

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAZŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ENERGETICKÁ OPTIMALIZACE POLYFUNKČNÍHO OBJEKTU
ENERGY OPTIMIZATION OF MULTIFUNCTIONAL BUILDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

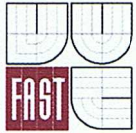
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. PAVLA RULÍŠKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR HORÁK, Ph.D.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

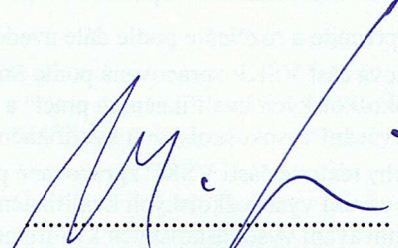
Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. PAVLA RULÍŠKOVÁ
Název	Energetická optimalizace polyfunkčního objektu
Vedoucí diplomové práce	Ing. Petr Horák, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2013
Datum odevzdání diplomové práce	17. 1. 2014

V Brně dne 31. 3. 2013


.....
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu


.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT



Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku a modelování

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva

Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, VZT) v zadané budově

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;


C1. Experimentální řešení a zpracování výsledků

- práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony a vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



.....
Ing. Petr Horák, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Anotace

Obsahem diplomové práce je energetický posudek polyfunkčního domu v Komňátce. Teoretická část se zabývá analýzou legislativních podkladů, aktuálním technickým řešením v praxi a aplikací tématu na zadané budově. V části praktické se práce zaměřuje na experimentální stanovení součinitele prostupu tepla pomocí termografie.

Klíčová slova

Energetický posudek, polyfunkční dům, energetická optimalizace, úsporná opatření, energetické hodnocení budov, součinitel prostupu tepla, termografie

Abstract

Content of master's thesis is a energy assessment of multifunctional building in Komňátka. The theoretical part deals with the analysis of legislative documents, current technical solution and practical application to the specified building. In the practical part thesis focus on experimental determination of the heat transfer coefficient using thermography.

Keywords

Energy assessment, multifunctional building, energy optimization, energy savings, energy evaluation of buildings, heat transfer coefficient, thermography

Bibliografická citace VŠKP

RULÍŠKOVÁ, Pavla. Energetická optimalizace polyfunkčního domu. Brno, 2014. 101 s., 38 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Petr Horák, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne.....

.....

Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Horákovi Ph.D. za jeho věcné připomínky, trpělivost a cenné rady, které mi pomohly vytvořit tuto práci.

Dále děkuji mé rodině a mému partnerovi, bez jejichž podpory by následující řádky nemohly nikdy vzniknout.

Obsah

ČÁST A – ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ

1. Úvod	5
1.1. Cíl práce	5
1.2. Zvolené metody řešení	5
2. Energetický posudek	6
2.1. Analýza zadaného tématu	6
2.2. Normové a legislativní podklady	7
2.2.1. Legislativní podklady	7
2.2.2. Normové podklady	9
2.2.3. Legislativa pro energetický posudek	11
2.3. Aktuální technická řešení v praxi	14
2.3.1. Úpravy a výměny stavebních konstrukcí	15
2.3.2. Úpravy a výměny systémů technických zařízení budov	16
2.3.3. Použití obnovitelných a alternativních zdrojů energie	18
2.4. Teoretické řešení	19
2.5. Experimentální řešení	20
2.6. Řešení využívající výpočetní techniku a modelování	21

ČÁST B – APLIKACE TÉMATU

3. Energetický posudek – Polyfunkční dům Komňátka	23
3.1. Titulní list	24
3.2. Účel zpracování energetického posudku podle §9a zákona 318/2012	25
3.3. Identifikační údaje	26
3.3.1. Vlastník předmětu energetického posudku	26
3.3.2. Předmět energetického posudku	26
3.4. Popis stavu objektu	27
3.4.1. Popis předmětu energetického posudku	27
3.4.2. Popis stavebních konstrukcí	28
3.4.3. Energetické zdroje a rozvody energie	31
3.4.4. Další spotřebiče energie	32
3.5. Výpočet a posouzení spotřeby energie	33

3.5.1. Výpočet spotřeby energie	33
3.5.2. Posouzení spotřeby energie	36
3.6. Část první – Úpravy stavebních konstrukcí	37
3.6.1. Opatření č. 1 - Zateplení obvodových stěn	37
3.6.2. Opatření č. 2 - Výměna oken a dveří	39
3.6.3. Opatření č. 3 - Zateplení podlah, stropů, střechy	41
3.7. Část druhá – Úpravy systémů TZB	43
3.7.1. Opatření č. 4 – Vytápění	43
3.7.2. Opatření č. 5 – Větrání	45
3.7.3. Opatření č. 6 - Příprava TV	47
3.7.4. Opatření č. 7 – Osvětlení	48
3.8. Část třetí – Alternativní zdroje energie	49
3.8.1. Opatření č. 8 - Energie vzduchu - Tepelné čerpadlo	50
3.8.2. Opatření č. 9 - Energie slunce – Solární panely	51
3.8.3. Opatření č. 10 - Energie biomasy – Pelety	52
3.9. Varianty úsporných opatření	54
3.9.1. Varianta I.	54
3.9.2. Varianta II.	58
3.10. Vyhodnocení variant úsporných opatření	61
3.10.1. Ekonomické vyhodnocení	61
3.10.2. Vyhodnocení z hlediska vlivu na životní prostředí	63
3.11. Závěrečné stanovisko	63
3.11.1. Hodnocení stávajícího stavu objektu	63
3.11.2. Návrh optimální varianty energeticky úsporného opatření	64
3.12. Evidenční list energetického posudku	68

ČÁST C – EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ

4. Experimentální stanovení součinitele prostupu tepla	73
4.1. Termografie ve stavebnictví	73
4.2. Teorie experimentu	73
4.3. Měření	76
4.3.1. Popis měření	76
4.3.2. Naměřená data	77
4.4. Zpracování naměřených dat	79

4.4.1. Zjednodušený výpočet součinitele prostupu tepla z naměřených hodnot	79
4.4.2. Podrobný výpočet součinitele prostupu tepla z naměřených hodnot	80
4.4.3. Výpočet součinitele prostupu tepla z tabulkových hodnot	81
4.5. Závěr	82
5. Termografická analýza areálu fakulty stavební VUT Brno	84
5.1. Budova A	85
5.2. Budova B	87
5.3. Budova C	88
5.4. Budova D	88
5.5. Budova E	91
5.6. Budova R	92
5.7. Budova Z	93
5.8. Závěr	94
6. Závěr	95
Seznam použité literatury	96
Seznam zkratk	97
Použitý software	98
Seznam obrázků	98
Seznam tabulek	99
Seznam příloh	101

ČÁST A – ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ

1. Úvod

Stále častěji se v současné lidské populaci vyskytuje trend snižování energetické náročnosti nejen zařízení a budov, ale také všech činností. Důvodem snahy o snížení energetické náročnosti je především ekonomické hledisko v podobě stále se zvyšujících cen energií a také ohledy na životní prostředí. V současnosti se otázkou zvyšování efektivity využívání energií a snižování jejich spotřeby zabývá stále větší procento populace.

Možným řešením požadavku na snížení energetické náročnosti je používání alternativních obnovitelných zdrojů energie, čímž můžeme přispět k zpomalení vyčerpávání neobnovitelných přírodních zdrojů. Velkou výhodou při používání alternativních obnovitelných zdrojů energie je vyhnutí se vzniku odpadů a škodlivých emisí, které jsou spojovány například se vznikem kyselých dešťů, skleníkového efektu a hrozících klimatických změn, obecně je to pak také eliminace ničením přírody spojené s jejich získáváním.

1.1. Cíl práce

Má práce je rozdělena do tří celků popisujících problematiku energetického hodnocení obytných budov. V první části, teoretické, se zaměřím na normové a legislativní podklady, zmíním se také o aktuálních technických řešeních v praxi, experimentálních řešeních a řešeních využívajících výpočetní techniku a modelování.

V druhé části budu řešit dané téma na konkrétní zadané budově, kde navrhnu několik technických řešení a provedu hodnocení z hlediska ekonomiky, investic, dopadu na životní prostředí a z hlediska uživatelského.

V poslední, třetí, praktické části si vyzkouším možné experimentální řešení problémů týkajících se stanovení tepelně-technických parametrů obalových konstrukcí, které jsou nezbytnými vstupními hodnotami pro energetické hodnocení budov.

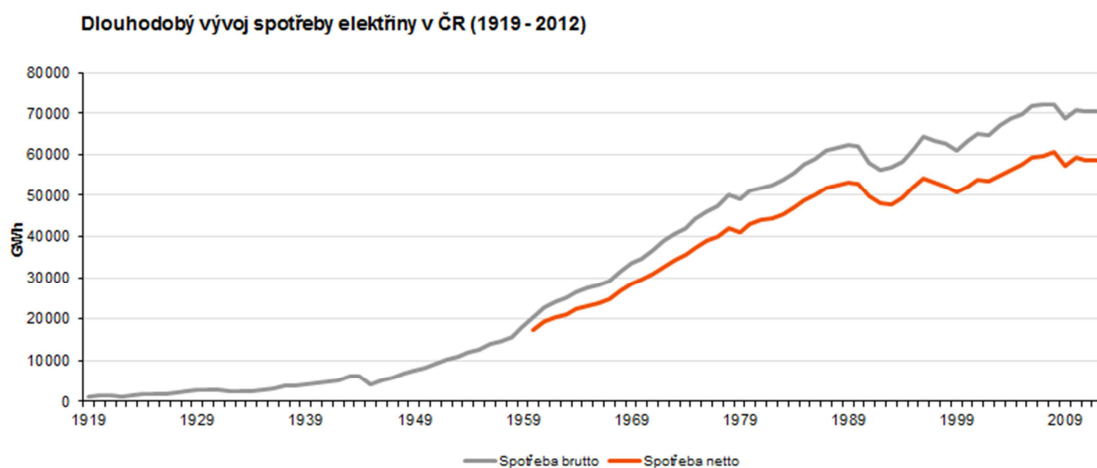
1.2. Zvolené metody řešení

Zadanou formou zpracování práce je energetický posudek. Pro svou práci jsem čerpala informace o daném tématu z normových a legislativních podkladů, internetových zdrojů a odborné literatury. Dále jsem ve své práci aplikovala teoretické znalosti získané během studia a praktické znalosti získané také při studiu ve cvičeních zaměřených na výpočetní a simulační softwary.

2. Energetický posudek

2.1. Analýza zadaného tématu

Energie je slovo, které pochází z řeckého slova energia, což znamená síla či schopnost k činům. V jazyce ho používáme velmi široce, ve fyzice má však svou jasnou definici. Spotřeba energie na osobu roste po celou historii vývoje lidstva. Současný člověk žijící v průmyslové společnosti spotřebuje několikanásobně více energie než primitivní zemědělci před 7000 lety. Lidstvo si většinu své práce ulehčuje stroji, které ovšem musíme vyrobit a pak je pohánět dalšími zdroji energie. Jeden ze současných často zmiňovaných problémů je vzájemný poměr spotřeby energie a velikosti populace související s emisemi skleníkových plynů a globálním oteplováním. V praxi to znamená, že asi 20% populace využívá až 80% všech energetických zdrojů na světě.¹

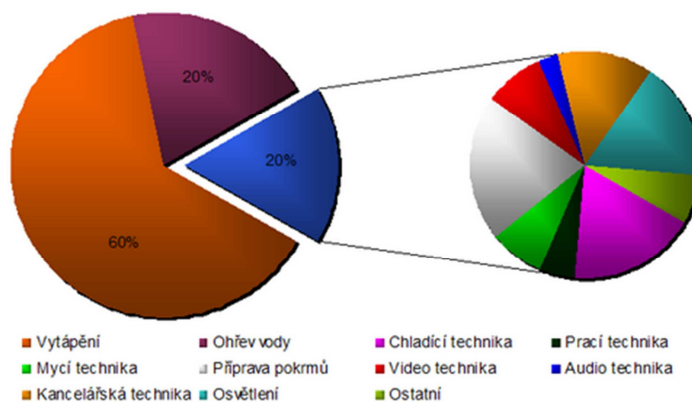


Obr. 2.1 Dlouhodobý vývoj spotřeby elektřiny v ČR (1919-2012)

Téměř veškerou energii, kterou spotřebováváme, je až na výjimky nutné získávat z přírodních zdrojů. To se odráží na vyšších nárocích na množství vytěžených energetických surovin. Způsob jejich získávání mnohdy nemění jen krajinu, ale váže na sebe další spotřebu energie. Následná přeměna energie na teplo a elektřinu produkuje množství znečišťujících látek, jež jsou vypouštěny do ovzduší. Jeho kvalita se zhoršuje, což se negativně projevuje na zdraví lidí i ostatních organismů.¹

Největší podíl energie je v současnosti vyráběn z fosilních paliv, jako uhlí, ropa a zemní plyn. V České Republice se jedná především o uhlí. Zásoby těchto fosilních paliv nejsou neomezené, předpokládané zásoby těchto zdrojů surovin se pohybují v desítkách let. Proto je důležitá podpora jiných zdrojů energie, jako jsou například obnovitelné zdroje.

Na celkovém znečištění ovzduší se domácnosti podílejí více jak 30 procenty. Z následujícího grafu spotřeby energií v domácnosti jasně vyplývá předpokládané oblasti možných úspor energií.



Obr. 2.2 Spotřeba elektrické energie v domácnostech

Kvůli výše zmíněným důvodům se stále častěji v lidské populaci objevují tendence snižování energetické náročnosti mimo jiné budov a jejich technických zařízení. Dotčenými subjekty jsou, v případě budov, stavebníci, vlastníci a provozovatelé budov, na které jsou platnou legislativou kladeny stále nové a přísnější požadavky na energetickou náročnost budov při jejich výstavbě, změně dokončené budovy a při prodeji či pronájmu budovy. Hlavním důvodem těchto požadavků je především trvale udržitelný rozvoj a snížení zátěže životního prostředí.

2.2. Normové a legislativní podklady

Mezi metody energetického hodnocení budov patří energetické audity, energetický posudek, průkaz energetické náročnosti budovy a energetický štítek.

2.2.1. Legislativní podklady

V roce 1991 započala jednání o Rámcové úmluvě Organizace spojených národů o změně klimatu, která byla následně v roce 1992 přijata. Evropská komise tuto rámcovou úmluvu ratifikovala přijetím rozhodnutí 94/96/ES s platností v roce 1994. Rámcová úmluva výrazně přispěla ke stanovení hlavních zásad mezinárodního boje proti změně klimatu. V úmluvě však nebyly uvedeny podrobné kvantifikované závazky jednotlivých zemí, týkajících se snížení emisí skleníkových plynů. Konference stran úmluvy se tedy rozhodla jednat o protokolu, který by obsahoval opatření ke snížení emisí v hospodářsky rozvinutých zemích pro období po roce

2000. Po dlouhém období byl v prosinci 1997 přijat Kjótský protokol. Tento protokol lze považovat za významný mezník v boji proti globálnímu oteplování, neboť obsahuje závazné kvantifikované cíle týkající se omezení a snížení emisí skleníkových plynů. Státy, které jsou smluvními stranami, se společně zavázaly ke snižování svých emisí skleníkových plynů tak, aby se v období 2008-2012 celkové emise rozvinutých zemí snížily v porovnání s úrovněmi v roce 1990 nejméně o 5%.² V roce 2012 došlo k prodloužení platnosti Kjótského protokolu formou dodatku. Během následujících osmi let se zavázaly státy snížit emise o 18% oproti úrovni v roce 1990.

Současná platná legislativa Evropské unie je založena na zákonech a vyhláškách vycházejících ze směrnice 2002/91/ES o energetické náročnosti budov. V roce 2010 bylo vydáno přepracované znění této směrnice pod označením 2010/31/EU, ve kterém jsou jednak úpravy původní směrnice a také jsou definovány nové administrativní nástroje ke snížení energetické náročnosti budov – mimo jiné se zavádí pojem “budova s téměř nulovou spotřebou energie”. Revidovaná směrnice vytyčuje cíle evropského společenství v oblasti energetiky do roku 2020 rozpracováním a úpravou kroků vedoucí ke snížení energetické spotřeby v Evropě. Tato směrnice ruší a nahrazuje směrnicí 91/2002/ES v plném rozsahu a upřesňuje a v některých bodech zpřísňuje požadavky na energetickou náročnost budov. Mottem revidované směrnice je cíl 20-20-20, vyjadřující cíl v roce 2020 dosáhnout snížení spotřeby energie o 20%, snížení emisí skleníkových plynů o 20% a zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na 20% celkové výroby energie v Evropě v porovnání s rokem 1990.³

Směrnice byla začleněna do národní legislativy a vešla v plném rozsahu v platnost dne 1.1.2009, kdy se rozběhlo vydávání průkazů energetické náročnosti budov na nové budovy na základě zákona 406/2006 Sb. o hospodaření energií a vyhlášky 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budov.³

Od 1.1.2009 je účinná změna zákona 406/2006 Sb. o hospodaření energií ve smyslu znění zákona 318/2012 Sb. , která výrazně změnila a upřesnila stávající pohled na problematiku hospodaření s energií. Zákon stanovuje některá opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie, povinnosti fyzických a právnických osob při nakládání s energiemi, využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie a další. K zákonu se vydává soubor prováděcích vyhlášek, které rozpracovávají jednotlivé oblasti zákona a upřesňují jejich provádění. Jedná se o vyhlášku 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov (nahradila vyhlášku č.148/2007 Sb.), vyhlášku 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku a některé další vyhlášky.⁴

2.2.2. Normové podklady

Energetický štítek obálky budovy je stanoven na základě hodnocení dle technické normy ČSN 730540-1/2011 a je to dokument podávající informaci o splnění požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy. Součástí energetického štítku je i protokol k energetickému štítku obálky budovy. Obsahem protokolu je základní soubor údajů popisujících tepelné chování budovy a jejich konstrukcí, zatímco energetický štítek obálky budovy obsahuje klasifikaci prostupu tepla obálkou budovy a její grafické vyjádření. Hodnoty energetického štítku obálky budovy jsou obsaženy též v průkazu energetické náročnosti budovy (PENB) dle vyhl. 78/2013 Sb. Tento dokument vypovídá pouze o vlastnostech obálky budovy, přesněji řečeno o souhrnu všech stavebních konstrukcí, které oddělují objekt od venkovního, popř. nevytápěného prostředí.⁵

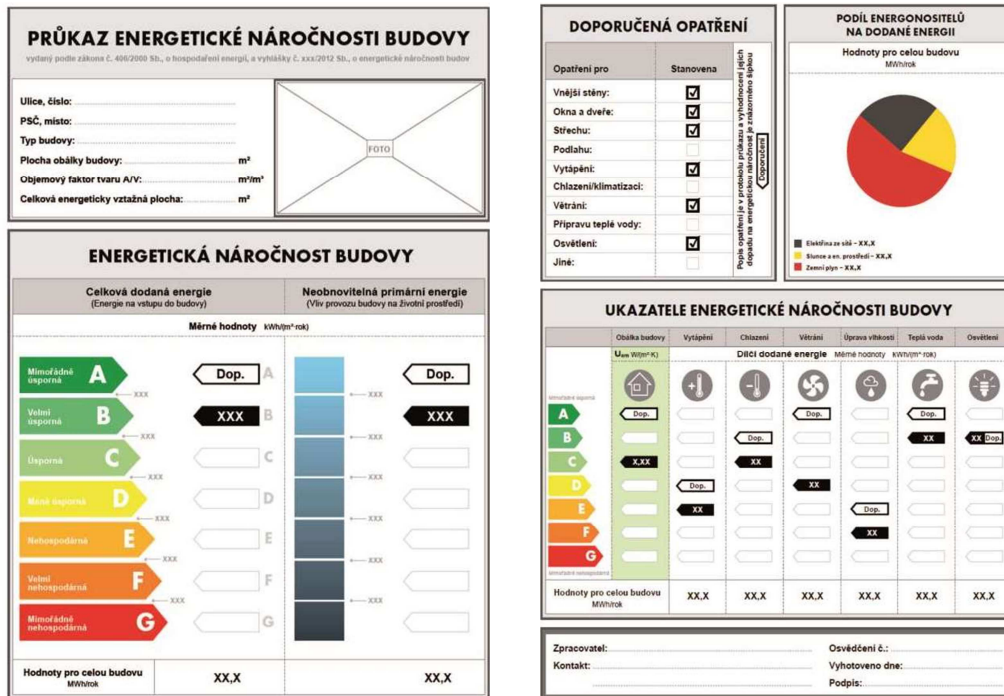
ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY			
Typ budovy; místní označení		Hodnocení obálky budovy	
Adresa budovy		stávající	doplnění
Celková podlahová plocha A_{p} = m ²			
CI	Velmi úsporná		
0,5	A		
0,75	B		
1,0	C		
1,5	D		
2,0	E		
2,5	F		
	G		
Mimořádně neúsporná			
KLASIFIKACE			
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{pe} ve W/(m ² ·K) U_{pe} = H/A			
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{pe,req}$ ve W/(m ² ·K)			
Klasifikační ukazatele CI a jim odpovídající hodnoty U_{pe}			
CI	0,50	0,75	1,00
U_{pe}			
Platnost štítku do		Datum	
		Jméno a příjmení	

Obr. 2.3 Grafické podoby energetického štítku obálky budovy

Energetický štítek obálky budovy bývá často mylně zaměňován s průkazem energetické náročnosti budovy (PENB), což je dokument vyhodnocující měrné energetické ukazatele stavby na provoz jednotlivých systémů vytápění, teplá voda, vzduchotechnika – mechanické větrání, úprava parametrů vnitřního prostředí – chlazení a klimatizace, osvětlení. Průkaz energetické náročnosti budovy hodnotí stavbu na základě níže uvedených parametrů:

- Celková primární energie za rok
- Neobnovitelná primární energie za rok
- Celková dodaná energie za rok

- Dílčí dodaná energie pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání, úprav vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení za rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla
- Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici
- Účinnost technických systémů⁵



Obr. 2.4 Grafické znázornění průkazu energetické náročnosti budovy

Pomocné normové podklady pro energetické hodnocení budov:

ČSN 73 0540 – 1 Tepelná ochrana budov – část 1: Termíny a definice – Veličiny pro navrhování a ověřování

ČSN 73 0540 – 2 Tepelná ochrana budov – část 2: Požadavky, kterými se stanoví tepelně technické vlastnosti konstrukcí i celé budovy

ČSN 73 0540 – 3 Tepelná ochrana budov – část 3: Výpočtové hodnoty veličin pro navrhování a ověřování

ČSN 73 0540 – 4 Tepelná ochrana budov – část 4: Výpočtové metody pro navrhování a ověřování

ČSN EN ISO 13790 (73 0317) Tepelné chování budov – Výpočet potřeby energie na vytápění, kterou se stanoví potřeba energie na vytápění

ČSN EN 832 (73 0564) Tepelné chování budov – Výpočet potřeby energie na vytápění – Obytné budovy, kterou se stanoví potřeba energie na vytápění obytných budov

ČSN 06 0320 Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody, kterou se stanoví potřeba energie na ohřev teplé vody

ČSN 73 0548 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů, kterou se stanoví potřeba energie na chlazení vzduchu

ČSN EN 15193 – 1 (73 0323) Energetické hodnocení budov – Energetické požadavky na osvětlení

ČSN EN ISO 13 370 Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou – Výpočtové metody

ČSN EN ISO 14 683 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Lineární činitel prostupu tepla – zjednodušené metody a orientační hodnoty

2.2.3. Legislativa pro energetický posudek

Energetický posudek je forma energetického auditu obsahově přizpůsobený specifickým potřebám zákazníka a od 1.1.2013 je zakotven v zákoně 318/2012 Sb. o hospodaření energií a jeho náležitosti jsou stanoveny ve vyhlášce 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku s platností od 1.1.2013.

Následuje citace zákona 318/2012 Sb. §9a Energetický posudek:

1) Stavebník, společenství vlastníků jednotek nebo vlastníků budovy nebo energetického hospodářství zajistí energetický posudek pro

- a) posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie při výstavbě nových budov nebo při větší změně dokončené budovy se zdrojem energie s instalovaným výkonem vyšším než 200 kW; energetický posudek je součástí průkazu podle § 7a odst. 4 písm. c),
- b) posouzení proveditelnosti zavedení výroby elektřiny u energetického hospodářství s celkovým tepelným výkonem vyšším než 5 MW, pokud je předložena dokumentace stavby podle zvláštního právního předpisu pro budování nového zdroje energie nebo pro změnu dokončených staveb u zdrojů energie již vybudovaných,
- c) posouzení proveditelnosti zavedení dodávky tepla u energetického hospodářství s celkovým elektrickým výkonem vyšším než 10 MW a je předložena dokumentace stavby podle zvláštního právního předpisu pro budování nového zdroje energie nebo pro změnu dokončených staveb u zdrojů energie již vybudovaných; u energetického hospodářství, které užívá plynové turbíny, se tato povinnost vztahuje na celkový elektrický výkon vyšší než 2 MW, u spalovacích motorů se tato povinnost vztahuje na celkový elektrický výkon vyšší než 0,8 MW,

- d) posouzení proveditelnosti projektů týkající se snižování energetické náročnosti budov, zvyšování účinnosti energie, snižování emisí ze spalovacích zdrojů znečištění nebo využití obnovitelných nebo druhotných zdrojů nebo kombinované výroby elektřiny a tepla financovaných z programů podpory ze státních evropských finančních prostředků nebo finančních prostředků pocházejících z prodeje povolenek na emise skleníkových plynů,
- e) vyhodnocení plnění parametrů projektů realizovaných v rámci programů podle písmene d).

2) Stavebník, společenství vlastníků jednotek nebo vlastník budovy nebo energetického hospodářství může na základě vlastního rozhodnutí zajistit energetický posudek také pro

- a) posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie při výstavbě nových budov nebo při větší změně dokončené budovy se zdrojem energie s instalovaným výkonem nižším než 200 kW; v případě, že je energetický posudek zpracován, je součástí průkazu,
- b) doporučená opatření pro snížení energetické náročnosti budovy při větší změně dokončené budovy; v případě, že je energetický posudek zpracován, je součástí průkazu,
- c) podklad pro veřejné zakázky v oblasti zvyšování účinnosti energie, snižování emisí ze spalovacích zdrojů znečištění nebo využití obnovitelných nebo druhotných zdrojů nebo kombinované výroby elektřiny a tepla,
- d) vyhodnocení provedených opatření navržených v energetickém auditu,
- e) posouzení dosahování limitů při jiných pravidlech pro vytápění, chlazení a dodávku teplé vody podle § 7 odst. 6 písm. b) a c).

3) Energetický posudek musí

- a) být zpracován pouze
 - 1) příslušným energetickým specialistou podle § 10 odst. 1 písm. a) nebo
 - 2) osobou usazenou v jiném členském státě Unie, pokud je oprávněna k výkonu uvedené činnosti podle právních předpisů jiného členského státu Unie; ministerstvo je uznávacím orgánem podle zvláštního právního předpisu ^{5a)},
- b) být zpracován objektivně, pravdivě a úplně.

4) Další povinnosti stavebníka, společenství vlastníků jednotek nebo vlastníka budovy nebo energetického hospodářství jsou

- a) oznámit ministerstvu zpracování energetického posudku osobou podle odstavce 3 písm. a) bodu 2 a předložit ministerstvu kopii oprávnění osoby pro vykonávání této činnosti podle právního předpisu jiného členského státu Unie,

b) na vyžádání předložit energetický posudek ministerstvu nebo Státní energetické inspekci.

5) Obsah energetického posudku, způsob zpracování energetického posudku a jeho rozsah stanoví prováděcí právní předpis.

Následuje citace vyhlášky 480/2012 Sb. §6 Obsah energetického posudku a §7 Způsob zpracování jednotlivých částí energetického posudku a jeho rozsah:

§6 Obsah energetického posudku

Energetický posudek obsahuje

- a) titulní list,
- b) účel zpracování podle § 9a zákona
- c) identifikační údaje,
- d) stanovisko energetického specialisty oprávněného zpracovat energetický posudek,
- e) evidenční list energetického posudku, jehož vzor pro jednotlivé případy je uveden v příloze č. 7 k této vyhlášce, a
- f) kopii dokladu o vydání oprávnění podle § 10b zákona nebo kopii oprávnění osoby pro vykonávání této činnosti podle právního předpisu jiného členského státu Evropské unie.

§7 Způsob zpracování jednotlivých částí energetického posudku a jeho rozsah

1) Titulní list obsahuje název předmětu energetického posudku, datum vypracování energetického posudku, jméno, popřípadě jména, a příjmení energetického specialisty, číslo oprávnění a evidenční číslo energetického posudku z evidence o provedených činnostech energetických specialistů.

2) Identifikační údaje obsahují

- a) údaje o vlastníkovi předmětu energetického posudku, kterými jsou
 - 1) u právnické osoby název nebo obchodní firma a sídlo, popřípadě adresa pro doručování, identifikační číslo osoby, pokud bylo přiděleno, a údaje o jejím statutárním orgánu,
 - 2) u fyzické osoby jméno, popřípadě jména, a příjmení, identifikační číslo osoby, pokud bylo přiděleno, a adresa trvalého bydliště a
- b) údaje o předmětu energetického posudku, kterými jsou název, adresa nebo umístění předmětu energetického posudku.

3) Stanovisko energetického specialisty obsahuje v závislosti na účelu energetického posudku podle § 9a zákona

- a) stanovení výsledků a podmínek proveditelnosti v případě zpracování energetického posudku podle § 9a odst. 1 písm. a), b), c) a d) a § 9a odst. 2 písm. a) zákona,
- b) vyhodnocení plnění parametrů v případě zpracování energetického posudku podle § 9a odst. 1 písm. e) zákona,
- c) doporučená opatření v případě zpracování energetického posudku podle § 9a odst. 2 písm. b) zákona,
- d) vyhodnocení podkladů v případě zpracování energetického posudku podle § 9a odst. 2 písm. c) zákona,
- e) vyhodnocení provedených opatření v případě zpracování energetického posudku podle § 9a odst. 2 písm. d) zákona,
- f) vyhodnocení dosahování limitů v případě zpracování energetického posudku podle § 9a odst. 2 písm. e) zákona,
- g) závěrečný výrok o naplnění účelu energetického posudku.

4) Ekonomické vyhodnocení se provádí způsobem, který je uveden v příloze č. 5 k této vyhlášce.

5) Ekologické vyhodnocení se provádí způsobem, který je uveden v příloze č. 6 k této vyhlášce.

2.3. Aktuální technická řešení v praxi

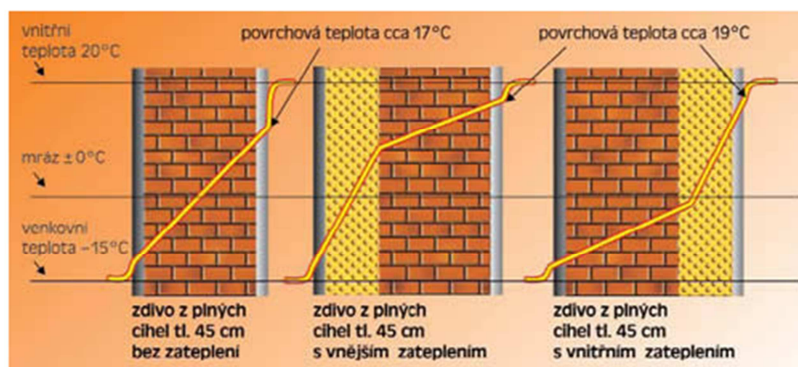
V technické praxi existuje velké množství úsporných opatření vedoucích k snižování spotřeby energie v budovách. Opatření sama o sobě nemusí vždy přinést očekávané výsledky, proto je nutné propojit úsporné opatření s odborným návrhem, aby byla dosažena požadovaná návratnost vstupní investice, která potom vede k vyšší efektivitě spotřebovaných energií a také ke zvýšení uživatelského komfortu při minimalizaci vlivu na životní prostředí.

Ve své práci jsem si vytyčila několik vhodných opatření, vzhledem k typu a provozu budovy, které jsem uspořádala do tří typických skupin energetických opatření a tyto bych v následujícím textu ráda teoreticky rozebrala.

2.3.1. Úpravy a výměny stavebních konstrukcí

Současný trend snižování potřeby tepla na vytápění vede ke stále důkladnějšímu zateplování obálky budovy a to i konstrukcí, které byly dříve považovány z hlediska tepelných ztrát za podružné.

Zateplením stěn dojde vždy i ke zvýšení jejich povrchové teploty. V konečném důsledku můžeme v dobře zateplené místnosti udržovat o něco nižší teplotu vzduchu, aniž bychom pociťovali chlad, což vede ke snížení spotřeby energie (snížení teploty o 1°C představuje úsporu cca 6%).⁶



Obr. 2.5 Průběh teplot ve stěně

Při dodatečné izolaci obvodových stěn musíme mít na paměti pravidla, která je třeba respektovat, aby byla zajištěna správná funkčnost a předpokládaná životnost systému. Návrh systému musí respektovat původní řešení a stav konstrukce. Od toho se odvíjí volba zateplovacího systému – zateplení vnější, zateplení vnitřní nebo systémy s provětrávanou mezerou. Toto je důležité především z hlediska vlhkostního režimu a případné expozice konstrukce zvýšeným vlhkostním zatížením. Návrh a aplikace systémů dodatečného zateplení musí být vždy v souladu s legislativními a normovými požadavky, zejména požární a tepelně technickými.⁷ Výhodou vnějšího zateplení je především zvýšení akumulační schopnosti domu, snáze se eliminuje vliv tepelných mostů a riziko kondenzace vlhkosti ve zdivu je minimální. U vnitřního zateplení je nevýhodou riziko promrzání zdiva, riziko kondenzace ve stěnách domu a s tím spojené riziko vzniku plísní.⁶

Další možností izolace obálky budovy je zateplení podlah, stropů a střechy. Jestliže jsou obytné místnosti podsklepeny, je možné zateplit jejich podlahy zesypáním izolantu na strop. Pokud jsou stropy klenuté, je možno nahradit stávající násyp klenby tepelně-izolačním násypem. U stávajících budov bývá problematická izolace podlah položených přímo na terénu, neboť ji většinou nelze provést bez zásadního zásahu do interiéru. Někdy je možno

nahradiť izolaci plochy podlahy tím, že izolujeme základy domu od okolní zeminy - například zapaštěním izolace pod terén v okolí základů. Má-li dům nevytápěnou půdu, lze strop poměrně snadno a efektivně izolovat položením izolace na podlahu půdy. Chceme-li mít půdu pochozí, je nutno překrýt izolaci záklopem z prken nebo desek. Toto opatření patří k nejlevnějším a nejefektivnějším. Další možností je zaplnit izolací dutiny trámového stropu. Pokud se použije foukaná izolace (např. z papírových vloček nebo skelných vláken), je zásah do konstrukce minimální a v interiéru ani na půdě se nic nezmění. Obtížné je však zkontrolovat, zda se izolace dostala opravdu všude. Do vrstvy izolace také nesmí pronikat vítr ani vlhko, jinak se snižují izolační vlastnosti, nebo dokonce dochází ke znehodnocení izolantu. Tepelná izolace, hydroizolační fólie a parotěsná zábrana musí být provedeny tak, aby původní konstrukce krovu trvale nevlhla. Dále je třeba zajistit, aby voda, která se do konstrukce přes instalaci zateplení dostane (zatékáním zvenku nebo kondenzací vlhkosti z interiéru), se mohla zase volně odpařit. V opačném případě může být krov napaden hnilobou a dřevokaznými houbami. Při dlouhodobém působení vlhkosti může dojít i ke zborcení střechy.⁶

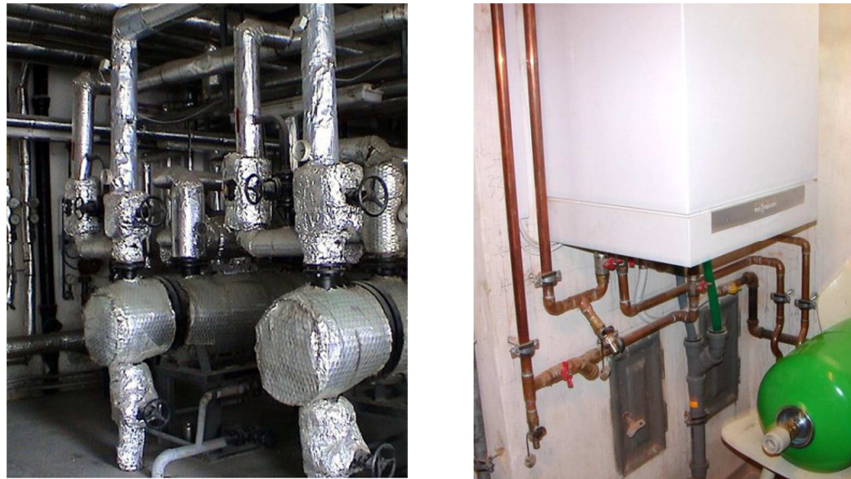
Velmi výhodná je výměna oken a dveří, neboť okna uniká poměrně velké množství tepla. Toto opatření je poměrně nákladné, a proto je nutné výběru oken věnovat velkou pozornost a sledovat několik parametrů. Pro zasklení se používají termoizolační dvoj- nebo troj-skla. Součástí kvalitního okna je tzv. selektivní vrstva na vnitřním povrchu skla, které funguje jako polopropustné zrcadlo – sluneční záření propustí do interiéru, kde se přemění na teplo, avšak tepelné záření již sklem neprojde a odráží se zpět do interiéru. Dalším prvkem je mezera mezi skly. Platí, že čím je tato mezera širší, tím lépe izoluje.⁶

2.3.2. Úpravy a výměna systémů technických zařízení budov

Další významnou oblastí energetických úspor je optimalizace systémů technických zařízení budov. Tato oblast má poměrně široký výčet možných opatření, ty ekonomicky nejvýraznější jsou izolace rozvodů energie, výměna starých a neefektivních energetických zařízení (kotlů, ohříváčů teplé vody, čerpadel a dalších) za nové účinnější, ale i zaregulování soustav nebo změna chování uživatelů.

V mnoha budovách se můžeme setkat se špatně provedenou nebo úplně chybějící izolací rozvodů energie. To je samozřejmě nevyhovující jak z hlediska uživatelského komfortu a nákladů na energie, tak i z hlediska platné legislativy. Chybějící izolace rozvodů energie může navýšit potřebu energie na přípravu teplé vody nebo topné vody o desítky procent. Tloušťky izolací se navrhují většinou v závislosti na dosažení největších ekonomických úspor nebo, u větších objektů, s ohledem na ochranu osob vyskytujících se v blízkosti izolovaného

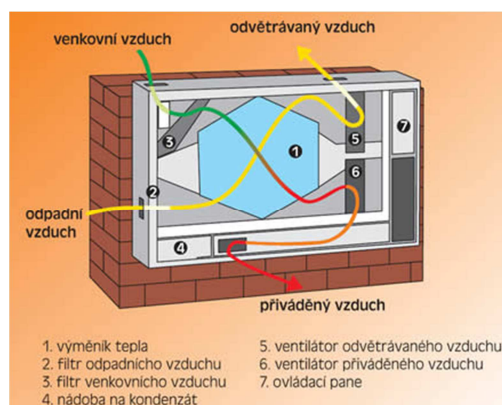
zařízení. Čím větší tloušťka izolace, tím vyšší pořizovací náklady, které však nemusí mít vždy požadovanou návratnost. V praxi to znamená, že zbytečné předdimenzování není žádoucí. Izolace jsou dodávány na jakýkoli rozměr potrubí a v různých tloušťkách. Vyráběné jsou z rozličných izolačních materiálů, z nich nejdůležitějšími a nejužívanějšími jsou polyuretanová pěna a minerální vlna. Velmi důležité je, aby izolace potrubí byla souvislá bez tepelných mostů, jinak i ta nejlepší izolace nepřinese požadované úspory.⁶



Obr. 2.6 Příklad provedení tepelné izolace

Celková rekonstrukce kotelen a strojoven v budovách přináší na jedné straně výrazné vstupní investice, ale na straně druhé velkou úsporu nákladů na provoz, zlepšení možnosti regulace soustavy zvláště u starých, často legislativě nevyhovujících zařízení. Využitím tepla z vodní páry obsažené ve spalinách umožňuje technika kondenzace vyšší tepelný výkon s menší spotřebou energie. Toto latentní získávání tepla umožňuje dosáhnout účinnosti nad 100%, u stacionárních kotlů až do 109%. Tyto kotle tak umožňují lépe kontrolovat spotřebu energie a maximálně snížit emise znečišťujících látek. Ve spojení s obnovitelnými zdroji energie, jako je solární energie, tepelná čerpadla, nebo dřevo, jsou kondenzační kotle jedním z nejekonomičtějších a nejšetrnějších řešení ve vztahu k životnímu prostředí.⁸ Velmi efektivním a komfortním řešením je instalovat systém nuceného větrání s tzv. rekuperací (zpětným využíváním) tepla. Větrací vzduch je pak přiváděn a odváděn ventilátory, takže je žádoucí mít těsná okna. Centrální větrání umožní velmi efektivně využít solární zisky z osluněných místností, které rozvede po celém domě, takže nedochází k přehřívání osluněných místností. Srdcem systému je obvykle kompaktní jednotka s odtahovým i přívodním ventilátorem, filtry, rekuperačním výměníkem tepla a ohříváčem (případně i chladičem) vzduchu. Ohříváč může být elektrický nebo teplovodní, který se napojí na kotel či jiný zdroj tepla. Centrální systém

větrání se dá dobře spojit s vytápěním domu. Náklady ušetřené za vytápěcí systém pak vyrovnají náklady na instalaci větrání. Kvůli rozsahu stavebních prací je instalace větracího systému vhodná spíše při zásadní rekonstrukci. Další možností je osadit v domě několik menších jednotek pro větrání jednotlivých místností. Větší jednotky jsou k dostání v podokenním provedení. Menší zařízení lze osadit i do otvoru ve zdi. Výhodou je jednodušší instalace, menší pořizovací náklady a možnost ovlivňovat větrání individuálně. Nevýhodou je to, že přiváděný vzduch obvykle nelze dohřívát, takže se nadále neobejdeme bez vytápěcího systému. Další nevýhodou je hluk, který se do místností přenáší z ventilátorů.⁶



Obr. 2.7 Nástěnná větrací jednotka s rekuperací tepla

Úsporu energie přináší bezesporu kompaktní úsporná zářivka, která je rovnocenná náhrada běžné žárovky. Kompaktní zářivka je asi 4krát až 5krát účinnější než klasická žárovka, tzn., že uspoří až 80% energie při stejné hladině osvětlení a má i několikanásobně delší životnost.

2.3.3. Použití obnovitelných a alternativních zdrojů energie

Nejčastěji používanými alternativními zdroji energie jsou sluneční, větrná a vodní energie a biomasa. Výhodou využití alternativních zdrojů energie v budovách není jen šetrnost k přírodě, nýbrž i ekonomická úspornost – alternativní zdroje jsou schopny dodávat teplo s podstatně nižšími náklady než klasické zdroje tepla – kotle.⁹

Asi největší potenciál (ve smyslu množství energie, které nám může poskytnout) má přímé využití slunečního záření k výrobě tepla nebo elektřiny. K získávání tepla nejlépe hodí solární panely a tepelná čerpadla. Solární panely dokáží přeměňovat na teplo energii slunečního záření a to i v zimě, kdy dokáží využít i energii tzv. difúzního světla, které je k dispozici. Samotné nasazení solárních panelů umožňuje získat až 50 % energie potřebné k vytápění domu a náklady na získání energie jsou zhruba dvanáctkrát nižší než u klasických

zdrojů.⁹ Aktivní systémy je téměř vždy možné dodatečně instalovat na stávající budovu. Využívají se zejména k celoroční přípravě teplé vody, ohřevu bazénové vody a k přitápění budov pomocí teplovodního či teplovzdušného vytápění. Získanou energii je možné i dlouhodobě akumulovat v zásobnících (vodních, šterkových aj.). Čím je delší doba akumulace, tím je systém dražší a méně ekonomický. Proto se nejčastěji používá krátkodobá akumulace spolu s pružnými topnými systémy.⁶

Tepelné čerpadlo získává energii z nízkopotenciálních zdrojů, země, vody či okolního vzduchu. Je schopno pracovat většinu roku, ale teplo, které z něj můžeme získat, je přibližně třikrát levnější než teplo z tradičního zdroje. Je to způsobeno tím, že srdcem tepelného čerpadla je kompresor, který je třeba napájet elektrickou energií.⁹

Dalším významným obnovitelným zdrojem energie je biomasa, v níž je uložena sluneční energie. Energetické využití biomasy je výhodné a potřebné především z hlediska minimalizace ekologické zátěže. Z energetického hlediska lze energii z biomasy získávat téměř výhradně termo-chemickou přeměnou, tedy spalováním. Odhaduje se, že kotle nebo kamna na pelety jsou v České republice využívány k vytápění asi 15 tisíc domů nebo bytů. Při výběru vhodného automatického kotle na pelety je vhodné zkontrolovat daný spalovací zdroj z pohledu legislativy, konkrétně zákona o ochraně ovzduší. Některé kotle totiž nebude možno od příštího roku prodávat a posléze ani používat. Technologické stupně kotlů na tuhá paliva popisují tzv. emisní třídy, které stanovuje ČSN 303-5.

2.4 Teoretické řešení

Spotřeba tepla v budovách je z velké části dána především tepelnou ztrátou budovy. Teplo z budovy uniká dvojnásobem: jednak prostupem stěnami, okny a dalšími obalovými konstrukcemi, jednak uniká se vzduchem při větrání.

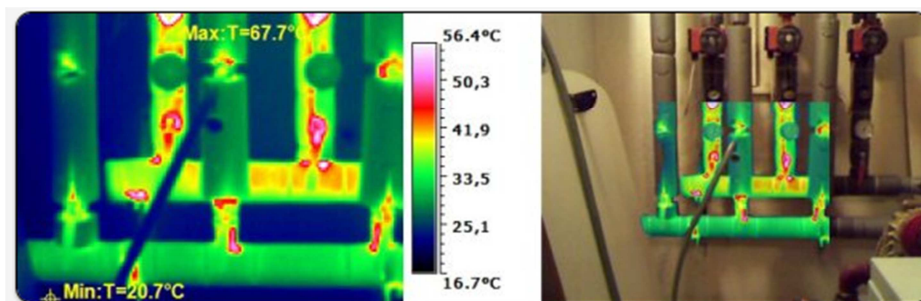
Sdílení tepla je jev, při kterém dochází k předávání tepla z míst o vyšší teplotě do míst o nižší teplotě, předpokladem je existence teplotního pole. Sdílení tepla vedením je způsob přenosu tepla, při němž se teplo šíří pouze v důsledku tepelného pohybu strukturních částic hmoty, nastává v tuhých tělesech. Sdílení tepla přestupem je přenos tepla v pohybujících se tekutinách, kdy se teplo šíří účinkem tepelné vodivosti při ohřevu nebo ochlazování tekutiny v blízkosti teplosměnné plochy. Jedná se o výměnu tepla mezi tekutinou a obtékanou stěnou tuhého tělesa. Ve stavebnictví se uplatní tyto dva jevy při stanovení tepelném toku obvodovými konstrukcemi. Prostupu tepla obvodovým pláštěm budovy nelze nikdy zcela

zabránit, lze ho ale výrazně snížit použitím vhodných opatření a tím snížit i energetickou náročnost dané budovy.

2.5. Experimentální řešení

V třetí části mé práce se budu zabývat experimentálním stanovením součinitele prostupu tepla pomocí termografie, proto bych ráda v této kapitole stručně nastínila především použití termokamer jako experimentálních prostředků, které nachází uplatnění při energetické optimalizaci budov.

Termokamera pracuje na principu bezkontaktního měření povrchu materiálů a snadno tak odhalí úniky tepla díky lokalizování zjevných i skrytých míst úniku tepla, která vznikají jak vlivem tepelných mostů, tak v důsledku nesprávného provedení spár a styků, nedodržením technologických postupů při osazování oken a dveří apod. Výstupem z termovizní kamery je infračervený snímek - termogram, resp. termovizní snímek. Termosnímkování se uplatní nejen jako prostředek pro hledání úniků tepla z budov, ale také při sledování elektrických vedení, sledování stavu izolace potrubí a její poškození. Výstupy z termokamer tak pomohou odhalit místa s nežádoucím únikem tepla a umožní je tak snáze zahrnout do úsporných opatření.



Obr. 2.8 Termogram chyb v izolaci potrubí

Při energetické optimalizaci stávajících budov se nabízí možnost měření parametrů vnitřního mikroklimatu takových budov. Mezi nejdůležitější parametry vnitřního prostředí patří výsledná teplota, rychlost proudění vzduchu v prostředí, vlhkost vzduchu a další. K jejich měření slouží kulové teploměry pro stanovení výsledné teploty, žárové anemometry pro stanovení rychlosti proudění a kapacitní vlhkoměry pro stanovení vlhkosti vzduchu. Zapojením těchto přístrojů do měřicí ústředny získáme soubor dat, který poskytne představu o stavu jednotlivých soustav, které utváří vnitřní prostředí a jejich možné změny a úspory v jejich provozu.

2.6. Řešení využívající výpočetní techniku a modelování

Výpočty energetických parametrů budov se dají rozdělit do tří kategorií, jsou to: ruční výpočty využívající výpočetní techniku, simulační výpočty a podrobné výpočty. Ruční výpočty se dají uplatnit u budov s jednoduchými profily užívání a ke svému řešení používají vyhlášky a normy. Do této kategorie spadají softwary jako například Modul energetická náročnost budov Protech nebo Energie Svoboda Software, který jsem ke své práci využila.

Pro náročnější objekty s velkým množstvím podrobných dat z profilů užívání a požadavkem na řešení v 2D jsou určeny simulační softwary jako například Trnsys nebo Modelica. Pro podrobné výpočty a 3D modelování jsou určeny softwary jako ESPr nebo BSim. Tyto metody jsou náročné především na vytvoření správných matematicko-fyzikálních modelů pro simulaci, která musí odpovídat reálným výsledkům nebo experimentálním měřením.

ČÁST B - APLIKACE TÉMATU

3. Energetický posudek - Polyfunkční dům Komňátka



3.1. Titulní list

3.1.1. Předmět energetického posudku

Název:	Polyfunkční dům Bohdík
Adresa:	Komňátka 57, Bohdík 789 64
Vlastník:	Obec Bohdík
Adresa vlastníka:	Bohdík 163, Bohdík 789 64

3.1.2. Zpracovatel energetického posudku

Zpracovatel:	Bc. Pavla Rulíšková
Adresa zpracovatele:	Hlavní 8, Hanušovice 788 33
Datum zpracování:	Září 2013 – Leden 2014
Číslo oprávnění:	xxx
Evidenční číslo energetického posudku:	xxx

3.2. Účel zpracování energetického posudku podle §9a zákona 318/2012

Zatřídění dle zákona 318/2012: Účelem je posouzení proveditelnosti projektu týkajících se snižování energetické náročnosti budov, zvyšování účinnosti energie, snižování emisí ze spalovacích zdrojů znečištění nebo využití obnovitelných nebo druhotných zdrojů nebo kombinované výroby elektřiny a tepla financovaných z programů podpory ze státních evropských finančních prostředků nebo finančních prostředků pocházejících z prodeje povolenek na emise skleníkových plynů.

Cílem energetického posudku je energetické, ekonomické a environmentální vyhodnocení energeticky úsporných opatření vedoucí k snížení energetické náročnosti objektu a následné doporučení nejvhodnějšího energeticky úsporného opatření.

Energetický posudek byl zpracován v souladu se zákonem č. 318/2012 o hospodaření energií a vyhláškou č. 480/2012 o energetickém auditu a energetickém posudku. Ke zpracování energetického posudku jsem využila software Energie 2010, novější verzi tohoto programu jsem neměla k dispozici.

3.3. Identifikační údaje

3.3.1. Vlastník předmětu energetického posudku

Název: Obec Bohdík
Sídlo: Bohdík 163, Bohdík 789 64
IČO: 00302376

3.3.2. Předmět energetického posudku

Název: Polyfunkční dům Komňátka
Adresa: Komňátka 57, Bohdík 789 64

3.4. Popis stavu objektu

3.4.1. Popis předmětu energetického posudku

Jedná se o poměrně rozsáhlý jednopodlažní, částečně podsklepený objekt bývalé základní školy, po přestavbě sloužící jako víceúčelové zařízení. Objekt byl jako jediný v obci Komňátka využíván pro společenské a kulturní účely. Jeho provozování však bylo postupně omezováno pro špatný technický stav a zastaralé vybavení.



Obr. 3.1. Objekt polyfunkčního domu – nová část a stará část

Hlavní vstup do budovy je řešen ze zadní části budovy, zejména v zimních měsících, kdy se předpokládá využití lyžaři.

Na zádveři vstupu navazuje šatna, která je v zimních měsících využívána pro úschovu lyží. Propojení se zádveřím je dveřmi s podávacím oknem.

Přilehlá chodba uvnitř dispozice umožňuje vstup do hygienického zařízení pro veřejnost umístěného v zadní části budovy. Z chodby jsou vstupy do sálu a společenské místnosti, které tvoří značnou část dispozice levého křídla budovy. Z důvodu víceúčelového využití jsou tyto místnosti odděleny shrnovací stěnou s celkovou kapacitou 52 míst k sezení. Z prostoru chodby je dále možný vstup do místnosti pro zraněného, která je zřízena z důvodu provozování blízkého lyžařského vleku, dále vstup do úklidové komory a skladu.

V pravé části předního křídla se nachází místnost s kapacitou 12 míst k sezení a víceúčelovým využitím (klubovna, čítárna). Z toho důvodu je propojena s bufetem podávacím oknem, osazeném v křídle dveří. Z chodbového prostoru je vstup na schodiště do sklepa a na půdu. Chodba je ukončena vstupem do bufetu, který svým situováním umožňuje výdej občerstvení jednak do místnosti klubovny, jednak do prostoru chodby při společenských akcích v sále a také venkovní výdej lyžařům oknem do dvorní části. Bufet navazuje na skladovací prostory a

hygienická zařízení personálu včetně úklidu výdejních prostor. Příjem zboží je umožněn rampou a samostatným vstupem v pravém bočním průčelí.

Na skladové prostory dále navazuje sklad nářadí a sklad dřeva se vstupy ze dvorní části. Sklepní prostory jsou využity ke skladování paliva. Půdní prostory jsou ponechány volně bez využití.

3.4.2. Popis stavebních konstrukcí

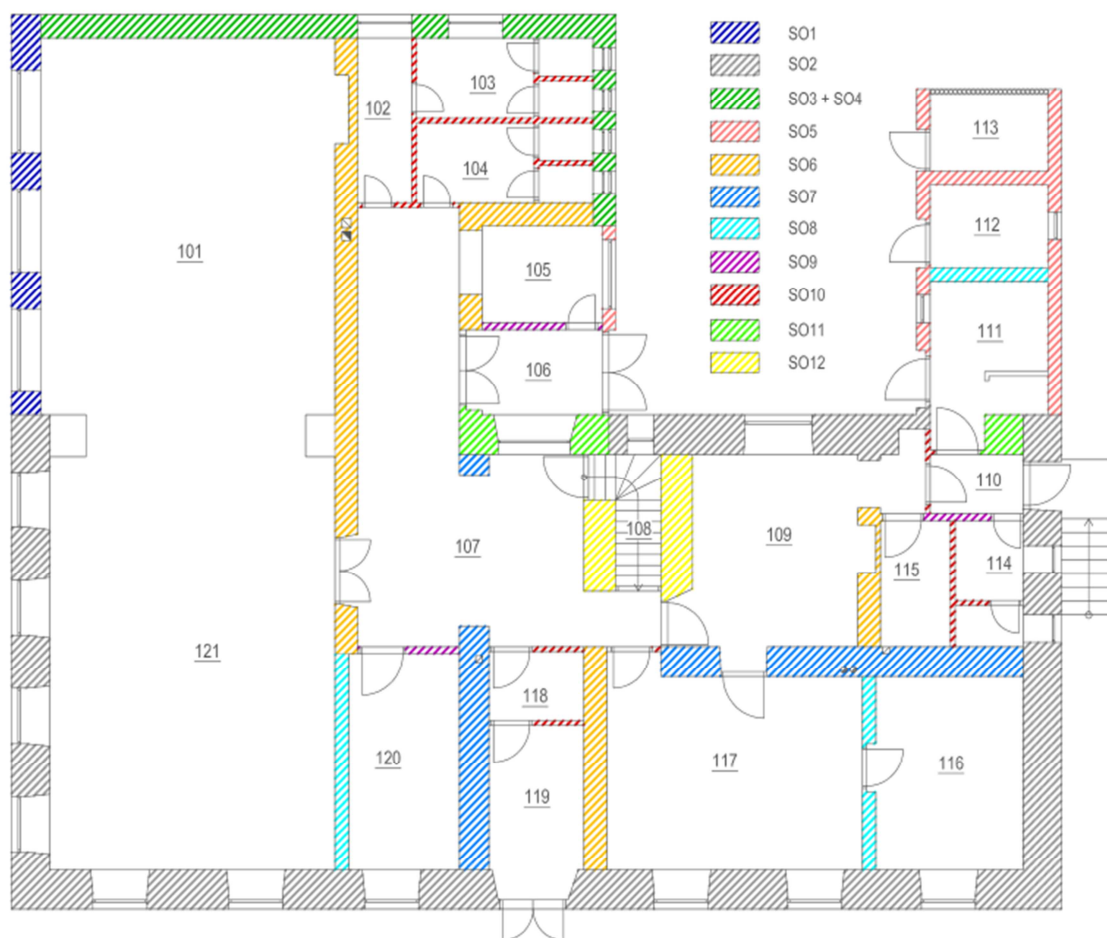
Vnější a vnitřní zdivo – Je vyzděno z plných cihel, sokl starší zadní části a hygienického zařízení je kamenný. Vnitřní zdivo dozděné při rekonstrukci je vyzděné z bloků Porotherm. Zdivo je ve značném rozsahu navlhle, izolace proti zemní vlhkosti je vlivem stárí poškozená a neplní svoji funkci. Zdivo skladu nářadí a skladu paliva je zvětralé a rozpadá se. Omítky, zejména vnější, jsou ve špatném stavu a odpadávají.



Obr. 3.2 Venkovní omítky a provedení dodatečně vyzděných konstrukcí

Konstrukce	Popis	U(W/m ² K)	U _{N,20} (W/m ² k)	stav
SO1	Zdivo CP 650mm	1,01	0,3	nevyhovuje
SO2	Zdivo CP 850mm	0,80	0,3	nevyhovuje
SO3	Zdivo CP 500mm	1,21	0,3	nevyhovuje
SO4	Kámen 500mm	2,89	0,3	nevyhovuje
SO5	Zdivo CP 300mm	1,71	0,3	nevyhovuje
			Rozdíl teplot ≤10°C/≤5°C	
SO6	Zdivo CP 500mm	1,10	1,3/2,7	vyhovuje
SO7	Zdivo CP 650mm	0,92	1,3/2,7	vyhovuje
SO8	Zdivo CP 300mm	1,50	1,3/2,7	ne/vyhovuje
SO9	Zdivo CP 150mm	2,07	1,3/2,7	ne/vyhovuje
SO10	Porotherm 11,5 p+d	1,87	1,3/2,7	ne/vyhovuje
SO11	Zdivo CP 850mm	0,75	1,3/2,7	vyhovuje
SO12	Zdivo CP 700mm	0,87	1,3/2,7	vyhovuje

Tab. 3.1. Hodnocení stavebních konstrukcí – stěny



Obr. 3.3 Schéma označení konstrukcí

Podlahy – jsou převážně prkenné, část plochy tvoří vlýsky. Chodba a knihovna jsou pokryty PVC. Podlahy jsou místy prošlapané a vlivem působení vlhkosti poškozené. Podlahy v hygienických zařízeních jsou s keramickou dlažbou, a ve skladech jsou betonové.

Konstrukce	Popis	U(W/m ² K)	U _{N,20} (W/m ² k)	stav
PD1	Podlaha vlýsky	1,35	0,45	nevyhovuje
PD2	Podlaha dlažba	2,98	0,45	nevyhovuje
PD3	Podlaha linoleum	1,41	0,45	nevyhovuje
PD4	Podlaha beton	3,43	0,45	nevyhovuje
PD5	Podlaha kuchyň	1,56	0,45	nevyhovuje
PD6	Podlaha sklep	3,33	0,45	nevyhovuje

Tab. 3.2. Hodnocení stavebních konstrukcí - podlahy

Stropy- jsou převážně dřevěné. Strop nad kuchyní je cihelný klenbový.

Konstrukce	Popis	U(W/m ² K)	U _{N,20} (W/m ² K)	stav
STR1	Dřevěný strop	0,32	0,6	vyhovuje
STR2	Klenbový strop	0,84	0,6	nevyhovuje

Tab. 3.3. Hodnocení stavebních konstrukcí – stropy

Střecha – je valbová. Konstrukce krovu i krytina je, s výjimkou úseků zatékání, ve vyhovujícím technickém stavu. Klempířské konstrukce jsou značně poškozené.

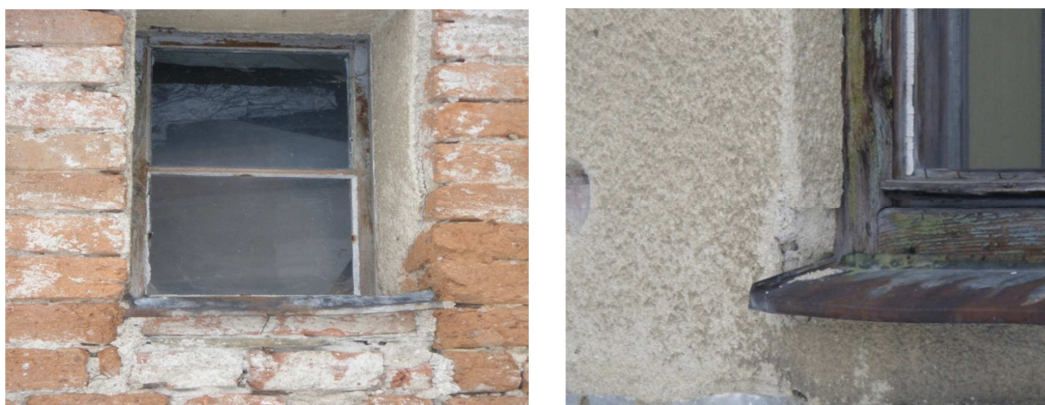
Konstrukce	Popis	U(W/m ² K)	U _{N,20} (W/m ² K)	stav
SCH1	Střecha	0,42	0,24	nevyhovuje

Tab. 3.4. Hodnocení stavebních konstrukcí – střecha

Okna – jsou s výjimkou čelního průčelí původní a značně poškozená, dřevěná.

Konstrukce	Popis	U(W/m ² K)	U _{N,20} (W/m ² K)	stav
O1	Okno 2 skla	2,4	1,5	nevyhovuje
O2	Jednoduché okno 1 sklo	2,6	1,5	nevyhovuje

Tab. 3.5. Hodnocení stavebních konstrukcí – okna



Obr. 3.4 Původní dřevěná okna

Dveřní křídla – včetně zárubní jsou rovněž značně poškozená a netěsná.

Konstrukce	Popis	U(W/m ² K)	U _{N,20} (W/m ² K)	stav
D1	Dveře dřevěné venkovní se sklem	4,0	1,7	nevyhovuje
D2	Dveře dřevěné vnitřní plné	2,0	1,7	nevyhovuje

Tab. 3.6. Hodnocení stavebních konstrukcí – dveře

3.4.3. Energetické zdroje a rozvody energie

Vytápění – Objekt je vytápěn kombinací lokálního vytápění na tuhá paliva a elektrického přímotopného vytápění. Sál a společenská místnost je vytápěna lokálními topidly na tuhá paliva. Klubovna, bufet, knihovna a místnost pro zraněného je vytápěna pouze elektrickými akumulacími kamny, jen v klubovně je možné alternativní vytápění topidlem na tuhá paliva. Prostor chodby je vytápěn nepřímo prostřednictvím topidla na tuhá paliva. Ostatní místnosti jsou vytápěny příležitostně podle potřeby elektrickými přímotopy. Jako palivo je využíváno dřevo. Sklad paliva je v pravém křídle objektu a případně ve sklepě.



Obr. 3.5 Kotel na dřevo a elektrická akumulací kamna

Přívod vody – Budova je napojena vodovodní přípojkou PE 5/4“ v délce cca 45m z veřejného vodovodního řadu PE 6/4“. Místo napojení do budovy je v dvorní části.

Příprava teplé vody – Teplá voda v bufetu je zajištěna elektrickým zásobníkovým ohříváčem vody (160l), odkud je rozvod do výlevky v předsíni a WC pro personál. Druhý

ohřivač (80l) je umístěn v místnosti pro zraněného, odkud je proveden rozvod do výlevky v úklidové komoře a dřezu v kuchyňské lince. Rozvody teplé vody nejsou izolovány.



Obr. 3.6 Rozvody teplé vody

Odvod vody – Vnitřní kanalizace je zaústěna do stávajících žump na vyvážení umístěných v dvorní části u hygienického zařízení (obsah 16m³) a za rampou zásobovacího vstupu (obsah 4.5m³). Dešťové vody ze střech jsou sváděny střešními podokapními žlaby a svody na terén.

Vzduchotechnika – Větrání jednotlivých místností je zajištěno buď přirozené okny, nebo pomocí ventilačních průduchů. Ve společenských sálech je umístěna podstropní větrací jednotka.

Elektroinstalace – Přípojka pro objekt je provedena dvěma zemními kabely AYKY 4x35mm² ze sítě a je ukončen ve skříni SR1. Vlastní rozvody elektroinstalace včetně hromosvodové instalace jsou ve špatném technickém stavu.

Osvětlení – V objektu je instalována směsice různých klasických žárovek, často bez ochranných skel a krytů.

3.4.4. Další spotřebiče energie

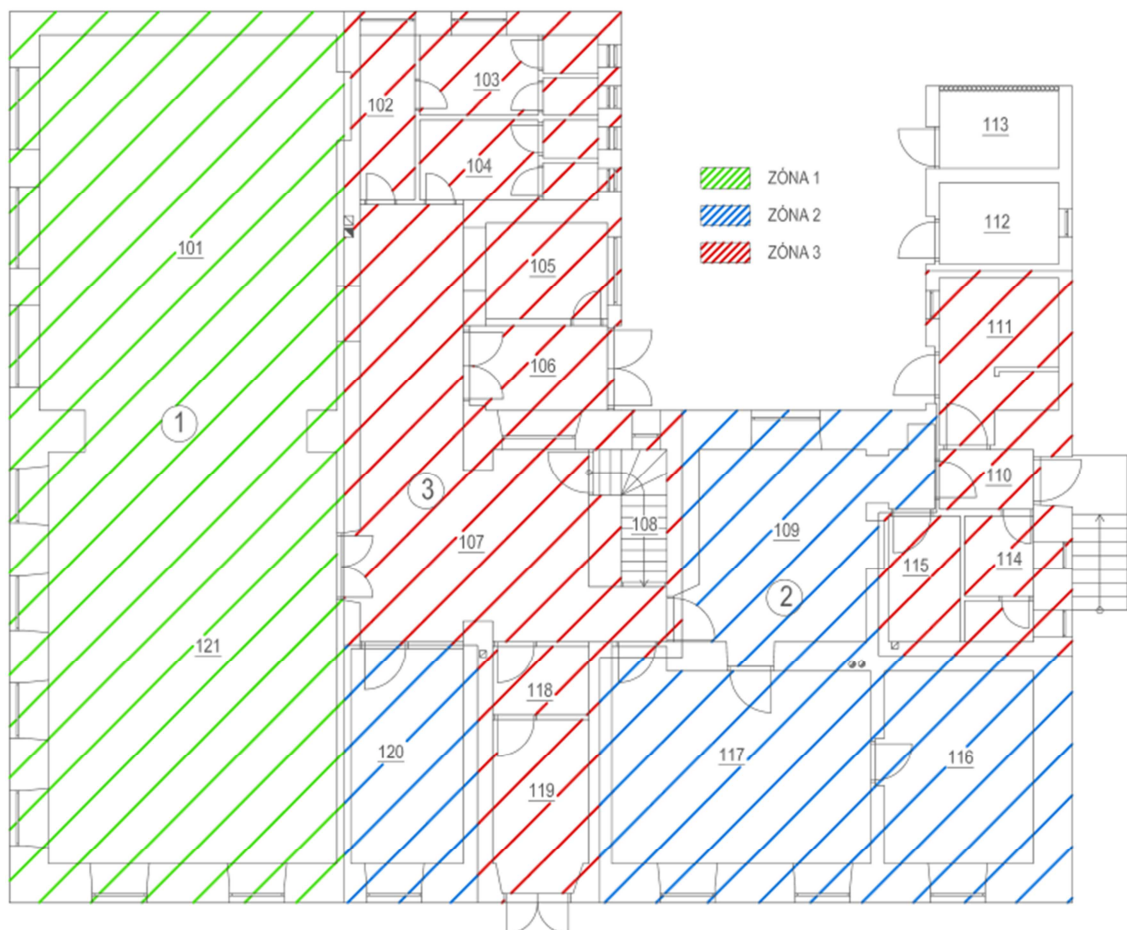
Dalšími spotřebiči elektrické energie jsou dva standardní plotýnkové sporáky v bufetu a tři lednice.

3.5. Výpočet a posouzení spotřeby energie

3.5.1. Výpočet spotřeby energie

Ke zjištění roční spotřeby energie byl použit software Energie 2010. Daný objekt byl zadán jako tři zónový. Zóna č.1 jsou společenské sály, zóna č. 2 je tvořena klubovnou, knihovnou, kuchyní a místnostmi pro zraněného a zóna č. 3 je tvořena chodbami, hygienickými místnostmi a úklidovými komorami. Půda, nevytápěný suterén a sklad nářadí byly zadány jako nevytápěné prostory.

Volba návrhové vnitřní teploty zóny vychází z výpočtu průměrné návrhové teploty podle jednotlivých místností v zóně. Hodnoty návrhových teplot jsou z normy ČSN EN 12 831 – Výpočet tepelného výkonu.



Obr. 3.7 Schéma rozdělení objektu na zóny

Pomocné výpočty

Místnost	Plocha (m ²)	Teplota (°C)
101	53,3	20
121	58,05	20

Tab. 3.7 Návrhová vnitřní teplota – zóna 1

Průměrná teplota v zóně 20°C

Pro výpočet zvolena 20°C

Místnost	Plocha (m ²)	Teplota (°C)
109	16,63	20
116	13,65	20
117	23,56	20
120	11,28	20

Tab. 3.8 Návrhová vnitřní teplota – zóna 2

Průměrná teplota v zóně 20°C

Pro výpočet zvolena 20°C

Místnost	Plocha (m ²)	Teplota (°C)
102	4,32	20
103	6,53	20
104	6,63	20
105	5,57	15
106	4,90	15
107	34,28	15
110	2,67	15
111	7,54	15
114	3,98	20
115	3,99	15
118	3,15	15
119	6,62	15

Tab. 3.9 Návrhová vnitřní teplota – zóna 3

Průměrná teplota v zóně 16,19°C

Pro výpočet zvolena 16°C

Další pomocné výpočty

Zóna 1

Objemový tok přiváděného vzduchu vzduchotechnickou jednotkou, podle vyhlášky 20/2012 Sb., kterou se mění vyhláška 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby

Pro větrání pobytových místností musí být zajištění v době pobytu osob minimální množství vyměňovaného venkovního vzduchu 25m³/h.

Počet osob (Zóna 1)	52
Výměna vzduchu	25m ³ /h
Objemový tok přiváděného vzduchu	52x25=1300m ³ /h

Průměrná roční potřeba teplé vody

Specifická potřeba teplé vody	10 l/jídlo.den 0,02m ³ /100 m ² úklid
-------------------------------	--

Počet jídel

Plocha pro úklid

Roční potřeba teplé vody

Zóna 2

Průměrná roční potřeba teplé vody

Specifická potřeba teplé vody	0,02m ³ /100m ² úklid 20l/místo k sezení.den
-------------------------------	---

Plocha pro úklid

Míst k sezení

Roční potřeba teplé vody

Zóna 3

Průměrná roční potřeba tepla

Specifická potřeba teplé vody

Plocha pro úklid

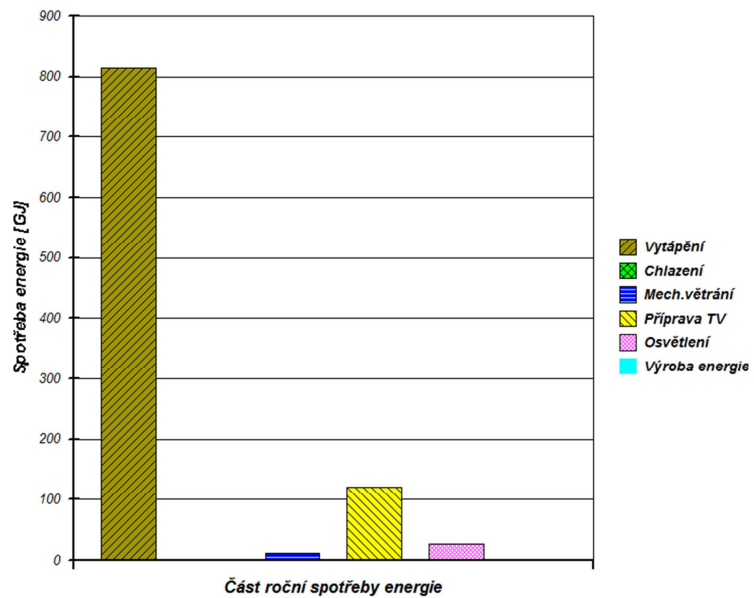
Roční potřeba teplé vody

3.5.2. Posouzení spotřeby energie

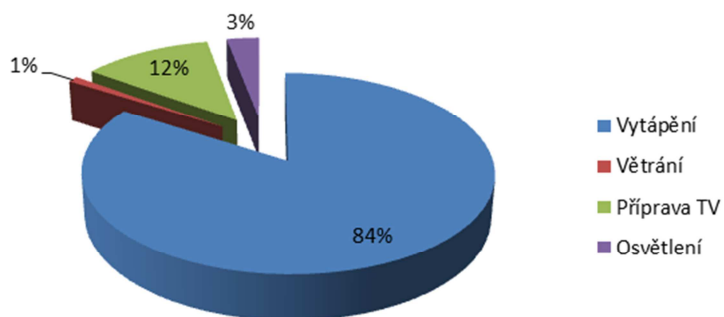
Výsledky spotřebované energie vypočítané softwarem Energie 2010

	Spotřeba (kWh/m ² .rok)	Spotřeba (GJ/rok)
Vytápění	667	814,6
Chlazení	0	0
Mechanické Větrání	9	11,4
Příprava TV	99	120,6
Osvětlení	23	27,5
Celkem	802	978,66

Tab. 3.10 Spotřeba energie



Obr. 3.8. Grafické znázornění roční spotřeby energie



Obr. 3.9 Procentuální znázornění roční spotřeby energie

Spotřeba energie dodaná do budovy	979 GJ/rok
Hodnotící ukazatel měrné spotřeby energie budovy	798 kWh/m ² .rok
Hodnota odpovídá třídě	G – mimořádně ne hospodárná
Požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy	
průměrný součinitel prostupu tepla U_{em}	0,92 W/m ² K
limit $U_{em,lim}$	0,40 W/m ² K.... nesplněno

3.6. Část první – Úpravy stavebních konstrukcí

V této kapitole jsou specifikovány úsporná opatření stavební části. Všechny uvedené ceny jsou včetně DPH a představují průměrnou cenu včetně prací. Průměrná cena za GJ tepla na vytápění elektrickou energií byla stanovena na 1148 Kč/GJ (4,13 Kč/kWh) a průměrná cena za GJ tepla na vytápění dřevem byla stanovena 130 Kč/GJ (byla uvažována výhřevnost dřeva 14,62 MJ/kg).

3.6.1. Opatření č. 1 - Zateplení obvodových stěn

Obvodové stěny objektu nejsou zatepleny a mají nevyhovující tepelně technické vlastnosti. Tento stav bude napraven dodatečným zateplením pěnovým polystyrenem EPS o tloušťce 150 mm ($\lambda=0,035$ W/mK). V místě kamenného soklu bude použit pěnový polystyren EPS o tloušťce 200 mm ($\lambda=0,035$ W/mK). Dalším problémem obvodového zdiva je jeho vlhkost, způsobená chybějící izolací základů proti vlhkosti a chybějící tepelnou izolací základu. Zvýšená vlhkost zdiva působí negativně a zvyšuje tepelnou vodivost zdiva. Řešením by bylo odkopání okolní zeminy a vložení polystyrenu XPS 150mm do hloubky 800 mm a potáhnutí izolace hydroizolací. V místě sklepních prostor bude stěna sklepa izolována v celé výšce.

Konstrukce	Popis	U(W/m ² K)	U(W/m ² K) nový stav	$U_{N,20}$ (W/m ² k)	stav
SO1	Zdivo CP 650mm	1,01	0,21	0,3	vyhovuje
SO2	Zdivo CP 850mm	0,80	0,20	0,3	vyhovuje
SO3	Zdivo CP 500mm	1,21	0,22	0,3	vyhovuje
SO4	Kámen 500mm	2,89	0,26	0,3	vyhovuje
SO5	Zdivo CP 300mm	1,71	0,23	0,3	vyhovuje

Tab. 3.11 Změna součinitele prostupu tepla obvodových stěn

Toto úsporné opatření vyvolá úspory provozních nákladů plynoucí ze snížení tepelné ztráty prostupem konstrukcí, ale také náklady spojené se změnou skladby konstrukce.

Úsporné opatření č.1 Zateplení obvodových stěn	A (m ²)	Cena (Kč/m ²)	Cena (Kč)
SO1 (150 mm EPS)	21,72	900	19 548
SO2 (150 mm EPS)	163,27	900	146 948
SO3 (150 mm EPS)	48,34	900	43 506
SO4 (200 mm EPS)	14,71	1000	14 710
SO5 (150 mm EPS)	57,91	900	52 119
Izolace základu (150 mm XPS)	79,6	1000	79 600

Cena celkem 356 431 Kč

Tab. 3.12. Investiční náklady opatření č.1

Úsporné opatření	Energie na vytápění (GJ/rok)		Energie nový stav (GJ/rok)		Cena (Kč/GJ)		Úspora (Kč)
	dřevo	El.e.	dřevo	El.e.	dřevo	El.e.	
č.1 – Zateplení obvodových stěn	658,8	155,8	527,6	109,8	130	1148	69 864

Tab. 3.13. Úspora provozních nákladů

Číslo opatření	Název	Investiční náklady (Kč)	Úspora energie (GJ/rok)	Úspora energie (%)	Úspora (Kč)	Prostá návratnost (rok)
1	Zateplení obvodových stěn	356 431	177,2	18,1	69 864	5,1

Tab. 3.14. Hodnocení opatření č.1

Hledisko vnitřního prostředí a uživatelského komfortu – Provedením tohoto opatření dojde k snížení tepelné ztráty prostupem a zvýšení povrchové teploty v interiéru, což přispěje k zvýšení uživatelského komfortu.

Prostorové nároky – Jedná se o vnější kontaktní zateplení, vnitřní prostory objektu nebudou zmenšeny.

Ekonomické hledisko - Toto opatření má dobrou dobu návratnosti vzhledem k životnosti zateplení.

Dopad na životní prostředí – Stavba nebude mít vliv na životní prostředí. Provádění stavby může přechodně vyvolat zhoršení životního prostředí v okolí stavby (prašnost, hluk, stavební mechanizmy), ale při provádění prací se bude maximálně dbát na to, aby tyto vlivy působily v co nejmenší míře, a případné znečištění bude ihned likvidováno.

3.6.2. Opatření č. 2 - Výměna oken a dveří

Budova je z větší části osazena původními dřevěnými okny, která jsou značně poškozená a netěsná. Také vchodové dveře jsou staré a netěsné. Všechny výplně otvorů budou vyměněny za nové, legislativě vyhovující. Použity budou dřevěné rámy s izolačním trojsklem a pokovením.

Konstrukce	Popis	U(W/m ² K)	U(W/m ² K) nový stav	U _{N,20} (W/m ² K)	stav
O1	Okno 2 skla	2,4	0,7	1,5	vyhovuje
O2	Jednoduché okno 1 sklo	2,6	0,7	1,5	vyhovuje
D1	Dveře dřevěné venkovní se sklem	4,0	0,8	1,7	vyhovuje

Tab. 3.15 Změna součinitele prostupu tepla oken a dveří

Toto úsporné opatření vyvolá úspory provozních nákladů plynoucí ze snížení tepelné ztráty prostupem konstrukcí a tepelné ztráty infiltrací, ale také náklady spojené s výměnou konstrukcí.

Úsporné opatření č.2 Výměna oken a dveří	Rozměr (mm)	Počet (ks)	Cena (Kč/ks)	Cena (Kč)
O1	1800x2100	3	25 000	75 000
O2	1200x1800	10	18 500	185 000
	600x900	4	9 500	38 000
	1500x1700	1	19 500	19 500
	600x700	1	9 000	9 000
	1500x1500	1	18 300	18 300
	500x700	4	8 800	35 200
	1200x900	2	15 500	31 000
D1	1450x2700	1	60 000	60 000
	1100x2600	1	55 000	55 000
	1000x1200	1	35 000	35 000
	1800x2600	1	73 000	73 000

Cena celkem 634 000Kč

Tab. 3.16. Investiční náklady opatření č.2

Úsporné opatření	Energie na vytápění (GJ/rok)		Energie nový stav (GJ/rok)		Cena (Kč/GJ)		Úspora (Kč)
	dřevo	El.e.	dřevo	El.e.	dřevo	El.e.	
č.2 – Výměna oken a dveří	658,8	155,8	602,6	139,8	130	1148	25 674

Tab. 3.17. Úspora provozních nákladů

Číslo opatření	Název	Investiční náklady (Kč)	Úspora energie (GJ/rok)	Úspora energie (%)	Úspora (Kč)	Prostá návratnost (rok)
2	Výměna oken a dveří	634 000	72,2	7,4	25 674	24,7

Tab. 3.18. Hodnocení opatření č.2

Hledisko vnitřního prostředí a uživatelského komfortu – Provedením tohoto opatření dojde k snížení tepelné ztráty prostupem a tepelné ztráty infilrací, což přispěje k zvýšení uživatelského komfortu.

Prostorové nároky – Toto opatření nezpůsobí změnu vnitřních prostorů budovy.

Ekonomické hledisko - Toto opatření má špatnou dobu návratnosti.

Dopad na životní prostředí – Výměna oken a dveří nebude mít vliv na životní prostředí. Provádění stavby může přechodně vyvolat zhoršení životního prostředí v okolí stavby (prašnost, hluk, stavební mechanismy), ale při provádění prací se bude maximálně dbát na to, aby tyto vlivy působily v co nejmenší míře, a případné znečištění bude ihned likvidováno.

3.6.3. Opatření č. 3 - Zateplení podlah, stropů, střechy

Konstrukce podlah nebyly dosud zatepleny, navíc z důvodu poškozené hydroizolace dochází k vlhnutí a poškozování stávajících podlah a tyto konstrukce nevyhovují tepelně technickým požadavkům. Proto bylo zvoleno úsporné opatření v podobě dodatečného zateplení podlahové konstrukce pěnovým polystyrenem o tloušťce 150 mm ($\lambda=0,04$ W/mK) v případě dřevěných podlah (PD1 a PD3) a pěnovým polystyrenem o tloušťce 100mm ($\lambda=0,04$ W/mK) v případě betonových podlah (PD2 a PD4), v případě klenbového stropu PD5 bude původní zásyp klenby nahrazen tepelně izolačním zásypem z Liaporu zpevněného cementem ($\lambda=0,15$ W/mK) a pěnovým polystyrenem 50 mm ($\lambda=0,04$ W/mK). Konstrukce podlahy ve sklepě bude vytvořena zcela nová. Na stávající podlaze bude vytvořen betonový podklad 100mm, hydroizolace, podlahová izolace 100mm ($\lambda=0,04$ W/mK) a betonová roznášecí deska 60mm.

Konstrukce stropu STR1 je zateplena stávající tepelnou izolací a vyhovuje tepelně technickým požadavkům. Klenba stropu STR2 ovšem těmto požadavkům nevyhovuje a proto bylo zvoleno následující opatření – nahrazení původního zásypu klenby zásypem z Liaporu zpevněného cementem a pěnovým polystyrenem 50mm ($\lambda=0,4$ W/mK).

Střešní plášť je proveden jako zateplená konstrukce, ale svými vlastnostmi nevyhovuje požadavkům, proto bylo navrženo opatření v podobě přidání 150 mm tepelné izolace ($\lambda=0,035$ W/mK) k původní izolace, která je v dobrém stavu.

Konstrukce	Popis	U(W/m ² K)	U(W/m ² K) nový stav	U _{N,20} (W/m ² k)	stav
PD1	Podlaha vlysy	1,35	0,40	0,45	vyhovuje
PD2	Podlaha dlažba	2,98	0,36	0,45	vyhovuje
PD3	Podlaha linoleum	1,41	0,44	0,45	vyhovuje
PD4	Podlaha beton	3,43	0,36	0,45	vyhovuje
PD5	Podlaha kuchyň	1,56	0,44	0,6	vyhovuje
PD6	Podlaha sklep	3,33	0,36	0,45	vyhovuje
STR2	Klenbový strop	0,84	0,41	0,6	vyhovuje
SCH1	Střecha	0,42	0,22	0,24	vyhovuje

Tab. 3.19 Změna součinitele prostupu tepla podlah, stropu a střechy

Úsporné opatření č.3 Zateplení podlah, stropů a střechy	A (m ²)	Cena (Kč/m ²)	Cena (Kč)
PD1	111,4	2000	222 800
PD2	66,5	1900	126 350
PD3	81,3	1800	146 340
PD4	7,5	1000	7 500
PD5	14,6	1100	16 060
PD6	14,6	1000	14 600
STR2	16,6	1000	16 600
SCH1	275,9	900	248 310
Likvidace původních konstrukcí			50 000

Cena celkem 848 560 Kč

Tab. 3.20. Investiční náklady opatření č.3

Úsporné opatření	Energie na vytápění (GJ/rok)		Energie nový stav (GJ/rok)		Cena (Kč/GJ)		Úspora (Kč)
	dřevo	El.e.	dřevo	El.e.	dřevo	El.e.	
č.3 – Zateplení podlah, stropu a střechy	658,8	155,8	566,8	125,8	130	1148	46 400

Tab. 3.21. Úspora provozních nákladů

Číslo opatření	Název	Investiční náklady (Kč)	Úspora energie (GJ/rok)	Úspora energie (%)	Úspora (Kč)	Prostá návratnost (rok)
3	Zateplení podlah, stropu a střechy	848 560	122	12,5	46 400	18,3

Tab. 3.22. Hodnocení opatření č.3

Hledisko vnitřního prostředí a uživatelského komfortu – Provedením tohoto opatření dojde k snížení tepelné ztráty prostupem, což přispěje k zvýšení uživatelského komfortu.

Prostorové nároky – Toto opatření nezpůsobí změnu vnitřních prostorů budovy.

Ekonomické hledisko - Toto opatření má obstojnou dobu návratnosti.

Dopad na životní prostředí – Zateplení konstrukcí podlah, stropu a střechy nebude mít vliv na životní prostředí. Provádění stavby může přechodně vyvolat zhoršení životního prostředí v okolí stavby (prašnost, hluk, stavební mechanismy), ale při provádění prací se bude maximálně dbát na to, aby tyto vlivy působily v co nejmenší míře, a případné znečištění bude ihned likvidováno.

3.7. Část druhá – Úpravy systémů TZB

V této kapitole jsou specifikovány úsporná opatření úpravy systémů TZB. Všechny uvedené ceny jsou včetně DPH a představují průměrnou cenu včetně prací. Průměrná cena za GJ tepla na vytápění elektrickou energií byla stanovena na 1148 Kč/GJ (4,13 Kč/kWh), průměrná cena za GJ tepla na vytápění dřevem byla stanovena 130 Kč/GJ (byla uvažována výhřevnost dřeva 14,62 MJ/kg) a průměrná cena na vytápění zemním plynem byla stanovena na 317 Kč/GJ.

3.7.1. Opatření č. 4 – Vytápění

Objekt je vytápěn kombinací lokálního vytápění na tuhá paliva a elektrického přímotopného vytápění. Některé místnosti jsou vytápěny pouze příležitostně podle potřeby elektrickými přímotopy. Jako palivo je využíváno dřevo.

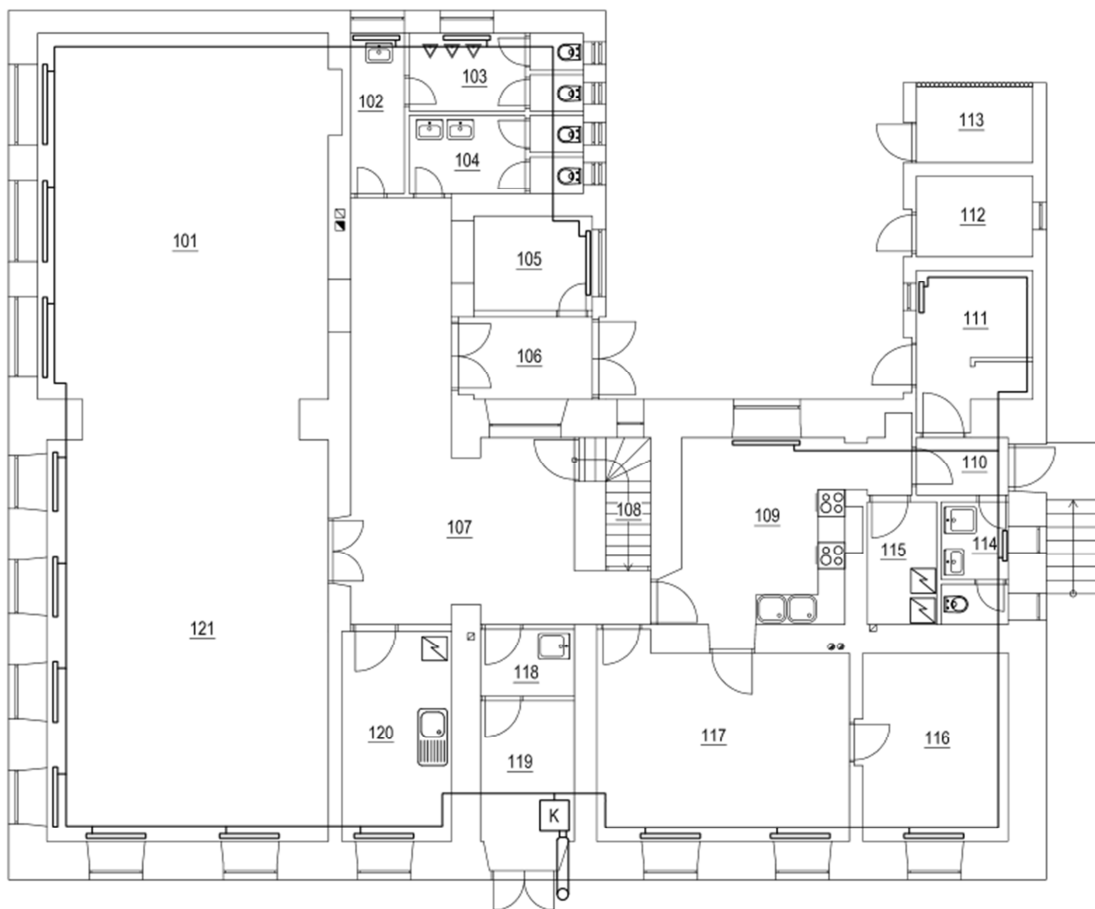
Jako úsporné opatření je zvoleno pořízení plynového kondenzačního kotle. Vzhledem k tomu, že v objektu chybí otopná soustava, bude nutné v rámci tohoto opatření instalovat

dvoutrubkovou otopnou soustavu s plastovými rozvody, desková otopná tělesa, izolaci rozvodů topné vody a odkouření plynového kotle.

Úsporné opatření č.4 Úprava vytápění	Počet (m)	Cena (Kč/m)	Cena (Kč)
Přípojka plynu			20 000
Plynový kondenzační kotel			130 000
Odkouření kondenzačního kotle			25 000
Rozvody topné vody - plast	162	150	24 300
Izolace rozvodů topné vody	162	75	12 150
Otopná tělesa			160 000
Další příslušenství (armatury,...)			15 000
Ekologická likvidace původního vytápění			30 000

Cena celkem 416 450Kč

Tab. 3.23. Investiční náklady opatření č.4



Obr. 3.10. Idealizované schéma otopné soustavy

Úsporné opatření	Energie na vytápění (GJ/rok)		Energie nový stav (GJ/rok)		Cena (Kč/GJ)		Úspora (Kč)
	Dřevo	El.e	Zemní plyn	El.e.	Zemní plyn	El.e	
č.4 – Úprava vytápění	658,8	155,8	681,3	7,4	317	1148	40 035

Tab. 3.24. Úspora provozních nákladů

Číslo opatření	Název	Investiční náklady (Kč)	Úspora energie (GJ/rok)	Úspora energie (%)	Úspora (Kč)	Prostá návratnost (rok)
4	Úprava vytápění	416 450	125,9	12,9	40 035	10,4

Tab. 3.25. Hodnocení opatření č.4

Hledisko vnitřního prostředí a uživatelského komfortu – Provedením tohoto opatření dojde k snížení množství vstupního paliva, k automatizaci obsluhy topné soustavy a zlepšení distribuce tepla mezi prvky topné soustavy a prostorem, což přispěje k zvýšení uživatelského komfortu.

Prostorové nároky – Pro zřízení prostoru kotelny byla vybrána místnost 119 – sklad. Další prostorové nároky se nepředpokládají.

Ekonomické hledisko - Toto opatření má dobrou dobu návratnosti.

Dopad na životní prostředí – Zřízení otopné soustavy s plynovým kotlem nebude mít vliv na životní prostředí, naopak nahrazením původního systému dojde k výraznému snížení emisí CO₂. Provádění stavby může přechodně vyvolat zhoršení životního prostředí v okolí stavby (prašnost, hluk, stavební mechanismy), ale při provádění prací se bude maximálně dbát na to, aby tyto vlivy působily v co nejmenší míře, a případné znečištění bude ihned likvidováno.

3.7.2. Opatření č. 5 – Větrání

V objektu je instalována větrací vzduchotechnická jednotka pro větrání společenských sálů. V rámci tohoto opatření bude stávající vzduchotechnická jednotka nahrazena novou vzduchotechnickou jednotkou se zpětným získáváním tepla. Strojovna vzduchotechniky bude

umístěna v půdním prostoru a větrací vzduch bude rozváděn vzduchotechnickým potrubím k jednotlivým výustkám v sálech.

Úsporné opatření č.5 Úprava větrání	Počet (m)	Cena (Kč/m)	Cena (Kč)
VZT jednotka se zpětným získáváním tepla			55 000
Vzduchotechnické potrubí	40	350	14 000
Izolace VZT potrubí	40	300	12 000
Příslušenství (výustky, ...)			25 000
Ekologická likvidace původního větrání			15 000

Cena celkem 121 000Kč

Tab. 3.26. Investiční náklady opatření č.5

Úsporné opatření	Energie na větrání (GJ/rok)	Energie nový stav (GJ/rok)	Cena (Kč/GJ)	Úspora (Kč)
	El. energie	El. energie	El. energie	
č.5 – Úprava větrání	11,4	3,2	1148	9 416

Tab. 3.27. Úspora provozních nákladů

Číslo opatření	Název	Investiční náklady (Kč)	Úspora energie (GJ/rok)	Úspora energie (%)	Úspora (Kč)	Prostá návratnost (rok)
5	Úprava větrání	121 000	8,2	0,8	9 416	12,9

Tab. 3.28. Hodnocení opatření č.5

Hledisko vnitřního prostředí a uživatelského komfortu – Provedením tohoto opatření dojde k snížení množství vstupní energie a zlepšení parametrů mechanického větrání, což přispěje k zvýšení uživatelského komfortu.

Prostorové nároky – Pro zřízení strojovny vzduchotechniky byl vybrán půdní prostor, který byl dosud nevyužitý. Další prostorové nároky se nepředpokládají.

Ekonomické hledisko - Toto opatření má dobrou dobu návratnosti.

Dopad na životní prostředí – Výměna vzduchotechnické jednotky nebude mít vliv na životní prostředí. Provádění stavby může přechodně vyvolat zhoršení životního prostředí v okolí stavby (prašnost, hluk, stavební mechanismy), ale při provádění prací se bude maximálně dbát na to, aby tyto vlivy působily v co nejmenší míře, a případné znečištění bude ihned likvidováno.

3.7.3. Opatření č. 6 - Příprava TV

Teplá voda v objektu je zajišťována dvěma zásobníkovými elektrickými ohříváči vody. Rozvody teplé vody jsou v dobrém stavu, pouze chybí izolace tohoto potrubí. V tomto úsporném opatření je navržen společný zásobník na teplou vodu (místnost 119) ohříváný plynovým kotlem a izolace potrubí. Ve výpočtu investičních nákladů je uvažováno, že zdroj tepla (plynový kotel) je v objektu již instalován a proto tato položka nebude zahrnuta do výpočtu.

Úsporné opatření č.6 Příprava TV	Počet (m)	Cena (Kč/m)	Cena (Kč)
Zásobník na TV (500l)			40 000
Rozvod potrubí	100	150	15 000
Izolace potrubí	100	75	7 500
Příslušenství (armatury, ...)			5 000
Ekologická likvidace původního systému			15 000

Cena celkem 82 500Kč

Tab. 3.29. Investiční náklady opatření č.6

Úsporné opatření	Energie na přípravu TV (GJ/rok)	Energie nový stav (GJ/rok)	Cena (Kč/GJ)		Úspora (Kč)
	El. energie	Zemní plyn	El. en.	Plyn	
č.6 – Příprava TV	120,6	75,8	1148	317	114 420

Tab. 3.30. Úspora provozních nákladů

Číslo opatření	Název	Investiční náklady (Kč)	Úspora energie (GJ/rok)	Úspora energie (%)	Úspora (Kč)	Prostá návratnost (rok)
6	Příprava TV	82 500	44,8	4,6	114 420	0,7

Tab. 3.31. Hodnocení opatření č.6

Hledisko vnitřního prostředí a uživatelského komfortu – Provedením tohoto opatření dojde k snížení množství vstupní energie a k automatizaci obsluhy přípravy TV, což přispěje k zvýšení uživatelského komfortu.

Prostorové nároky – Pro umístění zásobníku na teplou vodu byla vybrána místnost 119 – sklad. Další prostorové nároky se nepředpokládají.

Ekonomické hledisko - Toto opatření má výbornou dobu návratnosti.

Dopad na životní prostředí – Změna způsobu přípravy teplé vody nebude mít vliv na životní prostředí. Provádění stavby může přechodně vyvolat zhoršení životního prostředí v okolí stavby (prašnost, hluk, stavební mechanismy), ale při provádění prací se bude maximálně dbát na to, aby tyto vlivy působily v co nejmenší míře, a případné znečištění bude ihned likvidováno.

3.7.4. Opatření č. 7 – Osvětlení

V objektu je instalována směsice klasických žárovek o různých příkonech, často bez ochranných skel a krytů. V tomto úsporném opatření se uvažuje instalace úsporných LED žárovek.

Úsporné opatření č.7 Výměna osvětlení	Počet (Ks)	Cena (Kč/Ks)	Cena (Kč)
Ledbulb 10-60W	19	350	6 650
Ledbulb 5-32W	11	200	2 200
Led zářivka	16	1700	27 200
Ekologická likvidace původního osvětlení			5 000

Cena celkem 41 050 Kč

Tab. 3.32. Investiční náklady opatření č.7

Úsporné opatření	Energie na osvětlení (GJ/rok)	Energie nový stav (GJ/rok)	Cena (Kč/GJ)	Úspora (Kč)
	Elektřina	Elektřina	Elektřina	
č.7 – Výměna osvětlení	27,5	1,6	1148	29 848

Tab. 3.33. Úspora provozních nákladů

Číslo opatření	Název	Investiční náklady (Kč)	Úspora energie (GJ/rok)	Úspora energie (%)	Úspora (Kč)	Prostá návratnost (rok)
7	Výměna osvětlení	41 050	26	2,7	29 848	1,4

Tab. 3.34. Hodnocení opatření č.7

Hledisko vnitřního prostředí a uživatelského komfortu – Provedením tohoto opatření dojde k snížení spotřeby elektrické energie a zvýšení osvětlenosti místností, což přispěje k zvýšení uživatelského komfortu.

Prostorové nároky – Toto opatření nezpůsobí změnu vnitřních prostorů budovy.

Ekonomické hledisko - Toto opatření má výbornou dobu návratnosti vzhledem k životnosti opatření

Dopad na životní prostředí – Výměna stávajícího osvětlení nebude mít vliv na životní prostředí.

3.8. Část třetí – Alternativní zdroje energie

V této kapitole jsou specifikovány úsporná opatření spojené s využitím alternativních zdrojů energie. Všechny uvedené ceny jsou včetně DPH a představují průměrnou cenu včetně prací. Průměrná cena za GJ tepla na vytápění elektrickou energií byla stanovena na 1148 Kč/GJ (4,13 Kč/kWh), průměrná cena za GJ tepla na vytápění dřevem byla stanovena 130 Kč/GJ (byla uvažována výhřevnost dřeva 14,62 MJ/kg), průměrná cena na vytápění zemním plynem byla stanovena na 317 Kč/GJ a průměrná cena za GJ tepla na vytápění peletami byla stanovena 325 Kč/GJ (byla uvažována výhřevnost pelet 18,5 MJ/kg).

3.8.1. Opatření č. 8 - Energie vzduchu - Tepelné čerpadlo

Toto úsporné opatření se týká instalace tepelného čerpadla vzduch – voda na podporu vytápění. Ve výpočtu investičních nákladů je uvažováno, že zdroj tepla (plynový kotel) je v objektu již instalován a proto tato položka nebude zahrnuta do výpočtu.

Úsporné opatření č.8 Tepelné čerpadlo	Počet (ks)	Cena (Kč/Ks)	Cena (Kč)
Tepelné čerpadlo vzduch – voda (8kW)	1	90 000	90 000
Akumulační nádrž (500l)	1	30 000	30 000
Příslušenství			20 000

Cena celkem 140 000Kč

Tab. 3.35. Investiční náklady opatření č.8

Úsporné opatření	Energie na vytápění (GJ/rok)		Energie nový stav (GJ/rok)		Cena (Kč/GJ)		Úspora (Kč)
	Dřevo	El.e	Plyn	El.e	Plyn	El.e	
č.8 – Tepelné čerpadlo	658,8	155,8	522,1	24,7	317	1148	70 641

Tab. 3.36. Úspora provozních nákladů

Číslo opatření	Název	Investiční náklady (Kč)	Úspora energie (GJ/rok)	Úspora energie (%)	Úspora (Kč)	Prostá návrátost (rok)
8	Tepelné čerpadlo	140 000	267,8	27,4	70 641	2,0

Tab. 3.37. Hodnocení opatření č.8

Hledisko vnitřního prostředí a uživatelského komfortu – Provedením tohoto opatření dojde k snížení spotřeby vstupní energie. Opatření nijak nezmění uživatelský komfort a vnitřní prostředí.

Prostorové nároky – Pro umístění zásobníku na topnou vodu byla vybrána místnost 119 – sklad. Další prostorové nároky se nepředpokládají.

Ekonomické hledisko - Toto opatření má výbornou dobu návratnosti.

Dopad na životní prostředí – Instalace tepelného čerpadla nebude mít vliv na životní prostředí.

3.8.2. Opaření č. 9 - Energie slunce – Solární panely

V další variantě úsporného opatření se předpokládá instalace solárních panelů na střechu budovy pro přípravu teplé vody. Panely na střeše objektu budou sloužit k pokrytí asi 50% roční potřeby teplé vody. Soustava bude tvořena 10 deskovými kolektory (orientace JZ) s celkovou účinnou plochou 23,1m². K akumulaci teplé vody bude sloužit akumulční zásobník 1500l umístěný v místnosti 119. Předpokládá se existence plynového kotle jako zdroje tepla pro pokrytí požadovaného množství teplé vody.

Úsporné opatření č.9 Solární panely	Počet (ks)	Cena (Kč/Ks)	Cena (Kč)
Solární panel	10	16 000	160 000
Zásobníková nádrž (1500l)	1	60 000	60 000
Příslušenství (EN, čerpadlo, ...)			40 000

Cena celkem 260 000Kč

Tab. 3.38. Investiční náklady opatření č.9

Úsporné opatření	Energie na přípravu TV (GJ/rok)	Energie nový stav (GJ/rok)	Cena (Kč/GJ)	Úspora (Kč)
	Plyn	Plyn	Plyn	
č.9 – Solární panely	120,6	78,5	317	13 346

Tab. 3.39. Úspora provozních nákladů

Číslo opatření	Název	Investiční náklady (Kč)	Úspora energie (GJ/rok)	Úspora energie (%)	Úspora (Kč)	Prostá návratnost (rok)
9	Solární panely	260 000	42,1	4,3	13 346	19,5

Tab. 3.40. Hodnocení opatření č.9

Hledisko vnitřního prostředí a uživatelského komfortu – Provedením tohoto opatření dojde k snížení spotřeby vstupní energie na přípravu teplé vody. Opatření nijak nezmění uživatelský komfort a vnitřní prostředí.

Prostorové nároky – Pro umístění technické místnosti byla vybrána místnost 119 – sklad. Umístění solárních panelů bude na střeše. Další prostorové nároky se nepředpokládají.

Ekonomické hledisko - Toto opatření má dostačující dobu návratnosti vzhledem k životnosti panelů.

Dopad na životní prostředí – Instalace solárních panelů nebude mít vliv na životní prostředí, naopak použitím solárního systému dojde k výraznému snížení emisí CO₂.

3.8.3. Opatření č. 10 - Energie biomasy – Pelety

V rámci tohoto úsporného opatření bude původní vytápění objektu přímotopy a kotlem na kusové dřevo nahrazeno ekologickým plně automatickým kotlem na pelety. Hořák kotle bude za pomoci šnekového dopravníku odebírat pelety ze zásobníku paliva (500l) umístěného vedle kotle. Doplnování zásobníku paliva bude probíhat ručně. Sklad paliva bude ve sklepě, který je nepoužívaný a je vhodný z hlediska přístupnosti pro doplňování paliva. Samotný kotel bude umístěn v místnosti 119, kterou je možno propojit s místností 118. Vzhledem k tomu, že v objektu chybí otopná soustava, bude nutné v rámci tohoto opatření instalovat dvourubkovou otopnou soustavu s plastovými rozvody, desková otopná tělesa, izolaci rozvodů topné vody a odkouření kotle, podobně jako v případě opatření č. 4. Toto opatření je navrženo jako možná alternativa k opatření č. 4 – Instalace plynového kotle.

Úsporné opatření č.10	Počet	Cena	Cena
Kotel na pelety	(m)	(Kč/m)	(Kč)
Automatický kotel na pelety			45 000
Zásobník na pelety			10 000
Akumulační nádrž 500l			30 000
Odkouření kotle			30 000
Rozvody topné vody - plast	162	150	24 300
Izolace rozvodů topné vody	162	75	12 150
Otopná tělesa			160 000
Další příslušenství (armatury,..)			25 000

Cena celkem 312 150Kč

Tab. 3.41. Investiční náklady opatření č.10

Úsporné opatření	Energie na vytápění (GJ/rok)		Energie nový stav (GJ/rok)		Cena (Kč/GJ)		Úspora (Kč)
	Dřevo	El.e	Pelety	El.e	Pelety	El.e	
č.10 – Kotel na pelety	658,8	155,8	523,7	7,4	325	1148	85 805

Tab. 3.42. Úspora provozních nákladů

Číslo opatření	Název	Investiční náklady (Kč)	Úspora energie (GJ/rok)	Úspora energie (%)	Úspora (Kč)	Prostá návratnost (rok)
10	Kotel na pelety	312 150	283,5	29,0	85 805	3,6

Tab. 3.43. Hodnocení opatření č.10

Hledisko vnitřního prostředí a uživatelského komfortu – Provedením tohoto opatření dojde k snížení množství vstupního paliva a zlepšení distribuce tepla mezi prvky topné soustavy a prostorem, což přispěje k zvýšení uživatelského komfortu.

Prostorové nároky – Pro zřízení prostoru kotelny byla vybrána místnost 119 – sklad. Další prostorové nároky se nepředpokládají.

Ekonomické hledisko - Toto opatření má výbornou dobu návratnosti.

Dopad na životní prostředí – Zřízení otopné soustavy s peletkovým kotlem nebude mít vliv na životní prostředí, naopak nahrazením původního systému dojde k výraznému snížení emisí CO₂. Provádění stavby může přechodně vyvolat zhoršení životního prostředí v okolí stavby (prašnost, hluk, stavební mechanismy), ale při provádění prací se bude maximálně dbát na to, aby tyto vlivy působily v co nejmenší míře, a případné znečištění bude ihned likvidováno.

3.9. Varianty úsporných opatření

Z deseti navržených úsporných opatření byly vytvořeny dvě možné varianty kombinací úsporných opatření. Tyto varianty budou energeticky, finančně a ekologicky vyhodnoceny a bude vybrána nejvhodnější varianta, která bude doporučena k provedení.

3.9.1. Varianta I.

První varianta se skládá z kombinace opatření č.1 až opatření č.9.

Číslo	Popis opatření	Popis nákladů	Počet měrných jednotek (m ²)	Počet měrných jednotek (m)(ks)	Cena (Kč/mj)	Cena (Kč)
1	Zateplení obvodových stěn	SO1 (150 mm EPS)	21,72		900	19 548
		SO2 (150 mm EPS)	163,27		900	146 948
		SO3 (150 mm EPS)	48,34		900	43 506
		SO4 (200 mm EPS)	14,71		1000	14 710
		SO5 (150 mm EPS)	57,91		900	52 119
		Izolace základu (150 mm XPS)	79,6		1000	79 600
						356 431
2	Výměna oken a dveří	1800x2100		3	25 000	75 000
		1200x1800		10	18 500	185 000
		600x900		4	9 500	38 000
		1500x1700		1	19 500	19 500
		600x700		1	9 000	9 000
		1500x1500		1	18 300	18 300
		500x700		4	8 800	35 200
		1200x900		2	15 500	31 000
		1450x2700		1	60 000	60 000
		1100x2600		1	55 000	55 000
		1000x1200		1	35 000	35 000
		1800x2600		1	73 000	73 000
						634 000

3	Zateplení podlah stropů a střechy	PD1	111,4		2000	222 800
		PD2	66,5		1900	126 350
		PD3	81,3		1800	146 340
		PD4	7,5		1000	7 500
		PD5	14,6		1100	16 060
		PD6	14,6		1000	14 600
		STR2	16,6		1000	16 600
		SCH1	275,9		900	248 310
		Likvidace původních konstrukcí				50 000
						848 560
4	Plynový kotel	Přípojka plynu				20 000
		Plynový kondenzační kotel				130 000
		Odkouření kondenzačního kotle				25 000
		Rozvody topné vody - plast		162	150	24 300
		Izolace rozvodů topné vody		162	75	12 150
		Otopná tělesa				160 000
		Další příslušenství (armatury,..)				15 000
		Ekologická likvidace původního vytápění				30 000
						416 450
5	VZT jednotka s rekuperací	VZT jednotka se zpětným získáváním tepla				55 000
		Vzduchotechnické potrubí		40	350	14 000
		Izolace VZT potrubí		40	300	12 000
		Příslušenství (výustky, ...)				25 000
		Ekologická likvidace původního větrání				15 000
						121 000

6	Příprava TV (plyn)	Zásobník na TV (500l)				40 000
		Rozvod potrubí		100	150	15 000
		Izolace potrubí		100	75	7 500
		Příslušenství (armatury, ...)				5 000
		Ekologická likvidace původního systému				15 000
						82 500
7	Úsporné osvětlení	Ledbulb 10-60W		19	350	6 650
		Ledbulb 5-32W		11	200	2 200
		Led zářivka		16	1700	27 200
		Ekologická likvidace původního osvětlení				5 000
						41 050
8	Tepelné čerpadlo	Tepelné čerpadlo vzduch – voda		1	90 000	90 000
		Akumulační nádrž (500l)		1	30 000	30 000
		Příslušenství				20 000
						140 000
9	Solární panely	Solární panel		10	16 000	160 000
		Zásobníková nádrž (1500l)		1	60 000	60 000
		Příslušenství (EN, čerpadlo, ...)				40 000
						260 000

Náklady varianty I. Celkem 2 899 991 Kč

Tab. 3.44. Investiční náklady varianty I.

Číslo	Název opatření	Investiční náklady	Úspora energie (GJ/rok)	Úspora celkem (Kč)	Prostá návratnost (rok)
1	Zateplení obvodových stěn	356 431	177,2	69 864	5,1
2	Výměna oken a dveří	634 000	72,2	25 674	24,7
3	Zateplení podlah stropů a střechy	848 560	122	46 400	18,3
4	Plynový kotel	416 450	125,9	40 035	10,4
5	Větrání s rekuperací	121 000	8,2	9 416	12,9
6	Příprava TV (plyn)	82 500	44,8	114 420	0,7
7	Úsporné osvětlení	41 050	26	29 848	1,4
8	Tepelné čerpadlo	140 000	267,8	70 641	2,0
9	Solární panely	260 000	42,1	13 346	19,5
Celkem	Varianta II.	2 899 991	904	419 644	6,9

Tab. 3.45. Hodnocení varianty I.

(Pozn.: Rozdíl v hodnotě spotřeby energie (GJ/rok) ze součtu jednotlivých úsporných opatření a v hodnotě dané výpočtem zahrnujícím všechny úsporná opatření najednou je daný vlivem synergie.)

Spotřeba energie dodaná do budovy 75 GJ/rok

Hodnotící ukazatel měrné spotřeby energie budovy 61,0 kWh/m².rok

Hodnota odpovídá třídě **B – úsporná**

Požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy

průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} 0,30 W/m²K

limit $U_{em,lim}$ 0,44 W/m²K....splněno

3.9.2. Varianta II.

Druhá varianta se skládá z úprav stavebních konstrukcí (opatření č.1, č.2, č.3), z úprav systémů TZB (opatření č.4, č.6) a z využití alternativních zdrojů energie (opatření č. 8 a č. 9), tak aby byl splněn požadavek normy na třídu energetické náročnosti budovy C.

Číslo	Popis opatření	Popis nákladů	Počet měrných jednotek (m ²)	Počet měrných jednotek (m)(ks)	Cena (Kč/mj)	Cena (Kč)
1	Zateplení obvodových stěn	SO1 (150 mm EPS)	21,72		900	19 548
		SO2 (150 mm EPS)	163,27		900	146 948
		SO3 (150 mm EPS)	48,34		900	43 506
		SO4 (200 mm EPS)	14,71		1000	14 710
		SO5 (150 mm EPS)	57,91		900	52 119
		Izolace základu (150 mm XPS)	79,6		1000	79 600
2	Výměna oken a dveří	1800x2100		3	25 000	75 000
		1200x1800		10	18 500	185 000
		600x900		4	9 500	38 000
		1500x1700		1	19 500	19 500
		600x700		1	9 000	9 000
		1500x1500		1	18 300	18 300
		500x700		4	8 800	35 200
		1200x900		2	15 500	31 000
		1450x2700		1	60 000	60 000
		1100x2600		1	55 000	55 000
		1000x1200		1	35 000	35 000
		1800x2600		1	73 000	73 000
3	Zateplení podlah stropů a střechy	PD1	111,4		2000	222 800
		PD2	66,5		1900	126 350
		PD3	81,3		1800	146 340

		PD4	7,5		1000	7 500
		PD5	14,6		1100	16 060
		PD6	14,6		1000	14 600
		STR2	16,6		1000	16 600
		SCH1	275,9		900	248 310
		Likvidace původních konstrukcí				50 000
						848 560
4	Plynový kotel	Přípojka plynu				20 000
		Plynový kondenzační kotel				130 000
		Odkouření kondenzačního kotle				25 000
		Rozvody topné vody - plast		162	150	24 300
		Izolace rozvodů topné vody		162	75	12 150
		Otopná tělesa				160 000
		Další příslušenství (armatury,..)				15 000
		Ekologická likvidace původního vytápění				30 000
						416 450
6	Příprava TV (plyn)	Zásobník na TV (500l)				40 000
		Rozvod potrubí		100	150	15 000
		Izolace potrubí		100	75	7 500
		Příslušenství (armatury, ...)				5 000
		Ekologická likvidace původního systému				15 000
						82 500
8	Tepelné čerpadlo	Tepelné čerpadlo vzduch – voda		1	90 000	90 000
		Akumulační nádrž (500l)		1	30 000	30 000
		Příslušenství				20 000
						140 000

9	Solární panely	Solární panel		10	16 000	160 000
		Zásobníková nádrž (1500l)		1	60 000	60 000
		Příslušenství (EN, čerpadlo, ...)				40 000
						260 000

Náklady varianty II. Celkem 2 737 941 Kč

Tab. 3.46. Investiční náklady varianta II.

Číslo	Název opatření	Investiční náklady	Úspora energie (GJ/rok)	Úspora celkem (Kč)	Prostá návratnost (rok)
1	Zateplení obvodových stěn	356 431	177,2	69 864	5,1
2	Výměna oken a dveří	634 000	72,2	25 674	24,7
3	Zateplení podlah stropů a střechy	848 560	122	46 400	18,3
4	Plynový kotel	416 450	125,9	40 035	10,4
6	Příprava TV (plyn)	82 500	44,8	114 420	0,7
8	Tepelné čerpadlo	140 000	267,8	70 641	2,0
9	Solární panely	260 000	42,1	13 346	19,5
Celkem	Varianta I.	2 737 941	847	380 380	7,2

Tab. 3.47 Hodnocení varianty II.

(Pozn.: Rozdíl v hodnotě spotřeby energie (GJ/rok) ze součtu jednotlivých úsporných opatření a v hodnotě dané výpočtem zahrnujícím všechny úsporná opatření najednou je daný vlivem synergie.)

Spotřeba energie dodaná do budovy	132 GJ/rok
Hodnotící ukazatel měrné spotřeby energie budovy	108 kWh/m ² .rok
Hodnota odpovídá třídě	C – vyhovující
Požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy	
průměrný součinitel prostupu tepla U_{em}	0,30 W/m ² K
limit $U_{em,lim}$	0,44 W/m ² K....splněno

3.10. Vyhodnocení variant úsporných opatření

3.10.1. Ekonomické vyhodnocení

Ekonomické vyhodnocení daných variant úsporných opatření je stanoveno za určitých předpokladů, a to že navržené varianty budou realizovány ze zdrojů investora bez úvěrů nebo dotací a životnost opatření bude 30 let.

Ekonomické vyhodnocení bude provedeno podle několika ukazatelů – prostá doba návratnosti T_s , reálná doba návratnosti T_{sd} , čistá současná hodnota NPV, vnitřní výnosové procento IRR.

Prostá doba návratnosti vyjadřuje, za jak dlouho se vrátí investice a nezohledňuje změnu hodnoty investice v čase.¹²

$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

Kde T_sdoba návratnosti
 CFroční úspora nákladů
 INinvestiční výdaj

Reálná doba návratnosti zohledňuje vliv času na investiční projekt – pracuje s diskontní sazbou.¹²

$$\sum_{t=1}^{T_{sd}} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN = 0$$

Kde T_{sd}doba návratnosti
 CF_troční úspora nákladů v roce t
 rdiskontní míra
 INinvestiční výdaj

Čistá současná hodnota je rozdíl mezi diskontovanými peněžními toky po celou dobu životnosti investice a investičním výdajem.¹²

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_{\check{z}}} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN$$

Kde NPV.....čistá současná hodnota
 $T_{\bar{z}}$doba životnosti
 CF_troční úspora nákladů v roce t
r.....diskontní míra
IN.....investiční výdaj

Vnitřní výnosové procento je taková výše diskontní sazby, při které se čistá současná hodnota rovná nule.¹²

$$\sum_{t=1}^{T_{\bar{z}}} CF_t \cdot (1 + IRR)^{-t} - IN = 0$$

Kde IRR.....vnitřní výnosové procento
 $T_{\bar{z}}$doba životnosti
 CF_troční úspora nákladů v roce t
r.....diskontní míra
IN.....investiční výdaj

Doba životnosti projektu byla stanovena na 30 let, ceny jsou včetně DPH a diskontní sazba byla uvažována 3%.

Parametr	Jednotka	Varianta I.	Varianta II.
Investiční výdaje projektu	Kč	2 899 991	2 737 941
Změna nákladů na energie	Kč	419 644	380 380
Změna ostatních provozních nákladů	Kč	0	0
-změna osobních nákladů (mzdy, pojistě)	Kč	0	0
-změna ostatních provozních nákladů	Kč	0	0
-změna nákladů na emise a odpady	Kč	0	0
Přínosy projektu celkem	Kč	419 644	380 380
Doba hodnocení	roky	30	30
Roční růst cen energie	%	3	3
Diskont	%	3	3
Ts – prostá doba návratnosti	roky	6,9	7,2
Tsd – reálná doba návratnosti	roky	7,9	8,4
NPV – čistá současná hodnota	tis. Kč	5 325 217	4 717 675
IRR – vnitřní výnosové procento	%	14,2	13,6

Tab. 3.48. Ekonomické vyhodnocení variant

3.10.2. Vyhodnocení z hlediska vlivu na životní prostředí

Ekologické hodnocení se provádí metodou globálního hodnocení dle zákona č. 480/2012 Sb.

Znečišťující látka	Výchozí stav	Varianta I.	Rozdíl	Varianta II.	Rozdíl
	t/rok	t/rok	t/rok	t/rok	t/rok
Tuhé znečišťující látky	0,597	0,004	0,593	0,008	0,589
SO ₂	0,209	0,019	0,190	0,040	0,169
NO _x	0,274	0,017	0,257	0,036	0,238
CO	0,080	0,004	0,076	0,009	0,071
CO ₂	148,8	12,91	135,89	26,73	122,07

Tab. 3.49. Vyhodnocení vlivu na životní prostředí

3.11. Závěrečné stanovisko

3.11.1. Hodnocení stávajícího stavu objektu

Zkoumaným objektem je budova postavená kolem roku 1920, postupně rekonstruovaná až do dnešní podoby, která sloužila jako základní škola. Dnes se využívá jako polyfunkční dům, a to především v zimních měsících, kdy slouží jako turistické zázemí pro nedaleký vlek. Jinak se využívá jako knihovna a pro konání společenských akcí. Některé konstrukce jsou zcela původní, často nefunkční a nevyhovují dnešním požadavkům norem a legislativy. Stejně tak je nevyhovující technické zařízení budovy, které je energeticky velmi náročné. Toto dokumentuje následující shrnutí.

Spotřeba energie dodaná do budovy	979 GJ/rok
Hodnotící ukazatel měrné spotřeby energie budovy	798 kWh/m ² .rok
Hodnota odpovídá třídě	G – mimořádně nevhodná
Požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy	
průměrný součinitel prostupu tepla U _{em}	0,92 W/m ² K
limit U _{em,lim}	0,40 W/m ² K.... nesplněno

3.11.2. Návrh optimální varianty energeticky úsporného opatření

Z celkem navržených 10 úsporných opatření byly vytvořeny dvě varianty možných úsporných opatření. První je souhrnem všech úsporných opatření, v druhé jsou zkombinována opatření ze stavební části, z úprav systémů TZB a z využití obnovitelných zdrojů energie.

Číslo	Název opatření	Investiční náklady	Úspora energie (GJ/rok)	Úspora celkem (Kč)	Prostá návratnost (rok)
1	Zateplení obvodových stěn	356 431	177,2	69 864	5,1
2	Výměna oken a dveří	634 000	72,2	25 674	24,7
3	Zateplení podlah stropů a střechy	848 560	122	46 400	18,3
4	Plynový kotel	416 450	125,9	40 035	10,4
5	Větrání s rekuperací	121 000	8,2	9 416	12,9
6	Příprava TV (plyn)	82 500	44,8	114 420	0,7
7	Úsporné osvětlení	41 050	26	29 848	1,4
8	Tepelné čerpadlo	140 000	267,8	70 641	2,0
9	Solární panely	260 000	42,1	13 346	19,5
Celkem	Varianta II.	2 899 991	904	419 644	6,9

Tab. 3.50. Hodnocení varianty I.

(Pozn.: Rozdíl v hodnotě spotřeby energie (GJ/rok) ze součtu jednotlivých úsporných opatření a v hodnotě dané výpočtem zahrnujícím všechny úsporná opatření najednou je daný vlivem synergie.)

Spotřeba energie dodaná do budovy	75 GJ/rok
Hodnotící ukazatel měrné spotřeby energie budovy	61,0 kWh/m ² .rok
Hodnota odpovídá třídě	B – úsporná
Požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy	
průměrný součinitel prostupu tepla U_{em}	0,30 W/m ² K
limit $U_{em,lim}$	0,44 W/m ² K....splněno

Číslo	Název opatření	Investiční náklady	Úspora energie (GJ/rok)	Úspora celkem (Kč)	Prostá návratnost (rok)
1	Zateplení obvodových stěn	356 431	177,2	69 864	5,1
2	Výměna oken a dveří	634 000	72,2	25 674	24,7
3	Zateplení podlah stropů a střechy	848 560	122	46 400	18,3
4	Plynový kotel	416 450	125,9	40 035	10,4
6	Příprava TV (plyn)	82 500	44,8	114 420	0,7
8	Tepelné čerpadlo	140 000	267,8	70 641	2,0
9	Solární panely	260 000	42,1	13 346	19,5
Celkem	Varianta I.	2 737 941	847	380 380	7,2

Tab. 3.51. Hodnocení varianty II.

(Pozn.: Rozdíl v hodnotě spotřeby energie (GJ/rok) ze součtu jednotlivých úsporných opatření a v hodnotě dané výpočtem zahrnujícím všechny úsporná opatření najednou je daný vlivem synergie.)

Spotřeba energie dodaná do budovy 132 GJ/rok

Hodnotící ukazatel měrné spotřeby energie budovy 108 kWh/m².rok

Hodnota odpovídá třídě **C – vyhovující**

Požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy

průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} 0,30 W/m²K

limit $U_{em,lim}$ 0,44 W/m²K....splněno

Parametr	Jednotka	Varianta I.	Varianta II.
Investiční výdaje projektu	Kč	2 899 991	2 737 941
Změna nákladů na energie	Kč	419 644	380 380
Změna ostatních provozních nákladů	Kč	0	0
-změna osobních nákladů (mzdy, pojistné)	Kč	0	0
-změna ostatních provozních nákladů	Kč	0	0
-změna nákladů na emise a odpady	Kč	0	0
Přínosy projektu celkem	Kč	419 644	380 380
Doba hodnocení	roky	30	30

Roční růst cen energie	%	3	3
Diskont	%	3	3
Ts – prostá doba návratnosti	roky	6,9	7,2
Tsd – reálná doba návratnosti	roky	7,9	8,4
NPV – čistá současná hodnota	tis. Kč	5 325 217	4 717 675
IRR – vnitřní výnosové procento	%	14,2	13,6

Tab. 3.52. Ekonomické vyhodnocení variant

Znečišťující látka	Výchozí stav	Varianta I.	Rozdíl	Varianta II.	Rozdíl
	t/rok	t/rok	t/rok	t/rok	t/rok
Tuhé znečišťující látky	0,597	0,004	0,593	0,008	0,589
SO ₂	0,209	0,019	0,190	0,040	0,169
NO _x	0,274	0,017	0,257	0,036	0,238
CO	0,080	0,004	0,076	0,009	0,071
CO ₂	148,8	12,91	135,89	26,73	122,07

Tab. 3.53. Vyhodnocení vlivu na životní prostředí

Vzhledem ke stáří a stavu objektu bylo nutné navrhnout větší množství úsporných opatření, aby bylo možné zařadit budovu alespoň do třídy energetické náročnosti C a budova vyhověla legislativním požadavkům. Investiční výdaje varianty I. a II. jsou si vzhledem k objemu celé investice podobné, stejně tak reálná doba návratnosti jednotlivých variant se příliš neliší. Proto je vhodnější varianta I., která umožní zatřídění objektu do třídy energetické náročnosti B a bude menším zatížením pro životní prostředí při provozu objektu.

	Spotřeba energie původní stav (GJ/rok)	Spotřeba energie Varianta I. (GJ/rok)
Vytápění	814,6	15,9
Chlazení	0	0
Mechanické větrání	11,4	3,2
Příprava TV	120,6	54,2
Osvětlení	27,5	1,6
Celkem	978,66	75

Tab. 3.54. Vyhodnocení rozložení spotřeby energie varianty I.

(Pozn.: Rozdíl v hodnotě spotřeby energie (GJ/rok) ze součtu jednotlivých úsporných opatření a v hodnotě dané výpočtem zahrnujícím všechny úsporná opatření najednou je daný vlivem synergie.)

3.12. Evidenční list energetického posudku

podle § 9a odst.1 písm. d) zákona č. 406/2000Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů

Evidenční číslo	00001/2014
-----------------	------------

1. Část – Identifikační údaje

1. Jméno (jména) příjmení (název) nebo obchodní firma vlastníka předmětu EP			
Obec Bohdík			
2. Adresa trvalého bydliště/sídlo, popřípadě adresa pro doručování			
a) ulice	b) č.p./č.o.	c) část obce	
Bohdík	163		
d) obec	e) PSČ	f) email	g) telefon
Bohdík	789 64	podatelna@bohdik.cz	583 246 123
3. Identifikační číslo osoby, pokud bylo přiděleno			
00302376			
4. Údaje o statutárním orgánu			
a) jméno	b) kontakt		
Obec Bohdík	583 246 123		
5. Předmět energetického posudku			
a) název			
Polyfunkční dům Komňátka			
b) adresa nebo umístění			
Komňátka 57, Bohdík 789 64			
c) popis předmětu EP			
Jedná se o poměrně rozsáhlý jednopodlažní, částečně podsklepený objekt bývalé základní školy, po přestavbě sloužící jako víceúčelové zařízení.			

2. Část – Seznam stanovených kritérií

1. Energetická kritéria
Snížit třídu energetické náročnosti objektu z třídy G na minimálně třídu C.
2. Ekologická kritéria
Snížit zatížení emisemi škodlivých látek (tuhé znečišťující látky, SO ₂ , NO _x , CO, CO ₂), vznikajících ze stávajícího užívání objektu.
3. Ekonomická kritéria
Snížit náklady na energie dodané do objektu na provoz systémů TZB.
4. Technická a ostatní kritéria
Použití technických zařízení s vysokou účinností, nízkou energetickou náročností a zvýšit uživatelský komfort spojený s užíváním objektu.

3. Část – Údaje o posuzovaném návrhu

1. Popis návrhu
Zvolený návrh se skládá ze tří částí. V první části, stavební části, bude zateplena obálka budovy, vyměněna okna a dveře a zatepleny podlahy, stropy a střecha budovy. V druhé části, týkající se úprav systémů TZB, je navržena výměna starého kotle na kusové dřevo a elektrických přímotopů za kondenzační plynový kotel, změna přípravy teplé vody z elektrického ohřevu na ohřev kondenzačním plynovým kotlem, výměna klasických žárovek za úsporné zářivky a výměna vzduchotechnické jednotky za novou využívající rekuperaci odpadního vzduchu. V třetí části, využívající obnovitelné zdroje energie, je navrženo tepelné čerpadlo vzduch voda pro podporu vytápění a systém se solárními panely pro podporu přípravy teplé vody.
2. Základní energetické, ekologické, ekonomické, technické a ostatní údaje
Realizací tohoto návrhu dojde k snížení energetické náročnosti objektu. Také z hlediska vlivu na životní prostředí dojde k výraznému snížení emisí znečišťujících látek. Po ekonomické stránce bude investor méně zatížen náklady na provoz objektu a i uživatelský komfort se výrazně zvýší.

4. Část – Výsledky posouzení proveditelnosti návrhu podle stanovených kritérií

1. Proveditelnost podle energetických kritérií
Provedením tohoto opatření dojde k snížení měrné spotřeby energie budovy z původních 798 kWh/m ² .rok na 61,0 kWh/m ² .rok, to znamená zařídění do třídy energetické náročnosti B a snížení nákladů na provoz objektu.
2. Proveditelnost podle ekologických kritérií
Realizací dojde k snížení emisí znečišťujících látek, především tuhých znečišťujících látek o 0,593 t/rok, to je o téměř o 70 %.
3. Proveditelnost podle ekonomických kritérií
Reálná doba návratnosti úsporného opatření je 7,9 let. Tato doba návratnosti je velmi dobrá a projekt je z tohoto hlediska vhodný k realizaci.
4. Proveditelnost podle technických a ostatních kritérií
Stavební objekt je ve špatném technickém, realizací úsporných opatření dojde k zlepšení uživatelského komfortu. Z hlediska prostorových nároků se v objektu nachází místnosti, do kterých lze umístit technické zázemí pro systémy TZB.

5. Část – Doporučení a podmínky proveditelnosti

1. Doporučení
Tato varianta úsporných opatření je velmi vhodná k realizaci, vzhledem k nízké době návratnosti investic a výraznému snížení množství energie dodané do objektu a tím snížení nákladů investora na provoz objektu.
2. Podmínky proveditelnosti
Po dobu provádění stavby je třeba zajistit dodržování závazných bezpečnostních předpisů ve stavebnictví a nařízení vlády a dále dodržení obecných požadavků na výstavbu zejména vyhlášky 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby, vyhlášky č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb a zákona č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. Tento projekt není realizačním projektem.

6. Část – Údaje o energetickém specialistovi

1. Jméno (jména) a příjmení		Titul	
Pavla Rulíšková		Bc.	
2. Číslo oprávnění v seznamu energ. Specialistů		3. Datum vydání oprávnění	
xxxxxx		xx.xx.xxxx	
4. Datum posledního průběžného vzdělávání			
xx.xx.xxxx			
5. Podpis		6. Datum	
		Leden 2014	

ČÁST C – EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ

4. Teoretické stanovení součinitele prostupu tepla pomocí termografie

4.1. Termografie ve stavebnictví

Ve stavebnictví se termovize využívá běžně především k bezkontaktnímu průzkumu rozložení teplot na povrchu stavebních konstrukcí a následného určení míst v konstrukcích, ve kterých dochází ke zvýšeným tepelným ztrátám vlivem tepelných mostů i důsledkem nesprávného provedení styků a spár, tedy diagnostikování kvality obálky budovy.

V této části mé práce se zabývám využitím termografie k experimentálnímu stanovení součinitele prostupu tepla. Předmětem práce je zjistit, zda výše zmíněné experimentální měření poskytuje přesné výsledky v závislosti na použité měřicí technice a vstupních hodnotách v porovnání s výpočtem podle ČSN 730540-4 Tepelná ochrana budov – Výpočtové metody.

4.2. Teorie experimentu

Následující postup řešení vychází z článku zveřejněného na webových stránkách www.tzb-info.cz, autory článku jsou Ing. Petr Horák, Ph.D., Ing. Marcel Koňářík, Ing. Iva Ambrožová.

Vstupní hodnoty: teplota uvnitř místnosti t_i
teplota v exteriéru t_e
teplota povrchu konstrukce v exteriéru t_{pe}
součinitel přestupu tepla α_e

Z těchto vstupních hodnot můžeme určit součinitel prostupu tepla U . Vycházíme z rovnice tepelného toku

$$Q = U \cdot S \cdot (t_i - t_e)$$

kde Q – tepelný tok (W)
 S – plocha povrchu (m^2)
 t_i – teplota vzduchu v interiéru ($^{\circ}C$)
 t_e – teplota vzduchu v exteriéru ($^{\circ}C$)

Dále použijeme rovnice pro přenos tepla z povrchu konstrukce

$$Q = \alpha_e \cdot S \cdot (t_{pe} - t_e)$$

kde α_e – součinitel přestupu tepla (W/m^2k)
 t_{pe} – teplota povrchu konst. v ext. ($^{\circ}C$)

Na základě rovnosti tepelných toků platí

$$U \cdot (t_i - t_e) = \alpha_e \cdot (t_{pe} - t_e)$$

Z tohoto vztahu lze vyjádřit rovnice pro výpočet součinitele prostupu tepla

$$U = \alpha_e \cdot \frac{(t_{pe} - t_e)}{(t_i - t_e)}$$

Výpočet bude rozdělen do dvou částí. V první části bude hodnota součinitele přestupu tepla zvolena 25 W/m²K. V druhé části bude tento součinitel stanoven přesně výpočtem podle následujících fyzikálních vztahů.

Součinitel přestupu tepla je tvořen dvěma složkami, a to konvekční α_k a radiační α_r .

$$\alpha_e = \alpha_r + \alpha_k$$

Součinitel přestupu tepla radiací je možné přesně stanovit s pomocí následující rovnice

$$\alpha_r = \frac{\dot{q}}{(t_{pe} - t_e)}$$

kde \dot{q} – hustota měrného tepelného toku radiací (W/m²)

Hustota tepelného toku radiací \dot{q} na externí straně obvodové stěny se skládá z vlastního radiačního toku a radiačního toku odraženého z okolního prostředí. Při jeho výpočtu lze postupovat následovně

$$\dot{q} = \dot{q}_z - \dot{q}_0$$

kde \dot{q}_z – hustota měrného tep.toku radiací

\dot{q}_0 – hustota měrného tep.toku radiací okolního prostředí (W/m²)

Dále platí následující rovnice

$$\dot{q}_z \approx \varepsilon \cdot \sigma_0 \cdot T_{pe}^4$$

kde ε – emisivita povrchu (-)

σ_0 – Stefan – Boltzmanova konstanta

$$\sigma_0 = 5,6697 \cdot 10^{-8} \text{ (W/m}^2\text{K}^4\text{)}$$

T_{pe} – termodyn. teplota povrchu (K)

Hustotu vlastního měrného tepelného toku radiací okolního prostředí lze vyjádřit následně takto:

$$\dot{q}_0 \approx (1 - \varepsilon) \cdot \sigma_0 \cdot T_r^4$$

kde T_r – radiační teplota (K)

Pro součinitel přestupu při volném proudění podél svislé konstrukce v neohraničeném prostoru platí rovnice

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda}{h}$$

kde Nu – Nusseltovo číslo (-)

λ – součinitel tepelné vodivosti (W/mK)

h – charakteristický rozměr (m)

Nusseltovo číslo je možné stanovit z rovnice

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n \quad \text{kde} \quad C, n \text{ – konstanty stanovené experim. (-)}$$

Gr – Grasshoffovo číslo (-)

Pr – Prandtlovo číslo (-)

Grasshoffovo číslo je možné vypočítat ze vztahu:

$$Gr = \frac{\beta \cdot g \cdot h^3 \cdot \Delta t}{\nu^2} \quad \text{kde} \quad \beta \text{ – souč. teplotní roztažnosti (K}^{-1}\text{)}$$

g – tíhové zrychlení (m/s^2)

h – charakteristický rozměr (m)

Δt – rozdíl tep. vzduchu a povrchu (K)

ν – kinematická viskozita (m^2/s)

Prandtlovo číslo lze vypočítat pomocí vztahu

$$Pr = \frac{\nu}{a} \quad \text{kde} \quad a \text{ – teplotní vodivost (m}^2\text{/s)}$$

Konstanty C a n závisí na druhu a intenzitě proudění. V souvislosti s tepelnou technikou se používají hodnoty $C = 0,135$ a $n = 1/3$. Dosadí-li se tyto hodnoty do vztahu a také hodnoty příslušných veličin do Nusseltova, Grasshoffova a Prandtlova čísla, může se vyjádřit součinitel přestupu tepla v tomto tvaru [5]:

$$\alpha_k = K \cdot (t_{pe} - t_e)^{1/3}$$

Číselná hodnota $K = 1,73$ představuje souhrn všech číselných hodnot dosažených do vztahu při určující teplotě $t_{ur} = 0$ °C. Jestliže je určující teplota $t_{ur} \neq 0$ °C, mají fyzikální veličiny dosazované do podobnostních čísel Nu , Gr , Pr jiné hodnoty, takže i jejich souhrnná hodnota K bude jiná než 1,73. Tato hodnota K se zjistí, v závislosti na určující teplotě t_{ur} , z tab. 1.

t_{ur} (°C)	-30	-20	-10	0	10	20	30	50
K (-)	1,87	1,82	1,77	1,73	1,68	1,64	1,61	1,54

Tab.4.1. Činitel korekce K v závislosti na určující teplotě t_{ur}

Určující teplota t_{ur} se stanovuje jako aritmetický průměr teploty na povrchu konstrukce a teploty vzduchu

$$t_{ur} = 0,5 \cdot (t_{pe} + t_e)$$

4.3. Měření

4.3.1. Popis měření

Pro účel experimentu byl vybrán objekt nacházející se v areálu fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně – budova D. V tomto objektu byly vytypovány dvě místnosti (D205 a D306) s rozdílnou tloušťkou zkoumané obvodové stěny a rozdílným užíváním v době měření, čímž byly zajištěny rozdílné hodnoty vstupující do výpočtu. K měření byly použity dvě rozdílné termokamery, aby byl postihnut vliv měřící techniky na výsledek experimentu.

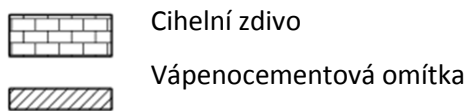
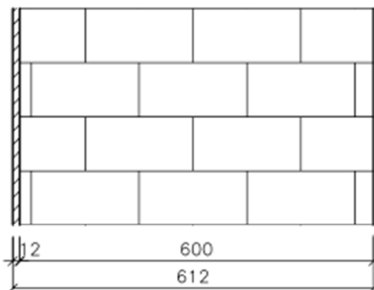
K měření byly použity následující přístroje: univerzální dataloger ALMENO 2590-4S s čidlem pro měření teploty a sondou pro měření povrchové teploty, termokamery FLIR E50 a FLUKE IR FlexCam.

V první části experimentu byly stanoveny tloušťky obvodových zdí pomocí svinovacího metru a následně byla změřena teplota vzduchu teplotním čidlem v interiéru jednotlivých místností. V další části byla pomocí teplotní sondy změřena teplota povrchu konstrukce v exteriéru a podle této hodnoty byla nastavena hodnota emisivity v termokameře, kterou byly pořízeny termografické snímky.

4.3.2. Naměřená data

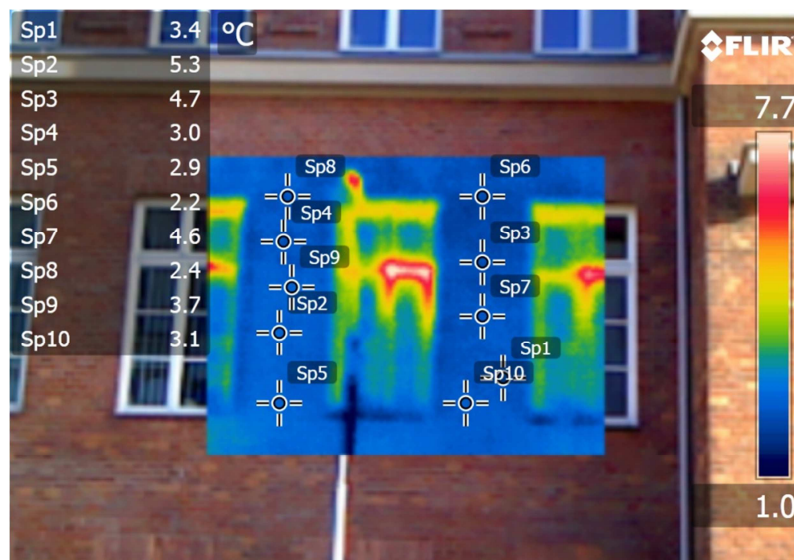
Místnost D205

Místnost byla v době měření z větší části obsazena studenty. Naměřená teplota vzduchu v místnosti: $t_i=22,5^{\circ}\text{C}$

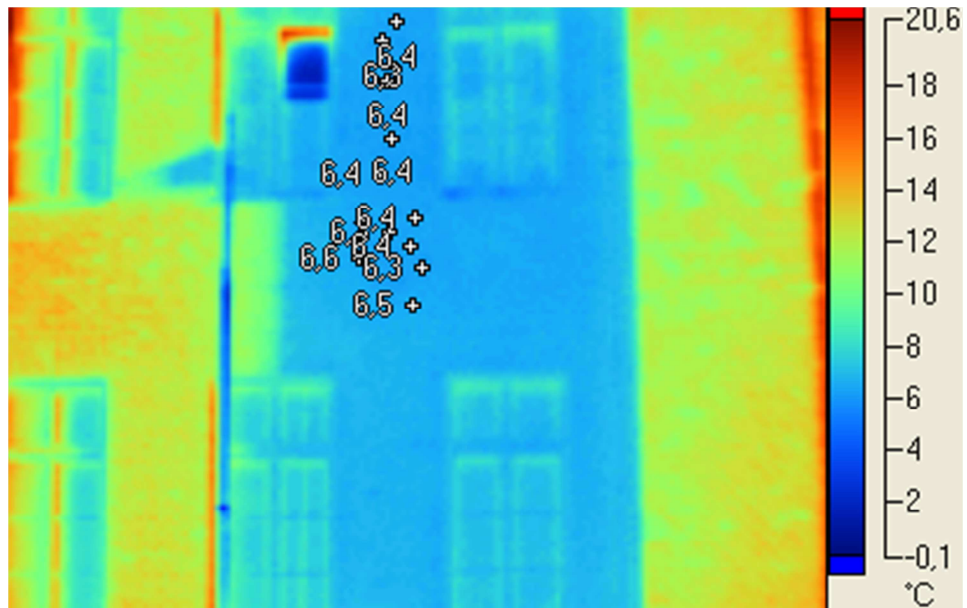


Obr.4.1 Schéma a fotografie měřené konstrukce

Teplota v exteriéru byla zjištěna z meteorologických dat měřených na permanentní stanici v areálu fakulty stavební Brno: $t_e=3,4^{\circ}\text{C}$



Obr. 4.2 Termogram pořízený termokamerou Flir E50



Obr. 4.3 Termogram pořízený termokamerou Fluke

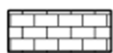
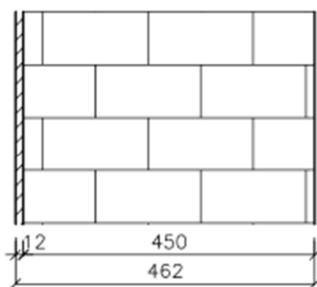
Teplota v exteriéru: $t_e=3,8^\circ\text{C}$

Povrchové teploty:

Sp1=6,5°C; Sp2=6,3°C; Sp3=6,4°C; Sp4=6,4°C; Sp5=6,4°C; Sp6=6,3°C; Sp7=6,6°C; Sp8=6,4°C;
Sp9=6,4°C; Sp10=6,3°C

Místnost D306

Místnost byla v době měření prázdná. Naměřená teplota vzduchu v místnosti: $t_i=21,5^\circ\text{C}$



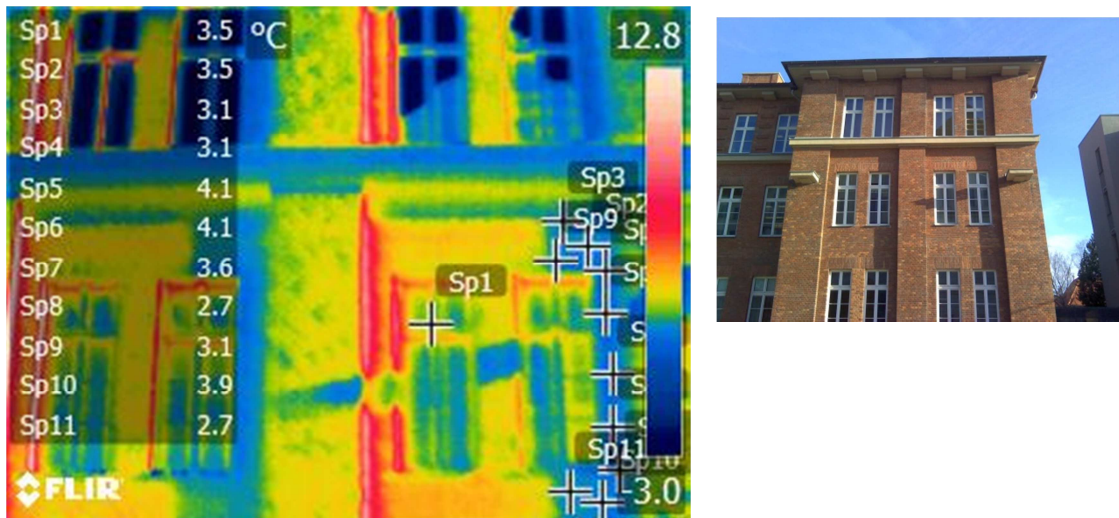
Cihelní zdivo



Vápenocementová omítka

Obr. 4.4 Schéma a fotografie měřené konstrukce

Teplota v exteriéru byla zjištěna z meteorologických dat měřených na permanentní stanici v areálu fakulty stavební Brno: $t_e=3,4^\circ\text{C}$



Obr. 4.5 Termosnímek pořízený termokamerou Flir

4.4. Zpracování naměřených dat

4.4.1. Zjednodušený výpočet součinitele prostupu tepla z naměřených hodnot

Místnost D205

Vstupní hodnoty: $t_{e,Flir E50}=3,4^\circ\text{C}$; $t_{e,Fluke}=3,8^\circ\text{C}$; $t_i=22,5^\circ\text{C}$; $\alpha_e=25 \text{ W/m}^2\text{k}$

$$t_{pe,Flir E50} = \frac{3,4+5,3+4,7+3,0+2,9+2,2+4,6+2,4+3,7+3,1}{10} = 3,53^\circ\text{C}$$

$$t_{pe,Fluke} = \frac{6,5+6,3+6,4+6,4+6,4+6,3+6,6+6,4+6,4+6,3}{10} = 6,40^\circ\text{C}$$

Výsledná hodnota součinitele prostupu tepla

$$U_{Flir E50} = \alpha_e \cdot \frac{(t_{pe} - t_e)}{(t_i - t_e)} = 25 \cdot \frac{(3,53 - 3,4)}{(22,5 - 3,4)} = 0,170 \text{ W/m}^2\text{k}$$

$$U_{Fluke} = \alpha_e \cdot \frac{(t_{pe} - t_e)}{(t_i - t_e)} = 25 \cdot \frac{(6,40 - 3,8)}{(22,5 - 3,8)} = 3,476 \text{ W/m}^2\text{k}$$

Místnost D306

Vstupní hodnoty: $t_{e,Flir E50}=3,4^\circ\text{C}$; $t_i=21,5^\circ\text{C}$; $\alpha_e=25 \text{ W/m}^2\text{k}$

$$t_{pe,Flir E50} = \frac{3,5+3,1+3,1+4,1+4,1+3,6+2,7+3,1+3,9+2,7}{10} = 3,93^\circ\text{C}$$

Výsledná hodnota součinitele prostupu tepla

$$U_{Flir E50} = \alpha_e \cdot \frac{(t_{pe} - t_e)}{(t_i - t_e)} = 25 \cdot \frac{(3,93 - 3,4)}{(21,5 - 3,4)} = 0,732 \text{ W/m}^2\text{k}$$

4.4.2. Podrobný výpočet součinitele prostupu tepla z naměřených hodnot

Místnost D205

Vstupní hodnoty: $t_{e,Flir E50}=3,4^{\circ}\text{C}$; $t_{e,Fluke}=3,8^{\circ}\text{C}$; $t_i=22,5^{\circ}\text{C}$

$$t_{pe,Flir E50} = \frac{3,4+5,3+4,7+3,0+2,9+2,2+4,6+2,4+3,7+3,1}{10} = 3,53^{\circ}\text{C}$$

$$t_{pe,Fluke} = \frac{6,5+6,3+6,4+6,4+6,4+6,3+6,6+6,4+6,4+6,3}{10} = 6,40^{\circ}\text{C}$$

Z výše uvedených fyzikálních rovnic byly stanoveny tyto hodnoty pro termokameru Flir:

- hustota měrného tepelného toku radiací q_z	315,6 W/m ²
- hustota měrného tep. toku radiací okolního prostředí q_o	15,8 W/m ²
- hustota tepelného toku radiací q	299,9 W/m ²
- součinitel přestupu tepla radiací α_r	2306,6 W/m ² K
- určující teplota t_{ur}	3,465 °C
- součinitel K	1,713 –
- součinitel přestupu tepla konvekcí α_k	0,87 W/m ² K
- součinitel přestupu tepla α	2306,60 W/m ² K

$$U_{Flir E50} = \alpha_e \cdot \frac{(t_{pe} - t_e)}{(t_i - t_e)} = 2306,60 \cdot \frac{(3,53 - 3,4)}{(22,5 - 3,4)} = 15,699 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Z výše uvedených fyzikálních rovnic byly stanoveny tyto hodnoty pro termokameru Fluke:

- hustota měrného tepelného toku radiací q_z	328,9 W/m ²
- hustota měrného tep. toku radiací okolního prostředí q_o	16,4 W/m ²
- hustota tepelného toku radiací q	312,5 W/m ²
- součinitel přestupu tepla radiací α_r	120,20 W/m ² K
- určující teplota t_{ur}	5,1 °C
- součinitel K	1,705 –
- součinitel přestupu tepla konvekcí α_k	2,34 W/m ² K
- součinitel přestupu tepla α	122,53 W/m ² K

$$U_{Fluke} = \alpha_e \cdot \frac{(t_{pe} - t_e)}{(t_i - t_e)} = 122,53 \cdot \frac{(6,40 - 3,8)}{(22,5 - 3,8)} = 17,036 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Místnost D306

Vstupní hodnoty: $t_{e, \text{Flir E50}}=3,4^\circ\text{C}$; $t_i=21,5^\circ\text{C}$; $\alpha_e=25 \text{ W/m}^2\text{k}$

$$t_{pe, \text{Flir E50}} = \frac{3,5+3,1+3,1+4,1+4,1+3,6+2,7+3,1+3,9+2,7}{10} = 3,93^\circ\text{C}$$

Z výše uvedených fyzikálních rovnic byly stanoveny tyto hodnoty pro termokameru Flir:

- hustota měrného tepelného toku radiací q_z	317,5 W/m ²
- hustota měrného tep. toku radiací okolního prostředí q_o	15,9 W/m ²
- hustota tepelného toku radiací q	301,6 W/m ²
- součinitel přestupu tepla radiací α_r	569,05 W/m ² K
- určující teplota t_{ur}	3,665 °C
- součinitel K	1,712 –
- součinitel přestupu tepla konvekcí α_k	1,39 W/m ² K
- součinitel přestupu tepla α	570,44 W/m ² K

$$U_{\text{Flir E50}} = \alpha_e \cdot \frac{(t_{pe} - t_e)}{(t_i - t_e)} = 570,44 \cdot \frac{(3,93 - 3,4)}{(21,5 - 3,4)} = 16,703 \text{ W/m}^2\text{K}$$

4.4.3. Výpočet součinitele prostupu tepla z tabulkových hodnot

Místnost D205

Vstupní hodnoty: $\alpha_e=25 \text{ W/m}^2\text{k}$; $\alpha_i=8 \text{ W/m}^2\text{k}$

$$\lambda_{\text{omítka}}=0,99 \text{ W/mK}; d_{\text{omítka}}=0,012\text{m}$$

$$\lambda_{\text{zdivo}}=0,8 \text{ W/mK}; d_{\text{zdivo}}=0,600\text{m}$$

Výsledná hodnota součinitele prostupu tepla

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{25} + \frac{0,012}{0,99} + \frac{0,600}{0,8} + \frac{1}{8}} = 1,079 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Místnost D306

Vstupní hodnoty: $\alpha_e=25 \text{ W/m}^2\text{k}$; $\alpha_i=8 \text{ W/m}^2\text{k}$

$$\lambda_{\text{omítka}}=0,99 \text{ W/mK}; d_{\text{omítka}}=0,012\text{m}$$

$$\lambda_{\text{zdivo}}=0,8 \text{ W/mK}; d_{\text{zdivo}}=0,450\text{m}$$

Výsledná hodnota součinitele prostupu tepla

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{25} + \frac{0,012}{0,99} + \frac{0,450}{0,8} + \frac{1}{8}} = 1,352 \text{ W/m}^2\text{K}$$

4.5. Závěr

Z výsledku experimentu můžeme konstatovat, že teorie experimentálního stanovení součinitele prostupu tepla pomocí termografie je v tomto případě pro naměřené hodnoty značně nepřesná a není proto vhodná k praktickému použití.

Součinitel prostupu tepla (W/m ² K)		
	D205	D306
Zjednodušený výpočet Termokamera Flir E50	0,170	0,732
Zjednodušený výpočet Termokamera Fluke FlexiCam	3,476	---
Podrobný výpočet Termokamera Flir E50	15,699	16,703
Podrobný výpočet Termokamera Fluke FlexiCam	17,036	---
Tabulkové hodnoty	1,079	1,352
Výpočet - Teplo	1,070	1,340

Tab. 4.2 Srovnání výsledných součinitelů prostupu tepla

Výpočet součinitele přestupu tepla α je velmi závislý na rozdílu teplot mezi exteriérem a povrchovou teplotou konstrukce. Pro malé rozdíly těchto teplot je výsledek výpočtu značně fyzikálně nepravděpodobný (jako v tomto případě pro $\Delta t \approx 0\text{K}$), ale pro větší Δt (např $\Delta t \approx 20\text{K}$) nabývá hodnota součinitele přestupu tepla α reálných fyzikálních hodnot.

Nepřesné výsledky součinitele prostupu tepla U mohou být způsobeny několika faktory, jedná se především o proměnlivost okrajových podmínek. V následujících odstavcích je analyzován vliv jednotlivých okrajových podmínek na výsledek výpočtu.

Vliv vnitřní teploty vzduchu na výsledek je téměř zanedbatelný, při změně teploty o 1°C se součinitel prostupu tepla změní řádově a setiny.

$$U = \alpha_e \cdot \frac{(t_{pe} - t_e)}{(t_i - t_e)} = 25 \cdot \frac{(3,53 - 3,4)}{(21,5 - 3,4)} = 0,180 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U = \alpha_e \cdot \frac{(t_{pe} - t_e)}{(t_i - t_e)} = 25 \cdot \frac{(3,53 - 3,4)}{(22,5 - 3,4)} = 0,170 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Větší vliv má na konečný výsledek teplota venkovního vzduchu, při změně o 1°C se součinitel prostupu tepla změní několikanásobně.

$$U = \alpha_e \cdot \frac{(t_{pe} - t_e)}{(t_i - t_e)} = 25 \cdot \frac{(3,53 - 3,4)}{(22,5 - 3,4)} = 0,170 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U = \alpha_e \cdot \frac{(t_{pe} - t_e)}{(t_i - t_e)} = 25 \cdot \frac{(3,53 - 2,4)}{(22,5 - 2,4)} = 1,405 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Nejpodstatnější vliv na výsledky má tedy povrchová teplota. Jak je z výsledků patrné velký vliv má i použitá měřicí technika, zatímco vliv tloušťky konstrukce je zanedbatelný.

$$U = \alpha_e \cdot \frac{(t_{pe} - t_e)}{(t_i - t_e)} = 25 \cdot \frac{(4,53 - 3,4)}{(22,5 - 3,4)} = 1,479 \text{ W/m}^2\text{K}$$

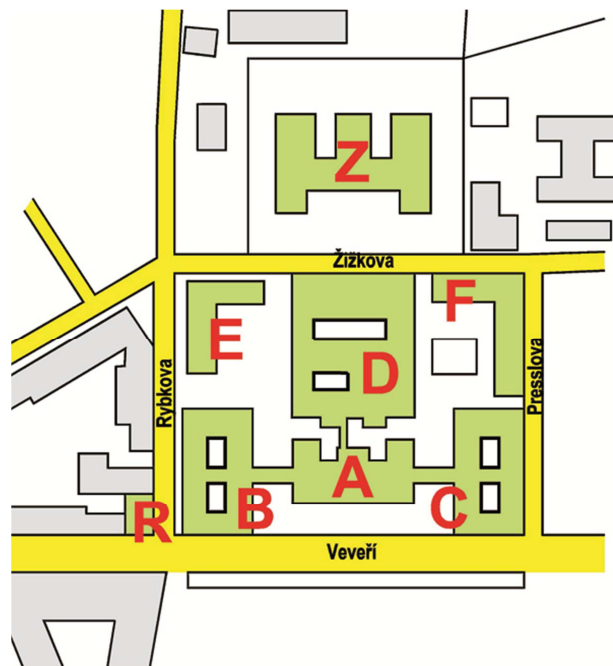
$$U = \alpha_e \cdot \frac{(t_{pe} - t_e)}{(t_i - t_e)} = 25 \cdot \frac{(3,53 - 3,4)}{(22,5 - 3,4)} = 0,170 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Pro mnou naměřené hodnoty se tato teorie neosvědčila, to ale není známkou nepravdivosti této teorie, ale známkou toho, že tento postup je velmi závislý na změnách okrajových podmínek.

5. Termografická analýza areálu fakulty stavební VUT Brno

Cílem této části je přiblížit použití termografie pro účely diagnostiky obálky budovy. Jako zkušební objekt byla vybrána fakulta stavební VUT v Brně, na jejichž budovách byla vytypovaná možná místa zvýšených tepelných ztrát vlivem tepelných mostů nebo nesprávného provedení styků a spár.

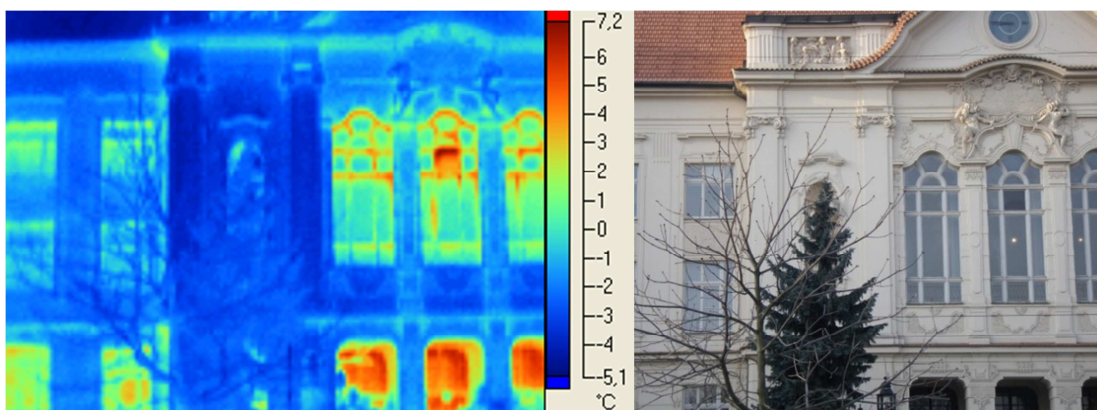
Pro měření byla použita termokamera FLUKE IR FlexCam.



Obr. 5.1 Schéma areálu fakulty stavební VUT Brno

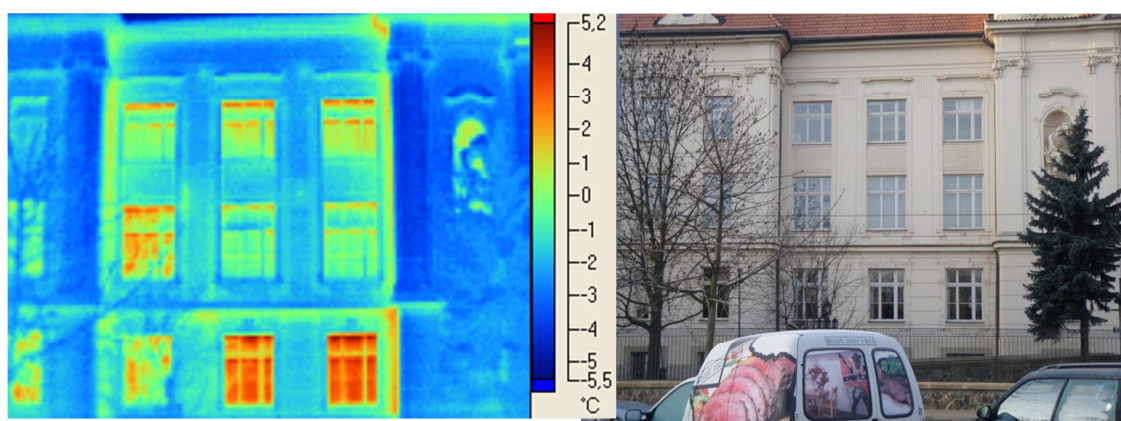
5.1 Budova A

Na termogramech vstupního průčelí budovy A lze identifikovat dva základní typy tepelných ztrát. První z nich je způsobený netěsnostmi v plášti dělicí konstrukce, kdy je tepelný únik způsoben odvětráváním vnitřního vzduchu do exteriéru - jedná se o tepelné ztráty prouděním. Tato tepelná ztráta je viditelná ve spárách prosklení oken a vstupních dveří, kde jasně dochází k nežádoucímu úniku vnitřního teplejšího vzduchu.



Obr. 5.2 Vstupní průčelí budovy A

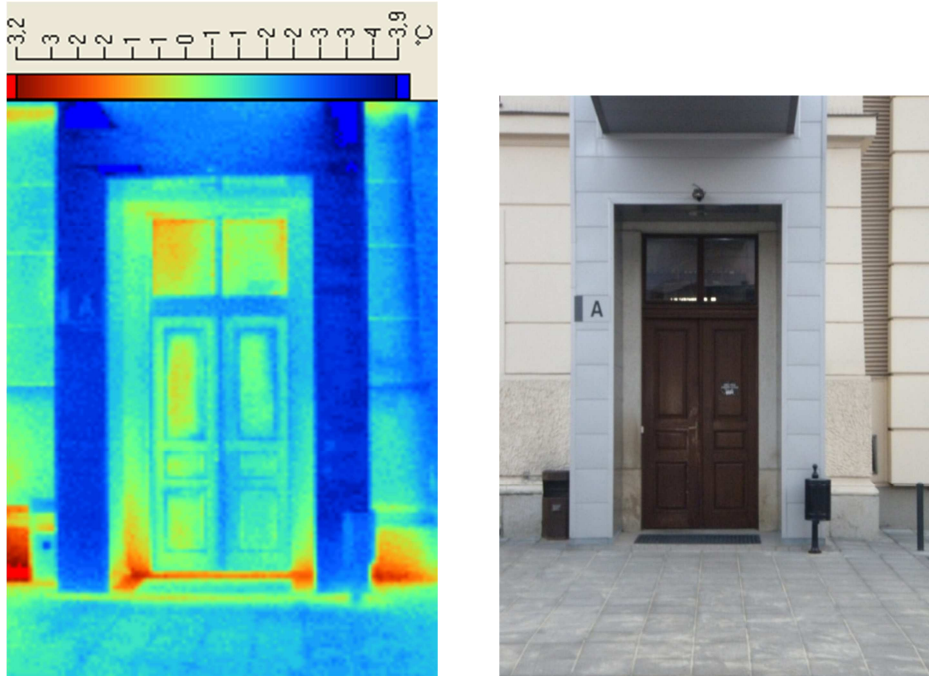
Druhá z nich je tepelná ztráta vzniklá nesprávně navrženou skladbou konstrukce, nevhodně řešeným detailem, nebo oslabením konstrukce – jedná se o tepelné ztráty vedením. Na termogramu vedlejšího průčelí budovy dochází ke zvýšenému tepelnému toku právě vlivem oslabení konstrukce ve výklenku pro sochu a zvýšenému tepelnému toku vedením okenní výplně, které mají menší tepelný odpor než okolní zdivo.



Obr.5.3. Pohled na vedlejší část průčelí budovy A

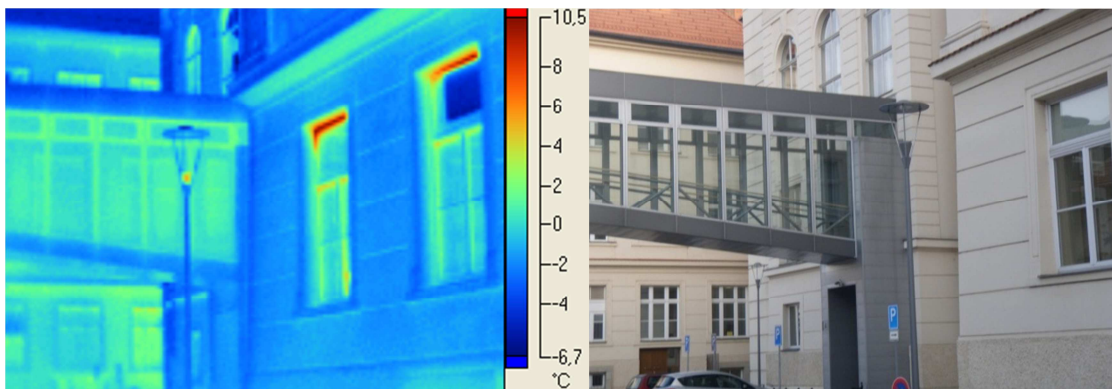
Na snímku zadního vstupu je jasně patrný únik tepla netěsností skla výplně dveří, ale především netěsností samotných dveří v jejich spodní části, kdy proud teplého vzduchu

stoupá vzhůru a ohřívá ostění dveří. Dále je viditelný únik tepla soklovou částí budovy, tento únik může být způsobený volbou použitého materiálu a chybějící izolací obvodové stěny vytápěného suterénu, kde se nachází knihovna. Zajímavý je detail většího prostupu tepla v obvodovém plášti v místě reliéfu, kde je snižená tloušťka obvodové konstrukce.



Obr.5.4. Zadní vchod do budovy A

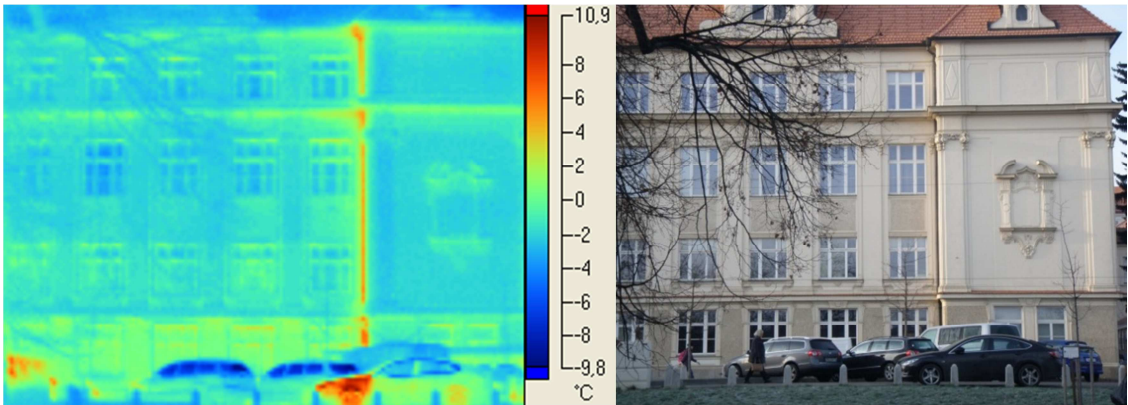
Na spojovacím mostu mezi budovami se projevuje netěsnost mezi jednotlivými okenními díly. Naopak řešení napojení mostu na historickou část budovy nevykazuje zvýšený tepelný tok a i okenní výplně mají lepší tepelněizolační vlastnosti než u zadních vstupních dveří.



Obr.5.5. Spojovací most mezi budovami A a D

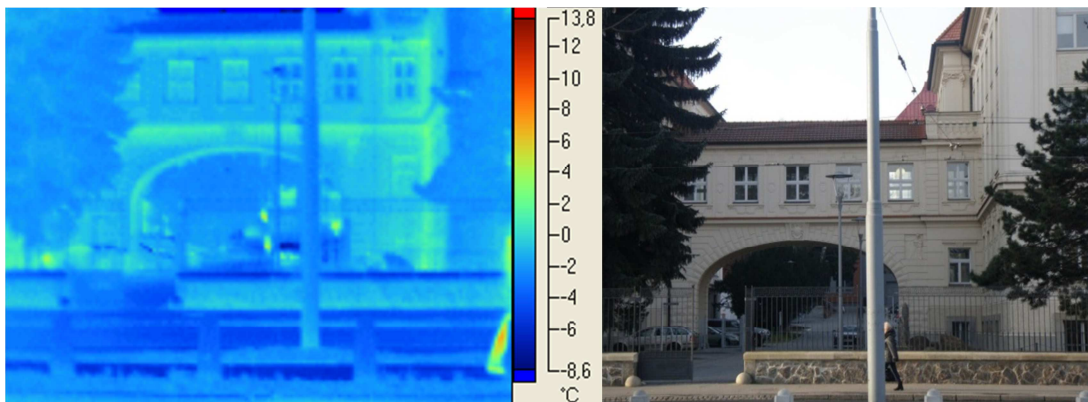
5.2. Budova B

Mírně zvýšený tepelný tok lze pozorovat na následujícím termogramu budovy, kdy únik tepla je především v oblasti říms, věnce střechy a ostění okenních otvorů. Chybějící zvýšený tepelný tok okenní výplně může být způsoben spíše nedostatečným vytápěním budovy, než kvalitní výplně. Pokud není budova dostatečně vytápěna a není zajištěn optimální teplotní rozdíl mezi interiérem a exteriérem, výsledný termosnímek může být mírně nepřesný.



Obr.5.6. Budova B

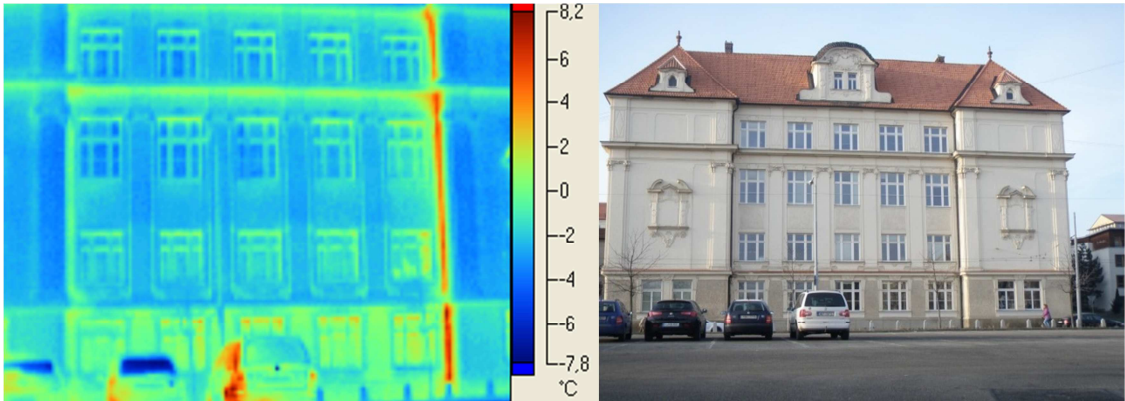
Lineární tepelné mosty, nebo také tepelné vazby, jsou viditelné na spojovacím mostu mezi budovami A a B. Jedná se především o tepelnou vazbu věnce a napojení mostu na hlavní budovu.



Obr.5.7. Spojovací most mezi budovami A a B

5.3. Budova C

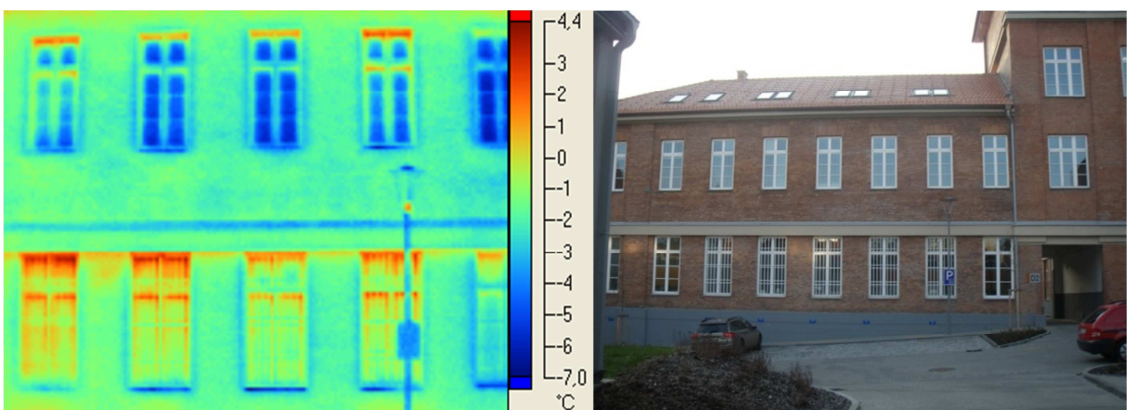
Stejný případ jako u budovy B mohl nastat i u této budovy. Vlivem nedostatečného vytápění interiéru nejsou příliš zřetelně patrné tepelné toky, ale přesto je možné rozeznat zvýšený tepelný tok ostěním oken a v místě říms. Toto by bylo více zřetelné při větším teplotním rozdílu mezi interiérem a exteriérem.



Obr. 5.8 Budova C

5.4. Budova D

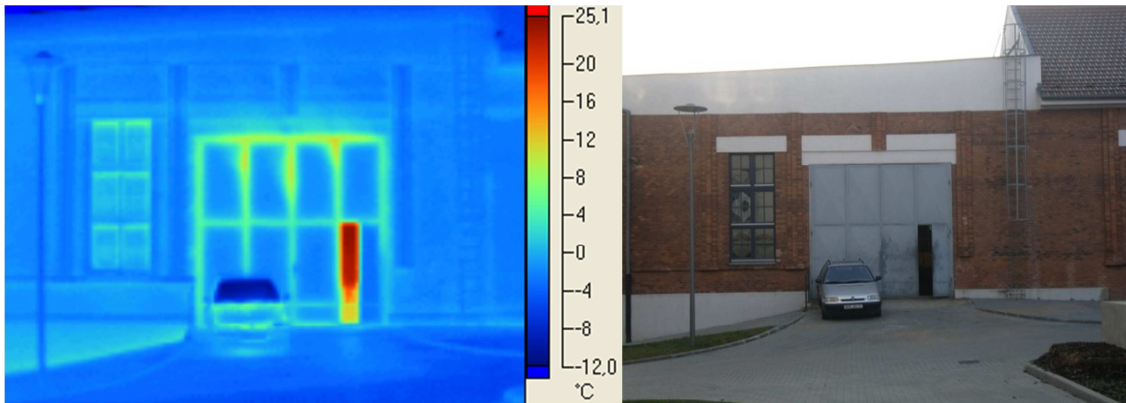
Lepší viditelnost tepelných toků je u objektu D. U oken v přízemí došlo k odražení slunečního záření a je proto přesnější orientovat se podle oken v prvním patře. Tady je výrazný tepelný tok především v horní části ostění okna a vlivem netěsností okenního rámu.



Obr. 5.9 Budova D – pohled ze dvora

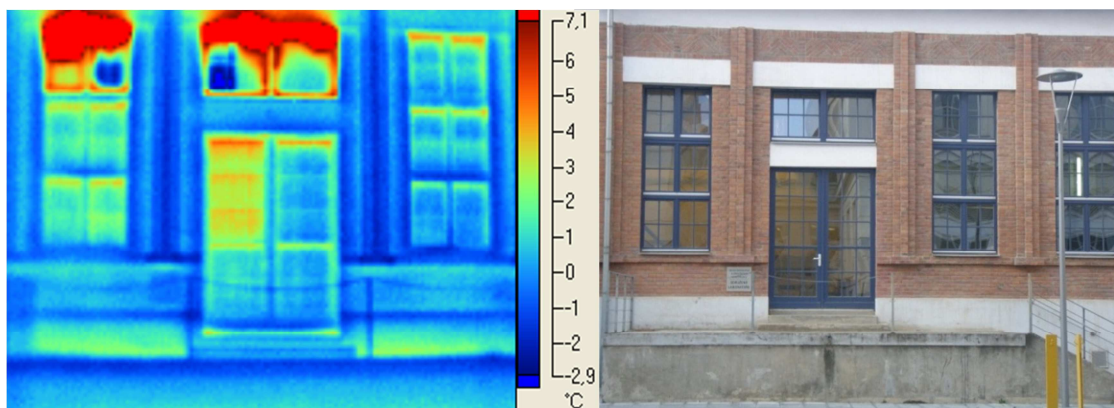
V budově D se nachází laboratoře pro materiálové inženýrství a následující termogram zachycuje vjezd do těchto laboratoří. Vjezd tvoří otvíravé dvojkřídlé kovové dveře. K úniku

tepla dochází jednak ve styku kovového ostění a zdiva budovy, ale především v místě spojení jednotlivých částí vrat. Dochází zde k tepelnému toku hlavně v horní části dveří, což je zřejmě způsobeno nedostatečným dovřením vrat.



Obr. 5.10 Laboratoř budova D

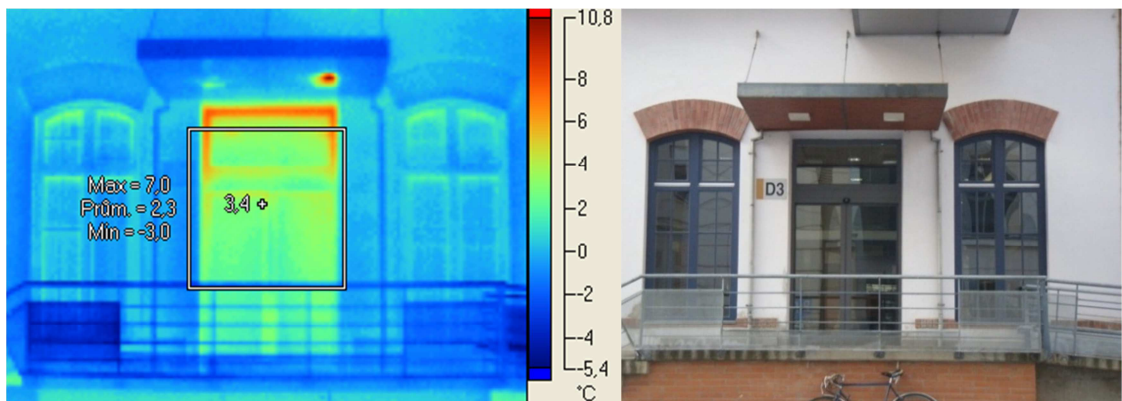
Na druhé straně budovy laboratoří se projevují tytéž tepelné mosty, jako u všech předcházejících snímků. To znamená – tepelné mosty v ostění oken, dveří a zvýšený tepelný tok výplní otvorů. Tepelný tok v oblasti horních oken je způsoben otevřeným oknem a není znakem špatné nebo poškozené výplně otvoru. Zvýšený tepelný tok v napojení soklu na podestu schodiště je způsoben stykem dvou materiálů o rozdílných tepelněizolačních vlastnostech a je typickým příkladem nevhodně řešeného detailu a vzniku tepelného mostu.



Obr. 5.11 Vstup do laboratoří v budově D

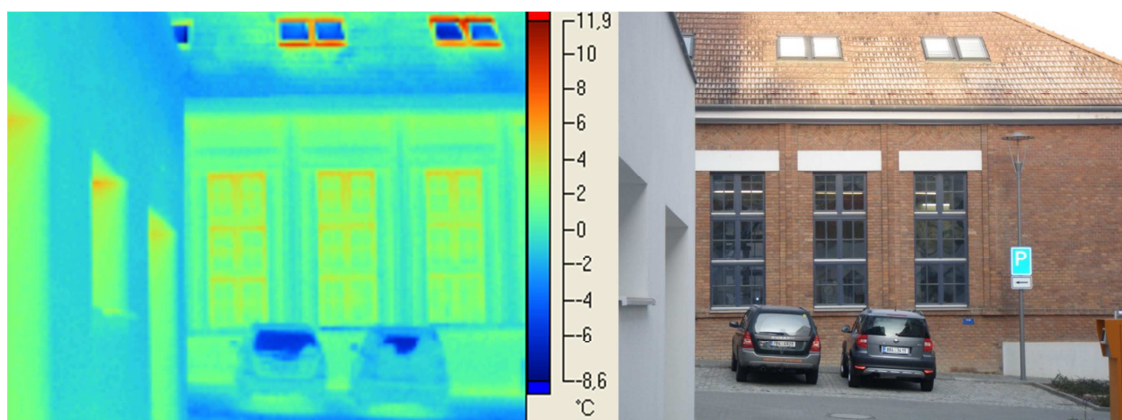
Na termogramu vstupu do budovy je opět patrný tepelný tok vlivem otevřeného okna v horní části vstupních dveří. Tento tepelný tok ovlivňuje teplotu povrchu ostění dveří i výplně otvoru a není proto možné určit, kde přesně k únikům tepla ve dveřích dochází. Pokud budeme uvažovat, že spodní část dveří již není tímto tepelným tokem ovlivněna, dá se

usoudit, že ve velké míře dochází k úniku tepla v místě styku posuvných částí dveří vlivem netěsnosti.



Obr. 5.12 Vstup do budovy D

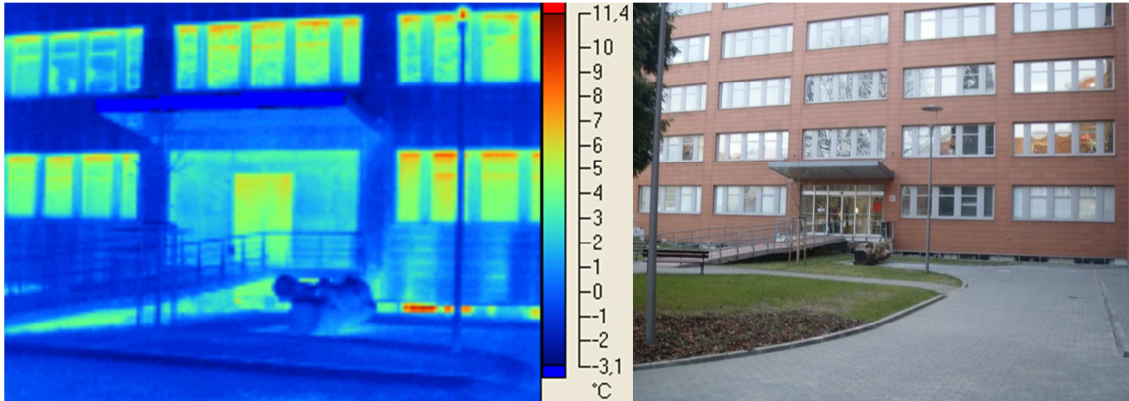
Na posledním snímku této budovy lze identifikovat jako slabé místo obvodového pláště střešní okna. První dvě střešní okna jsou sice již osvětlena sluncem, ale třetí střešní okno osvětlené není a lze na něm jasně pozorovat tepelný tok ve styku se střešní konstrukcí. Dále se projevuje opět zvýšený tepelný tok v ostění oken, rámech oken a samotnou výplní oken.



Obr. 5.13 Pohled na budovu D

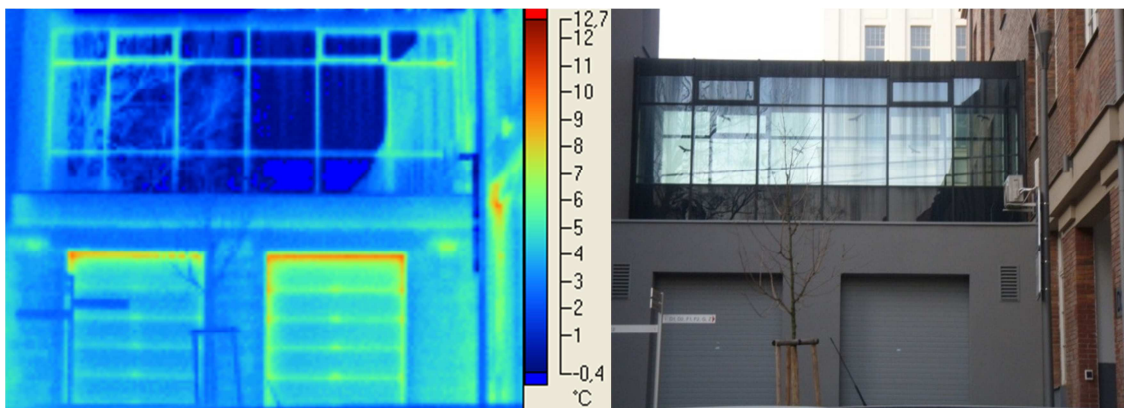
5.5. Budova E

Na termogramu vstupního průčelí budovy E můžeme pozorovat zvýšený tepelný tok především okny a vstupními dveřmi. Zajímavý je únik tepla přes obklad budovy, který na termogramu vykresluje jednotlivé díly obkladu.



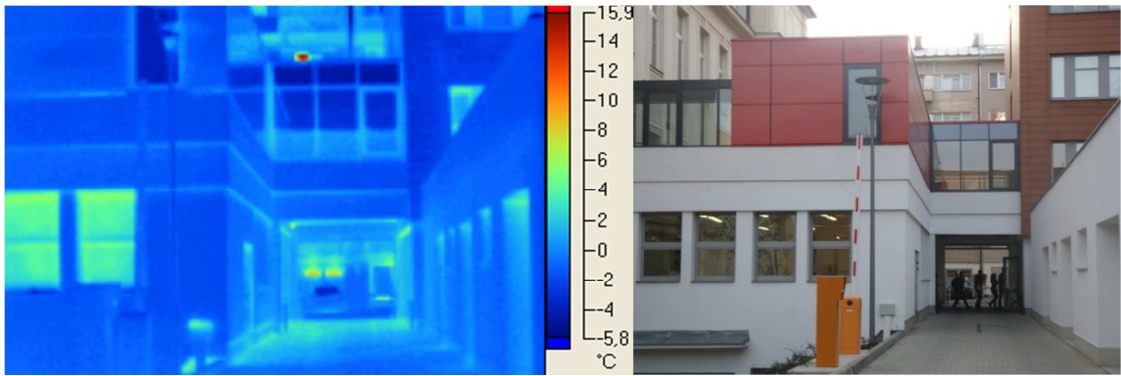
Obr. 5.14 Vstup do budovy E

Ve spojovací části budov E a D je opět patrný tepelný tok rámy oken a zvýšený tepelný tok okenními rámy, které jsou otvíravé. Výrazný tepelný tok se objevuje také v sekčních vratech a to především v horní části vrat a v místě styku jednotlivých dílů vrat.



Obr. 5.15 Spojovací část budov E a D

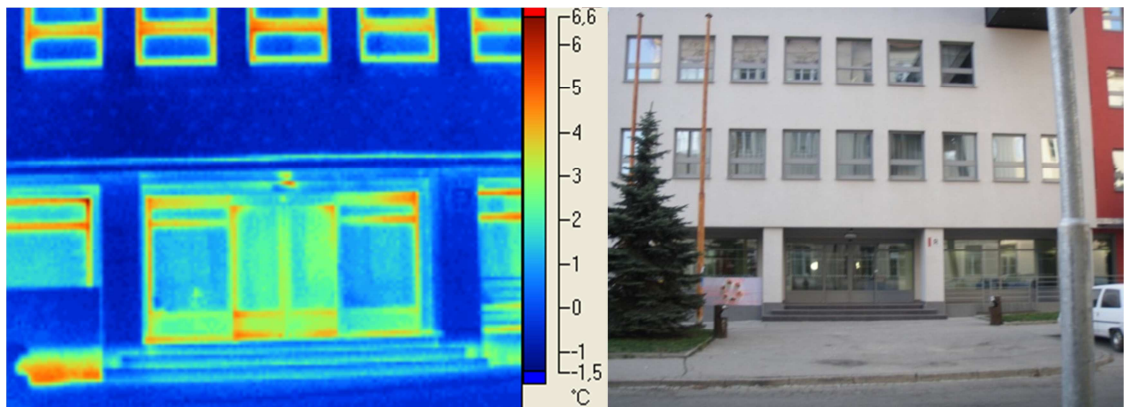
V nově vybudované části budovy E se objevují stejné tepelné toky, jako v předcházejícím případě. Jsou to zvýšené ztráty tepla rámy oken, které jsou stejného typu jako v předcházejícím případě. I zde je výraznější tepelný tok otvíravou částí rámu.



Obr. 5.16 Nová část budovy E

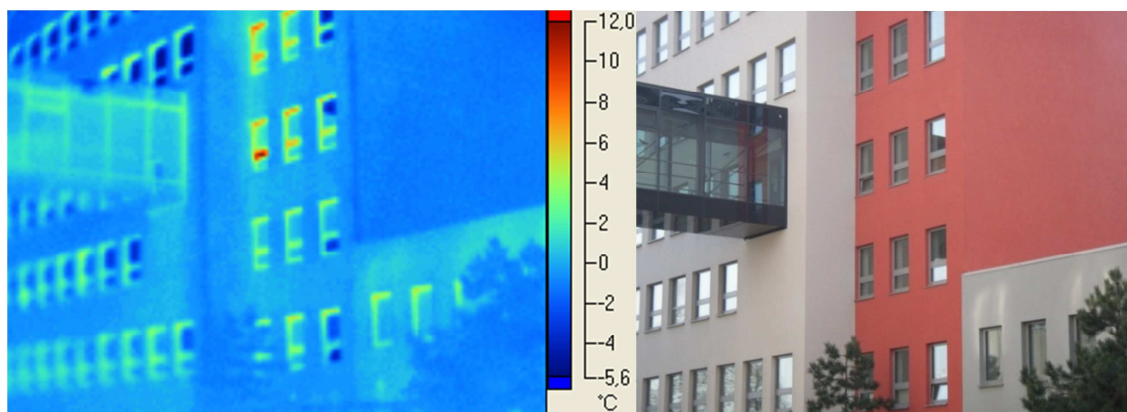
5.6. Budova R

V nově zrekonstruované budově R můžeme nalézt podobné tepelné toky jako u všech předcházejících budov, tedy tepelné toky související s okenními výplněmi a soklem budovy. Výrazně zde vystupuje nosný překlád nad vstupem do budovy. Na tomto termogramu se objevují i tzv. bodové tepelné mosty v podobě kotevní hmoždinky s kovovým trnem použité u zateplovacího systému.



Obr. 5.17 Vstup do budovy R

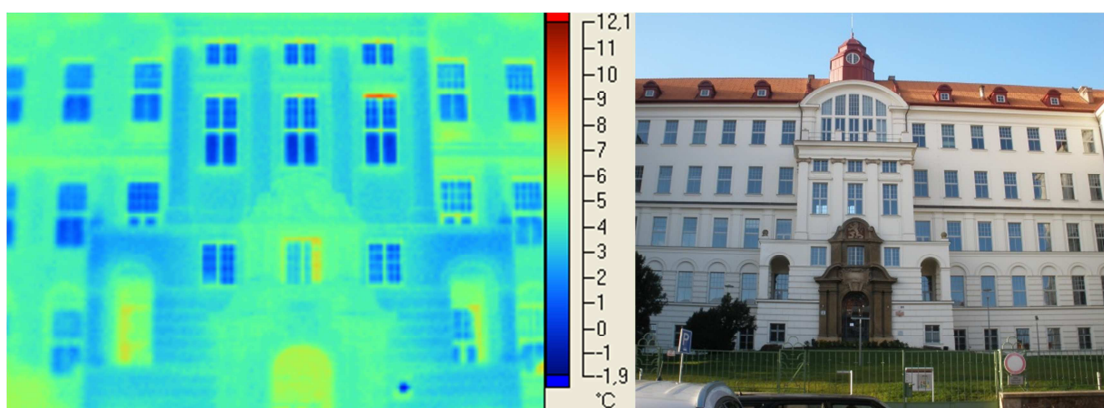
Spolu s rekonstrukcí budovy byl vystavěn nový spojovací most s budovou B. I zde se objevují typické úniky tepla okenními výplněmi a rámy oken, ve zvýšené míře pak otvíravými částmi oken. Je také patrná liniová tepelná vazba při napojení mostu na budovu.



Obr. 5.18 Napojení spojovacího mostu na budovu R

5.7. Budova Z

Na termogramech poslední budovy je výrazný tepelný tok přes nadokenní překlady. Dalším výrazným znakem je sdílení tepla do exteriéru přes vstupní dveře, okna především v bočních výklencích a okno bod erbem. Zajímavý je zřetelně zvýšený tepelný tok pod okny, kde jsou ve výklencích umístěná otopná tělesa. Ve vstupním portálu jsou také tepelnými toky vyznačena místa ozdobných reliéfů na fasádě.



Obr. 5.19. Vstup do budovy Z

5.8. Závěr

Závěrem lze říci, že v areálu fakulty stavební se nachází typické tepelné vazby, jako jsou nadokenní překlady, neizolované soklové části budov, ale především úniky tepla okenními otvory a netěsností dveří. V několika případech se objevily i tepelné toky vlivem otevřených okenních otvorů.

Během svého měření jsem nenarazila na nějak závažnou nebo neobvyklou tepelnou vazbu. Podle mého názoru není na místě uvažovat o snižování tepelných toků zateplováním venkovních konstrukcí vzhledem k tomu, že historické budovy by musely být zateplovány zevnitř, aby nedošlo k znehodnocení historické fasády, a to by bylo vzhledem k provozu objektu značně časově náročné. Větší možnost snížení tepelných toků do exteriéru je spíše v utěsnění oken a především vstupních dveří, kde dochází téměř v každém případě k značným tepelným ztrátám. Další variantou je hospodárnější využívání otopných soustav a větracích systémů a tím snížení nutnosti větrání okny, které by mohlo vést k ušetření na spotřebě energií.

6. Závěr

Ve své práci jsem se zabývala problematikou energetických posudků a snižováním energetické náročnosti budov. V teoretické části jsem tuto problematiku rozebrala z pohledu legislativy, řešení užívaných v praxi a řešení s pomocí výpočetní techniky. Teoretické poznatky jsem se potom pokusila aplikovat v praktické části řešící energetický posudek polyfunkčního domu. Celkem bylo navrženo 10 energeticky úsporných opatření uspořádaných do dvou variant. Z těchto variant byla vybrána varianta I. s úsporou 904 GJ/rok s návratností 7,9 let.

V experimentální části jsem zkoumala teorii výpočtu součinitele prostupu tepla obálkou budovy pomocí termogramu. Pro mnou naměřené hodnoty se tato teorie neosvědčila, to ale není známkou nepravdivosti této teorie, ale známkou toho, že tento postup je velmi závislý na změnách okrajových podmínek. Dále jsem zkoumala s pomocí termokamery budovy areálu fakulty stavební v Brně. Tady jsem neobjevila žádné závažné nebo neobvyklé tepelné mosty.

Seznam použité literatury

- 1 Vítejte na Zemi: multimediální ročenka životního prostředí [online]. [cit. 2013-11-25].
Dostupné z:
http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=uvod_energie&site=energie
- 2 Europa: přehled právních předpisů EU [online]. [cit. 2013-11-25]. Dostupné z:
http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/
- 3 Revize evropské směrnice 2002/91/ES o energetické náročnosti. Prof. Ing. KAREL KABELE, CSc. TZB info [online]. [cit. 2013-11-25]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/6739-revize-evropske-smernice-2002-91-es-o-energeticke-narocnosti-budov>
- 4 ING. MIROSLAV URBAN PH.D., PROF. ING. KAREL KABELE, CSC. TZB info: Nové požadavky na hodnocení energetické náročnosti budov od 1. dubna 2013. [online]. [cit. 2013-11-25]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/9745-nove-pozadavky-na-hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-od-1-dubna-2013>
- 5 Suchánek s.r.o.: projekty, posudky, poradenství [online]. [cit. 2013-11-26]. Dostupné z: <http://www.petrsuchanek.cz/energetika-staveb/>
- 6 EKOWATT. [online]. [cit. 2013-11-26]. Dostupné z:
<http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/usporna-opatreni-v-rodinnych-domech>
- 7 ING. JAN FICENEC PH.D. TEPELNĚTECHNICKÉ ÚPRAVY OBÁLKY BUDOV V NESTANDARDNÍCH PODMÍNKÁCH. In: [online]. [cit. 2013-11-26]. Dostupné z:
<http://www.izolace.cz/downloads/FICENEC.pdf>
- 8 DeDietrich. Kondenzační technika: energetická úspora a ochrana životního prostředí [online]. [cit. 2013-11-26]. Dostupné z: <http://www.dedietrich-vytapeni.cz/>
- 9 Solary.cz: Alternativní zdroje energie [online]. [cit. 2013-11-27]. Dostupné z:
<http://www.solary.cz/technologie/alternativni-zdroje/>
- 10 AMBROŽOVÁ, Iva. Energetické hodnocení budov. Brno, 2011. 93 s., 44 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Petr Horák, Ph.D.
- 11 ING. PETR HORÁK, PH.D., ING. MARCEL KOŇAŘÍK, ING. IVA AMBROŽOVÁ. Termografie v tepelné technice, teoretické stanovení součinitele prostupu tepla. [online]. [cit. 2013-12-05]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/teorie-vytapeni/9047-termografie-v-tepelne-technice-teoreticke-stanoveni-soucinitele-prostupu-tepla>

- 12 INKAPO: Slovník ekonomických pojmů [online]. [cit. 2014-01-02]. Dostupné z: <http://www.inkapo.cz/odborna-sekce/slovník-pojmu/ekonomika>
- 13 ČSN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Praha: Český normalizační institut, 2011
- 14 Vyhláška č.480/2012. Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu ze dne 20. prosince 2012 o energetickém auditu a energetickém posudku, Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2012
- 15 ČSN 73 0540-4. Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody. Praha: Český normalizační institut, 2005
- 16 Zákon č.318/2012. Zákon České republiky ze dne 19. července 2012, kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů, Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2012.

Seznam zkratk

tzn.	to znamená
aj.	a jiné
apod.	a podobně
atd.	a tak dále
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
IČO	identifikační číslo
ENB	energetická náročnost budovy
PENB	průkaz energetické náročnosti budovy
Kč	Koruna česká
Ks	kus, kusy
m	metr
Sb.	sbírka
Vyhl.	vyhláška
TV	teplá voda
TČ	tepelné čerpadlo
TZB	technická zařízení budovy
en.	Energie

Použitý software

Stavební fyzika 2010 – Energie 2010, Teplo 2010

AutoCad 2009

Microsoft Word 2013

Microsoft Excel 2013

Seznam obrázků

Obr. 2.1.	Dlouhodobý vývoj spotřeby elektřiny v ČR (1919-2012)	6
Obr. 2.2.	Spotřeba elektrické energie v domácnostech	7
Obr. 2.3.	Grafické podoby energetického štítku obálky budovy	9
Obr. 2.4.	Grafické znázornění průkazu energetické náročnosti budovy	10
Obr. 2.5.	Průběh teplot ve stěně	15
Obr. 2.6.	Příklad provedení tepelné izolace	17
Obr. 2.7.	Nástěnná větrací jednotka s rekuperací tepla	18
Obr. 2.8.	Termogram chyb v izolaci potrubí	20
Obr. 3.1.	Objekt polyfunkčního domu – nová část a stará část	27
Obr. 3.2.	Venkovní omítky a provedení dodatečně vyzděných konstrukcí	28
Obr. 3.3.	Schéma označení konstrukcí	29
Obr. 3.4.	Původní dřevěná okna	30
Obr. 3.5.	Kotel na dřevo a elektrická akumulární kamna	31
Obr. 3.6.	Rozvody teplé vody	32
Obr. 3.7.	Schéma rozdělení objektu na zóny	33
Obr. 3.8.	Grafické znázornění roční spotřeby energie	36
Obr. 3.9.	Procentuální znázornění roční spotřeby energie	36
Obr. 4.1.	Schéma a fotografie měřené konstrukce	77
Obr. 4.2.	Termogram pořízený termokamerou Flir E50	77
Obr. 4.3.	Termogram pořízený termokamerou Fluke	78
Obr. 4.4.	Schéma a fotografie měřené konstrukce	78
Obr. 4.5.	Termosnímek pořízený termokamerou Flir	79
Obr. 5.1.	Schéma areálu fakulty stavební VUT Brno	84
Obr. 5.2.	Vstupní průčelí budovy A	85
Obr. 5.3.	Pohled na vedlejší část průčelí budovy A	85

Obr. 5.4.	Zadní vchod do budovy A	86
Obr. 5.5.	Spojovací most mezi budovami A a D	86
Obr. 5.6.	Budova B	87
Obr. 5.7.	Spojovací most mezi budovami A a B	87
Obr. 5.8.	Budova C	88
Obr. 5.9.	Budova D – pohled ze dvora	88
Obr. 5.10.	Laboratoř budova D	89
Obr. 5.11.	Vstup do laboratoří v budově D	89
Obr. 5.12.	Vstup do budovy D	90
Obr. 5.13.	Pohled na budovu D	90
Obr. 5.14.	Vstup do budovy E	91
Obr. 5.15.	Spojovací část budov E a D	91
Obr. 5.16.	Nová část budovy E	92
Obr. 5.17.	Vstup do budovy R	92
Obr. 5.18.	Napojení spojovacího mostu na budovu R	93
Obr. 5.19.	Vstup do budovy Z	93

Seznam tabulek

Tab. 3.1.	Hodnocení stavebních konstrukcí – stěny	28
Tab. 3.2.	Hodnocení stavebních konstrukcí – podlahy	29
Tab. 3.3.	Hodnocení stavebních konstrukcí – stropy	30
Tab. 3.4.	Hodnocení stavebních konstrukcí – střecha	30
Tab. 3.5.	Hodnocení stavebních konstrukcí – okna	30
Tab. 3.6.	Hodnocení stavebních konstrukcí – dveře	31
Tab. 3.7.	Návrhová vnitřní teplota – zóna 1	34
Tab. 3.8.	Návrhová vnitřní teplota – zóna 2	34
Tab. 3.9.	Návrhová vnitřní teplota – zóna 3	34
Tab. 3.10.	Spotřeba energie	36
Tab. 3.11.	Změna součinitele prostupu tepla obvodových stěn	37
Tab. 3.12.	Investiční náklady opatření č.1	38
Tab. 3.13.	Úspora provozních nákladů	38
Tab. 3.14.	Hodnocení opatření č.1	38
Tab. 3.15.	Změna součinitele prostupu tepla oken a dveří	39

Tab. 3.16.	Investiční náklady opatření č.2	40
Tab. 3.17.	Úspora provozních nákladů	40
Tab. 3.18.	Hodnocení opatření č.2	40
Tab. 3.19.	Změna součinitele prostupu tepla podlah, stropu a střechy	42
Tab. 3.20.	Investiční náklady opatření č.3	42
Tab. 3.21.	Úspora provozních nákladů	42
Tab. 3.22.	Hodnocení opatření č.3	43
Tab. 3.23.	Investiční náklady opatření č.4	44
Tab. 3.24.	Úspora provozních nákladů	45
Tab. 3.25.	Hodnocení opatření č.4	45
Tab. 3.26.	Investiční náklady opatření č.5	46
Tab. 3.27.	Úspora provozních nákladů	46
Tab. 3.28.	Hodnocení opatření č.5	46
Tab. 3.29.	Investiční náklady opatření č.6	47
Tab. 3.30.	Úspora provozních nákladů	47
Tab. 3.31.	Hodnocení opatření č.6	48
Tab. 3.32.	Investiční náklady opatření č.7	48
Tab. 3.33.	Úspora provozních nákladů	49
Tab. 3.34.	Hodnocení opatření č.7	49
Tab. 3.35.	Investiční náklady opatření č.8	50
Tab. 3.36.	Úspora provozních nákladů	50
Tab. 3.37.	Hodnocení opatření č.8	50
Tab. 3.38.	Investiční náklady opatření č.9	51
Tab. 3.39.	Úspora provozních nákladů	51
Tab. 3.40.	Hodnocení opatření č.9	51
Tab. 3.41.	Investiční náklady opatření č.10	52
Tab. 3.42.	Úspora provozních nákladů	53
Tab. 3.43.	Hodnocení opatření č.10	53
Tab. 3.44.	Investiční náklady varianta I.	54
Tab. 3.45.	Hodnocení varianty I	57
Tab. 3.46.	Investiční náklady varianta II.	58
Tab. 3.47.	Hodnocení varianty II.	60
Tab. 3.48.	Ekonomické vyhodnocení variant	62
Tab. 3.49.	Vyhodnocení vlivu na životní prostředí	63

Tab. 3.50.	Hodnocení varianty I.	64
Tab. 3.51.	Hodnocení varianty II.	65
Tab. 3.52.	Ekonomické vyhodnocení variant	65
Tab. 3.53.	Vyhodnocení vlivu na životní prostředí	66
Tab. 3.54.	Vyhodnocení rozložení spotřeby energie varianty I.	67
Tab. 4.1.	Činitel korekce K v závislosti na určující teplotě t_{ur}	75
Tab. 4.2.	Srovnání výsledných součinitelů prostupů tepla	82

Seznam příloh

Příloha 1	Průkaz energetické náročnosti budovy
Příloha 2	Výstup z programu energie 2010 – Stávající stav
Příloha 3	Výstup z programu energie 2010 – Varianta I.
Příloha 4	Výstup z programu energie 2010 – Varianta II.
Příloha 5	Půdorys 1PP
Příloha 4	Půdorys 1NP
Příloha 4	Řez A-A´
Příloha 4	Řez B-B´
Příloha 4	Pohledy