VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

VLIV PROVEDENÍ ZATEPLENÍ BYTOVÉHO DOMU V TŘEBÍČI NA VÝDAJE SPOJENÉ S JEHO PROVOZEM

THE INFLUENCE OF INSULATING A BLOCK OF FLATS IN TREBIC ON THE EXPENSES RELATED TO ITS OPERATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE Bc. Jiří Sedláček
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. Josef Čech, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2017

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav soudního inženýrství
Student:	**Bc. Jiří Sedláček**
Studijní program:	Soudní inženýrství
Studijní obor:	Realitní inženýrství
Vedoucí práce:	**Ing. Josef Čech, Ph.D.**
Akademický rok:	2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Vliv provedení zateplení bytového domu v Třebíči na výdaje spojené s jeho provozem

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem práce bude provést návrh na zateplení bytového domu v Třebíči v několika variantách. Na základě těchto návrhů následně spočítat náklady na realizaci navržených variant a nákladů na provozování bytového domu před a po provedení zateplení. Následně bude zpracována ekonomická návratnost u jednotlivých navržených variant a bude provedeno závěrečné vyhodnocení.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce bude zhodnocení ekonomické návratnosti jednotlivých navržených variant zateplení bytového domu v Třebíči.

Seznam doporučené literatury:

BRADÁČ, A. a kol. Teorie a praxe oceňování nemovitých věcí, 1. vydání, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2016 Brno. 790 s. ISBN 978-80-7204-930-1.

DAHLSVEEN, T., PETRÁŠ, D., HIRŠ, J. Energetický audit budov, Jaga, 2003, 344 s, ISBN 80-8890--86-9.

Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií + prováděcí vyhlášky.

Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.
ředitel

Abstrakt

Diplomová práce řeší posouzení a návrh zateplení bytového domu v Třebíči, na výdaje spojené s jeho provozem. V teoretické části diplomové práce jsou uvedeny důvody pro zateplování budov, požadavky z hlediska energetické náročnosti budov, statických a požárně bezpečnostních na zateplení budov. V praktické části je zhodnocen z tepelně technického hlediska stávající stav bytového domu, dále jsou navrženy tři nové varianty zateplení bytového domu, jejich vyhodnocení a vypočítána jejich doba návratnosti.

.Abstract

This thesis solves assessment and project insulation of a block of flats in Trebic, on the expenses related to its operation. In the theoretical part of thesis are given the reasons for thermal insulation of buildings, requirements in terms of energy intensity of buildings, static and fire safety for insulation of buildings. In the practical part, the current state of the block of flats is evaluated from a thermal-technical point of view, three new thermal insulation options are proposed, their evaluation and their return time calculated.

Klíčová slova

Bytový dům, zateplení, prostup tepla, návratnost investice, úspora energie, energetická náročnost.

Keywords

Block of flats, insulation, heat transmission, return on investment, saving energy, energy consumption.

SEDLÁČEK, J. *Vliv provedení zateplení bytového domu v Třebíči na výdaje spojené s jeho provozem.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2017. 83 s., 138 s. příl. Vedoucí diplomové práce Ing. Josef Čech, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval/a samostatně, a že jsem uvedl/a všechny použité informační zdroje.

V Brně dne …………………

…………………………………………

Podpis diplomanta

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval mému vedoucímu diplomové práce, Ing. Josefu Čechovi, Ph.D., za cenné rady, připomínky a poznatky, které mi pomohly při zpracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat svým blízkým za podporu při studiu.

OBSAH

OBSAH ... 9

1 ÚVOD ... 12

2 ZATEPLOVÁNÍ BUDOV ... 13

2.1 Ekonomické důvody zateplování ... 13

2.2 Ekologické důvody zateplování ... 13

2.3 Technické důvody zateplování ... 13

2.3.1 Poruchy a vady objektu ... 13

2.3.2 Tepelná pohoda ... 14

2.3.3 Akustické vlastnosti ... 14

2.3.4 Architektonické působení objektu ... 14

3 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV ... 15

3.1 Legislativa ... 15

3.2 Požadavky tepelné ochrany budov ... 16

3.2.1 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce ... 17

3.2.2 Součinitel prostupu tepla ... 18

3.2.3 Pokles dotykové teploty podlahy ... 20

3.2.4 Lineární a bodový činitel prostupu tepla ... 21

3.2.5 Kondenzace vodní páry v konstrukci ... 21

3.2.6 Průvzdušnost obálky budovy ... 22

3.2.7 Tepelná stabilita místnosti v zimním a letním období ... 23

3.3 Tepelné ztráty ... 24

3.4 Tepelné mosty ... 25

3.5 Průkaz energetické náročnosti budovy ... 26

3.6 Energetický štítek obálky budovy ... 30

3.7 Energetický audit ... 33

3.8 Budovy s nízkou energetickou náročností ... 35

3.8.1 Nízkoenergetické budovy ... 35

3.8.2 Pasivní budovy ... 36

3.8.3 Energeticky nulové budovy ... 36

4 STATICKÉ POŽADAVKY NA ZATEPLENÍ ... 37

4.1 Nosná způsobilost konstrukce ... 37

4.2 Bezpečnost zateplovacího systému ... 37

4.3 Konstrukční opatření ... 38

5 POŽADAVKY POŽÁRNÍ BEZPEČNOSTI NA ZATEPLENÍ 39
5.1 Budovy s požární výškou do 12 metrů včetně 39
5.2 Budovy s požární výškou nad 12 metrů do 22,5 metrů včetně 40
5.3 Budovy s požární výškou větší jak 22,5 metrů 41
6 DRUHY TEPELNĚ IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ 43
6.1 Pěnový expandovaný polystyren (EPS) 43
6.2 Extrudovaný polystyren (XPS) 43
6.3 Polyuretan (PUR) 43
6.4 Minerální a skleněná vlna 44
6.5 Keramzit 44
6.6 Perlit 44
6.7 Pěnové sklo 44
6.8 Dřevocementové desky 45
6.9 Celulóza 45
6.10 Konopí 45
7 OBLASTI POUŽITÍ TEPELNĚ IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ 46
8 VÝPLNĚ OTVORŮ OBÁLKY BUDOVY 48
9 PRAKTICKÁ ČÁST 49
9.1 Popis původního stavu objektu 50
9.1.1 Identifikace bytového domu dle katastru nemovitostí 50
9.2 Okrajové podmínky stavby 51
9.3 Technický popis stavby 52
9.3.1 Stavebně technický stav stávajícího objektu 52
9.4 Tepelně technický stav stávajícího objektu 54
9.4.1 Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukcí 54
9.4.2 Výpočet součinitele prostupu tepla oken a dveří 55
9.4.3 Výsledky průkazu energetické náročnosti budovy stávajícího stavu 57
9.4.4 Roční náklady spotřeby energie na vytápění stávající budovy 60
9.5 Navržená opatření stávající budovy 60
9.5.1 Navrhovaný stav, varianta č. 1 60
9.5.2 Navrhovaný stav, varianta č. 2 61
9.5.3 Navrhovaný stav, varianta č. 3 63
9.6 Vyhodnocení návrhových stavů z hlediska energetické náročnosti a ročních nákladů spotřeby energie na vytápění 65
9.6.1 Energetická náročnost 65

9.6.2 Roční náklady spotřeby energie na vytápění návrhových stavů ... *66*
9.7 Náklady na realizaci navržených variant ... 67
9.7.2 Celkové náklady na realizaci varianty č. 1 (expandovaný „bílý“ polystyren) ... *69*
9.7.3 Celkové náklady na realizaci varianty č. 2 (expandovaný „šedý“ polystyren) ... *69*
9.7.4 Celkové náklady na realizaci varianty č. 3 (kamenná minerální vlna) ... *70*
9.8 Výpočet prosté návratnosti ... 71
9.8.1 Vyhodnocení prosté návratnosti ... *71*
9.9 Výpočet dosažených úspor vzhledem k životnosti zateplení ... 72
9.10 Financování investice pomocí půjčky ... 73
10 ZÁVĚR ... 77
11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ ... 78
11.1 Použitá literatura ... 78
11.2 Právní předpisy ... 78
11.3 Elektronické zdroje ... 79
12 SEZNAMY ... 80
12.1 Seznam obrázků ... 80
12.2 Seznam tabulek ... 80
12.3 Seznam grafů ... 81
13 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK ... 82
14 SEZNAM PŘÍLOH ... 83

1 ÚVOD

Dnešní doba zastává názor, že se musí šetřit energií, jak z hlediska ekonomického, tak z ekologického. Změny klimatu Země se díky člověku každým rokem znatelně projevují nepředvídatelností vývoje počasí, větším výskytem neobvyklých klimatických úkazů, jako jsou silné deště vytvářející záplavy, bouře, dlouhé trvání suchých období nebo tání ledovců. Při spalování fosilních paliv vznikají znečisťující látky, oxid uhličitý, oxid siřičitý a oxidy dusíku, které ovlivňují globální oteplování Země, a dál vyvolávají změny ekosystému. (1) Tímto problémem se dlouhodobě zabývá Organizace spojených národů na pravidelných klimatických konferencích, dále se tím v menším globálním měřítku zabývá Evropská unie. Členské státy Evropské unie se zavázaly ke snižování emisí, a s tím spojenou spotřebou energie. Výroba tepla poškozuje nenávratným způsobem přírodu, proto bychom se měli snažit vyrobené teplo uchovávat a využívat jej co nejlépe.

V oblasti stavebnictví lze dosáhnout snížení spotřeby energie a následných emisí snížením energetické náročnosti budov. Každý majitel nebo provozovatel objektu je spojen s placením účtů za energie, které ve svém obydlí využívá, pokud jsou vysoké, chce je snížit. Snížení energetické náročnosti budovy lze dosáhnout zateplováním budov, tedy zateplením tepelnými izolacemi zdí, podlah na zemině, střech, výměnou stávajících výplní otvorů, a také výběr vhodného zdroje vytápění. Nejdůležitější je stanovit celkovou koncepci a najít optimální způsob řešení snížení energetické náročnosti objektu, protože nevhodné řešení může napáchat více škody než užitku.

Výběrem vhodně navržené varianty zateplení se zlepší tepelně technické vlastnosti objektu se zohledněním ceny energií a návratnosti investice této stavební úpravy.

Cílem diplomové práce je navrhnout varianty zateplení bytového domu v Třebíči, a poté zhodnocení jejich ekonomické návratnosti.

2 ZATEPLOVÁNÍ BUDOV

2.1 EKONOMICKÉ DŮVODY ZATEPLOVÁNÍ

Ekonomické důvody mají přímý dopad na provozovatele, či majitele domu ve smyslu nákladů za energii, dále o nepřímé dopady, jedná se o ekologické náklady, které se platí formou daní a následných státních investic. (2)

Finanční úspory za vytápění lze dosáhnout zateplením obálky budovy. Při vhodném návrhu se může úspora pohybovat kolem poloviny celkového množství ročních nákladů na vytápění. Snížením spotřeby energie můžeme do objektu nainstalovat levnější zdroj vytápění, u stávajícího zdroje vytápění lze regulovat na nižší hospodárnější teplotní spád, čímž se sníží jeho zatížení. (2)

Investicí peněz do zateplení objektu bude dosaženo přeměny peněžních výdajů na peněžní příjmy s nízkým rizikem návratnosti investice. Peněžní výdaje na zateplení mají trvalý charakter s vysokou mírou jistoty. (2)

2.2 EKOLOGICKÉ DŮVODY ZATEPLOVÁNÍ

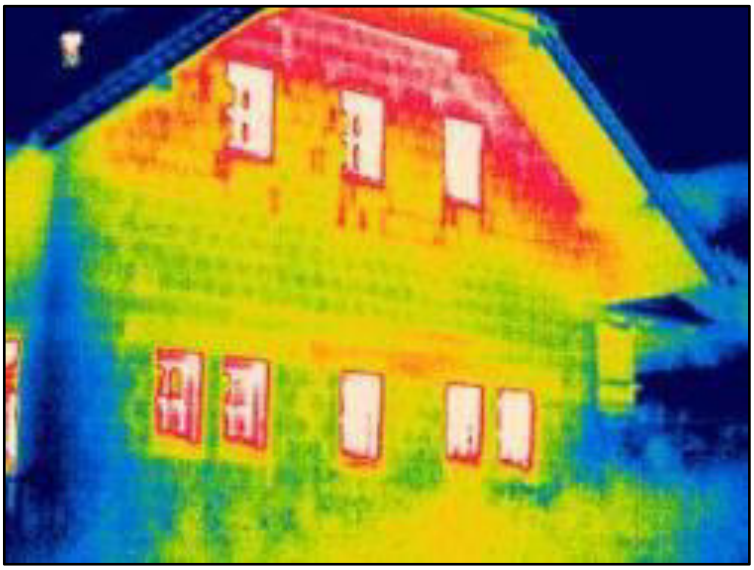
Snižováním energetických nákladů v obytné výstavbě je reakcí na zvyšování cen neobnovitelných nerostných surovin (zemní plyn, ropa, uhlí), s tím souvisí i redukce vzniku oxidu uhličitého a skleníkových plynů, které unikají do atmosféry při jejich spalování, a tím nenávratně poškozují přírodu. Tyto nároky se reálně projevují v podobě zateplování stávajících objektů, nebo výstavbou nízkoenergetických budov, kde se snižují energetické úniky z budov, používají se energeticky obnovitelné zdroje a účinnější zdroje vytápění. (3)

2.3 TECHNICKÉ DŮVODY ZATEPLOVÁNÍ

2.3.1 Poruchy a vady objektu

Externím zateplením budovy dosáhneme odstranění tepelných mostů, to jsou místa, kde je zvýšený tepelný tok a uniká jím více tepelné energie (kouty obvodové konstrukce, napojení obvodové a vnitřní nosné zdi, napojení rámu okna s obvodovou stěnou). Na těchto místech v interiéru dochází k povrchové kondenzaci vodních par a dále vznikají plísně. Kromě kondenzace je snížená i teplotní roztažnost původní obvodové konstrukce, které se projevují poruchami ve smyslu trhlin na zdivu a omítky. Zateplení staršího objektu

předcházíme vzniku poruch z hlediska tepelně technických vlastností obvodových konstrukcí navržených dle dřívějších standardů, pro dnešní dobu nedostačujících. (2)



Obr. č. 1 – Termogram rodinného domu (4)

2.3.2 Tepelná pohoda

Povrchová teplota stěn a teplota vzduchu je v topné sezoně značně rozdílná. Tepelná pohoda v místnostech se při méně časté intenzitě vytápění zlepšuje. V době letních měsíců zateplení brání velkému přehřívání objektu. Tyto dva důvody mají velký podíl na obyvatele bytu, kteří se cítí lépe. (2)

2.3.3 Akustické vlastnosti

Vnější zateplení má vliv na zlepšení akustických vlastností prostředí, ve kterém se pohybují obyvatelé bytu. Snížením působení hluku se zlepší hygienická kvalita bydlení. (2)

2.3.4 Architektonické působení objektu

Zateplením objektu lze dosáhnout výrazné změny vzhledu domu, kde mohou být použity různé povrchové úpravy fasády, velká škála barev i kombinace více materiálů. Tento nový vzhled má poté velký vliv na psychické cítění člověka, a to zejména na velkých sídlištích bytového charakteru. (4)

3 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV

3.1 LEGISLATIVA

V české legislativě hlavní pramen pro způsob hodnocení budov z hlediska energetické náročnosti stanovuje zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií ve znění pozdějších předpisů.

„Úprava zákona č. 406/2000 Sb. vyplývá z implementace evropské legislativy. Jedná se o implementaci směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19. Května 2010 o energetické náročnosti budov a dále o dílčí implementaci směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES“ (1, s. 147)

Dalším předpisem, který navazuje na zákon je vyhláška 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov, zabývá se průkazem energetické náročnosti, metodou výpočtu určení energetické náročnosti budov, a také zmiňuje požadavky na energetickou náročnost. Nahrazuje ji vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov, která je prováděcí vyhláškou k §7 snižování energetické náročnosti budov a k §7a průkaz energetické náročnosti zákona č. 406/2006 Sb. (1) se změnami vyhlášky č. 230/2015 Sb.. (5)

Dalším doplňujícím předpisem zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií ve znění pozdějších předpisů, je vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku. Vyhláška určuje formu, úpravu, výstupy zpracování a obsah energetických auditů a posudků včetně jejich ekonomického vyhodnocení. Tuto vyhlášku novelizuje vyhláška č. 309/2016 Sb.. (6)

Seznam aktuálně platných a novelizovaných legislativních podkladů:

- Zákon č. 406/2000 Sb., zákon o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov, se změnami vyhlášky č. 230/2015 Sb., o energetické náročnosti budov.
- Vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, se změnami vyhlášky č. 309/2016 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku.
- Vyhláška č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu.

- Vyhláška č. 194/2007 Sb., kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům, se změnami vyhlášky č. 237/2014 Sb..

Seznam norem:

- ČSN 73 0540-1 (73 0540) Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie.
- ČSN 73 0540-2 (73 0540) Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, včetně změny Z1
- ČSN 73 0540-3 (73 0540) Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin, včetně změny 1 a změny 2.
- ČSN 73 0540-4 (73 0540) Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody.
- ČSN EN 15 665 – změna Z1 – požadavky na větrání budov, kterou se stanoví výkonová kritéria pro větrací systémy obytných budov.
- ČSN EN ISO 13789 (73 0565) Tepelné chování budov – Měrná ztráta prostupem tepla-Výpočtová metoda
- ČSN EN ISO 13790 Energetická náročnost budov
- ČSN EN ISO 6946 (73 0558) Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda
- TNI 73 0331 Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet
- ČSN EN ISO 13370 (73 0559) Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou – Výpočtové metody
- TNI 73 0329 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Rodinné domy
- TNI 73 0330 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Bytové domy

3.2 POŽADAVKY TEPELNÉ OCHRANY BUDOV

Pro nové budovy, udržovací práce budov, stavební úpravy budov, či změny užívání budov, posuzujeme tepelně technické požadavky, které nám definuje norma ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, včetně změny Z1. (7)

3.2.1 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce

„Konstrukce a styky konstrukcí v prostorech s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi i \leq 60$ % musí v zimním období za normových podmínek vykazovat v každém místě takovou vnitřní povrchovou teplotu, aby odpovídající teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} splňoval podmínku:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} \tag{8}$$

kde

$f_{Rsi,N}$ je požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu, stanovená ze vztahu:

$$f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} \tag{8}$$

$f_{Rsi,cr}$ je kritický teplotní faktor vnitřního povrchu“ (8)

„Pro konstrukce v prostorách s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi i = 50$ % lze pro stanovení kritického teplotního faktoru vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$ použít tabulku.“ (8) Viz níže tabulka č. 1.

Tab. č. 1 – Teplota odpovídající kritickému teplotnímu faktoru vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$ pro návrhovou relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi i = 50$ % (7)

Konstrukce	Návrhová teplota vnitřního vzduchu θ_{ai} [°C]	Návrhová venkovní teplota θ_e [°C]								
		−13	−14	−15	−16	−17	−18	−19	−20	−21
		Teplota odpovídající kritickému teplotnímu faktoru vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$								
Stavební konstrukce	20,0	11,68	11,36	11,04	11,02	11,02	11,02	11,02	11,02	11,02
	20,3	11,98	11,62	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30
	20,6	12,23	11,92	11,59	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58
	20,9	12,53	12,21	11,85	11,86	11,86	11,86	11,86	11,86	11,86
	21,0	12,60	12,29	11,96	11,96	11,96	11,96	11,96	11,96	11,96
Výplň otvoru podle 3.4	20,0	8,35	8,03	7,72	7,36	7,05	6,70	6,35	6,00	5,65
	20,3	8,61	8,30	7,98	7,67	7,32	6,97	6,62	6,28	5,89
	20,6	8,91	8,59	8,25	7,94	7,59	7,24	6,90	6,55	6,16
	20,9	9,17	8,86	8,51	8,21	7,86	7,52	7,17	6,79	6,44
	21,0	9,27	8,96	8,62	8,27	7,97	7,62	7,24	6,90	6,51

Pokud je podmínka splněna, nemělo by docházet ke vzniku kondenzace vodních par na vnitřním povrchu konstrukcí. (9)

3.2.2 Součinitel prostupu tepla

Jedná se o tepelně technický parametr, který vyjadřuje, kolik tepla unikne konstrukcí o ploše 1 m^2 při rozdílu teplot jejích povrchů 1 Kelvin. (9)

„Součinitel prostupu tepla se hodnotí současně dvěma způsoby:

- *-pro jednotlivé konstrukce pomocí požadovaného součinitele prostupu tepla U_N,*
- *pro budovu jako celek pomocí průměrného součinitele prostupu tepla U_{em}.*

Oba požadavky musí být splněny současně, pokud není výjimečně připuštěno jinak.

Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla se použijí pro hodnocení konstrukcí podle zvláštního předpisu (Vyhláška č. 268/2009 Sb., ve znění pozdějších předpisů).“ (10, s. 194)

„Konstrukce vytápěných budov musí mít v prostorech s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi i \leq 60$ % součinitel prostupu tepla U, ve $W/(m^2K)$ takový, aby splňoval podmínku:

$$U \leq U_N \tag{7}$$

kde

U_N je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla. Ve $W/(m^2K)$.“ (7)

Tab. č. 2 – Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažujíc návrhovou vnitřní teplotou ϕ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně (10, s. 196)

Popis konstrukce		Součinitel prostupu tepla [W/(m²·K)]		
		Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy
		$U_{N,20}$	$U_{rec,20}$	$U_{pas,20}$
Stěna vnější		0,30[1]	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°		0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně		0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem		0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)		0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)		0,30[1]	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině[4), 6)]		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[6)]		0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami[3)]		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		2,20	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně		2,70	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří		1,50[2)]	1,20	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí		1,40[7)]	1,10	0,90
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)		1,70	1,20	0,90
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru		3,50	2,30	1,70
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí		3,50	2,30	1,70
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí		2,60	1,70	1,40
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$, v m²/m², kde	$f_w \leq 0,50$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$	$0,2 + f_w$	$0,15 + 0,85 \cdot f_w$
A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m²; A_w plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m²	$f_w > 0,50$	$0,7 + 0,6 \cdot f_w$		
Kovový rám výplně otvoru		-	1,80	1,00
Nekovový rám výplně otvoru[5)]		-	1,30	0,90 - 0,70
Rám lehkého obvodového pláště		-	1,80	1,20

„Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} ve $W/(m^2K)$ budovy, nebo vytápěné zóny musí splňovat podmínku:

$$U_{em} \leq U_{em,N} \tag{7}$$

kde

$U_{em,N}$ je požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla ve $W/(m^2K)$“ (7)

Tab. č. 3 – Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou ϕ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně (7)

	Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,N,20}$ [W/(m²·K)]
Nové obytné budovy	Výsledek výpočtu podle 5.3.4, nejvýše však 0,50
Ostatní budovy	Výsledek výpočtu podle 5.3.4, nejvýše však hodnota: Pro objemový faktor tvaru: $A/V \leq 0{,}2$ $U_{em,N,20}$ =1,05 $A/V > 1{,}0$ $U_{em,N,20}$ =0,45 Pro ostatní hodnoty A/V $U_{em,N,20}$ = 0,30+0,15/(A/V).

3.2.3 Pokles dotykové teploty podlahy

„Pokles dotykové teploty podlahy $\Delta\Theta_{10}$, ve °C, musí splňovat podmínku:

$$\Delta\Theta_{10} \leq \Delta\Theta_{10,N} \qquad (7)$$

kde

$\Delta\Theta_{10,N}$ je požadovaná hodnota poklesu dotykové teploty podlahy, ve °C.

Tento požadavek se nemusí ověřovat u podlah s trvalou nášlapnou celoplošnou vrstvou z textilní podlahoviny a u podlah s povrchovou teplotou trvale vyšší než 26 °C.“ (7)

Tab. č. 4 – Požadované hodnoty poklesu dotykové teploty podlahy $\Delta\Theta_{10,N}$ (7)

Druh budovy a místnosti	**Kategorie podlahy**	**Pokles dotykové teploty podlahy** $\Delta\Theta_{10,N}$ [°C]
Obytná budova: dětský pokoj, ložnice Občanská budova: dětská místnost jeslí, školky, pokoj intenzivní péče, pokoj nemocných dětí	I. Velmi teplé	do 3,8 včetně
Obytná budova: obývací pokoj, pracovna, předsíň sousedící s pokoji, kuchyň Občanská budova: operační sál, předsálí, ordinace, přípravna, vyšetřovna, služební místnost, chodba a předsíň nemocnice, pokoj dospělých nemocných, kancelář, rýsovna, kreslírna, pracovna, tělocvična, učebna, kabinet, laboratoř, restaurační místnost, kino, divadlo, hotelový pokoj Výrobní budova: trvalé pracovní místo při sedavé práci	II. Teplé	do 5,5 včetně
Obytná budova: koupelna, WC, předsíň před vstupem do bytu Občanská budova: WC, lázeň, převlékárna lázně, chodby, čekárny, schodiště nemocnice, taneční sál, jednací místnost, sklad se stálou obsluhou, prodejna potravin, noclehárna, trvalé pracovní místo ve výstavní síni a muzeu bez podlážky nebo předepsané teplé obuvi Výrobní budova: trvalé pracovní místo bez podlážky nebo předepsané teplé obuvi	III. Méně teplé	do 6,9 včetně
Budovy a místnosti bez požadavků	IV. Studené	od 6,9

3.2.4 Lineární a bodový činitel prostupu tepla

„Lineární i bodový činitel prostupu tepla Ψ, ve W/(mK), a χ ,ve W/K, tepelných vazeb mezi konstrukcemi musí splňovat podmínku:

$\Psi \leq \Psi_{,N} \qquad \chi \leq \chi_{,N}$ (7)

kde

$\Psi_{,N}$ je požadovaná hodnota lineárního činitele prostupu tepla, ve W/(mK);

$\chi_{,N}$ je požadovaná hodnota bodového činitele prostupu tepla, ve W/(mK).“ (7)

Tab. č. 5 – Požadované a doporučené hodnoty lineárního a bodového činitele prostupu tepla tepelných vazeb mezi konstrukcemi (7)

Typ lineární tepelné vazby	**Lineární činitel prostupu tepla** [W/(m·K)]		
	Požadované hodnoty Ψ_N	Doporučené hodnoty Ψ_{rec}	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy Ψ_{pas}
Vnější stěna navazující na další konstrukci s výjimkou výplně otvoru, např. na základ, strop nad nevytápěným prostorem, jinou vnější stěnu, střechu, lodžii či balkon, markýzu či arkýř, vnitřní stěnu a strop (při vnitřní izolaci), aj.	0,20	0,10	0,05
Vnější stěna navazující na výplň otvoru, např. na okno, dveře, vrata a část prosklené stěny v parapetu, bočním ostění a v nadpraží	0,10	0,03	0,01
Střecha navazující na výplň otvoru, např. střešní okno, světlík, poklop výlezu	0,30	0,10	0,02
Typ bodové tepelné vazby	**Bodový činitel prostupu tepla** [W/K]		
	χ_N	χ_{rec}	χ_{pas}
Průnik tyčové konstrukce (sloupy, nosníky, konzoly, apod.) vnější stěnou, podhledem nebo střechou	0,4	0,1	0,02

3.2.5 Kondenzace vodní páry v konstrukci

„Pro stavební konstrukci, u které by zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce Mc, v kg/(m^2a), mohla ohrozit její požadovanou funkci, nesmí dojít ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce, tedy:

$M_c = 0$“ (7)

„Pro stavební konstrukci, u které kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce neohrozí její požadovanou funkci, se požaduje omezení ročního množství zkondenzované vodná páry uvnitř konstrukce M_c, v kg/(m^2a), tak, aby splňovala podmínku:

$M_c \leq M_{c,N}$ (7)

Pro jednoplášťovou střechu, konstrukci se zabudovanými dřevěnými prvky, konstrukci s vnějším tepelně izolačním systémem nebo vnějším obkladem, popř. jinou obvodovou konstrukci s difúzně málo propustnými vnějšími povrchovými vrstvami, je nižší z hodnot:

$M_{c,N} = 0{,}10\ kg/(m^2a)$

nebo 3 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než 100 kg/m^3; pro materiál s objemovou hmotností ρ ≤ 100 kg/m^3 se použije 6 % jeho plošné hmotnosti;

pro ostatní stavební konstrukce je nižší z hodnot

$M_{c,N} = 0{,}50\ kg/(m^2a)$

nebo 5 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než 100 kg/m^3; pro materiál s objemovou hmotností ρ ≤ 100 kg/m^3 se použije 10 % jeho plošné hmotnosti.“ (7)

„Ve stavební konstrukci s připuštěnou omezenou kondenzací vodní páry uvnitř konstrukce nesmí v roční bilanci kondenzace a vypařování vodní páry zbýt žádné zkondenzované množství vodní páry, které by trvale zvyšovalo vlhkost konstrukce. Roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce M_c, v kg/(m^{2}a) tedy musí být nižší než roční množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce M_{ev}, v kg/(m^{2}a).“ (7)

3.2.6 Průvzdušnost obálky budovy

„Celková průvzdušnost obálky budovy, nebo její ucelené části se ověřuje pomocí celkové intenzity výměny vzduchu n_{50} při tlakovém rozdílu 50 Pa, v h-1, stanovené experimentálně podle ČSN EN 13829. Doporučuje se splnění podmínky:

$n_{50} \leq n_{50,N}$ (7)

kde

$n_{50,N}$ je doporučená hodnota celkové intenzity výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa, v h-1.“ (7)

Tab. č. 6 – Doporučené hodnoty celkové intenzity výměny vzduchu $n_{50,N}$ (7)

Větrání v budově	Doporučená hodnota celkové intenzity výměny vzduchu $n_{50,N}$ [h^{-1}]	
	Úroveň I	Úroveň II
Přirozené nebo kombinované	4,5	3,0
Nucené	1,5	1,2
Nucené se zpětným získáváním tepla	1,0	0,8
Nucené se zpětným získáváním tepla v budovách se zvláště nízkou potřebou tepla na vytápění (pasivní budovy)	0,6	0,4

3.2.7 Tepelná stabilita místnosti v zimním a letním období

Zimní období

„Požaduje se, aby kritická místnost (vnitřní prostor) na konci doby chladnutí t vykazovala pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období $\Delta\ \theta_v$ (t) t, ve °C, podle vztahu:

$$\Delta\theta_v (t) \leq \Delta\ \theta_{v,N} (t) \qquad (7)$$

kde

$\Delta\theta_{v,N}$ (t) je požadovaná hodnota poklesu výsledné teploty v místnosti v zimním

období ve °C, stanovená z tabulky, kde θ_i je návrhová vnitřní teplota podle ČSN 73 0540-3.“ (7)

Tab. č. 7 – Požadované hodnoty poklesu výsledné teploty v místnosti v zimním období $\Delta\theta_{v,N}$ (t) (7)

Druh místnosti (prostoru)	Pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období $\Delta\theta_{v,N}(t)$ [°C]
S pobytem lidí po přerušení vytápění: – při vytápění radiátory, sálavými panely a teplovzdušně;	3
– při vytápění kamny a podlahovém vytápění;	4
Bez pobytu lidí po přerušení vytápění: – při přerušení vytápění topnou přestávkou: – budova masivní;	6
– budova lehká;	8
– při předepsané nejnižší výsledné teplotě $\theta_{v,min}$;	$\theta_i - \theta_{v,min}$
– při skladování potravin;	$\theta_i - 8$
– při nebezpečí zamrznutí vody.	$\theta_i - 1$
Nádrže s vodou (teplota vody).	$\theta_i - 1$

Letní období

„Kritická místnost (vnitřní prostor) musí vykazovat nejvyšší denní teplotu vzduchu v místnosti v letním období, ve °C, podle vztahu:

$$\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,\ max,N} \qquad (7)$$

kde

$\theta_{ai,max,N}$ *je požadovaná hodnota nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti*

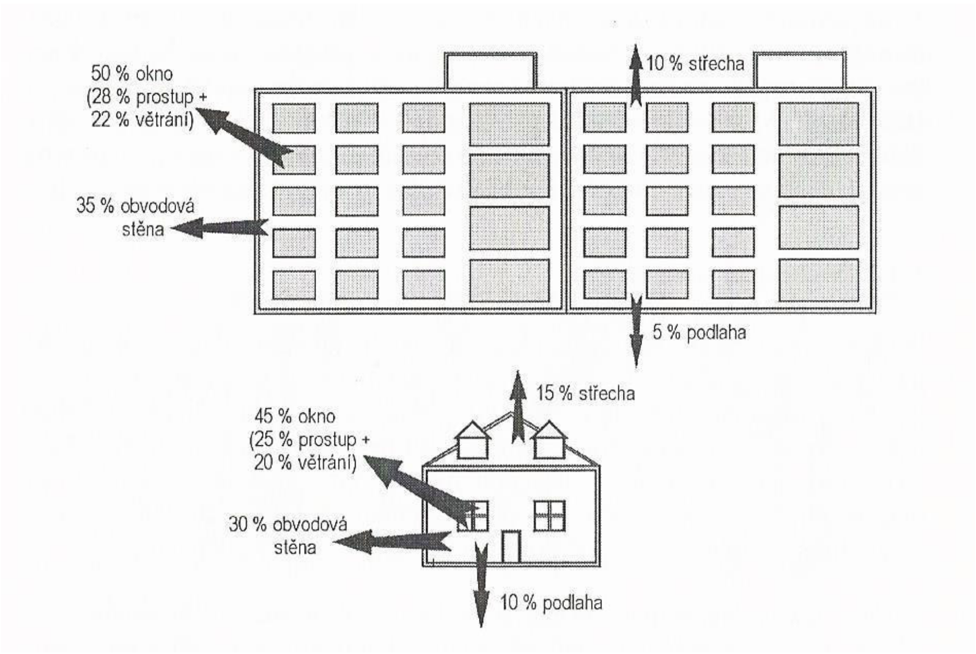
v letním období v °C.“ (7)

Tab. č. 8 – Požadované hodnoty nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max,N}$ *(7)*

Druh budovy		Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max,N}$ [°C]
Nevýrobní [1)]		27,0
Ostatní s vnitřním zdrojem tepla	– do 25 W/m³ včetně	29,5
	– nad 25 W/m³	31,5
[1)] U obytných budov je možné připustit překročení požadované hodnoty nejvíce o 2 °C na souvislou dobu nejvíce 2 hodin během normového dne, pokud s tím investor (stavebník, uživatel) souhlasí.		

3.3 TEPELNÉ ZTRÁTY

Celkové tepelné ztráty budovy jsou tvořeny dvěma složkami, a to tepelnou ztrátou prostupem tepla a tepelnou ztrátou větráním, je to tepelná energie, která okamžitě uniká obálkou budovy. Tepelná ztráta prostupem je množství tepla, které projde danou konstrukcí při daném tepelném rozdílu mezi vnitřní a vnější stranou. Tepelná ztráta větráním vychází z technologických nebo z hygienických požadavků, které jsou dány potřebnou intenzitou výměny vzduchu. Trvalé tepelné zisky představují zisky z oslunění, trvalého pobytu osob nebo spotřebičů uvnitř domu. (3)



Obr. č. 2 – Obvyklý podíl tepelných ztrát stavebními konstrukcemi u nezatepleného vícepodlažního bytového domu a nezatepleného samostatného rodinného domu (2)

Celková tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta Q_c je dána vztahem:

$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z$ [W] (3)

kde

Q_p – tepelná ztráta prostupem tepla, [W]

Q_v – tepelná ztráta větráním, [W]

Q_p – trvalý tepelný zisk. [W]

3.4 TEPELNÉ MOSTY

„Tepelný most je místo, kde dochází ke zvýšenému tepelnému toku. Uniká jím více tepelné energie a má v interiéru studenější povrch a naopak v exteriéru teplejší povrch než okolní konstrukce.“ (4, s. 71)

Je zde oslabena izolační schopnost konstrukce, v tomto místě dochází ke zvýšení tepelných ztrát, a také ke klesnutí povrchové vnitřní teploty pod hranici rosného bodu a následné kondenzaci vodních par. (4)

Tepelné mosty vznikají nejčastěji v koutech obvodové konstrukce, v koutech, kde je napojena obvodová a vnitřní nosná zeď, v místě napojení rámu okna s obvodovou

stěnou atd. Proto je nutné, aby se tepelné mosty eliminovaly již v projektové přípravě stavby, a také aby se kladl důraz na řešení těchto detailů při realizaci stavby.

3.5 PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Energetický průkaz náročnosti budovy je definován zákonem č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií ve znění pozdějších předpisů. Průkaz energetické náročnosti budovy obsahuje informace o energetické náročnosti budovy vypočtené podle metody stanovené prováděcí vyhláškou k zákonu č. 318/2012 Sb.. Princip výpočtu, zpracování a hodnocení náročnosti budovy uvádí vyhláška č. 78/2013 Sb.. (1) V roce 2015 vyšla v platnost vyhláška č. 230/2015 Sb., která doplňuje průkaz o doporučená opatření. (5)

Průkaz energetické náročnosti budovy je dokument, který obsahuje stanovené informace o energetické náročnosti budovy, nebo ucelené části budovy. Energetická náročnost budovy se stanovuje výpočtem celkové roční dodané energie v MWh/rok potřebné na vytápění, větrání, chlazení, klimatizaci, přípravu teplé vody a osvětlením při jejím standardizovaném užívání bilančním hodnocením. (1)

Dle zákona č. 318/2012 Sb., o hospodaření energií:

„(1) Stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek je povinen

a) zajistit zpracování průkazu energetické náročnosti (dále jen „průkaz“) při výstavbě nových budov nebo při větších změnách dokončených budov,

b) zajistit zpracování průkazu u budovy užívané orgánem veřejné moci od 1. července 2013 s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 500 m^2 a od 1. července 2015 s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 250 m^2,

c) zajistit zpracování průkazu pro užívané bytové domy nebo administrativní budovy

1. s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 1500 m^2 do 1. ledna 2015,

2. s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 1000 m^2 do 1. ledna 2017,

3. s celkovou energeticky vztažnou plochou menší než 1000 m^2 do 1. ledna 2019,“ (11)

dále:

„(2) Vlastník budovy, nebo společenství vlastníků jednotek jsou povinni

a) zajistit zpracování průkazu

1. při prodeji budovy, nebo ucelené části budovy,

2. při pronájmu budovy,

3. od 1. ledna 2016 při pronájmu ucelené části budovy,

b) předložit průkaz nebo jeho ověřenou kopii

1. možnému kupujícímu budovy, nebo ucelené části budovy před uzavřením smluv týkajících se koupě budovy nebo ucelené části budovy,

2. možnému nájemci budovy, nebo ucelené části budovy před uzavřením smluv týkajících se nájmu budovy, nebo ucelené části budovy,

c) předat průkaz, nebo jeho ověřenou kopii

1. kupujícímu budovy, nebo ucelené části budovy nejpozději při podpisu kupní smlouvy,

2. nájemci budovy, nebo ucelené části budovy nejpozději při podpisu nájemní smlouvy,

d) zajistit uvedení ukazatelů energetické náročnosti uvedených v průkazu v informačních a reklamních materiálech při

1. prodeji budovy, nebo ucelené části budovy,

2. pronájmu budovy, nebo ucelené části budovy.“ (11)

Hodnocení budovy

Hodnocení budovy z hlediska energetické náročnosti budovy závisí na splnění některých ukazatelů energetické náročnosti podle vyhlášky č. 78/2013 Sb., které jsou:

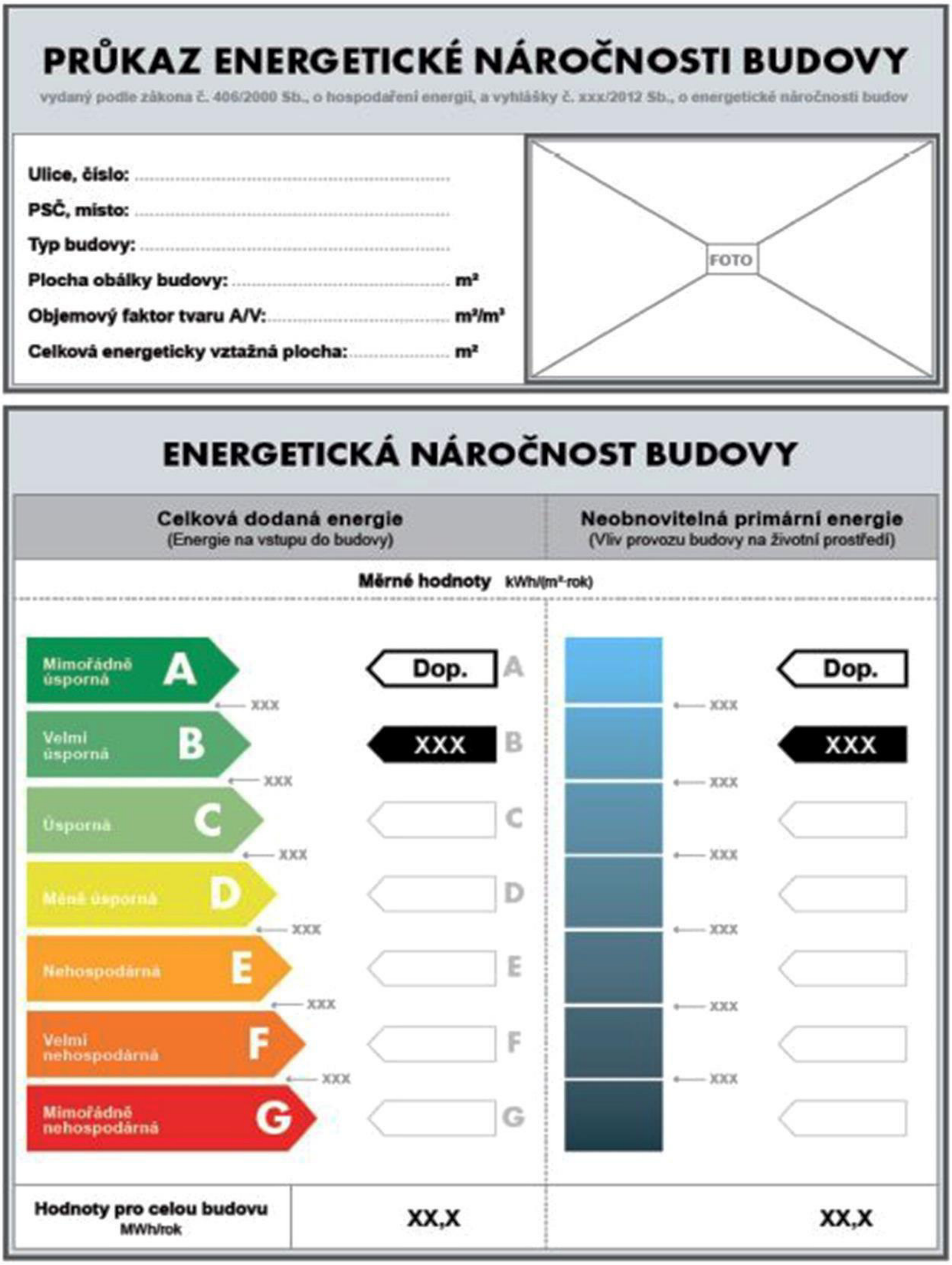
- Celková primární energie za rok.
- Neobnovitelná primární energie za rok.
- Celková dodaná energie za rok.
- Dílčí dodané energie pro systémy vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení za rok.
- Průměrný součinitel prostupu tepla.
- Součinitele prostupu tepla konstrukcí na systémové hranici.

- Účinnost technických systémů. (1)

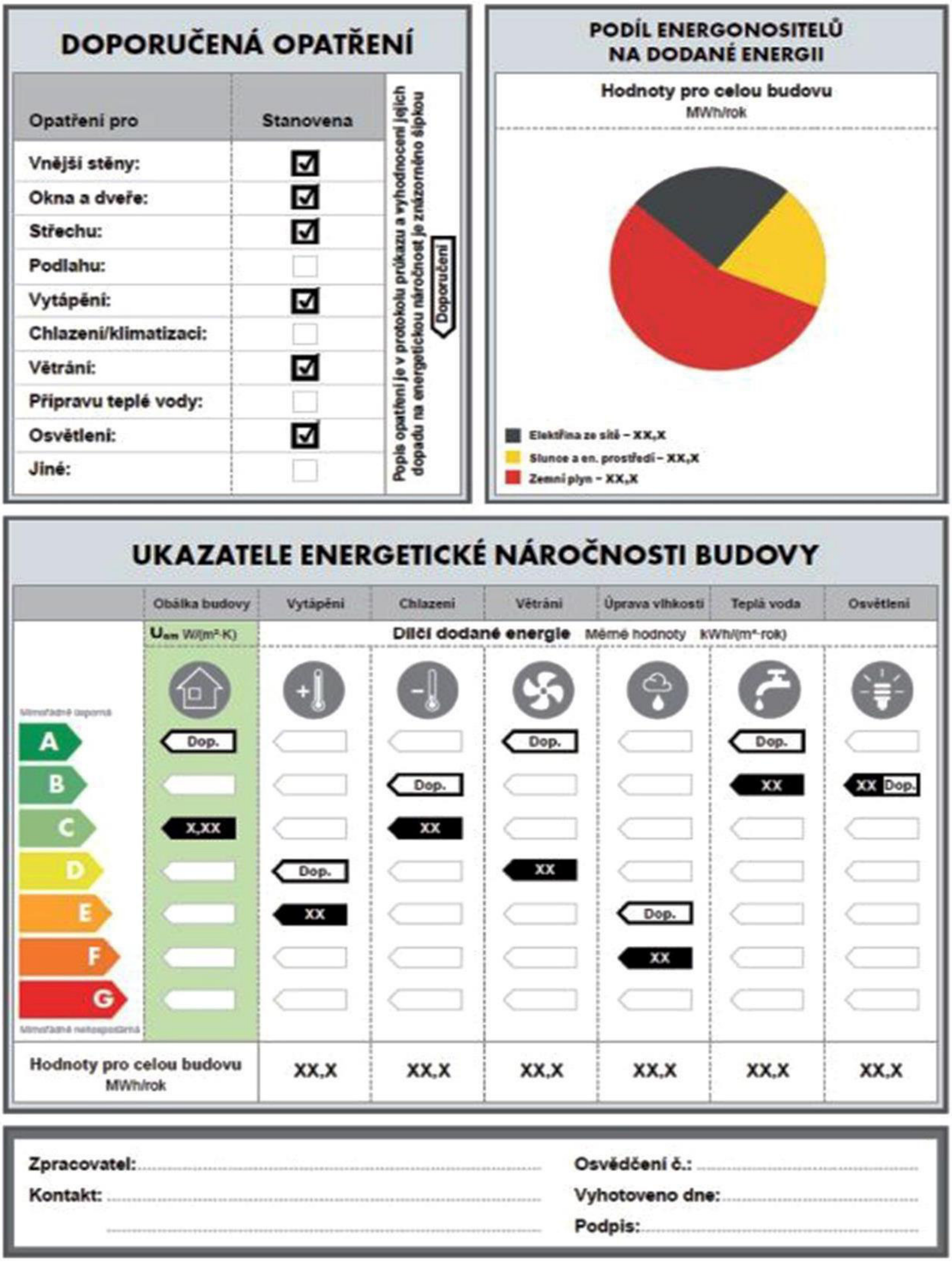
Zatřídění do energetické třídy

Provádí se pomocí porovnání s referenční budovou, která představuje vyhovující třídu C, která splňuje požadované hodnoty určené v aktuálně platných technických normách.

„Referenční budova představuje výpočtově definovanou budovu téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným užíváním a se stejnými s klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejich konstrukcí a technických systémů budovy.“ (1, s. 119)



Obr. č. 3 – Grafické znázornění průkazu energetické náročnosti budovy strana č. 1 (1)



Obr. č. 4 – Grafické znázornění průkazu energetické náročnosti budovy strana č. 2 (1)

3.6 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY

Energetický štítek obálky budovy je definován v ČSN 73 0540-2, tepelná ochrana budov – část 2: požadavky. Slouží pro zhodnocení budovy z hlediska prostupu tepla obálkou budovy, která se určuje pomocí požadované normové hodnoty prostupu tepla obálkou budovy pomocí průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em.}$ Energetický štítek budovy informuje, zda

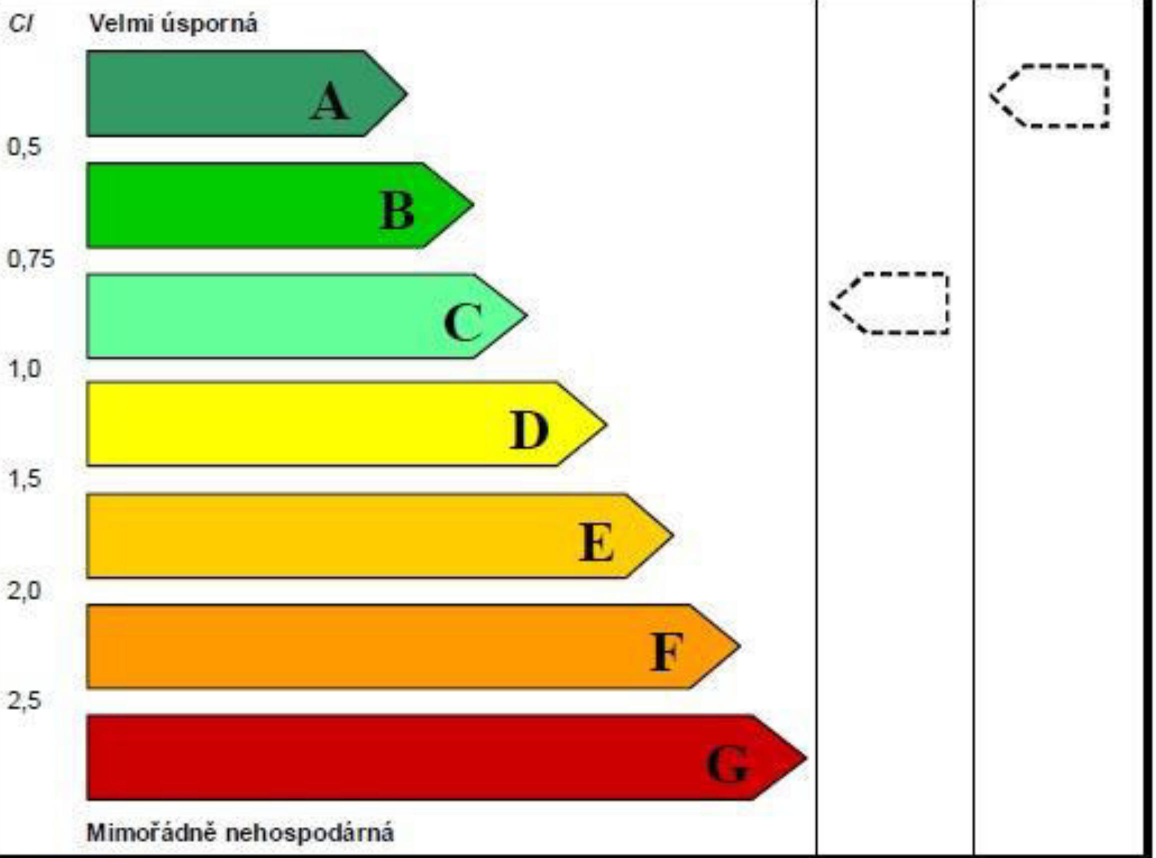
objekt splňuje podmínky energeticky vyhovujícího objektu. Zpracování a používání energetického štítku budovy není ze zákona povinné. (10)

Jde vlastně o označení výrobku, v tomto případě stavby, spojeného se spotřebou energie, které obsahuje údaje o spotřebě energie a jiných hlavních zdrojů spotřebovaných v souvislosti s touto stavbou. Energetický štítek obálky budovy je dílčí dokumentace, vyjadřující kvalitu a tepelně izolační vlastnosti obalových konstrukcí budovy.

Energetický štítek obálky budovy se skládá ze dvou částí, z protokolu k energetickému štítku obálky budovy a grafické části. Obsah ucelené části energetického štítku obálky budovy je popsán v příloze normy ČSN 73 0540-2, tepelná ochrana budov – část 2: požadavky. (7)

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY

Typ budovy, místní označení Adresa budovy	Hodnocení obálky budovy	
Celková podlahová plocha A_c = ______m²	stávající	doporučení



	stávající	doporučení
KLASIFIKACE		
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} ve W/(m²·K) $U_{em} = H_T/A$		
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{em,N}$ ve W/(m²·K)		

Klasifikační ukazatele *CI* a jim odpovídající hodnoty U_{em}

CI	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
U_{em}						

Platnost štítku do	Datum
	Jméno a příjmení

Obr. č. 5 – Energetický štítek obálky budovy (12)

Obálka budovy

„Soubor všech teplosměnných konstrukcí na systémové hranici celé budovy nebo zóny, které jsou vystaveny přilehlému prostředí, jež tvoří venkovní vzduch, přilehlá zemina, vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru, sousední nevytápěné budově, nebo sousední zóně budovy vytápěné na nižší návrhovou teplotu, vytápěné na nižší vnitřní návrhovou teplotu.“ (10, s. 200)

Klasifikační třídy prostupu tepla obálkou budovy

Budovy jsou podle jejich hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy zařazeny do jednotlivých klasifikačních tříd, označených A až G s příslušným verbálním vyjádřením klasifikace – od velmi úsporných budov, až po budovy mimořádně nehospodárné. Hranici mezi jednotlivými klasifikačními třídami určuje hodnota klasifikačního ukazatele CI. (13)

Klasifikační ukazatel CI

Budovy s hodnotou klasifikačního ukazatel CI ≤ 1,0, což jsou budovy s klasifikační třídou A až C, jsou budovy, plnící požadavek ČSN 73 0540 - 2 na prostup tepla obálkou budovy. Budovy s hodnotou klasifikačního ukazatele CI > 1,0, což jsou budovy klasifikačních tříd D až G, uvedené normové požadavky nesplňují. Klasifikační třídu C lze ještě podrobněji rozdělit na třídy C1 a C2, kdy budovy s klasifikací C1 odpovídají normou doporučené úrovni energetického hodnocení a budovy s klasifikací C2 vyhovují úrovni normou požadované.. (13)

3.7 ENERGETICKÝ AUDIT

Tento dokument je zpracovaný podle zákona. č. 406/2000 Sb. a vyhlášky. č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku.

Energetický audit je energetická bilance současného a budoucího (navrženého) stavu se zhodnocením ekonomických podmínek provedení. Jedná se o studii technicko ekonomické studie proveditelnosti. (2)

Rozsah energetického auditu dle vyhlášky č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku

„(1) Hodnota celkové spotřeby energie, od níž vzniká podle § 9 odst. 1 zákona fyzickým a právnickým osobám povinnost zpracovávat pro své budovy nebo energetická

hospodářství energetický audit, se stanoví ve výši 35000 GJ (9722 MWh) za rok jako součet za všechny budovy a energetická hospodářství příslušné osoby a týká se pouze jednotlivých budov, nebo jednotlivých energetických hospodářství, které mají spotřebu energie vyšší než 700 GJ (194 MWh) za rok.

(2) Hodnota celkové spotřeby energie, od níž vzniká podle § 9 odst. 1 zákona organizačním složkám státu, organizačním složkám krajů a obcí a příspěvkovým organizacím povinnost zpracovávat pro své budovy nebo energetická hospodářství energetický audit, se stanoví ve výši 1500 GJ (417 MWh) za rok jako součet za všechny budovy a energetická hospodářství příslušné organizační složky nebo příspěvkové organizace a týká se pouze jednotlivých budov nebo jednotlivých energetických hospodářství, které mají spotřebu energie vyšší než 700 GJ (194 MWh) za rok.

(3) Pro určení celkové roční spotřeby energie v případě pevných, kapalných a plynných paliv se použije výhřevnost udávaná jejich dodavatelem při obchodním styku.“ (6)

Obsah energetického auditu dle vyhlášky č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku

„a) titulní list,

b) identifikační údaje,

c) popis stávajícího stavu předmětu energetického auditu,

d) vyhodnocení stávajícího stavu předmětu energetického auditu,

e) návrhy opatření ke zvýšení účinnosti užití energie,

f) varianty z návrhu jednotlivých opatření,

g) výběr optimální varianty,

h) doporučení energetického specialisty oprávněného zpracovat energetický audit,

i) evidenční list energetického auditu, jehož vzor je uveden v příloze č. 1 k této vyhlášce, a

j) kopii dokladu o vydání oprávnění podle § 10b zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon“) nebo kopii oprávnění osoby pro vykonávání této činnosti podle právního předpisu jiného členského státu Evropské unie.“ (6)

Význam auditu

Význam spočívá v tom, že je vypracovaná podrobná analýza výchozího stavu, která určí možnosti úpravy, dále je vytvořen základ pro posouzení navržených variant uprav a v kombinaci s ekonomickým zhodnocením umožní stanovit jejich výběr. Tímto se vymezí jednoznačné zadání pro projekt zateplení. Energetický audit je podkladem žádosti o dotace z Evropských dotačních fondů. (2)

3.8 BUDOVY S NÍZKOU ENERGETICKOU NÁROČNOSTÍ

Energeticky úsporná budova je taková budova, která snižuje náklady, které slouží k zajištění jejich provozu (spotřeba elektrické energie a vody, vytápění a chlazení objektu, ohřev teplé užitkové vody, větrání). (3)

Hlavní opatření energeticky úsporné budovy:

- Zvýšení tepelně technických vlastností obvodového pláště (podlahy a stěny podzemního podlaží, obvodové stěny a střechy).
- Snížení spotřeby energie pomocí solárních kolektorů.
- Hlavní zdroj vytápění je konvenční s nízkým výkonem a energetickou potřebou. (3)

Pro posouzení energetické náročnosti objektu se používá pojem měrná potřeba tepla na vytápění, která určuje spotřebu tepla za jeden rok v kWh na vytápění 1 m^2 prostupem tepla při rozdílu teplot 1 Kelvin. Budovy, které jsou realizovány v současnosti podle současných normativních předpisů tepelně technických vlastností, spotřebují přibližně 100 kWh/(m^2a). Energeticky úsporné budovy dosahují podstatně nižší hodnoty, než jaké jsou běžně požadovány normou a pohybují se kolem 70 kWh/(m^2a). (3)

3.8.1 Nízkoenergetické budovy

Nízkoenergetická budova je definována jako budova s roční plošnou měrnou potřebou tepla na vytápění ≤ 50 kWh/(m^2a). Průměrný součinitel prostupu tepla budovy $U_{em} \leq 0{,}5$ W/(m^2K) (7)

Samozřejmostí nízkoenergetické budovy je nízkoenergetický koncepční přístup návrhu objektu, kdy se klade důraz na tepelně technické vlastnosti obvodových konstrukcí a okenních výplní, na jejich neprůvzdušnost, omezení vzniku tepelných mostů. Pro správný

návrh budovy je také důležité použít zvýšené solární zisky s kombinací účinného systému vytápění, rekuperace tepla s řízeným větráním a využití obnovitelných zdrojů energie. (3)

3.8.2 Pasivní budovy

Pasivní budova k dosažení požadovaného stavu využívá principy pasivního získávání tepla s minimální potřebou energie (na vytápění a chlazení) z neobnovitelných zdrojů, vytopí se téměř sama, pomocí slunečního záření a vnitřních tepelných zisků od spotřebičů a osob. (14)

Vybraná kritéria a znaky pasivní budovy:

- Roční plošná měrná potřeba tepla na vytápění na vytápění je ≤ 15 kWh/(m^2a).
- Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} \leq 0{,}25$ W/(m^2K).
- Součinitel vzduchové neprůzvučnosti obvodového pláště budovy $n_{50} \leq 0{,}6$ h^{-1}.
- Měrná potřeba primární energie ≤ 120 kWh/(m^2a). (7)
- Použití řízeného větrání objektu s rekuperací tepla (zpětné získávání tepla).
- Pro minimální ztráty prostupem tepla použití větší tloušťky tepelné izolace s vynikajícími tepelně technickými vlastnostmi a vzduchotěsnost domu.
- Objekt je vytápěn teplovzdušným způsobem a nemá tradiční způsob vytápění.
- Umístění – objekt je orientován ke světovým stranám tak, aby hlavní prosklená stěna byla orientována k jihu.
- V projektové přípravě i při provádění budovy důsledné řešení tepelných mostů.
- Výplně otvorů s velmi nízkou hodnotou součinitele prostupu tepla. (14)

3.8.3 Energeticky nulové budovy

Energeticky nulová budova je budova s potřebou tepla blízkou k nule. U takového objektu je snaha dosáhnout neutrálního výsledku bilance energie a emisí v období jednoho roku. Elektřina se vyrábí pomocí fotovoltaických panelů, nebo menší větrnou turbínou. Celková potřeba tepla na vytápění je pokryta pasivním a aktivním využíváním sluneční energie díky přiměřeně nadimenzovanému zásobníku teplé vody. V letních měsících si domy vyrobí nadbytek elektrické energie, kterou v zimních měsících spotřebují. Základní požadavky a znaky na energetické budovy jsou obdobné jako u pasivních budov, pouze s rozdílnou hodnotou roční plošné měrné potřeby tepla na vytápění, která je ≤ 5 kWh/(m^2a). (3)

4 STATICKÉ POŽADAVKY NA ZATEPLENÍ

Požadavky na bezpečnost a odolnost staveb určuje vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby ve znění vyhlášky č. 20/2012 Sb..

Zabezpečení mechanické odolnosti a stability se prokazuje posouzením nosné způsobilosti konstrukce, který tvoří podklad pod zateplovací systém, a také posouzením bezpečnosti vlastního zateplovacího sytému. Důležitou součásti je také konstrukční opatření pro mechanickou odolnost zateplení. (2)

4.1 NOSNÁ ZPŮSOBILOST KONSTRUKCE

Na zateplení obvodových konstrukcí působí zatížení vlastní tíhou, zatížení větrem a zatížení od vynucených přetvoření. Proto je při navrhování nových staveb důležité provést celkové statické posouzení navržené konstrukce. (2)

Návrhové charakteristiky zatížení se stanoví podle eurokódu ČSN EN 1990 zásady navrhování konstrukcí a norem souvisejících.

Postup při navrhování dodatečného zateplení ze statického hlediska:

- Ověření stávajících vlastností konstrukcí na podkladě stavebně technického průzkumu.
- Věnovat pozornost vadám a poruchám charakteristickým pro daný typ stavby.
- Odstranění poruch konstrukcí tvořící podklad zateplovacího systému.
- Ověření podmínek pro konkrétní zateplovací systém, které stanoví jeho výrobce.
- Konkrétní návrh a posouzení řeší statická část zateplení. (2)

4.2 BEZPEČNOST ZATEPLOVACÍHO SYSTÉMU

Posouzení bezpečnosti zateplovacího systému se většinou provádí ověřením parametrů podle stavebně technického osvědčení, které je technickou specifikací konkrétního systému pro jeho certifikaci. V tomto případě stačí předpis dodržení odpovídajících pravidel výrobce při realizaci upevňování zateplovacího systému. Pokud tento předpis nedefinuje některé parametry předepsaných podmínek, musí být způsob upevnění zateplení navržen statickým výpočtem. (2)

4.3 KONSTRUKČNÍ OPATŘENÍ

Posuzuje se zde například potřeba dilatačních spár vlivem objemových změn použitého materiálu zateplení, dále vložení dilatačních spár na místa, kde byly stávající dilatační spáry, atd. (2)

5 POŽADAVKY POŽÁRNÍ BEZPEČNOSTI NA ZATEPLENÍ

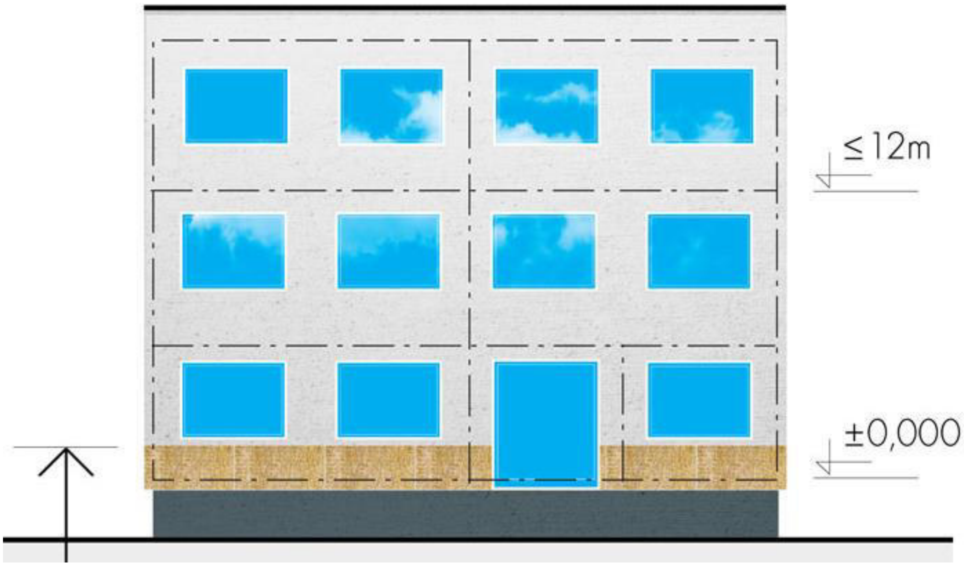
Požadavky na požární bezpečnost staveb určuje vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb ve znění vyhlášky č. 23/2011 Sb..

Požadavky na vnější zateplení obvodových konstrukcí se stanovují dle revidované normy ČSN 73 0810, o požární bezpečnosti z roku 2016.

Požadavky se stanovují podle požární výšky objektu. Požární výška představuje vzdálenost mezi úrovní podlahy v prvním nadzemním podlaží a úrovni podlahy posledního užitného nadzemního podlaží, respektive po poslední podzemní užitné podlaží. (2)

5.1 BUDOVY S POŽÁRNÍ VÝŠKOU DO 12 METRŮ VČETNĚ

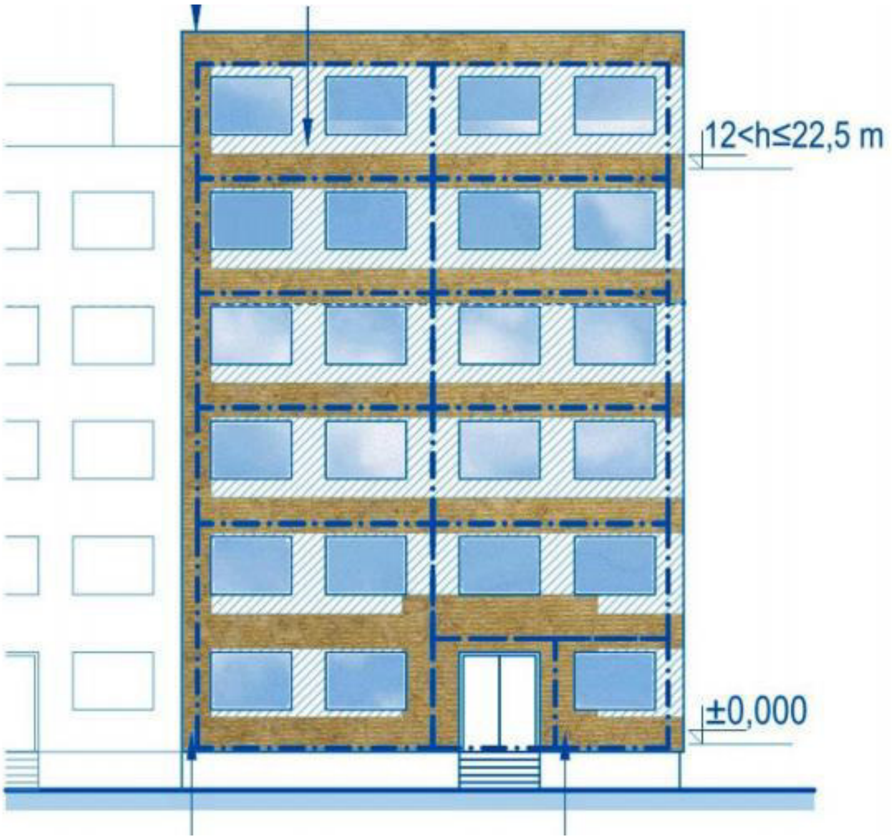
Zateplovací systém musí být třídy reakce na oheň alespoň B (fenolické pěny nebo tepelnou izolací z EPS), tepelněizolační materiál alespoň třídy reakce na oheň E. Nad soklem průběžný požární pás o šířce min. 900 mm. Index rychlosti šíření plamene 0,0 mm/min. Výjimku tvoří rodinné domy (budovy skupiny OB1), u kterých není tento pás nutný. (15)



Obr. č. 6 – Zateplení objektu s požární výškou h ≤ 12 m (16)

5.2 BUDOVY S POŽÁRNÍ VÝŠKOU NAD 12 METRŮ DO 22,5 METRŮ VČETNĚ

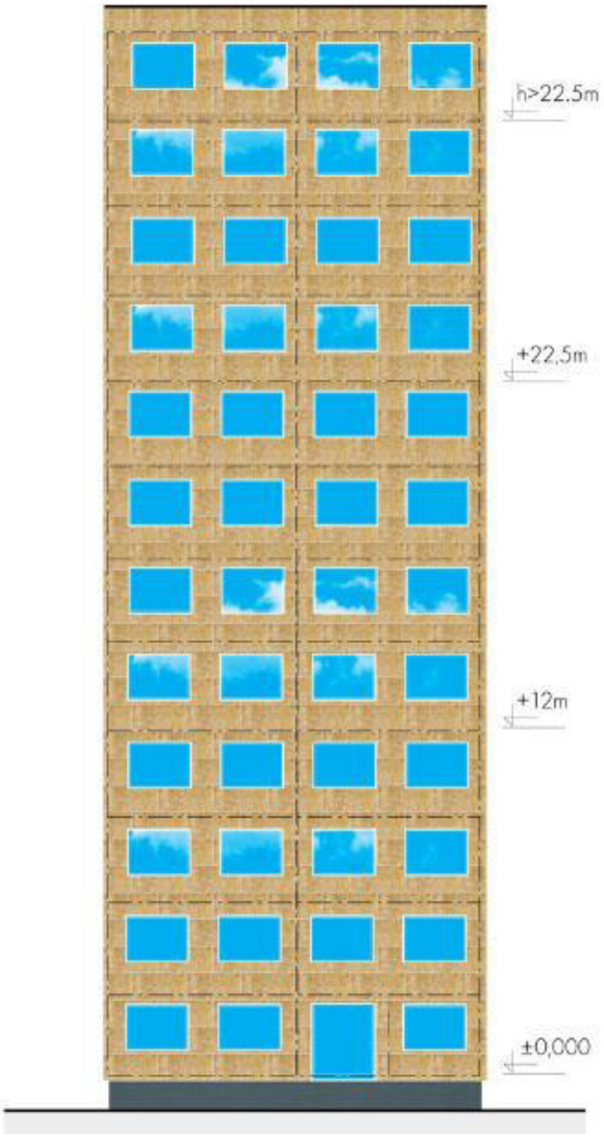
- Nad soklem, nad okny včetně nejvyššího podlaží a v úrovni atiky průběžný požární pás o šířce min. 900 mm. Pás nad oknem může být odsazen od nadpraží max. o 400 mm.
- Okolo vstupních dveří (požárně otevřených ploch únikových cest) požární pás s šířkou min. 1500 mm všemi směry.
- Okolo oken a dveří vnitřních schodišť (vertikálních únikových cest) pás do vzdálenosti 1500 mm všemi směry. Tento pás musí probíhat pod těmito otvory dolů až k požárnímu pásu u soklu.
- Štítová stěna bez oken může být bez požárních pásů, ale od ostatních fasád musí být oddělena svislým požárním pásem s šířkou min. 900 mm.
- Na rozhraní objektů svislý požární pás s šířkou min. 900 mm.
- Stříšky a markýzy např. nad vchody s přesahem více než 300 mm musí být zatepleny minerální vlnou.
- Bleskosvod a jiné vyústění elektrických zařízení, (např. vyústění vzduchotechnických systémů), musí být ochráněn pruhem 250 mm na obě strany po celé délce vedení.
- V místech vnějších horizontálních konstrukcí (balkónů, lodžií, teras), kde by odstřikující voda mohla způsobit degradaci tepelněizolačního materiálu, lze na přiléhající stěny použít zateplení třídy reakce na oheň alespoň B a to do výše 0,4 m nad úroveň čisté podlahy dané konstrukce a s vodorovným přesahem nejvýše 0,15 m za hranu horizontální konstrukce. (15)



Obr. č. 7 – Zateplení objektu s požární výškou 12 < h ≤ 22,5 m (16)

5.3 BUDOVY S POŽÁRNÍ VÝŠKOU VĚTŠÍ JAK 22,5 METRŮ

V tomto případě musí být celý zateplovací systém třídy reakce na oheň A1 nebo A2, tedy s tepelnou izolací z minerálních vláken (ETICS celek A1/A2, izolant A1/A2, Index rychlosti šíření plamene 0,0 mm/min.). (15)



Obr. č. 8 – Zateplení objektu s požární výškou h > 22,5 m (16)

6 DRUHY TEPELNĚ IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ

Tepelně izolační materiály můžeme rozčlenit do dvou hlavních skupin:

- Anorganické izolační materiály, které se vyrábějí z anorganických látek minerálního původu, jako jsou horniny nebo písek.
- Organické izolační materiály, které se člení na přírodní (konopí, len, bavlna, korek) a umělé s přesně určenými vlastnostmi (polyuretan, polystyren), které vznikají chemickým získáváním z přírodních surovin, jako je třeba ropa. (14)

6.1 PĚNOVÝ EXPANDOVANÝ POLYSTYREN (EPS)

Expandovaný polystyren je tepelný izolant, který je cenově výhodný, hromadně používaný. Díky své uzavřené buněčné struktuře je velmi málo nasákavý. Dále je odolný vůči škůdcům, hnilobě, a také jde o poměrně parotěsný materiál. EPS degraduje při zatížení vyššími provozními teplotami od 85 °C, při působení organických rozpouštědel na izolant a také při přímém působení UV záření (vliv slunce). (2)

„Surovinami na výrobu jsou benzen a eten získávané z ropy a ze zemního plynu, z nichž se v několika procesech vyrábí styren. Přidáním pentanu (C_5H_{12}) jako nadouvadla a protipožárních přísad (bromové sloučeniny) styren polymerizuje na polystyren.“ (3, s. 106)

6.2 EXTRUDOVANÝ POLYSTYREN (XPS)

Extrudovaný polystyren je oproti EPS hutnější, má lepší mechanické vlastnosti, hlavně má velmi nízkou nasákavost a v důsledku toho i menší tepelnou vodivost. Výhodné aplikační vlastnosti jsou vyváženy vyšší cenou oproti EPS. (2)

„Suroviny a výrobní proces je podobný jako u EPS. Příměsmi polymerizuje výchozí materiál do podoby granulí, které se pomocí nadouvadla zpěňují (extrudují). (3, s. 106)

6.3 POLYURETAN (PUR)

Polyuretan se vyznačuje uzavřenou buněčnou strukturou, která zabezpečuje vynikající tepelně izolační vlastnosti při nízkých vlhkostech. Při uzavřené struktuře je málo nasákavý, při proměnné jeho nasákavost kolísá. Odolává vyšším teplotám až do 130 °C. Je odolnější vůči běžným chemikáliím. (2)

„Výchozím materiálem pro komplexní produkční řetězec tohoto tepelněizolačního materiálu jsou polyizokyanáty a vysoce hodnotné lihy. Při dosahování požadovaných vlastností se uplatňují rozličné chemické sloučeniny, příp. ohnivzdorné prostředky, masivně se uplatňují chlorové chemie.“ (3, s. 107)

6.4 MINERÁLNÍ A SKLENĚNÁ VLNA

Desky z minerálního vlákna se vyznačují především příznivými požárně technickými vlastnostmi (nehořlavost materiálu) a dobrými akustickými vlastnostmi. Dále tento typ tepelného izolantu má velmi dobré tepelněizolační vlastnosti, je difúzně propustný, odolný vůči škůdcům a nehnije. Izolant není vhodný do vlhkého prostředí, jelikož vlhkost výrazně snižuje tepelně izolační účinek. (2)

Postup výroby je popsán takto:

„Hornina se roztaví asi při 1400 °C a z této hmoty se spřádají umělá minerální vlákna. V zájmu dosažení jisté stability formy se vlákna vybavují bakelitem jako pojivem, který ztvrdne při proudění horkého vzduchu.“ (3, s. 109)

6.5 KERAMZIT

Keramzit má oproti jiným tepelněizolačním materiálům poloviční tepelně izolační hodnoty, tudíž nevýhodou jsou velké tloušťky násypů. (2)

Při výrobě se vysušený expandovatelný jíl, nadouvá v rotačních pecích a dále se vypaluje při teplotě 1200 °C, kdy se organické části spálí a vytvoří v jádru izolační póry vyplněné vzduchem. (3)

6.6 PERLIT

Perlit má oproti keramzitu dvojnásobně vyšší tepelněizolační schopnost, je odolný vůči hnilobě a škůdcům. (3)

„Perlit je vulkanická hornina, která se rozdrtí a vystaví působení teploty okolo 1000 °C. Voda obsažená v hornině s tím změní v páru a materiál zvětší objem.“ (3, s. 109)

6.7 PĚNOVÉ SKLO

„Pěnové sklo je nejpevnější vysoce účinná tepelná izolace, nehořlavá a téměř nepropustná pro vodní páru, je pevné, ale křehké. S ohledem na cenu se užívá ve speciálních případech, kdy jej kombinace jeho příznivých vlastností zvýhodní.“ (2, s. 61)

„Výroba je podobná výrobě skla, výchozím materiály jsou křemičitý písek, živec, vápno, soda, příp. staré sklo, Sklo se roztaví, extruduje (zpění) přidáním uhlíku a zahřátím přibližně na 1000 °C se mele na skleněný prášek. Po vychladnutí se materiál řeže do formy desek. (3, s. 110)

6.8 DŘEVOCEMENTOVÉ DESKY

„Dřevocementové desky tvoří dřevěná vlna mineralizovaná cementovým tmelem. Jsou univerzálním konstrukčním deskovým materiálem s vlastnostmi blízkými masivnímu dřevu. Často se kombinují s účinnějšími tepelnými izolacemi." (2, s. 63)

6.9 CELULÓZA

„Papírová vláknina je velmi lehká, ekologicky šetrná a účinná tepelná izolace získaná recyklací starého papíru, impregnovaná přísadami proti hoření a biologickým škůdcům. Je vhodná jako nenosná výplň pouze do trvale suchého prostředí. Ukládá se obvykle do dutin konstrukcí volným sypáním nebo pneumatickým foukáním." (2, s. 63)

6.10 KONOPÍ

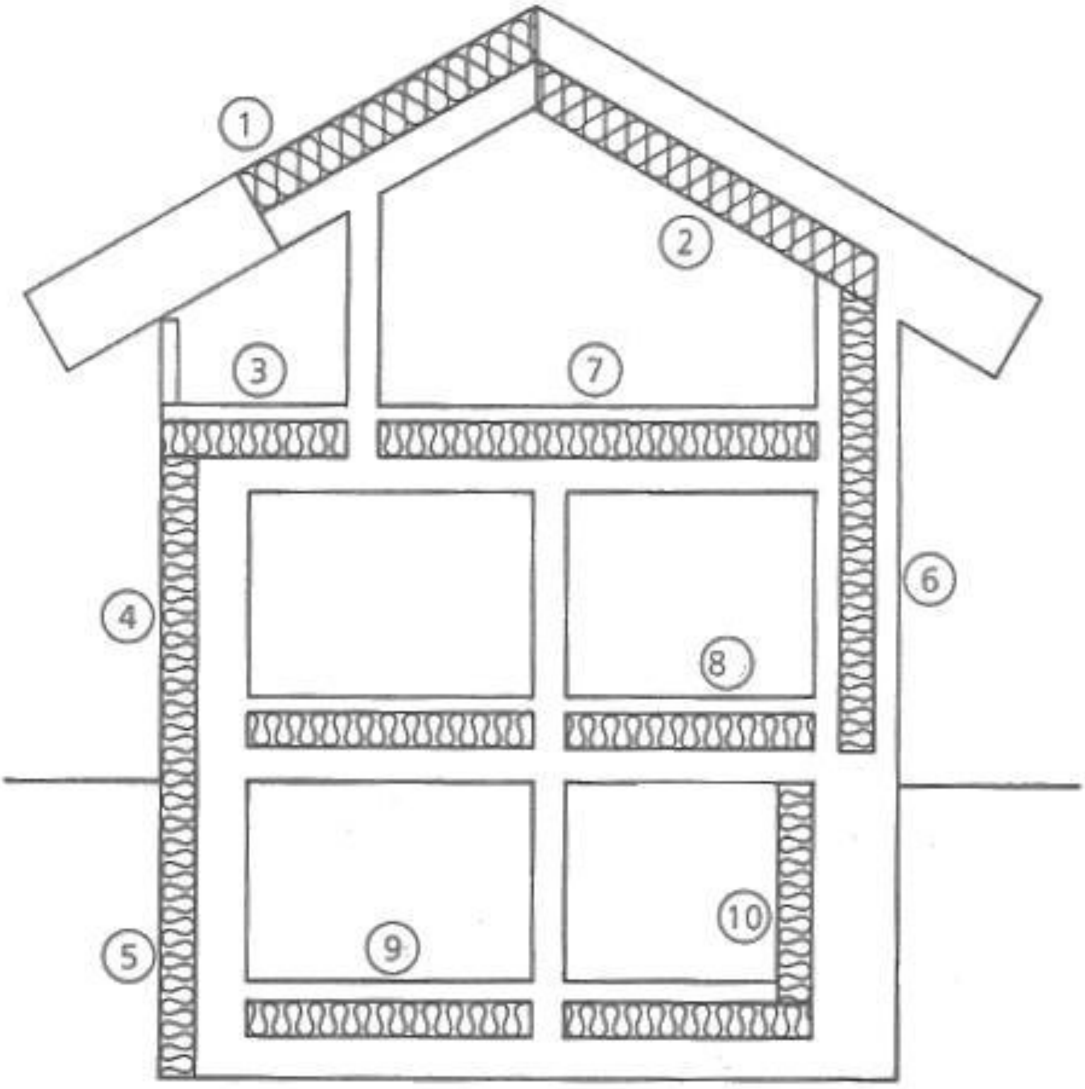
Konopí je materiál, který má velice dobré tepelně izolační vlastnosti. Je odolný vůči škůdcům díky obsahu vlastních hořkých látek, a také je odolný vůči vlhkosti. (3)

„Na dosažení stability formy rouna se do konopí přidává 3 až 10 % podporných vláken z polyesteru a vyrábí se ve formě tepelněizolačních rohoží." (3, s. 111)

7 OBLASTI POUŽITÍ TEPELNĚ IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ

Charakteristická místa použití tepelně izolačních materiálu jsou zobrazeny v obrázku č. 9 – oblasti použití tepelně izolačních materiálů.

- Použití izolace nad střešní rovinou (EPS, polyuretan, skleněná vata, XPS). Zobrazeno v obrázku číslem 1.
- Použití mezikrokevní izolace střechy (konopí, celulóza, minerální a skleněná vlna). Zobrazeno v obrázku číslem 2.
- Použití izolace pro ploché střechy (XPS, EPS, minerální vlna, pěnové sklo). Zobrazeno v obrázku číslem 3.
- Použití izolace pro vnější stěny. Zobrazeno v obrázku číslem 4.
    - Kontaktní zateplovací systém ETICS (EPS, minerální vlna, dřevocementové desky). (3)
    - Provětrávaná fasáda (EPS, minerální vlna, dřevovláknité desky) (1)
- Použití izolace pro suterénní stěnu ve styku s terénem (pěnové sklo, XPS). Zobrazeno v obrázku číslem 5.
- Použití izolace uvnitř konstrukce – sendvičová konstrukce (EPS, minerální a skleněná vata). Zobrazeno v obrázku číslem 6.
- Použití izolace stropu v nejvyšším podlaží (EPS, expandovaný perlit, minerální a skleněná vlna, bavlna) Zobrazeno v obrázku číslem 7.
- Použití jako kročejová izolace (EPS, dřevocementové desky, minerální a skleněná vlna). Zobrazeno v obrázku číslem 8.
- Použití pro izolace podlahy na zemině (EPS, minerální nebo skleněná vlna, expandované perlity) Zobrazeno v obrázku číslem 9.
- Použití pro vnitřní izolaci stěn (EPS, minerální, nebo skleněná vlna). Zobrazeno v obrázku číslem 10. (3)



Obr. č. 9 – Oblasti použití tepelně izolačních materiálů

8 VÝPLNĚ OTVORŮ OBÁLKY BUDOVY

Okna a dveře jsou nejslabší energetické články budovy, uniká jimi nejvíce tepelné energie (prostup tepla okny), avšak prosklením proudí do domu nutná sluneční energie. Při správném návrhu u novostavby, nebo osazení novými okny při revitalizaci původního stavu objektu, můžeme zajistit úsporu energií 10 – 20 %. Celkový efekt závisí na počtu oken a na velikosti okenní plochy. (2)

Vlastnosti oken a dveří závisí na použitých konstrukčních prvcích, které jsou:

- Materiál rámu okna, rám okenního křídla (PVC, dřevo, hliník).
- Zasklení okenního křídla například termoizolační sklo, tepelněizolační sklo (výplň plynem, počet skel, distanční rámeček, pokovení).
- Podíl plochy rámu okna, okenního křídla a zasklené plochy ku celkové ploše okna.
- Počet a druh těsnění okna.
- Počet dělení a velikost okenních tabulí. (1)

Izolační faktor oken a dveří se určuje pomocí součinitele prostupu tepla U_W o rozměru [W/(m^{2}K)]. Určením součinitele prostupu tepla U_W určíme tepelnou ztrátu z interiéru do exteriéru. Čím nižší bude součinitel prostupu tepla, tím bude nižší tepelná ztráta oknem. (1)

9 PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části jako podklad pro provedení energetické modernizace byl použit nezateplený bytový dům v Třebíči. Zpracované studie stávajícího stavu bytového domu byly poskytnuty od Ing. Zdeňka Korotvičky. Studie obsahovaly výkresy nadzemních a podzemních podlaží, řez a pohledy objektu. Byla provedena vizuální prohlídka předmětné stavby s důrazem na použité konstrukce ve střešní rovině, vnějších obvodových stěn, okenních a dveřních výplní. Byly doměřeny chybějící rozměry stavebních konstrukcí potřebné k provedení analýzy. Dále byly zjištěny od uživatelů bytového domu informace o zdrojích vytápění a ohřevu teplé užitkové vody.

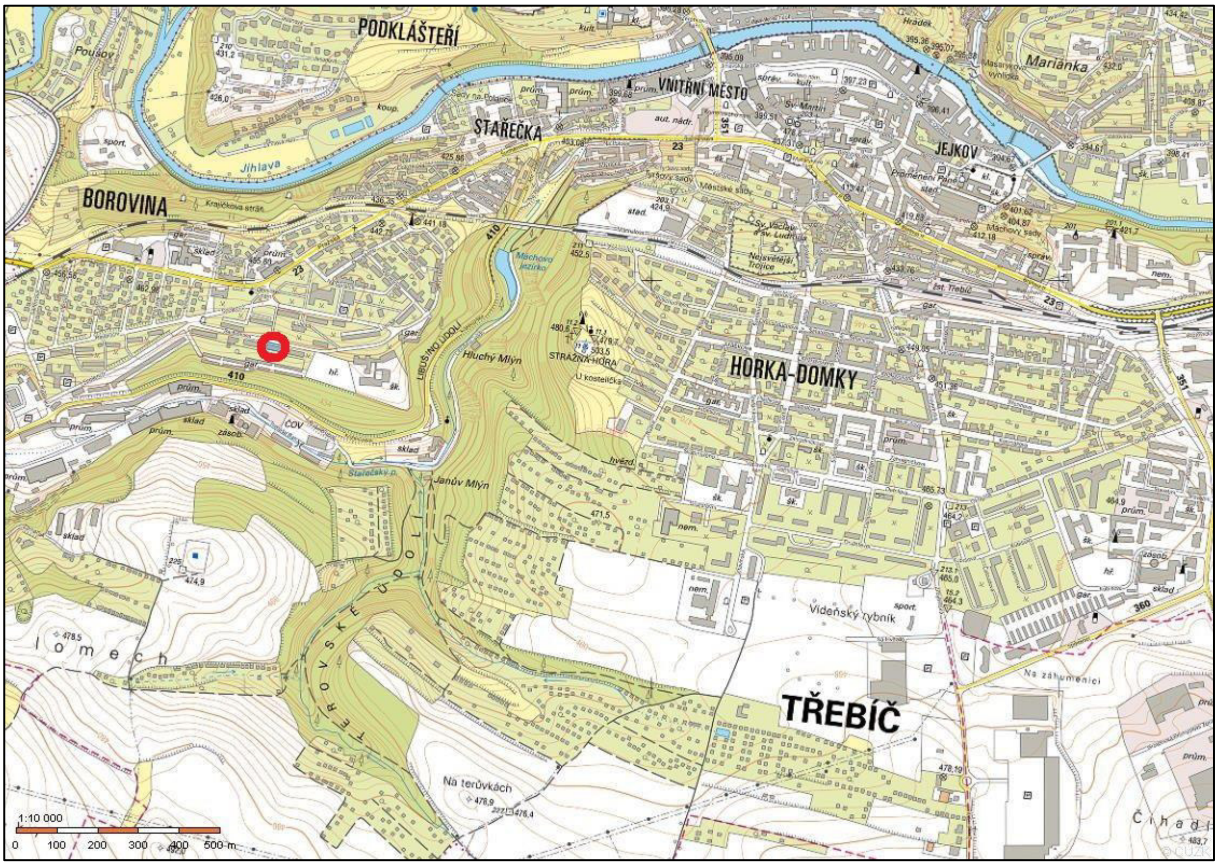
V této části byly analyzovány tři varianty zateplení pláště bytového domu z hlediska ekonomického na provedení této stavební úpravy, kdy výstup bude představovat rozpočet každé varianty zateplení. Z hlediska energetické náročnosti, kdy výstup bude představovat průkaz energetické náročnosti budovy, v původním stavu a v dalších třech nových stavech po provedení zateplení pláště budovy. Na závěr byl proveden výpočet prosté doby návratnosti investicí, dále ekonomická doba návratnosti a vyhodnocení variant zateplení.

Obr. č. 10 – Původní stav obytného domu (vlastní zpracování)

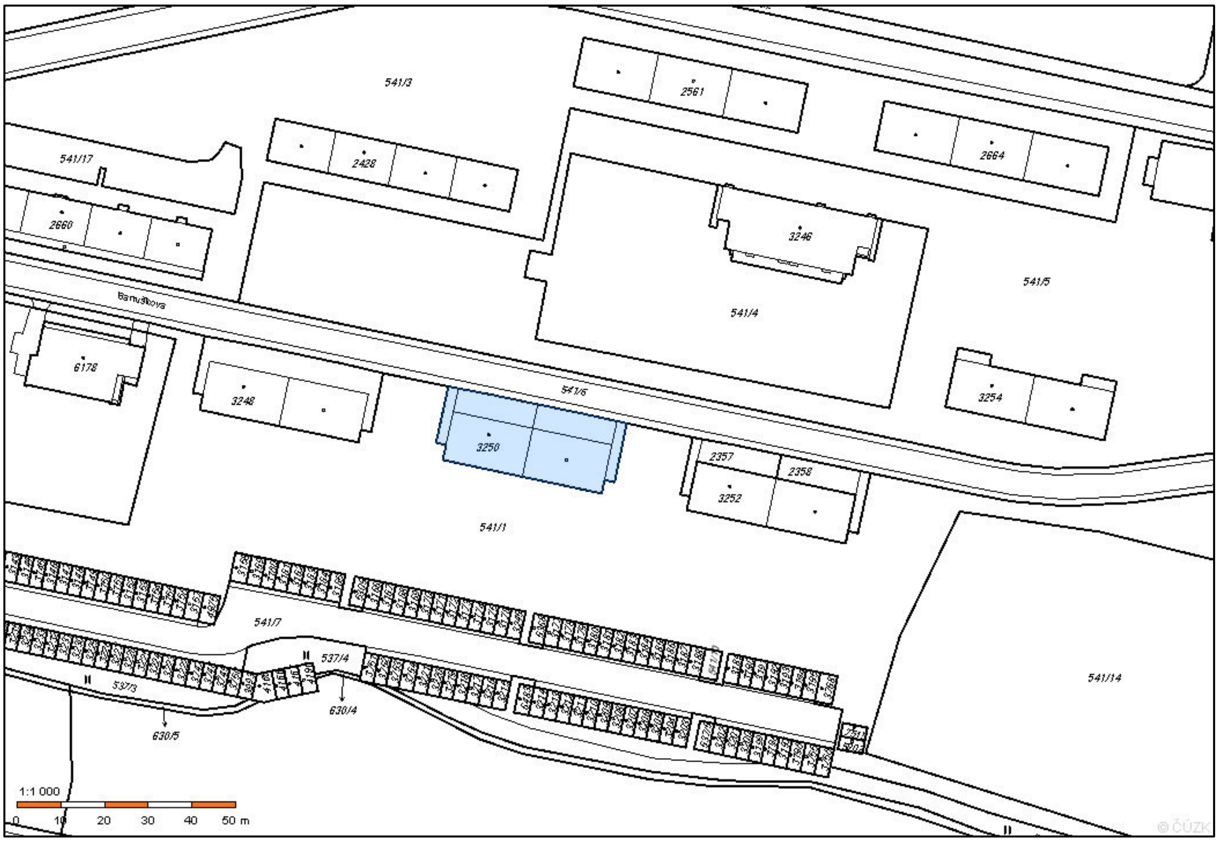
9.1 POPIS PŮVODNÍHO STAVU OBJEKTU

9.1.1 Identifikace bytového domu dle katastru nemovitostí

Jedná se o objekt pro bydlení, bytové zástavby. Bytový dům se nachází v kraji Vysočina v okresu Třebíč, ve městě Třebíč, v městské části Stařečka. Pozemek má p. č. st. 3250, katastrální území Třebíč [769738], o výměře 689 m^2, druh pozemku zastavěná plocha a nádvoří. Bytový dům je ve vlastnictví společenství vlastníků jednotek. Nachází se v jihozápadní části města, která má veškerou občanskou vybavenost. Objekt se nenachází v žádném záplavovém území. Bytový dům je umístěn ve svažitém terénu.



Obr. č. 11 – Poloha předmětného objektu v Třebíči, výřez z katastrální mapy (17)



Obr. č. 12 – Poloha předmětného objektu, výřez z katastrální mapy (17)

9.2 OKRAJOVÉ PODMÍNKY STAVBY

Pro správné vyhotovení vyhodnocení průkazu energetické náročnosti budovy je třeba definovat přesné informace o rozměrech tvaru a poloze posuzovaného objektu. Dále určení skladeb posuzovaných konstrukcí, a také zdroje energie. Poté je velice důležité správně určit okrajové parametry interiéru a exteriéru.

Parametry exteriéru:

- Lokalita: Třebíč.
- Nadmořská výška: 406 m n. m.
- Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období: θ_e = -17 °C.
- Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu: φ_e = 84 %.

Parametry interiéru:

- Návrhová vnitřní teplota vzduchu v zimním období: θ_i = 20 °C.
- Návrhová vnitřní teplota vzduchu v zimním období (společné a komunikační prostory): θ_i =16 °C.

- Návrhová teplota vnitřního vzduchu v zimním období se zohledněním způsobu vytápění: θ_{ai} = 20,6 °C.
- Návrhová teplota vnitřního vzduchu v zimním období se zohledněním způsobu vytápění (společné a komunikační prostory): θ_{ai} = 16,6 °C.
- Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu: φ_i = 50 %.

Orientace objektu ke světovým stranám a rozměrové charakteristiky předmětného bytového domu jsou uvedeny ve výkresech skutečného stavu v příloze D.

9.3 TECHNICKÝ POPIS STAVBY

Jedná se o objekt s pěti nadzemními podlažími, obdélníkového tvaru půdorysu o rozměrech 11,25 m × 37,00 m a výšky atiky vztaženou k prvnímu nadzemnímu podlaží 15,3 m. Budova má 26 bytových jednotek. Objekt je rozdělen na 2 sekce, každá sekce má jeden hlavní vchod, jeden vedlejší vchod a má středové schodiště bez výtahu. Hlavní vchody jsou ze severní strany na mezipodestu, mezi prvním nadzemním podlažím a druhým nadzemním podlažím. Vedlejší vchody jsou z východní a západní štítové strany. Objekt má pod prvním nadzemním podlažím technický prostor s funkcí vyrovnání terénu. Dva byty jsou v prvním nadzemním podlaží, společně se sklepními kójemi, technickým vybavením bytu a průchozí chodbou propojující obě sekce. Zbylých 24 bytových jednotek se nachází vždy po šesti v dalším nadzemním podlaží. Studie stávajícího objektu je zpracována v příloze D.

Bytový dům byl postaven jako zděná stavba s montovanými železobetonovými prefabrikovanými stropy a plochou střechou v roce 1963 až 1965. Předpokládaná životnost hlavních konstrukčních části je uvažována minimálně 100 let.

Dle podaných žádostí o vyjádření správců sítí k existenci inženýrských síti bylo zjištěno, že je objekt napojen na obecní jednotnou kanalizaci, vodovod, teplovod, elektrické vedení nízkého napětí (zemní kabel) a na sdělovací kabel.

Objekt dnešním technickým stavem naplňuje v řadě ohledů podmínky pro provedení modernizací.

9.3.1 Stavebně technický stav stávajícího objektu

Při vizuální prohlídce předmětného objektu, dle poskytnuté studie skutečného stavu a ústní konzultaci s odborníkem na historii bytové výstavby z oboru pozemních staveb, bylo dosaženo z hlediska stavebně technického stavu objektu těchto závěrů:

- Základy byly provedeny v nezámrzné hloubce z prostého betonu, prokládaného lomovým kamenivem.
- Izolace proti zemní vlhkosti byla provedena pomocí asfaltových pásů nebo lepenky v té době používaných.
- Svislé nosné obvodové konstrukce byly provedeny pomocí zděného zdiva z cihelných bloků CDm, tloušťka bloků je 375 mm, povrchové úpravy jsou tvořeny pomocí omítky vápenné a vápenocementové.
- Vnitřní nosné zdivo bylo provedeno pomocí cihel plných pálených o celkové tloušťce 500 mm včetně povrchových úprav zdiva.
- Vnitřní nenosné zdivo z keramických dutých cihel dvou děrových, oboustranná omítka, o celkové tloušťce 150 mm.
- Stropní konstrukce nad všemi užitnými podlažími z prefabrikovaných dutinových železobetonových panelů tloušťky 225 mm
- Střešní konstrukce je jednoplášťová plochá, tvořena také pomocí prefabrikovaných dutinových železobetonových panelů tloušťky 225 mm. Dle poskytnuté studie skutečného stavu, byla před několika lety skladba střešní konstrukce revitalizovaná, a to v této skladbě od exteriéru po interiér:
    - Souvrství asfaltových pásů celkové tloušťky 9 mm.
    - Expandovaný polystyren celkové tloušťky 120 mm.
    - Souvrství asfaltových pásů celkové tloušťky 6 mm.
    - Pórobetonové tvarovky nejmenší tloušťky 175 mm.
    - Násyp písku celkové tloušťky 75 mm.
    - Prefabrikovaný dutinový železobetonový panel celkové tloušťky 225 mm.
    - Vápenná omítka celkové tloušťky 15 mm.
- Podlahy na zemině v prvním nadzemním podlaží a v technickém podlaží jsou nezateplené.
- Nášlapné vrstvy podlah jsou tvořeny pomocí keramické dlažby, koberci a PVC.
- Okna jsou dvojitá dřevěná, střešní výlezy ocelové, vnější vchodové dveře jsou dřevěné s částečným jednoduchým zasklením.
- Vytápění objektu a ohřev teplé užitkové vody je řešen pomocí domovní předávací stanice s dvoustupňovým ohřevem, do které je dodávána voda z teplovodu.

Podrobnější skladby stávajících konstrukcí jsou zpracovány v příloze A.

9.4 TEPELNĚ TECHNICKÝ STAV STÁVAJÍCÍHO OBJEKTU

Byl proveden výpočet součinitele prostupu tepla U dle ČSN 730540-2. Tepelně technické posouzení stávajících konstrukcí a výplní otvorů je zpracováno v příloze A.

9.4.1 Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukcí

$$R = \frac{d}{\lambda}$$ [m²K/W] (18)

$$U = \frac{1}{R_{si} + \Sigma R + R_{se}}$$ [W/(m²K)] (18)

kde,

R – tepelný odpor konstrukce, [m^2K/W]

R_{si} – tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu, [m^2K/W]

R_{se} – tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu, [m^2K/W]

d – tloušťka vrstvy konstrukce, [m]

λ – součinitel tepelné vodivosti. [W/(mK)]

Po dosazení příslušných hodnot vrstev konstrukcí do vzorce pro výpočet součinitele prostupu tepla konstrukcí, bylo provedeno posouzení s normovými a doporučenými hodnotami součinitele prostupu tepla konstrukcí.

Tab. č. 9 – Údaje o splnění normativních požadavků součinitele prostupu tepla konstrukcí (autor)

Označení konstrukce	**Popis konstrukce**	**Součinitel prostupu tepla [W/(m²K)]**			
		Vypočtená hodnota U	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty Urec,20	Posouzení vzhledem k požadované hodnotě $U_{N,20}$
SO1	Stěna vnější (těžká)	1,397	0,30	0,25	Nevyhoví

Označení konstrukce	Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m^{2}K)]			
		Vypočtená hodnota U	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty Urec,20	Posouzení vzhledem k požadované hodnotě $U_{N,20}$
SO2	Stěna vnější (těžká)	1,397	0,30	0,25	Nevyhoví
SO3	Stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	1,200	0,45	0,30	Nevyhoví
PDL1	Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině	1,553	0,45	0,30	Nevyhoví
PDL2	Podlaha vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	1,276	0,60	0,40	Nevyhoví
SCH1	Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,230	0,24	0,16	Vyhoví

Z tabulky č. 9 vyplývá, že stávající všechny posuzované konstrukce, kromě ploché střechy nevyhovují požadovaným hodnotám součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ dle ČSN 73 0540-2 Požadavky a jsou z tepelně technického hlediska nedostačující, či nevyhovující.

9.4.2 Výpočet součinitele prostupu tepla oken a dveří

$$Uw = \frac{(A_g \times U_g + A_f \times U_f + L_g \times \psi_g)}{(A_g + A_f)} \quad [W/m^2K] \qquad (18)$$

kde,

A_g – plocha viditelné části zasklení, [m^2]

U_g – součinitel prostupu tepla zasklením, [W/(m^{2}K)]

A_f – plocha okenního rámu a rámu křídla, [m^2]

U_f – součinitel prostupu tepla rámu, [W/(m^{2}K)]

L_g – délka viditelného obvodu zasklení, [m]

ψ_g – lineární činitel prostupu tepla styku rám ku zasklení, včetně vlivu distančního rámečku izolačního skla. [W/mK]

Hodnoty součinitele prostupu tepla oken a dveří U_W u stávajících oken a dveří byly určeny pomocí výpočtového programu PROTECH.

Tab. č. 10 – Údaje o splnění normativních požadavků součinitele prostupu tepla výplní otvorů (autor)

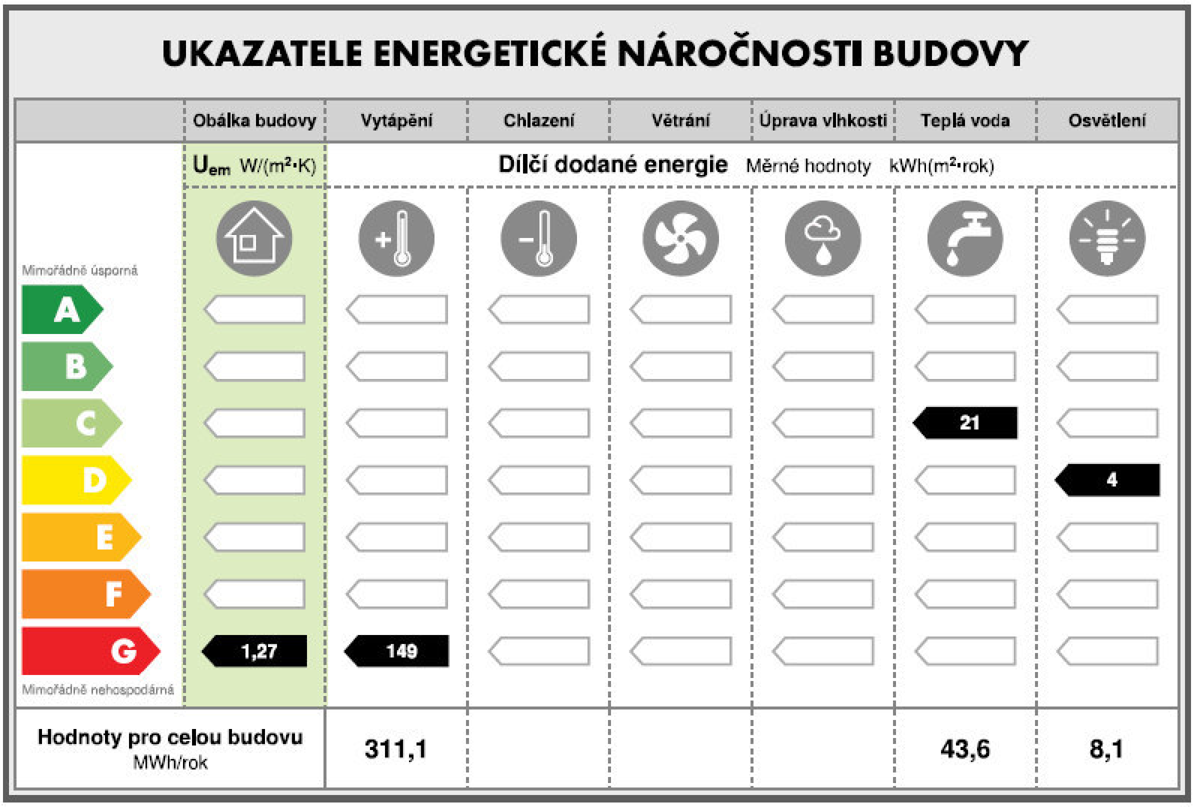
Označení výplně otvorů	**Popis výplně otvorů**	**Součinitel prostupu tepla [W/(m²K)]**			
		Vypočtená hodnota U	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Posouzení vzhledem k požadované hodnotě $U_{N,20}$
DB1	Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	2,40	1,50	1,20	Nevyhoví
DB2	Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	2,40	1,50	1,20	Nevyhoví
OJ1	Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	2,40	1,50	1,20	Nevyhoví
OJ2	Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	2,40	1,50	1,20	Nevyhoví
OJ3	Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	5,65	1,50	1,20	Nevyhoví
OJ4	Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	5,65	1,50	1,20	Nevyhoví

Označení výplně otvorů	Popis výplně otvorů	Součinitel prostupu tepla [W/(m^{2}K)]			
		Vypočtená hodnota U	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Posouzení vzhledem k požadované hodnotě $U_{N,20}$
OA1	Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného do venkovního prostředí	5,65	1,40	1,10	Nevyhoví
DO1	Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	4,00	1,70	1,20	Nevyhoví
DO2	Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	4,00	1,70	1,20	Nevyhoví

Z tabulky č. 10 vyplývá, že stávající všechny posuzované výplně otvorů, nevyhovují požadovaným hodnotám součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ dle ČSN 73 0540-2 Požadavky a jsou z tepelně technického hlediska nedostačující.

9.4.3 Výsledky průkazu energetické náročnosti budovy stávajícího stavu

Dle vypracovaného průkazu stávajícího stavu pomocí softwaru PROTECH, viz příloha B, je budova začleněna podle požadavků na průměrný součinitel prostupu tepla do kategorie G – mimořádně nehospodárná, hlavní důvody jsou nedostatečné tepelné technické vlastnosti obálky budovy. Dále objekt spadá z hlediska celkové dodané energie do kategorie F – velmi nehospodárná, s hodnotou 362,7 MWh/rok. Dílčí dodané energie dosahují hodnot 311,1 MWh/rok na vytápění, 43,6 MWh/rok pro ohřev teplé užitkové vody a pro osvětlení dosahuje hodnoty 8,1 MWh/rok. Vypočtená spotřeba energie na vytápění činí 309,665 MWh/rok.



Obr. č. 13 – Ukazatelé energetické náročnosti budovy, stávající stav (autor)

Obr. č. 14 – Průkaz energetické náročnosti budovy, stávající stav (autor)

9.4.4 Roční náklady spotřeby energie na vytápění stávající budovy

Pro posouzení nákladů na provozování stávající budovy z energetického hlediska, byla použita hodnota vypočtené spotřeby energie na vytápění, která dosáhla hodnoty 309 665 kWh/rok. Tato hodnota byla vynásobena cenou energie za distribuci a dodávku topné vody, která byla zjištěna od správce budovy, kterým je SBD Novátor Třebíč a měla hodnotu pro rok 2016 za 1 kWh 1,576 Kč. Ostatní dodané dílčí energie pro ohřev teplé užitkové vody a pro osvětlení zůstanou konstantní i po zateplení, proto je do výpočtu neuvažujeme.

Celkové roční náklady na provozování stávajícího stavu budovy, dle spotřeby energie na vytápění dosáhly hodnoty 488 032,04 Kč/rok.

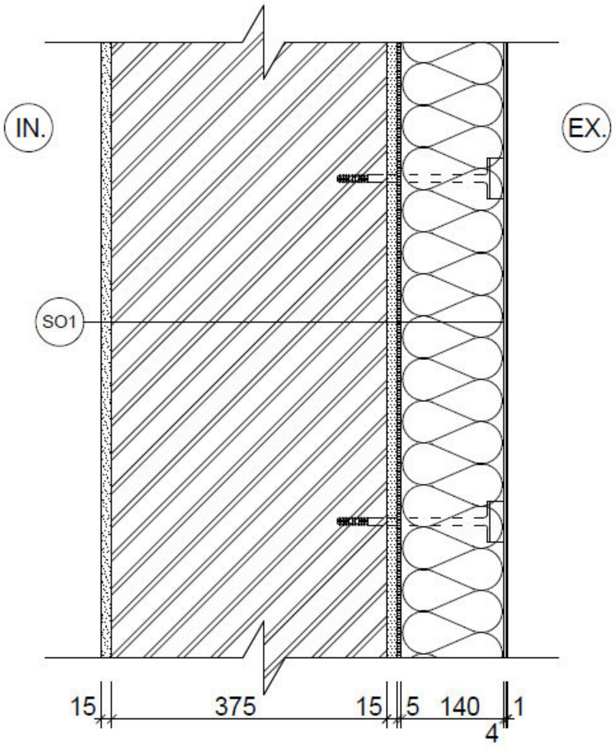
9.5 NAVRŽENÁ OPATŘENÍ STÁVAJÍCÍ BUDOVY

Návrhová opatření spočívala ve výměně původních výplní otvorů za nová, splňující doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{rec,20.}$ Dále bylo uvažováno provedení zateplení obvodového zdiva, stropu v technickém podlaží tak, aby původní konstrukce doplněná o nový tepelný izolant splňovala doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{rec,20.}$ Zateplení ploché střechy nebylo uvažováno, z důvodu splnění požadované hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{N,\,20}$ konstrukce. Také nebylo uvažováno s dodatečným zateplením podlah a stěn na zemině, a to z důvodu obtížné realizace této stavební úpravy.

9.5.1 Navrhovaný stav, varianta č. 1

Byly navrženy v rámci varianty č. 1 tyto opatření:

- Zateplení obvodového pláště kontaktním zateplovacím systémem pomocí fasádního „bílého“ expandovaného polystyrenu EPS 70 F, λ = 0,039 W/(mK), o tloušťce 140 mm, hodnota součinitele prostupu tepla zateplené konstrukce U = 0,241 W/(m^{2}K).
- Zateplení stropu nevytápěného technického prostoru kontaktním zateplovacím systémem pomocí fasádního „bílého“ expandovaného polystyrenu EPS 70 F, λ = 0,039 W/(mK), o tloušťce 80 mm, hodnota součinitele prostupu tepla zateplené konstrukce U = 0,337 W/(m^{2}K).
- Nové plastové okenní výplně s izolačním dvojsklem, U_W = 1,2 W/(m^{2}K).
- Nové plastové dveřní výplně s izolačním dvojsklem, U_W = 1,2 W/(m^{2}K).
- Nové plastové střešní výlezy s izolačním dvojsklem, U_W = 1,1 W/(m^{2}K).



SO1 OBVODOVÁ KONSTRUKCE VARIANTA Č.1

FUNKCE VRSTVY	NÁZEV VRSTVY	TL. [mm]
POVRCHOVÁ ÚPRAVA	JEDNOSLOŽKOVÁ,SILIKÁTOVÁ STĚRKA, PROBAREVNÁ OMÍTKA	1 mm
PENETRAČNÍ VRSTVA	UNIVERZÁLNÍ NÁTĚR PRO VYROVNÁNÍ NASÁKAVOSTI PODKLADU	- mm
ARMOVACÍ VRSTVA	SKLOTEXTILNÍ SÍŤOVINA PRO ARMOVACÍ VRSTVU	- mm
PODKLADNÍ VRSTVA	PAROPROPUSTNÁ LEPÍCÍ HMOTA NA BÁZI CEMENTU	4 mm
TEPELNÁ IZOLACE	FASÁDNÍ POLYSTYREN EPS 70F,λ = 0,039 W/m.K	140 mm
SPOJOVACÍ VRSTVA	PAROPROPUSTNÁ LEPÍCÍ HMOTA NA BÁZI CEMENTU	5 mm
POVRCHOVÁ ÚPRAVA	OMÍTKA VÁPENOCEMENTOVÁ	15 mm
NOSNÁ KONSTRUKCE	CDM 240/375/113	375 mm
POVRCHOVÁ ÚPRAVA	OMÍTKA VÁPENNÁ	15 mm

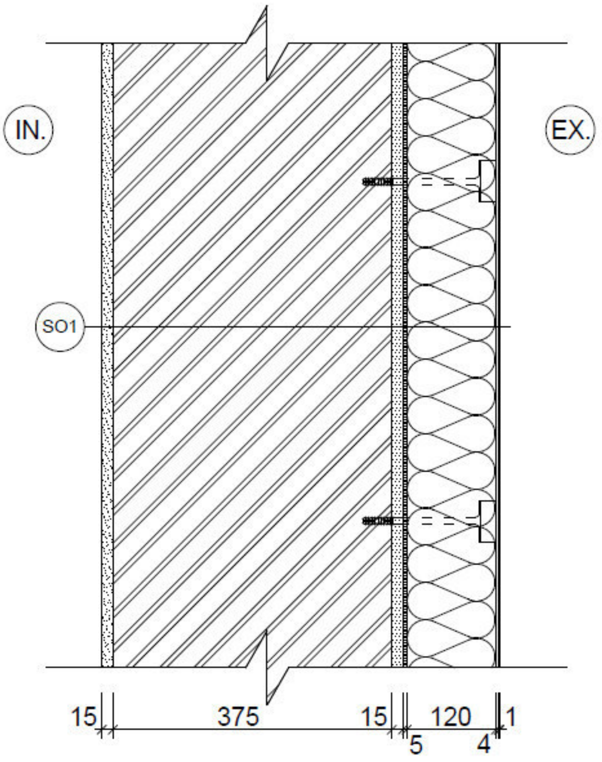
Obr. č. 15 – Skladba konstrukce zatepleného obvodového pláště, varianta č. 1 (autor)

9.5.2 Navrhovaný stav, varianta č. 2

Byly navrženy v rámci varianty č. 2 tyto opatření:

- Zateplení obvodového pláště kontaktním zateplovacím systémem pomocí „šedého“ expandovaného polystyrenu Isover EPS GreyWall, $\lambda = 0,032$ W/(mK), o tloušťce 120 mm, hodnota součinitele prostupu tepla zateplené konstrukce U = 0,233 W/(m^{2}K).

- Zateplení stropu nevytápěného technického prostoru kontaktním zateplovacím systémem pomocí „šedého“ expandovaného polystyrenu Isover EPS GreyWall, $\lambda = 0{,}032$ W/(mK), o tloušťce 50 mm, hodnota součinitele prostupu tepla zateplené konstrukce U = 0,400 W/(m^2K).
- Nové plastové okenní výplně s izolačním dvojsklem, $U_W = 1{,}2$ W/(m^2K).
- Nové plastové dveřní výplně s izolačním dvojsklem, $U_W = 1{,}2$ W/(m^2K).
- Nové plastové střešní výlezy s izolačním dvojsklem, $U_W = 1{,}1$ W/(m^2K).



SO1 OBVODOVÁ KONSTRUKCE VARIANTA Č.2

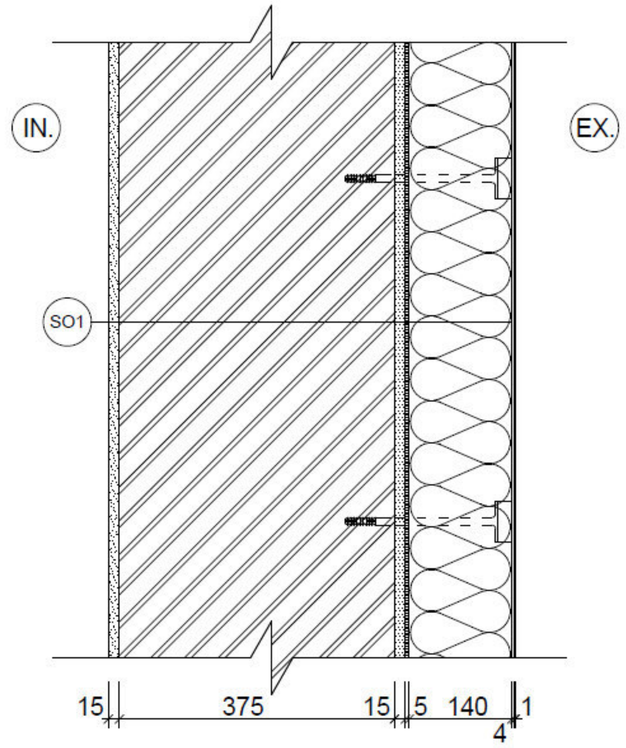
FUNKCE VRSTVY	NÁZEV VRSTVY	TL. [mm]
POVRCHOVÁ ÚPRAVA	JEDNOSLOŽKOVÁ SILIKÁTOVÁ STĚRKA, PROBAREVNÁ OMÍTKA	1 mm
PENETRAČNÍ VRSTVA	UNIVERZÁLNÍ NÁTĚR PRO VYROVNÁNÍ NASÁKAVOSTI PODKLADU	- mm
ARMOVACÍ VRSTVA	SKLOTEXTILNÍ SÍŤOVINA PRO ARMOVACÍ VRSTVU	- mm
PODKLADNÍ VRSTVA	PAROPROPUSTNÁ LEPÍCÍ HMOTA NA BÁZI CEMENTU	4 mm
TEPELNÁ IZOLACE	FASÁDNÍ POLYSTYREN ŠEDÝ, ISOVER EPS GREYWALL ,λ = 0,032 W/m.K	120 mm
SPOJOVACÍ VRSTVA	PAROPROPUSTNÁ LEPÍCÍ HMOTA NA BÁZI CEMENTU	5 mm
POVRCHOVÁ ÚPRAVA	OMÍTKA VÁPENOCEMENTOVÁ	15 mm
NOSNÁ KONSTRUKCE	CDM 240/375/113	375 mm
POVRCHOVÁ ÚPRAVA	OMÍTKA VÁPENNÁ	15 mm

Obr. č. 16 – Skladba konstrukce zatepleného obvodového pláště, varianta č. 2 (autor)

9.5.3 Navrhovaný stav, varianta č. 3

Byly navrženy v rámci varianty č. 3 tyto opatření:

- Zateplení obvodového pláště kontaktním zateplovacím systémem pomocí kamenné minerální vlny Knauf Nobasil FKD, λ = 0,039 W/(mK), o tloušťce 140 mm, hodnota součinitele prostupu tepla zateplené konstrukce U = 0,249 W/(m^2K).
- Zateplení stropu nevytápěného technického prostoru kontaktním zateplovacím systémem pomocí kamenné minerální vlny Knauf Nobasil FKD, λ = 0,039 W/(mK), o tloušťce 80 mm, hodnota součinitele prostupu tepla zateplené konstrukce U = 0,345 W/(m^2K).
- Nové plastové okenní výplně s izolačním dvojsklem, U_W = 1,2 W/(m^2K).
- Nové plastové dveřní výplně s izolačním dvojsklem, U_W = 1,2 W/(m^2K).
- Nové plastové střešní výlezy s izolačním dvojsklem, U_W = 1,1 W/(m^2K).



SO1 OBVODOVÁ KONSTRUKCE VARIANTA Č.3

FUNKCE VRSTVY	**NÁZEV VRSTVY**	**TL. [mm]**
POVRCHOVÁ ÚPRAVA	JEDNOSLOŽKOVÁ SILIKÁTOVÁ STĚRKA, PROBAREVNÁ OMÍTKA	1 mm
PENETRAČNÍ VRSTVA	UNIVERZÁLNÍ NÁTĚR PRO VYROVNÁNÍ NASÁKAVOSTI PODKLADU	- mm
ARMOVACÍ VRSTVA	SKLOTEXTILNÍ SÍŤOVINA PRO ARMOVACÍ VRSTVU	- mm
PODKLADNÍ VRSTVA	PAROPROPUSTNÁ LEPÍCÍ HMOTA NA BÁZI CEMENTU	4 mm
TEPELNÁ IZOLACE	KAMENÁ VLNA KNAUF NOBASIL, λ = 0,039 W/m.K	140 mm
SPOJOVACÍ VRSTVA	PAROPROPUSTNÁ LEPÍCÍ HMOTA NA BÁZI CEMENTU	5 mm
POVRCHOVÁ ÚPRAVA	OMÍTKA VÁPENOCEMENTOVÁ	15 mm
NOSNÁ KONSTRUKCE	CDM 240/375/113	375 mm
POVRCHOVÁ ÚPRAVA	OMÍTKA VÁPENNÁ	15 mm

Obr. č. 17 – *Skladba konstrukce zatepleného obvodového pláště, varianta č. 3* (autor)

9.6 VYHODNOCENÍ NÁVRHOVÝCH STAVŮ Z HLEDISKA ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI A ROČNÍ SPOTŘEBY ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ

9.6.1 Energetická náročnost

Podle vypracovaných posouzení součinitele prostupu tepla nově navržených variant konstrukcí a výplní otvorů, které jsou v příloze A, dále dle průkazů energetické náročnosti budovy v nově navržených variantách, které jsou v příloze B, vyplývá:

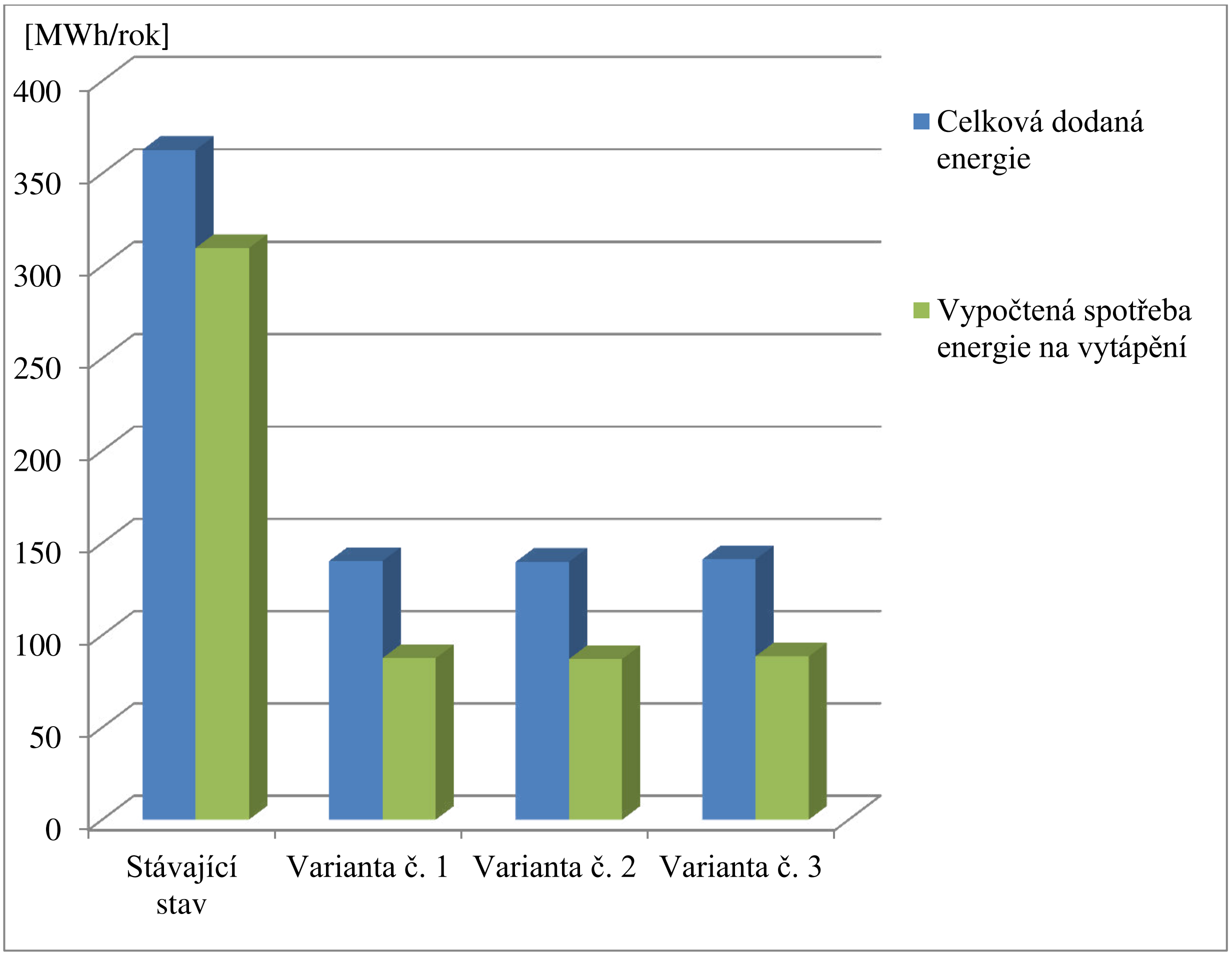
Varianta č. 1 (expandovaný „bílý“ polystyren), budova je začleněna podle požadavků na průměrný součinitel prostupu tepla do kategorie D – méně úsporná. Dále objekt spadá z hlediska celkové dodané energie do kategorie C – úsporná, s hodnotou 140,2 MWh/rok. Vypočtená spotřeba energie na vytápění činí 87,526 MWh/rok.

Varianta č. 2 (expandovaný „šedý“ polystyren), budova je začleněna podle požadavků na průměrný součinitel prostupu tepla do kategorie D – méně úsporná. Dále objekt spadá z hlediska celkové dodané energie do kategorie C – úsporná, s hodnotou 139,8 MWh/rok. Vypočtená spotřeba energie na vytápění činí 87,112 MWh/rok.

Varianta č. 3 (kamenná minerální vlna), budova je začleněna podle požadavků na průměrný součinitel prostupu tepla do kategorie D – méně úsporná. Dále objekt spadá z hlediska celkové dodané energie do kategorie C – úsporná, s hodnotou 141,1 MWh/rok. Vypočtená spotřeba energie na vytápění činí 88,488 MWh/rok.

Při výpočtu průkazů energetické náročnosti budovy, nebylo uvažováno se skladbami zateplení pomocí extrudovaného polystyrenu, a také s požárními pásy z kamenné minerální vlny, a to z důvodu velice podobných součinitelů tepelné vodivosti použitých materiálů.

Graf č. 1 – Porovnání stávajícího stavu s návrhovými varianty z hlediska spotřeby a dodané energie (autor)

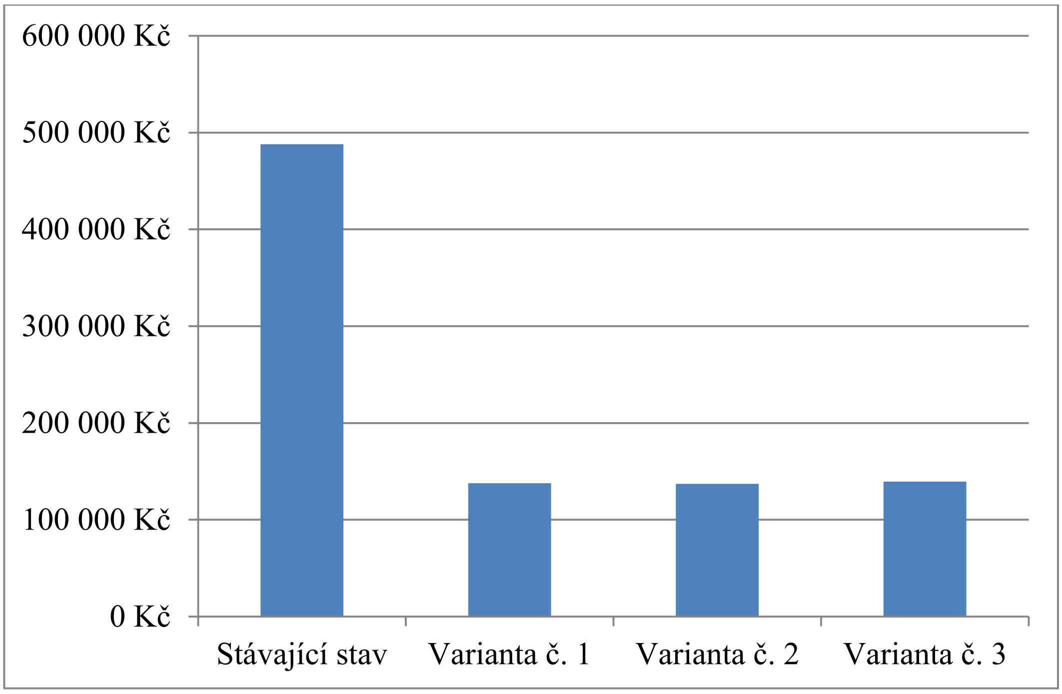


Z grafu č. 1 je patrné, že celková dodaná energie se snížila u navržených variant (průměr jejich hodnot) o 61,30 % a vypočtená spotřeba se snížila u navržených variant (průměr jejich hodnot) o 71,68 % oproti stávajícímu stavu.

9.6.2 Roční náklady na vytápění návrhových stavů

Roční náklady na provoz navržených variant byly vypočítány obdobně jako v kapitole 9.4.4 Roční náklady spotřeby energie na vytápění stávající budovy, kdy roční náklady na vytápění bytového domu dosahovaly hodnot u navržené varianty č. 1 (expandovaný „bílý“ polystyren), dle spotřeby energie na vytápění 137 940,98 Kč/rok, u navržené varianty č. 2 (expandovaný „šedý“ polystyren) 137 288,51 Kč/rok a u navržené varianty č. 3 (kamenná minerální vlna), dosáhly hodnoty 139 457,09 Kč/rok.

Graf č. 2 – Porovnání stávajícího stavu s návrhovými varianty z hlediska nákladů spotřeby energie na vytápění (autor)



Z grafu č. 2 vyplývá, že náklady na roční provoz se snížily u navržených variant (průměr jejich hodnot) o 71,68 % oproti stávajícímu stavu.

9.7 NÁKLADY NA REALIZACI NAVRŽENÝCH VARIANT

Pro výpočet nákladů jednotlivých návrhových variant byla provedena kalkulace jednotkových cen zhotovitelem, kterou představovala stavební firma SESTAV – ing. Jaroslav Sedláček. Jednotkové ceny na realizaci zateplení vycházely z vlastní databáze a průměrných hodnot stavební firmy SESTAV a jejich subdodavatelů pro okres Třebíč. Výsledný položkový rozpočet byl zpracován v rozpočtovém programu RTS BUILDpower S. Jednotková cena se skládá z přímých nákladů (náklady na přímý materiál, náklady na přímé mzdy, náklady na provoz stavebních strojů a zařízení a ostatní přímé náklady) a z nepřímých nákladů (režie výrobní, režie správní a zisk). Náklady zobrazené v položkovém rozpočtu na výměnu výplní otvorů, lešení, zateplení bytového domu (všechny navrhované varianty), úpravy střešního pláště a hromosvodu jsou vypočítány v příloze C.

Dokumentace pro ohlášení stavby

Zateplení obvodového pláště je považováno za stavební úpravu, proto se vypracovává dokumentace pro ohlášení stavby.

Projektová dokumentace je zpracována dle vyhlášky č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, jak vyplývá ze změn provedených vyhláškou č. 62/2013 Sb.. Dokumentace je zpracovávána odpovědnou osobou, autorizovaným architektem, inženýrem nebo technikem činných ve výstavbě.

„Rozsah a obsah projektové dokumentace pro ohlášení stavby uvedené v § 104 odst. 1 písm. a) až e) stavebního zákona nebo pro vydání stavebního povolení.

Projektová dokumentace obsahuje části:

A. Průvodní zpráva

B. Souhrnná technická zpráva

C. Situační výkresy

D. Dokumentace objektů a technických a technologických zařízení

E. Dokladová část

Projektová dokumentace musí vždy obsahovat části A až E s tím, že rozsah a obsah jednotlivých částí bude přizpůsoben druhu a významu stavby, jejímu umístění, stavebně technickému provedení, účelu využití, vlivu na životní prostředí a době trvání stavby.“ (19)

Požárně bezpečnostní řešení stavby

Požárně bezpečnostní řešení stavby se zpracovává, protože je součástí dokumentace pro ohlášení stavby, a také slouží jako podklad ke schválení odboru prevence příslušného územního odboru hasičského záchranného sboru.

Inženýrská činnost

Technický dozor objednatele zajišťuje výslednou kvalitu provedených prací a celkového díla. Provádí ji odborník ve funkci technického dozoru investora, který kontroluje postup a zhotovení prací, s důrazem na konstrukce, které jsou v budoucnu zakryty. Kontroluje a provádí zápisy do stavebního deníku. (2)

Plán a koordinátor bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (BOZP)

Plán bezpečnosti a ochrany zdraví při práci na staveništi je zpracován, dle Přílohy č. 5 k nařízení vlády č. 591/2006 Sb., o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích. Práce a činnosti vystavující fyzickou osobu zvýšenému ohrožení života nebo poškození zdraví, při jejichž provádění vzniká povinnost

zpracovat plán. U předmětného objektu to jsou práce, při kterých hrozí pád z výšky nebo do volné hloubky více než 10m. (20)

9.7.2 Celkové náklady na realizaci varianty č. 1 (expandovaný „bílý“ polystyren)

Celkové náklady na realizaci zateplení bytového domu v návrhové variantě č. 1 vychází na 3 860 301 Kč, viz tabulka č. 11. Oproti návrhovým variantám z hlediska energetické náročnosti, při kalkulaci varianty č. 1 byly vzaty v úvahu požadavky z hlediska požární bezpečnosti dle revidované normy ČSN 73 0810 na vnější zateplení obvodových konstrukcí, kdy byl použit nad soklem průběžný požární pás o šířce. 900 mm z kamenné vlny Knauf Nobasil FKD. Ve výšce jednoho metru nad upraveným terénem byl použit nenasákavý tepelný izolant (extrudovaný polystyren).

Tab. č. 11 – Náklady spojené s realizací zateplení bytového domu, varianta č. 1 (autor)

Náklady spojené s realizací zateplení, varianta č. 1	**Cena s 21% DPH**
Fixní náklady	
Projektová příprava bytového domu, dokumentace pro ohlášení stavby	35 000,00 Kč
Průkaz energetické náročnosti budovy	6 000,00 Kč
Požárně bezpečnostní řešení stavby	2 000,00 Kč
Inženýrská činnost	10 000,00 Kč
Koordinátor BOZP, plán BOZP	10 000,00 Kč
Zařízení staveniště	45 000,00 Kč
Lešení	389 814,00 Kč
Σ fixní náklady	**497 814,00 Kč**
Variabilní náklady	
Výměna výplní otvorů	1 201 657,00 Kč
Zateplení bytového domu	2 044 640,00 Kč
Úpravy střešního pláště	86 147,00 Kč
Hromosvod	30 043,00 Kč
Σ variabilní náklady	**3 362 487,00 Kč**
Σ fixní náklady, variabilní náklady	**3 860 301,00 Kč**

9.7.3 Celkové náklady na realizaci varianty č. 2 (expandovaný „šedý“ polystyren)

Celkové náklady na realizaci zateplení bytového domu v návrhové variantě č. 2 vychází na 3 863 103 Kč, viz tabulka č. 12. Obdobně oproti návrhovým variantám z hlediska

energetické náročnosti byl použit nad soklem průběžný požární pás o šířce. 900 mm z kamenné vlny Knauf Nobasil FKD. Ve výšce jednoho metru nad upraveným terénem byl použit nenasákavý tepelný izolant (extrudovaný polystyren).

Tab. č. 12 – Náklady spojené s realizací zateplení bytového domu, varianta č. 2 (autor)

Náklady spojené s realizací zateplení, varianta č. 2	**Cena s 21% DPH**
Fixní náklady	
Projektová příprava bytového domu, dokumentace pro ohlášení stavby	35 000,00 Kč
Průkaz energetické náročnosti budovy	6 000,00 Kč
Požárně bezpečnostní řešení stavby	2 000,00 Kč
Inženýrská činnost	10 000,00 Kč
Koordinátor BOZP, plán BOZP	10 000,00 Kč
Zařízení staveniště	45 000,00 Kč
Lešení	389 814,00 Kč
Σ fixní náklady	**497 814,00 Kč**
Variabilní náklady	
Výměna výplní otvorů	1 201 657,00 Kč
Zateplení bytového domu	2 047 442,00 Kč
Úpravy střešního pláště	86 147,00 Kč
Hromosvod	30 043,00 Kč
Σ variabilní náklady	**3 365 289,00 Kč**
Σ fixní náklady, variabilní náklady	**3 863 103,00 Kč**

9.7.4 Celkové náklady na realizaci varianty č. 3 (kamenná minerální vlna)

Celkové náklady na realizaci zateplení bytového domu v návrhové variantě č. 3 vychází na 4 023 288 Kč, viz tabulka č. 13. Obdobně oproti návrhovým variantám z hlediska energetické náročnosti. Ve výšce jednoho metru nad upraveným terénem byl použit nenasákavý tepelný izolant (extrudovaný polystyren).

Tab. č. 13 – Náklady spojené s realizací zateplení bytového domu, varianta č. 3 (autor)

Náklady spojené s realizací zateplení, varianta č. 3	**Cena s 21% DPH**
Fixní náklady	
Projektová příprava bytového domu, dokumentace pro ohlášení stavby	35 000,00 Kč
Průkaz energetické náročnosti budovy	6 000,00 Kč
Požárně bezpečnostní řešení stavby	2 000,00 Kč
Inženýrská činnost	10 000,00 Kč

Náklady spojené s realizací zateplení, varianta č. 3	Cena s 21% DPH
Koordinátor BOZP, plán BOZP	10 000,00 Kč
Zařízení staveniště	45 000,00 Kč
Lešení	389 814,00 Kč
Σ fixní náklady	**497 814,00 Kč**
Variabilní náklady	
Výměna výplní otvorů	1 201 657,00 Kč
Zateplení bytového domu	2 207 627,00 Kč
Úpravy střešního pláště	86 147,00 Kč
Hromosvod	30 043,00 Kč
Σ variabilní náklady	**3 525 474,00 Kč**
Σ fixní náklady, variabilní náklady	**4 023 288,00 Kč**

9.8 VÝPOČET PROSTÉ NÁVRATNOSTI

Jedná se o jednu ze základních metod ekonomického hodnocení energeticky úsporných opatření. Propočtem prosté doby návratnosti hledáme počet let, za které se v úsporách energie vrátí prvotní investice pomocí vztahu: (2)

$$Prostá\ doba\ náratnosti = \frac{\text{ivestiční náklady}}{úspora\ energie \times cena\ energie} = \frac{\text{náklady}}{uspořené\ peníze} \quad [\text{rok}] \quad (2)$$

Investiční náklady představují dvě složky, fixní náklady a variabilní náklady. Zástupci fixních nákladů jsou například náklady na vypracování projektová dokumentace ke stavebnímu řízení, inženýrská činnost. Jsou to náklady, bez kterých zateplení nelze provést. Za zástupce variabilních nákladů se považují například použitý typ oken, nebo tloušťka použitého tepelného izolantu, tyto náklady jsou proměnlivé. (2)

Úspora energie vychází z rozdílu množství spotřebované energie na vytápění před provedením zateplením a po realizaci zateplení. (2)

Cena energie za distribuci a dodávku topné vody byla zjištěna od správce budovy a měla hodnotu pro rok 2016 za 1 kWh/rok 1,576 Kč.

9.8.1 Vyhodnocení prosté návratnosti

Bytový dům byl zkolaudován v roce 1965 a užíván doposud. Dle vyhlášky k provedení zákona o oceňování majetku (oceňovací vyhláška) č. 441/2013 Sb., je předpokládaná životnost hlavních konstrukčních části uvažována minimálně 100 let, výplně otvorů 50 let a úpravy vnějších povrchů 30 let. (21)

Prostá návratnost je menší u všech variant, než je předpokládaná životnost konstrukcí, tudíž je příznivá. Ve vyhodnocení není zahrnut růst cen energii a inflace.

Tab. č. 14 – Výpočet prosté návratnosti (autor)

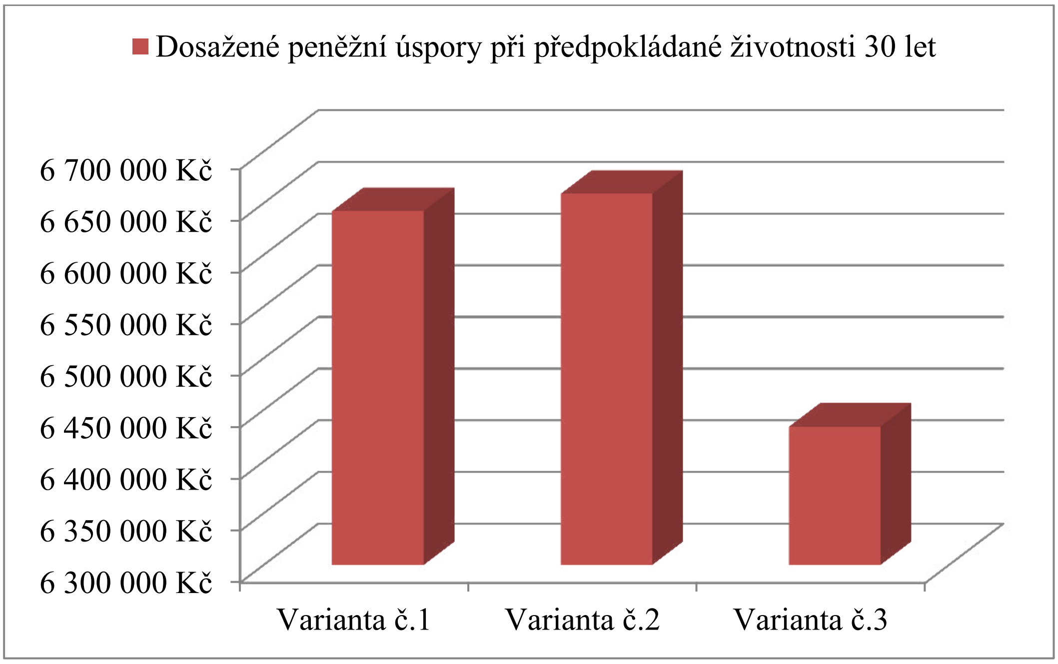
Varianta	Náklady na vytápění [Kč/rok]	Náklady na zateplení [Kč]	Úspora energie [Kč/rok]	Návratnost [rok]
Původní stav	488 032,040			
Varianta č.1	137 940,976	3 860 301,000	350 091,064	11,027
Varianta č.2	137 288,512	3 863 103,000	350 743,528	11,014
Varianta č.3	139 457,088	4 023 288,000	348 574,952	11,542

Celkové náklady na realizaci zateplení vycházely z databáze průměrných skutečných cen pro okres Třebíč, proto je návratnost investice rychlejší, než kdyby náklady na realizaci byly uvažovány prostřednictvím ceníkových cen.

9.9 VÝPOČET DOSAŽENÝCH ÚSPOR VZHLEDEM K ŽIVOTNOSTI ZATEPLENÍ

Při minimální předpokládané životnosti úpravy povrchů 30 let, byl proveden výpočet možných dosažených úspor. Výpočet byl proveden rozdílem hodnot předpokládané životnosti úpravy povrchů a prosté doby návratnosti, výsledná hodnota byla vynásobena roční úsporou energie u všech navržených variant.

Graf č. 3 – Porovnání variant zateplení bytového domu vzhledem k budoucím peněžním úsporám (autor)



Jako nejvýhodnější varianta z hlediska budoucích úspor je varianta č. 2 (expandovaný „šedý“ polystyren) s množstvím úspor 6 659 202,84 Kč, dále ji následuje varianta č. 1 (expandovaný „bílý“ polystyren) s hodnotou 6 642 430,92 Kč a nejmenší budoucí úsporu má varianta č. 3 (kamenná minerální vlna) s úsporou 6 433 960,56 Kč.

9.10 FINANCOVÁNÍ INVESTICE POMOCÍ PŮJČKY

Pro výpočet ekonomického vyhodnocení financování investice pomocí půjčky byla použita individuální nabídka pro SVJ Bartuškova 710-1, Třebíč, kteří nejsou plátci daně z přidané hodnoty, od České spořitelny. Úvěr byl poskytnut na celkové náklady spojené s realizací zateplení u všech tří návrhových variant. Kdy splatnost úvěru byla určena na 25 let, splácení bylo použito anuitní, úroková sazba byla nabídnuta fixní po dobu 25let s výší 2,13 % p. a., s poplatky za měsíční správu a vedení úvěrového obchodu ve výši 400 Kč.

Anuitní splátka úvěru

Anuita představuje platbu úvěru, jejíž výše je v průběhu času konstantní. Skládá se z úroků a úmoru. (22)

Anuitní splátka úvěru se vypočítá dle vzorce:

$$a = \mathrm{U} \times \frac{\mathrm{i} \times (1+\mathrm{i})^n}{(1+\mathrm{i})^n - 1} \qquad [\text{Kč}] \qquad (22)$$

Kdy,

U – půjčená částka,	[Kč]
a – anuitní splátka,	[Kč]
i – úroková míra za časovou jednotku,	[%]
n – počet zkoumaných období.	[rok]

Cash flow

Cash flow je peněžní tok, je to rozdíl mezi peněžními příjmy a peněžními výdaji za sledované období, ve výkazu cash flow jsou uvedeny skutečné hotovostní toky. (22)

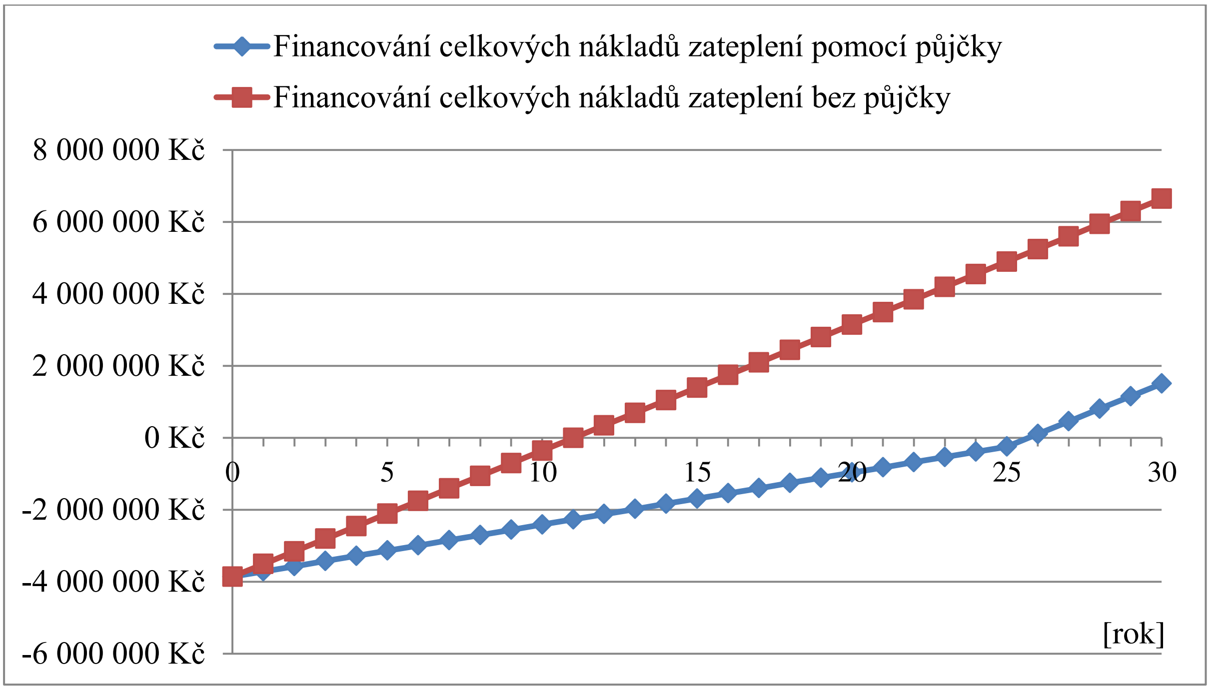
Ekonomické vyhodnocení cash flow

Bylo provedeno podrobné ekonomické vyhodnocení pomocí kumulovaného cash flow ve všech navržených variantách, jak pro financování investice pomocí půjčky, tak i bez ní. Ve vyhodnocení není zahrnut růst cen energii a inflace.

Podrobné ekonomické vyhodnocení navržených variant

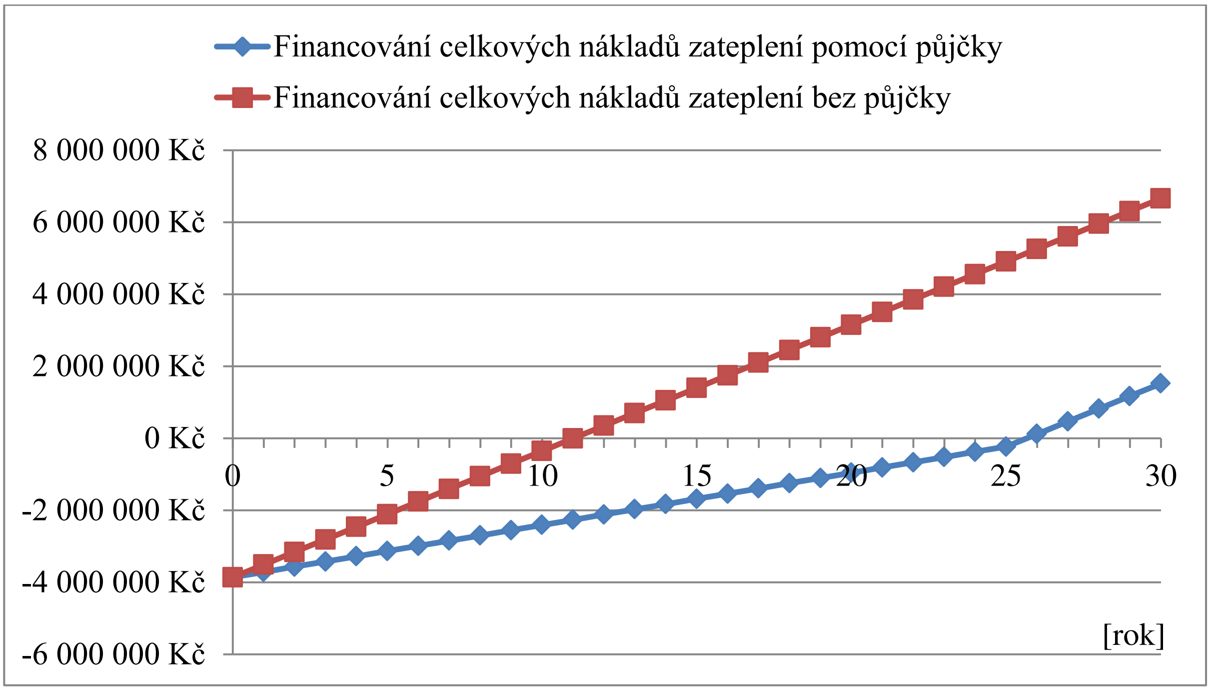
U varianty zateplení č. 1 (expandovaný „bílý“ polystyren) podle ekonomického vyhodnocení je doba návratnosti s půjčkou 25,705 let a bez půjčky 11,027 let.

Graf č. 4 – Průběh kumulovaného cash flow návrhové varianty č. 1 (autor)



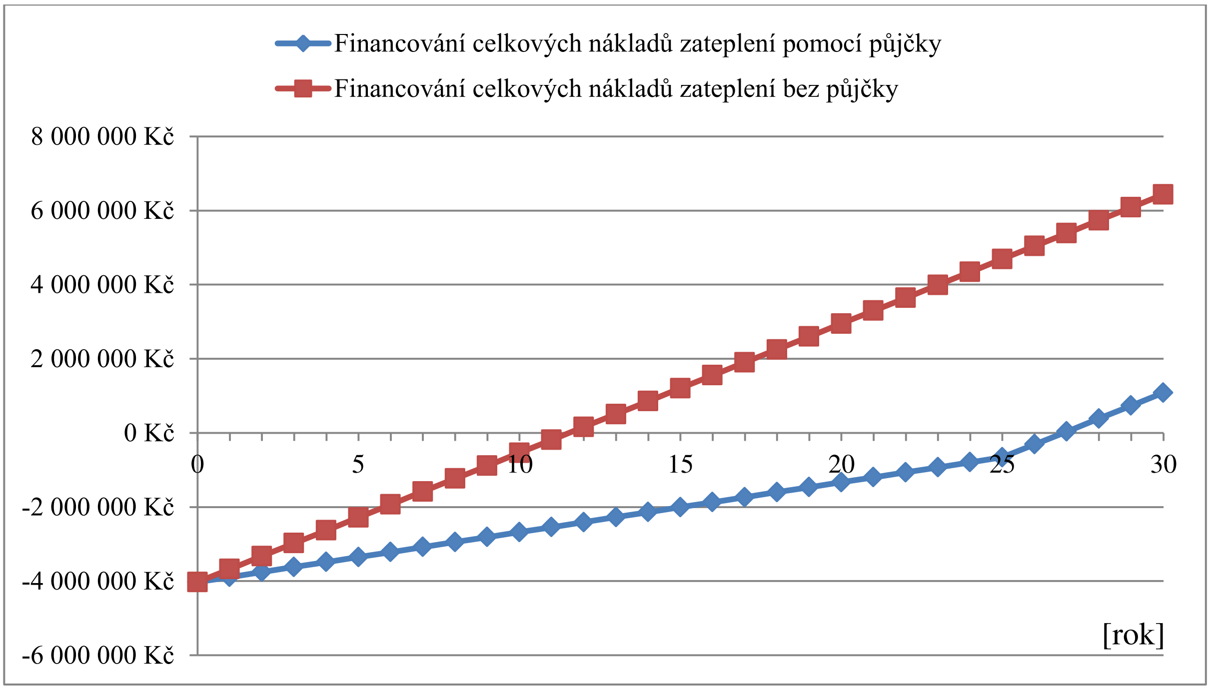
U varianty zateplení č. 2 (expandovaný „šedý“ polystyren) podle ekonomického vyhodnocení je doba návratnosti s půjčkou 25,668 let a bez půjčky 11,014 let.

Graf č. 5 – Průběh kumulovaného cash flow návrhové varianty č. 2 (autor)



U varianty zateplení č. 3 (kamenná minerální vlna) podle ekonomického vyhodnocení je doba návratnosti s půjčkou 26,893 let a bez půjčky 11,542 let.

Graf č. 6 – Průběh kumulovaného cash flow návrhové varianty č. 3 (autor)



Celkové porovnání navržených variant z hlediska ekonomické doby návratnosti investice s půjčkou a bez půjčky je vyobrazen v tabulce č. 15.

Tab. č. 15 – Porovnání ekonomické doby návratnosti investice s půjčkou a prosté doby návratnosti bez půjčky.

Návrhové varianty zateplení bytového domu	Celkové náklady na realizaci zateplení bytového domu [Kč]	Roční úspora energie [Kč/rok]	Ekonomická doba návratnosti s půjčkou [rok]	Prostá doba návratnosti bez půjčky [rok]
Varianta č. 1 zateplení pomocí expandovaného "bílého" polystyrenu	3 860 301	350 091,06	25,705	11,027
Varianta č. 2 zateplení pomocí expandovaného "šedého" polystyrenu	3 863 103	350 743,53	25,668	11,014
Varianta č. 3 zateplení pomocí kamenné minerální vlny	4 023 288	348 574,95	26,893	11,542

Vypočtené doby návratnosti mohou být rozdílné vůči realitě, a to z toho důvodu, že zde vstupují proměnné faktory, jako je například inflace cen stavebních materiálů, aktuální stav poptávky a nabídky stavebních prací na stavebním trhu, vývoj cen energií a výše úrokové sazby úvěru.

Podrobné ekonomické vyhodnocení s kumulovaným cash flow všech návrhových variant je součástí přílohy E výpočty.

10 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo provést návrh zateplení bytového domu v Třebíči ve více variantách, dále na základě těchto návrhů spočítat náklady na realizaci navržených variant, a také provést vyčíslení nákladů na provozování bytového domu před a po provedení zateplení. Výsledek této analýzy spočíval ve zhodnocení ekonomické návratnosti jednotlivých navržených variant zateplení bytového domu.

V teoretické části diplomové práce jsou uvedeny důvody pro zateplování budov, požadavky z hlediska energetické náročnosti budov, statických a požárně bezpečnostních na zateplení budov. Byly zde také rozebrány druhy teplených izolantů a jejich vhodné použití pro zlepšení tepelně technických vlastností konstrukcí.

V praktické části byly aplikovány informace z první části, pro výpočet průkazu energetické náročnosti stávající budovy a pro posouzení stávajících konstrukcí obálky budovy z tepelně technického hlediska. Poté byl proveden návrh zateplení ve třech variantách (tepelný izolant představoval ve variantě č. 1 expandovaný „bílý“ polystyren, ve variantě č. 2 expandovaný „šedý“ polystyren a ve variantě č. 3 kamenná minerální vlna), byl zde kladen důraz na to, aby nově navržené konstrukce splňovaly doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla. U těchto navržených variant byly kalkulovány celkové náklady na provedení zateplení, dále bylo provedeno vyhodnocení z hlediska energetické náročnosti, které vedlo ke zjištění prosté doby návratnosti investice, a také ke zjištění ekonomické doby návratnosti investice s poskytnutou půjčkou.

Z hlediska nejnižší prosté doby návratnosti (přes 11 let), i z hlediska dosažených budoucích peněžních úspor vzhledem k minimální životnosti úpravy povrchů, se jeví nejlépe varianta č. 2, kde tepelný izolant představoval expandovaný „šedý“ polystyren. Varianta č. 2 vychází nejlépe, protože obě zkoumaná hlediska jsou závislá na roční úspoře energie, kterou měla tato varianta nejvyšší. Z podrobné ekonomické analýzy kumulovaného cash flow vychází nejlépe z hlediska ekonomické doby návratnosti s půjčkou taktéž varianta č. 2.

Pokud společenství vlastníků jednotek nebude disponovat dostatečným kapitálem, doporučuji provést zateplení objetu i v případě, že bude provedeno financování poskytnutým úvěrem, a to z důvodu dosažených budoucích úspor závislých na nižší spotřebě energie na vytápění.

Pro realizaci zateplení bych z ekonomického hlediska doporučil investorovi realizovat navrženou variantu č. 2.

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

11.1 POUŽITÁ LITERATURA

(1) STEMPEL, Ulrich E. *Zateplení a rekonstrukce rodinného domu*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014. Stavitel. ISBN 978-80-247-4808-5.

(2) ŠÁLA, Jiří. *Zateplování budov. 1. vyd.* Praha: Grada, 2000. Profi. ISBN 80-716-9833-4.

(3) NAGY, Eugen. *Nízkoenergetický ekologický dům*. 1. vyd. Bratislava: Jaga group, 2002. ISBN 80-889-0574-5.

(4) ŠUBRT, Roman. *Tepelné izolace v otázkách a odpovědích*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005. Stavitelství. ISBN 80-730-0159-4.

(9) ŠÁLA, Jiří. *Tepelná ochrana budov: komentář k* ČSN 73 0540. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2008. ISBN 978-80-87093-30-6.

(10) REMEŠ, Josef. *Stavební příručka: to nejdůležitější z* norem, vyhlášek a zákonů. 2., aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2014. Stavitel. ISBN 978-80-247-5142-9.

(14) HUDEC, Mojmír. *Pasivní rodinný dům: proč a* jak stavět. 1. vyd. Praha: Grada, 2008. Profi. ISBN 978-80-247-2555-0.

(22) REŽŇÁKOVÁ, Mária. *Efektivní financování rozvoje podnikání. 1.* vyd. Praha: Grada, 2012. Finance (Grada). ISBN 978-80-247-1835-4.

11.2 PRÁVNÍ PŘEDPISY

(11) Zákon č. 318/2012 Sb., o hospodaření energií.

(5) Vyhláška č. 230/2015 Sb., o energetické náročnosti budov.

(6) Vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku.

(19) Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb.

(21) Vyhláška č. 441/2013 Sb., o oceňování majetku (oceňovací vyhláška).

(20) Nařízení vlády č. 591/2006 Sb., o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích.

(7) ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov –: Část 2: Požadavky.* 10. 2011. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

(8) ČSN 73 0540-2. *ZMĚNA Z1. Tepelná ochrana budov –: Část 2: Požadavky.* 4. 2012. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.

(15) ČSN 73 0810. *Požární bezpečnost staveb –: Společná ustanovení.* 7. 2016. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.

(18) ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov –: Část 4: Výpočtové metody.* 6. 2005. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.

11.3 ELEKTRONICKÉ ZDROJE

(12) *ENERGETICKÉ ŠTÍTKY OBÁLKY BUDOV. Technický a zkušební ústav* stavební Praha, s.p. [online]. 2017 [cit. 2017-02-18]. Dostupné z: <http://www.tzus.cz/certifikace-budov/energeticke-stitky-prukazy-audity/energeticke-stitky-obalky-budov>.

(13) *HUDCOVÁ, Lenka. Energetická náročnost budov: základní pojmy* a platná legislativa [online]. Praha: EkoWATT, 2009 [cit. 2017-04-17]. ISBN 978-80-87333-03-7.

(16) *KNAUF INSULATION. Požární bezpečnost zateplených fasád - revize normy* [online]. 2017 [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://www.knaufinsulation.cz/pozarni-bezpecnost-fasad>.

(17) *ČUZK. Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. 2017 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=2EDA9E08&MarQParam0=1975629710&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>.

12 SEZNAMY

12.1 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1 – Termogram rodinného domu (4) ... 14

Obr. č. 2 – Obvyklý podíl tepelných ztrát stavebními konstrukcemi u nezatepleného vícepodlažního bytového domu a nezatepleného samostatného rodinného domu (2) ... 25

Obr. č. 3 – Grafické znázornění průkazu energetické náročnosti budovy strana č. 1 (1) ... 29

Obr. č. 4 – Grafické znázornění průkazu energetické náročnosti budovy strana č. 2 (1) ... 30

Obr. č. 5 – Energetický štítek obálky budovy (12) ... 32

Obr. č. 6 – Zateplení objektu s požární výškou $h \leq 12$ m (16) ... 39

Obr. č. 7 – Zateplení objektu s požární výškou $12 < h \leq 22{,}5$ m (16) ... 41

Obr. č. 8 – Zateplení objektu s požární výškou $h > 22{,}5$ m (16) ... 42

Obr. č. 9 – Oblasti použití tepelně izolačních materiálů ... 47

Obr. č. 10 – Původní stav obytného domu (vlastní zpracování) ... 49

Obr. č. 11 – Poloha předmětného objektu v Třebíči, výřez z katastrální mapy (17) ... 50

Obr. č. 12 – Poloha předmětného objektu, výřez z katastrální mapy (17) ... 51

Obr. č. 13 – Ukazatelé energetické náročnosti budovy, stávající stav (autor) ... 58

Obr. č. 14 – Průkaz energetické náročnosti budovy, stávající stav (autor) ... 59

Obr. č. 15 – Skladba konstrukce zatepleného obvodového pláště, varianta č. 1 (autor) ... 61

Obr. č. 16 – Skladba konstrukce zatepleného obvodového pláště, varianta č. 2 (autor) ... 62

Obr. č. 17 – Skladba konstrukce zatepleného obvodového pláště, varianta č. 3 (autor) ... 64

12.2 SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1 – Teplota odpovídající kritickému teplotnímu faktoru vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$ pro návrhovou relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi i = 50$ % (7) ... 17

Tab. č. 2 – Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažujíc návrhovou vnitřní teplotou ϕ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně (10, s. 196)... 19

Tab. č. 3 – Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou ϕ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně (7) ... 20

Tab. č. 4 – Požadované hodnoty poklesu dotykové teploty podlahy $\Delta\Theta_{10,N}$ (7) ... 20

Tab. č. 5 – Požadované a doporučené hodnoty lineárního a bodového činitele prostupu tepla tepelných vazeb mezi konstrukcemi (7) ... 21

Tab. č. 6 – Doporučené hodnoty celkové intenzity výměny vzduchu $n_{50,N}$ (7) ... 23

Tab. č. 7 – Požadované hodnoty poklesu výsledné teploty v místnosti v zimním období $\Delta\theta_{v,N}$ (t) (7) 23

Tab. č. 8 – Požadované hodnoty nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max,N}$ (7) 24

Tab. č. 9 – Údaje o splnění normativních požadavků součinitele prostupu tepla konstrukcí (autor) 54

Tab. č. 10 – Údaje o splnění normativních požadavků součinitele prostupu tepla výplní otvorů (autor) 56

Tab. č. 11 – Náklady spojené s realizací zateplení bytového domu, varianta č. 1 (autor) 69

Tab. č. 12 – Náklady spojené s realizací zateplení bytového domu, varianta č. 2 (autor) 70

Tab. č. 13 – Náklady spojené s realizací zateplení bytového domu, varianta č. 3 (autor) 70

Tab. č. 14 – Výpočet prosté návratnosti (autor) 72

Tab. č. 15 – Porovnání ekonomické doby návratnosti investice s půjčkou a prosté doby návratnosti bez půjčky. 76

12.3 SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1 – Porovnání stávajícího stavu s návrhovými varianty z hlediska spotřeby a dodané energie (autor) 66

Graf č. 2 – Porovnání stávajícího stavu s návrhovými varianty z hlediska nákladů spotřeby energie na vytápění (autor) 67

Graf č. 3 – Porovnání variant zateplení bytového domu vzhledem k budoucím peněžním úsporám (autor) 72

Graf č. 4 – Průběh kumulovaného cash flow návrhové varianty č. 1 (autor) 74

Graf č. 5 – Průběh kumulovaného cash flow návrhové varianty č. 2 (autor) 75

Graf č. 6 – Průběh kumulovaného cash flow návrhové varianty č. 3 (autor) 75

13 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Č.	Číslo.
Sb.	Sbírky.
Min.	Minimálně.
SVJ	Společenství vlastníků jednotek.
Tab.	Tabulka.
NP	Nadzemní podlaží.
DPH	Daň z přidané hodnoty.
ETICS	Vnější kontaktní zateplovací systém.
IČO	Identifikační číslo osoby.
P. č. st.	Parcelní číslo stavební.
HSV	Hlavní stavební výroba.
PSV	Přidružená stavební výroba.
MON	Montáže.
PVC	Polyvinylchlorid.
SBD	Stavební bytové družstvo.
P. a.	Ročně.

14 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Posouzení konstrukcí, oken a dveří dle součinitele prostupu tepla

Příloha B – Průkazy energetické náročnosti budovy

Příloha C – Položkové rozpočty

Příloha D – Studie stávajícího objektu a navržených úprav

Příloha E – Výpočty