izolačními i akustickými (z hlediska pohltivosti zvuku) vlastnostmi. Mají nízký difúzní odpor, jsou ekologicky nezávadné, odolné proti škůdcům (ISOVER 2016).

Tab. 13 Technické parametry izolace ISOVER TDPT udávané výrobcem (ISOVER 2016)

Parametr	Jednotka	Hodnota	Norma
<b>TEPELNÉ VLASTNOSTI</b>			
Soubor podmínek pro deklarované hodnoty $l(10^{\circ}\text{C})$ a ( $u_{dry}$ )	-	-	ČSN EN ISO 10456
Deklarovaný součinitel tepelné vodivosti $\lambda_D$	$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	0,033	ČSN EN 12667
Měrná tepelná kapacita $c$	$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	840	-
<b>MECHANICKÉ VLASTNOSTI</b>			
Stlačitelnost ( $c = d_t - d_g$ ) CP	mm	$\leq 2$	ČSN EN 12431
Charakteristická hodnota zatížení	$\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$	1,00	ČSN EN 1991-1-1 ČSN EN 1990
<b>PROTIPOŽÁRNÍ VLASTNOSTI</b>			
Reakce na oheň	-	A2	ČSN EN 13501-1
Vývoj kouře	-	s1	ČSN EN 13823
Plamenně hořící částice	-	d0	ČSN EN 13823
Maximální teplota použití	$^{\circ}\text{C}$	200	-
Bod tání $t$	$^{\circ}\text{C}$	$< 1000$	DIN 4102 díl 17
<b>OSTATNÍ VLASTNOSTI</b>			
Měrný odpor proti proudění vzduchu $AF_1$	$\text{kPa}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-2}$	$\geq 5$	ČSN EN 29053
Faktor difúzního odporu ( $\mu$ ) MU	-	1	ČSN EN 12086

Objemová hmotnost desek ISOVER TDPT je  $100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Na izolačních deskách je 5cm betonová mazanina, která zajišťuje rovnost podlahy a je na ni situována konečná povrchová vrstva podlahy. Jedná se buď o keramickou dlažbu nebo prkennou podlahu.

## Vyhodnocení podlahy s finální vrstvou z prkenné podlahy.

### VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: podlaha roubenky

#### Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota  $T_i$ : 20,0 C  
Převažující návrhová vnitřní teplota  $T_{iM}$ : 20,0 C  
Návrhová venkovní teplota  $T_{ae}$ : -15,0 C  
Teplota na vnější straně  $T_e$ : 5,0 C  
Návrhová teplota vnitřního vzduchu  $T_{ai}$ : 20,0 C  
Relativní vlhkost v interiéru  $R_{Hi}$ : 50,0 % (+5,0%)

#### Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Vlysy	0,015	0,180	157,0
2	Beton hutný 2	0,050	1,300	20,0
3	izolace	0,035	0,033	1,0
4	izolace	0,050	0,033	1,0
5	izolace	0,050	0,033	1,0

#### I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek:  $f, R_{si, N} = f, R_{si, cr} =$  0,402

Vypočtená průměrná hodnota:  $f, R_{si, m} =$  0,944

Kritický teplotní faktor  $f, R_{si, cr}$  byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota  $fR_{si, m}$  (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

#### II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek:  $U, N =$  0,45 W/m<sup>2</sup>K

Vypočtená hodnota:  $U =$  0,228 W/m<sup>2</sup>K

**$U < U, N$  ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

#### III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu  $M_{c,a}$  musí být nižší než 0,1 kg/m<sup>2</sup>.rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Vypočtené hodnoty: V kci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

**POŽADAVKY JSOU SPLNĚNY.**

Teplo 2014 EDU, (c) 2014 Svoboda Software

## Vyhodnocení podlahy s finální vrstvou z keramické dlažby.

### VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: podlaha roubenky

#### Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota  $T_i$ : 20,0 C  
Převažující návrhová vnitřní teplota  $T_{iM}$ : 20,0 C  
Návrhová venkovní teplota  $T_{ae}$ : -15,0 C  
Teplota na vnější straně  $T_e$ : 5,0 C  
Návrhová teplota vnitřního vzduchu  $T_{ai}$ : 20,0 C  
Relativní vlhkost v interiéru  $R_{Hi}$ : 50,0 % (+5,0%)

#### Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Dlažba keramická	0,015	1,010	200,0
2	Beton hutný 2	0,050	1,300	20,0
3	izolace	0,035	0,033	1,0
4	izolace	0,050	0,033	1,0
5	izolace	0,050	0,033	1,0

### I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek:  $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,402$

Vypočtená průměrná hodnota:  $f_{Rsi,m} = 0,943$

Kritický teplotní faktor  $f_{Rsi,cr}$  byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota  $f_{Rsi,m}$  (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

### II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek:  $U_{N} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vypočtená hodnota:  $U = 0,232 \text{ W/m}^2\text{K}$

**$U < U_{N}$  ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

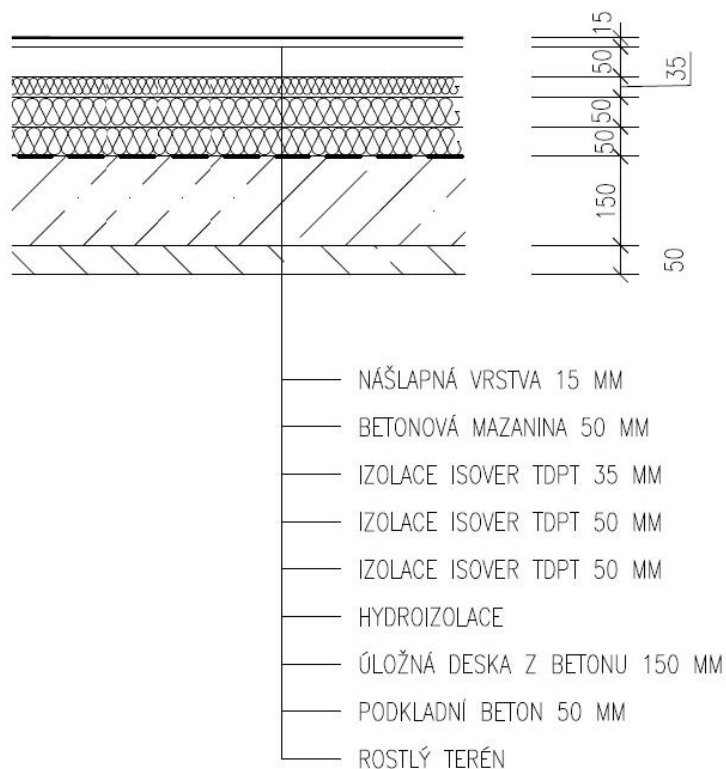
### III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

- Požadavky:
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
  2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
  3. Roční množství kondenzátu  $M_{c,a}$  musí být nižší než 0,1 kg/m<sup>2</sup>.rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Vypočtené hodnoty: V kci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

**POŽADAVKY JSOU SPLNĚNY.**

Teplo 2014 EDU, (c) 2014 Svoboda Software



**Obr. 17** Schéma skladby podlahy včetně základové desky

## 5.5 Konstrukce střechy

Nosná konstrukce střechy roubené stavby je tvořena pomocí vazníků. Proto je možné vnitřní příčky neuvažovat jako nosné. Z estetického hlediska byla zvolena valbová střecha, jejíž sklon je  $30^\circ$ . Pro návrh střechy byl použit program PAMIR.

Strop nad obytným podlažím tvoří přímo spodní pasy vazníků, které jsou o rozměrech  $120 \times 50$  mm. Mezi vazníky je vložena izolace (ISOVER UNI, tloušťka 120 mm). Zároveň je na vazníky připevněn pomocí trámových roštů ( $120 \times 60$  mm) zateplený podhled, který je opět vyplněn izolací ISOVER. Celý podhled je zaklopen deskou FERMACELL o tloušťce 18 mm.

Vazníky jsou zavětrovány proti vzájemnému klopení. Je na ně připevněna hydroizolační fólie, následují kontralatě ( $40 \times 60$  mm), na které je připevněné lat'ování ( $40 \times 60$  mm), které nese keramickou krytinu.



**Obr. 18** Schéma skladby stropu

## Vyhodnocení výsledku stropu nad obytným podlažím

### VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: STRECHA - strop

#### Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota  $T_i$ : 20,0 C  
Převažující návrhová vnitřní teplota  $T_{iM}$ : 20,0 C  
Návrhová venkovní teplota  $T_{ae}$ : -14,0 C  
Teplota na vnější straně  $T_e$ : -14,0 C  
Návrhová teplota vnitřního vzduchu  $T_{ai}$ : 20,0 C  
Relativní vlhkost v interiéru  $R_{Hi}$ : 50,0 % (+5,0%)

#### Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	DESKA FERMACELL	0,020	0,320	13,0
2	TEPELNA IZOLACE	0,120	0,035	1,0
3	TEPELNA IZOLACE	0,120	0,035	1,0

#### I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek:  $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,746$

Vypočtená průměrná hodnota:  $f_{Rsi,m} = 0,965$

Kritický teplotní faktor  $f_{Rsi,cr}$  byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota  $f_{Rsi,m}$  (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

#### II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek:  $U_N = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vypočtená hodnota:  $U = 0,141 \text{ W/m}^2\text{K}$

**$U < U_N$  ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

#### III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu  $M_{c,a}$  musí být nižší než 0,1 kg/m<sup>2</sup>.rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Vypočtené hodnoty: V kci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

**POŽADAVKY JSOU SPLNĚNY.**

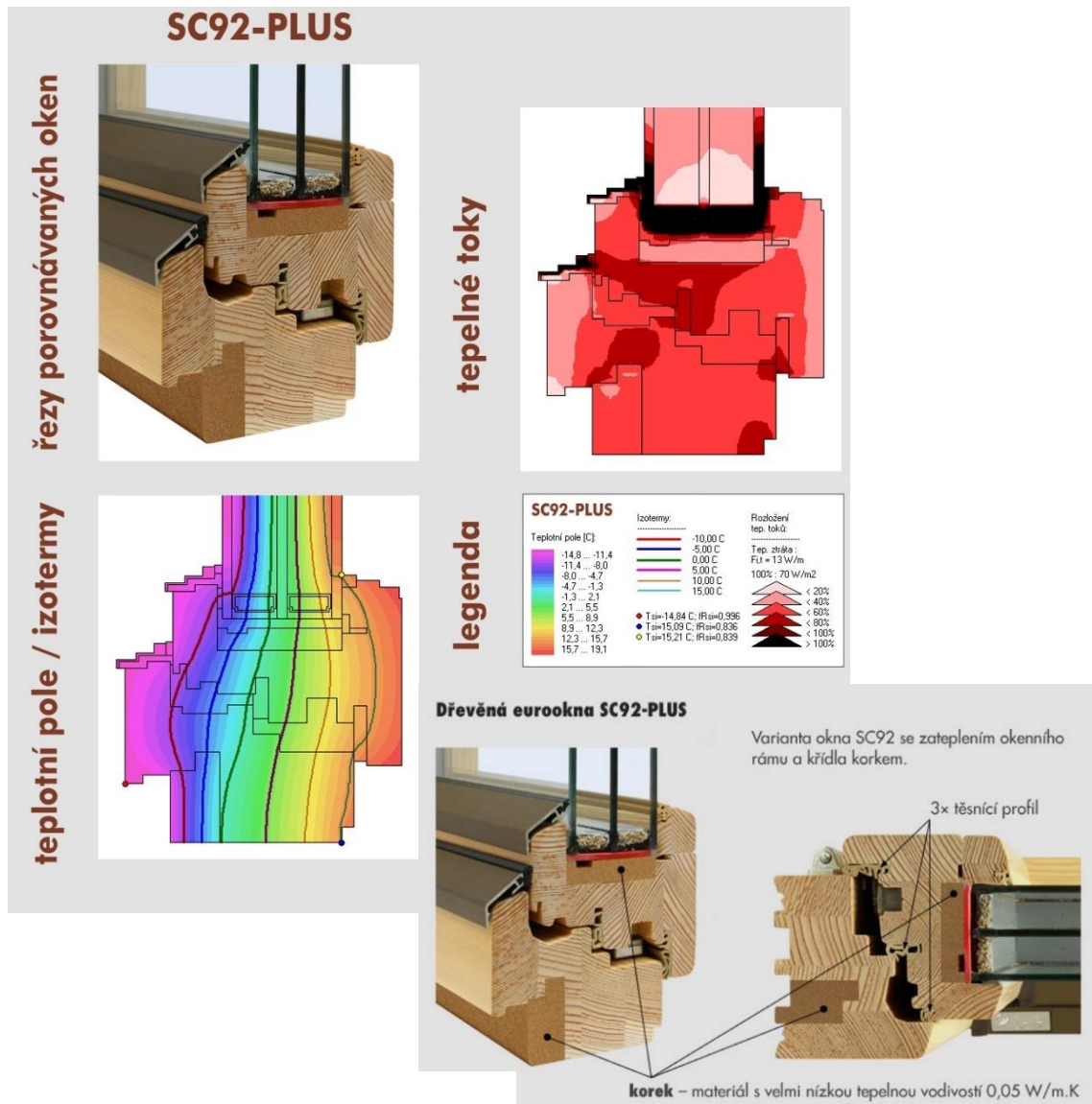
Teplo 2014 EDU, (c) 2014 Svoboda Software

## 5.6 Truhlářské prvky

Použité truhlářské výrobky byly vybrány od společnosti SLAVONA, s.r.o., která je českým výrobcem dřevěných oken a dveří na zakázku na našem trhu již od roku 1991. Okna i dveře jsou vyráběny z masivního dřeva.

## 5.6.1 Okna

Do roubenky byla vybrána eurookna od společnosti SLAVONA, s.r.o. s označením SOLID COMFORT SC92-PLUS, o kterých výrobce uvádí, že jsou vyvinuta pro energeticky úsporné domy, a to díky nově vybraným a zvoleným technologiím a inovacím ve výrobě. Oproti jiným modelům nemají okna zafrézovanou rámovou okapnici, a tudíž je ve spodní části rámu okna ponecháno více materiálu, což má pozitivní vliv na tepelnou izolaci v této oblasti rámu. Tento typ okna má ve svém profilu vložený korek, který má nižší tepelnou vodivost, což také zlepšuje vlastnosti rámu okna. Celý rám okna je ze smrku. Zasklení okna izolačním trojsklem o součiniteli prostupu tepla  $U_g=0,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\text{K}^{-1}$ . Výrobce uvádí celkový součinitel prostupu okna  $U_w=0,7 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\text{K}^{-1}$  (SLAVONA 2015).



Obr. 19 Detail okna v řezu (SLAVONA 2015)



## 5.6.2 Balkónové dveře

Balkónové dveře (francouzské okno) slouží pro vstup na terasu přímo z obytného prostoru. Díky stejně kvalitnímu dřevěnému rámu jako mají okna, vynikají dobrými tepelně izolačními vlastnostmi. Rám je opět doplněn o izolační trojsklo. (SLAVONA 2015).

Do obývacího prostoru roubenky je umístěné široké francouzské okno, ale je pouze jednokřídlé, druhá část je fixní.

## 5.6.3 Vchodové dveře

Vchodové dveře od společnosti SLAVONA, s.r.o. jsou vyráběné ve stejném profilu jako okna či balkónové dveře – profil SOLID COMFORT SC92. U zvolených vchodových dveří KLASIK tvoří dveřní křídlo dřevěný rám s výplní. Na výplň je použita polyuretanová pěna, která zlepšuje tepelně izolační vlastnosti dveří.

Výrobce uvádí celkový součinitel prostupu dveří, neobsahují-li skleněnou výplň,  $U_D=0,67 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$  (SLAVONA 2013).

## 5.7 Vyhodnocení energetické náročnosti budovy

Vzhledem k tomu, že se jedná o prostory se stejnými požadavky pro pohodu obyvatel, byla budova posuzována jako jednozónová. Zároveň roubenka neobsahuje ani garáž, ani jiné méně vytápěné či nevytápěné prostory.

Budova je posuzována pro pobyt čtyřčlenné rodiny.

Celá budova byla zadána po částech do programu. Byla určena velikost obvodových stěn a jejich orientace ke světovým stranám. Zároveň byly nadefinovány i okna a dveře, které byly k daným stěnám přiřazeny. Nesmí se opomenout zadání stropu a podlahy. Pro další výpočet byla stanovena teplota vnitřního prostředí během otopného období na 20 °C. Dále bylo potřeba znát celkový obestavěný prostor stanovený z vnějších rozměrů, celková podlahová plocha stanovená taktéž z vnějších rozměrů a podlahová plocha stanovená z vnitřních rozměrů. Také se uvažovala přítomnost osob v zóně a průměrná měrná produkce tepla obyvateli. Stejně tak se

uvažovalo o spotřebičích. Hodnoty byly vybrány z nabídky. Intenzita přirozeného větrání byla zvolena 0,5 l/h.

U budovy se v letních měsících neuvažuje chlazení a vnitřní průměrná návrhová teplota i v průběhu letních měsíců je uvažována na 20 °C.

Vytápění budovy je pomocí kotle na zemní plyn. Budova je opatřena zásobníkem na teplou vodu. Ohřev vody bude zajištěn akumulacním kotlem s účinností 80 %. Voda se bude ohřívat na 55 °C, teplota studené vody je 10 °C. Průměrná spotřeba teplé vody na osobu na jeden den je 40 litrů. Osvětlení je zajištěno elektřinou ze sítě.

Vyhodnocení energetické náročnosti budovy pomocí programu ENERGIE.

## VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV A PRŮMĚRNÉHO SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA podle vyhlášky č. 78/2013 Sb. a ČSN 730540-2

a podle EN ISO 13790, EN ISO 13789 a EN ISO 13370

### Energie 2015 EDU

Název úlohy: **roubenka**  
Zpracovatel: Evča  
Zakázka: DP  
Datum: 17.01.2017

### PARAMETRY JEDNOTLIVÝCH ZÓN V BUDOVĚ :

#### PARAMETRY ZÓNY Č. 1 :

##### Základní popis zóny

Název zóny:	roubenka
Typ zóny pro určení Uem,N:	nová obytná budova
Typ zóny pro refer. budovu:	rodinný dům
Typ hodnocení:	nová budova
Obsazenost zóny:	29,0 m2/osobu
Uvažovaný počet osob v zóně:	3,8 (použije se pro stanovení roční potřeby teplé vody)
Objem z vnějších rozměrů:	426,18 m3
Podlah. plocha (celková vnitřní):	108,99 m2
Celk. energet. vztažná plocha:	136,16 m2
Účinná vnitřní tepelná kapacita:	2,51 kJ/(m2.K)
Vnitřní teplota (zima/léto):	20,0 C / 20,0 C
Zóna je vytápěna/chlazená:	ano / ne
Typ vytápění:	nepřerušované
Regulace otopné soustavy:	ano
Průměrné vnitřní zisky:	313 W
..... odvozeny pro	<ul style="list-style-type: none"><li>· produkci tepla: 1,5+3,0 W/m2 (osoby+spotřebiče)</li><li>· časový podíl produkce: 70+20 % (osoby+spotřebiče)</li><li>· zohlednění spotřebičů: jen zisky</li><li>· minimální přípustnou osvětlenost: 90,0 lx</li><li>· měrný příkon osvětlení: 0,05 W/(m2.lx)</li></ul>

- činitel obsazenosti 1,0 a závislosti na denním světle 1,0
- roční dobu využití osvětlení ve dne/v noci: 1600 / 1200 h
- prům. účinnost osvětlení: 15 %
- další tepelné zisky: 0,0 W

Potřeba tepla na přípravu TV: 10435,79 MJ/rok  
 ..... odvozeno pro  
 · denní potřebu teplé vody: 40,0 l/(osobu.den)  
 · roční potřebu teplé vody: 55,5 m<sup>3</sup>  
 · teplotní rozdíl pro ohřev: (55,0 - 10,0) C

Zpětně získané teplo mimo VZT: 0,0 MJ/rok

## **PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO CELOU BUDOVU :**

Faktor tvaru budovy A/V: 1,0 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

### Rozložení měrných tepelných toků

Zóna	Položka	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Měrný tok [W/K]	Procento [%]
1	Celkový měrný tok H:	---	173,693	100,00 %
z toho:	Měrný tok větráním Hv:	---	56,256	32,39 %
	Měrný (ustálený) tok zeminou Hg:	---	22,575	13,00 %
	Měrný tok přes nevytápěné prostory Hu:	---	---	0,00 %
	Měrný tok tepelnými vazbami H,tb:	---	42,590	24,52 %
	Měrný tok do ext. plošnými kcmi Hd,c:	---	52,272	30,09 %
rozložení měrných toků po konstrukcích:				
	Obvodová stěna:	134,0	19,429	11,19 %
	Střecha:	136,2	19,199	11,05 %
	Podlaha:	136,2	22,575	13,00 %
	Otvorová výplň:	19,6	13,645	7,86 %

### Měrný tok budovou a parametry podle starších předpisů

Součet celkových měrných tepelných toků jednotlivými zónami Hc: 173,693 W/K  
 Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů: 426,2 m<sup>3</sup>  
 Tepelná charakteristika budovy podle ČSN 730540 (1994): 0,41 W/m<sup>3</sup>K  
 Spotřeba tepla na vytápění podle STN 730540, Zmena 5 (1997): 30,0 kWh/(m<sup>3</sup>.a)

Poznámka: Orientační tepelnou ztrátu budovy lze získat vynásobením součtu měrných toků jednotlivých zón Hc působícím teplotním rozdílem mezi interiérem a exteriérem.

### Průměrný součinitel prostupu tepla budovy

Měrný tepelný tok prostupem obálkou budovy Ht: 117,4 W/K  
 Plocha obalových konstrukcí budovy: 425,9 m<sup>2</sup>

Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 (2011) ..... Uem,N,20: 0,46 W/m<sup>2</sup>K

**Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U,em: 0,28 W/m<sup>2</sup>K**

### Celková a měrná potřeba tepla na vytápění

Celková roční potřeba tepla na vytápění budovy: 46,468 GJ 12,908 MWh  
 Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů: 426,2 m<sup>3</sup>  
 Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy: 136,2 m<sup>2</sup>  
 Měrná potřeba tepla na vytápění budovy (na 1 m<sup>3</sup>): 30,3 kWh/(m<sup>3</sup>.a)

**Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: 95 kWh/(m<sup>2</sup>.a)**

Hodnota byla stanovena pro počet denostupňů D = 4203.

Poznámka: Měrná potřeba tepla je stanovena bez vlivu účinností systémů výroby, distribuce a emise tepla.

### Měrná dodaná energie budovy

**Celková roční dodaná energie: 23,878 MWh**

Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů: 426,2 m<sup>3</sup>  
 Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy: 136,2 m<sup>2</sup>

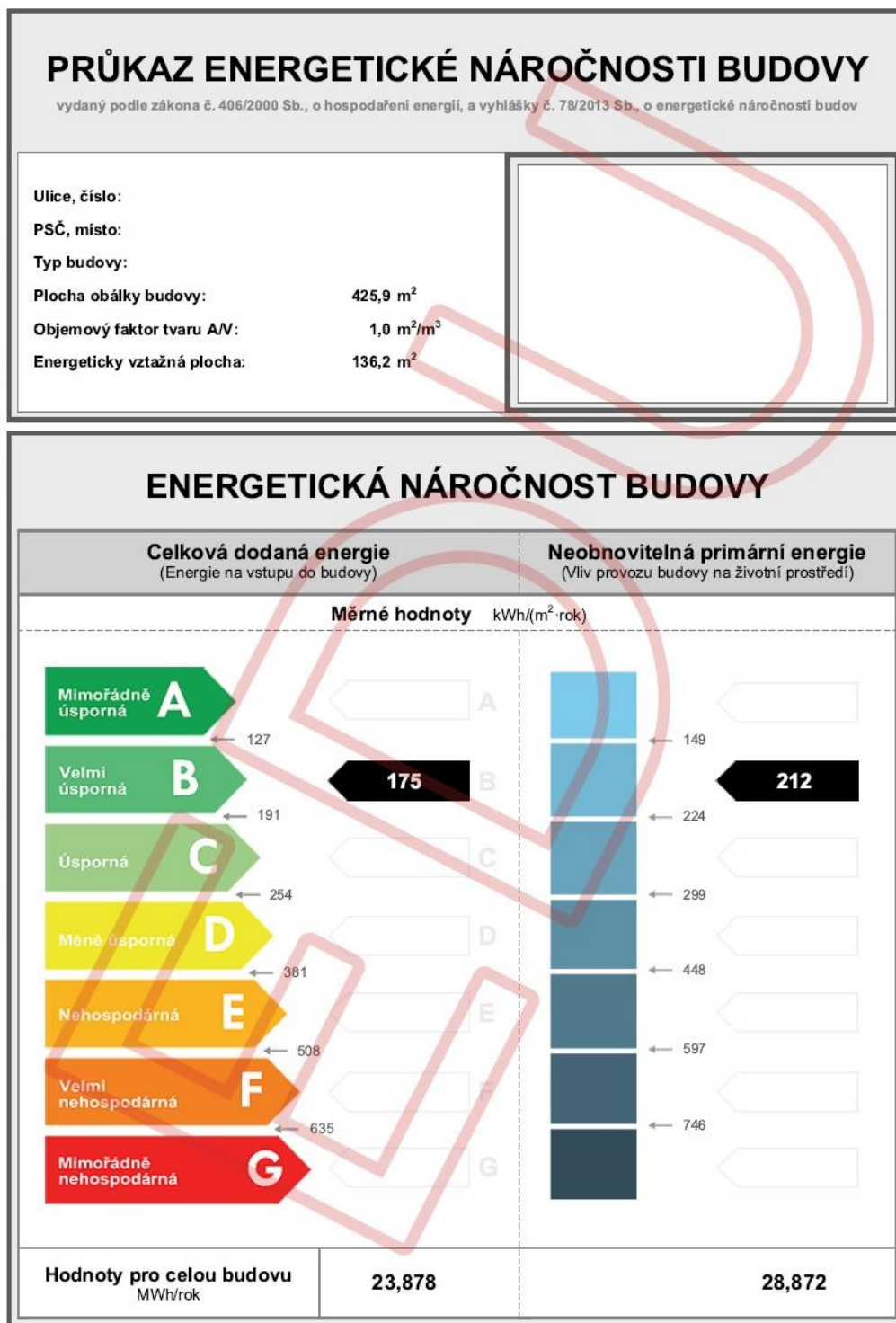
Měrná dodaná energie EP,V: 56,0 kWh/(m3.a)  
**Měrná dodaná energie budovy EP,A: 175 kWh/(m2.a)**

Poznámka: Měrná dodaná energie zahrnuje veškerou dodanou energii včetně vlivů účinností tech. systémů.

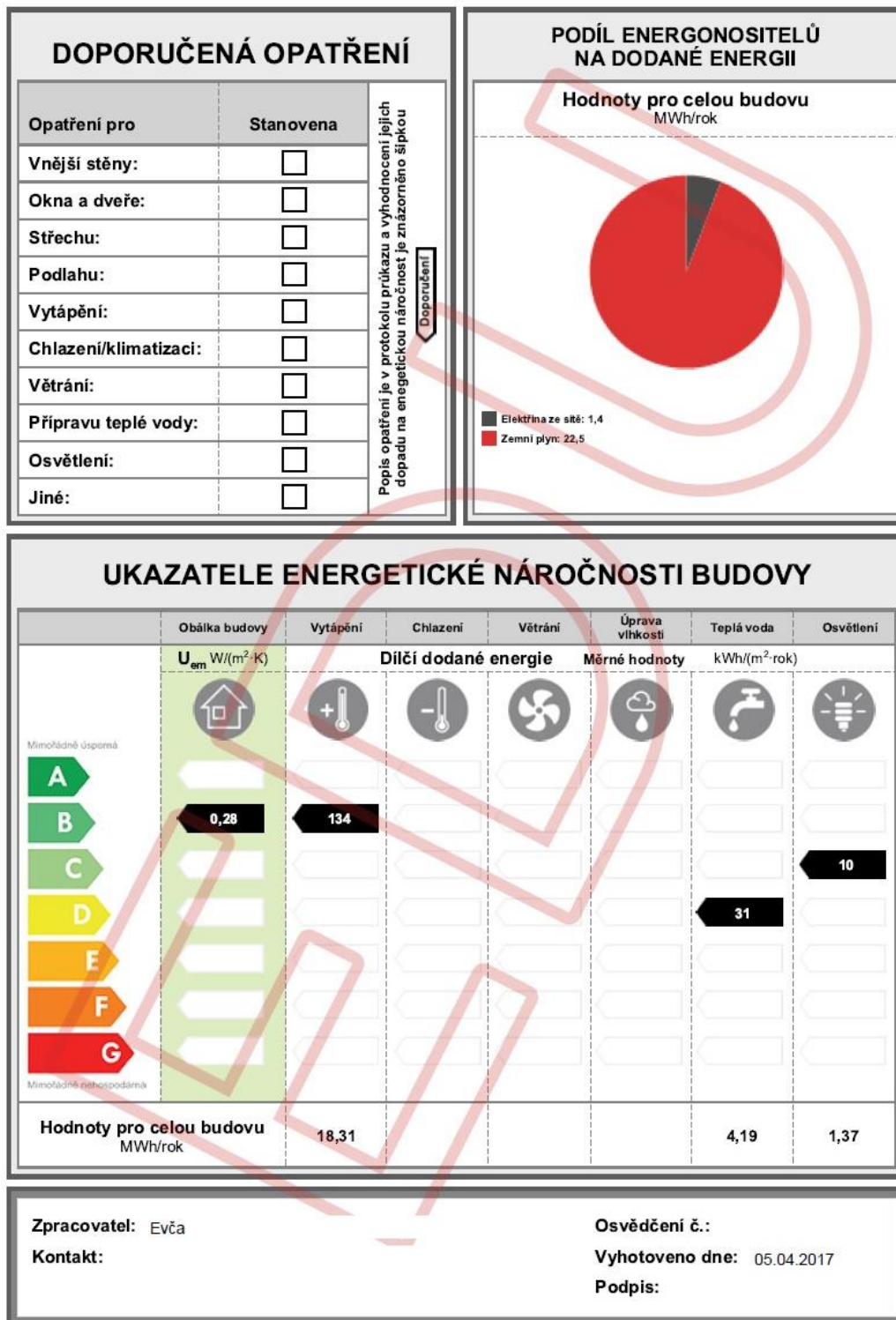
**Měrná primární energie a emise CO2 budovy**

Emise CO2 za rok:	6,106 t	
Celková primární energie za rok:	29,147 MWh	104,929 GJ
<b>Neobnovitelná primární energie za rok:</b>	<b>28,872 MWh</b>	<b>103,941 GJ</b>
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	426,2 m3	
Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy:	136,2 m2	
Měrné emise CO2 za rok (na 1 m3):	14,3 kg/(m3.a)	
Měrná celková primární energie E,pC,V:	68,4 kWh/(m3.a)	
Měrná neobnovitelná primární energie E,pN,V:	67,7 kWh/(m3.a)	
Měrné emise CO2 za rok (na 1 m2):	45 kg/(m2.a)	
<b>Měrná celková primární energie E,pC,A:</b>	<b>214 kWh/(m2.a)</b>	
<b><u>Měrná neobnovitelná primární energie E,pN,A:</u></b>	<b><u>212 kWh/(m2.a)</u></b>	

STOP, Energie 2015 EDU



Obr. 20 Energetický štítek vyhodnocený programem ENERGIE – část 1



Obr. 21 Energetický štítek vyhodnocený programem ENERGIE – část 2

## **5.8 Technická zpráva**

Technická zpráva de vyhlášky č. 499/2006 Sb.

### **Průvodní zpráva**

#### **A.1 Identifikační údaje**

##### **A.1.1 Údaje o stavbě**

Jedná se o přízemní roubený rodinný dům, který je vyroben z lepených profilů s vloženou izolací. Stavba není určena na konkrétní pozemek, ale tepelně technické výpočty jsou situovány do oblasti města Blansko, Jihomoravský kraj.

##### **A.1.2 Údaje o stavebníkovi**

Bc. Eva Peterková

Obor Stavby na bázi dřeva, Mendelova univerzita v Brně

##### **A.1.3 Údaje o zpracovateli projektové dokumentace**

Bc. Eva Peterková

Obor Stavby na bázi dřeva, Mendelova univerzita v Brně

#### **A.2 Seznam vstupních podkladů**

Zadání diplomové práce, literatura.

#### **A.3 Údaje o území**

##### **a) rozsah řešeného území**

Rodinný dům není navrhován na konkrétní parcelu.

##### **b) dosavadní využití a zastavěnost**

Jelikož není znám konkrétní pozemek, nelze tento bod blíže specifikovat.

##### **c) údaje o ochraně území podle jiných právních předpisů**

V případě realizace by se pozemek s největší pravděpodobností neměl nacházet v chráněném území dle znění platných předpisů, pro které by musela stavba splňovat požadavky dotčených orgánů.

##### **d) údaje o odtokových poměrech**

Jelikož není znám konkrétní pozemek, nelze tento bod blíže specifikovat.

**e) údaje o souladu s územně plánovací dokumentací s cíli a úkoly územního plánování**

Navržená stavba bude v souladu s územně plánovací dokumentací.

**f) údaje o dodržení obecných požadavků na využití území**

Nebudou prováděny stavební úpravy, které by ovlivnily nedodržení požadavků.

**g) údaje o splnění požadavků dotčených orgánů**

Požadavky budou v případě realizace dodrženy.

**h) seznam výjimek a úlevových řešení**

V případě realizace by neměly být žádné výjimky a úlevy řešeny.

**i) seznam souvisejících a podmiňujících investic**

Stavební úpravy nemají věcný a časový vliv na související investice.

**j) seznam pozemků a staveb dotčených prováděním stavby (podle katastru nemovitostí)**

Žádná stavba ani parcela nebude dotčena.

**A.4 Údaje o stavbě**

**a) nová stavba nebo změna dokončené stavby**

Jedná se o novou stavbu.

**b) účel užívání stavby**

Jedná se o obytnou stavbu – rodinný dům

**c) trvalá nebo dočasná stavba**

Jedná se o stavbu trvalou.

**d) údaje o ochraně stavby podle jiných právních předpisů**

Stavba by se neměla nacházet v žádné památkové zóně.

**e) údaje o dodržení technických požadavků na stavby a obecných technických požadavků zabezpečujících bezbariérové užívání stavby.**

Bezbariérový přístup není řešen.

**f) údaje o splnění požadavků dotčených orgánů a požadavků vyplývajících z jiných právních předpisů**

Požadavky dotčených orgánů budou splněny tak, jak budou v případě realizace požadovány v jednotlivých vyjádřeních.

**g) seznam výjimek a úlevových řešení**

V projektu nebyly žádné výjimky a úlevy řešeny.



#### **h) navrhované kapacity stavby**

Zastavěná plocha 136 m<sup>2</sup>

Užitná plocha 109 m<sup>2</sup>

Předpokládaný počet uživatelů budovy 4 osoby

#### **i) základní bilance stavby (potřeby a spotřeby médií a hmot, hospodaření s dešťovou vodou, celkové produkované množství a druhy odpadů a emisí, třída energetické náročnosti budov)**

Bilance kromě energetické náročnosti nebyly řešeny v rámci diplomové práce.

Třída energetické náročnosti budovy – jedná se o nízkoenergetickou stavbu.

#### **j) základní předpoklady výstavby (časové údaje o realizaci stavby, členění na etapy)**

Předpokládaná doba realizace stavby je 2 roky. Výstavba je členěna na etapy, kdy v první etapě budou realizovány základy (nosné pasy včetně betonové desky), ve druhé etapě vlastní výstavba roubenky.

### **A.5 Členění stavby na objekty a technická a technologická zařízení**

Rodinný dům není členěn a ani jeho součástí nejsou složitá technologická zařízení.

## **B. Souhrnná technická zpráva**

### **B.1 Popis území stavby**

#### **a) charakteristika stavebního pozemku**

Rodinný dům není navrhován na žádný konkrétní pozemek, nicméně se předpokládá, že v případě realizace bude lokalita pozemku v rámci Jihomoravského kraje.

#### **b) výčet a závěry provedených průzkumů a rozborů (geologický, hydrogeologický, stavebně historický průzkum)**

Na pozemku bude provedeno zaměření původního stavu a vizuální průzkum místních poměrů.

#### **c) stávající ochranná a bezpečnostní pásma**

Jelikož není znám konkrétní pozemek, nelze tento bod blíže specifikovat.

#### **d) poloha vzhledem k záplavovému území, poddolovanému území apod.**

Jelikož není znám konkrétní pozemek, nelze tento bod blíže specifikovat.

**e) vliv stavby na okolní stavby a pozemky, ochrana okolí, vliv stavby na odtokové poměry v území**

Stavba nebude mít svým charakterem negativní vliv na životní prostředí.

**f) požadavky na asanace, demolice, kácení stromů**

Jelikož není znám konkrétní pozemek, nelze tento bod blíže specifikovat.

**g) požadavky na maximální zábory zemědělského půdního fondu nebo pozemků určených k plnění funkce lesa (dočasné/trvalé)**

V případě realizace bude provedeno vytyčení hranice pozemků i vlastní polohy rodinného domu.

**h) územně technické podmínky (zejména možnost napojení na stávající dopravní a technickou infrastrukturu)**

Jelikož není znám konkrétní pozemek, nelze tento bod blíže specifikovat.

**i) věcné a časové vazby stavby, podmiňující, vyvolané, související investice.**

Stavební úpravy nemají věcný a časový vliv na související investice.

## **B.2 Celkový popis stavby**

### **B.2.1 Účel užívání stavby, základní kapacity funkčních jednotek**

Rodinný dům určený k trvalému bydlení pro 4 osoby.

Zastavěná plocha      136 m<sup>2</sup>

Užitná plocha          109 m<sup>2</sup>

### **B.2.2 Celkové urbanistické a architektonické řešení**

**a) urbanismus – územní regulace, kompozice prostorového řešení**

Stavba bude vycházet z již stávajícího umístění staveb v dané lokalitě.

**b) architektonické řešení – kompozice tvarového, materiálového a barevného řešení**

Rodinný dům bude sloužit k trvalému bydlení pro čtyřčlennou rodinu. Roubenka je vyrobena z masivních lepených hranolů BSH s vloženou izolací, která zajišťuje splnění nízkoenergetického standardu. Vnitřní příčky jsou tvořeny rámovou konstrukcí s izolací.

Rodinný dům je přízemní, ve tvaru obdélníku. Vstup do objektu je ze severní strany pozemku. Světlá výška podlaží je 2810 mm.

### **B.2.3 Celkové provozní řešení, technologie výroby**

Příjezd a přístup na vlastní pozemek by byl optimální ze severní strany, aby byla zachována návaznost i na hlavní vstup do budovy.

Předpokládaná doba realizace stavby je 2 roky. Výstavba je členěna na etapy, kdy v první etapě budou realizovány základy (nosné pasy včetně betonové desky), ve druhé etapě vlastní výstavba roubenky

### **B.2.4 Bezbariérové užívání stavby**

Bezbariérový přístup není řešen.

### **B.2.5 Bezpečnost při užívání stavby**

Stavba bude realizována tak, aby při jejím provozu nevznikalo nebezpečí a nebyla narušena bezpečnost okolí.

V průběhu realizace výstavby budou dodrženy platné legislativní předpisy a bezpečnost práce.

### **B.2.6 Základní charakteristika objektů**

#### **a) stavební řešení**

Objekt bude založen na základových pasech, mezi nimiž bude zhutněný sěrko-pískový podsyp. Upravený povrch přelitý betonovou deskou a opatřen hydroizolací. Na připraveném a vytvrzeném základu bude probíhat vlastní výstavba roubenky.

#### **b) konstrukční a materiálové řešení**

Roubenka je vyrobena z masivních lepených hranolů BSH s vloženou izolací, která zajišťuje splnění nízkoenergetického standardu. Vnitřní příčky jsou tvořeny rámovou konstrukcí s izolací.

Krov je tvořen vazníky.

#### **c) mechanická odolnost a stabilita**

Celý projekt je navržen tak, aby došlo k jeho stabilitě. Roubené stěny jsou mezi sebou provázány v rozích na rybinový spoj.

### **B.2.7 Základní charakteristika technických a technologických zařízení**

Budou zpracovávány autorizovanou osobou.

### **B.2.8 Požárně bezpečnostní řešení**

Roubený rodinný dům nepředstavuje zvýšené riziko požáru. Požárně bezpečnostní řešení bude vyhodnoceno oprávněnou osobou.

### **B.2.9 Zásady hospodaření s energiemi**

V rámci navrhované budovy nejsou alternativní zdroje energií řešeny.

### **B.2.10 Hygienické požadavky na stavby, požadavky na pracovní a komunální prostředí**

Objekt je navržen tak, aby splňoval normy a předpisy z hlediska pohybu obyvatel a provozu instalovaných zařízení. S veškerými odpady bude nakládáno dle zákona.

### **B.2.11 Ochrana stavby před negativními účinky vnějšího prostředí**

#### **a) ochrana před pronikáním radonu z podloží**

Pronikání radonu se nepředpokládá. Nejsou navrženy žádné stavební úpravy, které by zamezovaly pronikání radonu z podloží.

#### **b) ochrana před bludnými proudy**

Nepředpokládá se, rodinný dům není podsklepený.

#### **c) ochrana před technickou seismicitou**

Nepředpokládá se.

#### **d) ochrana před hlukem**

Žádné předpokládané zařízení ani spotřebiče nevyvíjí hluk šířící se mimo budovu.

#### **e) protipovodňová opatření**

Nepředpokládá se stavba roubenky v záplavové oblasti, proto nejsou navržena žádná protipovodňová opatření.

Ostatní body nebyly v rámci diplomové práce řešeny, proto byly vypuštěny.

## 6 DISKUZE

V rámci diplomové práce byl zpracováván projekt roubenky s využitím lepených hranolů o rozměrech, které jsou běžně dostupné na našem trhu. Aby masivní stavba zapadala do nízkoenergetického standardu, byly navrženy a posouzeny tři odlišné skladby obvodových stěn. V rámci jednotlivých skladeb se měnil typ izolace. Masivní hranoly BSH byly zvoleny především kvůli tomu, že již u nich nedochází k rozměrovým změnám vlivem vysychání dřeva, ke kterému dochází u masivních profilů. Z posouzení, prováděného výpočty v programu TEPLO, bylo zjištěno, že nejméně vhodná je skladba C, která má ze strany interiéru vrstvu izolace a z exteriérové strany masivní hranol a jeví se jako masivní roubená stavba. Tento způsob se používá při dodatečném zateplování roubených staveb. Hlavním problémem této skladby bylo nebezpečí kondenzace vodních par uvnitř konstrukce už při teplotě 10 °C. V rámci celkového hodnocení mnohem lépe vycházela skladba B, kdy byl masivní hranol umístěn z interiérové strany a z vnější strany byla provedena vrstva zateplení. Nicméně z hlediska šíření vlhkosti konstrukcí dle normy ČSN 73 0540-2 nesplňovala skladba požadavek  $M_{c,a} > M_{c,N}$ . Z těchto důvodů byla vybrána skladba typu A. Masivní hranol BSH se nachází jak na vnější, tak na vnitřní straně obvodové stěny a izolační materiál je vložen uvnitř. V této skladbě kondenzuje nejmenší množství vlhkosti. Vnitřní povrchová teplota v rámci posuzovaných skladeb dosahuje nejvyšších hodnot. Součinitel prostupu tepla vybrané skladby obvodové stěny je  $0,145 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ , a tedy splňuje požadovanou hodnotu pro pasivní domy. Širší masivní hranol se nachází na straně interiéru, aby stavba mohla rychleji odstranit zkondenzovanou vlhkost z konstrukce. Při posuzování pouze masivního hranolu bez přidaného izolačního materiálu nesplňovaly hodnoty požadavky pro pasivní dům.

Roubenka byla navržena jako přízemní dům bez obytného podkroví.

Konstrukce střechy byla řešena vazníky se sklonem 30°, které zpevní celou konstrukci. Toto řešení zároveň umožňuje široké rozpětí bez nutnosti nosných stěn, a tak mohly být vnitřní příčky tvořeny rámovou konstrukcí opláštěnou deskou FERMACELL a vyplněnou izolací. Nosná konstrukce střechy byla vytvořena a posouzena v programu PAMIR.

K roubence byly vypracovány stavební výkresy, které jsou nezbytné k ohlášení stavby. Byly vypracovány i základní detaily masivní dřevostavby.

V závěru diplomové práce je vyhodnocení stavby z programu ENERGIE, kdy se stavba jeví v rámci posouzení energetické náročnosti budov jako budova v kategorii B – velmi úsporná.

## 7 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout roubenku tak, aby splňovala tepelně technické požadavky nízkoenergetických budov. Jelikož samotné dřevo požadavkům nevyhoví, byly navrženy tři alternativy obvodových stěn s přidanou izolační vrstvou. Jednotlivé parametry obvodových stěn byly zjištěny v programu TEPLO a na základě zjištěných hodnot součinitele prostupu tepla, tepelného odporu konstrukce, vnitřní povrchové teploty v návrhových podmínkách a množství zkondenzované vodní páry byla zvolena skladba, která nejvíce splňovala daný cíl.

Na základě zjištěných informací byl navržen přízemní rodinný dům se zdvojenou obvodovou stěnou doplněnou o izolační materiál. Byla vypracována výkresová dokumentace nezbytná pro stavební povolení.

## **8 SUMMARY**

The aim of the thesis was to design log house so as the building meets the thermal technical requirements of low energy houses. However, only wood construction is not responsible these requirements so three variants of peripheral walls are designed with layer of heat insulation. The individual parameters of peripheral walls were identified in the program called TEPLO. By parameters as values of the coefficient of heat transfer, the thermal resistance of the structure, the inner surface temperature at the design conditions and the amount of condensed water vapor peripheral walls was chosen.

Bungalow has been designed with double perimeter wall complemented by layer of heat insulation in the middle. The basic drawing documentation of log house was processed.



## 9 ZDROJE

1. **Augustin, M. a kol. 2008.** Handbook 1 - Timber structures. Graz.
2. **Bukovský, L. a kol. 2002.** Technické řešení energeticky úsporných dřevostaveb. Praha.
3. **Kolb, J. 2008.** Dřevostavby – systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. Praha, nakladatelství Grada, 1. vydání, 320s. ISBN 978-80-247-2275-7.
4. **Koželouh, B. 1998.** Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5: Navrhování a konstrukční materiály. Step 1. Zlín: KODR, 462 s. ISBN 80-238-2620-4.
5. **Müller, P., Tobek, A., Kohout, J. 1996.** Tesařství tradice z pohledu dneška. Praha, Grada.
6. **Škabrada, J. 1999.** Lidové stavby – Architektura českého venkova. Praha, nakladatelství Argo.
7. **Štefko, J., Reinprecht, L., Kuklík, P. 2009.** Dřevěné stavby – konstrukce, ochrana, údržba. Bratislava, nakladatelství JAGA, 2. vydání. ISBN 978-80-8076-080-9.
8. **Vaverka, J. a kol. 2008.** Dřevostavby pro bydlení. Praga, Grada.

### *Internetové zdroje*

9. **ENVIROS 2016.** Průkaz energetické náročnosti budovy [online] citováno 16. ledna 2017. Dostupné na <<https://www.enviros.cz/sluzby/penb-prukaz-energeticke-narocnosti-budovy/>>.
10. **FERMACELL 2016.** Sádrovláknité desky fermacell [online] citováno 20. listopadu 2016. Dostupné na <<http://www.fermacell.cz/sadrovlaknite-desky-fermacell.php>>.
11. **ISOVER 2016.** Tepelná izolace ISOVER [online] citováno 20. listopadu 2016. Dostupné na <<http://www.isover.cz/>>.
12. **KONOPI 2011.** Tepelná izolace z konopí [online] citováno 20. listopadu 2016. Dostupné na <<http://www.konopi-izolace.cz>>.
13. **LOGHOUSE 2012.** Katalog. stěna [online] citováno 19. listopadu 2016. Dostupné na <<http://www.loghouse.si/files/Loghouse-katalog-SI.pdf>>.

14. **OKPYRUS 2009**. Zateplená roubená stěna [online] citováno 19. listopadu 2016. Dostupné na <<http://www.moderni-sruby.cz/aktuality/zateplena-roubena-stena---nizkoenergeticke-roubenky-206.html>>.
15. **SLAVONA 2015**. Eurookna pro pasivní domy [online] citováno 2. prosince 2016. Dostupné na <<http://www.slavona.cz/eurookna-pro-pasivni-domy-profil-sc/>>.
16. **SLAVONA 2015**. Balkonové dveře [online] citováno 2. prosince 2016. Dostupné na <<http://www.slavona.cz/balkonove-dvere/>>.
17. **SLAVONA 2013**. Vchodové dveře [online] citováno 2. prosince 2016. Dostupné na <<http://www.slavona.cz/vchodove-dvere/>>.  
*Pozn.:* certifikáty k výrobkům Slavona dostupné na <<http://www.slavona.cz/certifikaty-oken-dveri/>>.
18. **STEICO 2016**. Tepelná izolace STEICO [online] citováno 20. listopadu 2016. Dostupné na <<http://www.steico.com/cz/>>.
19. **TZBINFO 2013**. Energetická náročnost budov [online] citováno 16. ledna 2017. Dostupné na <<http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov>>.

#### *Normy*

ČSN 73 0540: Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, 2011

ČSN 73 0540: Tepelná ochrana budov – Část 2: Návrhové hodnoty veličin, 2005

ČSN 73 4301: Obytné budovy, 2004

ČSN 01 3420: Kreslení stavebních výkresů, 2004

## 10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Detail zubovitého spoje (Koželouh 1998).....	7
Obr. 2 Postup výroby BSH hranolů (Augustin a kol. 2008).....	8
Obr. 3 Postup vývoje masivních obvodových stěn (Kolb 2008).....	10
Obr. 4 Fotografie zdvojené masivní obvodové stěny (OKPYRUS 2009).....	11
Obr. 5 Schéma obvodové stěny s masivním hranolem ze strany interiéru (LOGHOUSE 2012).....	12
Obr. 6 Obvodová stěna s masivním hranolem ze strany interiéru (LOGHOUSE 2012)	13
Obr. 7 Obvodová stěna s masivním hranolem ze strany exteriéru (LOGHOUSE 2012).....	13
Obr. 8 Schéma obvodové stěny s masivním hranolem ze strany exteriéru (LOGHOUSE 2012).....	14
Obr. 9 Podoba energetického štítku (TZBINFO 2013).....	15
Obr. 10 Energetický štítek – ukazatele energetické náročnosti (TZBINFO 2013).....	16
Obr. 11 Studie rodinného domu.....	19
Obr. 12 Schéma BSH hranolu.....	20
Obr. 13 Schéma obvodové stěny A.....	24
Obr. 14 Skladba stěny s vnějším dřevěným opláštěním (TZBINFO).....	25
Obr. 15 Schéma obvodové stěny B.....	25
Obr. 16 Schéma obvodové stěny C.....	26
Obr. 17 Schéma skladby podlahy včetně základové desky.....	38
Obr. 18 Schéma skladby stropu.....	39
Obr. 19 Detail okna v řezu (SLAVONA 2015).....	41
Obr. 20 Energetický štítek vyhodnocený programem ENERGIE – část 1.....	46
Obr. 21 Energetický štítek vyhodnocený programem ENERGIE – část 2.....	47

Není-li uvedeno jinak, autorem obrázků je Eva Peterková, autor diplomové práce.

## 11 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Parametry lepeného lamelového dřeva udávané výrobcem .....	9
Tab. 2 Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla – ČSN 73 0540 .	18
Tab. 3 Technické vlastnosti izolace ISOVER UNI uváděné výrobcem (ISOVER 2016) .....	21
Tab. 4 Technické parametry izolace STEICO uváděné výrobcem (STEICO 2016) .....	22
Tab. 5 Technické parametry konopné izolace (KONOPI 2011) .....	23
Tab. 6 Posuzované varianty obvodové stěny A .....	24
Tab. 7 Posuzované varianty obvodové stěny B .....	26
Tab. 8 Posuzované varianty obvodové stěny C .....	27
Tab. 9 Získané hodnoty obvodové stěny A .....	29
Tab. 10 Získané hodnoty obvodové stěny B.....	30
Tab. 11 Získané hodnoty obvodové stěny C.....	31
Tab. 12 Parametry sádrovláknité desky udávané výrobcem (FERMACELL 2016) .....	35
Tab. 13 Technické parametry izolace ISOVER TDPT udávané výrobcem (ISOVER 2016).....	36

Není-li uvedeno jinak, autorem tabulek je Eva Peterková, autor diplomové práce.

## **12 SEZNAM PŘÍLOH**

### **12.1 Část výpočtů tepelně technického posouzení – součást vazby**

- 12.1.1 Tepelně technické posouzení obvodové stěny z lepených hranolů BSH
- 12.1.2 Tepelně technické posouzení obvodové stěny A1 s izolací ISOVER
- 12.1.3 Tepelně technické posouzení obvodové stěny A1 s izolací STEICO
- 12.1.4 Tepelně technické posouzení obvodové stěny A1 s izolací TERMO-KONOPI
- 12.1.5 Tepelně technické posouzení obvodové stěny A2 s izolací ISOVER
- 12.1.6 Tepelně technické posouzení obvodové stěny A2 s izolací STEICO
- 12.1.7 Tepelně technické posouzení obvodové stěny A2 s izolací TERMO-KONOPI
- 12.1.8 Tepelně technické posouzení obvodové stěny A3 s izolací ISOVER
- 12.1.9 Tepelně technické posouzení obvodové stěny A3 s izolací STEICO
- 12.1.10 Tepelně technické posouzení obvodové stěny A3 s izolací TERMO-KONOPI
- 12.1.11 Tepelně technické posouzení obvodové stěny A4 s izolací ISOVER
- 12.1.12 Tepelně technické posouzení obvodové stěny A4 s izolací STEICO
- 12.1.13 Tepelně technické posouzení obvodové stěny A4 s izolací TERMO-KONOPI
- 12.1.14 Tepelně technické posouzení obvodové stěny A5 s izolací ISOVER
- 12.1.15 Tepelně technické posouzení obvodové stěny A5 s izolací STEICO
- 12.1.16 Tepelně technické posouzení obvodové stěny A5 s izolací TERMO-KONOPI
- 12.1.17 Tepelně technické posouzení obvodové stěny B1 s izolací ISOVER
- 12.1.18 Tepelně technické posouzení obvodové stěny B1 s izolací STEICO
- 12.1.19 Tepelně technické posouzení obvodové stěny B1 s izolací TERMO-KONOPI
- 12.1.20 Tepelně technické posouzení obvodové stěny B2 s izolací ISOVER
- 12.1.21 Tepelně technické posouzení obvodové stěny B2 s izolací STEICO
- 12.1.22 Tepelně technické posouzení obvodové stěny B2 s izolací TERMO-KONOPI
- 12.1.23 Tepelně technické posouzení obvodové stěny B3 s izolací ISOVER
- 12.1.24 Tepelně technické posouzení obvodové stěny B3 s izolací STEICO
- 12.1.25 Tepelně technické posouzení obvodové stěny B3 s izolací TERMO-KONOPI
- 12.1.26 Tepelně technické posouzení obvodové stěny B4 s izolací ISOVER
- 12.1.27 Tepelně technické posouzení obvodové stěny B4 s izolací STEICO
- 12.1.28 Tepelně technické posouzení obvodové stěny B4 s izolací TERMO-KONOPI
- 12.1.29 Tepelně technické posouzení obvodové stěny B5 s izolací ISOVER
- 12.1.30 Tepelně technické posouzení obvodové stěny B5 s izolací STEICO

- 12.1.31 Tepelně technické posouzení obvodové stěny B5 s izolací TERMO-KONOPI
- 12.1.32 Tepelně technické posouzení obvodové stěny C1 s izolací ISOVER
- 12.1.33 Tepelně technické posouzení obvodové stěny C1 s izolací STEICO
- 12.1.34 Tepelně technické posouzení obvodové stěny C1 s izolací TERMO-KONOPI
- 12.1.35 Tepelně technické posouzení obvodové stěny C2 s izolací ISOVER
- 12.1.36 Tepelně technické posouzení obvodové stěny C2 s izolací STEICO
- 12.1.37 Tepelně technické posouzení obvodové stěny C2 s izolací TERMO-KONOPI
- 12.1.38 Tepelně technické posouzení obvodové stěny C3 s izolací ISOVER
- 12.1.39 Tepelně technické posouzení obvodové stěny C3 s izolací STEICO
- 12.1.40 Tepelně technické posouzení obvodové stěny C3 s izolací TERMO-KONOPI
- 12.1.41 Tepelně technické posouzení obvodové stěny C4 s izolací ISOVER
- 12.1.42 Tepelně technické posouzení obvodové stěny C4 s izolací STEICO
- 12.1.43 Tepelně technické posouzení obvodové stěny C4 s izolací TERMO-KONOPI
- 12.1.44 Tepelně technické posouzení obvodové stěny C5 s izolací ISOVER
- 12.1.45 Tepelně technické posouzení obvodové stěny C5 s izolací STEICO
- 12.1.46 Tepelně technické posouzení obvodové stěny C5 s izolací TERMO-KONOPI
- 12.1.47 Tepelně technické posouzení podlahy s nášlapnou vrstvou ze dřeva
- 12.1.48 Tepelně technické posouzení podlahy s nášlapnou vrstvou z keramické dlažby
- 12.1.49 Tepelně technické posouzení stropu

## **12.2 Část výkresová – zvlášť ve volné vazbě**

Výkres č. 1	PŮDORYS
Výkres č. 2	VÝKRES ZÁKLADŮ
Výkres č. 3	SVISLÝ ŘEZ
Výkres č. 4	SVISLÝ ŘEZ 2
Výkres č. 5	TECHNICKÝ POHLED
Výkres č. 6	DETAIL D1 – Napojení obvodové stěny na betonový základ
Výkres č. 7	DETAIL D2 – Detail nároží objektu
Výkres č. 8	DETAIL D3 – Napojení obvodových stěn a stropu
Výkres č. 9	DETAIL D4 – Detail napojení příčky na obvodovou stěny
Výkres č. 10	DETAIL D5 – Detail napojení vnitřních příček
Výkres č. 11	DOKUMENTACE STŘECHY