

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD**

**Katedra mechaniky**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Návrh bytového objektu s minimální spotřebou energie, s účinnou  
minimální plochou a nízkými náklady**

**Vedoucí práce: Ing. Luděk Vejvara, Ph.D.**

**Autor: Bc. Ivana Radilová**

**2016**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta aplikovaných věd  
Akademický rok: 2015/2016

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Ivana RADILOVÁ**  
Osobní číslo: **A14N0055P**  
Studijní program: **N3607 Stavební inženýrství**  
Studijní obor: **Stavatelství**  
Název tématu: **Návrh bytového objektu s minimální spotřebou energie, s účinnou minimální plochou a nízkými náklady**  
Zadávací katedra: **Katedra mechaniky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

#### **Obsah práce**

Shromáždění technických podkladů a návrh optimálního řešení bytového objektu z hlediska provozu, konstrukce, materiálů, spotřeby energie a nákladů pro výstavbu po roce 2015.

#### **Cíl práce**

Návrh a hledání technicky optimálního ekonomického řešení bytového objektu.

#### **Rozsah grafických prací**

Podklady, schémata, grafy, základní materiály, dispoziční a konstrukční výkresy.

#### **Rozsah textových prací a výpočtových prací**

Textová zpráva - seznámení s tématem, údaje o materiálech, technické výpočty, PENB, shrnutí a závěrečné vyhodnocení.

Rozsah grafických prací: **projekt skládající se z výkresů a textových zpráv**  
Rozsah pracovní zprávy: **80 stran**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**  
Seznam odborné literatury:

- 1. Normy a předpisy pro stavby obecně, stavební zákon, OTP, vyhlášky ministerstev.**
- 2. Platné normy - pro obytné budovy, pro tepelnou a akustickou ochranu budov - ČSN 730540, 730532.**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Luděk Vejvara, Ph.D.**  
Katedra mechaniky

Datum zadání diplomové práce: **15. června 2015**  
Termín odevzdání diplomové práce: **20. prosince 2015**



Doc. RNDr. Miroslav Lávička, Ph.D.  
děkan



Prof. Ing. Vladislav Laš, CSc.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. června 2015

**Anotace**

Tato diplomová práce je zaměřena především na hledání optimálního řešení výstavby bytového domu. Porovnáním 219 zdicích prvků a 75 tepelných izolantů bylo hledáno ekonomicky i technicky nejvhodnější řešení pro výstavbu obvodového pláště bytového domu. Kombinace vybraných výrobků zaručuje nízké náklady na realizaci a splněním doporučených hodnot součinitele prostupu tepla pro pasivní domy taktéž předurčuje k nízkým nákladům spojených s vytápěním stavby.

Závěrem je proveden teoretický návrh čtyřpodlažního bytového domu včetně určení konstrukčního řešení a s ověřením splnění požadavku na součinitel prostupu tepla obálkou budovy formou energetického štítku obálky budovy.

**Klíčová slova**

Obálka budovy, optimální návrh, tepelně izolační materiál, energie, součinitel prostupu tepla, tepelný odpor konstrukce, úspora nákladů, pasivní stavba, primární energie, konstrukce, zateplení budov, součinitel tepelné vodivosti, materiál, faktor difúzního odporu, zdicí prvek, ekonomické hledisko, energetický štítek obálky budovy.



**Annotation**

This diploma thesis focuses on the optimum solution of a block of flats construction. Comparing 219 masonry units and 75 thermal insulation materials, the most economically and technologically convenient solution was explored for the outer skin of the block. Combination of selected products ensures low expenses of the realization if the limits for transmission heat loss coefficient in passive houses are observed.

In conclusion, a theoretical design of a four-storey block of flats is drawn, including a constructional solution, with a verified building energy quotient label considering the requirement for the transmission heat loss coefficient.

**Key words**

Building envelope, optimal design, thermal insulation material, energy, transmission heat loss coefficient, thermal resistance, cost savings, passive house, primary energy, structure, thermal insulation of buildings, thermal conductivity coefficient, material, moisture resistance factor, masonry unit, economic aspekt, building skin energy quotient label.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a webových odkazů sloužících především k získání informací o stavebních výrobcích. Veškeré mnou použité zdroje jsou uvedeny v seznamu zdrojů, který je součástí této práce.

Dále prohlašuji, že všechny programy, které byly použity k sepsání této práce, jsou legální.

## Poděkování

*Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce panu Ing. Lud'ku Vejvarovi, Ph.D. za profesionální vedení, odborné rady, příjemnou spolupráci a za jeho čas, který věnoval k vytvoření této práce.*

*Dále bych chtěla poděkovat mé rodině, která mi byla velkou oporou.*

## Obsah

Obsah.....	8
Seznam symbolů a zkratek.....	11
Úvod.....	12
<b>1. Cena stavebního díla .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1. Životní cyklus stavby.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2. Celková cena stavebního díla .....</b>	<b>14</b>
<b>1.3. Náklady spojené s pořízením stavby.....</b>	<b>15</b>
<b>2. Pasivní dům.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1. Součinitel prostupu tepla .....</b>	<b>17</b>
<b>3. Tepelná izolace.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1. Rozdělení izolačních materiálů pro izolaci obvodové konstrukce .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2. Možnosti různého způsobu užití tepelné izolace v konstrukci.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3. Volba parametrů pro výběr tepelného izolantu.....</b>	<b>24</b>
<b>3.4. Výběr typu zateplení v závislosti na způsobu užití tepelné izolace v konstrukci.....</b>	<b>24</b>
<b>3.5. Přehled porovnávaných výrobků pro systém kontaktního zateplení a provětrávané fasády .....</b>	<b>27</b>
<b>3.6. Faktory ovlivňující výši ceny tepelné izolace .....</b>	<b>31</b>
<b>3.7. Vliv tepelné izolačních vlastností na úsporu financí.....</b>	<b>33</b>
<b>3.8. Výběr tepelného izolantu .....</b>	<b>35</b>
<b>3.8.1. Porovnání tepelně izolačních materiálů pro systém kontaktního zateplení a provětrávané fasády .....</b>	<b>35</b>
<b>3.8.2. Porovnání výrobků EPS.....</b>	<b>40</b>
<b>3.8.3. Zhodnocení.....</b>	<b>44</b>
<b>4. Zdicí prvky .....</b>	<b>46</b>
<b>4.1. Vývoj zdicích prvků – eliminace úniku tepla.....</b>	<b>46</b>
<b>4.2. Přehled porovnávaných zdicích prvků .....</b>	<b>47</b>
<b>4.3. Porovnání vlastností zdicích prvků.....</b>	<b>53</b>
<b>4.3.1. Pevnost zdicího prvku v tlaku .....</b>	<b>53</b>
<b>4.3.2. Objemová hmotnost, hmotnost zdicího prvku .....</b>	<b>54</b>
<b>4.3.3. Součinitel prostupu tepla zdicího materiálu .....</b>	<b>55</b>
<b>4.3.4. Vzduchová neprůzvučnost.....</b>	<b>56</b>
<b>4.4. Faktory ovlivňující výši ceny zdicího prvku .....</b>	<b>57</b>
<b>4.5. Volba parametrů pro výběr tepelného izolantu.....</b>	<b>58</b>

4.6.	Kombinace zdícího prvku s tepelnou izolací.....	59
4.7.	Výběr zdícího prvku.....	61
4.7.1.	Zjištěné poznatky.....	61
4.7.2.	Aplikace zjištěných poznatků pro výběr zdícího prvku.....	66
4.8.	Zhodnocení.....	71
5.	Stropní konstrukce.....	73
6.	Návrh bytového domu.....	75
6.1.	Popis stavby.....	75
6.1.1.	Tvar.....	75
6.1.2.	Pozemek.....	76
6.1.3.	Dispoziční uspořádání.....	76
6.1.4.	Obytná plocha, plocha místností.....	76
6.1.5.	Stínění.....	77
6.2.	Materiálové řešení konstrukcí.....	78
6.2.1.	Obvodové svislé stěny.....	78
6.2.2.	Vnitřní nosné stěny.....	78
6.2.3.	Příčky.....	78
6.2.4.	Podlaha přilehlá k zemině.....	78
6.2.5.	Stropní konstrukce.....	79
6.2.6.	Střecha.....	79
6.2.7.	Výplně otvorů.....	80
7.	Energetický štítek obálky budovy.....	80
7.1.	Výpočet energetického štítku obálky budovy.....	81
7.2.	Zhodnocení.....	83
8.	Závěr.....	85
	SEZNAM PŘÍLOH.....	87
	POUŽITÉ ZDROJE.....	88
	SEZNAM GRAFŮ, TABULEK A OBRÁZKŮ.....	90

## Seznam symbolů a zkratek

A	Plocha	[m <sup>2</sup> ]
d	Tloušťka izolantu/konstrukce	[m]
R	Odpor konstrukce, tepelný odpor vrstvy	[(m <sup>2</sup> K)/W]
R <sub>se</sub>	Odpor při přestupu tepla na vnější straně	[(m <sup>2</sup> K)/W]
R <sub>si</sub>	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně	[(m <sup>2</sup> K)/W]
R <sub>T</sub>	Odpor konstrukce při prostupu tepla	[(m <sup>2</sup> K)/W]
U, U <sub>T</sub>	Součinitel prostupu tepla	[W/(m <sup>2</sup> K)]
λ	Součinitel tepelné vodivosti	[W/(mK)]
λ <sub>d</sub>	Deklarovaný součinitel tepelné vodivosti	[W/(mK)]
μ	Faktor difúzního odporu	[-]
ρ	Objemová hmotnost	[kg/m <sup>3</sup> ]
EPS	Expandovaný polystyren	
MV	Minerální vlna	
NUS	Náklady na umístění stavby	
PEI	Primární svázaná energie	[MJ/kg]
PENB	Průkaz energetické náročnosti stavby	
PIR TI	Polyisokyanurátová tepelná izolace	
PUR TI	Puretanová tepelná izolace	
TI	Tepelná izolace, tepelný izolant	

## Seznam symbolů a zkratk

VPC	Vápenopískové cihly
VRN	Vedlejší rozpočtové náklady
XPS	Extrudovaný polystyren
ZRN	Základní rozpočtové náklady

## Úvod

Cílem této práce bylo hledání technicky optimálního ekonomického řešení bytového domu s minimální plochou a nízkými náklady. Pro splnění tohoto zadání bylo nutné zjistit, jaké faktory se podílejí na výši ceny za stavební dílo a kterými nástroji je možné tuto cenu regulovat.

Obvykle nejzákladnější a nejčastější otázkou při návrhu stavby bývá to, z čeho bude stavba zhotovena. V dnešní době širokých nabídek stavebních materiálů a technických možností je důležité zjistit, která zvolená varianta konstrukčního řešení je ta nejideálnější. Taková varianta zaručuje především statickou funkci, ochrannou funkci, ale splňuje i normové požadavky na akustickou ochranu, tepelně fyzikální požadavky aj. a to za ekonomicky přijatelnou cenu. Je tedy důležité najít vhodné řešení pro každý typ stavby tak, aby vynaložené náklady byly úměrné vlastnostem a požadavkům, které od konstrukce, resp. celé stavby, očekáváme.

Hudbou budoucnosti jsou bezesporu pasivní a nulové stavby, které díky svému technickému řešení zajišťují existenci a provoz stavby již při minimálním množství dodané energie. Aby stavba byla definovaná jako pasivní, musí splňovat určitá kritéria daná normou. Správným návrhem obálky budovy a jejím dostatečným zaizolováním lze podstatným způsobem snížit úniky tepla, a tím podstatnou měrou ovlivnit životnost stavby s minimálními náklady na provoz.

Porovnáním vlastností zdicích prvků z různých stavebních materiálů spolu s tepelnými izolanty je hledáno takové řešení, které vhodnou kombinací těchto materiálů bude zajišťovat minimální ztráty tepla obvodovým pláštěm při co nejnižších vynaložených nákladech na realizaci. Zároveň zajištěním požadovaných hodnot součinitele prostupu pro pasivní domy dochází k eliminaci tepelných ztrát.

Porovnáním zdicích prvků bude taktéž potvrzena či vyvrácena vhodnost použití jednovrstvého zdiva tl. 0,5 metru bez dodatečného zateplení při výstavbě budov.

Výsledný zdicí prvek, splňující nejlépe předem zadané parametry, včetně vybraného tepelného izolantu bude v následujících kapitolách aplikován pro teoretický návrh bytového domu. Návrhem půdorysného a prostorového řešení bytového domu spolu se specifikací stavebních materiálů bude možné provést konečné energetické zhodnocení navržené obálky budovy. K tomuto účelu poslouží energetický štítek obálky budovy.



## 1. Cena stavebního díla

Pro návrh ekonomicky optimálního řešení jakékoliv stavby je potřebné znát, kterými faktory a jak můžeme ovlivnit celkovou cenu za stavební dílo. Tyto faktory bývají často opomíjeny, nebo nejsou prioritním požadavkem ze strany investora. Stavba se tak stává pouze dalším zhotoveným objektem bez ohledu na to, jaké budou náklady na její pořízení, údržbu a provoz během života.

### 1.1. Životní cyklus stavby

Životní cyklus stavby představuje několik etap vzájemně na sebe navazujících. Je mylné se domnívat, že život stavby začíná povolením k jejímu užívání, či že zaniká nevyužíváním stavby.

Životní cyklus stavby je složitý proces, který provází stavbu a tvoří její hodnoty. Takzvaný život stavby začíná již prvotní myšlenkou o zhotovení díla, následuje proces projektování a plánování, který umožňuje další navazující etapu v podobě realizace stavebního díla. Po úspěšné kolaudaci začíná etapa užívání stavby, která je, po skončení životnosti stavby, zakončena likvidací stavebního díla.

Obrázek 1 ukazuje návaznost jednotlivých fází životního cyklu stavby.

Obrázek 1 Životní cyklus stavebního díla - fáze

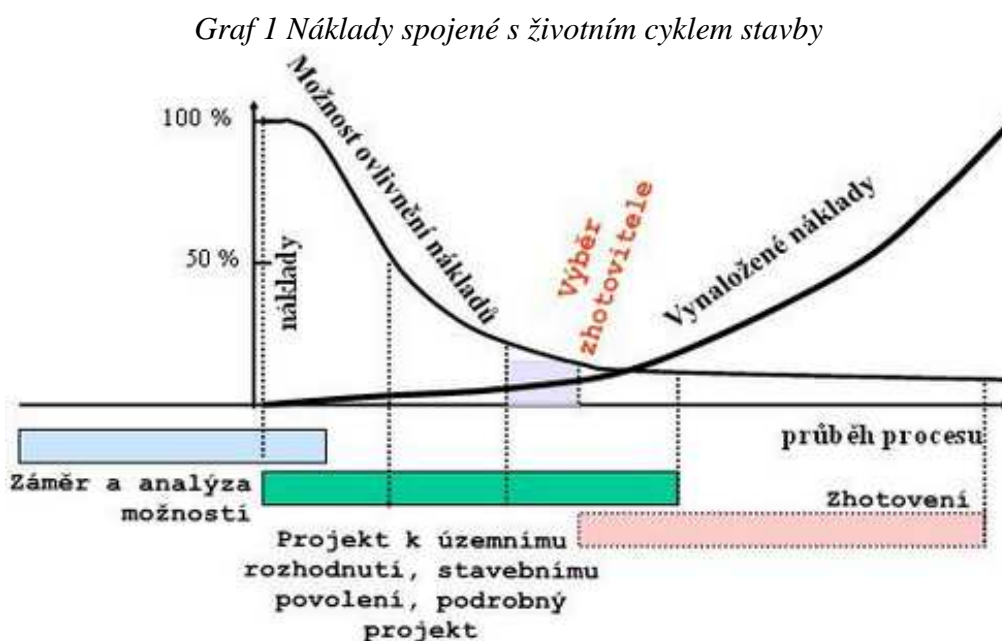


Zdroj: [www.tzb-info.cz/udrzba-budov/10219-zivotni-cyklus-staveb](http://www.tzb-info.cz/udrzba-budov/10219-zivotni-cyklus-staveb)

## 1.2. Celková cena stavebního díla

Všechny fáze cyklu jsou specifické určitými vynaloženými náklady na to, aby každá etapa stavby mohla být realizována. Přesněji řečeno mluvíme o nákladech na projekční činnost, nákladech na realizaci stavby, nákladech spojených s provozem stavby a v neposlední řadě o nákladech na likvidaci objektu. Všechny tyto náklady představují celkovou cenu stavebního díla.

Je nutné si uvědomit, že všechny fáze stavby jsou úzce propojeny a ovlivňují se především z ekonomického hlediska. Tyto vazby vyjadřuje Graf 1.



Zdroj: <http://slideplayer.cz/slide/3046930/#>

Fází, která nejvíce ovlivňuje celkovou cenu stavby, je doba projektování. Při vynaložení nejmenších nákladů během projekční činnosti a plánování můžeme nejvíce ovlivnit náklady spojené s dalšími životními etapami stavby.

### Příkladem:

Bude-li zanedbána projektová příprava a zvolen nevhodný stavební materiál se složitým technologickým postupem, prodraží se realizace. Zároveň narůstá riziko výskytu nepředvídatelných chyb způsobených ať již samotnou náročností technologie či lidským faktorem, tudíž je navyšováno riziko výskytu pozdějších

nutných oprav během provozu stavby a zároveň se vznikem poruch se snižuje životnost stavby.

Jelikož investoři často kladou důraz na co nejnižší cenu, za kterou je možné stavbu realizovat, bývá projektant vystaven nízkému rozpočtu, se kterým musí zároveň splnit očekávání investora. Tento úsudek o zdánlivě ušetřených financích při samotné realizaci stavby bývá mnohdy nesprávný, jelikož omezení finančních prostředků je vedeno často na úkor kvality stavebních materiálů, technologie zařízení staveb a v neposlední řadě na úkor kvalifikované pracovní síly.

Z hlediska návrhu stavby je tedy nutné volit vždy individuální řešení pro každý typ stavby, které zohlední technické i ekonomické možnosti, a vytvoří tak co možná nejoptimálnější návrh. Taková stavba zaručuje nízké náklady na realizaci při zachování kvality, splnění normových požadavků a zároveň zohledňuje i výši nákladů potřebných na celý životní cyklus stavby.

### 1.3. Náklady spojené s pořízením stavby

Obrázek 2 ukazuje procentuální zastoupení dílčích částí stavby, se kterými je potřeba počítat při výstavbě objektu. Procentuální podíl představuje část nákladů nutných k pořízení stavby, tento podíl může být měněn v závislosti na typu stavby.

Obrázek 2 Náklady spojené s pořízením stavby

<b>Složení nákladů na pořízení stavby:</b>	
• <b>Cena stavební objekty (ZRN)</b>	cca 60 až 70 %
• náklady na umístění stavby (NUS, VRN)	cca 3 až 6 %
• projektové práce (PP), průzkumné práce, inženýrská činnost	cca 6 až 9 %
• dodávky a montáže strojů, provozní soubory (technologie)	
• vybavení stavby (stroje, zařízení, inventář)	cca 2 až 18 %
• umělecká díla	cca 0 až 1 %
• rozpočtová rezerva (rizika, změny)	cca 5 až 15 %
• ostatní náklady	cca 1 až 4 %

Zdroj: [k126.fsv.cvut.cz/predmety/126mma2/mma2\\_podklid-2.ppt](http://k126.fsv.cvut.cz/predmety/126mma2/mma2_podklid-2.ppt)

Největší procentuální zastoupení představují základní rozpočtové náklady ZRN, které tvoří finančně nejnákladnější položku pro pořízení stavby. ZRN představují náklady na hlavní stavební výrobu (hrubá stavba včetně zasíťování), na pomocnou stavební výrobu (dokončovací práce, instalace, řemesla), na montáže a náklady na hodinové zúčtovací sazby ([www.stavebnistandardy.cz](http://www.stavebnistandardy.cz))

Z praxe je známo, že největší část financí ze ZRN připadá právě pro realizování hrubé stavby a její zasíťování. Vhodným užitím konstrukčního řešení, správnou volbou stavebních materiálů a zhodnocením proveditelnosti výstavby mohou být ušetřeny nemalé náklady. Další úspora poté nastává i během užívání stavby, neboť dobře navržená konstrukce s vhodně volenými vlastnostmi stavebních materiálů zaručuje dlouhou životnost stavby pouze s minimální nutnou údržbou.

Správný návrh konstrukce přispívá:

- ke snížení nákladů za realizaci,
- k zajištění statické funkce,
- k akustické ochraně,
- k ochranné funkci před vnějšími vlivy,
- k lepší tepelné pohodě (akumulace tepla),
- ke snížení prostupu tepla konstrukcí,
- k eliminaci vzniku poruch a následných nutných oprav,
- ke snížení potřeby tepla na vytápění,
- ke snížení vzniku plísní a hub.

## **2. Pasivní dům**

Pasivní stavba je budova s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění nepřekračující v případě rodinných domů 20 kWh/(m<sup>2</sup>a) a v ostatních případech nepřekračující 15 kWh/(m<sup>2</sup>a), splňující současně soubor dalších požadavků a podmínek hodnocení (ČSN 73 0540-2, 2011, s. 7).

Dále pro pasivní bytové domy vyplývají tyto požadavky (ČSN 73 0540-2, 2011, s. 40, 41):

- roční měrná potřeba tepla na vytápění nepřesahující 15 kWh/m<sup>2</sup> za rok,
- měrná potřeba primární energie nepřesahující hodnotu 60 kWh/m<sup>2</sup> za rok,
- neprůvzdušnost obálky n<sub>50</sub> ověřena tlakovou zkouškou nepřesahující hodnotu 0,6<sup>-1</sup>/hod.

Správná volba konstrukčního a materiálového řešení je tedy pouze první krok ke splnění pasivního standardu. Volbou vhodného stavebního materiálu pro obvodové konstrukce můžeme pomoci k lepším tepelně izolačním vlastnostem stavby, a tím přispět ke snížení tepelných ztrát vlivem prostupu tepla konstrukcí a její netěsnosti.

## 2.1. Součinitel prostupu tepla

Množství tepla, které projde konstrukcí, definuje tzv. součinitel prostupu tepla U [W/(m<sup>2</sup>K)]. Dle ČSN 73 0540-1 je součinitel prostupu tepla U, resp. U<sub>T</sub> definován jako:

„Celková výměna tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředím vzájemně oddělenými stavební konstrukcí o tepelném odporu R s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami, zahrnuje vliv všech tepelných mostů včetně vlivu prostupujících hmoždinek a kotev, které jsou součástí konstrukce“ (ČSN 73 0540-1, 2005, s. 34).

Je vyjádřen vztahem:

$$U_T = 1/R_T \quad [W/(m^2K)] \quad (2.1.1.)$$

, kde R<sub>T</sub> představuje odpor konstrukce při prostupu tepla (z prostředí do prostředí) [(m<sup>2</sup>K)/W] a je dán vztahem:

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \quad [(m^2K)/W] \quad (2.1.2.)$$

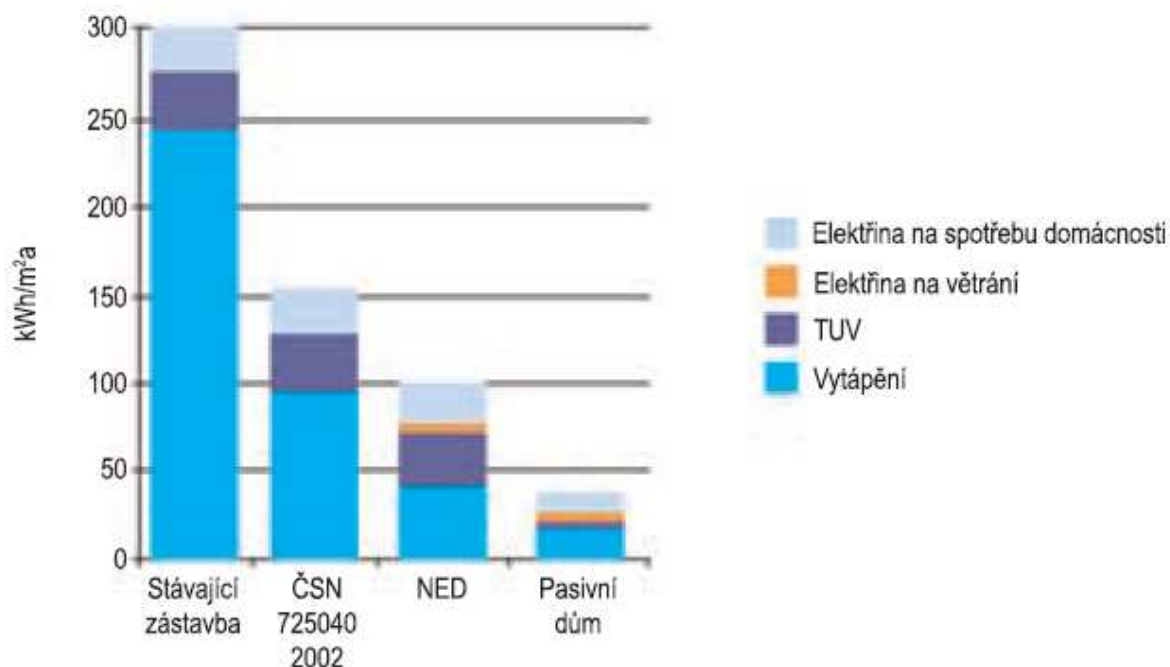
, kde R<sub>si</sub> je odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [(m<sup>2</sup>K)/W], R je odpor konstrukce [(m<sup>2</sup>K)/W] a R<sub>se</sub> představuje odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [(m<sup>2</sup>K)/W] (ČSN 73 0540-1, 2005. s. 34).

Doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní domy (ČSN 73 0540-2, 2011, s. 13, 14):

- 0,12-0,18 W/m<sup>2</sup>K vnější stěny,
- 0,12-0,18 W/m<sup>2</sup>K střecha se sklonem větším než 45°,
- 0,10-0,15 W/m<sup>2</sup>K plochá a šikmá střecha se sklonem do 45° včetně,
- 0,15-0,22 W/m<sup>2</sup>K podlaha přilehlá k zemině,
- 0,6-0,8 W/m<sup>2</sup>K výplně otvorů ve vnější stěně z vytápěného prostoru do venkovního prostředí,
- více Tabulka 1.

Jelikož stavební materiály samy o sobě téměř nikdy nevyhoví požadovaným hodnotám U [W/(m<sup>2</sup>K)], je nutné je opatřit tepelnou izolací v požadované tloušťce tak, aby součinitel prostupu tepla vnějších konstrukcí splňoval uvedené hodnoty. To má pozitivní vliv na snížení úniku tepla a tím spojené snížení potřebné energie na vytápění stavby. Toto snížení energie s sebou přináší značnou úsporu nákladů během provozu stavby (viz Graf 2).

Graf 2 Srovnání potřeby energie na metr čtvereční obytné plochy



Zdroj: Kalksandstein, 2015, s. 16

Tabulka 1 Hodnoty součinitele prostupu tepla dle normy ČSN 73 0540-2, 2011

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	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	
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	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	
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
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4

(pokračování)

Tabulka 1 Hodnoty součinitele prostupu tepla dle normy ČSN 73 0540-2, 2011 - pokračování

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 $U_{pas,20}$
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$ , v m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> , kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m <sup>2</sup> ; A <sub>w</sub> plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m <sup>2</sup> .	$f_w \leq 0,5$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$	0,2 + $f_w$	0,15 + 0,85 · $f_w$
	$f_w > 0,5$	$0,7 + 0,6 \cdot f_w$		
Kovový rám výplně otvoru		–	1,8	1,0
Nekovový rám výplně otvoru <sup>5)</sup>		–	1,3	0,9 – 0,7
Rám lehkého obvodového pláště		–	1,8	1,2
POZNÁMKY				
1) Pro jednovrstvé zdivo se nejpozději do 31.12.2012 připouští hodnota 0,38 W/(m <sup>2</sup> ·K).				
2) Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,7 W/(m <sup>2</sup> ·K).				
3) Nemusí se vždy jednat o teplosměnnou plochu, ovšem s ohledem na postup výstavby a možné změny způsobu užívání se zajišťuje tepelná ochrana na uvedené úrovni,				
4) V případě podlahového a stěnového vytápění se do hodnoty součinitele prostupu tepla započítávají pouze vrstvy od roviny, ve které je umístěno vytápění, směrem do exteriéru.				
5) Platí i pro rámy využívající kombinace materiálů, včetně kovových, jako jsou například dřevo-hliníkové rámy.				
6) Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-4 (tj. bez vlivu zeminy), nikoli výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370.				
7) Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,5 W/(m <sup>2</sup> ·K).				

Zdroj: ČSN 73 0540-2, 2011, str. 13, 14

Správný návrh obálky budovy a výběr vhodných materiálů tedy představuje značnou ekonomickou úsporu nejen v počátcích návrhu, ale i v průběhu životnosti stavby, kdy dochází k minimalizování nákladů na vytápění.

Porovnáním vlastností různých stavebních materiálů a tepelných izolantů tedy hledáme nejpříznivější kombinaci jak z ekonomického, tak i fyzikálního hlediska. Tato kombinace materiálů bude představovat optimální řešení návrhu obvodového pláště, který bude zároveň splňovat hodnoty součinitele prostupu tepla dané pro pasivní budovy.



### 3. Tepelná izolace

Tepelné izolace představují zajímavou variantu při řešení normových požadavků na splnění hodnot součinitele prostupu tepla. Zatímco stavební materiály obvykle plní statickou funkci, tepelné izolace jsou vyrobeny pro účely tepelně izolační. Zajišťují snížení úniku tepla prostupem obálky budovy, a tím přispívají ke snížení energie za vytápění.

Definice tepelně izolačního materiálu (ČSN 73 0540-1, 2005, s. 23):

„Materiál výrazně omezující šíření tepla, vykazující charakteristickou hodnotu součinitele tepelné vodivosti max. 0,1 [W/(mK)] při referenčních teplotních a vlhkostních podmínkách a daném stáří.“

Veličinou, která udává odolnost tepelně izolačního materiálu vůči prostupu tepla, je součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  [W/(mK)]. ČSN 73 0540-1 definuje  $\lambda$  jako:

„Schopnost stejnorodého, isotropního materiálu při dané střední teplotě vést teplo“ (ČSN 73 0540-1, 2005, s. 29).

Přesněji čím vyšší je hodnota součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$ , tím horší je materiál izolant. Tuto nepřímou úměru dokládá výpočet tzv. tepelného odporu vrstvy. Ten je definován vztahem:

$$R = d/\lambda \quad [(m^2K)/W] \quad (3.1.1.)$$

,kde  $d$  [m] představuje tloušťku vrstvy,  $\lambda$  součinitel tepelné vodivosti [W/(mK)] (ČSN 73 0540-1, 2005, s. 32).

Hodnoty součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$  se pro tepelně izolační materiály nejčastěji pohybují kolem 0,04 W/(mK); nižšími hodnotami kolem 0,02 W/(mK) disponují materiály na bázi PIR, PUR a fenolické pěny; nejlepšími izolačními materiály jsou vakuové izolace s hodnotami kolem 0,007 W/(mK).

### 3.1. Rozdělení izolačních materiálů pro izolaci obvodové konstrukce

Přehled tepelně izolačních materiálů používaných pro zateplení obvodové konstrukce:

- minerální kamenná vlna,
- minerální skelná vlna,
- bílý pěnový polystyrén,
- šedý pěnový polystyrén,
- extrudovaný polystyrén,
- pěnové sklo,
- materiály na bázi konopí,
- dřevovláknité materiály,
- fenolické pěny,
- PIR pěny,
- PUR pěny.

Pro účely této práce byly porovnávány izolační materiály rozděleny do tří skupin v závislosti na způsobu použití tepelné izolace v konstrukci. Jedná se o izolace určené pro kontaktní zateplení stěny, izolace určené do provětrávaných fasád a izolace do sendvičových konstrukcí s přízdívkou. Porovnání tepelných izolantů bylo provedeno pro nadzemní část obvodové konstrukce bez uvažování soklové oblasti.

➤ Izolační materiály pro kontaktní zateplovací systém:

- minerální kamenná vlna,
- bílý pěnový polystyrén EPS,
- šedý pěnový polystyrén EPS,
- materiály na bázi konopí,
- dřevovláknité materiály,
- fenolická pěna.

➤ Izolační materiály do provětrávaných fasád:

- minerální kamenná vlna,
- minerální skelná vlna,
- materiály na bázi konopí,

- dřevovláknité materiály,
  - fenolická pěna,
  - PIR pěna
- Izolační materiály do sendvičových konstrukcí:
- minerální kamenná vlna,
  - minerální skelná vlna,
  - fenolická pěna,
  - PIR pěna.

### 3.2. Možnosti různého způsobu užití tepelné izolace v konstrukci

Z hlediska výběru vhodného tepelného izolantu není podstatné pouze porovnávání jednotlivých tepelně izolačních materiálů, ze kterých jsou tepelné izolace vyrobeny, ale i porovnání způsobu jejich použití v konstrukci. Je důležité si uvědomit, která varianta zateplovacího systému přináší jaké plusy a mínusy zároveň. Pro zvolení optimálního zateplovacího systému byly porovnány 3 varianty:

➤ Kontaktní zateplovací systém

kladné stránky: snadná realizace, menší tloušťka souvrství,

záporné stránky: jednotvárné úpravy povrchu v podobě omítky, možnost vzniku kondenzace, nižší ochrana tepelné izolace proti mechanickému poškození.

➤ Systém provětrávané fasády

kladné stránky: variabilita fasádního obkladu, příznivý účinek na vlhkostní režim stěny díky větrané mezeře, snadná oprava poškozené části bez porušení fasády,

záporné stránky: složitost realizace, nárůst tloušťky souvrství o šířku vzduchové mezery, tepelné mosty vlivem nosného roštu.

➤ **Systém sendvičové konstrukce**

- kladné stránky: ochrana tepelné izolace, vyhledávaná fasádní úprava v podobě přiznaného zdiva,
- záporné stránky: zvýšená cena vlivem přízdívky, navýšení tloušťky konstrukce vlivem přízdívky, náročnost na realizaci, možnost vzniku kondenzace.

Každý způsob zateplení tedy přináší kladné i záporné stránky a závisí obvykle na investrovi, která stránka jeho požadavků převažuje.

### **3.3. Volba parametrů pro výběr tepelného izolantu**

Pomineme-li variabilitu estetické úpravy fasád a další méně důležité výhody jednotlivých možností zateplení, zůstanou zásadní rozdíly především v technických parametrech. Jedná se zejména o cenu, tepelně izolační vlastnosti a fyzikální rozdíly (tloušťka izolantu).

Porovnáním tepelných izolací je hledán v ideálním případě takový výrobek, který bude prokazovat při splnění určitých požadavků nejnižší cenu. Pro účely volby optimálního tepelně izolačního materiálu, resp. tepelné izolace, byly zavedeny tyto parametry:

- nízká cena [Kč/m<sup>2</sup>],
- malá tloušťka tepelného izolantu [m] při splnění hodnot součinitele prostupu tepla  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  pro obvodovou konstrukci.

Zavedením těchto parametrů je definován optimální tepelně izolační výrobek, který bude vykazovat co nejlepší poměr cena/výkon, v tomto případě je výkonem uvažován součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  [W/(mK)].

### **3.4. Výběr typu zateplení v závislosti na způsobu užití tepelné izolace v konstrukci**

Zavedením parametru nízké ceny a malé tloušťky izolantu potřebné k zajištění hodnoty  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  pro obvodovou konstrukci hledáme takový zateplovací systém, který nejlépe splní tyto požadavky.

Předpoklad:

Budeme-li uvažovat běžné izolanty srovnatelných tepelných vlastností, lze předpokládat, že tyto požadavky bude nejlépe splňovat kontaktní zateplení. To je tvořeno pouze nosnou konstrukcí a tepelným izolantem. Následovat bude systém zateplení formou provětrávané fasády, kde je šířka souvrství navýšena o tloušťku provětrávané mezery. Jako nejméně vhodné se jeví zateplování pomocí sendvičové konstrukce, u které je souvrství tvořeno nosnou konstrukcí, tepelným izolantem, (provětrávanou mezerou) a přízdívkou. Ta navyšuje nejen tloušťku celé konstrukce, ale zvyšuje i cenu za metr čtvereční.

V případě použití izolantů s enormně lepšími tepelnými vlastnostmi dosáhneme sice nižší tloušťky obvodového souvrství, ale tato kladná stránka bývá obvykle převážena vyšší cenou za izolant.

Pro ověření předpokladu byl použit následující příklad:

Nosná konstrukce tvořena zdicími prvky Porotherm 30 P+D o tepelném odporu  $R=1,11 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ . Pro různé způsoby užití tepelné izolace v konstrukci byly zvoleny běžně užívané izolační materiály s podobnými hodnotami součinitele tepelné vodivosti  $\lambda \text{ [W/(mK)]}$ .

1) Zdivo s kontaktním zateplením

skladba: nosná konstrukce z bloků Porotherm 30 P+D tl. 300 mm, zateplení 270 mm bílého EPS, omítka

součinitel prostupu tepla U: 0,119 W/m<sup>2</sup>K

celková tloušťka konstrukce: 570 mm

celková cena za materiál: 741,32 Kč/m<sup>2</sup> (zdivo\*) + 445,08 Kč/m<sup>2</sup> (EPS\*) =  
1 186,40 Kč/m<sup>2</sup>

\*cena zdicích prvků Porotherm 30 P+D (viz Příloha 2 – Tabulka - Přehled porovnávaných zdicích prvků)

\*\*průměrná cena EPS pro tloušťku 270 mm (viz Tabulka 5)

2) Zdivo s provětrávanou mezerou

skladba: nosná konstrukce z bloků Porotherm 30 P+D tl. 300 mm, zateplení 260 mm minerální kamenné vlny, větraná vzduchová mezera 50 mm, fasádní obklad

součinitel prostupu tepla U: 0,122 W/m<sup>2</sup>K

celková tloušťka konstrukce: 610 mm

celková cena za materiál: 741,32 Kč/m<sup>2</sup> (zdivo\*) + 527,89 Kč/m<sup>2</sup> (vlna\*) = 1 269,21 Kč/m<sup>2</sup>

\*cena zdicích prvků Porotherm 30 P+D (viz Příloha 2 – Tabulka - Přehled porovnávaných zdicích prvků)

\*\*průměrná cena minerální kamenné vlny pro tloušťku 260 mm (viz Tabulka 6)

3) sendvičové zdivo

skladba: nosná konstrukce z bloků Porotherm 30 P+D tl. 300 mm, zateplení 250 mm minerální kamenné vlny, větraná vzduchová mezera 50 mm, přizdívka Porotherm 11,5 AKU tl. 115 mm, omítka

součinitel prostupu tepla U: 0,121 W/m<sup>2</sup>K

celková tloušťka konstrukce: 715 mm

celková cena za materiál: 741,32 Kč/m<sup>2</sup> (zdivo\*) + 546,83 Kč/m<sup>2</sup> (vlna\*) + 396,69 Kč/m<sup>2</sup> (přizdívka\*) = 1 684,84 Kč/m<sup>2</sup>

\*cena zdicích prvků Porotherm 30 P+D (viz Příloha 2 – Tabulka - Přehled porovnávaných zdicích prvků)

\*\*průměrná cena minerální kamenné vlny pro tloušťku 250 mm

skladba: nosná konstrukce z bloků Porotherm 30 P+D tl. 300 mm, zateplení 230 mm minerální kamenné vlny, přizdívka Porotherm 11,5 AKU tl. 115 mm, omítka

součinitel prostupu tepla U: 0,120 W/m<sup>2</sup>K

celková tloušťka konstrukce: 645 mm

celková cena za materiál: 741,32 Kč/m<sup>2</sup> (zdivo\*) + 503,08 Kč/m<sup>2</sup> (vlna\*) + 396,69 Kč/m<sup>2</sup> (přizdívka\*) = 1 641,09 Kč/m<sup>2</sup>

\*cena zdicích prvků Porotherm 30 P+D (viz Příloha 2 – Tabulka - Přehled porovnávaných zdicích prvků)

\*\*průměrná cena minerální kamenné vlny pro tloušťku 250 mm

Jelikož systém zateplení v podobě sendvičové konstrukce s přizdívkou nejhůře splňuje předem dané požadavky na nejnižší cenu [Kč/m<sup>2</sup>] spolu s nejmenší tloušťkou konstrukce včetně zateplení [m] při splnění hodnot součinitele prostupu tepla  $U=0,12$  W/(m<sup>2</sup>K), bylo pro další účely porovnání uvažováno pouze s tepelnými izolacemi určenými pro kontaktní zateplení a s tepelnými izolacemi určenými do provětrávaných fasád.

### 3.5. Přehled porovnávaných výrobků pro systém kontaktního zateplení a provětrávané fasády

Tepelné izolace pro kontaktní zateplení a do provětrávaných fasád nabízí velký výběr tepelně izolačních materiálů, který je zastoupen celou řadou výrobků různých značek.

Pro účely diplomové práce bylo porovnáno celkem 75 výrobků určených pro zateplení obvodových stěn. Tabulkový přehled porovnávaných tepelných izolací spolu s jejich hodnotami je součástí *Přílohy 1 – Tabulka - Přehled porovnávaných tepelných izolací*. Veškeré uvedené informace použité v této příloze byly čerpány výhradně z webových stran příslušných výrobců včetně katalogových cen. Všechny uvedené údaje jsou evidovány k 10.4.2016.

Tabulka 2 ukazuje strukturu soupisu porovnávaných tepelných izolací z *Přílohy 1 – Tabulka – Přehled porovnávaných tepelných izolací*. Pro každý výrobek byly zjištěny tyto hodnoty:

- hodnota součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$  [W/(mK)]; hodnoty určena výrobcem,
- PEI [MJ/kg]; množství primární energie potřebné k vytvoření 1 kg příslušného izolačního materiálu,
- cena izolantu tl. 0,3 m [Kč/m<sup>2</sup>]; katalogová cena výrobku doporučená výrobcem, udává cenu tepelné izolace tloušťky 0,3 metru, bez 21 % DPH

Tabulka 2 Výňatek z Přílohy 1 – Tabulka – Přehled porovnávaných tepelných izolací

Kontaktní zateplovací TI	Materiál	Užití tepelné izolace	Hodnota součinitele tepelné vodivosti $\lambda$ [W/(mK)]	PEI [MJ/kg]	Cena izolantu tl. 0,3 m [Kč/m <sup>2</sup> ]	
M I N E R Á L N Í  K A M E N N Á  V L N A	Isover NF 333	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,041	17,5	1 140,0 Kč
	Isover TF Profi	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,036	17,5	1 260,0 Kč
	Rockwool Fasrock	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	< 40 mm: 0,041; > 40 mm: 0,039	17,5	899,0 Kč
	Rockwool Fasrock LL - lamela	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,041	17,5	788,0 Kč
	Rockwool Frontrock Max E	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,036	17,5	822,0 Kč
	Knauf Insulation SMARTwall S C 1	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,035	17,5	1 540,0 Kč
	Knauf Insulation SMARTwall S C 2	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,035	17,5	1 640,0 Kč
	Knauf Insulation FKD S Thermal	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,035	17,5	1 440,0 Kč
	Knauf Insulation FKD	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,038	17,5	1 380,0 Kč
	Knauf Insulation FKL - lamela	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,04	17,5	1 200,0 Kč
	Knauf Insulation FKL C1 - lamela	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,04	17,5	1 300,0 Kč
	Knauf Insulation FKL C2 - lamela	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,04	17,5	1 400,0 Kč
	Baumit minerální fasádní desky	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,041	17,5	685,0 Kč *
	<b>průměr:</b>			<b>0,038</b>		<b>1 191,8 Kč</b>

Zdroj: vlastní zpracování



Přehled porovnávaných výrobků pro kontaktní zateplovací systém, převzato z Přílohy 1

- Minerální kamenná vlna je zastoupena výrobky:
  - Isover (Isover NF 333, Isover TF Profi)
  - Rockwool (Rockwool Fasrock, Rockwool Fasrock LL, Rockwool Frontrock Max E)
  - Knauf Insulation (Knauf Insulation SMARTwall S C 1, Knauf Insulation SMARTwall S C 2, Knauf Insulation FKD S Thermal, Knauf Insulation FKD, Knauf Insulation FKL, Knauf Insulation FKL C1, Knauf Insulation FKL C2)
  - Baumit (minerální kamenná vlna)
  
- Bílý fasádní polystyren EPS je zastoupen výrobky:
  - Isover (Isover EPS 70 F, Isover EPS 100 F)
  - Baumit (Baumit OpenTherm, Baumit EPS-F)
  - Styrotrade (Styro EPS 70F, Styro EPS 100F)
  - Bachl (EPS 70 F, EPS 100 F)
  
- Šedý fasádní polystyren EPS je zastoupen výrobky:
  - Isover (Isover EPS GreyWall, Isover Twinner, Isover EPS GreyWall Plus )
  - Baumit (Baumit open reflect, Baumit open plus, Baumit StarTherm)
  - Styrotrade (Styrotherm plus 70, Styrotherm plus 100)
  - Bachl (Extrapor 70 F, Extrapor 100 F)
  
- Materiály na bázi konopí jsou zastoupeny výrobky:
  - Naporo (Naporo Universal) (dřív Canabest)
  
- Dřevovláknité materiály jsou zastoupeny výrobky značky:
  - Pavatex (Pavatex Diffutherm, Pavatex Isolair)
  - Steico (Steico Protect)
  
- Fenolická pěna je zastoupena výrobky:
  - Kingspan (Kooltherm K5)
  - Baumit (Baumit Resolution)

Přehled porovnávaných výrobků pro provětrávané fasády, převzato z Přílohy 1

- Minerální kamenná vlna je zastoupena výrobky:
  - Isover (Isover UNI, Isover Maxil, Isover Topsil, Isover Fassil, Isover Fassil NT)
  - Rockwool (Rockwool Venti Max, Rockwool Venti Max F, Rockwool Rockton, Rockwool Superrock, Rockwool Airrock HD, Rockwool Airrock ND FB1)
  - Knauf Insulation (Knauf Insulation MPS, Knauf Insulation MPN, Knauf Insulation MPE)
  
- Minerální skelná vlna je zastoupena výrobky:
  - Isover (Isover Multimax 30, Isover Super-Vent Plus, Isover Multiplat 35)
  - Knauf Insulation (Knauf Insulation Naturboard 032, Knauf Insulation Naturboard 035, Knauf Insulation Naturboard 037, Knauf Insulation TP 435 B, Knauf Insulation TP 425 B)
  - Rotaflex (Rotaflex FD 01, Rotaflex FD 02)
  - Ursa (Ursa FDP 1/v, Ursa FDP 2/v, Ursa FKP 1, Ursa FKP 2)
  
- Materiály na bázi konopí jsou zastoupeny výrobky:
  - Termo-konopí (Termo konopí Plus, Termo konopí Premium)
  - Naporo (Klima Hanf)
  
- Dřevovláknité desky jsou zastoupeny výrobky:
  - Pavatex (Pavatex Pavatherm Combi, Pavatex Pavatherm Plus)
  - Steico (Steico Special)
  
- Fenolická pěna je zastoupena výrobky:
  - Kingspan (Kooltherm K15)
  
- PIR pěna je zastoupena výrobky:
  - Pama (Powerwall)
  - IKO Enertherm (IKO Enertherm ALU TG)
  - Puren (Puren HoltaFix)

### 3.6. Faktory ovlivňující výši ceny tepelné izolace

Pro zjištění faktorů, které nejvíce ovlivňují cenu tepelného izolantu, byly z Přílohy 1 vybrány nejlevnější a nejdražší výrobky pro každý izolační materiál. Tabulka 3 uvádí výrobky pro kontaktní zateplení, Tabulka 4 výrobky do provětrávaných fasád. Ceny nezahrnují ostatní stavební materiál a příslušenství.

Pro zjištění potřebné tloušťky tepelné izolace při splnění hodnoty  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  bylo uvažováno s nosnou obvodovou konstrukcí Porotherm 30 P+D tloušťky 300 mm a tepelném odporu zdicího prvku  $R=1,11 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}$ . Výpočet byl proveden bez započtení vlivu  $R_{se}$  a  $R_{si}$ .

Tabulka 3 Tepelné izolace pro kontaktní zateplení – nejlevnější a nejdražší výrobek

Kontaktní zateplovací TI	Nejlevnější / nejdražší	Výrobek	Cena tepelné izolace [Kč/m <sup>2</sup> ] při tloušťce 0,3 m	Hodnota součinitele tepelné vodivosti $\lambda$ [W/(mK)]	Hodnota součinitele U obvodové kce po zateplení [W/(m <sup>2</sup> K)]	Tloušťka tepelné izolace [m] při splnění $U=0,12$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Cena [Kč/m <sup>2</sup> ] TI při splnění $U=0,12$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
Minerální kamenná vlna	nejlevnější	Baumit minerální desky	685,00 Kč *	0,041	0,120	0,290	662,20 Kč
	nejdražší	Knauf Insulation SMARTwall S C 2	1 640,00 Kč	0,035	0,119	0,250	1 366,67 Kč
Bílý pěnový polystyren EPS	nejlevnější	Styrotrade Styro EPS 70F	266,10 Kč	0,039	0,118	0,280	248,36 Kč
	nejdražší	Isover EPS 100 F	735,00 Kč	0,037	0,120	0,260	637,00 Kč
Šedý pěnový polystyren EPS	nejlevnější	Styrotrade Styrotherm plus 70	343,00 Kč	0,032	0,118	0,230	263,00 Kč
	nejdražší	Bachl Extrapor 100 F	870,00 Kč	0,031	0,119	0,220	638,00 Kč
Konopná izolace	jediný vzorek	Naporo Universal	1 980,00 Kč	0,041	0,120	0,290	1 914,00 Kč
Dřevovláknitá izolace	nejlevnější	Pavatex Diffutherm	2 139,00 Kč	0,043	0,120	0,310	2 210,30 Kč
	nejdražší	Steico Protect	2 605,80 Kč	0,040	0,120	0,290	2 519,00 Kč
Fenolická pěna	jediný vzorek	Kingspan Kooltherm K5	2 562,90 Kč	0,021	0,121	0,150	1 281,45 Kč

\*obchodní cena z důvodu neposkytnutí cenových údajů firmou Baumit

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 4 Tepelné izolace do provětrávaných fasád – nejlevnější a nejdražší výrobek

TI provětráv. fasády	Nejlevnější / nejdražší	Výrobek	Cena tepelné izolace [Kč/m <sup>2</sup> ] při tloušťce 0,3 m	Hodnota součinitele tepelné vodivosti $\lambda$ [W/(mK)]	5% nárůst $\lambda$ [W/(mK)] vlivem nosného roštu	Hodnota součinitele U obvodové kce po zateplení [W/(m <sup>2</sup> K)]	Tloušťka tepelné izolace [m] při splnění U=0,12 [W/(m <sup>2</sup> K)]	Cena [Kč/m <sup>2</sup> ] TI při splnění U=0,12 [W/(m <sup>2</sup> K)]
Minerální kamenná vlna	nejlevnější	Rockwool Superrock	347,00 Kč	0,035	0,037	0,120	0,260	300,73 Kč
	nejdražší	Isover Maxil	906,00 Kč	0,034	0,036	0,118	0,260	785,20 Kč
Minerální skelná vlna	nejlevnější	Isover Multiplat 35	405,00 Kč	0,035	0,037	0,120	0,260	351,00 Kč
	nejdražší	Isover Multimax 30	1 080,00 Kč	0,030	0,032	0,118	0,230	828,00 Kč
Konopná izolace	nejlevnější	Naporo Klima Hanf	900,00 Kč	0,040	0,042	0,121	0,300	900,00 Kč
	nejdražší	Termo konopi Plus	1 170,00 Kč	0,040	0,042	0,121	0,300	1 170,00 Kč
Dřevovláknitá izolace	nejlevnější	Pavatherm Combi	1 629,00 Kč	0,041	0,043	0,120	0,310	1 683,30 Kč
	nejdražší	Steico Special	2 325,00 Kč	0,046	0,048	0,120	0,350	2 712,50 Kč
Fenolická pěna	jediny vzorek	Kingspan Kooltherm K15	2 893,80 Kč	0,020	0,021	0,121	0,150	1 446,90 Kč
PIR pěna	nejlevnější	IKO Enertherm ALU TG	1 800,00 Kč	0,022	0,023	0,118	0,170	1 020,00 Kč
	nejdražší	Puren HoltaFix	3 007,20 Kč	0,025	0,026	0,120	0,190	1 904,56 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

Z Tabulky 3 a 4 je patrné, že cena tepelného izolantu závisí nejen na tepelně izolačních vlastnostech, druhu materiálu, ale i na výrobci (značce produktu).

#### Faktory ovlivňující výši ceny tepelné izolace:

##### 1) Tepelně izolační vlastnosti

Porovnáním ceny izolantů vyrobených ze stejného tepelně izolačního materiálu bylo zjištěno, že tepelné izolanty disponující lepšími hodnotami součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$  [W/(mK)], tudíž s lepšími tepelně izolačními vlastnostmi, bývají dražší. Příkladem je minerální skelná vlna určená do provětrávaných fasád. Ačkoliv výrobky Isover Multiplat 35 a Isover Multimax 30 zastupují stejný tepelně izolační materiál, jejich hodnota  $\lambda$  [W/(mK)] vykazuje značný rozdíl. Tento rozdíl je promítnut i do ceny izolantu Isover Multimax 30, který je díky lepším izolačním vlastnostem několikanásobně dražší.

##### 2) Druh materiálu

Mezi nejlevnější varianty zateplení patří synteticky vyrobené izolace v podobě bílého a šedého polystyrénu. Zde se cena pohybuje několikanásobně níže než u nejdražších

izolantů, které jsou obvykle založeny na přírodní bázi v podobě dřevovláknitých a konopných izolací. Zatímco u EPS se ceny pohybují kolem několika set korun za metr čtvereční, u konopných a dřevovláknitých izolací se jedná o tisíci korunové položky.

### 3) Výrobce

Tepelné izolace ze stejného materiálu o přibližně stejných tepelně izolačních vlastnostech mohou být i několikanásobně dražší v závislosti na výrobcí, pod kterým jsou na trhu prodávány. Některé cenové rozdíly jsou značné i při minimálním rozdílu hodnoty  $\lambda$  [W/(mK)], před uskutečněním koupě příslušné tepelné izolace je tedy vhodné se informovat, kteří výrobci požadovaný produkt nabízí, a porovnat jejich cenové nabídky.

## 3.7. Vliv tepelně izolačních vlastností na úsporu financí

Požizovací cena materiálu s lepšími izolačními vlastnostmi bývá často několikrát vyšší než u materiálu s běžnými izolačními schopnostmi. Je důležité zhodnotit prvotní investici spojenou s realizací zateplení a její návratnost v čase. Zdánlivá úspora při pořízení levnějšího tepelného izolantu nemusí vždy znamenat úsporu financí.

Pro ověření předpokladu byl použit následující příklad:

Porovnání tepelné izolace Kingspan Kooltherm K5 s tepelnou izolací Styrotrade Styro EPS 70F. Výpočet byl proveden na vzorový bytový dům o půdorysných rozměrech 30 x 15 metrů (včetně obvodové konstrukce) a o 4 nadzemních podlažích. Obytná plocha bez obvodové konstrukce je  $A_1=423,36 \text{ m}^2$ , výška objektu 12 metrů, fasádní plocha pro zateplení (bez uvažování plochy otvorů ve zdivu)  $A_2=1\ 080 \text{ m}^2$ .

Pro zjištění potřebné tloušťky tepelné izolace při splnění hodnoty  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  bylo uvažováno s nosnou obvodovou konstrukcí Porotherm 30 P+D tloušťky 300 mm a tepelném odporu zdícího prvku  $R=1,11 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}$ . Výpočet byl proveden bez započtení vlivu  $R_{se}$  a  $R_{si}$ .

- Kontaktní zateplení tepelnou izolací Kingspan Kooltherm K5

Jako první varianta byl zvolen izolant Kingspan Kooltherm K5. Jeho výborné tepelně izolační vlastnosti v podobě nízkého součinitele tepelné vodivosti  $\lambda=0,021 \text{ W/(mK)}$  umožňují zateplení 0,3 metru nosné konstrukce z Porotherm 30 P+D pouhými 150 mm izolantu při splnění  $U=0,12 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (viz Tabulka 3). Cena této tloušťky izolantu představuje 1281,45 Kč/m<sup>2</sup>, což řadí Kingspan Kooltherm K5 k dražším izolacím.

Cena za tepelnou izolaci:  $1281,45 \text{ Kč/m}^2 \times 1080 \text{ m}^2 = 1\,383\,966 \text{ Kč}$ .

Celková tloušťka obvodové konstrukce včetně zateplení je 45 cm.

Čistá obytná plocha po zateplení: 410,31 m<sup>2</sup>.

- Kontaktní zateplení tepelnou izolací Styrotrade Styro EPS 70F

Druhou variantou byla zvolena nejlevnější tepelná izolace Styrotrade Styro EPS 70F. S hodnotou  $\lambda=0,039 \text{ W/(mK)}$  se řadí k izolacím s běžnými tepelně izolačními schopnostmi. Avšak z cenového hlediska patří k nejlevnějším variantám zateplení, pro splnění požadavku hodnoty součinitele prostupu tepla  $U=0,12 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  postačí tloušťka 280 mm, což odpovídá ceně 248,36 Kč/m<sup>2</sup> (viz Tabulka 3).

Cena za tepelnou izolaci:  $248,36 \text{ Kč/m}^2 \times 1080 \text{ m}^2 = 268\,228,8 \text{ Kč}$ .

Celková tloušťka obvodového souvrství včetně zateplení je 58 cm.

Čistá obytná plocha po zateplení: 399,15 m<sup>2</sup>.

Zateplení pomocí nejlevnější varianty v podobě bílého fasádního polystyrénu Styrotrade Styro EPS 70F je finančně méně náročné než zateplení izolantem Kingspan Kooltherm K5. Zároveň je podstatné, že tloušťka tepelného izolantu u levnější varianty byla díky několikanásobně horšímu součiniteli tepelné vodivosti navýšena o 13 centimetrů. Rozdíl úbytku půdorysné plochy při zateplení Kingspan Kooltherm K5 a Styrotrade Styro EPS 70F činí 11,16 m<sup>2</sup> na jedno podlaží. Při ceně obytné plochy ve velkých městech by se jednalo o ztrátu i několika milionů korun v závislosti na půdorysné velikosti domu a počtu jeho podlaží.

Použití nejlevnějšího izolantu tedy neznamená vždy záruku ušetření financí, stejně tak jako použití izolantů v cenově dražší kategorii nemusí nutně zaručovat kvalitnější tepelné vlastnosti. Hledaný optimální tepelný izolant zaručuje splnění co nejkvalitnějších tepelně izolačních vlastností při co nejnižší ceně.

### 3.8. Výběr tepelného izolantu

#### 3.8.1. Porovnání tepelně izolačních materiálů pro systém kontaktního zateplení a provětrávané fasády

Pro výběr vhodného zateplovacího systému a následně i výběr optimálního tepelně izolačního materiálu vykazující nejlepší poměr cena/výkon, v tomto případě je výkonem uvažován součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  [W/(mK)], byl proveden aritmetický průměr cen posuzovaných výrobků [Kč/m<sup>2</sup>] tloušťky 0,3 metru zastupující stejný tepelně izolační materiál a zároveň aritmetický průměr jejich hodnot součinitelů tepelné vodivosti  $\lambda$  [W/(mK)]. Průměr eliminuje nejdražší výrobky s nejlepšími hodnotami součinitele tepelné vodivosti a zároveň nejlevnější varianty s nejméně příznivými součiniteli tepelné vodivosti. Hodnoty všech výrobků byly převzaty z *Přílohy 1 – Tabulka – Přehled porovnávaných tepelných izolací*.

Tabulka 5 a 6 znázorňuje průměrné hodnoty cen [Kč/m<sup>2</sup>] a  $\lambda$  [W/(mK)] jednotlivých tepelně izolačních materiálů pro systém kontaktního zateplení a provětrávané fasády.

Pro zjištění potřebné tloušťky tepelné izolace při splnění hodnoty  $U=0,12$  W/(m<sup>2</sup>K) bylo uvažováno s nosnou obvodovou konstrukcí Porothem 30 P+D tloušťky 300 mm a tepelném odporu zdicího prvku  $R=1,11$  (m<sup>2</sup>K)/W. Výpočet byl proveden bez započtení vlivu  $R_{se}$  a  $R_{si}$ .

Tabulka 5 Tepelně izolační materiály pro kontaktní zateplení – průměrné hodnoty

Kontaktní zateplovací TI	Mínérální kamenná vlna	Bílý EPS	Šedý EPS	Konopná izolace	Dřevovláknitá TI	Fenolická pěna
Cenové rozmezí nejlevnějšího a nejdražšího výrobku tloušťky 0,3 m [Kč/m <sup>2</sup> ]	685,00 Kč - 1 640,00 Kč	266,10 Kč - 735,00 Kč	343,00 Kč - 870,00 Kč	1 980,00 Kč	2 139,00 Kč - 2 605,80 Kč	2 562,90 Kč
Průměrná cena všech výrobků tloušťky 0,3 m [Kč/m <sup>2</sup> ]	1 191,80 Kč	494,53 Kč	656,78 Kč	1 980,00 Kč	2 295,68 Kč	2 562,86 Kč
Rozmezí hodnot součinitele tepelné vodivosti $\lambda$ [W/(mK)]	0,035 - 0,041	0,036 - 0,039	0,031 - 0,034	0,041	0,040 - 0,047	0,02 - 0,022
Průměrná hodnota součinitele tepelné vodivosti $\lambda$ [W/(mK)]	0,038	0,038	0,032	0,041	0,043	0,021
Tloušťka tepelné izolace [m] při splnění $U=0,12$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	0,27	0,27	0,23	0,29	0,31	0,15
Hodnota součinitele U obvodové kce po zateplení [W/(m <sup>2</sup> K)]	0,119	0,119	0,118	0,120	0,120	0,121
Průměrná cena [Kč/m <sup>2</sup> ] TI při splnění $U=0,12$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	1 072,62 Kč	445,08 Kč	503,53 Kč	1 914,00 Kč	2 372,20 Kč	1 281,43 Kč
Navýšená cena o dílčí stavební materiály cca 170 [Kč/m <sup>2</sup> ]*	1 242,62 Kč	615,08 Kč	673,53 Kč	2 084,00 Kč	2 542,20 Kč	1 451,43 Kč

\*116,50 Kč/m<sup>2</sup> Baumit SiliporTop fasádní omítka silikonová, tl. 1,5 mm, ceník Baumit str. 24; 26,95 Kč/m<sup>2</sup> Baumit DuoContact lepicí a stěrková hmota, spotřeba cca 3,5 kg/m<sup>2</sup>, ceník Baumit str. 62; 24,7 Kč/m<sup>2</sup> SoftTex výztužná síťovina, ceník Baumit str. 67

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 6 Tepelně izolační materiály do provětrávaných fasád – průměrné hodnoty

TI provětrávané fasády	Mínérální kamenná vlna	Mínérální skelná vlna	Konopná izolace	Dřevovláknitá TI	Fenolická pěna	PIR pěna
Cenové rozmezí nejlevnějšího a nejdražšího výrobku tloušťky 0,3 m [Kč/m <sup>2</sup> ]	347,00 Kč - 906,00 Kč	405,00 Kč - 1 080,00 Kč	900,00 Kč - 1 170,00 Kč	1 629,00 Kč - 2 325,00 Kč	2 893,80 Kč	1 800 Kč - 3 007,2 Kč
Průměrná cena všech výrobků tloušťky 0,3 m [Kč/m <sup>2</sup> ]	609,10 Kč	694,00 Kč	1 095,00 Kč	1 886,00 Kč	2 893,80 Kč	2 403,60 Kč
Rozmezí hodnot součinitele tepelné vodivosti $\lambda$ [W/(mK)]	0,033 - 0,039	0,030 - 0,040	0,040	0,041 - 0,046	0,020	0,022 - 0,027
Průměrná hodnota součinitele tepelné vodivosti $\lambda$ [W/(mK)]	0,035	0,035	0,040	0,043	0,020	0,025
5% nárůst $\lambda$ [W/(mK)] vlivem nosného roštu*	0,037	0,037	0,042	0,045	0,021	0,026
Tloušťka tepelné izolace [m] při splnění $U=0,12$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	0,260	0,260	0,300	0,330	0,150	0,190
Hodnota součinitele U obvodové kce po zateplení [W/(m <sup>2</sup> K)]	0,122	0,122	0,121	0,119	0,121	0,120
Průměrná cena [Kč/m <sup>2</sup> ] TI při splnění $U=0,12$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	527,89 Kč	601,47 Kč	1 095,00 Kč	2 074,60 Kč	1 446,90 Kč	1 522,28 Kč
Navýšená cena o dílčí stavební materiály cca 500 Kč/m <sup>2</sup> **	1 027,89 Kč	1 101,47 Kč	1 595,00 Kč	2 574,60 Kč	1 946,90 Kč	2 022,28 Kč

\* korekce zjištěna z programu TEPL0 2010 Svoboda Software

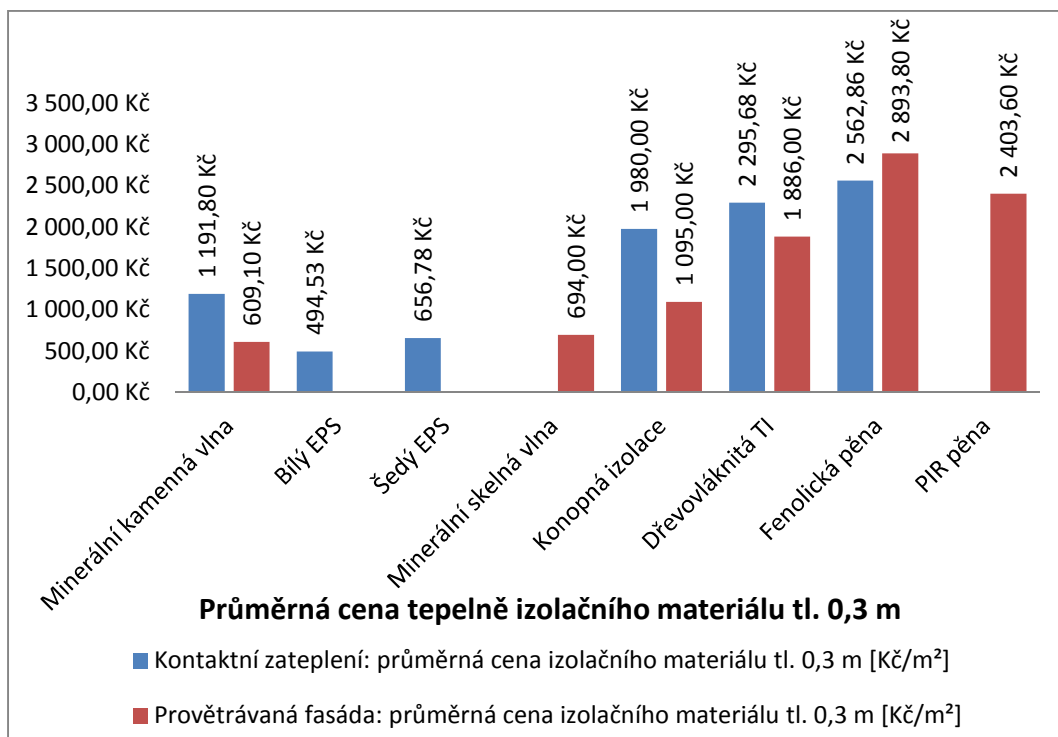
\*\*cena hliníkového roštu od 250 Kč/m<sup>2</sup>, fasádní obklad Cetriss 250 Kč/m<sup>2</sup> [www.cetriss.cz/produkty/deska-cetriss-basic/](http://www.cetriss.cz/produkty/deska-cetriss-basic/)

Zdroj: vlastní zpracování



Graf 3 znázorňuje průměrnou cenu izolačních materiálů pro kontaktní zateplení a pro provětrávanou fasádu při tloušťce tepelné izolace 0,3 metru. Hodnoty převzaty z Tabulky 5 a 6.

Graf 3 Průměrná cena tepelně izolačního materiálu tloušťky 0,3 metru [Kč/m<sup>2</sup>] - kontaktní zateplení, provětrávaná fasáda



Zdroj: vlastní zpracování

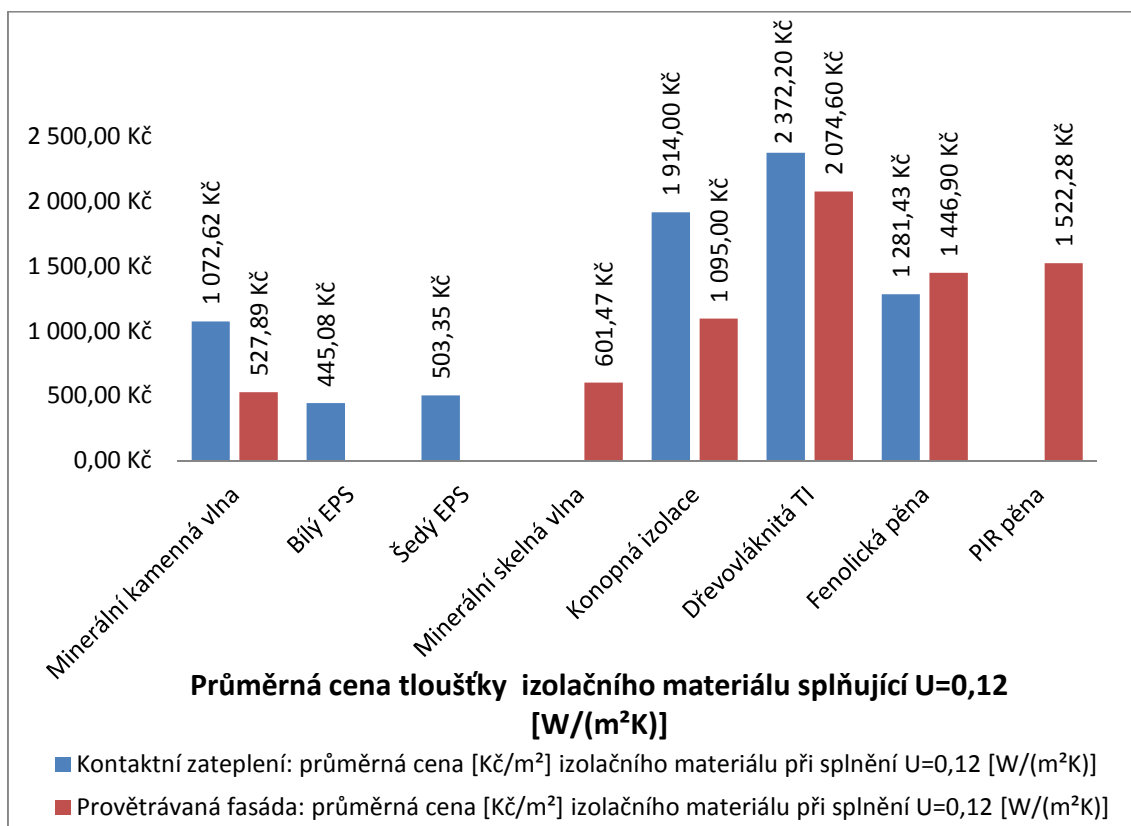
Nejlevnější variantu pro kontaktní zateplení představuje bílý a šedý polystyren, průměrná cena se pohybuje kolem 500 – 650 Kč/m<sup>2</sup>.

Z izolantů do provětrávaných fasád je cenově nejpříjemnější varianta minerální kamenné vlny, která průměrnou cenou 609,10 Kč/m<sup>2</sup> konkuruje fasádnímu polystyrenu.

Z grafu také vyplývá, že izolanty do provětrávaných fasád jsou, v porovnání s izolanty ze stejného materiálu používaným i v kontaktním zateplení, levnější.

Jelikož cena za stejnou objemovou jednotku, v tomto případě tloušťku izolantu 0,3 metru, není vypovídající o tepelných vlastnostech izolačního materiálu, byl proveden přepočítání na hodnotu součinitele prostupu tepla  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Přepočtené hodnoty pro  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  jsou uvedené v Tabulce 5 a 6. Graf 4 znázorňuje jejich porovnání.

Graf 4 Průměrná cena tloušťky tepelně izolačního materiálu splňující  $U=0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$  [Kč/m<sup>2</sup>] - kontaktní zateplení, provětrávaná fasáda



Zdroj: vlastní zpracování

Přepočtem na skutečné tloušťky izolantů potřebné pro splnění  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  došlo u většiny izolačních materiálů k poklesu ceny. To znamená, že u většiny tepelně izolačních materiálů je potřeba menší tloušťky tepelného izolantu než 0,3 metru k zateplení obvodové konstrukce z tvárnic Porotherm 30 P+D. Naopak u materiálů vykazujících horší hodnoty  $\lambda$  dochází k navýšení tloušťky TI, což vede ke zvýšení ceny za metr čtvereční a k úbytku obytné plochy. Takovými tepelnými izolacemi jsou izolanty na bázi dřevovláknitého materiálu.

Z Grafu 4 je dále patrné, že cena fenolické pěny po přepočtu na hodnotu  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  klesla téměř o polovinu, což je způsobeno výborným součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda \text{ [W}/(\text{mK})]$ . Jeho hodnota je v porovnání s ostatními izolanty přibližně poloviční. To představuje zhruba poloviční úsporu izolačního materiálu v porovnání s ostatními izolačními materiály. Tyto výborné tepelně izolační vlastnosti jsou často převáženy cenou TI, která je několikrát vyšší v porovnání s jinými izolanty.

Pro izolační materiály, vyskytující se v obou systémech zateplení (minerální kamenná vlna, izolační materiál na bázi konopí, dřevovláknitý izolační materiál), stále platí, že izolanty z nich vyrobené jsou levnější při použití v provětrávaných fasádách. Výjimku tvoří pouze fenolická pěna.

Tabulka 7 Tloušťky materiálů odpovídající hodnotě  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

<b>Kontaktní zateplovací TI</b>	Minerální kamenná vlna	Bílý EPS	Šedý EPS	Konopná izolace	Dřevovláknitá TI	Fenolická pěna
Tloušťka tepelné izolace [m] při splnění $U=0,12 \text{ [W}/\text{m}^2\text{K}]$	0,27	0,27	0,23	0,29	0,31	0,15
<b>TI do provětrávané fasády</b>	Minerální kamenná vlna	Minerální skelná vlna	Konopná izolace	Dřevovláknitá TI	Fenolická pěna	PIR pěna
Tloušťka tepelné izolace [m] při splnění $U=0,12 \text{ [W}/\text{m}^2\text{K}]$	0,260	0,260	0,300	0,330	0,150	0,190

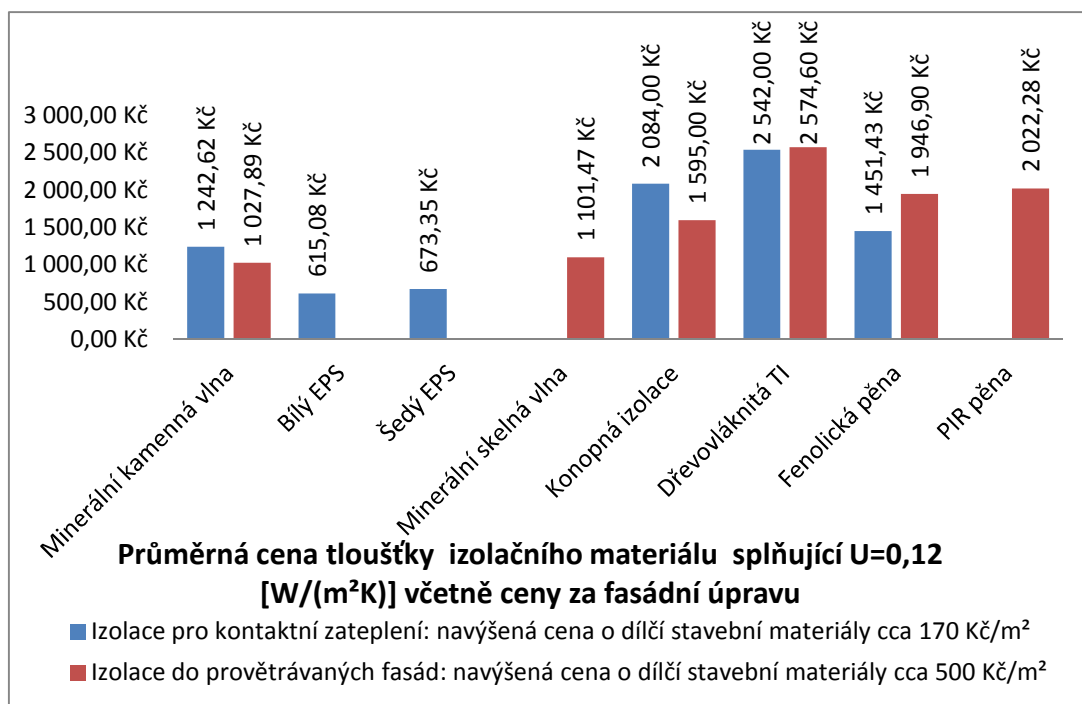
*Zdroj: vlastní zpracování*

Z grafu 4 dále vyplývá, že cenově nejpříjemnějším tepelným izolantem je EPS pro kontaktní zateplení či minerální kamenná a skelná vlna určená do provětrávaných fasád. Ceny se u těchto izolací pohybují v průměru od 450 – 600 Kč/m<sup>2</sup>. Pokud bychom zohlednili proveditelnost a další náklady spojené s realizací kontaktního zateplení a provětrávané fasády, byla by cena ovlivněna dalšími dílčími materiály potřebnými pro finální úpravu zateplovacího systému. Pro kontaktní zateplení to znamená započítat náklady spojené s konečnou fasádní úpravou nejčastěji v podobě fasádní omítky, pro systém provětrávané fasády jsou důležitými faktory ovlivňující cenu náklady spojené s fasádním obkladem a nosným roštem.

Tyto položky sice neovlivňují samotnou cenu tepelného izolantu, ale mohou být nezanedbatelnou položkou, je tedy nutné s nimi při návrhu počítat.

Graf 5 znázorňuje výši ceny TI [Kč/m<sup>2</sup>] po započtení nákladů spojených s realizací fasádního povrchu u kontaktního zateplení, jedná se především o náklady za fasádní omítku a lepicí stěrkovou hmotu. Pro realizaci provětrávané fasády jsou tyto náklady především určené nosným roštem a fasádním obkladem. Ceny jsou uvedeny pouze za jmenovaný stavební materiál a nezohledňují cenu dílčího příslušenství, hodnoty převzaty z Tabulky 5 a 6.

Graf 5 Cena izolací včetně fasádní úpravy – kontaktní zateplení, provětrávaná fasáda



Zdroj: vlastní zpracování

Připočtením dalších nákladů spojených s realizací zateplení jsme ověřili, že cena stavebních úprav spojených se zateplením může výrazně ovlivnit cenu kompletního díla. Pokud by byly zvoleny např. drahé fasádní obklady, jejich cena může překonat i samotnou cenu tepelného izolantu. Je tedy vhodné vždy uvažovat, zda estetická stránka objektu nepřevažuje nad praktičností.

Z grafu 5 je patrné, že nejlevnějším zateplovacím systémem je kontaktní zateplení, přesněji s použitím tepelného izolantu z bílého a šedého fasádního polystyrénu. Tím byl nalezen cenově nejvýhodnější způsob použití tepelné izolace v konstrukci spolu s cenově nejlevnějším tepelně izolačním materiálem.

### 3.8.2. Porovnání výrobků EPS

Pro výběr konkrétní tepelné izolace bylo provedeno porovnání těchto výrobků:

- Bílý fasádní polystyren EPS
  - Isover (Isover EPS 70 F, Isover EPS 100 F)
  - Baumit (Baumit OpenTherm, Baumit EPS-F)
  - Styrotrade (Styro EPS 70F, Styro EPS 100F)

- Bachl (EPS 70 F, EPS 100 F)
- Šedý fasádní polystyren EPS
  - Isover (Isover EPS GreyWall, Isover Twinner, Isover EPS GreyWall Plus )
  - Baumit (Baumit open reflect, Baumit open plus, Baumit StarTherm)
  - Styrotrade (Styrotherm plus 70, Styrotherm plus 100)
  - Bachl (Extrapor 70 F, Extrapor 100 F)

Tabulka 8 a 9 zobrazuje přehled porovnávaných výrobků zastupujících bílý fasádní EPS a šedý fasádní EPS. Hodnoty byly převzaty z Přílohy 1 – Tabulka – Přehled porovnávaných tepelných izolací.

Tabulka 8 Bílý fasádní polystyren - přehled výrobků

Kontaktní zateplovací TI	Materiál	Poznámka	Hodnota součinitele tepelné vodivosti $\lambda$ [W/(mK)]	Tloušťka desek v mm	PEI [MJ/kg]	Cena desek různé tloušťky [Kč/m <sup>2</sup> ] bez DPH	Cena TI [Kč/m <sup>2</sup> ], tl. TI 0,3 m
BÍLÝ FASÁDNÍ POLYSTYREN	Isover EPS 70 F	bílý EPS vnější kontaktní zateplovací systém; 20 < $\mu$ < 40	0,039	10 - 200 mm	98,5	20,90 Kč - 418,00 Kč	627,00 Kč
	Isover EPS 100 F	bílý EPS vnější kontaktní zateplovací systém; 30 < $\mu$ < 70	0,037	30 - 200 mm	98,5	73,50 Kč - 490,00 Kč	735,00 Kč
	Baumit openTherm	bílý EPS vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu$ < 10	0,039	60 - 200 mm	98,5	Cena na vyžádání	435,00 Kč
	Baumit EPS-F	bílý EPS vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu$ < 40	0,039	20 - 160 mm	98,5	Cena na vyžádání	277,50 Kč
	Styrotrade Styro EPS 70F	bílý EPS vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu$ < 40	0,039	10 - 300 mm	98,5	8,87 Kč - 266,10 Kč	266,10 Kč
	Styrotrade Styro EPS 100F	bílý EPS vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu$ < 70	0,037	10 - 300 mm	98,5	11,37 Kč - 341,10 Kč	341,10 Kč
	Bachl EPS 70 F	bílý EPS vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu$ < 40	0,039	10 - 200 mm	98,5	18,50 Kč - 370,00 Kč	555,00 Kč
	Bachl EPS 100 F	bílý EPS vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu$ < 40	0,036	20 - 200 mm	98,5	48,00 Kč - 480,00 Kč	720,00 Kč
<b>průměr <math>\lambda</math>:</b>			<b>0,038</b>	<b>průměrná cena Kč/m<sup>2</sup>:</b>		<b>494,59 Kč</b>	

\*obchodní cena z důvodu neposkytnutí cenových údajů firmou Baumit

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 9 Šedý fasádní polystyren – přehled výrobků

Kontaktní zateplovací TI		Materiál	Poznámka	Hodnota součinitele tepelné vodivosti $\lambda$ [W/(mK)]	Tloušťka desek v mm	PEI [MJ/kg]	Cena desek různé tloušťky [Kč/m <sup>2</sup> ] bez DPH	Cena TI [Kč/m <sup>2</sup> ], tl. TI 0,3 m
Š E D Ý  F A S Á D N Í  P O L Y S T Y R E N	Isover EPS GreyWall	šedý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém; 20 < $\mu$ < 40	0,032	20 - 300 mm	98,5	49,8 - 747	747,00 Kč
	Isover Twinner	šedý EPS + 30 mm MV	vnější kontaktní zateplovací systém; 20 < $\mu$ < 40	< 200 mm: 0,034; > 200 mm: 0,033	120 - 300 mm	98,5	390 - 790	790,00 Kč
	Isover EPS GreyWall Plus	šedý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém; 20 < $\mu$ < 40	0,031	20 - 300 mm	98,5	54 - 810	810,00 Kč
	Baumit open reflect	šedý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu$ < 10	0,031	60 - 200 mm	98,5	Cena na vyžádání	739,50 Kč *
	Baumit open plus	šedý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu$ < 10	0,032	60 - 200 mm	98,5	Cena na vyžádání	750,00 Kč *
	Baumit StarTherm	šedý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém; 20 < $\mu$ < 40	0,032	20 - 160 mm	98,5	Cena na vyžádání	348,00 Kč *
	Styrotrade Styrotherm plus 70	šedý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu$ < 40	0,032	10 - 300 mm	98,5	11,43 - 342,9	342,90 Kč
	Styrotrade Styrotherm plus 100	šedý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu$ < 70	0,031	10 - 300 mm	98,5	16,01 - 320,26	480,39 Kč
	Bachl Extrapor 70 F	šedý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu$ < 40	0,032	20 - 300 mm	98,5	46 - 690	690,00 Kč
	Bachl Extrapor 100 F	šedý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu$ < 10	0,031	80 - 200 mm	98,5	232 - 580	870,00 Kč
průměr $\lambda$ d:				0,032	průměrná cena Kč/m <sup>2</sup> :		656,78 Kč	

\*obchodní cena z důvodu neposkytnutí cenových údajů firmou Baumit

*Zdroj: vlastní zpracování*

Stanovením parametru nízké ceny [Kč/m<sup>2</sup>] v odstavci 3.3. byly z Tabulky 8 a 9 vybrány pro každý izolační materiál 3 výrobky s nejnižší cenou.

Mezi nejlevnější bílé polystyreny patří Baumit EPS-F, Styrotrade Styro EPS 70F a Styrotrade Styro 100F. K nejlevnější šedým polystyrenům patří Baumit StarTherm, Styrotrade Styrotherm plus 70 a Styrotrade Styrotherm plus 100.

Tyto výrobky byly mezi sebou porovnány za účelem výběru ekonomicky nejpříjemnějšího izolačního materiálu, resp. izolantu s nejlepším poměrem cena/výkon, přesněji cena/součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  [W/(mK)] (viz Tabulka 10).

Pro zjištění potřebné tloušťky tepelné izolace při splnění hodnoty  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  bylo uvažováno s nosnou obvodovou konstrukcí Porotherm 30 P+D tloušťky 300 mm a tepelným odporem zdicího prvku  $R=1,11 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}$ . Výpočet byl proveden bez započtení vlivu  $R_{se}$  a  $R_{si}$ .

Tabulka 10 Nejlevnější tepelné izolanty z EPS

Material	Výrobek	Difúzní odpor $\mu$ [-]	Cena izolantu tl. 0,3 m [Kč/m <sup>2</sup> ]	Deklarovaný součinitel tepelné vodivosti $\lambda_d$ [W/mK]	Tloušťka izolantu [m] při splnění $U=0,12$ [W/m <sup>2</sup> K]	Součinitel prostupu tepla $U=0,12$ [W/m <sup>2</sup> K]	Cena izolantu [Kč/m <sup>2</sup> ]
Bílý EPS	Baumit EPS F	$\mu < 40$	277,50 Kč*	0,039	0,27	0,121	249,75 Kč
Šedý EPS	Baumit StarTherm	$20 < \mu < 40$	348,00 Kč*	0,032	0,22	0,121	255,20 Kč
Šedý EPS	Styrotrade Styrotherm Plus 70	$\mu < 40$	342,90 Kč	0,032	0,22	0,121	251,46 Kč
Šedý EPS	Styrotrade Styrotherm Plus 100	$\mu < 70$	480,39 Kč	0,031	0,22	0,118	352,29 Kč
Bílý EPS	Styrotrade Styro EPS 70F	$\mu < 40$	266,10 Kč	0,039	0,27	0,121	239,49 Kč
Bílý EPS	Styrotrade Styro EPS 100F	$\mu < 70$	341,10 Kč	0,037	0,26	0,119	295,62 Kč

\* internetová prodejní cena; firma Baumit neposkytla cenové údaje o výrobku

Zdroj: vlastní zpracování

Po přepočtu na splnění požadavku  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , a tudíž na požadovanou tloušťku TI, je nejlevnější variantou bílý polystyrén Styrotrade Styro EPS 70F s cenou 239,49 Kč/m<sup>2</sup>. Tloušťka izolantu splňující hodnotu  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  je 0,27 metru, což představuje nejsilnější zateplení z porovnávaných šesti izolantů.

Druhým nejlevnějším izolantem je Baumit EPS F, jehož cena je 249,75 Kč/m<sup>2</sup>. Tloušťka potřebná k zajištění hodnoty  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  představuje, stejně jako u výše zmíněného izolantu, 0,27 metru.

Naopak nejdražší izolací je Styrotrade Styrotherm Plus 100, cena 352,29 Kč/m<sup>2</sup>, který umožňuje nejtencí vrstvu zateplení v podobě 0,22 metru.

Zde je patrná již zmiňovaná přímá úměra, tedy pokud tepelný izolant vykazuje lepší tepelně izolační hodnoty, bývá obvykle jeho cena vyšší. U levných izolantů, a tudíž často s horšími tepelně izolačními vlastnostmi, bývá prvotní úspora pouze v nákladech na pořízení tepelné izolace, tato úspora je často v neprospěch úbytku drahé obytné plochy vlivem větší tloušťky tepelného izolantu.

Z posuzovaných šesti izolantů má nejlepší poměr cena/výkon šedý EPS Styrotrade Styrotherm Plus 70, jehož cena je nepatrně vyšší oproti nejlevnějším izolantům, přesněji



251,46 Kč/m<sup>2</sup>, ale zároveň tloušťka izolace představuje jednu z nejtenčích variant, přesněji 0,22 metru. Při zateplení zdiva Porothersm 30 P+D, na kterém byl výpočet proveden, tedy získáme celkovou tloušťku souvrství v hodnotě 0,52 metru při ceně tepelného izolantu 251,46 Kč/m<sup>2</sup>.

### 3.8.3. Zhodnocení

Při návrhu zateplení objektu je vhodné vybrat vždy nejideálnější řešení pro každý typ stavby. V případech, kdy investor preferuje spíše estetickou stránku objektu, je vhodné volit spíše zateplení formou izolantů do provětrávané fasády. Ta, oproti jednotvárnosti fasádních omítek, přináší variabilitu v podobě různých fasádních obkladů ať na přírodní bázi zastoupených dřevěnými obklady, nebo synteticky vyrobenými. Volba konečné úpravy fasády může mít významný vliv na celkovou cenu zateplení, neboť cenová relace obkladů se pohybuje v řádech stovek až tisíců korun na metr čtvereční.

Pokud estetická stránka není prioritním tématem při návrhu, bývá nejdůležitějším parametrem pro volbu vhodného zateplení cena a tepelně fyzikální vlastnosti izolantu. Porovnáním různých systémů, tudíž různého způsobu využití izolace v konstrukci, se jako nejméně vhodný jeví systém izolace formou sendvičové konstrukce. Při skladbě nosné zdivo-izolace-(větraná vzduchová mezera)-přízdívka bývá cena celého souvrství navyšována cenou přízdívky. Zároveň dochází ke zvětšení tloušťky celé obvodové konstrukce, což má za následek úbytek obytné plochy.

U provětrávané fasády bývá největším záporem její pracnost, náročnost na řešení detailů, cena fasádního obkladu a v neposlední řadě vznik tepelných mostů vlivem nosného roštu. Na druhou stranu tepelně izolační vlastnosti jsou podobné jako u izolantů určených pro kontaktní zateplení, ale za mnohdy nižší cenu. V praxi to znamená, že i po započtení vlivu tepelných mostů vlivem nosného roštu je užito přibližně stejné tloušťky izolantu za nižší cenu než u kontaktního zateplení.

Nejlevnější variantu představuje systém kontaktního zateplení s užitím tepelných izolantů z bílého či šedého fasádního polystyrenu. Cena takového zateplení se včetně lepicí a stěrkové hmoty spolu s finální omítkovou úpravou pohybuje kolem 600 – 700 Kč/m<sup>2</sup>. To je přibližně dvakrát méně než kontaktní zateplení kamennou vlnou a čtyřikrát méně než zateplení dřevovláknitými izolacemi. Zateplení pomocí EPS tedy přináší značnou úsporu financí nejen za samotný materiál, ale představuje i poměrně jednoduchý a málo pracný způsob realizace. Navíc velmi dobré tepelně izolační vlastnosti šedého polystyrenu umožňují zateplovat objekty nižší tloušťkou izolantu, a tím šetřit drahou



obytnou plochu. Zápornou stránkou EPS zůstává zvýšený difúzní odpor materiálu, který může v chladnějším období vést ke kondenzaci vlhkosti v souvrství, a tím mimo jiné snižovat izolační schopnost EPS. Toto riziko je možné snížit použitím takzvaných „open“ EPS, které mají perforované strany pro lepší odvod vlhkosti, nebo použitím EPS se sníženým difúzním odporem. V každém případě je vždy během fáze projektování potřeba možnost vzniku kondenzace co nejvíce eliminovat, a tím zabránit pozdějším negativním následkům v podobě snížení účinnosti izolantu, či dokonce v podobě vzniku degradace a poruchy konstrukcí. K tomuto účelu mohou posloužit výpočtové programy specializované na ověřování tepelně fyzikálních vlastností obálky budovy.

## 4. Zdicí prvky

Zdicí prvky představují obvykle průmyslově vyrobenou konečnou úpravu materiálu. Jedná se především o cihly, tvárnice, bloky daného tvaru, rozměrů a dalších vlastností s otvory, zářezy, drážkami, prohlubněmi nebo bez nich, které určeným uspořádáním a vzájemným propojením tvoří zdivo s určenými vlastnostmi (ČSN 73 0540-1, 2005, s. 24).

Neustálý vývoj, jednoduchost a nenáročnost při výstavbě ze zdicích prvků činí stále více a častěji používanou variantu při výstavbě rodinných, bytových či komerčních staveb.

### 4.1. Vývoj zdicích prvků – eliminace úniku tepla

Zdicí prvky prochází dlouholetým vývojem, který je zaměřen především na snížení tepelných ztrát vlivem prostupu tepla konstrukcí. To přináší hledání stále nových řešení, jak tyto ztráty co nejvíce eliminovat.

Největším tepelným vodičem obvodové konstrukce není zdicí prvek, ale maltové lože, které spojuje zdicí prvky ve zdivo. Malta oproti běžně užívaným zdicím prvkům vykazuje až desetinásobně horší součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  [W/(mK)] (viz Tabulka 11).

Součinitel tepelné vodivosti má nepřímý vliv na tepelný odpor vrstvy, který je vyjádřen vztahem (3.1.1.). Čím vyšší je hodnota součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$ , tím horší je materiál izolantem.

Tabulka 11 Hodnota součinitele tepelné vodivosti vápenocementové malty

Název zdicího prvku	Malta vápenocementová	POROTHERM 50 EKO Profi	YTONG Lambda YQ P2-300	HELUZ STI 44 broušená	KM BETA PROFIBLOK 400 BRUS	HELUZ FAMILY 30 broušená
Hodnota součinitele tepelné vodivosti $\lambda$ [W/(mK)]	0,97*	0,098	0,077	0,101	0,135	0,093

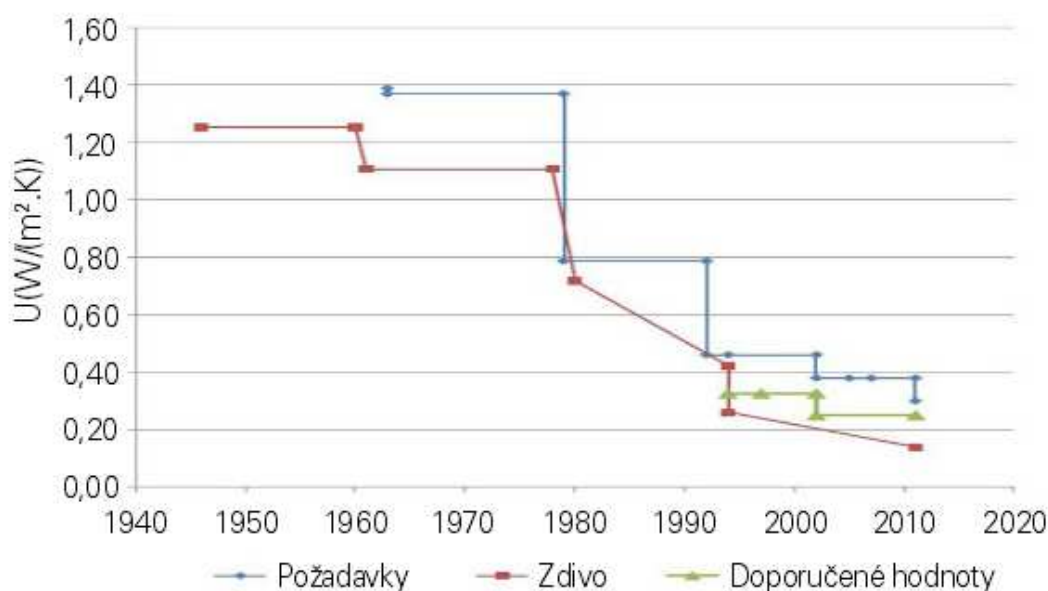
\*TEPLO 2010, Svoboda Software

Zdroj:vlastní zpracování

K eliminaci úniku tepla vlivem spár byly vytvořeny zdicí prvky, které jsou ukládány na speciální tenkovrstvé malty, lepidla či zdicí pěny tak, že výsledná tloušťka ložné spáry v ideálním případě tvoří jen asi 1 až 2 mm. Pro zamezení úniku tepla styčnými spárami byl vytvořen tzv. systém P+D, pero a drážka, který střídáním výstupků v bočních stěnách tvárnice vytváří systém zámků, který umožňuje zaklesnutí prvků do sebe bez použití malty.

Dalším stupněm vývoje bylo vytvoření vylehčených tvárnic o soustavu vzduchových dutin. Ty nejenom že zlepšují tepelně izolační schopnosti tvárnic, ale zároveň oproti plným tvárniciím šetří stavební materiál. Někdy tyto dutiny bývají pro lepší tepelné vlastnosti vyplněny minerální vlnou.

Graf 6 Chronologický vývoj součinitele prostupu tepla – normové požadavky na stěny a dosahované hodnoty zdiva tl. 440 mm



Zdroj: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/online/dokumenty/pdf/stavebnictvi\\_2011\\_06-07.pdf](http://www.casopisstavebnictvi.cz/online/dokumenty/pdf/stavebnictvi_2011_06-07.pdf)

## 4.2. Přehled porovnávaných zdicích prvků

Rozdělení porovnávaných zdicích prvků do příslušných skupin.

➤ Dle druhu materiálu:

- keramické zdicí prvky,
- pórobetonové zdicí prvky,
- vápenopískové zdicí prvky,

- betonové zdicí prvky,
- liaporové zdicí prvky.

➤ Dle značky výrobku:

- keramické zdivo
  - Porotherm
  - Heluz
  - KM Beta
  
- pórobetonové zdivo
  - Ytong
  - Porfix
  
- vápenopískové zdivo
  - Kalksandstein
  - KM Beta
  - Vapis
  - Silka
  
- betonové zdivo
  - Best Unika
  - BS Klatovy
  - Neico
  
- liaporové zdivo
  - Liapor

- Dle šířky zdicího prvku:
- 140 mm, 150 mm,
  - 175 mm,
  - 190 mm, 200 mm,
  - 240 mm, 250 mm,
  - 300 mm,
  - 365 mm, 375 mm, 380 mm,
  - 400 mm,
  - 425 mm, 440 mm, 450 mm,
  - 490 mm, 499 mm, 500 mm.

Posuzované zdicí prvky byly určené pro nosné zdivo, příčkové zdicí prvky nebyly hodnoceny.

Pro účely diplomové práce bylo porovnáno celkem 219 zdicích prvků. Tabulkový přehled porovnávaných výrobků spolu s jejich hodnotami je součástí *Přílohy 2 – Tabulka - Přehled porovnávaných zdicích prvků*. Veškeré uvedené informace použité v této příloze byly čerpány výhradně z webových stran příslušných výrobců včetně katalogových cen. Všechny uvedené údaje jsou evidovány k 10.4.2016.

Tabulka 12 ukazuje strukturu soupisu porovnávaných prvků z *Přílohy 2 – Přehled porovnávaných zdicích prvků*, popis jejich vlastností a příslušné číselné hodnoty. Pro každý výrobek byly zjištěny tyto hodnoty:

- spotřeba zdicích prvků [ $\text{ks/m}^2$ ]; hodnoty převzaty od výrobce nebo vypočteny z dostupných údajů,
- pevnost v tlaku [ $\text{MPa}$ ]; hodnota určující pevnost v tlaku jednoho zdicího prvku, tato hodnota je udávána výrobcem,
- objemová hmotnost [ $\text{kg/m}^3$ ]; hodnota určená výrobcem,
- vážená laboratorní neprůzvučnost  $R_w$  [dB]; hodnota určená výrobcem, přesná specifika dle technických listů,
- primární energie zdicího prvku [ $\text{MJ/m}^2$ ]; množství energie potřebné k výrobě  $1 \text{ m}^2$  příslušných zdicích prvků o příslušné tloušťce,

- hodnota součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$  [W/(mK)]; hodnota určena výrobcem, vztažena na jeden zdicí prvek, nutné dodržovat technologický postup zdění,
- tloušťka zdicího prvku [m]; udává tloušťku jednoho zdicího prvku,
- hodnota odporu konstrukce/zdicího prvku  $R$  [(m<sup>2</sup>K)/W]; určuje odpor jednoho zdicího prvku, výpočet proveden vztahem (3.1.1.),
- součinitel prostupu tepla  $U$  zdicího prvku [W/(m<sup>2</sup>K)]; hodnota jednoho zdicího prvku, výpočet proveden vztahem (2.1.1.) bez uvažování vlivu  $R_{si}$  a  $R_{se}$ ,
- cena  $v$  [Kč/m<sup>2</sup>] s DPH; cena příslušného počtu zdicích prvků s 21 % DPH,
- cena  $v$  [Kč/m<sup>2</sup>] bez DPH; katalogová cena příslušného počtu zdicích prvků doporučená výrobcem, bez 21 % DPH,
- tloušťka  $TI$  [m], hodnota odporu  $TI$  [(m<sup>2</sup>K)/W]; tloušťka tepelné izolace Styrotrade Styrotherm Plus 70 potřebná pro splnění požadavku  $U=0,12$  W/(m<sup>2</sup>K) pro obvodovou konstrukci zhotovenou z příslušného zdicího prvku; přehled použitých hodnot odporu  $TI$  uveden v Tabulce 14,
- součinitel prostupu tepla  $U$  obvodové konstrukce po zateplení [W/(m<sup>2</sup>K)]; hodnota součinitele prostupu tepla konstrukce zhotovené z příslušného zdicího prvku a zateplené EPS Styrotrade Styrotherm Plus 70, vypočteno vztahem (2.1.1.) bez uvažování vlivu  $R_{si}$  a  $R_{se}$ ,
- celková tloušťka konstrukce včetně  $TI$  [m]; tloušťka zdicího prvku včetně tloušťky  $TI$  potřebné ke splnění  $U=0,12$  W/(m<sup>2</sup>K),
- cena zdiva včetně tepelné izolace [Kč/m<sup>2</sup>] bez DPH; cena příslušného počtu zdicích prvků na 1 m<sup>2</sup> včetně ceny tepelného izolantu.

*Příloha 2 – Tabulka - Přehled porovnávaných zdicích prvků zároveň slouží jako podklad pro výpočty průměrných hodnot zdicích materiálů uvedených v Tabulce 13.*

Tabulka 12 Výňatek z Přílohy 2 – Tabulka - Přehled porovnávaných zdicích prvků

Tloušťka zdicího prvku 0,5 - 0,49 m

	POROTHERM	POROTHERM	POROTHERM
Název zdicího prvku	POROTHERM 50 T Profi Dryfix	POROTHERM 50 T Profi	POROTHERM 50 EKO+ Profi Dryfix
Materiál	keramika	keramika	keramika
Spotřeba zdicích prvků [ks/m <sup>2</sup> ]	16	16	16
Pevnost v tlaku [MPa]	8	8	6/8
Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	680	680	680
Vážená laboratorní neprůzvučnost R <sub>w</sub> [dB]	49	51	48
Poznámka	vyplněno hydrofobizovanou minerální vatou; zděno na lepidlo Porotherm Dryfix extra; 21,3 kg/ks	vyplněno hydrofobizovanou minerální vatou; zděno na tenkovrstvou maltu celoplošně; 21,3 kg/ks	zděno na pěnu; 21 kg/ks
Primární energie zdicího prvku [MJ/m <sup>2</sup> ]	848,6	848,6	836,6
Hodnota součinitele tepelné vodivosti λ [W/(mK)]	0,074	0,076	0,096
Tloušťka zdicího prvku [m]	0,5	0,5	0,5
Hodnota odporu konstrukce/zdicího prvku R [(m <sup>2</sup> K)/W]	6,757	6,579	5,208
Součinitel prostupu tepla U zdicího prvku [W/m <sup>2</sup> K]	0,148	0,152	0,192
Cena [Kč/m <sup>2</sup> ] s DPH	2 745,00 Kč	2 745,00 Kč	1 777,00 Kč
Cena [Kč/m <sup>2</sup> ] bez DPH	2 268,60 Kč	2 268,60 Kč	1 468,60 Kč
Tloušťka TI [m], hodnota odporu TI [(m <sup>2</sup> K)/W]	50 mm; 1,56	50 mm; 1,56	100 mm; 3,13
Součinitel prostupu tepla U obvodové konstrukce po zateplení [W/(m <sup>2</sup> K)]	0,120	0,123	0,120
Celková tloušťka konstrukce včetně TI [m]	0,550	0,550	0,600
Cena zdiva včetně tepelné izolace [Kč/m <sup>2</sup> ] bez DPH	2 325,75 Kč	2 325,75 Kč	1 582,90 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 13 Průměrné hodnoty zdících prvků dle rozdílnosti materiálu

Značka	Průměrná pevnost zdícho prvků [MPa]	Rozmezí hodnot pevnosti zdícho prvků [MPa]	Průměrná hodnota akustické neprůzvučnosti [dB]	Interval hodnot akustické neprůzvučnosti [dB]	Průměrná objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	Interval objemové hmotnosti [kg/m <sup>3</sup> ]	Průměrná hodnota součinitele prostupu tepla U [W/(m <sup>2</sup> K)]	Interval hodnot součinitele prostupu tepla U [W/(m <sup>2</sup> K)]	Průměrná cena zdících prvků [Kč/m <sup>2</sup> ]	Interval výše ceny zdících prvků [Kč/m <sup>2</sup> ]
Porotherm	10	6 - 20	47,8	39 - 58	787	640 - 1 020	0,692	0,148 - 2,000	1 111,90 Kč	381,82 Kč - 2 268,60 Kč
Heluz	10	8 - 15	44,5	37 - 54	645	580 - 740	0,521	0,116 - 1,709	1 031,67 Kč	418,40 Kč - 2 636,8 Kč
K.M.Beta	10	8 - 15	49,1	45 - 52	757	730 - 780	0,445	0,266 - 0,679	650,16 Kč	420,51 Kč - 899,20 Kč
Y tong	3,39	1,8 - 6	45,7	40 - 50	460	300 - 650	0,405	0,154 - 0,850	1 139,61 Kč	616,00 Kč - 1 697,00 Kč
Porifix	2,75	2 - 4	47,5	44 - 54	490	400 - 600	0,373	0,166 - 0,600	967,59 Kč	692,50 Kč - 1 495,00 Kč
Kalksandstein	15	10 - 25	50,3	46 - 54	1760	1 400 - 2 000	3,753	1,667 - 5,600	624,20 Kč	457,00 Kč - 932,00 Kč
K.M.Beta VPC	21,9	20 - 25	48,6	44 - 54	1388	1 150 - 2 000	2,297	1,542 - 4,900	716,10 Kč	620,80 Kč - 795,20 Kč
Vapis	19	10 - 25	52	47 - 56	1768	1 400 - 2 000	4,505	1,918 - 7,333	888,95 Kč	609,00 Kč - 1 547,0 Kč
Silka	18,4	12 - 20	53,6	50 - 57	1960	1 800 - 2 000	3,699	2,333 - 5,000	1 231,20 Kč	867,00 Kč - 1 734,00 Kč
Best Unika	6,8	-	54	-	950	-	2,95	-	320,00 Kč	-
BS Klatovy	7,3	6 - 10	54,8	53 - 58	1150	1 100 - 1 250	2,596	1,136 - 4,762	653,93 Kč	430,59 Kč - 966,00 Kč
Netco	5	5	53	53 - 54	927	800 - 1 080	2,393	2,280 - 2,450	356,67 Kč	320,00 Kč - 400,00 Kč
Liapor	7,35	2 - 15	54,7	48 - 59	938,6	500 - 1 760	0,719	0,210 - 1,750	961,16 Kč	586,00 Kč - 1 592,00 Kč

Zdroj: vlastní zpracování



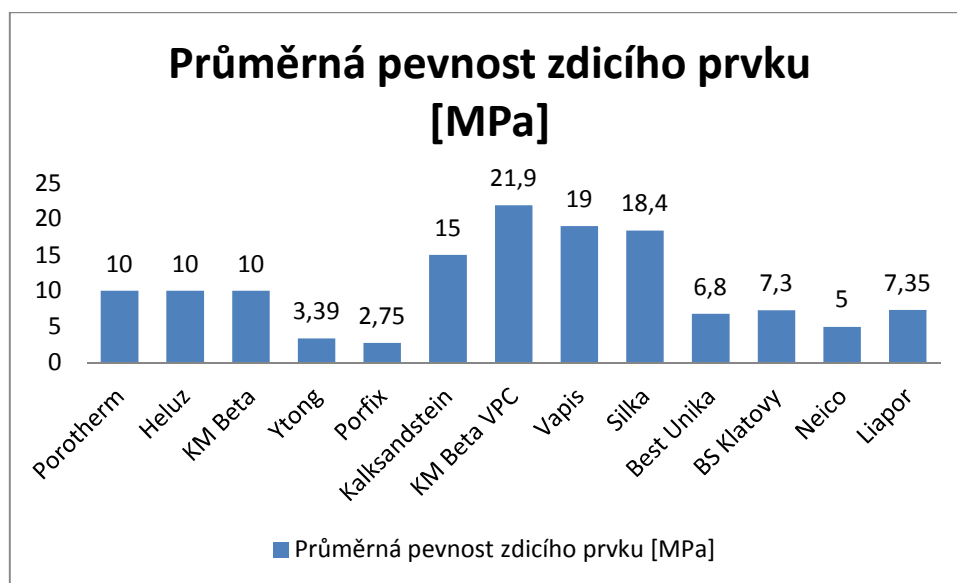
### 4.3. Porovnání vlastností zdicích prvků

#### 4.3.1. Pevnost zdicího prvku v tlaku

Pevnost zdicího prvku v tlaku [MPa] a následně i pevnost zdiva bývá jedním z nejdůležitějších faktorů při volbě stavebního materiálu. Pevnost ovlivňuje možnosti použití v konstrukci, výši možného zatížení od stropní konstrukce, maximální podlažnost objektu a v neposlední řadě i dispoziční uspořádání stavby.

Obecně platí, že pro návrh vícepodlažních budov nejsou vhodné prvky na bázi pórobetonového materiálu. Ten se vyznačuje malou pevností v tlaku, obvykle kolem 2 - 4 MPa. Naopak největší pevností disponují vápenopískové zdicí prvky. Zde se hodnota pohybuje až k 25 MPa. Pro běžnou výstavbu bytového domu do čtyř nadzemních podlaží často vyhoví i keramické tvárnice, obvykle s pevností kolem 8 - 10 MPa.

Graf 7 Průměrná pevnost zdicího prvku dle rozdílnosti materiálu



Zdroj: vlastní zpracování

Graf 7 znázorňuje výše průměrných hodnot pevnosti v tlaku zdicích prvků dle značky výrobku, resp. dle druhu zdicího materiálu. Průměrné hodnoty převzaty z Tabulky 13.

Keramické zdicí prvky, které jsou zastoupeny výrobky Porotherm, Heluz a KM Beta, představují pevnost přibližně 10 MPa, výrobky Ytong a Porfix z pórobetonu hodnoty kolem 3 MPa. Nejvyšší pevnost, dle předpokladu, splňují vápenopískové zdicí prvky Kalksandstein, KM Beta VPC, Vapis a Silka s hodnotami od 15 MPa – 21,9 MPa.

Betonové tvárnice od Best Unika, BS Klatovy, Neico spolu s liaporovými disponují průměrnou pevností od 5 – 7,35 MPa.

#### 4.3.2. Objemová hmotnost, hmotnost zdicího prvku

Objemová hmotnost je důležitá vlastnost materiálů, která ovlivňuje nejen hmotnost samotných zdicích prvků, ale i jejich hodnotu pevnosti v tlaku.

ČSN 73 0540-1 definuje objemovou hmotnost  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] jako:

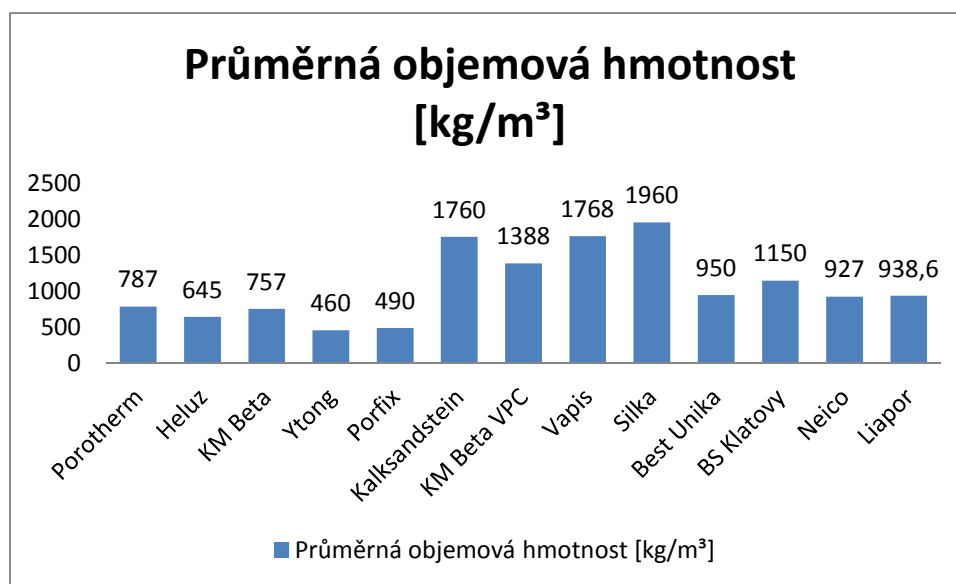
„Množství materiálu/výrobku v definovaném stavu, např. vlhkosti, stlačení, o objemu 1 m<sup>3</sup>.“

Objemová hmotnost je definována vztahem:

$$\rho = m/V \quad [\text{kg/m}^3] \quad (4.3.2.)$$

, kde m [kg] značí hmotnost materiálu/výrobku v definovaném stavu vlhkosti, stlačení apod. a V [m<sup>3</sup>] značí objem materiálu/výrobku (ČSN 73 0540-1, 2005, s. 26).

Graf 8 Průměrná hodnota objemové hmotnosti zdicího materiálu



Zdroj: vlastní zpracování

Graf 8 znázorňuje průměrné hodnoty objemové hmotnosti rozdílných zdicích materiálů zastoupených výrobní značkou. Průměrné hodnoty převzaty z Tabulky 13.

Z porovnávaných materiálů nejvyšší objemovou hmotnost zauímají vápenopískové zdicí materiály zastoupené značkou Kalksandstein, KM Beta VPC, Vapis a Silka s průměrnými hodnotami od 1388 – 1960 kg/m<sup>3</sup>. Naopak nejmenší objemovou hmotnost vykazují pórobetonové zdicí materiály značky Ytong a Porfix, hodnoty od 460 – 490 kg/m<sup>3</sup>.

Z grafu 7 a 8 je viditelná spojitost mezi objemovou hmotností zdicího materiálu a pevností zdicího prvku v tlaku. Vápenopískové prvky, které se vyznačují nejvyšší pevností v tlaku, zároveň zastupují zdicí materiál s největší objemovou hmotností, průměrně kolem 1 800 kg/m<sup>3</sup>. Přesně naopak je tomu u pórobetonových tvárníc, jejichž pevnost v průměru kolem 3 MPa patří k nejnižší na trhu a zároveň s hodnotou pod 500 kg/m<sup>3</sup> představují zástupce zdicího materiálu s nejnižší objemovou hmotností z porovnávaných materiálů. Keramické a betonové zdicí materiály zastupují střední hodnoty objemové hmotnosti přibližně od 650 – 1 100 kg/m<sup>3</sup>, čemuž odpovídají i střední hodnoty pevnosti v tlaku zdicích prvků.

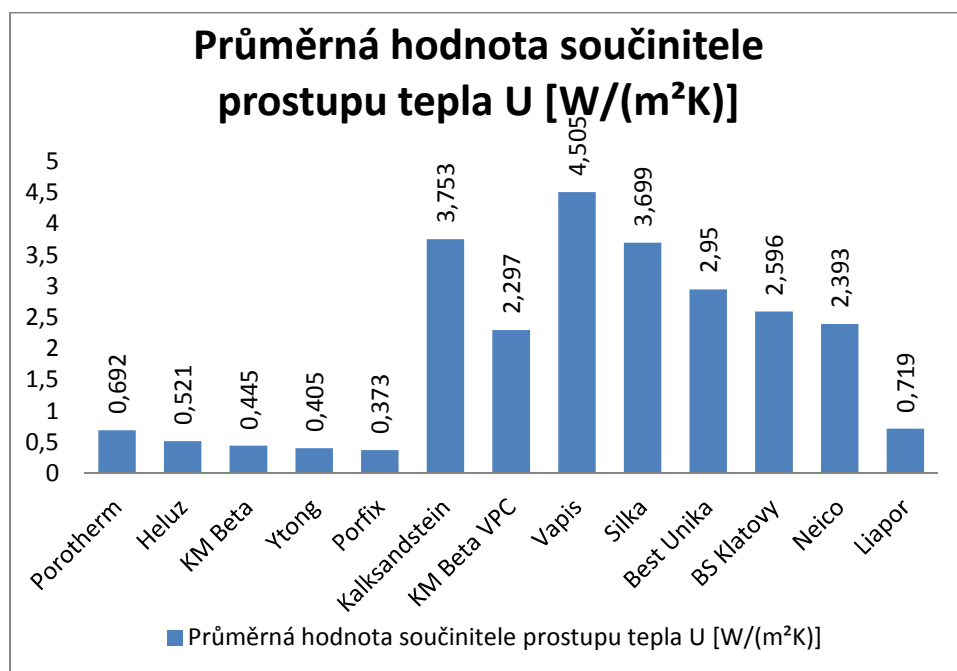
#### 4.3.3. Součinitel prostupu tepla zdicího materiálu

V odstavci 4.1. *Vývoj zdicích prvků – eliminace úniku tepla* byly popsány principy, které zajišťují snížení úniku tepla obvodovým zdivem. Jelikož vápenopískový zdicí materiál vykazuje nejvyšší objemovou hmotnost z porovnávaných materiálů a zároveň zdicí prvky z tohoto materiálu neobsahují množství dutinových komor, které slouží jako tepelný izolant, je pravděpodobné, že vápenopískové zdicí prvky budou vykazovat nejvyšší hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$  [W/(m<sup>2</sup>K)]. Graf 9 znázorňuje průměrné hodnoty součinitele tepelné vodivosti zdicích prvků dle značky výrobku, resp. dle druhu zdicího materiálu. Průměrné hodnoty převzaty z Tabulky 13.

Hodnoty znázorněné v grafu potvrzují předpoklad o špatných tepelně izolačních vlastnostech zdicích materiálů s velkou objemovou hmotností a nízkým obsahem vzduchovým dutin, mezi ty patří vápenopískové a betonové materiály. Hodnota součinitele prostupu tepla  $U$  [W/(m<sup>2</sup>K)] porovnávaných výrobků z těchto materiálů se pohybuje od 2,3 - 4,5 W/(m<sup>2</sup>K). Naopak zdicími prvky s nejpříznivějšími tepelně izolačními schopnostmi jsou keramické tvárnice spolu s pórobetonovými, pro které se průměrná hodnota součinitele prostupu tepla  $U$  [W/(m<sup>2</sup>K)] pohybuje pod 1 W/(m<sup>2</sup>K).

Přesné hodnoty pro jednotlivé výrobky představuje graf znázorněný v *Příloze 4 – Graf - Hodnota součinitele prostupu tepla zdicího prvku*.

Graf 9 Průměrné hodnoty součinitele prostupu tepla zdicího prvku dle rozdílnosti materiálu



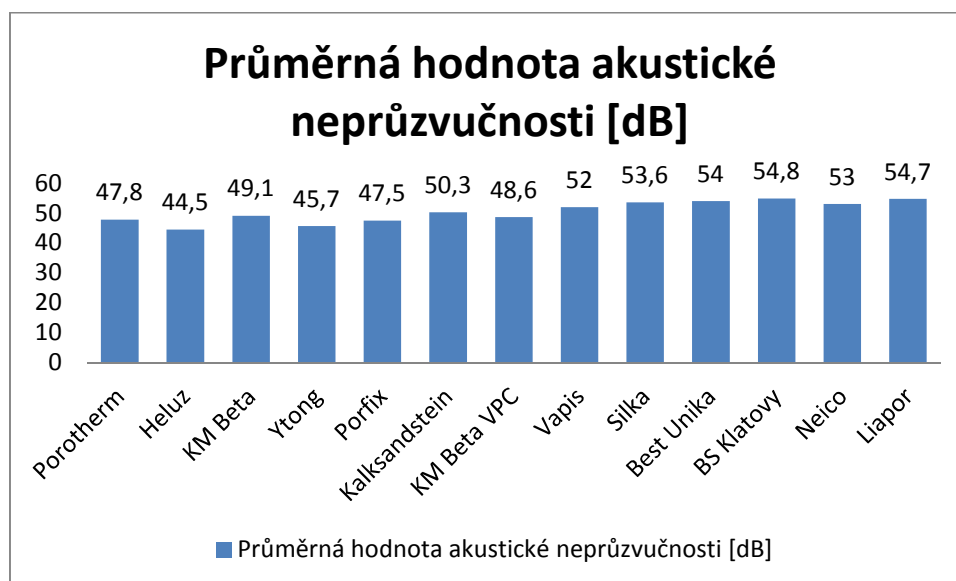
Zdroj: vlastní zpracování

#### 4.3.4. Vzduchová neprůzvučnost

Správný návrh konstrukce, kromě dalších požadavků, musí zajišťovat i správnou akustiku stavby. Požadavky a hodnoty akustické ochrany konstrukcí definuje ČSN 73 0532. Protože každý stavební materiál vykazuje jiné hodnoty zvukové neprůzvučnosti, je nutné během projektování tyto aspekty zvážit a zvolit vhodný typ konstrukčního řešení, který umožní dostatečné splnění normových požadavků.

Lepšími zvukovými izolanty bývají obecně konstrukce a materiály s vyšší objemovou hmotností. Mezi takové patří vápenopískové a betonové prvky. Zdivo z těchto prvků často splňuje požadované hodnoty neprůzvučnosti již při menší tloušťce než zdivo tvořené lehčenými materiály např. v podobě pórobetonových tvárnic.

Graf 10 Průměrné hodnoty vzduchové neprůzvučnosti zdicího prvku dle rozdílnosti materiálu



Zdroj: vlastní zpracování

Graf 10 znázorňuje průměrné hodnoty vzduchové neprůzvučnosti zdicích prvků dle značky výrobku, resp. dle druhu zdicího materiálu. Průměrné hodnoty převzaty z Tabulky 13.

Nejlepšími zvukovými izolanty jsou vápenopískové, betonové a liaporové zdicí prvky. Zde se průměrná hodnota vzduchové neprůzvučnosti pohybuje od 48,6 – 54,8 dB. Zdicí prvky z lehčených materiálů v podobě pórobetonu a zdicí keramické prvky poskytují zvukovou ochranu v průměru od 44,5 – 49,1 dB.

U keramického zdiva vyšší hodnoty neprůzvučnosti obvykle zajišťují tvárnice označované typem AKU, které jsou určeny především do zvukově dělících konstrukcí. Tyto tvárnice se zároveň vyznačují vyšší objemovou hmotností kolem 1 000 kg/m<sup>3</sup>.

#### 4.4. Faktory ovlivňující výši ceny zdicího prvku

Uvedené vlastnosti zdicích materiálů spolu s cenou jsou nejčastějšími zohledňovanými parametry při výběru zdicího materiálu, přesněji zdicího prvku.

Porovnáním bylo zjištěno, že se jednotlivé vlastnosti ovlivňují a případná volba vhodného zdicího prvku bude záležet na požadavcích každého typu stavby. Při výstavbě vícepodlažních objektů bude nutné zajistit statickou funkci tvárnice s vyšší pevností v tlaku, to představuje volbu materiálu s větší objemovou hmotností, která naopak snižuje odpor konstrukce, a tím umožňuje lepší prostup tepla konstrukcí. Oproti tomu

pórobetonové tvárnice zajišťují v průměru nejnižší součinitel prostupu tepla, ale díky své nízké pevnosti nejsou obvykle vhodným zdicím materiálem pro stavby s více jak čtyřmi nadzemními podlažními.

Výše ceny zdicího prvku tedy závisí obvykle na více faktorech. V návaznosti na projekční stránku jsou hodnotícími kritérii především:

- 1) mechanická odolnost a stabilita,  
jedná se především o pevnost zdicího prvku v tlaku [MPa],
- 2) požární odolnost zdicího prvku,
- 3) tepelně izolační vlastnosti,
- 4) akustická ochrana.

Dalším kritériem, které ovlivňuje cenu zdicích prvků, je technologická stránka výstavby. Ta představuje významný parametr při výběru zdicího prvku především z hlediska proveditelnosti realizace hrubé stavby.

Technologie výstavby závisí na předem daných podmínkách. Těmi může být hmotnost a tvar zdicího prvku, množství materiálu, rychlost výstavby, montážní postupy, použití techniky (minijeřáb) aj.

V neposlední řadě může být cena ovlivněna také v návaznosti na investora. Jedná se především o speciální požadavky na estetickou stránku stavby, uplatnění slev či preferování určitého výrobce.

#### **4.5. Volba parametrů pro výběr tepelného izolantu**

Pro výběr vhodného zdicího materiálu, přesněji zdicího prvku, byly zavedeny stejné parametry jako u tepelných izolací, těmi jsou:

- nízká cena [Kč/m<sup>2</sup>],
- malá tloušťka konstrukce včetně zateplení [m] při splnění hodnot součinitele prostupu tepla  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Zavedením těchto parametrů jako nejdůležitějších je eliminován vliv ostatních vlastností, které mohou negativně ovlivnit volbu zdicího prvku. Ostatní vlastnosti jako je pevnost v tlaku, vzduchová neprůzvučnost aj. budou konkretizovat užší výběr zdicího prvku.

#### 4.6. Kombinace zdicího prvku s tepelnou izolací

Porovnáním 219 zdicích prvků (viz *Příloha 2 – Tabulka - Přehled porovnávaných zdicích prvků*) byl hledán takový, který společně se zvoleným tepelným izolantem při splnění hodnoty součinitele prostupu tepla  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  vykazuje nejlepší poměr nízké ceny  $[\text{Kč}/\text{m}^2]$  a malé tloušťky konstrukce  $[\text{m}]$ .

Pro tyto účely byl v kapitole 3.8.2. vybrán tepelný izolant Styrotrade Styrotherm Plus 70, který disponuje nejlepším poměrem cena  $[\text{Kč}/\text{m}^2]$ /součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$   $[\text{W}/(\text{mK})]$ .

Tabulka 14 ukazuje číselné údaje tepelné izolace Styrotherm Plus 70, které byly použity při porovnání zdicích prvků. Ceny TI určeny výrobcem Styrotrade ke dni 10.4.2016.

Tabulka 14 Hodnoty TI Styrotherm Plus 70

TI Styrotrade Styrotherm Plus 70: $\lambda = 0,032 \text{ W}/(\text{mK})$							
d [(m)]	R $[(\text{m}^2\text{K})/\text{W}]$	U $[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$	Cena $[\text{Kč}/\text{m}^2]$ bez DPH	d [(m)]	R $[(\text{m}^2\text{K})/\text{W}]$	U $[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$	Cena $[\text{Kč}/\text{m}^2]$ bez DPH
0,3	9,38	0,105	342,9	0,15	4,69	0,206	171,45
0,29	9,06	0,108	331,47	0,14	4,38	0,22	160,02
0,28	8,75	0,112	320,04	0,13	4,06	0,236	148,59
0,27	8,44	0,116	308,61	0,12	3,75	0,255	137,16
0,26	8,12	0,121	297,18	0,11	3,44	0,277	125,73
0,25	7,81	0,125	285,75	0,1	3,13	0,303	114,3
0,24	7,5	0,13	274,32	0,09	2,81	0,335	102,87
0,23	7,19	0,136	262,89	0,08	2,5	0,375	91,44
0,22	6,87	0,142	251,46	0,07	2,19	0,424	80,01
0,21	6,56	0,149	240,03	0,06	1,87	0,489	68,58
0,2	6,25	0,156	228,6	0,05	1,56	0,577	57,15
0,19	5,94	0,164	217,17	0,04	1,25	0,704	45,72
0,18	5,63	0,173	205,74	0,03	0,94	0,903	34,29
0,17	5,31	0,182	194,31	0,02	0,62	1,258	22,86
0,16	5	0,193	182,88	0,01	0,31	2,073	11,43

Zdroj: vlastní zpracování

### Postup porovnání

U všech prvků byl proveden výpočet tepelného odporu  $R$  [ $(m^2K)/W$ ] dle (3.1.1.), který byl následně použit k výpočtu součinitele prostupu tepla  $U$  [ $W/(m^2K)$ ] zdicího prvku (2.1.1.). Při výpočtu nebyly uvažovány vlivy  $R_{si}$  a  $R_{se}$ , výpočet je na straně bezpečnosti.

Vypočtené hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$  [ $W/(m^2K)$ ] jednotlivých zdicích prvků byly porovnány mezi sebou, *Příloha 4 – Graf - Hodnota součinitele prostupu tepla zdicího prvku.*

Výpočtem bylo zjištěno, že požadované hodnoty  $U=0,12$   $W/(m^2K)$  splňuje bez dodatečného zateplení pouze jediný výrobek HELUZ FAMILY 50 2in1 broušená. Díky nízkému součiniteli tepelné vodivosti  $\lambda=0,058$   $W/(mK)$  bylo dosaženo hodnoty  $U=0,116$   $W/(m^2K)$ . Cena HELUZ FAMILY 2in1 je 2 636,80 Kč/m<sup>2</sup> bez DPH. Tato hodnota představuje nejvyšší cenu všech porovnávaných prvků.

Většina výpočtů prokázala nevyhovující splnění požadavku na součinitel prostupu tepla  $U=0,12$   $W/(m^2K)$ , bylo nutné provést výpočet s dodatečným zateplením obvodové konstrukce. Výběr tepelného izolantu Styrotrade Styrotherm Plus 70 byl proveden v kapitole 3.8.2.

Jelikož zdicí prvky disponují různými tepelně izolačními vlastnostmi, bylo nutné provést přepočet potřebné tloušťky tepelné izolace vždy pro každý jednotlivý zdicí prvek samostatně. Tuto hodnotu zjištěnou výpočtem udává řádek *Tloušťka TI [m]*, *hodnota odporu TI [(m<sup>2</sup>K)/W]* uvedený v *Příloze 2 – Tabulka - Přehled porovnávaných zdicích prvků.* Po zjištění požadované tloušťky TI byla dle Tabulky 14 připočtena příslušná tloušťka tepelné izolace, resp. cena izolantu k tloušťce zdicího prvku, resp. k jeho ceně. Tyto výsledné hodnoty udává řádek *Celková tloušťka konstrukce včetně TI [m]* a *Cena zdiva s tepelnou izolací [Kč/m<sup>2</sup>] bez DPH* uvedené v *Příloze 2.*

Výsledné hodnoty celkové tloušťky konstrukce při splnění  $U=0,12$   $W/(m^2K)$  spolu s výslednou cenou zdicího prvku včetně zateplení byly porovnány v *Příloze 5 – Graf – Cena a tloušťka obvodové konstrukce po zateplení.*



## 4.7. Výběr zdicího prvku

### 4.7.1. Zjištěné poznatky

Porovnáním 219 zdicích prvků a výstupem jejich hodnot uvedených v Příloze 5 bylo možné najít výrobek splňující nejlépe zadané parametry nízké ceny a malé tloušťky konstrukce při splnění součinitele prostupu tepla  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Modré sloupce v *Příloze 5 – Graf – Cena a tloušťka obvodové konstrukce po zateplení* představují hodnoty zdicího prvku v [m] a  $[\text{K}\check{\text{c}}/\text{m}^2]$ , červené sloupce hodnoty tepelné izolace v [m] a  $[\text{K}\check{\text{c}}/\text{m}^2]$ .

Z Přílohy 4 a 5 je patrné:

1. Lepšími izolačními schopnostmi disponují zdicí prvky s větší tloušťkou.

Graf uvedený v Příloze 4 znázorňuje narůstající tendenci hodnoty součinitele prostupu tepla  $U \text{ [W}/(\text{m}^2\text{K})]$  se snižující se tloušťkou zdicího prvku. Tento fakt je způsoben nejen závislostí na hodnotě součinitele tepelné vodivosti  $\lambda \text{ [W}/(\text{mK})]$ , ale i na tloušťce zdicího prvku, dáno vztahem (3.1.1.). Zatímco zdicí prvky, nacházející se na ose grafu v levé části, disponují nízkými hodnotami součinitele  $U$ , v pravé části osy grafu jsou tyto hodnoty několikanásobně vyšší. Pokud bychom uvažovali  $\lambda \text{ [W}/(\text{mK})]$  stejné hodnoty pro všechny zdicí prvky, byl by výstupem graf s lineárním nárůstem součinitele prostupu tepla  $U \text{ [W}/(\text{m}^2\text{K})]$ , jehož závislost by byla pouze na tloušťce zdicího prvku. Výraznější rozdíly v grafu jsou způsobeny materiálovou odlišností zdicích prvků, viz bod 2.

2. Nejnižší tepelně izolační schopností disponují vápenopískové a betonové zdicí prvky.

Porovnáním součinitele prostupu tepla  $U \text{ [W}/(\text{m}^2\text{K})]$  jednotlivých zdicích prvků v Příloze 4 byly zjištěny opakující se výkyvy v podobě zvýšených hodnot součinitele  $U \text{ [W}/(\text{m}^2\text{K})]$  u vápenopískových a betonových zdicích prvků, přesněji u výrobků firmy Vapis, Silka, Kalksandstein, KM Beta VPC, BS Klatovy, Best Unika a Neico. Všechny výrobky výše uvedených značek vykazují několikanásobně vyšší hodnoty součinitele prostupu tepla  $U \text{ [W}/(\text{m}^2\text{K})]$  v porovnání se zdicími prvky stejné tloušťky.

3. Tloušťka zateplené obvodové konstrukce vykazující hodnotu  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  klesá se vzrůstající tloušťkou tepelné izolace.

Graf uvedený v Příloze 5 znázorňuje klesající tendenci tloušťky zateplené obvodové konstrukce v závislosti na zvyšující se tloušťce tepelné izolace. Ačkoliv zdící prvky o menší tloušťce vykazují horší izolační vlastnostmi (viz bod 1) a k zateplení takového zdiva je potřeba mnohem větší tloušťky tepelné izolace, je výsledná tloušťka konstrukce po zateplení nižší než u zdících prvků s lepšími izolačními schopnostmi, tudíž s potřebou menší tloušťky zateplení. Z porovnání bylo zjištěno, že zdivo ze zdících prvků tloušťky 0,5 metru vykazuje po zateplení na hodnotu  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  tloušťky od 550 – 600 mm, vyjma výrobku HELUZ FAMILY 50 2in1 broušená (viz bod 5). Zdivo ze zdících prvků tloušťky 0,3 metru po zateplení vykazuje hodnoty 430 – 560 mm, zdivo z prvků tloušťky 0,14 metru po zateplení dokonce 390 mm.

4. Nejdražší obvodovou konstrukci po zateplení představují zdící prvky především řady Heluz a Silka.

Z grafu v Příloze 5 je patrné výrazné a opakující se zvýšení ceny zateplené obvodové konstrukce zhotovené z některých výrobků značky Silka a Heluz. Zatímco řada Heluz zastupuje nejdražší konstrukce v intervalu tloušťky zdícího prvku 0,5 – 0,365 metru, vyjma tloušťky 0,44 metru, řada Silka disponuje pouze s výrobky maximální tloušťky 0,3 metru, proto zastupuje nejdražší konstrukce až od intervalu 0,3 – 0,15 metru.

Nejdražší konstrukci z 219 posuzovaných představuje zdivo z HELUZ FAMILY 50 2in1 broušená s cenou 2 636,80 Kč/m<sup>2</sup>. Tyto zdící prvky jako jediné vyhovují požadavkům  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  bez dodatečného zateplení. Všechny zbylé konstrukce jsou uváděny s cenou zahrnující cenu tepelného izolantu.

Nejdražší zateplené obvodové konstrukce pro posuzované intervaly tloušťky zdících prvků jsou z těchto výrobků:

- tl. 0,5 – 0,49 metru: HELUZ FAMILY 50 2in1 broušená s cenou 2 636,80 Kč/m<sup>2</sup> (bez zateplení),
- 0,45 - 0,425 metru: HELUZ FAMILY 44 2in1 broušená s cenou 2 480,69 Kč/m<sup>2</sup> (včetně zateplení),

- 0,4 metru: POROTHERM 40 EKO + Profi Dryfix a POROTHERM 40 EKO + Profi s cenou 1 391,57 Kč/m<sup>2</sup> (včetně zateplení),
- 0,38 – 0,365 metru: HELUZ FAMILY 38 2in1 s cenou 2 235,44 Kč/m<sup>2</sup> (včetně zateplení),
- 0,3 metru: SILKA S12-1800 s cenou 2 019,75 Kč/m<sup>2</sup> (včetně zateplení),
- 0,25 – 0,24 metru: SILKA S20-2000 s cenou 1 672,75 Kč/m<sup>2</sup> (včetně zateplení),
- 0,2 metru: SILKA S20-2000 s cenou 1 453,18 Kč/m<sup>2</sup> (včetně zateplení),
- 0,175 metru: SILKA S20-2000 s cenou 1 309,18 Kč/m<sup>2</sup> (včetně zateplení),
- 0,15 – 0,14 metru: SILKA S20-2000 s cenou 1 164,18 Kč/m<sup>2</sup> (včetně zateplení).

5. HELUZ FAMILY 50 2in1 broušená splňuje požadované hodnoty součinitele tepelné vodivosti bez dodatečného zateplení.

Tento výrobek od firmy Heluz jako jediný z posuzovaných 219 zdicích prvků splňuje požadované hodnoty  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  bez nutnosti dodatečného zateplení. Cena tohoto výrobku zároveň představuje nejvyšší cenu z posuzovaných prvků, 2 636,80 Kč/m<sup>2</sup>.

6. Nejlevnější variantu představují betonové zdící prvky Neico.

Nejlevnější variantou zdění jsou betonové tvárnice, jejich cena se pohybuje v řádech několika set korun na metr čtvereční, což oproti ostatním zdicím prvkům představuje značnou úsporu financí. Obvykle i po zateplení silnou vrstvou EPS bývá konečná cena včetně ceny za TI v nižší cenové kategorii. Nejlevnější výrobky z betonových tvárnice představuje řada Neico. Se zdicími prvky tl. 0,2 metru a 0,25 metru představuje nejlevnější variantu zdění v intervalu 0,25 – 0,2 metru. Pokud by řada Neico nabízela zdící prvky větší tloušťky, je pravděpodobné, že by byly nejlevnější variantou i zde.

Nevýhodou betonových tvárnice však zůstává nízký tepelný odpor, který je způsoben nízkou hodnotou součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$  [W/(mK)]. To s sebou přináší nutnost izolovat zdivo z těchto prvků masitou vrstvou tepelného izolantu v řádech několika desítek cm.

7. Zdicí prvky tloušťky 0,5 metru nejsou z ekonomického hlediska vhodné pro výstavbu pasivních domů.

Často užívané a preferované tvárnice pro jednovrstvé zdivo, označované často výrobci jako zdivo pro pasivní a nízkoenergetické domy bez dodatečného zateplení, není z hlediska ekonomického pohledu vhodným zdicím řešením. Tyto zdicí prvky totiž nevykazují vhodný poměr cena/tloušťka.

- a) Vzhledem k faktu, že téměř všechny výrobky tloušťky 0,5; 0,499 a 0,49 metru nesplňují předem danou hodnotu součinitele prostupu tepla  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (viz Tabulka 15) a mnohdy ani doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla  $U [(\text{m}^2\text{K})/\text{W}]$  pro pasivní domy v rozmezí  $0,18 - 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , bylo by v praxi nutné zdivo z těchto tvárnic dodatečně opatřit tepelnou izolací. Tím dojde k navýšení tloušťky konstrukce a k nárůstu ceny o cenu tepelného izolantu. Po zateplení tepelným izolantem v podobě EPS Styrotrade Styrotherm Plus 70 by nejlevnější variantu představovala tvárnice HELUZ STI 49 broušená s cenou  $1\,318,4 \text{ Kč}/\text{m}^2$ , zaizolování EPS tl. 110 mm o ceně  $125,73 \text{ Kč}/\text{m}^2$ , výsledná cena tedy dohromady činí  $1\,444,13 \text{ Kč}/\text{m}^2$  při tloušťce konstrukce 600 mm. Pokud bychom tuto cenu porovnali se zdicími prvky zastupující střední hodnoty šířky, zjistíme, že cena HELUZ STI 49 broušená je mnohem vyšší než např. u HELUZ PLUS 30 uni nebroušená, jejíž cena je  $657,60 \text{ Kč}/\text{m}^2$ , zaizolování EPS tl. 210 mm o ceně  $240,03 \text{ Kč}/\text{m}^2$ , výsledná cena celkem činí  $897,63 \text{ Kč}/\text{m}^2$  při tloušťce konstrukce 510 mm (viz Tabulka 16).
- b) Výrobky POROTHERM 50 T Profi Dryfix, POROTHERM 50 T Profi , HELUZ FAMILY 50 broušená, YTONG Lambda YQ P2-300, YTONG Theta+ P1,8-300, PORFIX PREMIUM P2 – 400 sice splňují méně přísnější doporučené hodnoty  $U [(\text{m}^2\text{K})/\text{W}]$  bez dodatečného zateplení, ale stále při vyšší ceně a s horšími hodnotami součinitele prostupu tepla než tenčí zdicí prvky s dodatečným zateplením. Vzhledem k faktu, že výrobce předepisuje často jednovrstvé zdivo opatřit povrchovou úpravou v podobě omítky, je vhodné zvážit, zda v rámci realizace fasádní úpravy neinvestovat do zhotovení dodatečného zateplení. Rozdíl v ceně za zhotovení fasádní omítky bez zateplení bývá nepatrný, obvykle pouze v ceně izolačního materiálu a potřebného příslušenství, avšak získáme tak konstrukci splňující lepší izolační vlastnosti.

Tabulka 15 Zdicí prvky tl. 0,5; 0,499; 0,49 m - hodnoty součinitele prostupu  
tepla a ceny bez vlivu TI

Název zdicího prvku	Tloušťka zdicího prvku [m]	Součinitel prostupu tepla U zdicího prvku [W/m <sup>2</sup> K]	Cena [Kč/m <sup>2</sup> ] zdicího prvku bez DPH
POROTHERM 50 T Profi Dryfix	0,5	0,148	2 268,60 Kč
POROTHERM 50 T Profi	0,5	0,152	2 268,60 Kč
POROTHERM 50 EKO+ Profi Dryfix	0,5	0,192	1 468,60 Kč
POROTHERM 50 EKO+ Profi	0,5	0,196	1 468,60 Kč
HELUZ FAMILY 50 2in1 broušená	0,5	0,116	2 636,80 Kč
HELUZ FAMILY 50 broušená	0,5	0,162	1 728,00 Kč
HELUZ STI 49 broušená	0,49	0,210	1 318,40 Kč
YTONG Lambda YQ P2-300	0,5	0,154	1 592,17 Kč
YTONG Theta+ P1,8-300	0,499	0,160	1 697,00 Kč
PORFIX PREMIUM P2 - 400	0,5	0,166	1 495,00 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 16 Zdicí prvky tl. 0,5; 0,499; 0,49 m – porovnání s jinými zdicími prvky

Název zdicího prvku	Tloušťka prvku bez TI [m]	Tloušťka tepelné izolace [m] při splnění U=0,12 W/(m <sup>2</sup> K)	Celková tloušťka konstrukce [m] při splnění U=0,12 W/(m <sup>2</sup> K)	Cena zdiva s tepelnou izolací [Kč/m <sup>2</sup> ] bez DPH
POROTHERM 50 T Profi Dryfix	0,5	0,05	0,550	2 325,75 Kč
POROTHERM 50 T Profi	0,5	0,05	0,550	2 325,75 Kč
POROTHERM 50 EKO+ Profi Dryfix	0,5	0,1	0,600	1 582,90 Kč
POROTHERM 50 EKO+ Profi	0,5	0,1	0,600	1 582,90 Kč
HELUZ FAMILY 50 2in1 broušená	0,5	-	0,500	2 636,80 Kč
HELUZ FAMILY 50 broušená	0,5	0,07	0,570	1 808,01 Kč
HELUZ STI 49 broušená	0,49	0,11	0,600	1 444,13 Kč
YTONG Lambda YQ P2-300	0,5	0,06	0,560	1 660,75 Kč
YTONG Theta+ P1,8-300	0,499	0,07	0,569	1 777,01 Kč
PORFIX PREMIUM P2 - 400	0,5	0,07	0,570	1 575,01 Kč
KM BETA PROFIBLOK 440	0,44	0,14	0,580	888,02 Kč
HELUZ PLUS 30 uni nebroušená	0,3	0,21	0,510	897,63 Kč
BS KLATOVY TNB 300/Lep198-P6	0,3	0,25	0,550	880,87 Kč
POROTHERM 24 Profi DRYFIX	0,24	0,24	0,480	950,35 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

#### 4.7.2. Aplikace zjištěných poznatků pro výběr zdicího prvku

Zjištěné poznatky vycházející z grafů Přílohy 4 – Graf - Hodnota součinitele prostupu tepla zdicího prvku a Přílohy 5 – Graf – Cena a tloušťka obvodové konstrukce po zateplení byly použity při výběru vhodného zdicího prvku následovně:

- 1) Zdivo tloušťky 0,5 – 0,49 nevyhovuje vzhledem k vysokým cenám a velké tloušťce konstrukce.

Jelikož zdicí prvky tloušťky 0,5 – 0,49 nesplňují požadavek  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , bylo nutné zdivo z těchto prvků opatřit tepelnou izolací. Tabulka 16 udává nárůst ceny a tloušťky vlivem zateplení jednotlivých zdicích prvků zastupující tloušťky 0,5 – 0,49 metru v porovnání s vybranými zdicími prvky z jiné rozměrové kategorie. Zdicí prvky tloušťky 0,5 – 0,49 metru po zateplení vykazují při celkové tloušťce 550 – 600 mm několikanásobně vyšší cenu než zateplená konstrukce ze subtilnějších zdicích prvků. Není splněn požadavek na optimální poměr ceny/tloušťky.

Pokud bychom uvažovali zdění z tvárnic HELUZ FAMILY 50 2in1 broušená, která jako jediná umožňuje zdění bez dodatečného zateplení díky hodnotě  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , získáme konstrukci o celkové tloušťce 500 mm, ale při ceně 2 636,80 Kč/m<sup>2</sup>. Ani zde není splněn optimální poměr ceny/tloušťky konstrukce.

- 2) Zdivo tloušťky 0,45 – 0,4 metru nevyhovuje vzhledem k vysokým cenám a velké tloušťce konstrukce.

Zdicí prvky tloušťky 0,45 – 0,4 metru taktéž nesplňují předem dané požadavky na nízkou cenu spolu s nízkou tloušťkou konstrukce. Tabulka 17 udává nejlevnější a nejdražší zateplené konstrukce z různých zdicích prvků.

Nejmenší tloušťkou po zateplení 480 mm disponuje HELUZ FAMILY 44 2in1 broušená, tento výrobek ale zároveň představuje spolu s tepelnou izolací nejvyšší cenu 2 480,69 Kč/m<sup>2</sup>. Naopak nejlevnějším výrobkem z intervalu 0,45 – 0,4 metru je KM BETA PROFIBLOK 400, cena včetně zateplení dosahuje částky 842,31 Kč/m<sup>2</sup>, celková tloušťka konstrukce je však 580 mm. Ani zde není tedy splněn požadavek malé tloušťky.

Tabulka 17 Tloušťka zdicích prvků 0,45 – 0,4 metru: nejlevnější, nejdražší výrobek

Tloušťka zdicího prvku [m]	Nejlevnější / nejdražší	Název zdicího prvku	Cena zdiva s tepelnou izolací bez DPH [Kč/m <sup>2</sup> ]	Celková tloušťka konstrukce [m] při splnění U=0,12 W/(m <sup>2</sup> K)
0,45	Nejlevnější	YTONG Lambda+ P2-350 PDK	1 505,30 Kč	55
0,45	Nejdražší	YTONG Lambda YQ P2-300 PDK	1 527,44 Kč	53
0,44	Nejlevnější	KM BETA PROFIBLOK 440	888,02 Kč	58
0,44	Nejdražší	HELUZ FAMILY 44 2in1 broušená	2 480,69 Kč	48
0,425	Nejlevnější	LIAPOR Liatherm 425	1 188,59 Kč	0,555
0,425	Nejdražší	LIAPOR Liatherm 425	1 243,45 Kč	0,575
0,4	Nejlevnější	KM BETA PROFIBLOK 400	842,31 Kč	57
0,4	Nejdražší	POROTHERM 40 EKO+ Profi Dryfix	1 391,57 Kč	53

*Zdroj: vlastní zpracování*

3) Zdivo tloušťky tl. 0,25 – 0,14 nevyhovuje z technického hlediska

Ačkoliv zdicí prvky, jejichž šířka představuje 0,14 m, 0,15 m, 0,175 m, 0,19 m, 0,2 m, 0,24 m a 0,25 m jsou určeny pro nosné zdivo, vzhledem ke své subtilitě nejsou vhodné pro obvodové konstrukce. Jedná se především o problém v podobě odolnosti vůči působení větru a návaznosti stropní konstrukce a jejího ukončení v podobě železobetonového věnce. Při malé tloušťce zdicího prvku není umožněno provedení železobetonového věnce včetně zateplení a ukončení věncovkou, a tak vzniká v konstrukci slabé místo s tepelným mostem.

4) Výběr zdicího prvku z intervalu tloušťky 0,38 – 0,3 metru.

Výběr zdicího prvku byl proveden z řad výrobků, jejichž tloušťka se pohybuje v hodnotách 0,365 m, 0,375 m, 0,38 a 0,3 metru. Tabulka 18, resp. Tabulka 19 udává výrobky v intervalu tloušťky 0,38 – 0,365 m, resp. 0,3 metru vykazující extrémní hodnoty v podobě nejtenčí/nejtlustší konstrukce, nejlevnější/nejdražší konstrukce.

Tabulka 18 Zdicí prvky tl. 0,38 – 0,365 m; extrémny

Název zdicího prvku	Tloušťka zdicího prvku [m]	Tloušťka tepelné izolace [m] při splnění $U=0,12$ $W/(m^2K)$	Celková tloušťka konstrukce [m] při splnění $U=0,12$ $W/(m^2K)$	Cena zdiva s tepelnou izolací bez DPH [Kč/m <sup>2</sup> ]	Posouzení
HELUZ FAMILY 38 2in1	0,38	0,08	0,46	2 235,44 Kč	nejtenčí konstrukce / nejdražší konstrukce
VAPIS 12 DF (365) LD 10–1,4	0,365	0,25	0,615	1 628,75 Kč	nejtlustší konstrukce
VAPIS QUADRO (365) LP	0,365	0,25	0,615	1 832,75 Kč	nejtlustší konstrukce
KMBETA PROFIBLOK 365	0,365	180	0,545	796,14 Kč	nejlevnější konstrukce

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 19 Zdicí prvky tl. 0,3 m; extrémny

Název zdicího prvku	Tloušťka zdicího prvku [m]	Tloušťka tepelné izolace [m] při splnění $U=0,12$ $W/(m^2K)$	Celková tloušťka konstrukce [m] při splnění $U=0,12$ $W/(m^2K)$	Cena zdiva s tepelnou izolací bez DPH [Kč/m <sup>2</sup> ]	Posouzení
POROTHERM 30 T Profi Dryfix	0,3	0,13	0,43	1 536,19 Kč	nejtenčí konstrukce
VAPIS QUADRO (300) LP	0,3	0,26	0,56	1 567,18 Kč	nejtlustší konstrukce
KMBETA PROFIBLOK 300	0,3	0,21	51	760,03 Kč	nejlevnější konstrukce
SILKA S12-1800	0,3	0,25	55	2 019,75 Kč	nejdražší konstrukce

Zdroj: vlastní zpracování

Pro tloušťku zdicího prvku 0,38 – 0,365 m je zdicím prvkem s nejmenší tloušťkou konstrukce 460 mm včetně izolace HELUZ FAMILY 38 2in1. Tento výrobek zároveň představuje cenou 2 235,44 Kč/m<sup>2</sup> nejdražší variantu z posuzovaných zdicích prvků v intervalu 0,365 – 0,38 m. Naopak nejsilnější konstrukci včetně zateplení představují vápenopískové výrobky VAPIS 12 DF (365) LD 10–1,4, VAPIS QUADRO (365) LP. Pro splnění požadavku  $U=0,12$   $W/(m^2K)$  je potřeba 250 mm tepelné izolace, což představuje nejsilnější TI z posuzovaného intervalu 0,365 – 0,38 m a zároveň splňuje předpoklad o nízkých tepelně izolačních vlastnostech VPC. Celková tloušťka konstrukce tedy činí 615 mm. Cena těchto výrobků včetně zateplení je 1 628,75 Kč/m<sup>2</sup> a 1 832,75 Kč/m<sup>2</sup>, což vápenopískové zdivo řadí k dražším variantám. Nejnižší cenou 796,14 Kč/m<sup>2</sup> včetně TI disponuje



KM BETA PROFIBLOK 365. Tloušťka této konstrukce včetně zateplení dosahuje 545 mm, což z tohoto výrobku díky dobrému poměru cena/tloušťka činí jednu z vhodných variant.

Pro tloušťku zdicího prvku 0,3 m je zdicím prvkem s nejtenčí konstrukcí včetně tepelné izolace POROTHERM 30 T Profi Dryfix, celková tloušťka činí 430 mm včetně 130 mm TI. Cena této konstrukce s cenou tepelného izolantu představuje 1 536,19 Kč/m<sup>2</sup>, což POROTHERM 30 T Profi Dryfix řadí k dražším variantám. Nejsilnější konstrukci včetně zateplení, podobně jako u zdicích prvků tloušťky 0,38 – 0,365 m, představují vápenopískové bloky VAPIS QUADRO (300) LP. Pro splnění požadavku  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  je potřeba 260 mm tepelné izolace, což představuje nejsilnější TI z posuzovaného intervalu 0,3 m. Celková tloušťka konstrukce tedy činí 560 mm. Cena této konstrukce včetně zateplení je 1 567,18 Kč/m<sup>2</sup>, což vápenopískové zdivo podobně jako POROTHERM 30 T řadí k dražším variantám. Nejnižší cenou 760,03 Kč/m<sup>2</sup> včetně TI disponuje KM BETA PROFIBLOK 300. Tloušťka této konstrukce včetně zateplení dosahuje 510 mm, což z tohoto výrobku činí jednu z vhodných variant. Nejdražší variantou je zateplené zdivo z výrobku SILKA S12-1800, cena včetně zateplení představuje 2 019,75 Kč/m<sup>2</sup> při tloušťce 550 mm.

Nalezením výrobku s nejpříjemnějším poměrem cena/tloušťka KM BETA PROFIBLOK 365 a KM BETA PROFIBLOK 300 byla zároveň stanovena hranice pro výběr zdicích prvků dosahujících podobné cenové úrovně a podobné tloušťky konstrukce včetně zateplení.

Vybranými výrobky pro zdivo tloušťky 0,38 - 0,365 m jsou KM BETA PROFIBLOK 365, KM BETA PROFIBLOK 365 BRUS, HELUZ PLUS 38 nebroušená, HELUZ PLUS 36,5 nebroušená a LIAPOR Liatherm 365. Přehled vybraných výrobků je uveden v Tabulce 20.

Pro zdivo tloušťky 0,3 byly vybrány výrobky KM BETA PROFIBLOK 300, KM BETA PROFIBLOK 300 BRUS, BS KLATOVY TNB 300/Lep198-P6, BS KLATOVY TNL 300/Lep198-P6, HELUZ P15 30 nebroušená. Přehled vybraných výrobků je uveden v Tabulce 21.

Tabulka 20 Vybrané zdicí prvky pro tl. 0,38 – 0,365 nejlépe splňující kritéria nízké ceny/tloušťky

Název zdicího prvku	Tloušťka tepelné izolace [m] při splnění $U=0,12$ $W/(m^2K)$	Celková tloušťka konstrukce včetně TI [m]	Cena zdiva s tepelnou izolací bez DPH [Kč/m <sup>2</sup> ]	Vážená laboratorní neprůzvučnost $R_w$ [dB]	Pevnost v tlaku [MPa]
KM BETA PROFIBLOK 365	0,18	0,545	796,14 Kč	51	8
KM BETA PROFIBLOK 365 BRUS	0,18	0,545	946,54	50	8
HELUZ PLUS 38 nebroušená	0,16	0,54	930,08 Kč	44	10
HELUZ PLUS 36,5 nebroušená	0,17	0,535	911,11 Kč	42	10
LIAPOR Liatherm 365	0,14	0,505	1 072,02 Kč	52	2

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 21 Vybrané zdicí prvky pro tl. 0,3 m nejlépe splňující kritéria nízké ceny/tloušťky

Název zdicího prvku	Tloušťka tepelné izolace [m] při splnění $U=0,12$ $W/(m^2K)$	Celková tloušťka konstrukce včetně TI [m]	Cena zdiva s tepelnou izolací bez DPH [Kč/m <sup>2</sup> ]	Vážená laboratorní neprůzvučnost $R_w$ [dB]	Pevnost v tlaku [MPa]
KM BETA PROFIBLOK 300	0,21	51	760,03 Kč	48	8
KM BETA PROFIBLOK 300 BRUS	0,21	51	875,23 Kč	47	8
BS KLATOVY TNB 300/Lep198-P6	0,25	55	880,87 Kč	55	6
BS KLATOVY TNL 300/Lep198-P6	0,24	54	939,45	53	6
HELUZ P15 30 nebroušená	0,22	52	918,66 Kč	51	15

Zdroj: vlastní zpracování

Z vybraných 10 výrobků je potřebné najít takový zdicí prvek, který bude splňovat optimální podmínky nízké ceny a nízké tloušťky konstrukce. Nejnižší tloušťku konstrukce včetně tepelné izolace představuje liaporová tvárnice LIAPOR Liatherm 365. Tloušťka této konstrukce po zateplení činí 505 mm při ceně 1 072,02 Kč/m<sup>2</sup>. Tato cena však představuje nejvyšší z porovnávaných cen, to řadí výrobek k méně příznivým. Zároveň nízká hodnota pevnosti v tlaku 2 MPa řadí LIAPOR Liatherm 365 k nízko pevnostním zdicím prvkům. Jeho použití při výstavbě bytových domů o 4 a více podlažích není možné.

Nejpříznivější poměr cena/tloušťka vykazuje zmíněná řada KM Beta. Zdivo z těchto výrobků vykazuje nejnižší cenu včetně zateplení. Zároveň zdivo z výrobků KM BETA PROFIBLOK 300 a KM BETA PROFIBLOK 300 BRUS představuje po Liaporu nejnižší tloušťku konstrukce s hodnotou 510 mm včetně 210 mm tepelné izolace. Podrobnějším zkoumáním však bylo zjištěno, že firma KM BETA nenabízí keramické zdicí prvky splňující požadované akustické hodnoty pro mezibytové a schodišťové stěny. Požadovaných 52 dB splňuje pouze výrobek KM BETA PROFIBLOK 440 pro tloušťku konstrukce 440 mm. Naopak jiní výrobci splnění těchto akustických požadavků umožňují již při polovičních tloušťkách konstrukcí, jmenovitě např. HELUZ AKU 30, POROTHERM 25 AKU SYM, což představuje značnou úsporu podlahové plochy. Z tohoto důvodu nebylo s KM Beta dále uvažováno.

Další nejlevnější výrobek nabízí řada BS Klatovy. Zdivo vyrobené z BS KLATOVY TNB 300/Lep198-P6 spolu se zateplením dosahuje tloušťky 550 mm při ceně 880,87 Kč/m<sup>2</sup>. Tomuto výrobku konkuruje řada Heluz s porovnávanými prvky HELUZ PLUS 36,5 nebroušená, tloušťka zateplené konstrukce 535 mm při ceně 911,11 Kč/m<sup>2</sup>; HELUZ P15 30 nebroušená, tloušťka konstrukce 520 mm při ceně 918,66 Kč/m<sup>2</sup> a HELUZ PLUS 38 nebroušená s tloušťkou konstrukce 540 mm a cenou 930,08 Kč/m<sup>2</sup>. Zdivo z těchto výrobků po zateplení vykazuje srovnatelnou tloušťku a cenu jako u BS Klatovy. Rozdíl je tedy především v pevnosti zdicích prvků v tlaku a vzduchové neprůzvučnosti. Jelikož Heluz disponuje vyšší pevností 10 MPa a 15 MPa, která je důležitým měřítkem při výběru zdicích prvků pro bytovou výstavbu, byla jako výsledná varianta vybrána řada Heluz. Porovnáním výsledných třech výrobků HELUZ PLUS 36,5 nebroušená, HELUZ P15 30 nebroušená a HELUZ PLUS 38 nebroušená byl pro výstavbu obvodového zdiva zvolen prvek HELUZ PLUS 38 nebroušená, který vykazuje lepší akustickou ochranu oproti HELUZ PLUS 36,5, a pro výstavbu vnitřních nosných zdí byl vybrán HELUZ P15 30 nebroušená.

#### 4.8. Zhodnocení

Při volbě zdicího materiálu, přesněji zdicího prvku, je potřeba vždy reagovat na požadavky stavby, která je předmětem návrhu. Každá stavba vyžaduje jiné potřeby, je navržena pro jiný účel s jiným druhem provozu. Tyto a další souvislosti bývají důležitými kritérii při volbě stavebního materiálu a konstrukčního řešení.

Při výběru vhodného zdicího prvku není důležitá pouze jeho cena, ale i jeho tepelně izolační schopnosti, které velkou měrou ovlivní výslednou tloušťku obvodového pláště. Vhodný výběr přináší nejlepší poměr mezi cenou a příslušnými vlastnostmi, které od zdicího prvku očekáváme, ať je to tepelně izolační schopnost, pevnost zdicího materiálu, akustická ochrana aj. Všechny vlastnosti, kterými zdicí prvek disponuje, bývají často ovlivněny úzce souvisejícími dílčími vlastnostmi, se kterými musíme při návrhu stavby počítat. Pokud hledáme vysoce pevnostní zdicí prvky, je vhodné se zaměřit na vápenopískové tvárnice. Ty ale disponují nízkými tepelně izolačními vlastnostmi, k zajištění požadované hodnoty součinitele prostupu tepla je tedy potřeba větší tloušťka tepelné izolace, což navyšuje tloušťku obvodové konstrukce a i cenu obvodového pláště. Podobné úvahy je nutné při každém návrhu zvážit a případně s investorem projednat, které hledisko je pro něj prioritní.

Porovnáním 219 typů zdicích prvků byla prokázána vazba jednotlivých vlastností zdicího prvku, které se menší či větší měrou odráží na finální ceně produktu.

Při výběru zdicího prvku nejčastěji cenu udávají fyzikální parametry prvku, jedná se především o pevnost v tlaku, mechanickou a požární odolnost, akustickou ochranu, tepelně izolační vlastnosti, množství materiálu. Důležitým faktorem při zohledňování ceny je i technologie a postup výstavby. Zde je důležitá vazba na velikost a váhu zdicího prvku, která ovlivňuje manipulovatelnost. Při větších rozměrech prvků je potřebné použití dalších technologií jako je minijeřáb aj., které do projektu vnášejí další nutné finanční náklady. Kladná stránka je pak rychlost výstavby díky větším rozměrům zdicích prvků. V neposlední řadě je cena zdicího prvku ovlivněna i vazbou na investora, zde mohou cenu ovlivnit různé zakázkové slevy, preferování značky nebo naopak navýšení ceny díky speciálním požadavkům ať už statického rázu, nebo estetického.

Samotný výběr vhodného zdicího prvku byl cíleně zadán parametry nízké ceny a nízké tloušťky konstrukce při splnění požadavku součinitele prostupu tepla v hodnotě  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Tím byl definovaný výrobek, který prokáže nejen ekonomicky nejvhodnější variantu pro realizaci hrubé stavby, ale spolu s vybraným tepelným izolantem zaručí splnění požadované hodnoty  $U \text{ [W}/(\text{m}^2\text{K})]$  při co nejmenší tloušťce konstrukce, tudíž bude ušetřena i drahá obytná plocha, která mnohdy představuje další podstatný požadavek ze strany investora při zadávání projektu. Splněním požadavku na hodnotu  $U \text{ [W}/(\text{m}^2\text{K})]$  je dále zaručeno snížení nákladů na vytápění, a tím je zajištěna další úspora financí.

Při výběru konkrétního zdicího prvku bylo nutné porovnat jednotlivé tepelně izolační vlastnosti zdicích materiálů spolu s jejich cenou za metr čtvereční. Neboť požadovanou hodnotu  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  splnil pouze jediný zdicí prvek HELUZ FAMILY 50 2in1 broušená s cenou  $2\,636,80 \text{ Kč}/\text{m}^2$ , bylo nutné provést přepočítání na požadované hodnoty za pomoci tepelného izolantu. Tím došlo ve všech případech k navýšení tloušťky konstrukce včetně ceny. Tyto výsledné hodnoty určovaly konečný výběr zdicího prvku.

Posouzením bylo zjištěno, že zdicí prvky, vykazující včetně zateplení nejideálnější poměr cena/tloušťka, se nachází přibližně v polovině posuzovaného intervalu, čili se jedná o zdicí prvky tloušťky 0,3 – 0,38 metru. Krajní varianty v podobě zdicích prvků tloušťky 0,4 – 0,5 metru vykazují vysoké ceny a velké tloušťky konstrukcí, stejně tak zdicí prvky 0,14 – 0,25 metru nevyhoví především díky své subtilitě.

Užší výběr vhodného zdicího prvku byl taktéž ovlivněn technologií či fyzikálními vlastnostmi v podobě pevnosti zdicího prvku v tlaku či hodnotou vzduchové neprůzvučnosti.

## 5. Stropní konstrukce

Optimální technický výběr stropní konstrukce, přesněji materiálu pro její realizaci, přispívá ke snížení nákladů ať již v době realizace stavby (ušetření materiálu), nebo během jejího užívání. Zároveň správné dimenzování tloušťky stropní konstrukce vedle statické funkce zajišťuje úsporu nejen materiálu při výstavbě, ale i úsporu celkové výšky objektu.

### Příklad:

- 1) Budova s půdorysnými rozměry 30 x 15 m, 30 nadzemních podlaží, tloušťka stropní konstrukce 0,2 metru.

Celková tloušťka stropních konstrukcí:  $30 \times 0,2 \text{ m} = 6 \text{ metrů}$

Spotřeba materiálu na stropní konstrukci:  $30 \times 15 \times 0,2 = 90 \text{ m}^3$

- 2) Budova s půdorysnými rozměry 30 x 15 m, 30 nadzemních podlaží, tloušťka stropní desky 0,15 metru.

Celková tloušťka stropních konstrukcí:  $30 \times 0,15 = 4,5 \text{ metru}$

Spotřeba materiálu na stropní konstrukci:  $30 \times 15 \times 0,15 = 67,5 \text{ m}^3$

Pokud bychom zvolili stropní konstrukci, která bude o 10 cm vyšší než stropní konstrukce z jiného materiálu, bude možné při výstavbě budovy se třiceti nadzemními podlažími zbudovat o jedno podlaží navíc, což u developerských projektů bývá často řečený požadavek.

Je vhodné zkoumat nejen cenu za  $m^2$ , ale zároveň i statické možnosti stropní konstrukce, čili únosnost stropu při nejmenší možné tloušťce konstrukce.

Pro výběr vhodného materiálu, přesněji typu stropní konstrukce, byly zavedeny stejné parametry jako u zdicích prvků, těmi jsou:

- nízká cena [Kč/ $m^2$ ],
- celková tloušťka konstrukce [m].

Nejtenčí stropní konstrukci umožňuje systém předpjatých betonových panelů (viz Tabulka 22). Jedná se o levný systém s velkou únosností i na velké rozpony. Zatímco u vložkových stropů bývá zdoluhavý technologický proces v podobě pokládky stropních nosníků, vložek a následného zalití stropní desky, stropní betonové panely nabízí rychlý způsob pokládky bez nutnosti dodatečného zalití betonovou zálivkou

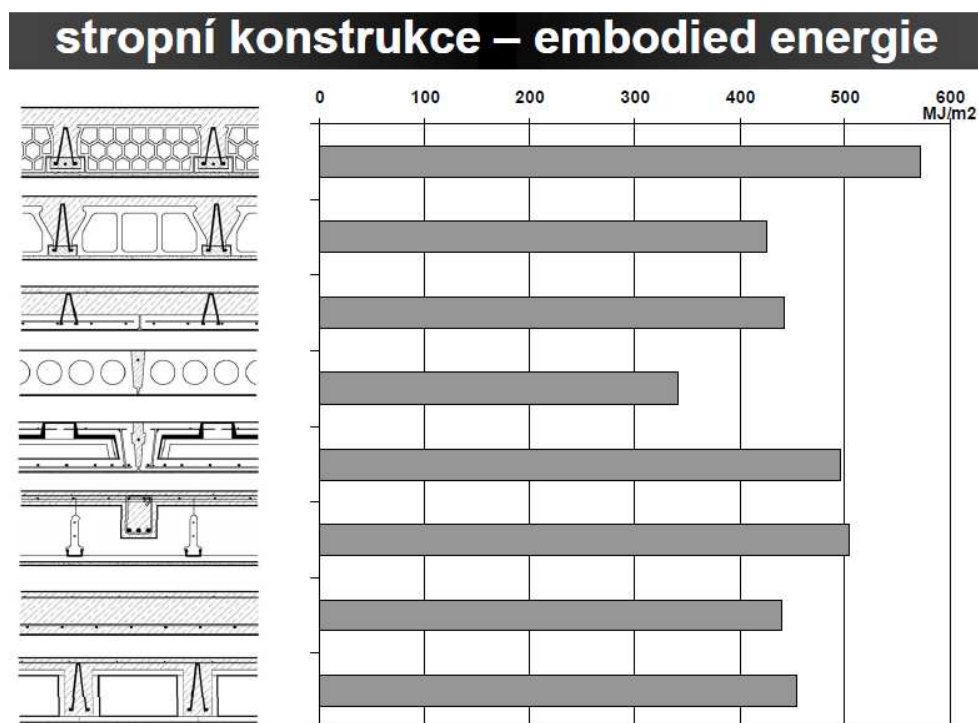
Tabulka 22 Tloušťka stropní konstrukce v závislosti na zvoleném stropním systému

Název	Typ stropní konstrukce	Tloušťka [mm]				
Spiroll	předpjatý betonový panel	160	200	265	320	400
KM Beta	keramické vložkové stropy	210	230	250	270	290
Porotherm	keramické vložkové stropy	190	210	230	250	290
Livetherm	betonové vložkové stropy	200	250	300		
BS Klatovy	betonové vložkové stropy	200	250	300		
PST Třebíč - systém TRAS	betonové vložkové stropy	200				
BEST UNIKA	betonové vložkové stropy	200	240			

*Zdroj: vlastní zpracování*

Důležitým faktorem při výstavbě pasivních domů bývá takzvané hledisko PEI neboli primární energie. Jedná se o energii potřebnou k vytvoření jednoho kilogramu příslušného materiálu [MJ/kg], případně jednoho metru čtverečního [MJ/ $m^2$ ]. Graf 11 znázorňuje výši primární energie pro jednotlivé stropní systémy. Betonové předpjaté stropní panely nejenže umožňují nejtenčí tloušťku stropní konstrukce za nejnižší cenu, ale zároveň patří energeticky k nejméně náročným stropním konstrukcím. Naopak nejvíce energie je spotřebováno při výrobě keramických stropů.

Graf 11 Primární energie stropní konstrukce



Zdroj: [https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni\\_materialy/INBB/LCA.pdf](https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/INBB/LCA.pdf)

Díky technologické jednoduchosti, rychlosti výstavby, nízké ceně stropní konstrukce a nízké pořizovací ceně byly betonové předpjaté panely vybrány jako ekonomicky nejpříjemnější způsob realizace stropní konstrukce.

Pro návrh bytového domu byly zvoleny stropní předpjaté betonové panely s výškou 160 mm, která umožňuje dostatečnou únosnost pro rozpon 4,2 metru.

## 6. Návrh bytového domu

### 6.1. Popis stavby

#### 6.1.1. Tvar

Pasivní stavby je vhodné navrhovat jako kompaktní objekty s co nejmenším množstvím ochlazovaných ploch. Ideálním tvarem stavby je krychle.

Navrhovaný bytový dům má tvar kvádrů o půdorysných rozměrech 13 x 19,5 metru a výškou 12,9 metru, což odpovídá 4 nadzemním podlažím.

### 6.1.2. Pozemek

Při návrhu pasivních staveb je důležitá správná volba pozemku, přesněji jeho orientace. Prosklené části budov směřující na jih a západ představují především v zimním období potřebné solární zisky, které jsou nutné ke správné tepelné pohodě budovy.

Pozemek navrhovaného bytového domu je uvažován jako rovinatý, bez stínění okolní zástavby či vzrostlých stromů, s orientací sever – jih.

### 6.1.3. Dispoziční uspořádání

Správné rozvržení dispozice a jednotlivých místností v objektu může výrazně ovlivnit tepelné zisky, případně ztráty tepla při vytápění stavby. Obecně platí, že místnosti méně náročné na teplo, jako jsou chodby, technické místnosti, kuchyně aj., je vhodné orientovat severněji. Naproti tomu obytné místnosti je nejlepší navrhovat jižním směrem, kde v zimních měsících sluneční energie procházející výplněmi konstrukcí pomáhá přirozenou cestou k ohřívání místnosti.

Členění navrhovaného bytového domu.

V 1. NP bytového domu se nachází zádveří, komunikační prostory v podobě chodby a domovního schodiště, dále sklepní koje a kolárna/kočárkárna. Ve druhé polovině přízemí je situována bytová jednotka o velikosti 3+kk.

Ve 2. – 4. NP se nachází dohromady 6 bytů, z toho 3 byty jsou navrženy jako 4+kk a 3 byty jako 3+kk. Návrh všech bytů zachovává daná doporučení, to znamená, že všechny obytné místnosti jsou orientované převážně jižním směrem, zatímco vertikální komunikace domu v podobě domovního schodiště je s orientací na sever.

### 6.1.4. Obytná plocha, plocha místností

Minimální rozměry a plochy místností uvádí ČSN 73 4301 Obytné budovy. Ta definuje nejnižší přípustnou plochu pro jednolůžkové obytné místnosti hodnotou 8 m<sup>2</sup> a pro dvoulůžkové hodnotou 12 m<sup>2</sup>.



Nejmenší možná plocha obývacího pokoje se stolováním pro byty se třemi a čtyřmi obytnými místnostmi je 21 m<sup>2</sup>, pro kuchyň se třemi obytnými místnostmi 5 m<sup>2</sup>, se čtyřmi obytnými místnostmi 6 m<sup>2</sup>.

Obytné místnosti navrhovaných bytů mají tyto plochy:

➤ byt č. 1

- ložnice č. 1 – 18,5 m<sup>2</sup>
- ložnice č. 2 – 14,8 m<sup>2</sup>
- ložnice č. 3 – 12,1 m<sup>2</sup>
- obývací pokoj se stolováním a plochou pro přípravu jídla – 32 m<sup>2</sup>

➤ byt č. 2

- ložnice č. 1 – 18,5 m<sup>2</sup>
- ložnice č. 2 – 14,8 m<sup>2</sup>
- obývací pokoj se stolováním a plochou pro přípravu jídla – 32 m<sup>2</sup>

### 6.1.5. Stínění

Orientace pasivních domů ke světovým stranám s sebou přináší nejen potřebné solární zisky v zimních měsících, ale i nežádoucí přehřívání staveb v létě. Aby bylo tomuto zabráněno, je nutné navrhnout vhodnou stínící techniku.

Stínění navrhovaného bytového domu je uvažováno jako samonosná dřevěná konstrukce zajišťující dostatečné stínění z jižní strany během letních měsíců. Díky samonosné konstrukci v podobě dřevěných sloupů a trámů nedochází ke vzniku tepelných mostů mezi bytovou stavbou a touto konstrukcí. To přispívá k zamezení úniku tepla vlivem tepelných mostů. Tato konstrukce zároveň umožňuje využití jako pochozí pavlač, přístup zajištěn z obývacích pokojů bytů ve 2., 3. a 4. NP.

## 6.2. Materiálové řešení konstrukcí

### 6.2.1. Obvodové svislé stěny

Obvodové zdivo je navrženo z keramických tvárnic Heluz PLUS 38, zateplené kontaktním zateplením 160 mm šedého fasádního EPS značky Styrotrade Styrotherm Plus 70 s fasádní úpravou v podobě silikátové omítky tloušťky 2 mm.

Skladba: silikátová omítka, tl. 2 mm  
výztužná vrstva, tl. 3 mm  
tepelná izolace Styrotrade Styrotherm, tl. 160 mm  
lepící stěrkový tmel, tl. 20 mm  
Heluz PLUS 38, tl. 380 mm  
vnitřní vápenocementová omítka, tl. 12 mm

Tato skladba zajišťuje splnění součinitele prostupu tepla hodnotou  $U=0,118 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (viz Příloha 9 – *Teplota 2010 – Obvodová stěna*).

### 6.2.2. Vnitřní nosné stěny

Nosné stěny v interiéru jsou tvořeny keramickými tvárnicemi Heluz AKU 30 tloušťky 300 mm, které tvoří stěny schodišťového prostoru a mezibytové stěny, a Heluz P15 30 tloušťky 300 mm, která je navržena pro zbylé interiérové nosné stěny.

### 6.2.3. Příčky

Příčkové zdivo je navrženo z keramických cihel Heluz 11,5 tl. 115 mm a Heluz 17,5 tl. 175 mm.

### 6.2.4. Podlaha přilehlá k zemině

Skladba: nášlapná vrstva, keramická dlažba, tl. 10 mm, lepidlo tl. 3 mm  
betonová mazanina, tl. 50 mm + kari síť  
separační PE folie, tl. 0,2 mm  
tepelná izolace, např. Styro EPS 150,  $\lambda=0,035 \text{ W}/(\text{mK})$ , tl. 220 mm

asfaltový nátěr, tl. 1 mm  
podkladní železobetonová deska, tl. 200 mm  
šterk frakce 16/32, tl. 150 mm  
rostlý terén

Tato skladba zajišťuje splnění součinitele prostupu tepla hodnotou  $U=0,150 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (viz Příloha 10 – Teplo 2010 – Podlaha k zemině).

### 6.2.5. Stropní konstrukce

Nosná stropní konstrukce je z betonového předpjatého panelu Spiroll, tloušťka 160 mm. Minimální délka uložení panelu je 100 mm.

Délka panelu:

- 3,1 metru pro oblast schodiště, domovní chodby;
- 4,2 metru pro strop nad obývacím pokojem bytu 1 a bytu 2;
- 3,65 metru pro strop nad ložnicí č. 1 bytu 1 a bytu 2;
- 4,2 metru pro strop nad ložnicí č. 2 a č. 3 bytu 1;
- 3,9 metru pro strop nad ložnicí č. 2 bytu 2;
- 3,9 metru pro strop nad chodbou a koupelnou bytu 1 a bytu 2.

### 6.2.6. Střecha

Střecha je navržena jako pultová se sklonem 5,24% s vegetační vrstvou v podobě extenzivní zeleně. Střešní konstrukce je tvořena stropními panely Spiroll tl. 160 mm, zateplena izolací EPS tl. 360 mm s použitím spádových klínů.

Skladba: vegetační vrstva, tl. 150 mm  
filtrační textilie, např. Optigreen Typ 105  
drenážní nopová folie, tl. 40 mm  
geotextilie,  $300 \text{ g}/\text{m}^2$   
hydroizolace, např. Vedag Vedaflor, tl. 5,2 mm  
teplená izolace EPS, např. Styro EPS 150,  
 $\lambda=0,035 \text{ W}/(\text{mK})$ , tl. 360 mm

parozábrana, např. Vedag Foalbit Al S 40, tl. 4 mm  
stropní panel Spiroll, tl. 160 mm  
vnitřní vápenocementová omítka, tl. 12 mm

Tato skladba zajišťuje splnění součinitele prostupu tepla hodnotou  $U=0,094 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (viz Příloha 11 – Teplo 2010 – Střecha).

### 6.2.7. Výplně otvorů

ČSN 73 0540 specifikuje požadavky na výplňové konstrukce hodnotami (viz Tabulka 1):

- $U=0,6-0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  pro výplň otvoru ve vnější stěně z vytápěného prostoru do venkovního prostředí,
- $U=0,9 [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$  pro dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (ČSN 73 0540-2, 2011, s. 13).

Pro návrh bytového domu bylo uvažováno s hodnotu  $U=0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  pro okenní výplně a  $U=0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  pro dveřní výplně.

## 7. Energetický štítek obálky budovy

Po dohodě s vedoucím diplomové práce byl proveden výpočet energetického štítku obálky budovy, který nahrazuje původně zamýšlený výpočet PENB.

Pro ověření správně navržené skladby vnějších konstrukcí budovy, a tedy splnění požadavku na prostup tepla obálkou budovy, slouží energetický štítek obálky budovy. Výpočet a obsah protokolu se řídí dle ČSN 73 0540.

Pro výpočet energetického štítku obálky budovy je potřeba znát hodnotu normového průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em,N,20}$  referenční budovy a výpočtovou hodnotu průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em}$  hodnocené budovy. ČSN 73 0540 definuje  $U_{em,N,20}$  vztahem:

$$U_{em,N,20} = \Sigma (U_{N,j} \cdot A_i \cdot b_j) / \Sigma A_j + 0,02 \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})] \quad (5.1.1.)$$

, kde  $U_{N,j}$  [W/(m<sup>2</sup>K)] je odpovídající normová požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla j-té teplosměnné konstrukce,  $A_j$  [m<sup>2</sup>] plocha j-té teplosměnné konstrukce stanovená z vnějších rozměrů,  $b_j$  [-] teplotní redukční činitel odpovídající j-té konstrukci (ČSN 73 0540-2, 2011, s. 17).

Poměr těchto součinitelů, který je dán vztahem:

$$U_{em} \leq CI \cdot U_{em,N,20} \quad (5.1.2.)$$

určuje dle hodnoty CI zatřídění do klasifikačních tříd z hlediska energetické náročnosti obálky budovy (viz Tabulka 23).

Tabulka 23 Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy

Klasifikační třídy	Kód barvy (CMYK)	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy $U_{em}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	Slovní vyjádření klasifikační třídy	Klasifikační ukazatel $CI$
A	X0X0	$U_{em} \leq 0,5 \cdot U_{em,N}$	Velmi úsporná	↔ 0,5 ↔ 0,75 ↔ 1,0 ↔ 1,5 ↔ 2,0 ↔ 2,5
B	70X0	$0,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 0,75 \cdot U_{em,N}$	Úsporná	
C	30X0	$0,75 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq U_{em,N}$	Vyhovující	
D	00X0	$U_{em,N} < U_{em} \leq 1,5 \cdot U_{em,N}$	Nevyhovující	
E	03X0	$1,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,0 \cdot U_{em,N}$	Nehospodárná	
F	07X0	$2,0 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,5 \cdot U_{em,N}$	Velmi nehospodárná	
G	0XX0	$U_{em} > 2,5 \cdot U_{em,N}$	Mimořádně nehospodárná	

Zdroj: ČSN 73 0540-2, 2011, s. 52

## 7.1. Výpočet energetického štítku obálky budovy

Stanovením plošných hodnot jednotlivých částí konstrukce obálky budovy a výpočtem jejich měrných ztrát při normových hodnotách součinitele prostupu tepla j-té konstrukce mohl být proveden výpočet normového průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em,N,20}$ , Tabulka 24.

ČSN 73 0540 dále definuje požadavek na hodnotu  $U_{em,N,20}$  pro nové obytné budovy, hodnota musí být rovna maximálně  $U_{em,N,20} = 0,5$  W/(m<sup>2</sup>K) (ČSN 73 0540-2, 2011, s. 18). Vypočtená hodnota  $U_{em,N,20} = 0,43$  pro referenční budovu splňuje daný požadavek.

Výpočet průměrného součinitele tepelné vodivosti obálky hodnocené budovy  $U_{em}$  byl proveden s hodnotami součinitelů  $U_j$  pro jednotlivé j-té skladby konstrukcí (viz Tabulka 25):

- střecha  $U=0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,
- podlaha 1. NP  $U=0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,
- obvodová stěna  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,
- skleněné výplně  $U=0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,
- dveře  $U=0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Tabulka 24 Průměrný součinitel prostupu tepla – referenční budova

Konstrukce	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Součinitel prostupu tepla $U_{N,j}$ [W/(m <sup>2</sup> K)] Požadovaná hodnota	Činitel teplotní redukce b [-]	Měrná ztráta prostupem tepla $H_{T,N}$ [W/K]	Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
Jižní fasáda - prosklená část	81,25	1,50	1,00	121,88	0,43
Severní fasáda - prosklená část	26,38	1,50	1,00	39,56	
Východní fasáda - prosklená část	24,50	1,50	1,00	36,75	
Západní fasáda - prosklená část	24,00	1,50	1,00	36,00	
Vstupní dveře	2,10	1,70	1,00	3,57	
Jižní fasáda - bez prosklení	171,93	0,30	1,00	51,58	
Severní fasáda - bez prosklení	259,29	0,30	1,00	77,79	
Východní fasáda - bez prosklení	147,40	0,30	1,00	44,22	
Západní fasáda - bez prosklení	147,90	0,30	1,00	44,37	
Střecha	235,25	0,24	1,00	56,46	
Podlaha 1. NP	235,25	0,45	0,43	45,52	
$\Sigma$	1355,24			557,69	

Zdroj: vlastní zpracování

Pro pasivní bytové domy zároveň ČSN 73 0540 stanovuje požadovanou maximální hodnotu  $U_{em} = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , hodnota  $U_{em} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  je doporučená (ČSN 73 0540-2, 2011, s. 41). Hodnocená budova s  $U_{em} = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  těmto požadavkům vyhovuje.

Porovnáním  $U_{em,N,20}$  referenční budovy a  $U_{em}$  hodnocené budovy dle vztahu (5.1.2.) byla zjištěna hodnota Cl.

$$U_{em} \leq Cl * U_{em,N,20}$$

$$0,19 \leq Cl * 0,43$$

$$Cl = 0,44$$

Tabulka 25 Průměrný součinitel prostupu tepla – hodnocená budova

Konstrukce	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Návrhová hodnota součinitele prostupu tepla U <sub>n</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]	Činitel teplotní redukce b [-]	Měrná ztráta prostupem tepla H <sub>T,N</sub> [W/K]	Průměrný součinitel prostupu tepla U <sub>em</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]
Jižní fasáda - prosklená část	81,25	0,70	1,00	56,88	0,19
Severní fasáda - prosklená část	26,38	0,70	1,00	18,46	
Východní fasáda - prosklená část	24,50	0,70	1,00	17,15	
Západní fasáda - prosklená část	24,00	0,70	1,00	16,80	
Vstupní dveře	2,10	0,90	1,00	1,89	
Jižní fasáda - bez prosklení	171,93	0,12	1,00	19,94	
Severní fasáda - bez prosklení	259,29	0,12	1,00	30,08	
Východní fasáda - bez prosklení	147,40	0,12	1,00	17,10	
Západní fasáda - bez prosklení	147,90	0,12	1,00	17,16	
Střecha	235,25	0,10	1,00	23,53	
Podlaha 1. NP	235,25	0,15	0,43	15,17	
Σ	1355,24			234,15	

Zdroj: vlastní zpracování

Výsledné zatřídění obálky budovy dle průměrného součinitele prostupu tepla U [W/(m<sup>2</sup>K)], resp. dle hodnoty Cl=0,44 je v klasifikační třídě A - velmi úsporná.

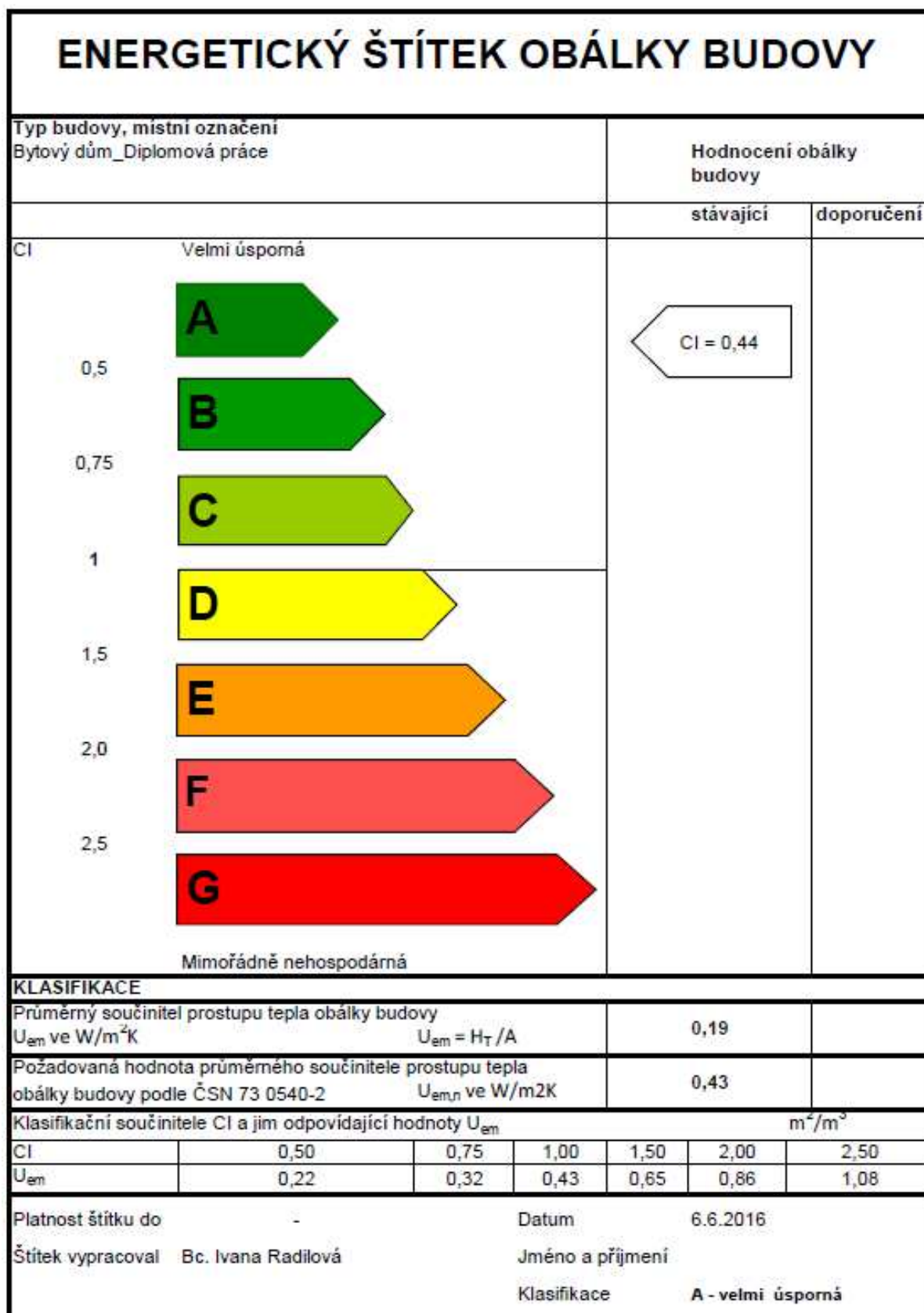
Vzorový energetický štítek Obrázek 3.

## 7.2. Zhodnocení

Výpočtem energetického štítku obálky budovy je možné doložit splnění požadavku na prostup tepla obálkou budovy. Tento číselný výstup zařazuje stavbu do energetické klasifikační třídy v závislosti na množství tepla prostupujícím obálkou budovy.

Aby bylo zatřídění stavby energeticky nejpříznivější, je vhodné navrhovat skladby konstrukcí, tvořící obálku budovy, co možná nejúspornější. To znamená dodržovat doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla U [W/(m<sup>2</sup>K)] dané normou ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov-Část 2.

Obrázek 3 Energetický štítek obálky budovy – bytový dům



Zdroj: vlastní zpracování



## 8. Závěr

Pro určení vlivu ekonomické stránky na výstavbu budov je potřebné zjistit, jakými parametry je možné náklady spojené s výstavbou a životem stavby ovlivňovat. S přihlédnutím na životní cyklus stavby bylo zjištěno, že největší finanční položku představuje samotné pořízení stavby a následně náklady na její provoz. Vhodnou volbou stavebních materiálů, typu konstrukce, technologického postupu aj. v době projektování můžeme podstatnou měrou ovlivnit náklady nejen na výstavbu, ale i na provoz stavby.

V této diplomové práci byla řešena především materiální a ekonomická stránka budovy. Přesněji byly hledány takové stavební a tepelně izolační materiály, které při zvolených parametrech prokážou splnění požadovaných vlastností při co nejnižší ceně. Vhodnou kombinací zdicího prvku a tepelné izolace můžeme zajistit splnění součinitele prostupu tepla pro obvodové konstrukce v hodnotě  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  již při nízkých nákladech [ $\text{Kč}/\text{m}^2$ ] a malé tloušťce obvodové konstrukce. Zároveň dimenzováním na hodnotu  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  byl návrh směřován do pasivního standardu, což přináší úsporu nákladů na vytápění během provozu stavby.

Při výběru tepelného izolantu bylo posuzováno 75 výrobků z různých tepelně izolačních materiálů. Porovnáním různého použití tepelné izolace v konstrukci byl jako nejvhodnější zvolen systém kontaktního zateplení. Ten zároveň představuje možnost zateplení nejlevnějším tepelně izolačním materiálem v podobě synteticky vyrobeného fasádního polystyrenu. Výsledná tepelná izolace z šedého EPS Styrotrade Styrotherm Plus 70 představuje ekonomicky nejpříjemnější formu tepelné izolace. Při hodnotě součinitele tepelné vodivosti  $\lambda=0,032 \text{ W}/(\text{mK})$  a nízké ceně vykazuje nejlepší poměr cena/tepelně izolační vlastnosti. K zateplení obvodového zdiva tudíž stačí menší tloušťka než s běžnými izolacemi, které disponují hodnotami kolem  $\lambda=0,04 \text{ W}/(\text{mK})$ . Zmenšením potřebné tloušťky izolace bývá uspořena obytná plocha, jejíž cena se může pohybovat v desítkách tisíc korun za metr čtvereční.

Porovnání dále prokázalo ekonomickou nevhodnost používání tepelných izolací na přírodní bázi. Jedná se především o tepelně izolační materiály s konopným a dřevovláknitým základem. Tepelné izolace vyrobené z těchto materiálů vykazují horší tepelně izolační vlastnosti, které mají za následek potřebu větší tloušťky pro zajištění doporučených/požadovaných hodnot  $U$  [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]. V neprospěch mluví i cena, která se pohybuje v řádech tisíců korun za metr čtvereční, což představuje několikrát vyšší cenu v porovnání s EPS.

Při volbě druhu zateplení hraje podstatnou roli i konečná fasádní úprava. Volbou drahých fasádních obkladů u provětrávaných fasád můžeme často překonat cenu samotného zateplení. Je tedy vhodné si zvolit prioritní požadavky již na začátku projektu.

Při výběru vhodného zdicího prvku bylo porovnáno celkem 219 výrobků zastupující tloušťky od 0,14 – 0,5 metru. Předem definovanými parametry v podobě nízké ceny a nízké tloušťky konstrukce, při splnění požadavku  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , byl hledán takový zdicí prvek, který v kombinaci s tepelným izolantem prokáže nejlepší splnění požadovaných parametrů, a tím zajistí nízké náklady spojené s realizací stavby. Zároveň navržením obvodové konstrukce na pasivní hodnotu součinitele prostupu tepla je zajištěno snížení nákladů na vytápění.

Rozdělením posuzovaných výrobků do intervalů podle tloušťky bylo možné srovnávat výrobky stejných šířek a následně porovnávat odchylky vyvolané změnou jejich tloušťky.

Porovnáním byla zároveň prokázána nevhodnost použití zdicích prvků tloušťky 0,5 metru určených výrobcem pro obvodové zdivo nízkoenergetických a pasivních domů. Nejenže tyto výrobky vykazují vysokou pořizovací cenu, ale zároveň bez dodatečného zateplení nesplňují požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Zateplením tedy dojde nejen k navýšení již tak vysoké ceny, ale zároveň i k nárůstu tloušťky konstrukce. Nejsilnější konstrukce po zateplení dosahovala tloušťky 600 mm při ceně  $1\,582 \text{ Kč}/\text{m}^2$ . Pro porovnání – vybraný zdicí prvek HELUZ PLUS 38 nebroušená vykazující optimální poměr cena/tloušťka dosahuje včetně zateplení ceny  $930 \text{ Kč}/\text{m}^2$  při tloušťce zateplené konstrukce 540 mm.

Nejdražším posuzovaným výrobkem s cenou  $2\,636 \text{ Kč}/\text{m}^2$  je HELUZ FAMILY 50 2in1 broušená tloušťky 0,5 metru. Tento výrobek zároveň jako jediný vyhověl požadavkům  $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  bez dodatečného zateplení.

Nalezením optimálních materiálů v podobě EPS Styrotrade Tryrotherm Plus 70 a zdicího prvku HELUZ PLUS 38 nebroušená bylo docíleno konstrukce, která splňuje dané požadavky na součinitel prostupu tepla při malé tloušťce a nízkých nákladech spojených s realizací.

Pro účely návrhu pasivního bytového domu bylo nutné specifikovat základní parametry v podobě tvaru budovy, dispozičního uspořádání a v neposlední řadě v materiálovém řešení. Pro ověření energetické náročnosti obálky budovy, a tedy správného návrhu stavby, byl proveden výpočet energetického štítku obálky budovy na předem zvolených skladbách jednotlivých konstrukcí. Výsledkem bylo prokázání nízkého průměrného součinitele prostupu tepla, a tedy správného návrhu obálky budovy eliminující únik tepla vlivem prostupu konstrukcí.

**SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1 – Tabulka - Přehled porovnávaných tepelných izolací

Příloha 2 – Tabulka - Přehled porovnávaných zdicích prvků

Příloha 3 – Graf – Primární energie zdicího prvku

Příloha 4 – Graf - Hodnota součinitele prostupu tepla zdicího prvku

Příloha 5 – Graf – Cena a tloušťka obvodové konstrukce po zateplení

Příloha 6 – Půdorys – Konstrukční řešení

Příloha 7 – Půdorys – Půdorys 1. NP - studie

Příloha 8 – Půdorys – Půdorys 2. – 4. NP - studie

Příloha 9 – Teplo 2010 – Obvodová stěna

Příloha 10 – Teplo 2010 – Podlaha k zemině

Příloha 11 – Teplo 2010 - Střecha

## POUŽITÉ ZDROJE

### Odborná literatura

KUDA, F., BERÁNKOVÁ, E., SOUKUP, P. Facility management v kostce pro profesionály i laiky, nakladatelství FORM Solution, první vydání 2012, ISBN 978-80905257-0-2.

Kalksandstein, Katalog vápenopískových výrobků, 1. srpna 2015, 44 s.

ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov-Část 1: Terminologie, 2005, s. 68

ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov-Část 2: Požadavky, 2011, s. 54

Baumit, *Ceník*, 2016 s. 136

ČSN 734301 Obytné budovy, 2004, s. 29

TYPLTOVÁ, H., Pasivní domy, první vydání 2012, ISBN 978-80-904739-2-8

### Internetové odkazy

[www.tzb-info.cz/udrzba-budov/10219-zivotni-cyklus-staveb](http://www.tzb-info.cz/udrzba-budov/10219-zivotni-cyklus-staveb)

[www.slideplayer.cz/slide/3046930/#](http://www.slideplayer.cz/slide/3046930/#)

[k126.fsv.cvut.cz/predmety/126mma2/mma2\\_podklid-2.ppt](http://k126.fsv.cvut.cz/predmety/126mma2/mma2_podklid-2.ppt)

[www.stavebnistandardy.cz/default.asp?Typ=1&ID=6&Pop=1&IDm=6947521&Menu=Manu](http://www.stavebnistandardy.cz/default.asp?Typ=1&ID=6&Pop=1&IDm=6947521&Menu=Manu)  
[www.cetris.cz](http://www.cetris.cz)

[www.casopisstavebnictvi.cz/online/dokumenty/pdf/stavebnictvi\\_2011\\_06-07.pdf](http://www.casopisstavebnictvi.cz/online/dokumenty/pdf/stavebnictvi_2011_06-07.pdf)

[https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni\\_materialy/INBB/LCA.pdf](https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/INBB/LCA.pdf)

<http://www.e-zatepleni.cz/712-6-1118-109/baumit-mineralni-fasadni-desky-tl.-140mm-podelna-vlakna.php>

<http://www.cetris.cz/produkty/deska-cetris-basic/>

<http://wienerberger.cz/>

<http://www.heluz.cz/>

<http://www.kmbeta.cz/>

<http://www.vapis-sh.cz/>

<http://www.ytong.cz/>

<http://www.liapor.cz/cz/zdivo-liapor>

<http://www.betonstavby.cz/>

<http://kalksandstein.cz/>

<http://www.porfix.cz/>

<http://www.neico.cz/spolecnost-neico/>

<http://www.best.info/nas-sortiment/zdici-system-best-unika/>

<http://www.isover.cz/>

<http://www.rockwool.cz/>

<http://www.baumit.cz/>

<http://www.knaufinsulation.cz/>

<http://styrotrade.cz/cs/>

<http://www.bachl.cz/>

<http://www.m-servis.cz/Konopne-izolace-NAPORO/>

<http://www.pavatex-shop.cz/>

<http://www.steico.com/cz/>

<http://www.kingspan.cz/>

<http://www.rotaflex.cz/>

<http://www.ursa.cz/>

<http://www.pamaas.cz/>

<http://www.enertherm.eu/cz/>

<http://www.puren.cz/>

<http://www.konopi-izolace.cz/>

**SEZNAM GRAFŮ, TABULEK A OBRÁZKŮ**

<i>Graf 1 Náklady spojené s životním cyklem stavby.....</i>	<i>14</i>
<i>Graf 2 Srovnání potřeby energie na metr čtvereční obytné plochy.....</i>	<i>18</i>
<i>Graf 3 Průměrná cena tepelně izolačního materiálu tloušťky 0,3 metru [Kč/m<sup>2</sup>] - kontaktní zateplení, provětrávaná fasáda.....</i>	<i>37</i>
<i>Graf 4 Průměrná cena tloušťky tepelně izolačního materiálu splňující <math>U=0,12</math> W/m<sup>2</sup>K [Kč/m<sup>2</sup>] - kontaktní zateplení, provětrávaná fasáda.....</i>	<i>38</i>
<i>Graf 5 Cena izolací včetně fasádní úpravy – kontaktní zateplení, provětrávaná fasáda.....</i>	<i>40</i>
<i>Graf 6 Chronologický vývoj součinitele prostupu tepla – normové požadavky na stěny a dosahované hodnoty zdiva tl. 440 mm.....</i>	<i>47</i>
<i>Graf 7 Průměrná pevnost zdicího prvku dle rozdílnosti materiálu.....</i>	<i>53</i>
<i>Graf 8 Průměrná hodnota objemové hmotnosti zdicího materiálu.....</i>	<i>54</i>
<i>Graf 9 Průměrné hodnoty součinitele prostupu tepla zdicího prvku dle rozdílnosti materiálu.....</i>	<i>56</i>
<i>Graf 10 Průměrné hodnoty vzduchové neprůzvučnosti zdicího prvku dle rozdílnosti materiálu.....</i>	<i>57</i>
<i>Graf 11 Primární energie stropní konstrukce.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabulka 1 Hodnoty součinitele prostupu tepla dle normy ČSN 73 0540-2, 2011 - pokračování.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabulka 2 Výňatek z Přílohy 1 – Tabulka – Přehled porovnávaných tepelných izolací.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabulka 3 Tepelné izolace pro kontaktní zateplení – nejlevnější a nejdražší výrobek.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabulka 4 Tepelné izolace do provětrávaných fasád – nejlevnější a nejdražší výrobek.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabulka 5 Tepelně izolační materiály pro kontaktní zateplení – průměrné hodnoty.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabulka 6 Tepelně izolační materiály do provětrávaných fasád – průměrné hodnoty.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabulka 7 Tloušťky materiálů odpovídající hodnotě <math>U=0,12</math> W/(m<sup>2</sup>K).....</i>	<i>39</i>
<i>Tabulka 8 Bílý fasádní polystyren - přehled výrobků.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabulka 9 Šedý fasádní polystyren – přehled výrobků.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabulka 10 Nejlevnější tepelné izolanty z EPS.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabulka 11 Hodnota součinitele tepelné vodivosti vápenocementové malty.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabulka 12 Výňatek z Přílohy 2 – Tabulka - Přehled porovnávaných zdicích prvků.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabulka 13 Průměrné hodnoty zdicích prvků dle rozdílnosti materiálu.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabulka 14 Hodnoty TI Styrotherm Plus 70.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabulka 15 Zdicí prvky tl. 0,5; 0,499; 0,49 m - hodnoty součinitele prostupu tepla a ceny bez vlivu TI.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabulka 16 Zdicí prvky tl. 0,5; 0,499; 0,49 m – porovnání s jinými zdicími prvky.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabulka 17 Tloušťka zdicích prvků 0,45 – 0,4 metru: nejlevnější, nejdražší výrobek.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabulka 18 Zdicí prvky tl. 0,38 – 0,365 m; extrémy.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabulka 19 Zdicí prvky tl. 0,3 m; extrémy.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabulka 20 Vybrané zdicí prvky pro tl. 0,38 – 0,365 nejlépe splňující kritéria nízké ceny/tloušťky.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabulka 21 Vybrané zdicí prvky pro tl. 0,3 m nejlépe splňující kritéria nízké ceny/tloušťky.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabulka 22 Tloušťka stropní konstrukce v závislosti na zvoleném stropním systému.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabulka 23 Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabulka 24 Průměrný součinitel prostupu tepla – referenční budova.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabulka 25 Průměrný součinitel prostupu tepla – hodnocená budova.....</i>	<i>83</i>

<i>Obrázek 1 Životní cyklus stavebního díla - fáze .....</i>	<i>13</i>
<i>Obrázek 2 Náklady spojené s pořízením stavby .....</i>	<i>15</i>
<i>Obrázek 3 Energetický štítek obálky budovy – bytový dům.....</i>	<i>84</i>

Příloha 1 – Tabulka - Přehled porovnávaných tepelných izolací

Kontaktní zateplovací TI	Material	Užití tepelné izolace	Hodnota součinitele tepelné vodivosti $\lambda$ [W/(mK)]	PEI [MJ/kg]	Cena izolantu tl. 0,3 m [Kč/m <sup>2</sup> ]	
M I N E R Á L N Í  K A M E N N Á  V L N A	Isover NF 333	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,041	17,5	1 140,0 Kč
	Isover TF Profi	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,036	17,5	1 260,0 Kč
	Rockwool Fasrock	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	< 40 mm: 0,041; > 40 mm: 0,039	17,5	899,0 Kč
	Rockwool Fasrock LL - lamela	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,041	17,5	788,0 Kč
	Rockwool Frontrock Max E	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,036	17,5	822,0 Kč
	Knauf Insulation SMARTwall S C 1	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,035	17,5	1 540,0 Kč
	Knauf Insulation SMARTwall S C 2	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,035	17,5	1 640,0 Kč
	Knauf Insulation FKD S Thermal	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,035	17,5	1 440,0 Kč
	Knauf Insulation FKD	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,038	17,5	1 380,0 Kč
	Knauf Insulation FKL - lamela	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,04	17,5	1 200,0 Kč
	Knauf Insulation FKL C1 - lamela	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,04	17,5	1 300,0 Kč
	Knauf Insulation FKL C2 - lamela	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,04	17,5	1 400,0 Kč
	Baumit minerální fasádní desky	minerální kamenná vlna	vnější kontaktní zateplovací systém	0,041	17,5	685,0 Kč *
	<b>průměr:</b>			<b>0,038</b>		<b>1 191,8 Kč</b>

\*obchodní cena z důvodu neposkytnutí cenových údajů firmou Baumit



B Í L Ý  P O L Y S T Y R E N  E P S	Isover EPS 70 F	bílý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém	0,039	98,5	627,00 Kč
	Isover EPS 100 F	bílý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém	0,037	98,5	735,00 Kč
	Baumit openTherm	bílý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu < 10$	0,039	98,5	435,00 *
	Baumit EPS-F	bílý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu < 40$	0,039	98,5	277,00 *
	Styrotrade Styro EPS 70F	bílý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu < 40$	0,039	98,5	266,10
	Styrotrade Styro EPS 100F	bílý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu < 70$	0,037	98,5	341,10 Kč
	Bachl EPS 70 F	bílý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém	0,039	98,5	555,00 Kč
	Bachl EPS 100 F	bílý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém	0,036	98,5	720,00 Kč
	<b>průměr:</b>				<b>0,038</b>	
Š E D Ý  P O L Y S T Y R E N  E P S	Isover EPS GreyWall	šedý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém	0,032	98,5	747,00 Kč
	Isover TWINNER	šedý EPS + 30 mm minerální vlny	vnější kontaktní zateplovací systém	< 200 mm: 0,034; > 200 mm: 0,033	98,5	790,00 Kč
	Isover EPS GreyWall Plus	šedý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém	0,031	98,5	810,00 Kč
	Baumit open reflect	šedý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu < 10$	0,031	98,5	739,50 Kč *
	Baumit open plus	šedý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu < 10$	0,032	98,5	750,00 Kč *
	Baumit StarTherm	šedý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém; $20 < \mu < 40$	0,032	98,5	348,00 Kč *
	Styrotrade Styrotherm plus 70	šedý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu < 40$	0,032	98,5	342,90 Kč
	Styrotrade Styrotherm plus 100	šedý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu < 70$	0,031	98,5	480,39 Kč
	Bachl Extrapor 70 F	šedý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém	0,032	98,5	690,00 Kč
	Bachl Extrapor 100 F	šedý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém	0,031	98,5	870,00 Kč
	<b>průměr:</b>				<b>0,032</b>	

\*obchodní cena z důvodu neposkytnutí cenových údajů firmou Baumit

K I O Z N O L P A N C É E	Naporo Universal	50-55 % konopné pazdeří; 30-35 % konopné vlákno	vnější kontaktní zateplovací systém	0,041		1 980,00 Kč
	<b>průměr:</b>			<b>0,041</b>		<b>1 980,00 Kč</b>
D Ř E I V Z O O V L L A Á C K E	Pavatex Diffutherm	dřevovláknitá izolace	vnější kontaktní zateplovací systém	0,043	13,7	2 139,00 Kč
	Pavatex Isolair	dřevovláknitá izolace	vnější kontaktní zateplovací systém	0,047	13,7	2 142,00 Kč
	Steico Protect	dřevovláknitá izolace	vnější kontaktní zateplovací systém	0,04	13,7	2 606,03 Kč
	<b>průměr:</b>			<b>0,043</b>		<b>2 295,68 Kč</b>
F E P N Ě O N L A	Kingspan Kooltherm K5	fenolická pěna	vnější kontaktní zateplovací systém; $\mu = 35$	0,02 - 0,021		2 562,86 Kč
	Baumit Resolution	fenolická pěna + oboustranně kaširovaný šedý EPS	vnější kontaktní zateplovací systém; $20 < \mu < 50$	0,022	98,5	-
	<b>průměr:</b>			<b>0,021</b>		<b>2 562,86 Kč</b>

\*obchodní cena z důvodu neposkytnutí cenových údajů firmou Baumit

Příloha 1 – Tabulka - Přehled porovnávaných tepelných izolací - POKRAČOVÁNÍ

TI do provětrávané fasády	Materiál	Způsob užití tepelné izolace	Hodnota deklarovaného součinitele tepelné vodivosti $\lambda_d$ [W/m*K]	Svázaná primární energie PEI MJ/kg	Cena [Kč/m <sup>2</sup> ] pro tl. tepelného izolantu 0,3 m	
M I N E R Á L N Í  K A M E N N Á  V L N A	Isover UNI	minerální kamenná vlna	provětrávané fasády s vkládáním do roštu nebo kazet	0,035	17,5	528,00 Kč
	Isover Maxil	minerální kamenná vlna	provětrávané fasády s vkládáním do roštu nebo kotvené	0,034	17,5	906,00 Kč
	Isover Topsil	minerální kamenná vlna	provětrávané fasády	0,033	17,5	705,00 Kč
	Isover Fassil	minerální kamenná vlna	provětrávané fasády s vkládáním do roštu nebo kotvené	0,035	17,5	672,00 Kč
	Isover Fassil NT	minerální kamenná vlna	provětrávané fasády s vkládáním do roštu nebo kotvené	0,035	17,5	792,00 Kč
	Rockwool Venti Max	minerální kamenná vlna	provětrávané fasády s uchycením na tmy, hmoždinky, držáky izolace	0,034	17,5	599,00 Kč
	Rockwool Venti Max F	minerální kamenná vlna	provětrávané fasády s uchycením na tmy, hmoždinky, držáky izolace	0,034	17,5	689,00 Kč
	Rockwool Rockton	minerální kamenná vlna	provětrávané fasády s vkládáním do roštu nebo kotvené	0,035	17,5	473,00 Kč
	Rockwool Superrock	minerální kamenná vlna	provětrávané fasády s vkládáním do vodorovného roštu	0,035	17,5	347,00 Kč
	Rockwool Airrock HD	minerální kamenná vlna	provětrávané fasády s kotvením	0,035	17,5	568,00 Kč
	Rockwool Airrock ND FB1	minerální kamenná vlna	provětrávané fasády s vložením mezi vodorovné i svislé rošty, s uchycením hmoždinkami, nebo držáky izolace	0,035	17,5	568,00 Kč
	Knauf Insulation MPS	minerální kamenná vlna	provětrávané fasády	0,035	17,5	660,00 Kč
	Knauf Insulation MPN	minerální kamenná vlna	provětrávané fasády	0,039	17,5	480,00 Kč
	Knauf Insulation MPE	minerální kamenná vlna	provětrávané fasády	0,035	17,5	540,00 Kč
<b>průměr:</b>			<b>0,035</b>		<b>609,07 Kč</b>	

M I N E R Á L N Í  S K E L N Á  V L N A	Knauf Insulation Naturboard 032	minerální skelná vlna	provětrávané fasády	0,032	42,7	735,00 Kč
	Knauf Insulation Naturboard 035	minerální skelná vlna	provětrávané fasády	0,035	42,7	660,00 Kč
	Knauf Insulation Naturboard 037	minerální skelná vlna	provětrávané fasády	0,037	42,7	552,00 Kč
	Knauf Insulation TP 435 B	minerální skelná vlna	provětrávané fasády	0,034	42,7	910,00 Kč
	Knauf Insulation TP 425 B	minerální skelná vlna	provětrávané fasády	0,035	42,7	760,00 Kč
	Isover Multimax 30	minerální skelná vlna	provětrávané fasády s vkládáním do roštu nebo kotvené	0,030	42,7	1 080,00 Kč
	Isover Super-Vent Plus	minerální skelná vlna	provětrávané fasády s vkládáním do roštu nebo kotvené	0,031	17,5	750,00 Kč
	Isover Multiplat 35	minerální skelná vlna	provětrávané fasády s vkládáním do roštu nebo kotvené	0,035	42,7	405,00 Kč
	Rotaflex FD 01	minerální skelná vata	provětrávané fasády s vkládáním do roštu s kotvením	0,035	42,7	660,00 Kč
	Rotaflex FD 02	minerální skelná vata	provětrávané fasády s vkládáním do roštu s kotvením	0,032	42,7	960,00 Kč
	Ursa FDP 1/v	minerální skelná vata	provětrávané fasády	0,04	42,7	477,00 Kč
	Ursa FDP 2/v	minerální skelná vata	provětrávané fasády	0,035	42,7	701,50 Kč
	Ursa FKP 1	minerální skelná vata	provětrávané fasády	0,04	42,7	449,00 Kč
	Ursa FKP 2	minerální skelná vata	provětrávané fasády	0,035	42,7	617,00 Kč
<b>průměr:</b>			<b>0,035</b>		<b>694,04 Kč</b>	
D Ř E V O L Á K E	Pavatex Pavathem Combi	dřevovláknitá izolace	provětrávané fasády	0,041	13,7	1 629,00 Kč
	Pavatex Pavathem Plus	dřevovláknitá izolace	provětrávané fasády	0,043	13,7	1 704,00 Kč
	Steico Special	dřevovláknitá izolace	provětrávané fasády	0,046	13,7	2 325,00 Kč
	<b>průměr:</b>			<b>0,043</b>		<b>1 886,00 Kč</b>
F E P N Ě O N L A	Kingspan Kooltherm K15	tuhá fenolická pěna s perofrovanou Alu folií a parozábranou	provětrávané fasády	0,020		2 893,80 Kč
	<b>průměr:</b>			<b>0,020</b>		<b>2 893,80 Kč</b>

P I R  P Ě N A	Pama Powerwall	PIR pěna s oboustrannou Alu folií	provětrávané fasády s kotvením	0,024		-
	IKO Enertherm ALU TG	PIR pěna s Alu folií	provětrávané fasády	0,022		1 800,00 Kč
	Puren HoltaFix	PIR pěna s dřevěnými latěmi jako nosná konstrukce	provětrávané fasády	< 60 mm: 0,027; 80 < 100: 0,026; > 120 mm: 0,025		3 007,20 Kč
	<b>průměr:</b>			<b>0,025</b>		<b>2 403,60 Kč</b>
K I O Z N O L P A N C Ě	Termo konopí Plus	izolační rohož z konopných vláken	provětrávané fasády	0,040	27,1	1 170,00 Kč
	Termo konopí Premium	izolační rohož z konopných vláken	provětrávané fasády	0,040	27,1	1 020,00 Kč
	Naporo Klima Hanf	izolace z konopí	provětrávané fasády	0,040	27,1	900,00 Kč
	<b>průměr:</b>			<b>0,040</b>		<b>1 095,00 Kč</b>



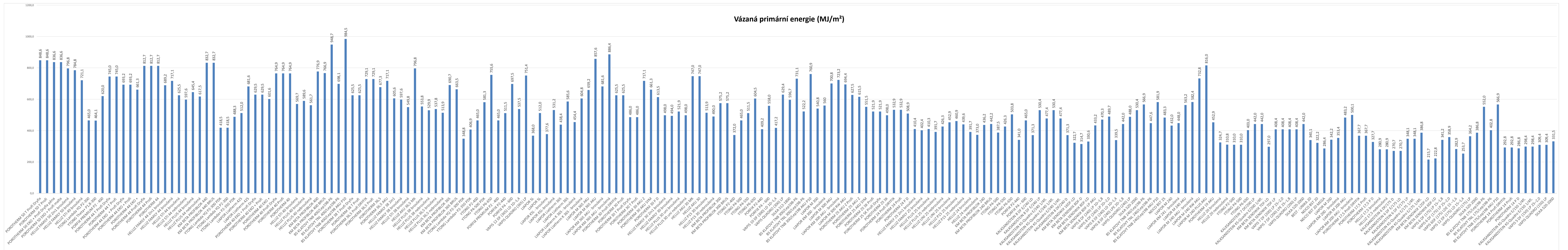




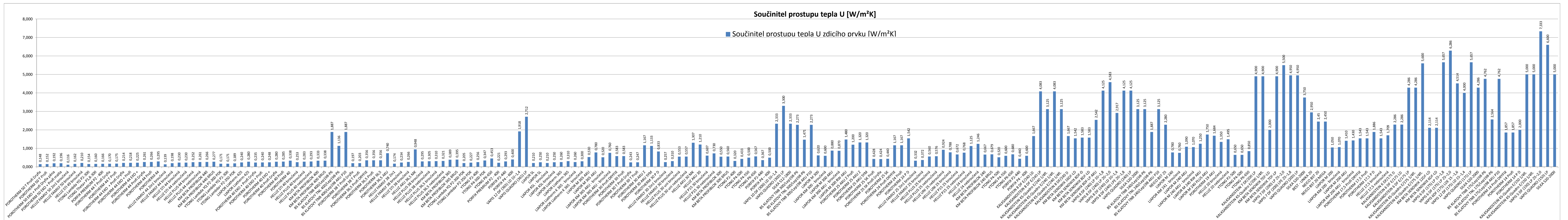




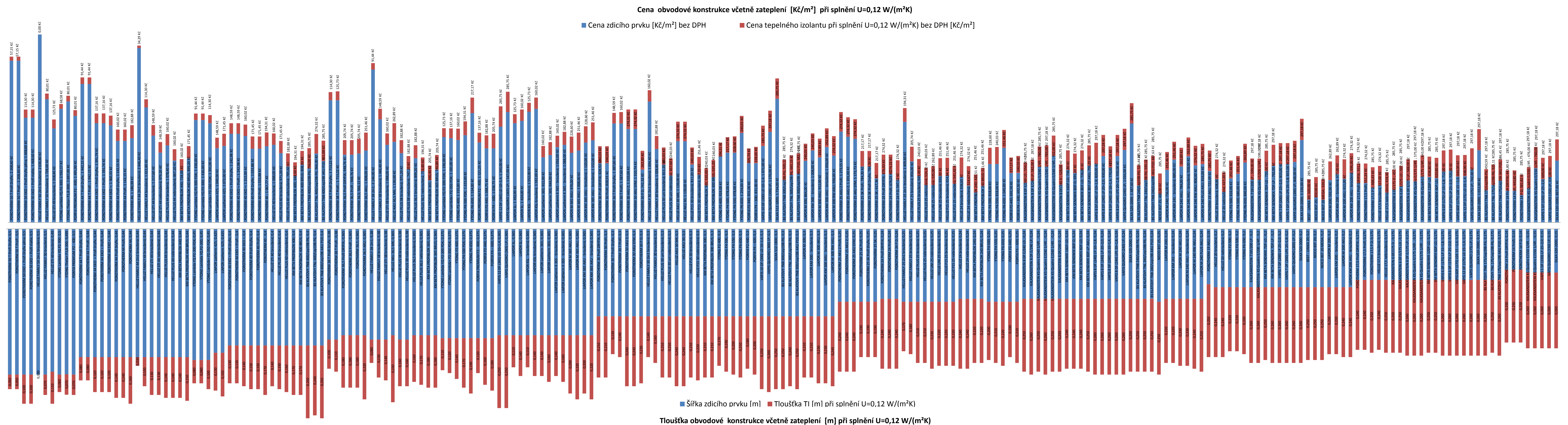
Příloha 3 – Graf – Primární energie zdičho prvku



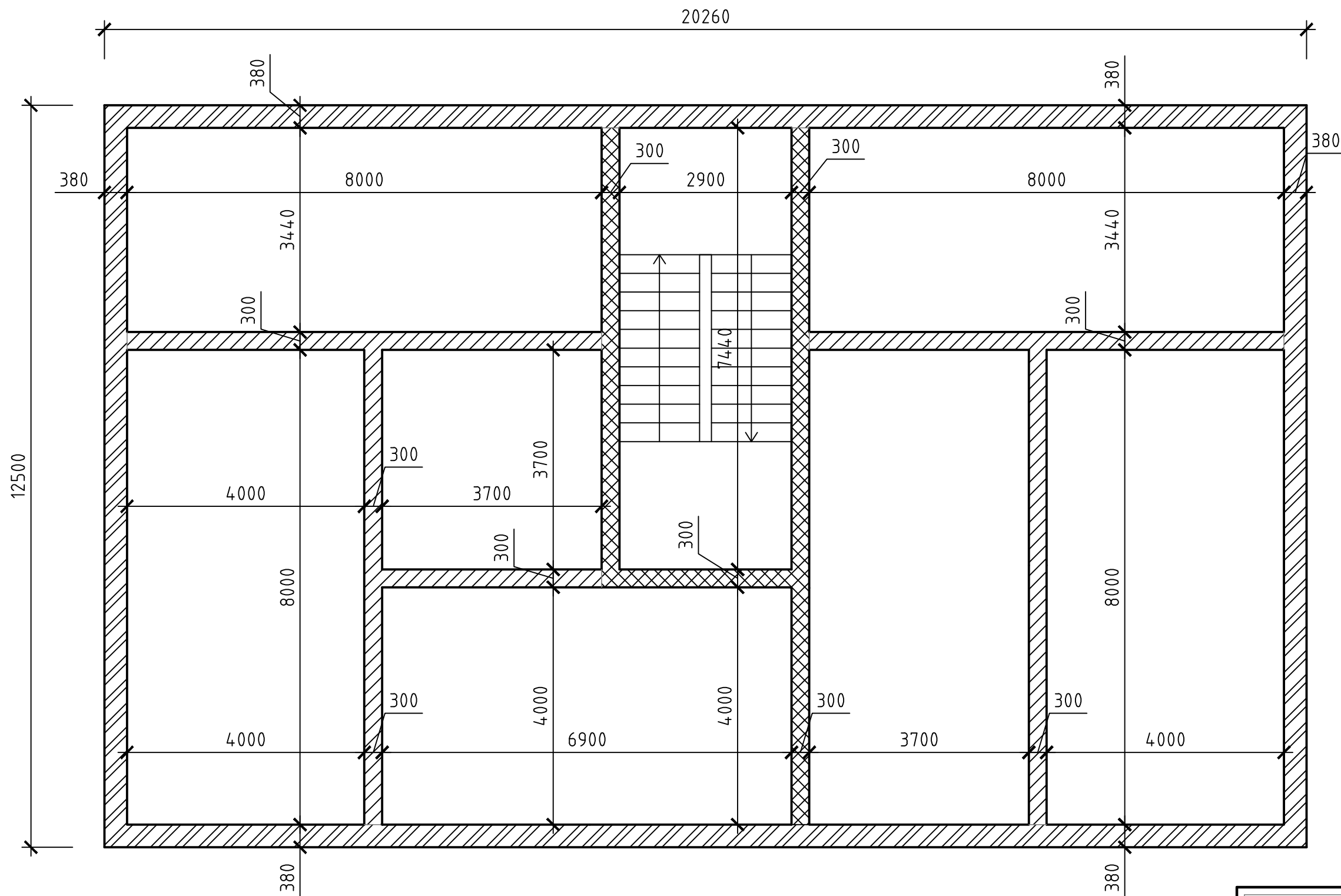
Příloha 4 – Graf - Hodnota součinitele prostupu tepla zdičho prvku

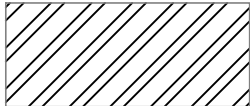

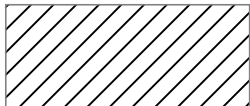


Příloha 5 – Graf – Cena a tloušťka obvodové konstrukce po zateplení

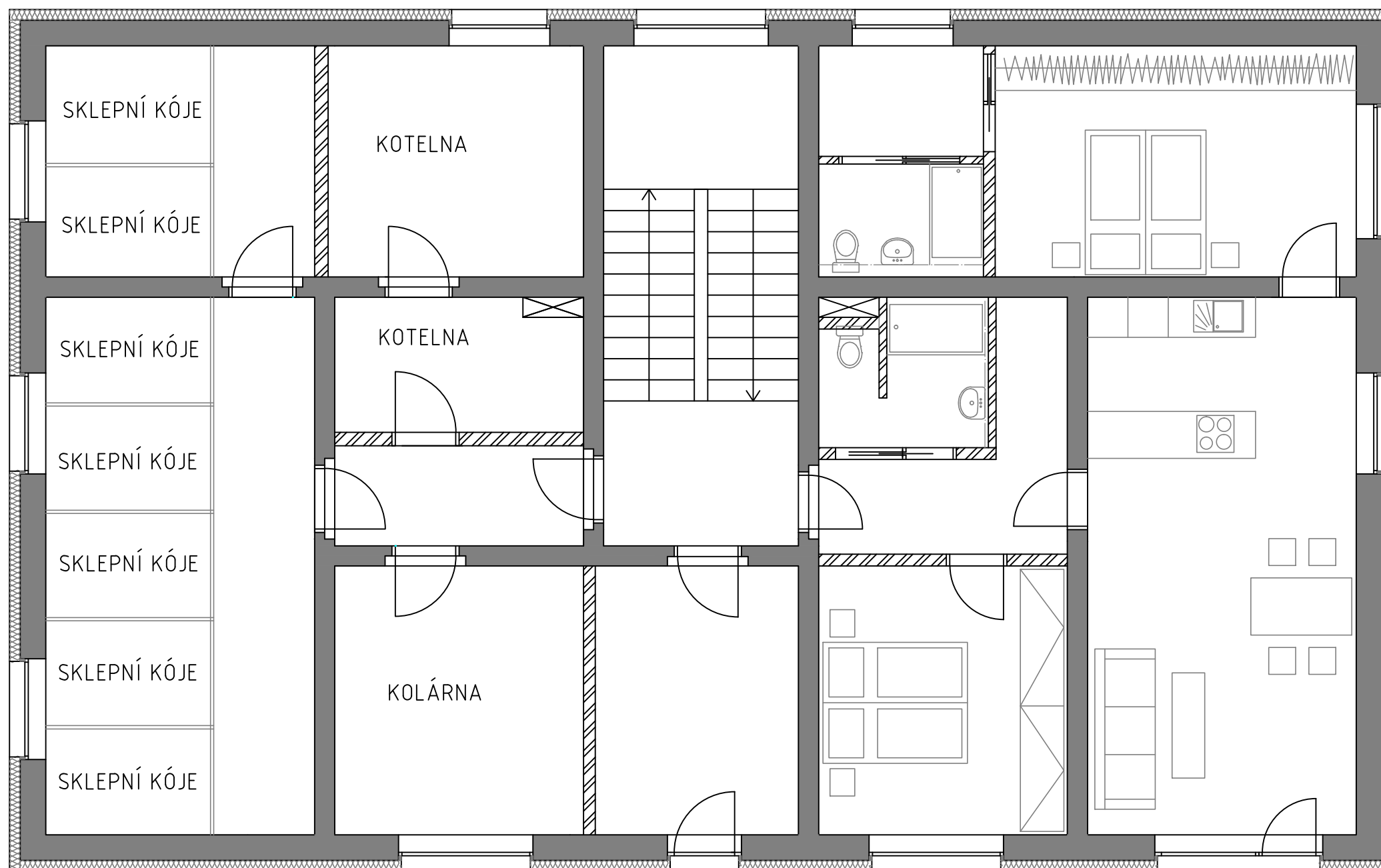




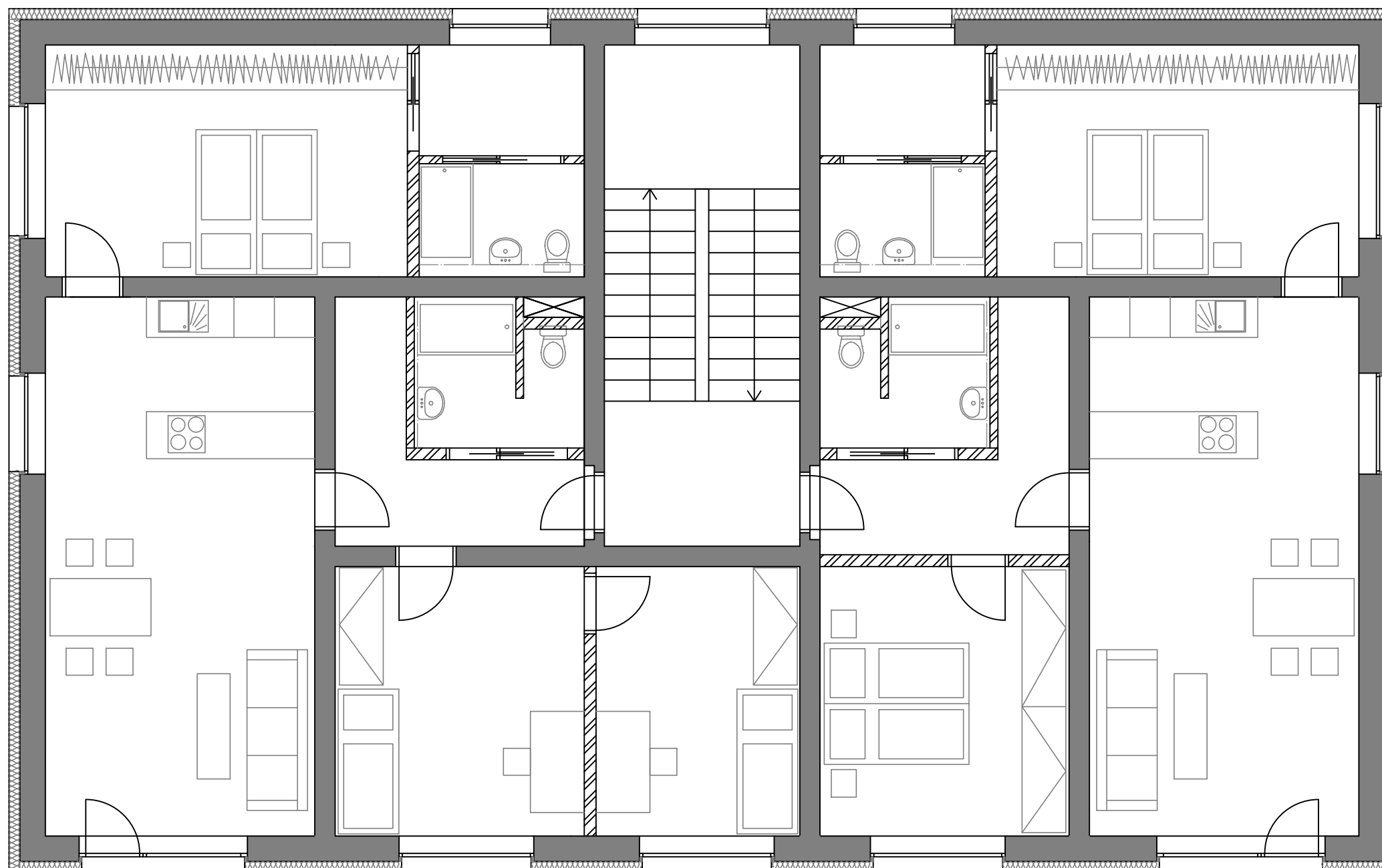


-  HELUZ PLUS 38
-  HELUZ AKU 30
-  HELUZ P15 30

Vypracovala: Bc. Ivana RADILOVÁ		FAV, Univerzita 22	
Část:	<b>PŘÍLOHA 6</b>	MĚŘITKO:	1:75
Projekt:	<b>DIPLOMOVÁ PRÁCE</b>	DATUM:	6.6.16
	Bytový dům		
Výkres:	<b>KONSTRUKČNÍ SCHÉMA</b>		



Vypracovala: Bc. Ivana RADILOVÁ		FAV, Univerzitní 22	
Část:	<b>PŘÍLOHA 7</b>	MĚŘÍTKO:	1:75
		DATUM:	6.6.16
Projekt:	<b>DIPLOMOVÁ PRÁCE</b>		
	Bytový dům - STUDIE		
Výkres:	<b>PŮDORYS 1. NP</b>		



Vypracovala: Bc. Ivana RADILOVÁ		FAV, Univerzitní 22	
Část:	<b>PŘÍLOHA 8</b>	MĚŘÍTKO:	1:75
Projekt:	<b>DIPLOMOVÁ PRÁCE</b>	DATUM:	6.6.16
	Bytový dům - STUDIE		
Výkres:	<b>PŮDORYS 2.- 4. NP</b>		

# Příloha 9 - Teplo 2010 - Obvodová stěna

## ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE

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

Název úlohy : **Obvodová stěna**

Zpracovatel : Ivan Radilová

Zakázka :

Datum : 27.5.2016

### **KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :**

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

### **Skladba konstrukce (od interiéru) :**

Číslo	Název	D[m]	L[W/mK]	C[J/kgK]	Ro[kg/m <sup>3</sup> ]	Mi[-]	Ma[kg/m <sup>2</sup> ]
1	Omítka vápenoc	0.0120	0.9900	790.0	2000.0	19.0	0.0000
2	Heluz PLUS 38	0.3800	0.1160	960.0	900.0	7.0	0.0000
3	Baumit lep. st	0.0200	0.8000	920.0	1300.0	50.0	0.0000
4	BASF EPS 70	0.1600	0.0320	1250.0	16.0	40.0	0.0000
5	Silikátová omí	0.0020	0.7000	920.0	1700.0	37.0	0.0000

### **Okrajové podmínky výpočtu :**

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot 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 kondenzace a povrch. teplot Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -13.0 C  
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C  
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %  
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

Měsíc	Délka[dny]	Tai[C]	RHi[%]	Pi[Pa]	Te[C]	RHe[%]	Pe[Pa]
1	31	21.0	53.9	1339.7	-2.4	81.2	406.1
2	28	21.0	56.0	1391.9	-0.9	80.8	457.9
3	31	21.0	56.9	1414.3	3.0	79.5	602.1
4	30	21.0	57.8	1436.7	7.7	77.5	814.1
5	31	21.0	60.9	1513.7	12.7	74.5	1093.5
6	30	21.0	64.0	1590.8	15.9	72.0	1300.1
7	31	21.0	65.7	1633.0	17.5	70.4	1407.2
8	31	21.0	65.1	1618.1	17.0	70.9	1373.1
9	30	21.0	61.4	1526.1	13.3	74.1	1131.2
10	31	21.0	58.0	1441.6	8.3	77.1	843.7
11	30	21.0	56.9	1414.3	2.9	79.5	597.9
12	31	21.0	56.5	1404.4	-0.6	80.7	468.9

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %  
Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.  
Počet hodnocených let : 1

### **TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :**

#### **Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:**

Tepelný odpor konstrukce R : 8.32 m<sup>2</sup>K/W  
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.118 W/m<sup>2</sup>K

Součinitel prostupu zabudované kce U,kc : 0.14 / 0.17 / 0.22 / 0.32 W/m<sup>2</sup>K  
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce ZpT : 5.5E+0010 m/s  
 Teplotní útlum konstrukce Ny\* : 21946.3  
 Fázový posun teplotního kmitu Psi\* : 3.1 h

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p : 20.01 C  
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách f,Rsi,p : 0.971

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		Tsi[C]	f,Rsi	RHsi[%]
	Tsi,m[C]	f,Rsi,m	Tsi,m[C]	f,Rsi,m			
1	14.7	0.732	11.3	0.586	20.3	0.971	56.2
2	15.3	0.741	11.9	0.584	20.4	0.971	58.2
3	15.6	0.698	12.1	0.507	20.5	0.971	58.8
4	15.8	0.610	12.4	0.351	20.6	0.971	59.2
5	16.6	0.474	13.2	0.057	20.8	0.971	61.8
6	17.4	0.298	13.9	-----	20.9	0.971	64.6
7	17.8	0.095	14.3	-----	20.9	0.971	66.1
8	17.7	0.172	14.2	-----	20.9	0.971	65.6
9	16.8	0.450	13.3	-----	20.8	0.971	62.3
10	15.9	0.596	12.4	0.325	20.6	0.971	59.3
11	15.6	0.700	12.1	0.510	20.5	0.971	58.8
12	15.5	0.743	12.0	0.585	20.4	0.971	58.7

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu,  
 Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

### **Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540:** (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	e
tepl.[C]:	20.0	20.0	7.0	6.9	-12.8	-12.8
p [Pa]:	1367	1341	1032	917	175	166
p,sat [Pa]:	2339	2332	1003	996	201	201

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

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny [m]		Kondenzující množství vodní páry [kg/m2s]
	levá	pravá	
1	0.3920	0.3920	1.066E-0009
2	0.4671	0.5291	6.727E-0009

#### Celoroční bilance vlhkosti:

Množství zkondenzované vodní páry Mc,a: 0.006 kg/m2,rok

Množství vypařitelné vodní páry Mev,a: 1.266 kg/m2,rok

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -5.0 C.

### **Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:**

#### Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

Poznámka: Hodnocení difuze 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 2010**

# Příloha 10 - Teplo 2010 - Podlaha k zemině

## ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE

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

Název úlohy : **Podlaha\_zemina**  
Zpracovatel : Ivana Radilová  
Zakázka :  
Datum : 12.5.2016

### **KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :**

Typ hodnocené konstrukce : Podlaha - výpočet poklesu dotykové teploty  
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m<sup>2</sup>K

### **Skladba konstrukce (od interiéru) :**

Číslo	Název	D[m]	L[W/mK]	C[J/kgK]	Ro[kg/m <sup>3</sup> ]	Mi[-]	Ma[kg/m <sup>2</sup> ]
1	Dlažba keramic	0.0100	1.0100	840.0	2000.0	200.0	0.0000
2	Betonová mazan	0.0500	1.2000	840.0	2100.0	20.0	0.0000
3	Styro EPS 150	0.2200	0.0350	1270.0	25.0	70.0	0.0000
4	Asfaltový nátě	0.0010	0.2100	1470.0	1400.0	1200.0	0.0000
5	Podkladní desk	0.2000	1.4300	1020.0	2300.0	23.0	0.0000

### **Okrajové podmínky výpočtu :**

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.17 m<sup>2</sup>K/W  
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.00 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -13.0 C  
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C  
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %  
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH<sub>i</sub> : 55.0 %

### **TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :**

#### **Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:**

Tepelný odpor konstrukce R : 6.48 m<sup>2</sup>K/W  
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.150 W/m<sup>2</sup>K

Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>k,c</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 dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce Z<sub>pT</sub> : 1.2E+0011 m/s

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T<sub>si,p</sub> : 19.74 C  
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f<sub>si,p</sub> : 0.963

#### **Pokles dotykové teploty podlahy dle ČSN 730540:**

Tepelná jímavost podlahové konstrukce B : 1410.01 Ws/m<sup>2</sup>K

Pokles dotykové teploty podlahy DeltaT : 7.18 C

**STOP, Teplo 2010**

# Příloha 11 - Teplo 2010 - Střecha

## ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE

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

Název úlohy : **Střecha**  
Zpracovatel : Ivana Radilová  
Zakázka :  
Datum : 12.5.2016

### **KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :**

Typ hodnocené konstrukce : Strop, střecha - tepelný tok zdola  
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m<sup>2</sup>K

### **Skladba konstrukce (od interiéru) :**

Číslo	Název	D[m]	L[W/mK]	C[J/kgK]	Ro[kg/m <sup>3</sup> ]	Mi[-]	Ma[kg/m <sup>2</sup> ]
1	Omítka vápenoc	0.0120	0.9900	790.0	2000.0	19.0	0.0000
2	Dutinový panel	0.1600	1.2000	840.0	1200.0	23.0	0.0000
3	Vedag Foalbit	0.0040	0.1700	1470.0	1300.0	375000.0	0.0000
4	Styro EPS 150	0.1800	0.0350	1270.0	25.0	70.0	0.0000
5	Styro EPS 150	0.1800	0.0350	1270.0	25.0	70.0	0.0000
6	Vedag Vedaflor	0.0052	0.1700	1470.0	1300.0	20000.0	0.0000

### **Okrajové podmínky výpočtu :**

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot 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 kondenzace a povrch. teplot Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -13.0 C  
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C  
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %  
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

Měsíc	Délka[dny]	Tai[C]	RHi[%]	Pi[Pa]	Te[C]	RHe[%]	Pe[Pa]
1	31	21.0	53.9	1339.7	-2.4	81.2	406.1
2	28	21.0	56.0	1391.9	-0.9	80.8	457.9
3	31	21.0	56.9	1414.3	3.0	79.5	602.1
4	30	21.0	57.8	1436.7	7.7	77.5	814.1
5	31	21.0	60.9	1513.7	12.7	74.5	1093.5
6	30	21.0	64.0	1590.8	15.9	72.0	1300.1
7	31	21.0	65.7	1633.0	17.5	70.4	1407.2
8	31	21.0	65.1	1618.1	17.0	70.9	1373.1
9	30	21.0	61.4	1526.1	13.3	74.1	1131.2
10	31	21.0	58.0	1441.6	8.3	77.1	843.7
11	30	21.0	56.9	1414.3	2.9	79.5	597.9
12	31	21.0	56.5	1404.4	-0.6	80.7	468.9

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %  
Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.  
Počet hodnocených let : 1

### **TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :**

#### **Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:**

Tepelný odpor konstrukce R : 10.49 m<sup>2</sup>K/W  
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.094 W/m<sup>2</sup>K

Součinitel prostupu zabudované kce U,kc : 0.11 / 0.14 / 0.19 / 0.29 W/m<sup>2</sup>K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce ZpT : 8.7E+0012 m/s  
 Teplotní útlum konstrukce Ny\* : 346.3  
 Fázový posun teplotního kmitu Psi\* : 10.5 h

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p : 20.21 C  
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách f,Rsi,p : 0.977

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		Tsi[C]	f,Rsi	RHsi[%]
	Tsi,m[C]	f,Rsi,m	Tsi,m[C]	f,Rsi,m			
1	14.7	0.732	11.3	0.586	20.5	0.977	55.7
2	15.3	0.741	11.9	0.584	20.5	0.977	57.8
3	15.6	0.698	12.1	0.507	20.6	0.977	58.4
4	15.8	0.610	12.4	0.351	20.7	0.977	58.9
5	16.6	0.474	13.2	0.057	20.8	0.977	61.6
6	17.4	0.298	13.9	-----	20.9	0.977	64.5
7	17.8	0.095	14.3	-----	20.9	0.977	66.0
8	17.7	0.172	14.2	-----	20.9	0.977	65.5
9	16.8	0.450	13.3	-----	20.8	0.977	62.1
10	15.9	0.596	12.4	0.325	20.7	0.977	59.1
11	15.6	0.700	12.1	0.510	20.6	0.977	58.4
12	15.5	0.743	12.0	0.585	20.5	0.977	58.3

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu,  
 Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

### **Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540:** (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	e
tepl.[C]:	20.2	20.2	19.8	19.7	3.5	-12.8	-12.9
p [Pa]:	1367	1367	1364	261	252	243	166
p,sat [Pa]:	2368	2362	2301	2291	782	202	200

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

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Kondenzující množství vodní páry [kg/m2s]
1	0.5360	0.5360	8.368E-0011

Celoroční bilance vlhkosti:

Množství zkondenzované vodní páry Mc,a: 0.000 kg/m2,rok  
 Množství vypařitelné vodní páry Mev,a: 0.018 kg/m2,rok  
 Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -5.0 C.

### **Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:**

#### Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

Poznámka: Hodnocení difuze 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 2010**